Digitaliseret af | Digitised by



Forfatter(e) | Author(s):	Fischer, J. G.; paa Dansk udgivet af Fred. Frølund.
Titel | Title:	J. G. Fischers populære Naturlære, til Brug i Skoler og ved Selvunderviisning
Udgivet år og sted | Publication time and place:	Kjøbenhavn : Frølund & Flinch, 1844
Fysiske størrelse | Physical extent:	361 s. :

DK

Materialet er fri af ophavsret. Du kan kopiere, ændre, distribuere eller fremføre værket, også til kommercielle formål, uden at bede om tilladelse. Husk altid at kreditere ophavsmanden.

UK

The work is free of copyright. You can copy, change, distribute or present the work, even for commercial purposes, without asking for permission. Always remember to credit the author.



2.0.-49.

BIBLIOTHECA REGIA HAFNIENSIS

DET KONGELIGE BIBLIOTEK
130020224887

J. G. Fischers

Populære Naturlære,

til Brug i

Skoler og ved Selvunderviisning.

Med 250 Træsnit.

Paa Dansk udgivet af **Fred. Frolund.**

Koster indbunden 2 Rbd. 16 ß.

Kjobenhavn 1844.
Forlagt af Fred. Frolund & Flinch.
Trykt i det Berlingske Bogtrykkeri.

REGIA · BIBLIOTHECA · HAFNIENSIS

Forerindring.

De særdeles gunstige Bedommelser, som denne Bogs tydske Original har fundet saavel af Skoleautoriteter, som af de mest bekjendte Skolemænd i Tydskland, hvor den er bleven en ret almindelig brugt Skole- og Folkebog, foranledigede mig til at gjøre mig bekjendt med den sidste Udgave heraf, som udkom i Slutningen af forrige Aar; og da Bogen nu ogsaa i høi Grad tiltalede mig, og forekom mig fuldkomnere at være til sin Tid, end nogen anden mig bekjendt Bog i denne Videnskab, saa besluttede jeg mig til at udgive den paa Dansk.

Nogle **enkelte Smaaforandringer** har jeg foretaget mig, hvilke dog egentlig kun bestaae i nogle Forkortninger i Fremstillingen; nogle større Forandringer af dette Slags kunde maaskee være ønskelige; men jeg torde dog ei bestemme mig til at gaae videre heri end skeet er. Paa et Par Steder har jeg indskudt Additioner, som forekom mig hensigtsmæssigt.

Nogle Inkonsequenser have indsneget sig med Hensyn til Skrivemaaden; de ere nærmest foraarsagede derved at Korrekturen har været i flere Hænder, da jeg ved Sygdom blev forhindret fra stadigen at læse Korrekturen. For dette maa jeg da ydmyge mig Læsernes Overbærelse, saavelsom og for de desværre ikke faa Trykfeil, som have indsneget sig, af hvilke jeg dog vil haabe de væsentligste findes angivne i Trykfeilslisten.

Kiøbenhavn, den 30te September 1844.

Udgiveren.

Indholdsfortegnelse.

Side.

Indledning 1

Første Afsnit: Legemernes almindelige Egenskaber 4-30

§ 1. Nogle Antydninger om Legemerne og deres Egenskaber ialmindelighed, S. 4; — § 2. Legemernes Udstrækning, S. 5; — § 3. Legemernes Porositet, S. 7; — § 4. Legemernes Deleelighed, S. 11; — § 8. Legemernes Tiltrækning, (Kohæsion, Adhæsion, kemisk Tiltrækning, Tyngden), S. 13; — § 7. Legemernes Inertie, S. 27; — § 8. Spørgsmaal etc., S. 29.

Andet Afsnit: Faste Legemers Bevægelse og Ligevægt. 31-81

§ 1. Faste Legemers Bevægelse og Hvile ialmindelighed, S. 31; — § 2. De forskjellige Arter af Bevægelser, S. 32; — § 3. Legemernes jævne Bevægelser, S. 34; — § 4. Legemernes jævnt tiltagende og jævnt aftagende Bevægelser, 38; — § 5. Legemernes frie, krumlinede Bevægelser, S. 44; — § 6. Legemernes ufrie krumlinede Bevægelser, S. 48; — § 7. Legemernes Bevægelse ved Stød, S. 54; — § 8. Legemernes Tyngdepunkt, S. 60; — § 9. Vægtstangen, S. 64; — § 10. Vigtige Værktøi eller Maskiner, som bero paa Hovene for Vægtstangen (Vægtskaalen, Bismeren, Tridsen, Hjulværket), S. 69; — § 11. Skraaplanen, S. 75; — § 12. Særdeles vigtige paa Hovene for Skraaplanen beroende Værktøi (Kilen, Skruen og Skruen uden Ende, den archimediske Skrue), S. 77; — § 13. Spørgsmaal etc. S. 80.

Tredie Afsnit: Draabeflydende Legemers Bevægelse og Ligevægt 81-109

§ 1. Vandet i Sammenligning med flere andre draabebare Flydender, S. 81; — § 2. Vandets Øvne til at udvides og sammentrykkes, samt om dets Elasticitet, S. 83; — § 3. Vandets Tyngde, S. 85; — § 4. Vandet Tryk paa Vand og andre Legemer, S. 85; — § 5. Særdeles vigtige paa Vandets Tryk beroende Redskaber (Niveller- eller Vandvægten, den anatomiske Høvert, den hydrostatiske Blæsebælg, den hydrostatiske Springbrønd, den hydrauliske Presse), S. 91; — § 6. Ligevægt af Legemer, som ere nedsænkede i Vandet, S. 95; — § 7. Forskjellige Legemers specifike Vægt, S. 100; — § 8. Vandets udvidende Kraft med Hensyn paa visse andre Legemer, S. 106; — § 9. Spørgsmaal etc., S. 108.

Fjerde Afsnit: Elastisk flydende Legemers Bevægelse og Ligevægt 109-151

§ 1. Luftens Tilværelse, S. 109; — § 2. Luftens Egenskaber ialmindelighed (Udvideligheden, Tyngde), S. 110: — § 3. Barometret, S. 111; — § 4. Luftpumpen, S. 119; — § 5. Nogle andre Instrumenter, som paa en anstuelig Maade fremstille Luftens Egenskaber (Stikhøverten, Trylleitragten, Sugehøverten, Dobbelthøverten, Trylle- eller Fireerhøvgeret, Heronsbronden, Heronskuglen, den kartesianske Dykker, Vindbøssen, Sugepumpen, Dykkerklokken, Brandsprøiten), S. 137; — § 6. De vigtigste Luft- og Gasarter, S. 138; — § 7. Spørgsmaal etc., S. 150.

Femte Afsnit: Lyden 152-182

§ 1. Lydens Oprindelse, S. 152; — § 2. Lydens Forplantning, S. 154; — § 3. Lydens Hurtighed, S. 155; — Lydens Tilbagekastning (Ekket, Kommunikationsrøret, Talerøret, Høreroret, Talebølgelvingen), S. 157; — § 5. Strængens Svingninger, S. 163; — § 6. Spændte Huders Svingninger, S. 169; — § 7. Svingninger af lige og krumme Stænger, S. 169; — § 8. Lige og krumme Fladers Svingninger, S. 170; — § 9. Luftens Svingninger, S. 172; — § 10. Legemernes Resonans eller Medklang, S. 174; — § 11. Lydens

Sider.

Styrke, S. 176; — § 12. Horbarhedens Grændse med Hensyn til Høide og Dybde, S. 177; — § 13. Menneskets Stemmeredskaber, S. 178; — § 14. Menneskets Høreredskaber, S. 179; — § 15. Spørgsmaal etc., S. 187.

Sjette Afsnit: Varmen 183-229

§ 1. Nogle Antydninger om Varmen ialmindelighed, S. 183; — § 2. Midler til at fremkalde Varme, S. 183; — § 3. Legemernes Udvidelse ved stigende, og Sammentrækning ved aftagende Varme, S. 192; — § 4. Thermometret eller Varmemaaleren, S. 196; — § 5. Pyrometret eller Ildmaaleren, S. 204; — § 6. Varmens Udbredelse, S. 206; — § 7. Bunden og frie Varme, S. 211; — § 8. Den specifiske eller eiendommelige Varme, S. 215; — § 9. Dampmaskinen, S. 218; — § 10. Spørgsmaal etc., S. 227.

Syvende Afsnit: Lyset. 229-273

§ 1. Nogle Antydninger om Lyset ialmindelighed, S. 229; — § 2. Lysets Forplantning, S. 231; — § 3. Lysets Hurtighed, S. 232; — § 4. Lysets Styrke, S. 233; — § 5. Lysets Tilbagekastning ialmindelighed, S. 235; — § 6. Det flade eller plane Speil, S. 236; — § 7. Nogle Instrumenter, som hovedsagligen beroe paa det plane Speil (Kaleidoskopet, Trylleperspektivet, Kik- eller Speilkasser), S. 239; — § 8. Det krumme Speil, S. 241; — § 9. Forskjellige Anvendelser af det krumme Speil (Samlespeilet som Oplysningsspeil, som Brandspeil, som Tryllespeil), S. 245; — § 10. Lysets Brydning ialmindelighed, S. 246; — § 11. Lysets Brydning gjennem slebne Glas, S. 249; — § 12. Farverne, S. 253; — § 13. Menneskets Synsorgan, S. 256; — § 14. Synsvinklen, S. 260; — § 15. Nogle Instrumenter, som især beroe paa de krumme Glasses Egenskaber (Briller, Mikroskoper, Trylleslaternen, camera obscura, Kikkerten), S. 262; — § 16. Spørgsmaal etc., S. 271.

Ottende Afsnit: Magnetismen 273-287

§ 1. Magnetens Tiltrækningskraft, S. 273; — § 2. Magnetens Polaritet, S. 275; — § 3. Frembringelse af Magnetismen i Jern og Staal, S. 279; — § 4. Magnetmaalen, S. 283; — § 5. Jordklodens Magnetisme, S. 285; — § 6. Spørgsmaal etc., S. 286.

Niende Afsnit: Elektriciteten 287-330

§ 1. Forelobige Antydninger af Elektricitetens vigtigste Egenskaber, S. 287; — § 2. Ledere og Ikke-Ledere for Elektriciteten, S. 288; — § 3. Elektriceermaskinen, S. 290; — § 4. Nogle Forsog, som ere lette at anstille med Elektriceermaskinen, S. 292; — § 5. Elektroskopet eller Elektrometret, S. 294; — § 6. Elektricitetens to Arter, S. 296; — § 7. Den forbedrte Elektricitet, S. 299; — § 8. Den forstærkede Elektricitet, S. 302; — § 9. Elektrophoren eller Elektricitetsbæreren, S. 310; — § 10. Kondensatoren eller Elektricitetssamleren, S. 313; — § 11. Den galvaniske Elektricitet, eller den saakaldte Galvanisme, S. 314; — § 12 Elektro-Magnetismen, S. 323; — § 13. De elektriske Fiske, S. 326; — § 14. Elektricitetens Nytte, alene med Hensyn til det menneskelige Legeme, S. 328; — § 15. Spørgsmaal etc., S. 329.

Tiende Afsnit: Luftphænomenerne 331-361

§ 1. Om Luftphænomenerne ialmindelighed, S. 331; — § 2. Duggen, S. 331; — § 3. Rim eller Rimfrost, S. 333; — § 4. Taage, S. 334; — § 5. Skyer, S. 336; — § 6. Regn, S. 337; — § 7. Snee, S. 339; — § 8. Hagel, S. 341; — § 9. Skypumpen, S. 342; — § 10. Torden, S. 344; — § 11. St. Elmsild og Kornmod, S. 349; — § 12. Stjerneskud og Ildkugler, S. 350; — § 13. Den flyvende Drage, S. 352; — § 14. Lygtemænd, S. 352; — § 15. Nordlyset, S. 353; — § 16. Regnbuen, S. 354; — § 17. Ringe om Sol og Maane, S. 358; — § 18. Bisole og Bimaaner, S. 358; — § 19. Ganske korte Antydninger af endnu nogle andre Naturphænomener, S. 356; — § 20. Spørgsmaal etc., S. 260.

Trykfeil 362

Indledning.

Hvor vi endog befinde os paa Guds store, skjønne Jord, overalt omgives vi af Ting, som drage vor Opmærksomhed til sig, overalt møde os Begivenheder, som det er værd at betragte nøiere. Hæve vi vort Øie mod Himlen, saa møde vi om Dagen den varmende, skinnende og majestætiske Sol, om Natten den venlige Maane og de funklende Stjerner; — vende vi det mod Jorden, da see vi, foruden os selv, Dyr, Planter og Stene, Bjerge, Dale, Vandsamlinger osv. af mangfoldig og forskjellig Beskaffenhed. De forskjellige Fugle opmuntre os med deres Sang, de talløse Blomster og Sommerfugle ved deres Farvepragt. Idag ere maaskee Planterne besaede med Dugdraabernes understjønne Perler, medens derimod imorgen Luften gjennemkrydses af de frygteligste Lyn, og Tordenen ruller over vore Hoveder. Disse saavelsom alle andre lignende Ting ere Gjenstande for **Naturvidenskaben**, en uendelig righoldig og særdeles vigtig Videnskab, der hæver og frigjør Aanden og fører Hjerret til Gud.

Enhver Ting i Verden, ved hvilken der ikke, hverken ved Mennesker eller Dyr, er skeet nogen Forandring med Hensyn til dens oprindelige Tilstand, kaldes et **Naturlegeme**. Naturlegemerne kunne være Gjenstande for vor Betragtning i en tredobbelt Henseende: 1) efter deres **ydre Form** eller Skikkelse; 2) efter deres **indre Kræfter**, eller 3) efter den Maade, hvorpaa de ere **sammensatte**, eller lade sig sammensætte af andre Naturlegemer. Med Hensyn herpaa kan man skjelne mellem flere forskjellige Naturvidenskaber, nemlig:

1) **Naturhistorie** eller **Naturbeskrivelse**, som lærer os at kjende Naturlegemerne efter deres ydre Kjendemærker (lærer os at skjelne det ene fra det andet, eller at anvise det den Plads, som det tilkommer, i et System). Man skjelner her imellem **organiske** og **uorganiske** Naturlegemer. **Organiske** kalder man dem, som bestaae af uligeartede Dele, som gjensidig indvirke paa hinanden, og frembringe en Udvikling, som man kalder Liv, af Naturlegemet fra inden af (f. Ex. Dyr og Planter); de **uorga-**

niske ere beelt igjennem ligeartede, eller om de endog ere sammensatte af uligeartede Dele, saa have disse dog ingen Indvirkning paa hinanden. Hos de uorganiske Legemer giver altsaa et lille Stykke en tydelig Forestilling (en Prove) om det Heles Dannelse; men dette er ikke Tilfældet med de organiske.

2) **Physiologie** er Læren om Naturlovene og deres Virkninger i de organiske Naturlegemer.

3) **Physik** eller Naturlære, som lærer os at kjende de uorganiske Naturlegemers indre Kræfter af deres Virkninger, eller de organiske Legemers kun forsaavidt som disse ere underordnede Lovene for de uorganiske

4) **Chemie**, som viser, hvorledes man kan sønderlægge Naturlegemerne i deres Bestanddele, eller atter sammensætte dem deraf.

Hensigten med denne Bog er egentlig kun at behandle den ene af Naturvidenskabens store Hovedgrene, nemlig **Physikken**, eller, som den ogsaa kaldes, den **mechaniske Naturlære**, og vore Undersøgelser skulle da fornemmelig gaae ud paa at **efterspore og forklare Forandringerne i de ydre Tilstande i den livløse eller uorganiske Legemverden.** Men skulde heri Adskilligt forekomme, som henhører til de andre Grene af Naturvidenskaben, især til Chemie og Astronomie, saa skeer det, fordi Videnskaben har nogle almindelige Love, og fordi det ikke sjælden er Tilfældet, at den ene Gjenstand maa fuldstændiggjøre den anden.

Have I besluttet at gjøre Eder bekjendte med de Love, hvorefter de mangfoldige Forandringer foregaae i Legemverdenen, saa vælger da stedse **Erfaringen** til Eders Fører! Kun den bringer Eder altid, om det ellers er muligt, til Maalet paa Physikkens Gebet. Hvad I her have at iagttage i det Enkelte ved denne høist behagelige Beskjæftigelse, maa blive Eder klart ved et Exempel. Lader os antage, at I tage en Steen eller et andet ikke alt for let Legeme i Haanden, og overlader det til sig selv, efterat I først omhyggeligt have bortfjærnet enhver Hindring, saa falder den, som I ret godt vide, ned paa Jordens Overflade. Dette: at Stenen falder, saavelsom andre lignende Forandringer i Legemernes Tilstand, kalder man i Physikken en **Naturbegivenhed** eller et **Phænomen.** Men bære I nu Stenen op paa et høit Taarn, og overlader den ogsaa der til sin egen Vægt, saa gjentager den atter samme Bevægelse, d. v. s. I see den at falde anden Gang. **Men falder den vel nu paa selvsamme Maade som første Gang? eller finder der maaskee en Forskjæl Sted mellem begge dens Bevægelser? Forandrer maaskee dens Hurtighed sig, eller bliver denne een og den samme for alle paafølgende lige Tidsdele? Kon endvidere vel ogsaa alle andre Legemer vilde falde tilbage paa Jordens Overflade, dersom de bleve behandlede paa en lignende Maade? Hvorledes forholder det sig endelig ved denne Naturbegivenhed med Luftens Indflydelse, ved hvilken jo baade Skibe og Vindmøller drives?** Saadanne og andre lignende Betragtninger ere det, I skulle anstille ved enhver af de forskjellige Naturbegivenheder, og ved hvilke I, naar de understøttes af passende Experimenter*) næsten stedse

*) At experimentere vil omtrent sige det samme som at anstille et Forsøg, eller at forelægge Naturen Spørgsmaal, at tvinge den til at virke for vore Øine, at vise os sine Love. Den, som experimenterer, søger derfor som oftest at tilbageholde flere af Naturens Kræfter, medens han kun lader

ville naae til den herskende Lov, hvis iøvrigt Eders Aands Svaghed tillader det. Fra denne Fremgangsmaade, som følger den **rene Erfarings Vei**, adskiller man den **mathematiske Vei**. Hvorledes det iøvrigt forholder sig med Fremgangsmaaden ad denne sidste Vei, hvorpaa saa mange af Fortidens store Mænd have vandret, ville vi her forbigaae; Angivelser af saadanne udmærkede Mænd som Keplers, Newtons, Galilæi's o. A. store Fortjenester ville senere gjentagne Gange henvise Eder dertil. — Hvo, som tilbageforer en Naturbegivenhed til en allerede kjendt Naturlov, **forklarer** den (Begivenheden); og hvo, som søger at forklare den ved at fremkomme med en ny Forudsætning, beriger Videnskaben med en ny **Hypothese**. Mange Hypother ere i Tidens Løb blevne ophøiede til en Naturlov, eller rettere have ledet til at finde og godtgjøre en saadan. Iøvrigt maa man altid vel skjælne mellem Hypothæser og afgjorte (beviste) Sandheder.

Den Nytte, som Naturlærens Studium bringer, er uberegnelig stor. Allerede det simple Exempel, som jeg har anført om Legemernes Fald, viser Eder klart og tydeligt, hvorledes denne Deel af Undervisningen, naar den drives paa en hensigtsmæssig Maade, ret egner sig til **at anspore Tænkekraften, til at nære og styrke den Dag for Dag.** Vistnok besidder ogsaa andre Undervisningsgjenstande denne Egenskab, ja mange maaskee i en endnu høiere Grad, men ingen, selv ikke Sproget og Mathematiken undtagne, over saaledes den **praktiske Dommekraft**. Længere hen vil der ikke fattes mig paa Leilighed til at overtyde Eder ogsaa herom; thi Luft og Vand, Lys og Varme, Elektricitet, Magnetismus osv. ere saa overordentlig rige paa Phænomener, at jeg sædvanlig kun kan antyde dem, blot ligesom henlægge de forstjellige Regler for dem, og høist sjældent fuldstændig forklare dem. Men i den betegnende eiendommelige Uddannelse af Forstanden ligger dog ingenlunde Physikkens eneste Nytte. **Physikken befrier os ogsaa fra hin daarlige Frygt, hvori Menneskenes Uvidenhed saatidt kaster dem; den lader os endvidere skue frit op til Himlen, befordrer mangfoldig vor Ro og Tilfredshed og forskaffer os den fuldkomneste Seier over Overtroen, som desværre endnu holder Tusinder af Mennesker fangne.** Hvo vil vel saaledes længere frygte for de glødende Drager, som drage gjennem Luften, eller for Lygtemændene, som stundom hoppe omkring paa Moser og Kirkegaarde, naar han ved, hvad disse Ting ere, og hvorledes de ere fremstaaede? Ingen blodrød Regn, intet Glas's pludselige Itusspringen, ingen Bisole osv. vil mere skrække den, som har gjort sig bekjendt med Naturlovene. Som han veed, at en Komet hverken er et Glædens- eller Sorgens-Bud, men at den kommer og gaaer, naar den Alvises Verdenslov nøder den dertil, saaledes forstaaer han ogsaa at forklare sig de fleste andre Naturbegivenheder, og selv ved saadanne, hvis Aarsager endnu ere forblevne ubekjendte for ham, spørger han ingensinde: hvad vil dette betyde? Hvilken Lykke eller Ulykke vil dette Phænomen drage efter sig? Han beklager meget mere sin Forstands Svaghed; det er ham indlysende, at ingen Dødelig kan gjennemskue alle Naturens Hemmelig-

---

nogle, ja ofte kun een Kraft virke, for at han desto friere kan betragte dem eller den. Dersom Experimenter skulle lede til sikkre Resultater, maae de udføres med Skarpsindighed og Nøiagtighed, og til at anstille dem udfordres ofte baade en vis Færdighed, som ofte er vanskelig at erhverve, og passende Redskaber. Dette vil af sig selv blive indlysende i det Følgende.

ligheder. — Og endelig: gives der vel endnu **een Videnskab, der saaledes som Physikken griber ind i alle det borgerlige Livs Forholde?** Jeg betvivler det. Foruden Dampskibe og Dampvogne, disse den nyeste Tids næsten gaadefulde og i Sandhed beundringsværdige Maskiner, ved hvilke de største Byrder kunne skaffes fra det ene Sted til det andet, see vi utallige Gjenstande, som bevise paa en nøie Kundskab til Naturlovene, og uden hvilken vi ikke vilde kunne nyde saamange af Livets Behageligheder eller afvende saamange af de os truende Farer. Hvilket Brug yder alene ikke Thermometret os! Og ere ikke ogsaa de Fordele, som Høiverten og Vandpumpen, Vinden og Tallien, Brillen og Mikroskopet, Tordenafleder en og Sprøiten yder os, vel værd at omtale? At lave Stuer og deres altfor stærke Opvedning, at bestandig tillukkede Vinduer, at Tørring i Stuen af vaade Klædningsstykker ved hede Ovne sædvanlig drager skadelige Følger efter sig, ogsaa herom kan Physikken belære os. Hvilken anden Videnskab end denne gjør os endvidere bekjendt med de Midler, ved hvilke vi kunne forbedre vor Haandtering, forsøge vor Eiendom, bevare vor Sundhed, give vore Spiser en behagelig Smag, rense Luften i vore Værelser og atter kalde Qvalte, Frosne og Druknede tilbage til Livet? **Endelig virker ogsaa Naturlæren paa Sindet og den høiere Sjeleevne, og leder især den i Sandhed fromme Tænkers Hjerte til Gud, den Alvise, Almægtige og Alkjærlige.** Hvo kunde vel saaledes grundig udbrede sig over Skiets konstige Bygning eller over den Lov, hvorefter Verdenslegemerne bevæge sig i evig Kraft, Orden og Harmonie, uden med ærefrygtsfuld Beundring at nedsynke i dybeste Tilbedelse for ham, som **er, var og altid bliver**, og om hvem den kongelige Sanger taler, naar han siger: **Himlene fortælle hans Ære og den udstrakte Befæstning forkynder hans Hænders Gjerninger.**

Første Afsnit.

Om Legemernes almindelige Egenskaber.

§ 1.

Nogle Anvisninger om Legemer og deres Egenskaber i Almindelighed.

Hvad forstaaer man i Physikken ved **et Legeme?** Jeg vil lede Eder til at finde Svaret ved et Exempel. Binder En for Øinene og lader ham spadsere om i en Stue, paa hvis Gulv der er hensat Stole, Borde o. a. d. Hvorledes bærer vel Blindebukken sig ad? Strækker han ikke ganske uvilkaarlig sine Hænder ud foran sig, for ligesom at forhindre, at han ei skal støde an? Og skeer dette alligevel, hvad gjør han vel saa? Lader han ikke sine Hænder glide langsomt hen over Hindringen? Men medens

han gjør det, bliver han tillige tydelig vaer, **at den forstyrrende Gjenstand begynder paa et vist Sted, og ophører paa et andet, eller at det indtager en Deel af det almindelige Rum.** Med Hensyn paa denne angivne Egenskab kalde vi Gjenstanden et **Legeme.** Iøvrigt havde allerede den Omstændighed, at Blindebukken følte den, eller rettere sagt fandt den **folbar,** kunnet bestemme os til at give den hint Navn (Legeme). Næst efter Følelsen leder blandt alle Sandserne Synet Eder bedst til at besvare ovenstaaende Spørgsmaal. Dog maae I vel vogte Eder for den falske Forklaring: „Alt, hvad vi kunne see, er Legemer"; thi for det Første gives der Ting, som Øiet visselig kan blive vaer, som f. Ex. Skyggen paa Væggen og Billedet i Speilet, men som dog ikke ere Legemer, og dernæst gives der Ting (f. Ex. forskjællige Luftarter) som stedse blive skjulte for Øiet, skjøndt de besidde alle et Legems nødvendige Egenskaber. **Kun en Ting, som er folbar, eller opfylder en Deel af det umaadelige Rum, henhører til Legemernes Rige.**

Tager jeg en saa kaldet Magnet og bringer den i Nærheden af Jern-Filspaaner, saa bliver jeg vaer, at disse lette Smaalegemer blive i Mængde hængende ved Magneten, og jeg lærer tillige at kjende een af dennes Egenskaber, og det en meget mærkværdig. Men vil jeg nu gjentage mit Forsøg og istedet for Magneten bruge et Stykke Træ, saa vil ikke en eneste Jernspaan forene sig med dette Legeme. Og saaledes er det da aabenbart, at den Egenskab, som Magneten viser med Hensyn til Filspaanerne, er en saadan, som ingenlunde findes ved alle Legemer, og som altsaa meget godt kan fattes ved en Ting, uden at den ophører at være et Legeme. Lægger jeg nu Magneten og Træstykket ved Siden af hinanden paa Bordet, da er det let at indsee, at disse to Legemer nu ikke længere kunne udfylde de samme Dele af det almindelige Rum, som de nys udfyldte, eller at hvert af dem paa een og samme Tid kun kan være paa eet Sted, eller kun indtager eet Rum; ligeledes er det ogsaa klart, at hvor det ene af disse to Legemer er, der kan dei andet ikke være, eller at hvert af dem indtager en vis Deel af det store Rum. Det Samme finder uden Undtagelse Sted ved alle Legemer, ja en Ting vilde straks forsvinde af Legemverdenen, dersom den tabte blot disse Egenskaber. Mærker Eder altsaa: **Egenskaber af første Slags, som blot vise sig ved vise Legemer, kaldes Legemernes særegne; — Egenskaber derimod af sidste Art, som følgelig tilkomme alle Legemer og vedblive bestandigen og under enhver Betingelse, kaldes Legemernes almindelige Egenskaber.** Til de sidste regne vi **Udstrækning, Porositet, Uigjennemtrængelighed, Deelighed, Tiltrækning og Trægbed eller Inertie** (ogsaa kaldet **Afbængighed, Vedholdelsesevne.**) Hvilke Grunde, der gives for det Ene eller Andet, og deriblandt ogsaa **Elasticiteten, Udvidelses-** og **Sammentrækningsevnen** osv. skulle længere hen blive omtalte.

§. 2.

Legemernes Udstrækning.

Tage vi en Tommestok og forsøge i hvor mange Retninger vi med den kunne maale et eller andet Legeme, f. Ex. en Bordplade, da see vi let, at dette kan skee i tre Retninger; og forudsat, at den Ting, til hvilken jeg vil henvise Eder, er et Legeme af den Natur, at I kunne anstille en saadan Undersøgelse, f.Ex. ikke alt for lille, ville I stedse komme til samme Resultat.

Denne Egenskab ved et Legeme, som gjør det muligt for os at maale det i tre Retninger, hedder Udstrækning. Indpræger Eder dette vel, og mærker tillige, at jeg idetmindste her erklærer, Udstrækningen for at være den **første** almindelige Egenskab ved Legemerne! Ved Skyggen paa Væggen kunne I vel undersøge, hvor lang og hvor bred den er, men af Høiden, som vi ved visse Legemer (hvilke?) kalde Tykkelse eller Dybde, finde I end ikke det ringeste Spor. Alt Andet, hvad jeg iøvrigt har at meddele Eder om Legemernes Udstrækning, sammenfatter jeg her under følgende 4 Hovedpunkter:

1) **Paa den Omstændighed, at ethvert Legeme indtager kun en Deel af det almindelige Rum, eller, hvilket er det Samme, begynder paa visse Steder og ophører paa andre, beroer dets Figur eller Form. Det, som har en Udstrækning uden Grændse er formløst.** *) Lydbølgene, hvor Talen er om meget smaae Legemer, og Æthrerens**) bølgeagtige Svingninger, hvilke vi endog søge at bestemme efter Afmaaling i Rummet, vise os, at vi ikke, selv der, hvor vore Sandseorganers Ufuldkommenhed forbindrer os fra at iagttage de materielle Dele, kunne afholde os fra at tillægge dem en vis Beliggenhed i Rummet. Formen eller Skikkelsen er iøvrigt meget forskjællig hos de forskjællige Legemer. Regelmæssig begrændsede Legemer, som f.Ex. Tærnen (Kubus), Firkladen (Tetraedret), Ottesladen (Oktaedret) osv. kaldes **Krystaller.** Da det er Mineralogiens særegne Opgave at bestræbte sig med disse regelmæssige Former, saa forbigaae vi dette her; men bemærke blot, at Bestræbelsen efter at danne sig regelmæssig, idetmindste symetrisk, lige indtil sine mindste Dele viser sig ikke blot ved Mineralerne, men ogsaa ved mange andre Legemer af Dyre- og Planteverdenen. For denne min Plasstand taler Sommerfuglevingernes Skjæl, Muldvarpens Haar, visse Insekters Dieudække, Tværsnittene i Træ osv. (Undersøg ved Leilighed alle disse Ting, og prøv om du kan angive, hvori deres Symetri eller Regelmæssighed fornemmelig bestaaer!

2) **Legemernes Størrelse** er ikke mindre forskjællig end deres Form. Herpaa et Par Exempler.

Som et Legeme af uhyre Udstrækning, hvis Størrelse selv ikke den dristigste Tanke kan fatte, nævner jeg Eder Solen. Alle dens Planeter tilsammentagne udgjøre endnu ikke $^1/_{600}$ Deel af dens Masse; var den hul, saa vilde ikke alene Jorden finder Plads i den, men Maanen vilde endog der kunne iværksætte sit Løb om Jorden, uden nogetsteds at stode an, skjøndt Maanen dog er 50,000 Mile borte fra os. Hvor ringe og aldeles ubetydelig er dog ikke Menneskets Størrelse i Sammenligning hermed? og dog er det stort i Sammenligning med Millioner andre Skabninger. Hvo, som har Lyst dertil, kan bedst overtyde sig derom, ved gjennem et godt Forstørrelsesglas at betragte saadanne Skabninger, som i tallos Mængde fremkomme

---

*) Det, som indenfor denne Form eller Figur opfylder Rummet, kalde vi Materien. Materien kan være høist forskjellig (have en forskjellig indvortes Form). Betragtes Materien med Hensyn paa dens indvortes Forskjællighed eller Eiendommelighed, kaldes den Stof. Den Mængde af Materie, som er tilstede indenfor et Legemes Grændse (i et vist begrændset Rum) kaldes Legemets Masse.

**) Æthreren er en elastisk yderst fiin Flydenhed, som er udbredt gjennem hele Verdensrummet.

af Dyr- og Plantedele, naar de have lagt i stillestaaende Vand 8 a 12 Dage. Disse Skabninger kalder man Sliimdyr, eller Infussions-Dyr, og lærde Folk, som have bestjæftiget sig meget med slige Undersøgelser, paastaae, at mange af disse Dyr ere Millioner-Gange mindre end et Sandskorn. Men ere hele Dyrene selv saa smaae, hvor smaae maa da ikke de enkelte af deres Organer være! Ogsaa flere Menneskeværker fortjene her at omtales; ogsaa her afværle Størrelserne næsten i det Uendelige. Jeg vil her ikke engang omtale Ægyptens Kæmpebygninger, de stybhoie Pyramider og Obelisker, disse Kolosser, som i Aartusinder have trodset Tidens ødelæggende Tand; nei, betragter blot en af vore større Kirker, f. Ex. Roskilde Domkirke, med sine høie Spire og sine dristige Hvælvinger og sammenligner nu den med f.Ex. noget af en Uhrmagers fineste Arbeide!*)

3) Omendskjøndt jeg i denne Bog saagodtsom gltid kun vil betjene mig af saadanne Maal, som hos os ere idetmindste dog temmelig vel bekjendte, saa anseer jeg det dog for nødvendigt at gjøre mine Læsere bekjendte ogsaa med adskillige andre, som bruges i næsten enhver Lærebog i Physikken: jeg mener nemlig de franske Maal: **Meter, Decimeter, Centimeter og Millimeter.** En Meter udgjør $^1/_{40}$ af en Milliondeel af den uforanderlige Længde af en Jordmeridian eller $^1/_{10}$ af en Millionsdeel af en Jord-Qvadrant d. e. Buen fra Ækvator til Nordpolen, og svarer paa ganske lidt nær til 3 Fod 2 Tommer $2^3/_4$ Linie dansk Maal. En Meter indeholder 10 Decimeter, en Decimeter 10 Centimeter, en Centimeter 10 Millimeter; 10 Meter kaldes en **Dekameter**, 10 Dekameter et **Hektometer**, 10 Hektometer et **Kilometer**, 10 Kilometer et **Myriameter**. $^1/_3$ **Meter** er endvidere = 1 **Pariser-Fod** = 12 **Pariser-Tommer** = 144 **Pariser-Linier** osv. 1 **Toise** er 6 Pariser-Fod, 1 **dansk Fod** er lig 1 **preusisk** eller **rhinlandsk** Fod. 1 dansk Fod eller 144 danske Linier er lig $139,_{13}$ Par.-Lin.; eller 14400 danske Linier er lig 13913 Pariser-Lin. Kun dette Lidet behøve J at vide, for at indsee, hvor smukt disse Maal ere udtænkte, og hvor let alle andre kunne tilbagesøres (reduceres) til dem.

4) Hvo, som har en eller anden Opfordring til at maale en meget lille Gjenstand, der neppe er synlig for det ubevæbnede Øie, kan ikke gjøre noget bedre end at lægge den paa en yderst fiin Maalestok, f.Ex. et Glasgitter, og der betragte begge Ting tilsammen gjennem et Mikroskop. I Afsnittet om Lyset komme vi tilbage til slige Opgaver.

§ 3.

Legemernes Porosítet.

Her ere nogle Legemer, som vi nu strax skulle betragte nærmere; jeg har ordnet dem i 3 Rækker: den første af disse indeholder en Sugesvamp,

*) Skjøndt Talen her ikke egentlig er om, hvad Menneskenes Konstfærdighed formaaer, kan jeg dog ikke undlade at fremsætte et Par mærkelige Exempler derpaa. Saaledes skal der f. Ex. i Dresden findes en Kirsebærsten, hvorpaa der er udskaaret 180 Menneskeansigter. (Hvorledes maa det ikke her staae sig med Næsernes og Øinenes Størrelse!) Endvidere skal en Nürnberger ved Navn Verbinger af et eneste Pebekorn have gjort en Daase, hvori 1200 andre Elphenbeens-Daaser, der ligeledes vare forfærdigede af ham, kunde faae Plads, og det vagtet enhver af dem var forsynet med en lille Fod og en forgyldt Rand.

en Pimpsteen og et Stykke nybagt Brød; — den anden Sæbe, en tynd Træplade og ganske almindeligt Papiir; — den tredie en Glasskive, en Staal-Strimmel og et Rigsdalerstykke. Til dem lægger jeg endnu mit gode Forstørrelsesglas. Kommer nu hid og siger mig, hvad I blive vaer eller ikke vaer ved alle disse Ting!

Ved Svampen, Pimpsteen og Brødet see vi tydelig, at de indeholde en Mængde Huller, eller at deres Dele ikke slutte tæt til hinanden. Ganske det Samme iagttage vi endvidere — dog ved disse Legemer kun ved Hjælp af Forstørrelsesglasset — ved Sæben, Papiret og Træpladen. Ved Glasskiven, Staalstrimlen og Rigsdalerstykket er det os ikke muligt, selv med bevæbnet Øie, at opdage lignende Mellemrum. Og dog fattes disse heller ikke her; thi hvorledes kunde vel ellers disse Legemer udvide sig ved stigende Varme, og sammentrække sig ved aftagende! Begge disse Phænomener lade sig aabenbarlig kun forklare derved, at Rummet som befinder sig mellem Delene, bliver snart større, snart mindre.

Som det staaer sig med faste Legemer, saaledes ogsaa med de draabeflydende. For at overtyde Eder derom, behøve I blot at fylde den underste Halvdeel af en snæverbalset lille Medicinflaske med Vand, og den øverste ret forsigtig lige til Randen med farvet Vinaand; derpaa tilslutte I den aabne Ende med en Korkprop, saa at slet ingen Fugtighed kan komme ud, og vender nu Flasken om, for at bevirke den nødvendige Blanding. I ville da see, at Flasken ikke længere er ganske fuld, men at der har dannet sig et ganske tomt Rum i den øverste Ende. Men hvorledes vilde vel dette være muligt, dersom Vandet ikke besad Porer, hvori flere Dele af den finere Vinaand kunde trænge ind. Saaledes have vi da ad forskjellige Veie lært at kjende en anden almindelig Egenskab ved Legemerne; vi kalde den **Porositet**, og forstaae herved i Korthed dette, **at der sandsynligvis ingen Legemer gives, hvis Dele ikke ere adskilte ved Mellemrum.**

Vi ville nu let kunne forklare nogle af de mange forskjellige Phænomener, som grunde sig paa Porositeten. Jeg har her en Bog, en Fjer og to Blade hvidt Papir. Først dypper jeg min Fjer i en fuldkommen farveløs Flydenbed (Blysukker opløst i Vand giver en saadan) skriver nogle Ord paa det ene Blad og lægger det, efterat det er blevet tørt, i en tyk Bog. Herpaa befugter jeg det andet Blad med en anden Blanding, som er tillavet af Vand og Svovel-Calcium (en Flydenhed af denne Art er brunfarvet) og anbringer det paa et Sted i samme Bog, saa at det idetmindste ligger 100 a 200 Sider borte fra det første Blad. Derpaa lukker jeg Bogen fast i. Og naar I saa efter et Par Timers Tid ville undersøge, hvorledes det staaer sig med begge Bladene, saa ville I ikke blive lidet forundrede ved at see en bruun Skrift for Eder paa det første Blad, istedetfor en farveløs. Saaledes er det da aabenbart, at Delene af Svovel-Vandstoffet, som er en meget fiin Gas, have, formedelst de Porer, som findes i Bogens Papir, fremtrængt sig ligetil det første Blad. Ogsaa de Blærer, som næsten altid opstaae, naar man dypper Træ, Kjød eller andre lignende Legemer i Vandet, bænge ikke mindre sammen med Porositeten. Luften besidder nemlig den Egenskab, saameget som muligt at indtrænge sig i alle Legemer. Den forekommer derfor ogsaa i Porerne af bine Gjenstande. Sænke vi nu disse i Vandet, saa stiger Luften, fortrængt af denne ulige tungere Flydenhed, af sine bidtilværende Kamre, i Skikkelse af smaae Blærer op til Overfladen. Ja selv i Vandets Mellemrum er Luft. Enhver kan

selv overbevise sig derom ved Vandets Kogning; men især bemærke vi dette dog tydeligst, naar Vandet bringes under Luftpumpens Recipient. (Om dette Experiment kan jeg først senere give nøiere Underretning.)

Hvo siger mig nu, hvorfor Træet i fugtigt Veir tiltager, men derimod i tørt Veir aftager baade i Vægt og Volumen; hvorfor Dyr og Planter under visse Omstændigheder kunne forstenes (den forstenende Masse gjennemtrænger nødvendig alle deres Trævler); hvorfor Kul holde sig i længere Tid gloende under Asken (Tænker paa, at uden Luft kan ingen Ild bestaae); hvorfor Fugtigheden i en Sandbanke, udbreder sig lige til Sidsten; hvorfor en Guld-Kugle, som er fyldt med Vand, og som udsættes for et stærk Tryk, bedækkes med Draaber, som ligne Dugdraaber osv.?

Til Slutning mærke vi med Hensyn til Porositeten endnu Følgende:

1) Saadanne Legemer, som Pimpsteen, Svamp osv., hvis Porer kunne iagttages med blotte Øine, kalde vi sædvanlig **porøse; alle de øvrige derimod, som ikke besidde saa tydelige Mellemrum, kaldes tætte.** Sammenligner man to Legemer alene med Hensyn paa Beskaffenheden af deres Porer, saa bliver stedse det **mindre tætte** kaldet porøst, det **mere tætte** derimod tæt. Jern er saaledes, sammenholdt med Træ, tæt; med Guld derimod porøst. Hvor vanskeligt det derfor staaer sig med Forklaringen af porøse og tætte Legemer, have I vel nu ogsaa lært at kjende. De tætteste Legemer ere Guld og Platina.

2) **Legemer, som, idet de holdes for mine Øine, ikke forhindre mig fra ved Synet tydeligt at iagttage andre, som ere bag dem, kaldes gjennemsigtige;** de saakaldte **gjennemsiktinelige** Legemer staae midt imellem gjennemsigtige og ugjennemsigtige. Hvori Gjennemsigtigheden har sin Grund, ville vi erfare i Afsnittet om Lyset. Paa Porerne alene kan det aabenbar ikke bero hos dem; thi eller maatte de meest porøse Legemer være meest gjennemsigtige, de tætteste mindst. Endvidere er ogsaa dette et ganske uventet Phænomen, at mange Legemer, som oprindelig ere ugjennemsigtige, strax blive gjennemsigtige, naar de trædе i Forbindelse med visse andre, og at atter nogle tabe deres Gjennemsigtighed under lignende Tilfælde. Papir bliver f. Ex. gjennemsigtigt, hvorom enhver selv kan overtyde sig, naar det bliver duppet i Olie; blandes Vand derimod med samme Fluidum, erhverer det at være gjennemsigtigt. (Hvo kan angive lignende herhen hørende Exempler?)

3) **Det Rum, som begrændses ved Legemets ydre Figur eller Skikkelse, kaldes Legemets synlige; — derimod kaldes det snart større snart ringere Rum, som Massen alene indtager, dets sande Volumen.** Det sidste lader sig aabenbart ikke udfinde ved Forsøg; thi hvo vilde vel være istand til at sammenpresse noget Legeme saa stærkt, at det tabte alle sine Porer? Eftersom Trykket tiltager, nærmer det synlige Volumen sig det sande. Hvo, som drager det Første fra det Sidste, erholder naturligviis samtlige Porers Volumen som Rest. Naar jeg isvrigt senere hen taler om et Legemes Volumen, saa tænker jeg derved paa dets synlige Omfang.

4) Ogsaa jeg har vel sat Porositeten i Række med Legemernes almindelige Egenskaber; **men det er aldeles falskt at tælle dem med som en Egenskab, der bører aldeles nødvendig med til Legemernes Væsen;** thi der lader sig jo tænke Ting, som uden at besidde denne, ere tilstede for vor Jagttagelsesevne. Hvo, som endvidere ved et porøst Legeme forstaaer et saadant, hvis Mellemrum lade Flydenheder og

Gasarter gaae igjennem sig, tør ikke regne Porositeten for nogen almindelig Egenskab; thi det fattes os ikke paa Legemer, som negte selv den fineste Gas Gjennemgang. Et saadant Legeme er blandt andre Glasset.

§ 4.

Legemernes Uigjennemtrængelighed.

At et Stykke Træ og en Steen ikke kunne befinde sig paa eet og samme Sted, indtage netop det samme Rum i samme Øieblik, veed Enhver af sig selv; hvis Nogen imidlertid skulde betvivle det, da vil han jo let kunne overbevise sig derom ved et Forsøg. Begge de nævnte Ting ere faste Legemer; vil man vide, hvorledes de faste og draabeflydende Legemer forholde sig til hinanden i samme Henseende, saa kan man fylde et Glas med Vand lige til Randen, og derpaa kaste en Kiselsteen deri, hvorved vil bevirkes, at en Deel af Vandet trænges ud over Randen af Glasset (løber over), eller bliver nødt til at forlade det Sted, det nys havde, for at give Plads for det faste Legeme. Tager jeg endelig for det Tredie et høit Olglas, som er tomt, eller hvori der ikke er Andet end Luft, vender Mundinderaf ned mod Vandet, saa at Aabningen staaer parallel med Vandet, og trykker nu saaledes Glasset ned i Vandet, saa vil jeg let kunne overtyde mig om, at Vandet ikke ganske naaer op til Glassets Bund, men at der i Nærheden deraf forbliver et tomt Rum. Aarsagen hertil er ingen anden end Luften, som befandt sig i Glasset, og ved dettes Nedtrykken i Vandet, vel er bleven stærk sammentrykket, men dog stedse vedbliver at indtage et Rum, hvor den forhindrer Vandet Adgang. Hvad enten jeg saaledes anstiller mine Experimenter med faste Legemer alene eller med faste og draabeflydende eller med draabeflydende og luftformige Legemer: stedse træder den Sandhed os paany imøde: I hvilketsomhelst Punkt af Rummet, **hvor allerede eet Legeme befinder sig, kan intet andet Legeme være i samme Øieblik**, enten fortrænger det sidste det første eller ogsaa hiint bliver forhindret af dette fra at fremtrænge sig til den Plads, som det efter vor Hensigt skulde indtage. Denne af os nu opdagede almindelige Egenskab har man kaldet Legemernes eller Materiens **Uigjennemtrængelighed**, som altsaa er Materiens Evne til at opfylde Rummet. Aarsagen til Uigjennemtrængeligheden ligger aabenbar i den Maade, hvorpaa Materien opfylder Rummet.*)

Til ovenstaaende 3 Forsøg kunne vi endnu føie tvende andre. Istedet for Kiselstenen, som vi forhen brugte, kunne vi nu sænke et Stykke Sukker, Steensalt o. a. dsl. stedse dybere i Vandet. Og hvad skeer nu? Det opløser sig aldeles, og omendskjøndt Vandet ogsaa denne Gang bar naaet den øverste Rand af Glasset, spildtes dog ikke en Draabe. Hvorledes kan nu dette Phænomen forlige sig med Uigjennemtrængeligheden? Ligeledes sy-

*) 1) Enhver Materie har den Egenskab, at den gjør Modstand mod en anden Materie, som vil indtrænge i samme Rum. Denne Modstand viser sig som Kraft til Modstand mod Sammentrykning, og er derfor ogsaa bleven kaldet **Udvidekraft**. 2) Saavist som det er, at Legemerne eller Materien er uigjennemtrængelig i ovenanførte Betydning (i **mekanisk** Henseende) saa vist er det ogsaa, at de ei ere det med Hensyn til deres indvortes Kræfter; thi med deres indvortes Kræfter kunne Legemerne gjøde virke gjennem hverandre (de ere **dynamisk** gjennemtrængelige) hvilket tildeels vil blive klart af det Følgende.

nes det, som om den her under Omtale værende Egenskab ikke var nogen almindelig, naar vi sammenblande to draabebar flydende Legemer af forskjællig Tæthed. Tager jeg f.Ex. en Medicinflaske og lylder Halvdelen med Vand og derpaa den anden øverste Halvdeel med farvet Vinaand, saa at Flasken bliver aldeles fuld; vender jeg derpaa Flasken om, saa at disse to flydende Legemer blandes med hverandre, vil der opstaae et tomt Rum for oven. Havde I nu ikke forhen lært at kjende Legemernes Porositet, saa kunde maaskee disse og lignende Phænomener gjøre Eder tvivlsomme om ogsaa Uigjennemtrængeligheden var en almindelig Egenskab ved Legemerne; men nu kunne hverken disse eller andre lignende Phænomener bringe Eder til at betvivle Almindeligheden af denne nylig opdagede Egenskab, eftersom I vide, at de finere draabeflydende Legemer søger at indtrænge i de groveres Porer.

At Meel og Spaaner udfalde i Mængde, naar vi ved Hjælp af en Saug, et Bor o. a. d. søge at trænge ind i et Stykke Træ; at et paa et Stykke Kort svømmende lille Lys, som man har omgivet med et cylindrist Glas, der er tilsluttet i Enden, vedbliver at brænde under Vandet; at Mennesket ved Hjælp af en Dykkerklokke (dette meget nyttige Instrument skulle vi senere i Afsnittet om Luften lære at kjende) kan stige ned paa Havets Bund, og dog alligevel beholde den øverste Deel af Legemet i Luften: Aarsagen til disse og mange andre Phænomener finde vi alene i Legemernes Uigjennemtrængelighed.

Idet jeg til Slutning udtaler det Ønske, at I selv ville anstille Forsøg med Lyset under Vandet, opfordrer jeg Eder endnu engang ialmindelighed til flittig at gjentage ethvert af mine Experimenter, som ikke fordrer noget konstigt Instrument, og derved tillige stedse paany spørge om, til hvilke Aarsager, Kræfter og Love, det har ført Eder!

§ 5.

Om Legemernes Delelighed.

Denne Egenskab er det heller ikke vanskeligt at lære at indsee. Tage vi f.Ex. flere Legemer, saasom Sæbe, Kridt, Træ, Meel o. fl. og anstille nu Forsøg paa, om de kunne deles med en Kniv, en Saug, et Metalbor, og overhovedet et eller andet passende Værktøi, saa ville vi see, at ikke et eneste af de nævnte Legemer formaaer at unddrage sig vore Forsøg paa at dele dem. Og det samme Resultat ville vi komme til ved ethvert Legeme. Ja dersom vi rigtig kunde finde Beliggenheden eller Leiet af Bladene, hvoraf den krystallinsk dannede Diamant er sammensat, og besadde den dertil fornødne Færdighed, saa vilde vi formaae at dele selv denne ualmindelig haarde Ædelsteen, hvis Overflade intet andet Legeme formaaer at angribe. Og saaledes er da ogsaa **Deleligheden** en almindelig Egenskab ved Legemerne.

Følgende Exempler kunne give os en mere end tilstrækkelig Forestilling om hvor fine visse Legemers Dele ere.

Med omtrent 4 Dukater bedækte de franske Guldtrækkere en 22 Tommer lang 15 Tommer tyk Cylinder af Sølv, som tilsidst ved stedse at drages gjennem snævrere og snævrere Huller, opnaaer en Længde af 60, ja naar den endnu drives ved Hjælp af Valtser og trykkes flad, 67 geographiske Mile. Hvad vi her især maae beundre, er den Omstændighed, at Guldet overalt hænger sammen med Sølvet, uagtet det neppe kan have en Tykkelse

af en Milliondeel af en Linie. Tænke vi os nu endvidere den flade Traad deelt blot i 4 Dele, og disse Dele sat sammen efter hverandre i Længden, saa faae vi en Længde af 268 geographiske Mile, der er omtrent som den lige Afstand fra Berlin til Constantinopel. Vi ville ikke indlade os i vidtløftige Beregninger, men blot bemærke, at naar en geographisk Miil beregnes til 24,000 Fod, en Fod til 12 Tommer, en Tomme til 12 Linier, og hver Linie blot til 200 Dele, ville hine 4 Ducater indeholde 200,000 Millioner Dele, af hvilke erhver kan erkjendes med ubevæbnede Øine.

Den homoeopatiske Lægekunst forlanger ved visse Ting en Deling, der langt overgaaer enhver tidligere kunstig Deling. For at give et Begreb om **een** Qvintillliondeel Gran (saa overordentlig lille er nemlig undertiden en Portion, som rækkes de Syge, skjøndt denne iøvrigt naturligviis er blandet med andre Substantser), maa jeg opfordre Eder til først at betænke, at Menneskeslægten har levet omtrent 6000 Aar eller 2 Millioner og 191,500 Dage, eller 53 Millioner Timer, eller idethøieste 190,000 Millioner Sekunder. Sæt nu, at Jorden havde i enhver af disse Tidsdele været befolket af 1000 Millioner Mennesker, og at en Læge havde fra Adams Tid givet ethvert af dem **een** Qvintillliondeel Gran af et eller andet Lægemiddel hvert Sekund: saa vilde der dog lige til vor Tid idethøieste kun være forbrugt 200 Trillioner af saadanne Portioner, følgelig neppe **een** Tusindedeel af en Milliondeel af **eet** Gran. Hvo kan vel begribe en saadan Deling?*)

Af Erfaring veed maa, at en Hund finder den Vei, som dens Herre har vandret, selv om den endog ikke finder det ringeste Spor af ham paa den tørre Jord; kun Herrens Uddunstning er dens Leder. Vistnok komme vi her i Forlegenhed, idet vi nemlig ikke vide, om vi meest skulle beundre, enten Hundens fine Lugt eller de Deles Ubetydelighed, som i ethvert Øieblik losrive sig i tallos Mængde fra ethvert organiskt Legeme.

Moskussen, dette kostbare Lægemiddel, opfylder uden at tabe noget mærkelig af sin Vægt, et luftigt Kammer, det vil sige et Kammer, hvori de uddunstede Dele strax kunne skaffes bort, hele Dage og Uger, ja Maaneder og Aar med sin Lugt. Hvor uendelig fine maae dog ei disse Dele være!

Staal og Diamanter, der som bekjendt ere de haardeste Legemer, have, naar de ere godt polerede, saadanne Overflader, at man paa dem ei kan blive den ringeste Ujævnhed vaer, hverken ved Synet eller Følelsen. Og dog ere ogsaa disse Flader frembragte ved Poleermidler, som bestaae af lutter fine Korn, af hvilke hvert gjør en Ridse proportional med sin Størrelse i Staalet eller Diamanten. Her undrager Deleligheden sig alle vore Sandser.

De farvende Stoffe levere os høist overraskende Exempler. Med een Unze Kochenille kan man farve idetmindste 1er Unzer Silke tilstrækkelig rødt. Betænker nu blot 1) at 10 Unzer Silketraade ere henimod 150,000 Fod lange, 2) at en enkelt Traad er sammensat af omtrent 50 Kokontraade, og at man paa enhver Fod kan idetmindste tydeligt adskille 2000 Dele; vi erholde saaledes af enhver Unze Kochenille 150,000 Gange 50 Gange 20,000

*) For at erholde Lægemidler af den Slags, som jeg nys har beskrevet, oplose Apothekerne først et vist Qvantum af en Substants, f. Er. et Gran, i en hundrede Gange saa stor Mængde Vand, derpaa bringe de atter et Gran af denne Blanding sammen med 100 Gange reent Vand osv. Undertiden forestrive de homoeopatiske Læger et Gran af den tiende Fortynding.

eller 15,000,000,000 (femten tusinde Millioner) Dele, af hvilke enhver stedse viser sig rød under et godt Forstørrelsesglas.

En eneste Draabe Fugtighed, taget af en Frøes Tarm, viser os under Mikroskopet utallige Dyr, der ere forsynede med Ernærings- og Bevægelsesredskaber. I kjende dem allerede under Navn af Infusionsdyr.*) **Blodet** er endvidere ikke, som det synes, et ligeformet Fluidum; det bestaaer meget mere af en Mængde smaae Legemer, som svømme omkring i en Flydenhed, som de Lærde kalde **Serum**. Uagtet nu Menneskenes Blodkugler neppe have et Gjennemsnit af $^1/_{150}$ Millimeter, eller $^1/_{300}$ Deel af en Linie, saa kunne de dog ved Chemiens Hjælp igjen udlægges i Dele.

Samtlige Exempler, som jeg her har anført, lede letteligen til det Spørgsmaal: **gaaer maaskee Deleligheden i det Uendelige?** Tage vi dette i mathematisk Forstand, saa lader der sig aabenbar ingen Grændse finde; thi hvor overordentlig lille vi endog tænke os en Deel, vil dog Forestillingen om dens legemlige Udstrækning føre det med sig, at den endnu maa kunne deles videre. Ganske anderledes forholder det sig med den **physiske** eller **virkelige Deleligbed**. Her maa saavel Menneskenes Mangel paa Færdighed som og Mangel paa fine Instrumenter nødvendig sætte en Grændse for Deleligheden. Denne vor Betragtning leder mig endelig til Navnene **Atome** og **Molekul**, hvilke begge saa temmelig udtrykke det Samme, nemlig de **uigjennemtrængelige, og ligevære Grundedele** (Urdele), af hvilke vi antage, at alle Legemer ere sammensatte. Hvo der nu taler om disse Dele, uden just at fæste Øiet paa deres Udskillelighed, betjener sig af Navnet Molekul; men hvo, som omvendt vel vil fremhæve, at de ere kontinuerlige og udskillelige, bruger det ældre Ord Atom. Strængt taget har Begrebet Atom intet at gjøre med Storhed eller Lidenhed. Det betydeligere eller ringere Antal af Atomer i et bestemt Rum betinger aabenbar Legemernes større eller mindre Tæthed. Forudsat nu, at to Legemer indtage et lige Volumen; hvorledes kunne vi da vel erfare Forholdet mellem deres gjensidige Tæthed?

§ 6.

Om Legemernes Tiltrækning.

a. Legemernes Tiltrækning som Sammenhæng (Kohæsion).

For at overtyde Eder om denne nye almindelige Egenskab ved Legemerne, vil jeg ligesom forhen betjene mig af nogle simple Experimenter. For det Første tager jeg to almindelige Glas, og fylder dem til Randen med Vand. Tager jeg nu en stille Regnepenge og lader den falde yderst blærsom i det ene Glas, saa vil Vandet ikke flyde over, men det vil hvine sig paa Midten og danne ligesom et lille Vandbjerg; i det andet Glas kan jeg faae en Smaal til at svømme paa Vandet eller rettere til at holde sig ovenpaa, naar jeg ligeledes meget varsomt bringer den i Forbindelse med

*) Den forbausende Mængde af Infusionsdyrene overstiger selv vore driftigste Forestillinger. Ehrenberg, en berømt Professor i Berlin, har f.Kr. opdaget, at de fiore Lag af Tripel og Polerstiffer, bestaae af Rester af Infusorier, og at man altid kan regne 40000 Millioner af saadanne paa hver Kubikfod. Tænker nu herved især paa de Kanaler, hvori disse mikroskopiske Dyrs Safter have bevæget sig!

Vandets Overflade. I kunne dernæst tage en Træspaan og en Klaverstræng og forsøge at sønderbryde dem. Idet I nu forsøge dette, saa ville I hos begge fornemme en Modstand, som modsætter sig Itubrydningen. Klaverstrængens Dele hænge virkelig saa fast sammen, at der skal en meget betydelig Kraft til at rive dem fra hinanden; medens derimod Træspaannens Modstand er langt mindre paafaldendende. Men at en saadan Modstand ei heller ganske sattes hos Vandet, kunne vi deels lære af det lille Vandbjerg, der dannede sig i det førstnævnte Glas, deels af Naalen, som i det andet Glas holder sig ovenpaa Vandet.*) Før vi imidlertid skride til nye Forsøg, ville vi mærke os:

1) **Den Egenskab ved Legemerne, ifølge hvilken de snart med en større snart med en mindre Kraft modsætte sig ethvert Forsøg paa at adskille deres Dele, fører Navn af Sammenhæng, og Kraften selv bedder Rohæsions-Kraft.**

2) **Denne Modstand viser sig baade ved Sønderrivning og Sønderbrydning, og er altsaa en dobbelt; den første, den nemlig, som et Legeme viser ved Sønderrivning, bestemmer den absolute; den anden derimod, som aabenbarer sig ved Sønderbrydning, den relative Fasthed.**

3) **Endelig bliver den Kraft, som er nødvendig til at itutrykke Legemerne, kaldes deres modvirkende eller tilbagevirkende Kraft.**

Rohæsionskraften er forskjellig hos de forskjellige Legemer. For at bevise dette med Hensyn paa den absolute Fasthed tog en berømt Naturforsker ved Navn Muschenbroek, som boede i Leiden i den første Halvdeel af det 18de Aarhundrede, flere firkantede Stænger, som vare støbte af forskjelligt Metal og omtrent to Linier brede, befæstede den ene Ende af dem saaledes, at de erholdt en lodret Stilling, og betyngede den anden Ende af dem med stedse større Tyngder (Byrder eller Vægter) indtil Stængerne brast. Hans Experiment bragde tildeels meget uventede Resultater. Førend Stængerne brast, behøvedes der nemlig ved Stængerne af engelsk Bly 25, af Spidsglands 30, af gaslarsk Zink 76 til 83, af Wismuth 85 til 93, af engelsk Tin 150, af japansk Kobber 573, af fiint Guld 578, af svensk Kobber 1059, af fiint Solv 1156, ja af tydsk Jern endog 1930 Pd. Andre Forsøg, anstillede paa lignende Maade med Stave, som vare staarne af forskjellige Træsorter, og hvis Sider vare noget over tre Linier brede, viste, at de af Fyrretræ behøvede omtrent 550, de af Grantræ 606, de af Lindetræ 1000, af Egetræ 1150, af Pukkenbols 1250 Pd., førend den tilsigtede Sønderrivning kunde finde Sted. **Ogsaa særdeles fine Legemer besidde ikke sjelden en i Sandhed overraskende Rohæsionskraft.** Ligesom Muschenbroek kan ogsaa enhver af os let overtyde sig om, at en enkelt Silketraad, det vil sige en saadan, som Silkelarven spinder, kan bære 80, ja et Menneskehaar endog 1500 til 2000 Gran. Samtlige Forsøg lære os: **Legemernes absolute**

*) En Staalspnaal af 0,5 par. Linier i Gjennemsnit, og hvis Vægt udgjør 3,5 Gran, skal, efter Parrot, være den største, som kan bringes til at svømme paa Vandet. Herved kan ogsaa bemærkes, at de flydende Legemers Dele have en større Sammenhængskraft paa Overfladen end under dem. Kommer Spnaalen først under Overfladen, vil den hurtigt synke.

Fasthed voxer med Storrelsen af deres Tværsnit; men beroer ellers ikke paa nogen almindelig Lov, og staaer allermindst i noget bestemt Forhold til Tætheden. Saaledes er f. Ex. Guldet tættere end Jernet og dog langtfra saa fast (saa stærkt) som dette.

For at bestemme Legemernes relative Fasthed, behøve vi blot at forskaffe os lignende Stænger, som dem Muschenbroek brugte, at understøtte dem ved begge Ender, og saalænge at belaste dem med stedse større Byrder, indtil de brydes. Om nu endog de Resultater, til hvilke vi derved komme, falde forskjelligt ud, saa træder dog stedse den Sandhed os imøde: **Bærekraften staaer, (forudsat at Legemerne ere af samme Materie) i lige Forhold til Bredens og Høidens (Tykkelsens) Qvadrat, men i omvendt Forhold til Længden.** Denne Sætning er af overordentlig Vigtighed i mange Tilfælde og Fag, f.Ex. for Bygmesteren. Visse nødvendige Kundskaber, som jeg ikke her tør forudsætte, forbindre mig fra her at udtale mig videre herover; exempelviis vil jeg blot nævne, at en Bjælke, som er horizontal befæstet ved den ene Ende, ved den anden Ende kun bærer en Fjerdedeel, medens den derimod ved en lige Fordeling af Byrden bærer det Dobbelte, og at vi, især om den har en anseelig Længde og Tykkelse, maae drage dens egen Vægt fra dens Bærekraft.

Nogle Phænomener, som hovedsagelig angaae Legemernes absolute Fasthed, ere altfor mærkværdige til at jeg ikke skulde henlede Eders Opmærksomhed derpaa. I vide vel allerede, at en løs (en udreiet) Strikke viser en større Fasthed (Styrke) end en sammendreiet. Saaledes maa det ogsaa være; thi medens ved den første en Deel af dens Vægt medgaaer for at give den samme Egenskab som den sidste, bliver denne, saasnart en saadan Kraft indvirker paa den, sat i en endnu større Spænding. Saaledes viser endvidere en Linie, som er vundet af flere Jerntraade, sig stærkere end en ligesaa svær og ligesaa lang Stang af samme Metal, fordi Traaden, naar den flættes, erholder en større Overflade. Erfaring lærer os endvidere, at Bly, som er trykket ved egne Valtser, bliver 4 Gange, og Sølv, som er hamret dygtig, idetmindste een Gang stærkere end i naturlig Tilstand; at Legemer, som valtses eller slaaes, ligeledes vinde i Styrke. Hvo er nu vel stand til i nogen Maade at angive de Aarsager, som ligge til Grund for disse Sandheder?

Med Hensyn paa deres Sammenhæng eller Kohæsionskraft frembyde Legemerne os endnu andre særdeles betydende Egenskaber. Følgende Experimenter maae tjene som Beviis for denne min Paastand:

a. Medens jeg vender Aabningen paa en Medicinflaske, som jeg har fyldt med Vand, alt mere og mere nedad, vil det være let for Eder Alle at iagttage, at den ene Draabe efter den anden kommer ud, eller at det kun koster mig yderst ringe Umage at adskille Delene i dette flydende Legeme fra hinanden. Olie, Viinaand osv. frembyde de samme Phænomener, naar de behandles paa lignende Maade. Gjentager jeg nu mit simple Forsøg, men opfanger denne Gang samtlige Draaber i et Kar, som idetmindste i Skikkelse afviger fra Medicinflasken, saa ville Draaberne let lade sig flyde over i hverandre, og ligesaa let antage det sidste Kars Figur. Dette Phænomen, som I herved have Leilighed til at iagttage, er Eder ogsaa forlængst bekjendt. Istedetfor at fortfare med Experimenter af denne Art, vil jeg hellere bringe Eder i Erindring, at vi hverken see dette eller hint Phænomen at indtræde ved Kridt, Jern, Kobber, Steen eller lignende Ting; at vi meget mere bemærke, at Delene kun med Møie adskilles ved de sidst om-

talte Legemer, og at de saa godt som slet ikke kunne skydes over i hinanden. Saaledes danne de den fuldkomneste Modsætning til Vand, Viin, Olie, Mælk osv. Hvad vi herved især have at indprænge os lyder saaledes: **Ethvert Legeme, hvis Dele hænge saa ringe sammen, at de let kunne skydes over i hverandre eller flyttes indenfor Legemets Grændser, bedder flydende; ethvert andet kaldes derimod fast. De Legemer, som staae paa Overgangene mellem faste og flydende, kaldes Flærbrige f. Ex. Galde.** Forøvrigt ere ikke alle flydende Legemer **draabeflydende**; vi inddele dem derfor endvidere i **draabeflydende** og **elastiskflydende**. For nu at vise Eder paa en anskuelig Maade, hvorledes de første vise Trykket langt mere Modstand end de sidste, og kun forsvinder deres Volumen ubetydelig, naar Trykket aftager, behøver jeg blot at sætte et Glas med Vand og et dito med Luft oven til fastbundet med en Blære under Luftpumpens Recipient; (dette Experiment skal senere blive anstillet). Medens nu Vandet neppe mærkeligt udvider sit Rum ved det efterhaanden aftagende Lufttryk udvider den indesluttede Luft sig med saadan Magt, at vi maa skynde os med at tilføre Recipienten ny Luft, om vi ville sikkre Blæren for at sprænges. De elastiske Flydenheder dele vi endelig endnu i **Dampe** og i **Luft** (Gas, Luftarter, Gasarter). Hvorhen de høre, nemlig enten til Dampe eller Gas, erfare vi bedst, naar vi meddele dem en vis Varmegrad. Kun nemlig da kun en ringe Mængde af dem holde sig i et Rum, og forvandler hele Overflukdet sig til en draabebar Flydenhed, naar Rummet forringes, saa have vi at henregne dem til Dunster eller Dampe, i modsat Tilfælde til Gas. Saavel angaaende Dampe som angaaende Gasser vil der senere blive talt endnu Meget.

b. Til mit nye Experiment vælger jeg en nylig beredt Leerkugle og en ganske sædvanlig Kiselsteen. Saasnart jeg trykker den første med min Finger, lægger jeg især Mærke til, at dens Overflade temmelig godt modtager Indtrykket, og at jeg derfor meget let kan forvandle Kugelformen til en anden. Talg, Smør, Frist Ost osv. tillade samme Forandringer. Jeg experimenterer nu ogsaa med Kiselstenen paa den betegnede Maade. Uagtet jeg ophyder alle mine Kræfter paa den, for paa lignende Maade at frembringe Indtryk i dens Overflade, saa vil det dog ingensinde lykkes, fordi den viser en altfor betydelig Modstand. Det Samme erfares, under samme Omstændigheder, med Hensyn til Jern, Kobber, Sølv, Guld osv.

Ogsaa disse Forsøg skulle lære os Noget, nemlig dette: **et Legeme, hvis Overflade temmelig let kan modtage Indtryk, og som derfor ogsaa med ringe Møie kan gives en anden Figur, kaldes blødt; ethvert andet Legeme, som følgeligen har de modsatte Egenskaber, kaldes haardt.** Grændsen mellem blød og haarde Legemer er meget ubestemt. Udtryk som følgende: Smørret, Osten, Træet, Sengen osv. er for blød eller for haard, levere de bedste Beviser herfor. Saaledes er fremdeles Staaler haardere end Jernet; Iridium, et sølvhvidt Metal, haardere end Staal; Diamanten haardere end Iridium, og overhovedet saa haard, at intet andet Legeme kan ved Indridsen angribe dets Overflade, som vi allerede have hørt, hvor Talen var om Deleligheden.

c. Fatter jeg Metalstrængen ved begge Ender, da bøjedder den, som I see, den Egenskab, at kunne bevæge sig snart til denne, snart til hin Side, uden at sønderrives eller brækkes. Fiskebeen, Pilegviste, tynde Tin- eller Blyplader og en Mængde andre Gjenstande tillade ligeledes en lignende Forandring i deres Leie. Vil jeg derimod forsøge det samme Experiment

med en Stang Lak, eller et Glasrør, saa vil jeg snart overtyde mig om, at disse snarere ville springe itu, end lade sig bøie til forskjellige Sider; og ikke bedre gaaer det med fast Liim, raadt Beg, brændt Leer osv. Mærker da nu: **Ethvert Legeme, som uden at sønderrives eller itubrydes, lader sig bøie i forskjellige Retninger, kaldes bøieligt, ethvert andet Legeme derimod, som altsaa mangler denne Egenskab, kaldes stjørt.** Som Exempel paa betydelig Haardhed og Stjørhed tillige kunne de saakaldte **Glastaarer** og **Bolognefer-Flasker** tjene; hine erholde vi, naar vi lade Draaber af smeltet Glas falde i koldt Vand; disse, som ere pæreagtige Smaaflasker med temmelig tykke Vægge, naar vi lade dem hurtig afkjøles i den frie Luft. Begge disse Legetøi besidde nemlig Fasthed nok, for at kunne yde ret betydelig Modstand mod et Stød, ogsaa forblive alle deres Dele i den inderligste Sammenhæng, naar de rives mod andre Legemer; men Glasdraaberne springe pludselig i Støv, naar vi berøve dem deres tynde Hals, og Bolognefer-Flaskerne tabe i Øieblikket deres Bund, naar man lader en skarp Steen eller noget Lignende falde ned i dem. De omtalte Phænomener henvise aabenbart paa en yderst tvungen Tilstand i alle Delene i de omtalte Taarer og Flasker.*) At de ivrigt kun ere Virkninger af en egen Art Afkjøsling, lære vi af den særdeles vigtige Omstændighed, at der slet ikke er mere Tale om begge Legemers paafaldende Egenskaber, naar vi endnu een Gang bede dem saa de blive gloende røde, og derpaa lade dem successiv afkjøles i en saakaldet Kjøleovn.

Her ligger en tynd Blyplade og en Bold af Gummielastikum; begge Legemer ere vel bøielige, som jeg alt har meddelt Eder; men de vise en paafaldende Forskjelligheds i en anden Henseende, hvilket jeg nu vil vise ved et nyt Experiment. Naar jeg har bragt Blypladen en Smule ud af dens oprindelige Leie eller Beliggenhed, bemærke vi, at dens Dele strax ganske tabe Bestræbelsen efter at vende tilbage i deres forrige Leie. Ganske anderledes forholder det sig under samme Omstændigheder med en Bold af Gummielastikum. Næsten i samme Øieblik, da den fremmede Kraft ophører at virke paa den, ligger den ogsaa strax atter for os i sin Grundfigur. Af dette Forsøg lære vi: **„Ethvert Legeme, som, naar ingen Kraft mere træder det hæmmende imode, viser Bestræbelse efter atter strax at indtage sit forrige Rum og Figur, kaldes elastigt eller spændigt. ethvert andet derimod kaldes uelastigt eller uspændigt.** Om der ivrigt gives Legemer, som aldeles mangle Elasticitet, vide vi ikke. Alle de ombyggelige Undersøgelser, som Physikerne hidtil have anstillet herover, føre stedse paany til det Resultat: **at alle faste Legemer vise sig fuldkommen elastige (mod saadanne Kræfter, som ikke overskride et vist Maal; mod saadanne derimod, hvis Størrelse er forholdsmæssig altfor betydelig, som fuldkommen uelastiske) og at følgelig kun Grændsen for Virkningerne er forskjellig hos de forskjellige Legemer.** Udmærket Elasticitet, d. e. en saadan,

*) Begge vise endvidere, at et Legeme kan være stjørt i een Retning, men fast eller stærkt i en anden; og dette leder igien til den Formodning, at Legemernes Fasthed beroer paa Delenes indbyrdes Sammensolelsesmaade. Ogsaa er det værd at mærke, at flere meget stjøre Legemer blive meget bøielige, naar de anstilles i fine Blade eller udtrækkes i fine Traade. Det Sidste er f.Ex. Tilfældet med Glas.

ved hvilken Rum og Figur strax indtræde igjen, vise f.Ex. Fiskebeen, Gummielastikum, Elfenbeen, hærdet Staal osv., yderst ringe Elasticitet, ved hvilken hiin Tilbagevenden kun tildeels, ja saa godt som slet ikke finder Sted, vise f.Ex. blode Leermasser, alleslags Tøi og utallige andre Legemer.

Med hvilken Magt visse elastiske Legemer pleie atter at indtage deres naturlige Leie og Figur, derpaa have vi flere saa bekjendte Exempler, at jeg kun vil omtale nogle med et Par Ord. — Lade J en Bold af Gummielastikum frit falde, vil den, idet den berører Jorden, hurtigt springe høit i Veiret. Den spændte Bue, der som bekjendt er en elastisk Stav, driver Pilen bort med stor Hurtighed, idet den vender tilbage til sit forrige Leie; en udspændt Line fører Linedandseren gjentagne Gange høit iveiret osv. For at overtvde Eder om Elphenbenets Elasticitet, behøve J blot at overstryge en Billardkugle tyndt med Olie, og derpaa lade den falde paa en fuldkommen jævn Flade. Den kredsrunde Plet, som J bemærke paa hiin Flade, efterat Kuglen er sprunget iveiret, lærer Eder vienspnligt, at Kuglen maa have slaaet sig flad ved Nedfaldet paa Fladen. Med Kugler af Træ, Steen, Glas og mange Metaller forholder det sig mere eller mindre paa samme Maade.

De Gamles Katapulter og Ballister vare særdeles mærkværdige Instrumenter, der vare beregnede paa visse Legemers Elasticitet. De første tjente til at skyde med ligesom vore Kanoner; de sidste til at kaste med som vore Morterer eller Mørsere. Katapulten havde i Almindelighed samme Indretning som Flitsbuen. Over den brede Rende, i hvilken man lagde de Legemer, som skulde bortskydes, vare Sener af Huder, Haar og Dyretarme befæstede mellem to Bjælker. Saadanne uhyre Strikker kunde aabenbar ikke spændes med de blotte Hænder; nei kun ved Hjælp af en stærk Jernhage og en Vinde, der satte hiin i Bevægelse, udførte man den besværlige Forretning. Lod man Strikken los, saa foer den formedelst sin Elasticitet øieblikkelig tilbage, og kastede mi samtlige Ting, som befandt sig i Renden, bort med en utrolig Hurtighed. Overhovedet var alt hos Katapulterne beregnet paa en vidunderlig Effekt. De største Maskiner af denne Art kastede, naar de vare rettede noget iveiret, Pile henimod halvtredie tusinde Fod bort; og disse viste atter en saa vældig Kraft, at de knuste Alt, som traadte i Veien for dem. Selv i det fasteste Muurværk trængte de ind. Man kjender Exempler paa, at Bjælker af 12 Fods Længde, borrkastede ved Katapulter, have ei alene faret igjennem tredobbelte Mure, men endog ovenikjøbet boret sig dybt i Jorden paa den anden Side, Hvad der især gjorde saadanne Bjælker frygtelige, vare de ofte 3 Fod lange Jernspidser, der overalt blikkede frem som dødsbringende Pile, og som desuden ikke sjelden vare forsynede med allehaande brændende Ting, der skulde antænde Fjendens Bygninger og Krigsmaskiner. Smaae Katapulter kaldte man Skorpioner. Vel forte disse, som J vel kunne vide, ikke Pilene saa langt, men desuagtet vare de dog istand til at gjennembore en Mand med Skjold og Pantser, om han endog stod flere hundrede Fod borte. Katapulten hvilede iøvrigt paa et Stillads, ligesom Kanonerne paa Lavetten, kunde rettes til Siderne og erholdt 2 a 4 Hjul, naar den skulde bruges paa Felttog.

Ballisterne vare ikke mindre effektfulde end Katapulterne. Paa Midten af Senen, som man hos dem befæstede paa samme Maade som paa de nysnævnte andre Maskiner, fastgjorde man nogle stærke Bjælker, der havde Skikkelse af en Skee, men dog maaskee bedst kunde lignes ved Stillepinden i Snoren paa en Saug, og som ved en Vinde bleve dragne tilbage, naar

Senen skulde drives fast sammen. Lagde man nu i den omtalte Fordybning alleslags Legemer, f.Er. store Stene, døde, undertiden halv forraadnede Mennestekroppe og borttog da pludselig den Kraft, som hidtil spændte Senen, saa fløi strax alle hine Ting bort med betydelig Hurtighed og bragde Død og Fordærvelse blandt Fjenderne. Een af de største af de Gamles Ballister førte Navnet Onager. Vægten af de Stene, som denne Maskine bortkastede paa een Gang, beløb sig til flere Centner. En af alle Tiders meest berømte Mathematikere, udskilde fra Syrakus, da den romerske Feltherre Marcellus rykkede mod denne Stad, 3 Gange efter hinanden, Fjeldstykker paa 10 Centner over Muren, og sønderknuste derved de fjendtlige Legioners Stormbroer.

Angaaende de udvidelige og draabeflydende Flydenheders Elasticitet, skulle vi tale noget nærmere i det Følgende. Her bemærke vi blot foreløbigt, at saavel Gasarterne, som Dunsterne høre til de fuldkommen elastiske Legemer, og at ogsaa Vand, Olie, Vinaand osv. atter udvide sig, naar den sammenpressende Kraft ikke mere virker.

b. Tiltrækningen som Vedhængning (Adhæsion).

Naar jeg vil adstille to Glasplader, der en Tidlang gjensidigen have bedækket hinanden, bliver jeg til min Forundring vaer, at jeg for at fuldbringe den tilsigtede Adskillelse maa opbyde en vis, vel ikke stor, men dog stedse bemærkelig, Kraft. Godt polerede Metal- eller Marmorplader, stærkt sammentrykte Hænder, især naar man først har aandet i dem osv., føre under samme Omstændigheder til samme Resultat. To Vanddraaber forene sig i samme Øieblik, de berøre hinanden, til **een** Draabe. Ganske det samme Phænomen frembyder sig for os med Draaber af Olie, Vinaand og overhovedet enhver hvilkensomhelst draabebar Flydenhed (om elastiske Flydenheder kan her aabenbar ikke være Tale). Agter nu videre paa et Experiment af en anden Art.

Her er en tør Glasskive. Efterat jeg har bestrøet den med fiint Støv og vendt den saaledes om, at den Flade, som forhen var øverst, nu er underneden, overraskes vi paa en vis Maade ved at see, at de sværeste af de smaae Legemer falde af; men at derimod de lettere blive hængende, endskjøndt de dog ere **uligeartede** med Skivens Dele. Jeg bringer dernæst en af mine Fingre under Vand; — Virkningen her er almindelig bekjendt; den har nemlig tabt sin forrige Tørhed, og kan kun befries fra de Vanddele, som sidde paa den, ved en ydre Kraft. Betragter for det Tredie denne lille Medicinflaske, som er omtrent halv fuld af Vand! bemærke I ikke, at Vandet staaer høiere ved Siderne end i Midten? Jeg kommer nu endelig til det skjønneste af alle herhen hørende Forsøg. Jeg ophænger en Plade af Glas (en Marmor- og Metalplade er ogsaa brugelig) horizontal paa en Vægtskaal, bringer Vægten atter i Ligevægt, idet jeg lægger den fornødne Vægt i den anden Skaal, og lader nu hiin Plade berøre Overfladen af Vandet eller en anden Flydenhed i et Kar; jeg finder da, at den hæfter derved med en vis Kraft, og at den ikke kan løsrives derfra, førend ny Vægt lægges i den anden Vægtskaal. Forresten blive ogsaa efter Adskillelsen endnu mange Vanddele hængende ved Pladen eller Skiven.

Men endnu er jeg ikke færdig med mit Experiment. Her staae to Medicinflasker; af disse fylder jeg den ene med Qvægsølv og den anden med Vand, efterat jeg først har bestrøet deres indre Vægge med Heremeel.

og seer nu! saavel Qvægsølvet som Vandet flyer Randen af Glasset og hæver sig mest i Midten. Bestrøer jeg en af mine Fingre med Hørmeel og dypper den i Vandet, saa bliver den dog ikke vaad, saalænge jeg endog lader den blive i Vandet. Og strøer jeg nu dette gaadefulde Meel paa Papir, saa vil Vandet løbe draabevis bort derover.

Nogle af de nærmest følgende Experimenter kunne I selv gjøre samtidigen med mig. Dypper først en Skriverpen i Blæk indtil et vist Sted paa Spalten; gjør dernæst det Samme ved Eders Nidsefieder, hvis Sideflader som bekjendt staae hinanden temmelig nær; dypper endelig for det Tredie en vis Deel af et Stykke Trækpapir i Vand. Det første Phænomen, som vi her især have at agte paa, er, at de flydende Legemer, som vi nys have betjent os af, ved alle tre Legemer have overskredet det nøie angivne Mærke. Endnu smukkere viser dette sig for os, naar vi tage smørre Glasrør og nedsænke dem til et bestemt angivet Punkt i Vand, Alkohol eller en anden draabebar Flydenhed. Enhver kan nu selv see efter, om det virkelig ogsaa viser sig her, og han lægge tillige Mærke til, i hvilke Glasrør den flydende Materie staaer høiest. Efter disse anstillede Forsøg kan jeg nu meddele Eder Følgende:

1) **Den Egenskab ved Legemerne, ifølge hvilken enten to ligeartede** (mindes her blot det første anstillede Experiment) **eller to uligeartede Legemer, som med Overfladerne berøre hinanden** (tænker herved paa min vaadgjorte Finger, paa Vægtskaalen med Glaspladen) **gjerne forene sig med hinanden, hedder Vedhængning eller Adhæsion; Kraften selv, som herved er i Virksomhed, kaldes Adhæsions-Kraft.***)

2) **Draabeflydende Legemers Adhæsion paa Overfladerne af faste, er ikke sjælden forskjellig hos de forskjellige Legemer.** (Hvilke Forsøg have lært Eder dette?)

3) **Den ganske særegne Art af Adhæsion, som kundgjør sig derved, at de draabeflydende Flydenheder stige op ad Væggene paa smalle Rør, benævne vi sædvanlig med Navnet Kapillaritet eller Haarrørs-Tiltrækning.** Jo smallere Haarrørene iøvrigt ere, desto høiere stige de flydende Legemer, og det i den Grad, at disse stige dobbelt saa høit, naar hine ikkun ere halvt saa vide, tredobbelt, naar de kun ere en Trediedeel saa vide som andre osv. Denne Lov bekræfter sig med største Nøiagtighed ved Experimenteren. Iøvrigt er ogsaa Høiden af Stigningen afhængig af de flydende Legemers Art, hvori Haarrørene blive dyppede. Ja hvis det flydende Legeme ikke har saamegen Adhæsion til Haarrøret, at det staaer deri med en indbøiet Overflade, vil det flydende Legeme endog staae lavere i Haarrøret end i det videre Kar; dette er f. Ex. Tilfældet med Qvægsølv i et Glasrør.

4) **Faste Legemers Adhæsion bliver betydelig forstærket, naar draabeflydende, eller saadanne som blot ere gjorte flydende, Legemer bringes imellem dem.** Opvarmer blot to Metalplader,

---

*) Man antager ialmindelighed, at Adhæsionen er desto større, jo flere Berøringspunkter Legemerne have. Man anvender derfor, ved Forsøgene over faste Legemers indbyrdes Adhæsion, Flader, der ere saa jævne og saa glatslebne som muligt.

som ere slebne ret jævne og som have nogle Tommer i Gjennemsnit, bestryger dem eens medTalg, trykker dem mod hinanden og lader dem ligge nogen Tid uforstyrret, og I ville da overtyde Eder om, at selv en Vægt af **ett** Centner og derover neppe er istand til at stille dem fra hinanden.*) Kobberblik af en halv Linies Tykkelse, formet til Rør og forsynet med et dobbelt saa tykt Lag af stærkt limet Papir, erholder en Fasthed, der forholder sig til den oprindelige som 2 til 1. En Cylinder, der bestaaer af flere sammenlimede Papirlag, og hvis Gjennemsnit er omtrent en Tomme i Firkant, kan, man skulde neppe troe det, bære en Vægt af idetmindste 30,000 Pd.; ja naar den paa samme Maade er forfærdiget af gode Hampetraade, sønderrives den sædvanlig først ved en Vægt af 90,000 Pd. At der gives Kitarter, der ved visse Legemer bevirke en saadan Sammenbæng, at deres Masse for sønderbrydes i Midten, end at de skulde adstille sig fra det forbindende Middel, er saa almindelig bekjendt, at det her ikke behoves at vises ved noget Exempel. Kitning, Limning, Lødning og Sveitsen, Trykning og Tegning, Forgyldning, Forsølvning og Fortinning, Speiles Belægning; — alle disse og lignende Arbeider beroe paa Adhæsionen, og træde derfor ind i Kredsen af vore Undersøgelser. Ja selv et Legemes Befugtning ved et andet er en Følge af Adhæsionen.

Lægger jeg et Stykke Sukker i en Theeskee, som er fuld af Kaffe, vil det inden kort Tids Forløb vise sig gjennemtrukket af den brune Flydenhed; — en vaad Plet paa et Bord lader sig vanskelig afterre med Skrivpapir, fordi Limen tilstopper de fine Kanaler eller Mellemrum; derimod let med Trækpapir, der, som bekjendt, er et ulimet Legeme, eller og med linnede Klude; — tørre Kiler af Træ, som vi have inddrevet i en Klipperevne, blive saa overordentlig udvidede, naar Vandet stiger op i deres Porer, at selv de stærkeste Klipper derved sprænges; — en Strimmel Trækpapir, der lægges over Randen af tvende Glas, som staaer ved Siden af hinanden, og af hvilket det ene er ganske tomt, det andet derimod fuldt paa en Fjerdedeel nær med Vand, tager dette flydende Legeme (Vandet) ei alene op med sig, men fører det endog over i det andet Glas; — hule Glaskugler, som svømme paa Overfladen af et roligt Vand, stode mod Karrets Rand med fordoblet Hurtighed, dersom de alt ere komne den temmelig nær; — Svømmefugle, som have forsynet deres Fjedre med et fedtet Overdrag af den Oliekjertel, som sidder ved Stjærten, behøve blot at ryste sig, for at faae Vandet til at rulle ned af deres Krop i smaae Kugler; — i Plantecellerne, hvis Gjennemsnit neppe udgjør en Hundrededeel af en Millimeter eller omtrent $^1/_{250}$ Deel af en Linie, stige Safterne iveiret med stor Kraft. Ligeledes, omendskjøndt i en langt ringere Grad, drage Fugtighederne opad i fugtig Sand, Leer, i Bomuld osv.; — en Qvægsølvsdraabe danner paa Glas ligesom Vand paa Støv eller Fedt en Kugle; men flyder ud paa Sølv eller Tin osv. osv.**) — I see altsaa, at det er umuligt at optælle alle herhen hø-

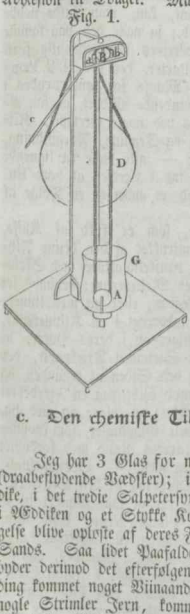
*) Herved maa dog bemærkes, at naar Pladerne saaledes bestryges, er det ikke let at afgjøre, hvormeget eller hvorlidet den paafrøgne Masse bidrager til Adhæsionen, og at, som en Følge deraf, Forsøgene let blive usikre.

**) Enhver saadan Kugle- eller Draabedannelse er en Virkning af Kohæsionen eller Delenes indbyrdes Sammenhængs-Kraft. Naar en paa et fast Legeme paagydt Draabe flyder, da kommer det deraf, at det faste Legemes Tiltrækningskraft er større end Sammenhængskraften af det flydende Legemes Dele; Adhæsionen større end Kohæsionen.

rende Phænomener, og at det derfor ikke, hvis vi have en vaagen Aand og et skarpt agtpaagivende Øie, vil mangle os paa Leilighed til stedse at komme tilbage til Adhæsionen ialmindelighed og Haarrors-Tiltrækningen iværdeleshed.

Dog kan jeg ikke her undlade med et Par Ord at omtale **Vera's** hydrauliske eller Neb- (Funikular-) Maskine, hvorved Vandet loftes ved dets Adhæsion til Touget.

Fig. 1.



Maskinens Indretning (Fig. 1) er følgende: Den bestaaer af et Toug uden Ende eller som er tilbageløbende i sig selv, hvilket gaaer om to Nuller **A** og **B**, af hvilke den ene **A** er under Vandstaden i Karret **G**. Nullen **B** befinder sig i en Kasse **C**, og dens Axe staaer i Forbindelse med en anden lille Nulle x bagved Nanden (hvorfor den ikke sees her i Figuren); over denne og over den store Nulle **D**, gaaer igjen en Snor uden Ende. Nu dreies **D**, derved ogsaa x, med denne **B** og altsaa ogsaa **A** og Touget om **A** og **B**. Ved Touget hæfter sig nu noget af det i Karret **G** sig befindende Vand, andre Vanddele hæfte sig til dem nærmest ved Touget, og saaledes vil nu en Vandsøile eller Vandcylinder stige med Touget op til Kassen **C**. Her slaaer det mod Kassens øverste Væg, løber derpaa ned ad Kassens andre Vægge og kan nu ved et stort Rør ledes, hvorhen man vil have det. Ved **d** og **b** er der anbragt Rør over de Huller, gjennem hvilke Nullen gaaer, saa at Vandet ikke kan løbe ud igjennem Hullerne.

c. Den chemiske Tiltrækning og Legemernes (chemiske) Slægtskab.

Jeg har 3 Glas for mig, som ere fyldte med forskjællige Flydenheder (draabeflydende Vædsker); i det første befinder sig Vand, i det andet Eddike, i det tredie Salpetersyre. Kommer jeg nu Glaubersalt i Vandet, Kridt i Eddiken og et Stykke Kobber i Salpetersyren, da ville alle uden Undtagelse blive opløste af deres Flydenheder, og efterhaanden forsvinde for Synets Sands. Saa lidet Paafaldende dette Exempel frembyder, saa meget frembyder derimod det efterfølgende. Efterat jeg nemlig har i den første Blanding kommet noget Vinaand, i den anden noget Potaske og i den tredie nogle Strimler Jern, komme bine 3 faste Legemer atter tilsyne og synke tilbunds. Men hvor er nu vel Vinaanden, Potasken og Jernet bleven af? Det er gaaet med dem som forhen med Glaubersaltet, det sfrabede Kridt og Kobbersyrkket. — Forend jeg endnu gaaer videre med mine Forsøg, ville vi mærke Følgende:

1) **Den Tiltrækning, ifølge hvilken et draabeflydende Legeme opløser et fast, saa at hiint med dette i Fremtiden danner en ligeartet Materie, kaldes chemisk Tiltrækning. Det flydende Legeme danner her Opløsningsmidlet. Har det optaget saa mange af det faste Legemes Dele i sig, som det for-**

maaer, saa kaldes Opløsningen mættet (hvorledes vi kunne maale Mættelsens Grad, skulle vi senere erfare). Mange Stoffe, f. Ex. Vand og Viinaand forbinde sig med hverandre i ethvert Forhold.

2) Om to Ting, som staae i det betegnede Forhold til hverandre, sige vi, at de besidde et gjensidigt Slægtskab. (Undersøge vi, i hvad Forhold Harpix staaer til Vand og Viinaand, da ville vi finde, at det opløser sig i Viinaand, men ikke i Vand.

3) Den tiltrækkende Kraft er ikke lige stærk mellem alle Legemer. (Hvilke Forsøg have lært Eder dette?) Lade vi f. Ex. en draabeflydende Flydenhed Valget mellem, om den vil forbinde sig med dette eller hiint faste Legeme, saa vil det sikkerlig stedse opløse det Legeme, til hvilket det staaer i en nærmere Slægtskabsgrad. Et saadant Forhold mellem flere Legemer indbyrdes kalde vi sædvanlig med det Navn: chemisk Slægtskab eller Affinitet. Om det Legeme, som udgaaer uden Virkning eller lades alene tilbage, sige vi: det er blevet bundfældet ved det nye tilkommende Legeme. Endelig kalde vi det af Legemet, som er at see paa Bunden af Karret, Bundfald. Lægger nu Mærke til, hvad videre Mærkværdigt efterfølgende Experiment lærer Eder!

Først gyder jeg i dette Glasrør noget Svovlsyre, udflydt Viinsteen-Salt, Viinaand og Bjergolie, derpaa ryster jeg det temmelig stærkt, og I ville nu Alle, efterat den forrige No atter er bragt tilveie, med Forundring see, at samtlige 4 Flydenheder have fat sig over og under hinanden. Paa dette Forsøg lader jeg et andet følge. Her har jeg blaa Vitriol, en Forbindelse af Kobber og Svovlsyre; her Soda, som er sammensat af Kulsyre og Natron. Begge disse Legemer opløse sig i Vand. Bringer jeg nu de Blandinger, som jeg har erholdt ved dem og Vandet, til hinanden, opstaaer en ganske eiendommelig Forbindelse af en dobbelt Art: Kulsyren danner nemlig tilligemed Kobberet et Legeme, der ei opløser sig i Vandet, men falder tilbunds; Svovlsyren derimod forener sig med Natronet og giver os et Salt, der vel opløser sig i Vandet, men som dog let lader sig gjøre synlig ved Afdampning. Lærer nu af disse Experimenter:

1) Der gives flydende Legemer, som inter Slægtskab vise til hverandre.

2) Vi tale om et dobbelt Slægtskab, naar den ene Bestanddeel af et sammensat Legeme forbinder sig med den ene Bestanddeel af et andet ogsaa sammensat Legeme, og ligeledes den anden Bestanddeel af hiint med den anden Bestanddeel af dette.

Gjører nu selv nogle Forsøg f. Ex. 1) med Kridt og Saltsyre (det sidste forbinder sig, naar det gydes over det første, med Kalken, som er en Bestanddeel af Kridtet, og driver strax den anden Bestanddeel deraf, Kulsyren, ud (hvilket giver sig tilkjende ved en heftig Opbrusning). 2) Med Terpentin og Viinaand paa den ene Side og Salpeter og Vand paa den anden (Terpentin og Viinaand forene sig ganske saaledes som Salpeter og Vand til eet Legeme. Men gyde vi disse Blandinger sammen, saa forbinder Vandet sig med Viinaanden, Salpetret synker ned og Viinaanden svømmer ovenpaa). 3) Med Kulsur Kali og saltsur Kalk; (her erholde vi paa en mærkelig Maade saltsur Kali og kulsur Kalk; ved begge disse to finder altsaa en dobbelt Forbindelse og Adskillelse Sted) osv. Beskriver nu samtlige nye Forsøg ret nøie og bruger derved de Benævnel-

ser: **Opløsningsmiddel, Bundfald, enkelt og dobbelt Slægtskab** osv.

Med Hensyn til den chemiske Tiltrækning mærke vi os endnu Følgende:

a. To uligeartede Stoffer, der ere yderst ringe, ja maaskee slet ikke beslægtede med hinanden, kunne ved Hjælp af et tredie Legeme, hvis dette staaer disse nær nok, sættes i nøie Forbindelse og bringes til Opløsning. En saadan Forbindelse hedder **Tilegning** eller **tilegnende Slægtskab**; de Legemer, der ligesom fremkalde dette Slægtskab og gjøre det synligt for os, kaldes **Tilegningsmiddel**. Opløser jeg f. Exr. Potaske i Vand, saa erholder jeg en Blanding, der let forener sig med Talg, Fedt eller Olie (ved denne Slags Forbindelse opstaaer som bekjendt Sæbe). Hvilket Legeme danner her Tilegningsmidlet? Det gjør dog vel Potasken?

b. Eftersom næsten alle Legemer kun virke paa hinanden i flydende Tilstand, saa maa aabenbar de faste først gjøres flydende, hvis vi ved dem ville bringe en Forbindelse istand. At isvrigt herved ikke sjælden opstaaer en større Sammenhæng end forhen, derom vidne mange Blandinger: Kobber, tilsat med Zink, giver det stærkere Messing, og, sammenbragt med Tin, dette saaledes faste Metal, det fortræffelige Klokke- eller Kanon-Metal; Bly, forenet med Spidsglands, den stærkere Bogstavskrift eller Typer osv.

c. Det er endvidere bekjendt, at en stor Mængde Legemer, f. Exr. Saltene, stedse fremstille sig kun under visse Former, og at disse, omendskjøndt de nu og da forbindres i deres fuldkomne Uddannelse eller lide smaae Forandringer ved Biomstændigheder, ialmindelighed stedse fremgaae igjen saaledes af deres Opløsninger. Vi kalde det **Krystallisation**. Hvilke Kræfter vi herved maae tænke os som virkende, eller hvilke Egenskaber de mindste Dele maae besidde for at lægge sig ved hinanden i en bestemt Orden, synes endnu ganske at være en Gaade. Grunden til de forskjellige Former er vist kun at søge i Legemernes Tiltrækning.

d. De mangfoldige Slægtskabsforhold, hvori de forskjellige Legemer staae til hverandre, blive benyttede af Chemikerne snart til at lade bestemte Stoffe træde i nye Forbindelser, snart til at opløse sammensatte Legemer i deres Bestanddele. Ved den sidste Forretning komme de meget hurtigt til saadanne Stoffe, som det ikke er muligt at adskille videre, og som af Chemikerne kaldes **Grundstoffe** eller **Elementer**. Tallet paa saadanne Grundstoffe udgjør for nærværende Tid 55. Da det baade er interessant og nyttigt at besidde idetmindste en Oversigt over disse, saa griber jeg her Leiligheden til at meddele Følgende:

Samtlige hidtil bekjendte Grundstoffe findes i Mineralriget; men dog ikke ganske udelukkende, og danne snart alene snart paa forskjællig Maade forbundne med hinanden, den hele Legemverden. Med Hensyn paa, om de udmærke sig ved egne bestemte ydre Charakterer eller ikke, kaldes de **Metaller** eller **Metalloider** (ikke metalliske Stoffe). Med Undtagelse af **Suurstof, Stikstof, Vandstof** og **Kulstof**, hvilke jeg vil omtale temmelig udførlig i Afsnittet om Luften, ere de vigtigste Metalloider følgende:

1) **Svovlet**, et af de faa Grundstoffe, vi træffe i Naturen i reen Tilstand. Den Omstændighed, at den seige, brune Masse, hvortil det forvandler sig ved stor Varme, kun langsom atter forhærder sig, naar den gydes i Vand, have ladet os i det finde et Middel til at tage Afstrøk af Mynter o. dl. Den saakaldte **Svovlsyre** bestaaer af **een** Vægtdeel Svovl og 3 Vægtdele Suurstof.

2) **Phosphoret**. Som et Grundstof, der ei forekommer reent i

Naturen, ligesom noder det os til først at virke det af Knogler eller andre dyriske Dele. Sædvanlig er det fast, bleggult, gjennemskinnende og let smeltelig. Navnet **Phosphor** d. e. **Lysdrager** fører det med Ret; thi det lyser i Mørket og opløser sig i Olie til en lysende Pomade. Forbunden med Vandstof besidder det den vigtige Egenskab at antænde sig selv i Luften. Lygtemanden takker derfor rimeligvis dette Grundstof for sin Tilværelse.

3) **Chlor** er en gulgrøn Gas, som ved at indaandes i ringe Mængde frembringer Nysen og Hosten, men i større Mængde Døden. For at forskaffe os det (det forekommer nemlig i Naturen kun forbundet med Metaller) beder man en Blanding af 3 Dele Kogesalt, 2 Dele Brunsten, $2^1/_2$ Deel Svovlsyre og 4 Dele Vand i en Glaskolv, som har til Underlag en med Sand foldt Skaal, over en Spirituslampe og opfanger den Gas, som derved udvikler sig, i et passende Kar. Chloren udmærker sig især derved, at den snart og fuldkomment bleger de organiske Farvestoffe, og tilintetgjør mange skadelige Dunster, ja selv smittende Sygestof. Med Hensyn paa denne dens sidste Egenskab bliver den aabenbar et fortræffeligt Nødningsmiddel. Maaskee endnu nyttigere end Chloren selv er **Chlorkalken**, hvilken man erholder, naar man lader Chlorgassen streife gjennem brændt Kalk, og derpaa opløser denne i Vand. Hvo veed f.Ex. ikke, at den betager Ligene deres Lugt, og at den sikrer de Mennesker for at qvæles, som maae begive sig ned i Brønde og andre Huler, som have været længe tilstuttede, naar de bestrøge Hænder og Arme, og besprænge de uddunstende Legemer dermed? Af Steensalt udgjør Chloren langt over Halvdelen.

4) **Jod.** Dette faste, graasorte, ilde lugtende og paa Organerne stærkt indvirkende Grundstof, forekommer forunden i Tang ogsaa i Steensalt, og forvandler sig, udsat for Varmen, til en skjøn violblaa Gas. Lægerne have befunden Jodden at være et meget lægende Middel mod Kjertelsygdomme.

5) **Fluor** er et i reen Tilstand endnu ikke bekjendt Grundstof. Det danner, forbundet med Kalk, de skjønne Flußspath-Krystaller og virker sammensat med Vandstof, som Flußsyre meget farlig, ja dødelig.

Endnu andre, men for os mindre vigtige, ikke metalliske Grundstoffe, ere: **Brom**, en ved sædvanlig Temperatur brunrød og særdeles ilde lugtende Flydenhed; — **Kiesel** eller **Selicium**, Grundlaget for Qvarsen, Bjergkrystallen, osv.

Vel lader der sig endnu meget sige over de 41 Metaller, hvilke Chemikerne bidtil have benstillet som uadstillelige; men det torde ikke være hensigtsmæssigt i en Bog som denne at gaae dybere ind paa Chemiens Gebeet. Af samme Grund forbigaaer jeg ogsaa Alt, hvad der hører til Kundskab om **Syrer, Oxyder, Salte** osv.

d. Sjærne Legemers Tiltrækning eller Tyngde (Gravitation).

Her har jeg en Jernkugle. Den lægger jeg først paa min Haand. Men neppe har jeg gjort dette, før min Følelse siger mig, hvad der er sket; **thi Kuglen øver et Tryk paa sit Underlag.** At en Steen, et Rigsdalerstykke osv. under lignende Omstændighed underretter om deres Nærværelse paa lignende Maade, behøver jeg ikke her videre at omtale. Men hvorledes gaaer det vel i denne Henseende med en Dunfjer, et Støvgran, med Lys- og Varmestoffe? Nu, ogsaa de trykke paa de dem under-

liggende Legemer. Saaledes vi føle, en Flue, hvis Tryk vi under andre Omstændigheder visselig ikke vilde betvivle, at spadsere om paa vor Hud, saaledes ville vi og blive vaer, naar en Dunnfjer falder paa vor Haand, eller et Støvgran rører ved vor Fod. Med Lys- og Varmestoffet er det vistnok en anden Sag. Begge ere ikke følbare, hvilket jeg neppe behøver at sige Eder; ogsaa besidde de en saa overordentlig stor Fiinhed, at de undrage sig ethvert Middel, som maaskee kunde gjøre dem fornemmelige for os. Deres Materialitet staaer ikke alene ikke til at ettervise; men er endog høist usandsynlig. **Blandt alle Naturlegemer, hvis Materialitet lader sig godtgjøre, gives der ikke et eneste, som ikke har den ovenfor betegnede Indflydelse paa sit Underlag.**

Nu tager jeg Kuglen mellem mine Fingre, fastholder den nogle Sekunder og overlader den da til sig selv. Strax tager den sin Retning mod Jordens Overflade. Det Samme er ogsaa Tilfældet med alle andre Legemer, forudsat, at de ikke ere lettere end den dem omgivende eller understøttende Luft. Jeg gjør dernæst min Kugle fast i et Seilgarn, og gaaer dermed hen paa forskjellige, fra hverandre fjærnede Steder, og undersøger der gjentagne Gange, hvilken Retning den med sin Traad tager mod Jordens Overflade. Og see, den forandrer denne ingensinde. Overalt lærer min Maalning mig, at Traaden kommer til at staae lodret paa enhver Linie, som gaaer igjennem Kuglens Berøringspunkt paa Jordens Overflade. Da jeg nu ved, at Jordens Figur er kugelformig, saa slutter jeg medrette, at ethvert Legeme stræber hen mod Jordens Middelpunkt (alle Retningslinier træffe, tilstrækkeligt forlængede, vikelig dette Punkt), og at denne (Jorden) nødvendig maa besidde en Kraft, ifølge hvilken den drager Alt til sig. Vi kalde denne Kraft **Tyngdekraften**, og den Egenskab, som Legemerne vise, deels ved deres Tryk paa deres Underlag, deels ved deres Stræben mod Jordens Overflade, **Legemernes Tyngde**. Hervoer mærke vi os Følgende:

1) **Legemernes Tyngde paa vor Jord er intet Andet end en Følge af den Tiltrækning, som alle Punkter af Jordkuglen udøve mod ethvert Legeme paa dens Overflade.** Denne Tiltrækning er isvrigt, som enhver anden, gjensidig; men da Massen, selv af et betydeligt Klippestykke, staaer i et uendeligt ringe Forhold til hele Jordens Masse, saa maa nødvendig den særegne Tiltrækning, som ethvert enkelt Legeme udøver mod Jordkuglen, gaae tabt for vore Sandser.

2) **Tyngden er ulige mere udbredt end Mange troe;** thi Tiltrækning finder Sted mellem alle Verdenslegemerne, ja en gjensidig Tiltrækning mellem samtlige Punkter af en iagttagelig Materie. Kun denne gav Solen, Maanen, Planeterne osv. deres Figur, holder alle deres Dele sammen, forbinder de talløse Verdenslegemer til en umaalelig Heelhed og leder deres Bevægelser i evig Orden og Harmonie. Den store engelske Mathematiker **Newton** har først lært os at betragte Sagen fra dette høie Standpunkt. Denne store Mand gik engang og spadserede i en Have; da faldt der et Æble ned fra et Træ paa hans Hoved (hvilket vistnok ogsaa er skeet for saa mange Andre, uden at Nogen har tænkt videre derover). Nu vidste han vel, at det var Legemets Tyngde, der drev det til Jorden, men han vidste ogsaa hidtil kun dette og ikke videre. Men nu spurgte han sig selv: „Vilde Æblet vel ogsaa have faldet, dersom Træet, som det tilhørte, havde været ulige høiere?" Han tvivlede ikke paa, at det ogsaa da vilde have skeet. „Men hvad om nu Toppen af Træet maaskee havde be-

vort Maanens Overflade?" Svaret paa dette Spørgsmaal gjorde ham forlegen, men foranledigede ham til at vedblive at anstille Betragtninger over denne Begivenhed, hvilke Betragtninger ledede til et Resultat, hvorover vi maa forbauses. Den kjønne Gravitations- eller Tyngdelov: **Tiltrækningskraften aftager i Forholdet af Afstandens Qvadrat**, blev da opdaget af ham. Skjøndt nu vel Tyngdeloven hører ulige mindre hjemme i Naturlæren end i Astronomien og den mathematiske Geographie, saa vil jeg dog ikke senere undlade at meddele Eet og Andet særdeles Vigtigt derom.

3) **Det Tryk, som et Legeme udøver paa sit Underlag, kalde vi Vægt.** Da nu alle et Legemes Dele have en lige Bestræbelse efter at nærme sig Jordens Overflade, saa maa nødvendig Legemets Vægt tiltage med Mængden af Delene. Vore Maal til at bestemme Legemernes Tryk kjende I. Hos de Franske tjener **Grammet** eller en Millionedeel af en Kubikmeter reent Vand i største Tæthed (nemlig til $3^1/_2$ Grads Varme efter Reaumur), til Enhed for Vægten. Heraf dannes da igjen de **mindre Vægter: Decigram, Centigram, Milligram**, og de **større: Dekagram, Hektogram, Killogram** osv. paa lignende Maade (S. 10) ved Maalet. **Et dansk Pund** er lig 500 Gram eller $^1/_2$ Killogram.

§ 7.

Legemernes Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile, (Inertia, Afhængighed, Vedholdenhedsevne).

Lader os f.Ex. tænke os en Kugle, som ligger stille. Hvorlænge jeg endog seer paa den, vil jeg ingensinde bemærke, at den ligesom har Lyst til at forandre sin engang indtagne Plads eller Sted (naturligviis forudsat, at ingen anden Ting indvirker paa den). Men støder jeg nu til den, ja da vil den give sig til at rulle henad sit Underlag, ja den vil aldrig ophøre at rulle videre frem, naar ingen Kraft eller Modstand træder den hindrende i Veien. Underlagets Ujævnhed og Luftens Tryk komme ved denne Modstand mest i Betragtning. Hvorledes især det Første indvirker med Hensyn til Modstanden, kunne vi let anskueliggjøre derved, at vi med samme Kraft lade to Kugler af aldeles samme Beskaffenhed rulle henad to forskjællig glatte Flader og gjentage dette flere Gange. Stedse kommer den Kugle, som rullede henad en aldeles glat Flade, senere til Hvile end den anden. Og det samme Phænomen blive vi mere eller mindre vær ved alle øvrige Legemer. Vi erklære det saaledes med fuldkommen Ret for en almindelig Egenskab: **at et hvilende Legeme stedse vil hvile, og et bevægende stedse vil bevæge sig, dersom ikke en fremmed Kraft indvirker fjendlig paa det**; og vi kalde den Naturlov, hvorpaa denne Egenskab beroer, **Legemernes Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile** (Inertia); man har ogsaa kaldet den Afhængighed og Vedholdenhedsevne.

At den friholdte øverste Deel af vort Legeme kastes tilbage, naar den Vogn, hvori vi sidde, pludseligen drages fremad, at den derimod bøier sig fremad, hvis Bevægelsen pludselig ophører (f. Ex. naar en Hest pludselig standser), at vi let styrte om, naar et hurtigt seilende Skib, i hvis indre Rum vi befinde os, støder an mod Kysten, at vi enten maae springe i eller over en Grav, naar vi i Løbet komme tæt til dens Bredder; at Pendulet, naar det har fuldendt sin Bane fra Opsvingningspunktet til den verti-

kale Linie, nu stiger opad; at Verdenslegemerne, som af Almagtens Haand ere kastede ud i det umaalelige Rum, vedblive i deres uafbrudte Bevægelse: alle disse og utallige andre Phænomener aabenbare os ret tydeligt, paa hvilken Maade Legemernes Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile virker.

Tager jeg flere særdeles fiint udarbeidede Plader med parallele Overflader, f.Ex. Chatons, Damspilsbrikker osv. og lægger dem alle ovenpaa hinanden, saa at de danne en temmelig høi, fuldkommen vertikal staaende Søile, og bestræber mig nu for langsomt at bortskyde een af Pladerne eller Brikkerne. Hvad mon saa vel skeer? Saa forsigtig jeg endog gaaer frem derved, vil dog hele Søilen styrte sammen. Men opreiser jeg den nu atter som første Gang, sætter Eggen af min Kniv paa **een** af Pladerne og slaaer derpaa saa kraftigt, men tillige saa sikkert som muligt til med Kniven, da vil just det Modsatte skee, af hvad der skete første Gang: uagtet den ene Plade sprang ud, vil dog Søilen staae rolig, i det Høieste ville de to Plader, som laae nærmest ved den bortslubbede, maaskee have rykket en Smule til Siden. — Jeg vil endnu omtale et interessant Forsøg af lignende Art: Jeg lægger paa Halsen af en Flaske først et gandske nyt Kortblad, og ovenpaa dette, ligeover Flaskens Munding, et lille Pengestykke; naar jeg nu behændigt, hurtigt og med Kraft bortslaaer Kortet, ligesom før Pladen, saa farer Kortet under Pengestykket bort, men Pengestykket falder i Flasken. Er dette dog ikke i Sandhed et gaadefuldt Phænomen? Af begge Traade, ved hvilke jeg har ophængt en Pibestilk, tilsidst sønderrives, naar jeg Tid efter anden giver dem mere at bære, er ikke paafaldende; men at de forblive hele, naar selve Stilken sønderbrydes med et heftigt Slag, overraster Eder vistnok ligesaa meget som mit tidligere Experiment. Har jeg en blød Leerkugle og berører den forsigtig med min Finger, saa kan jeg stubbe den bort, uden at Massen lider noget særdeles mærkeligt Indtryk; giver jeg den derimod et heftigt Stød, saa farer min Finger betydeligt ind i den, og det uden at den selv betydeligt forandrer sin Plads. At Delenes Sammenhæng bedre modstaaer en sukcessiv end en pludselig virkende Kraft, eller **at ved et rask Stød Løsrivelsen af den umiddelbar trufne Deel allerede er indtraadt, forend dette kan vorde meddeelt de tilgrændsende Dele,** — dette er i faa Ord udtrykt, hvad vi bør have lært af ovenstaaende Forsøg.

Hidtil førte en ret hurtig Bevægelse os til Maalet; men under andre Omstændigheder kan just denne tilintetgjøre vore Ønsker og Hensigter. Hvo iblandt Eder har f. Ex. vel ikke seet, at Skaglerne sædvanligt gaae itu, naar Hestene for en svært ladet Vogn paa en uforsigtig Maade pludselig blive drevne fremad? eller at Kammen paa Nøglen næsten stedse brydes af i en rusten Laas, naar man paa **een** Gang opbyder alle sine Kræfter, for at sætte Værktøiet i Bevægelse. Ikke en hurtig, men en ret langsom Bevægelse er her at anbefale.

Efterat vi nu have seet og hørt Saameget, kan det umuligt længere forundre os, at en af et Gevær udskudt Kugle eller en med stor Kraft kastet Steen kun gjør et rundt Hul i en Glasrude; — at Risten i et skarpt falset Ark Papir, blot da, naar den med Hurtighed stiller Delene fra hinanden, løber langs med Kanten og ikke skeier ud hverken til Høire eller Venstre; — at Mureren kan slaae Steen istykker i Haanden, uden at dette gjør ondt, at vi ikke føle nogen ringe Smerte, naar vi med vor flade

Haand slaaer stærkt mod Vandets Overflade; — at vi slaae dygtigt paa Enden af Oreskaftet, naar vi ville faae Øren til at sidde fast osv.

Sluttelig endnu nogle Ord om Legemernes **Udstrækkelighed** og **Sammentrykkelighed** (**Compressibilitet**).

Begge blive ikke sjælden regnede til de almindelige Egenskaber, og rette sig hovedsagelig efter Varmens og Trykkets Indflydelse. **Jo mere Varmen stiger og Trykket aftager, desto større viser ogsaa Legemets Volumen sig.** En med Luft udfyldt Blære, hvilken lader sig sammentrykke, og atter udvider sig, naar den lægges paa en varm Ovn; — en Jernkugle, som vel passer i en Ring ved sædvanlig Temperatur, men ikke mere, naar den er bleven gjort glødende; — en Vadskesvamp, hvis Volumen vi kunne sammentrykke til det Halve, til Tredie- og Fjerdedelen osv.; — Mynter og Medailler, der ligeledes blive meget mindre, naar de erholde deres Præg ved et heftigt Slag — maae forelobigt lære Eder, hvorledes det staaer sig med begge de nævnte Egenskaber. Iøvrigt lede disse os næsten uvilkaarligt tilbage til Porositeten; thi hvorledes vilde det vel være muligt at sammenpresse et Legeme, som besad fuldkommen Tæthed. Saaledes brister f.Ex. et Kanonlob med 3 Tommer tykke Vægge før, end vi kunne bringe Vandet i det til at indtage $^1/_{23}$ mindre Volumen. Paa en aldeles modsat Maade forholder det sig med Gasserne og Luften; — dog herom skulle vi senere tale meget udførligere; jeg slutter derfor med den Opfordring, at I allerede nu selv ville forskaffe Eder nøiere Kundskab heri, ved selv at eksperimentere hjemme.

§ 8.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Hvad er Legemer? Hvorledes ledede jeg Eder hen paa det ene rigtige Svar paa dette Spørgsmaal? For hvilken falsk Forklaring have I især at vogte Eder? Hvad forstaaes ved Legemernes almindelige og hvad ved deres særegne Egenskaber? Paa hvilken Maade oplyste jeg dette for Eder? Angiv, hvad der ligger i de Ord: „et Legeme har Udstrækning!" Nævn nogle naturlige Gjenstande, og det baade Ting af en ualmindelig stor, og Ting af en ualmindelig lille Udstrækning! Hvilke Menneskeværker torde jeg ved denne Leilighed ei forbigaae? Forklar mig de franske Maal: Meter, Decimeter, Centimeter, Millimeter! Angiv Gjenstande, hvis Porer kunne sees med ubevæbnede Øine, samt endvidere andre, hos hvilke det ikke er muligt! Hvilke simple og let anstillelige Forsøg belærte Eder angaaende draabeflydende Legemers Porositet? Beskriv nogle Phænomener, som lade sig forklare af denne Legemernes anden Egenskab! Hvorpaa beroer Forskjellen mellem aaben og tæt, gjennemsigtig og ugjennemsigtig? Hvad vide I at sige mig om Legemernes sande og tilsyneladende Volumen? Nævn den tredie almindelige Egenskab! Beskriv de simple Experimenter, ved hvilke jeg har henledet Eder derpaa! Hvad vil det sige: „et Legeme er ugjennemtrængeligt?" Hvilke tilsyneladende Undtagelser lærte I at kjende med Hensyn paa denne Egenskab? Angiv de Phænomener, hvis Aarsager ere alene at søge i Legemernes Ugjennemtrængelighed! og forklar dem tillige! Paa hvilken Maade kom I til den Sandhed: „ogsaa Delelighеden er en almindelig Egenskab ved Legemerne? Fortæl endnu een Gang, hvad jeg har meddeelt Eder, om Finheden af visse Legemers Dele, f. Ex. af Guldets

Dele, af visse Portioner i den homoopatiske Lægekunst, af Moskussen, af visse Staal- og Diamantflader, af farvede Stoffer osv. Hvorledes besvare vi os det Spørgsmaal: „Gaaer maaskee Deleligheden i det Uendelige?" Hvad betegne Ordene: Atome og Molekul? I hvormange Henseender aabenbarer Legemernes Tiltrækning sig for os? Alstil saa nøie som muligt Sammenhæng, Vedhæng, den chemiske Tiltrækning og Gravitationen fra hinanden! Hvilke Experimenter gjorde Eder bekjendte med saavel faste som draabeflydende Legemers Sammenhæng? Paa hvilken Maade have Muschenbroek og andre Lærde godtgjort, at Kohæsionskraften er forskjellig hos de forskjellige Legemer? Beskriv nogle af de herhen hørende Experimenter! Nævn endvidere Phænomener, som have Hensyn paa denne Legemernes Sammenhæng, og tilføi, hvis det gaaer an, de fornødne Oplysninger! Hvad danner den vigtigste Forskjel mellem faste og draabeflydende Legemer, mellem disse og elastisk flydende Legemer? endvidere mellem Dunster og Gasarter? Hvilke høist simple Forsøg belære Eder angaaende de særegne Egenskaber: „haard og blød, bøielig og sprød, elastisk og uelastisk?" Forklar alle disse Begreber! Hvilke mærkværdige Phænomener tilbyde de saakaldte Glastaarer og Bolognesser-Flasker os? Hvorledes forholder det sig med Katapulternes og Ballisternes Indretning? Hvilke af mine Experimenter gjorde Eder bekjendte med Adhæsionen? Viis at et draabeflydende Legemes Adhæsion paa de fastes Overflade er ikke sjelden forskjellig! Hvad forstaae I ved Capillariteten? Hvoraf er denne Tiltræknings-Grad afhængig? Hvorved forstærkes endvidere faste Legemers Adhæsion betydeligt? Bevis dette ved nogle ret paafaldende Exempler! Angiv en stor Mængde Phænomener, som alene ere begrundede i Legemernes forskjellige Adhæsion! Hvilke af mine Experimenter ledede Eder til den chemiske Tiltrækning? Hvilke andre til det egentlige Valgslægtskab eller Affinitet? Forklar Ordene: chemisk Tiltrækning, Opløsningsmiddel, Mættelse, Bundfald osv.! Hvilke Experimenter lærte Eder at kjende, at der ogsaa gives Legemer, som ikke have noget Slægtskab med hverandre? Hvad forstaae I ved Tilegning eller tilegnende Slægtskab? Angiv, hvad I have hørt om faste Legemers Blanding eller Forbindelse! Hvad forestille I Eder ved Krystallisation? Hvortil benytte Chemikerne Legemernes mangfoldige Slægtskabsforholde? Hvilke Stoffe tilægge vi Navnet Grundstoffe eller Elementer? Hvad forstaaes ved Metal og Metalloïde? Nævn forelobigt nogle af de vigtigste ikke metalliske Grundstoffe og tilføi ogsaa det Vigtigste dem angaaende! Hvorved aabenbare Legemerne deres Tyngde? Som hvad for en Virkning have vi ogsaa at ansee dette Phænomen. Fra hvilket Synspunkt har den dybe Tænker Newton lært os at kjende Tyngden? Hvad bestemmer Legemernes Vægt? Hvorledes forholder det sig med de to franske Vægter: Gram og Kilogram? Hvorledes lyder Loven angaaende Legemernes Inertie? Hvilke Phænomener have deres Grund heri? Hvad have Forsøget med Dambrikkerne og Kortbladet lært Eder? Nævn nu en Mængde Phænomener, til hvilke hiint Experiment giver os Nøglen! Angiv mig endnu til Slutning, hvad jeg forelobigt har meddeelt Eder, om Legemernes Udvidelighed og Sammentrykkelighed! —

Andet Afsnit.

Faste Legemers Bevægelse og Tigevægt.

§ 1.

Faste Legemers Hvile og Bevægelse ialmindelighed.

Her i Stuen see vi blandt andre Ting et Bord og en Kakkelovn; udenfor see vi Fuglen at flyve fra Træ til Træ, Skibet at svømme paa Vandet og Vognen at fare frem og tilbage paa Veiene osv. Disse her nævnte Gjenstande befinde sig ikke i samme Tilstand; **de tvende første forandre ikke deres Sted, vi sige derfor de hvile; de sidste derimod forandre deres Sted, idetmindste med Hensyn til vise andre Legemer, eller de bevæge sig.** Alt isvrigt hverken Bordet eller Kakkelovnen er fuldkommen i Hvile, derom kunne vi overtydes ved den simple Betragtning, at hine Gjenstande staae tilligemed Skolebygningen paa Jorden, og at denne bevæger sig med umaadelig Hurtighed saavel om Solen som om sig selv. Deres Hvile (Ro) er derfor kun **tilsyneladende eller relativ**; en **virkelig** eller **absolut** Hvile vilde det kun da være, dersom Skabet, Kakkelovnen osv. uforanderligt beholdt deres Stilling til alle Punkter i det store Verdensrum. Nævn mig nu Legemer, som Hvile i Ordets strængeste Betydning. I tie, og I nodes dertil; thi saadanne Legemer gives der ikke; i Verden er nemlig Alt **Bevægelse og Liv.**

Som vi stjælne mellem en **relativ** og **absolut Hvile**, saaledes stjælne vi ogsaa mellem en **relativ** og **absolut Bevægelse**. Hvo, som hvorledes Bredderne, Husene, Træerne osv. synes at løbe ham imøde. Er dette dog ikke besynderligt? **Enhver Bevægelse, som kun finder Sted med Hensyn paa saadanne Punkter, som ikke selv ere fuldkommen i Hvile, kaldes relativ.** Ville I endelig forskaffe Eder et klart Begreb om den absolute Bevægelse, saa forestiller Eder et Rum, som virkelig hviler; og derpaa et Legeme, som, sammenlignet med dette Rum, forandrer sin Beliggenhed. Kun en Bevægelse af denne Art tilkommer Benævnelsen absolut. Antaget, at Jorden stod stille, da vilde vi i et Menneske, som paa et Skib netop gik ligesaa langt tilbage som Skibet gik fremad, see en Gjenstand, der befandt sig i absolut Hvile, men tillige i relativ Bevægelse. Hvo angiver mig nu andre, herhen hørende Exempler?

Efterat vi nu have hørt, hvorledes det forholder sig med den absolute og relative Bevægelse, ville vi især rette vor Opmærksomhed paa følgende to Punkter:

1) Vi ere næsten altid tilbøielige til at anse Afgjørelsen af om et Legeme hviler eller bevæger sig for let, og dog er dette, som den daglige Erfaring lærer, meget svært. Eller have vi maaske aldrig iagttaget Bevægelse, hvor der var Hvile, og omvendt paa et andet Sted, hvor Bevægelse

fandt Sted, fundet Hvile! Hvorledes staaer det sig f. Ex. med samtlige Gjenstande i Eders Nærhed, naar I dreie Eder forsigtig om paa Stoylehælen? Hvorledes f. Ex. med Solen, som i saa ofte saae at stige frem i Osten og dale ned i Westen? Hvorledes endelig med alle Gjenstande paa Kysten, naar I rette Eders Blik derpaa, idet I rask seile forbi paa et Skib?

2) For vor Jagttagelse bliver det som oftest ligegyldigt, hvad enten vi tillægge et Legeme en Bevægelse i en Retning eller Stedet i den modsatte. Vedfoiede Figur vil kunne antyde dette. Manden vil nemlig gaae omkring Hjulet; men da dette dreier sig mod ham, altsaa ligesaa meget i modsat Retning, saa forbliver han paa eet og samme Sted. Dette kan maaskee tjene til at lette Besvarelsen af de nys anførte Spørgsmaal saavelsom og til at oplyse følgende Sætning:

Fig. 2.



3) Hvo, som vil undersøge, om Jorden virkelig, som vor Tids Lærde eenstemmigen paastaae, bevæger sig saavel om sig selv, som om Solen, maa altsaa see den paa saadanne Gjenstande, som ikke staae i nogen umiddelbar Forbindelse med den; ja blot opmærksomme Betragtninger af Solen og de utallige Stjerner i Himmelrummet, kunne overtyde ham om, at kun Jorden bevæger sig, og at med Hensyn paa den alle bine store Legemer ere at sammenligne med bine Gjenstande, hvilke man, naar man seiler paa en Flod, seer at ile sig imode.

§ 2.

De forskjellige Arter af Bevægelser.

Hvad vi i denne § have at tale om, er saa overordentlig simpelt og let fattelig, at jeg holder det for unødvendigt som sædvanligt at benlede Eders Tanker derpaa ved mange Slags Spørgsmaal og Svar. Gjenstandene, vi skulle tale om, er **Vei, Tid** og **Hurtighed.**

1) **Det Rum, et Legeme gjennemløber, bedder dets Vei; er den Gjenstand, som bevæger sig, kun et Punkt, saa beskriver den ogsaa blot en Linie; og denne er lige, naar Legemet ikke afviger fra den Retning, det eengang har antaget, men derimod krum, naar det Modsatte er Tilfældet.** Hvorledes forestille I Eder nu vel en **brukket** eller **zikzakformig Vei**? Anskueliggjører det paa vor Vægtavle.

2) Enhver Bevægelse udfordrer en vis Bedvarenhed; thi det er fuldkomment umuligt, at et Legeme kan i samme Øieblik befinde sig paa to eller flere Punkter af sin Bane. **Just denne Bedvaren,** paa hvilken I ligeledes have at agte, naar et Legeme gaaer over fra et Sted til et andet, **kaldes Tid.**

3) **Ved at sammenligne den Vei, et Legeme tilbagelægger, og den Tid, det anvender derpaa, erholde vi en tilstrækkelig Forestilling om dets Bevægelses indre Storrelse, eller om dets Hurtighed.** Viser mig nu ved godt valgte Exempler, at dette Altsammen er blevet Eder klart.

Ifølge gjentagne Jagttagelser, som Flere have anstillet herover, tilbagelægger en Snegl omtrent $^1/_{200}$, en Fodgænger 5, en middelmaadig Vind 10, et hurtigt seilende Skib 14, et Lokomotiv paa en Jernbane 30, en Storm 50, en Orn 90, en Brevdue 110, en Orkan 120, Lyden ved 10 Graders Varme efter Reaumur 1024, en Bøssekugle idethøieste 1500, en stor Kanonkugle over 2000 Fod i eet Sekund. Som Eenhed for Hurtigheden antager man Bevægelsen gjennem een Fod i eet Sekund. Udtrykket, at en engelsk Værddelobers Hurtighed er 60 vil altsaa sige: at den i eet Sekund tilbagelægger 60 Fod.

Legemerne tilbagelægge deres Vei paa forskjellige Maader; hvor ganske anderledes f.Eks. bevæger ikke en Kugle paa en Keglebane sig, end en Steen, som falder ned fra et Taarn! og hvor fuldkommen forskjellig er ikke gjen deres Bevægelse fra et Pendul, hvorved et Uhrværk bliver styret! Da jeg ikke har ifinde at forklare Eder alle Bevægelser, udbreder jeg mig her kun over de Arter, hvilke jeg ved min senere Undervisning oftere vil komme til at omtale. Vi lægge altsaa Mærke til Følgende:

1) **Tilbagelægger et Legeme i en lige Tidsdeel ogsaa en lige lang Vei, bliver Hurtigheden ogsaa stedse den samme: vi kalde denne Bevægelse ligeformig eller jævn. Den jævne Bevægelse er det Modsatte af den ujævne.** Hvorledes forholder det sig altsaa med denne? Men før I give noget Svar, saa agter paa, at der kunne gives to Svar paa mit Spørgsmaal:

2) **Gjennemløber et Legeme i enhver følgende lige Tidsdeel stedse et større Rum, saa erholder denne dets ujævne Bevægelse Navn af tiltagende eller akcelleret.** Efter at I vide dette, kan det ikke være vanskeligt for Eder at vide, hvad for en Bevægelse der menes ved **aftagende** eller **retarderet**, ei heller at angive nogle Legemer, som snart have en tiltagende snart en aftagende Bevægelse.

3) **Bevægelsen bedder stadig eller jævn tiltagende, naar den, hvilket og alt Navnet antyder, i enhver følgende selv nok saa lille Tidsdeel, er i Begreb med at tiltage.** Som der nu gives en stadig tiltagende Bevægelse, saa gives der ogsaa en **stadig** eller **jævn aftagende**. Et ganske frit nedfaldende Legeme anskueliggjør hiin, et lodret i Høiden opkastet, denne Bevægelse. **Følge forandringerne ikke i umærkelige Overgange, saa er Bevægelsen i det ene Tilfælde ujævn tiltagende, i andet Tilfælde ujævn aftagende.** Opsøger nu ogsaa Exempler for begge de sidste Arter af Bevægelse!

Kun dette have I endnu forelobigt at mærke: Hvorledes det forholder sig med særegne og almindelige, enkelte og sammensatte, frie og ufrie (De sidste kaldes sædvanligen Bevægelse paa foreskreven Vei) dreiende, bærende Bevægelser osv. vil blive meddeelt efterhaanden i Løbet af min Undervisning.

Enhver Bevægelse forudsætter iøvrigt efter **Inertiens** Lov en Kraft: som denne aftager eller tiltager, saaledes ogsaa Hurtigheden. Men da nu ogsaa Sidstnævnte betinges ved Legemets større eller ringere Volumen, saa er det saa meget desto nødvendigere ogsaa at bestemme et Maal for denne Kraft: Vi mærke os altsaa: **Man kalder den Kraft, som maa være tilstede for at hæve eet Pund, med een Fods Hurtighed, Eenheden eller Maalet for Kræfterne.**

§ 3.

Legemernes jævne Bevægelse.

I hvilken Bevægelse et saadant Legeme befinder sig, som i lige Tidsdele gjennemløber lige Rum, kan ikke mere være Nogen ubekjendt: den er nemlig ikke nogen anden end en jævn Bevægelse. Denne ville vi nu betragte noget nøiere; men først maa jeg opfordre Eder til nøie at undersøge følgende Exempler: hvorledes nemlig Vei, Tid og Hurtighed hos dem forholde sig til hinanden.

Første Exempel. Et Bud tilbagelægger i 8 Timer kun 4 Mile, et andet i samme Tid derimod 6 Mile. Hvorledes forholder det sig under saadanne Omstændigheder med deres Hurtigheder?

Svar. Denne maa, eftersom begge Sendebud have vandret lige længe, forholde sig som 4 Mile til 6 Mile, følgelig som 4 til 6 eller som 2 til 3.

Andet Exempel. En dygtig Skøiteløber farer i 20 Minutter 18,000 Fod hen over Isen; en Slæde, der stedse skulde følge ham ved Siden, naaede først efter 30 Minutter det foresatte Maal: hvilke Tal angive vel her Forholdet mellem begge Hurtigheder:

Svar. 20 og 30, eller de Tal, som betegne os den Tid, som Skøiteløberen og Slæden have brugt for at tilbagelægge den samme Vei.

Tredie Exempel. En engelsk Væddeløber tilbagelagde i 4 Sekunder 360 Fod, en til allerhøieste Anstrængelse dreven Stueflue i 2 Sekunder 270 Fod: hvo siger mig nu, hvormange Gange hurtigere den sidste var end den første og hvorledes vi ogsaa her af de givne Tal kunne finde det søgte Forhold?

Svar. Stueflugen var lige $1\frac{1}{2}$ Gang saa hurtig som Væddeløberen; thi den tilbagelagde i eet Sekund $\frac{270}{2} = 135$, og den var kun $\frac{360}{4} = 90$ Fod tilbage. $135 = 1\frac{1}{2}$ Gang 90. Dette viser os tillige, at Quotienterne $\frac{270}{2}$ og $\frac{360}{4}$, som ere dannede af de angivne Tal, angive det søgte Forhold.

Ethvert af disse tre Exempler lærer os (selv om vi kun betragte dem overfladisk) at kjende nogle vigtige Almeensætninger. Opfatter disse tre Sætninger, skriver dem paa Eders Skrivertavle:

Første Sætning. Naar Tiderne ere lige, forholde Hurtighederne sig til hinanden som de tilbagelagte Veie.

Anden Sætning. Naar Rummene (Veiene, Veilængderne) ere lige, staae Hurtighederne i samme Forhold som Tiderne, der ere anvendte paa dem.

Tredie Sætning. Ere saavel Veilængderne som Tiderne forskjællige, saa angive begge Quotienterne, som vi erholde, naar vi dividere de tilbagelagte Veilængder med de dertil forbrugte Tider, deres gjensidige Forhold.*)

---

*) Det forstaaer sig vel af sig selv, at vi ved det sidste Udtryk, med hvis Bestemthed der vistnok lader sig gjøre allehaande Indvendinger, kun have at tænke paa de Tal, af hvilke det ene angiver Veiens Længde, det andet Tidens Længde. De ovenanførte 3 Sætninger blive iøvrigt ogsaa da rigtige, naar vi bruge Ordet Kraft for Hurtighed.

Ligesom jeg hidtil kun har spurgt om Hurtigheden, skulde jeg nu endvidere lade Eder finde: 1) de **gjennemlobne Rum** og 2) **de derpaa anvendte Tider**; men alle herhen hørende Opgaver ere saa saare simple, at jeg vel tør antage, at I ville kunne løse dem uden min Hjælp. Jeg forbigaaer dem derfor her, og udtaler blot den Sætning, som klart henviser Eder til Sammenhængen mellem Vei, Tid og Hurtighed. Den lyder saaledes:

Et jævnt fortløbende Legemes Vei er proportional med Tiden; den findes, naar vi multiplicere Hurtigheden med den Tid, som er anvendt derpaa.

Betegner s Veien, t Tiden og c Hurtigheden, da er

1. $s = tc$; 2. $t = s/c$ og 3. $c = s/t$.

Udtaler nu disse tre Formler med Ord og oplyser dem endnu desuden ved nogle Exempler!

Jeg kommer nu til den anden Deel af den jævne Bevægelse. Denne udbreder sig over alle de Tilfælde, i hvilke et Legeme i den angivne Tid befinder sig i to eller flere Bevægelser. Skibe, som seile mod Strømmen, Papirsdrager, som vi lade opstige i det Frie; Billardkugler, som af to Personer til samme Tid blive stødte i forskjællige Retninger osv. give Eder mangfoldig Leilighed til at iagttage Bevægelser af denne Slags. Vi skulle nu undersøge, hvorledes det forholder sig herved. Overveier nu med Opmærksomhed især følgende Exempler:

Første Exempel. Et Skib seilede paa Vandet med en Hurtighed af 500 Fod Fod i Minutten; en Mand, som hidtil havde staaet ganske rolig ved Kahytten, fuldendte i samme Tid Veien til Masten, hvilken Vei var 80 Fod. Jeg sporger Eder nu, hvor mange Fod er Sidstnævnte virkelig kommet frem ved sin Vandring?

Svar: 580 Fod; thi han tilbagelagde i een og den samme Retning foruden de 500 Fod, som han kom fremad med Skibet, endnu 80 Fod.

Andet Exempel. Hvorledes vilde det vel egentlig have staaet sig med Størrelsen af hans egentlige Bevægelse, dersom han straxt havde gaaet i modsat Retning, nemlig fra Masten til Kahytten?

Svar. Da havde han aabenbar kun tilbagelagt 500 — 80 eller 420 Fod.

Disse to Exempler ere vel tilstrækkelige til at overtyde Eder om Sandheden af tvende Sætninger, som have Hensyn til et Legemes Bevægelse i een og samme Retningslinie. Forend jeg dog imidlertid omtaler dem, maa jeg endnu engang minde Eder om, at Udtrykkene Kraft og Hurtighed ere eensbetydende.

Første Sætning. Virke Kræfterne efter een og samme Retning, da kommer Legemet fremad med en Hurtighed, som er lig Summen af de enkelte Kræfter.

Anden Sætning. Men ere de derimod hinanden modsatte, saa enten hviler Legemet, dersom Kræfterne ereaf lige Størrelse; eller det kommer fremad i den Retning, i hvilken den stærkere Kraft har sat det, med en saadan Hurtighed, som Forskjællen mellem begge de oprindelige Hurtigheder tillader.

Hvo der vil gjøre sig den sidst udtalte Paastand ret klar, han adskille den større af begge de enkelte Kræfter saaledes i Tankerne i to Dele, at

den ene bliver nøie saa stor som den modsatte, og altsaa ophæves ved denne. Legemets Bevægelse staaer da aabenbar som en Virkning af den tilbagebleevne Deel, eller af Forskiellen mellem begge oprindelige Kræfter.

Opsøger tilsidst endnu eet Exempel til enhver af ovenstaaende Sætninger, og viser derved, at Intet er blevet Eder dunkelt.

Har et Legeme flere end to Bevægelser, men dog alle efter een og samme Retning (et Punkt kan jo saaledes rykke frem paa en Linie, denne paa en Flade, Fladen paa et Legeme, og Legemet atter i et større Rum, end det selv indtager) saa behøve vi i ethvert Tilfælde en længere Tid til at lære at kiende dets absolute Bevægelse; men vort Arbeide er dog intet nyt; det gientager sig blot og bliver stedse det samme. Ganske anderledes forholder det sig, naar Retningslinierne ere forskiellige, eller stode sammen under en Vinkel. Hører da nu saameget desto nøiere paa mine Ord og fatter tillige den bosstaaende Tegning skarpt i Øie! Punktet a forestiller et Legeme, hvis Hurtighed vi skulle undersøge, ax forestiller den ene og ay den anden Retning, hvilke ere givne Legemet ved to forskiellige Kræfter. Sæt nu, at disse bringe Legemet i et bestemt Tidsdeel f. Ex. i et Minut den ene Kraft ben til b og den anden ben til c, saa behøve vi blot, for strax at finde Stedet, hvor det vil indtræffe ved Enden af enhver Tidsdeel, at drage br parallel med ac, cr parallel med ab, samt Diagonalen ar til det derved opstaaede Parallelogram abrc. Punktet r angiver os nu aabenbart det sidste Sted; thi medens vort Legeme bevæger sig fra a til b rykker ogsaa Linien ab jævnt fremad, tilbagelægger nøie i samme Tid Veien ac og er tilsidst overgaaet i Beliggenheden ar. Betragter endvidere Figur 4 med Opmærksomhed. A betegner det Punkt paa Bredden af en Flod, hvorfra just et Skib afgaaer; AB den Vei, som det alene tilbagelægger formedelst Vinden, AC en anden, nemlig den, som det tilbagelægger i en bestemt Tid, f. Ex. et Qvarteer, naar blot Strømmen indvirker. Antage vi nu, at det samtidig drives baade af Vind og Strøm, saa maa det i den angivne Tid gjennemløbe Veien fra A til D, det vil sige, det maa ved Enden af et Qvarteer saaledes ankomme i D, som om det i et Qvarteer var 1) alene drevet af Vinden, 2) alene af Strømmen. Jeg spørger Eder nu endvidere, (betragter herved Fig. 5) hvor træffe vi vel vort Legeme, naar det nøie har tilbagelagt Halvdelen af sin Vei? Ganske bestemt i f eller i Midten af Diagonalen ar. Beviset for denne Paastand foraarsager næsten ingen Vanskelighed. I det Øieblik nemlig, da Legemet er naaet til Halvdelen af Veien, synlig i e, har ogsaa Linien ab tilbagelagt Halvdelen af ac, og hi fremstiller tillige dets daværende Beliggenhed, og blandt Andet forestiller Punktet f Punktet e. Hvad I her især maa lægge Mærke til, er den vigtige Omstændighed, at f, vort Legemes nye Sted, ligger i Diagonalen ar. Anstrængeliggjører nu Eder selv, hvor I skulle søge Legemet, naar det har tilbagelagt den første Trediedeel, Fjer-

Fig. 3

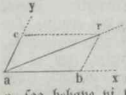


Fig. 4.

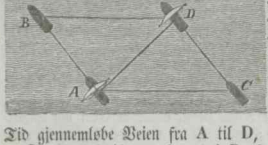
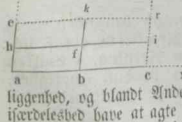


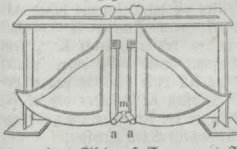
Fig. 5.



dedeel, Femtedeel osv. af sin Vei! Ogsaa ethvert af disse nye Punkter tilhører, som I see, Diagonalen ar. Mere behøves der vel ikke, for at overtyde Eder om, at Legemet stedse ved sine Bevægelser fremad, befinder sig i Diagonalen ar, og at det altsaa kun er denne Linie, paa hvilken det efter vor Forudsætning tilbagelægger sin Vei, og som ogsaa lærer os at kjende den Hurtighed, hvori begge Kræfterne samtidigen have sat det.

Man har udfundet forskjællige Instrumenter for at anskueliggjøre Virkningen af 2 paa eet Legeme virkende Kræfter. Hosstaaende Figur (Fig. 6) forestiller et af dem (opfundet af Mollet). Det bestaaer af 2 Hamre a, a, som ved den dreielige Ramme kunne rettes saaledes, at de danne en Vinkel mod hinanden fra 0° til 180° (Grader) og som, naar de ere stillede, kunne hæves og lades los i samme Øieblik, saa at de samtidigen træffe en Kugle. Ligger nu denne paa en fuldkommen jævn og vandret Flade, f. Ex. paa et Billard, saa vil man see Kuglen at blive skudt frem i Diagonalen af Kræfternes Retning.

Fig. 6.



Endnu mærke vi os Følgende:

1) **Det er fuldkommen ligegyldigt, om vi sige, at Legemet a har begge Hurtigheder ab og ac, eller at det bevæger sig frem i Retningen** ar. (Fig. 5) Ligeledes kunne vi under ab, ac og ar snart forstaae Maalet for Hurtigheden, snart Veien, som Legemet med jævn Bevægelse fuldender i lige Tider.

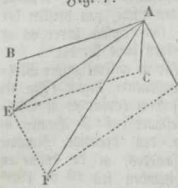
2) Foranstaaende Fremstilling lærer Eder tillige meget anskueligt, **at vi ikke blot kunne fremstille hine to Bevægelser af den betegnede Slags i een Linie, men at vi ogsaa omvendt kunne fremstille enhver enkelt Bevægelse i to Linier**: ab og ac gaae efter vort Exempel over i ar; endvidere ar, hvilket ligesaa klart foreligger Eder over i ab og ac. Over det sidste Tilfælde udtrykke vi os sædvanlig saaledes: **Den givne Kraft bliver udlagt i andre Kræfter.** Hvor nødvendigt det iøvrigt er at betragte en Kraft som et Resultat af 2 eller flere Kræfter, dette vise mange Phænomener os, hvilke vi have at oplyse.

3) **Jo spidsere den Vinkel er, under hvilken Retningslinierne stode sammen, desto længere er aabenbar Parallelogrametets Diagonal, desto større Hurtigheden eller Størrelsen af den absolute Bevægelse.** — Beviser mig nu strax Rigtigheden af denne Regel ved en Figur paa Bræggetavlen!

4) **Har man tillagt et Legeme flere Hurtigheder end to, eller virke, hvad der siger det Samme, tre, fire, fem eller endnu flere Kræfeer paa det, saa finde I den Vei, som det virkelig tilbagelægger, derved, at I stedse forene to og to Kræfter til een Kraft.** Et Exempel maa tydeliggjøre dette: ab, ac og ad ere de tre Kræfter, som, virkende fra samme Angrebspunkter, søge at bevæge Legemet i ligesaa forskjællige Retninger. For nu at finde den **resulterende** Kraft, det vil sige, den Kraft, der fremgaaer som Resultat af alle enkelte Kræfter, maae I 1) Fremstille Kræfterne ab og ac i **een** Kraft (vi ville kalde den af) og 2) Ligeledes atter af og ad i een enkelt

Kraft (lader denne hedde ag). Hvo udkaster mig nu ogsaa en hertil passende Figur, som tydeligt oplyser det Hele? Hosstaaende Figur (Fig. 7) kan tydelig oplyse dette. Lader os tænke os at 3 Kræfter K, K' og K'' virke paa et Legeme i A, og det med lige Storhed af hver enkelt Kraft, saa at K drev Legemet henad AB, K' ad AC og K'' ad AD i en vis Tidsdeel. Saa vide vi af det Forrige, at Kræfterne K og K', som virke i Forening, kunne angives ved een Kraft K''', hvilken vil drive Legemet henad AE i samme Tidsdeel; men Kraften K''' og K'' lade sig atter angive ved een Kraft K'''', som vilde bevæge Legemet henad AF, eller, hvilket er det Samme, dersom Kræfterne K, K' og K'' virke samtidig paa et Legeme i A, saa bevæge de det henad AF. Kraften K'''' kaldes den af K, K' og K'' sammensatte Kraft. Af dette er det da ogsaa klart, at ogsaa hver enkelt Kraft kan udlægges i hvilketsomhelst Antal Kræfter.

Fig. 7.



§ 4.

Om Legemernes jævnt tiltagende og jævnt aftagende Bevægelser.

a. Jævn tiltagende Bevægelse.

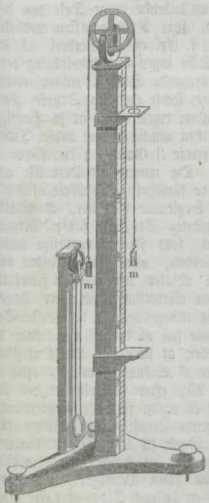
Blandt de mangeslags Bevegelser, hvori de forskjellige Legemer kunne befinde sig, er det især de jævne eller stadig tiltagende, hvis Love hverken vare lette at opdage eller lette at begribe. Nu skulle I imidlertid lære at kjende dem; — giver da med største Omhyggelighed Agt paa Alt, hvad jeg deels vil forevise Eder, deels mundtlig meddele Eder!

Lader jeg en Blykugle falde to, tre, fire Gange paa min Haand, fra forskjellige Afstande, saa overtydes jeg strax om, at den frembringer et saameget betydeligere Slag, som den gjennemløber en længere Vei, inden den kommer til min Haand. I kunne selv anstille dette simple Experiment, og spørge Eder selv, om det vel var raadeligt for Eder at opfange Kuglen, dersom den faldt ned fra en anseelig Høide f.Eks. fra et meget høit Taarn. I ville sikkert besvare dette Spørgmaal med: nei; og I have Ret deri; Kuglen kunde maaskee let gjennembore Haanden eller dog skamslaae den. Mærker altsaa: **Et Slags Heftighed afhænger af den opnaaede Hurtighed, og denne endvidere af den Høide, hvorfra et Legeme falder.** Sporge I nu, om vel ogsaa en Fjeder, Straahalm, Papirstrimler og andre lignende Legemer, som vi sædvanlig see at falde langsomt til Jorden, ere underkastede den samme Lov, da maa jeg svare, at dette visselig er Tilfældet, og at alene Luften forhindrer dem fra at gaae over til den Hurtighed, som de uden hiin Modstand ganske sikkert vilde modtage. I Affinitet om Luften skulle vi oplyse dette ved et ganske anskueligt Exempel. Indprænger Eder derfor forelobigt Følgende! **Her er blot Tale om saadanne Legemer, som falde i et lufttomt Rum, eller som overhovedet ikke lide nogen Modstand; blot paa dem har saavel ovenstaaende som ogsaa enhver efterfølgende Lovgjenstand.**

For at udsinde Loven for den jævnt tiltagende Bevægelse, eller, som jeg senere sædvanlig vil udtrykke mig, for Legemernes frie Fald, have virke-

lig Nogle (hvoriblandt jeg her vil nævne den store Galilæi) opstillet Paapasfere i forskjellige Etager i høie Taarne, og da ladet Kugler nedfalde til en nøie bestemt Tid nesten lige fra Spidsen af Taarnet. Men den store Hurtighed, som disse Kugler snart opnaaede under saadanne Omstændigheder, forhindrede hver Gang Paapasserne i at udfinde det Øieblik, i hvilket Kuglerne naaede til dem. Den **Atwoodske Faldmaskine** egner sig ulige bedre for denne Hensigt. Den gjør det nemlig muligt at lade ethvert Legeme efter Behag falde langsomt eller hurtigt. Figur 8 anstueliggjør dette for os. I see her først en Tridse eller Valse, der dreier sig let om en horizontal Axe, som er befæstet ved den øverste Ende af en lodret staaende, omtrent 7 Fod høi Søile; endvidere en Snor, som lober hen over den, og som spændes i sine begge Ender ved to lige, cylindriske Lodder. Naar vi nu forudsætte, at Snoren besidder en næsten umærkelig Tyngde, og at Tridsen, naar den dreier sig, kun hæmmes ved ringe, ja endog slet ikke (ganske kan desværre Riivningen aldrig vorde ophævet) saa maa selv det ringeste Stød, som vi give et af Lodderne, sætte dem begge i en jævn Bevægelse. Lader os nu endvidere forestille os, at vi lægge en lille Metalstav paa en af Lodderne eller Cylinderne! Den kan da ingensinde synke, uden at begge Lodderne deeltage i dens Bevægelse. Det sidste gaae naturligviis iveiret. Alt dette er vist Eder ligesaa indlysende, som den her ganske særdeles mærkværdige Omstændighed, at det Lod, som bærer Metalstangen, iler saameget desto hurtigere til Jorden, jo sværere Metalstangen er, eller, som vi sædvanlig udtrykke os, jo mere vi have belastet den. Vi kunne endvidere baade befordre og forsinke Bevægelsen efter Behag. Antage vi nu f. Ex. at Stangen kun veier 1 Lod, men ethvert af Lodderne 7 Lod, da maa den bevægende Kraft, eftersom den ikke mere virker paa Stangen alene, men ogsaa paa de cylindriske Lodder, aabenbar vise sig 15 Gange ringere; det vil sige: Stangen vil i en vis Tid kun tilbagelægge en Femtendedeel af det Rum, som den ved et frit Fald vilde have gjennemlobet i samme Tid. Det er vel neppe nødvendigt at sige Eder, at Overvægten let kan vælges saaledes, at vor Metalstang kun synker nøie en Tomme i det første Sekund.

Fig. 8.



Som Tegningen af den Atwoodske Faldmaskine viser, er den vertikale Søile deelt i et stort Antal smaae Dele; hver Deel er een Tomme lang. Det øverste Punkt af Delingen kaldes Skalaens Nulpunkt. Endvidere har Maskinen den Indretning, at to Skiver, af hvilke den øverste er gjennembrudt, kunne fastgjøres paa hvilketsomhelst Sted af Skalaen. Naar vi nu vide dette, vil det være os let at overstue ethvert Forsøg, hvortil denne

Faldmaskine frembyder saa god Leilighed. Men hvilke ere nu vel de vigtigste herhen hørende Experimenter? For jeg svarer Eder herpaa og tillige har udtalt de Love, som de Lærde, især ved dette Apparat, have opdaget, for den stadig tiltagende Bevægelse, eller for Legemernes frie Fald, vil jeg see til, om det skulde være mig muligt paa anden Maade at lede Eder til disse.

I vide for det Første, at et Legeme beholder sin Hvile- eller sin Bevægelsestilstand saalænge, som ingen fremmed Kraft fortrænger det derfra; I have for det Andet lært at kjende, hvorledes Tyngden virker uafbrudt paa alle Legemer uden Undtagelse: lader os nu anvende begge Dele paa den stadig tiltagende Bevægelse. Den Hurtighed, som Tyngdekraften meddeler et frit faldende Legeme i den første Tidsdeel, f. Ex. en Tusindedeel af eet Sekund, vilde vedblive, om endog fra dens Side ingen ny Indvirkning derpaa fandt Sted. Men det Sidste finder gjentagende Sted i enhver efterfølgende Tidsdeel, og det, som vi maae antage, stedse med lige Styrke. Hvo kunde vel, under saadanne Omstændigheder endnu tvivle paa, at jo Hurtigheden nøie fordobbles i samme Forhold, at den nemlig i den anden Tidsdeel bliver endnu een Gang saa stor, i den tredie 3 Gange, i den fjerde 4 Gange saa stor osv. som i første Tidsdeel? Og maatte endvidere ikke ogsaa den Vei, som et Legeme tilbagelægger i de forskjællige Tidsdele af Nøkken forholde sig ligeledes til hinanden? Vi forglemme blot ikke, at vi ikke tør udvide hine Forholde til Tidsdele af betydelig Størrelse f. Ex. Minutter og Sekunder, og at Slutningen fra det, som skeer i uendelige smaae Tidsdele til det, som nu følge i større Tidsdele, alene kan udfindes ved Regning! Men den Atwoodske Faldmaskine udtaler ror ovenfor fremsatte Paastand. Antaget at hiin Vægt m, som har Metalstangen at bære, staaer i sin Underflade lige høit med Nulpunktet, og tilbagelægger i det første Sekund nøie een Tomme; da ville vi ikke gaae feil af den Glæde, naar vi isvrigt anbringe Styderen paa de rigtige Steder, at høre hiin Vægt at slaae an efter 2 Sekunder ved 4 Tommer, efter 3 Sekunder ved 9, efter 4 Sekunder ved 16, efter 5 Sekunder ved 25, efter 6 Sekunder ved 36 Tommer osv. Net sindrigt og interessant er ogsaa følgende Experiment: Som befjendt bliver Størrelsen af den tiltagende Kraft alene bestemt ved Overvægtens Tyngde. Hvo, der derfor er istand til at gjøre Sidstnævnte uvirksom i et Moment, lærer tillige sjensynlig, at begge de cylindriske Vægter fra nu af fortsætte deres Vei med jævn Hurtighed, og hvormange Fod, Tommer osv. de tilbagelægge i en bestemt Tidsdeel f.Ex. atter i eet Sekund. Til alt dette giver atter den Adwoodske Faldmaskine et fortræffeligt Middel ihænde. Forestiller Eder, at Overvægten n besad den hosstaaende Figur (Fig. 9), saa at den overalt kunde pludselig opfanges ved den Fig. 9. gjennembrudte Skive, og at den desuden forud var saaledes indrettet, at den i det første Sekund nøie kom en Tomme fremad paa sin Bane! da behøve I blot endnu at sørge for, at Overvægtens Underflade stod i Høide med Nulpunktet, Overfladen af den gjennembrudte Skive ved 1 Tomme, men Overfladen af den underste Skive, saa dybt under Skalaens 3 Tommer, som Høiden af den med n belastede Vægt m udgjør. Alle Betingelser vare opfyldte: Bevægelsen af begge Cylindrene m og Overvægten n tage deres Begyndelse. Og see! efter 1 Sekund slaaer Overvægten, efter 2 Cylinderen selv paa. Imidlertid har det øverste Punkt af den sidste i det første Sekund tilbagelagt Veien fra 0 til 1 med tiltagende Hurtighed,

og i det andet Sekund fra 1 til 3 med jævn Hurtighed. For at hæve endog den ringeste Tvivl om Sandheden i den nylig udtalte Paastand, behøve vi blot at indrette Observægten saaledes, at den i det første Sekund gjennemløber en Vei af 2, 3, 4 Tommer; da kommer nemlig Cylinderen m selv i den anden Sekund 4, 6, 8 osv. Tommer fremad paa sin Bane. Men hvorledes staaer det sig med Hurtigheden af Cylinderen m, naar vi først ved Enden af det andet, tredie, fjerde osv. Sekund gjøre Observægten uvirksom, og dette atter ved Hjælp af den gjennembrudte Skive. Forudsat, at den sidste har endnu samme den forrige Indretning, og gjennemløber altsaa i det første Sekund 1 Tomme; — da blive vi visseligen vaer, at Cylinderen m, efterat vi have opfanget Observægten ved Enden af det andet, tredie, fjerde osv. Sekund, tilbagelægger i ethvert af de følgende Sekunder en Vei af 4, 9, 16 osv. Tommer. Disse, dog stedse meget ubetydelige, Forsinkelser ere at betragte som en Følge af Rivningen, der ei heller nogensinde ganske kan hæves ved den Atwoodske Faldmaskine.

Saavel de Experimenter, som jeg har beskrevet Eder, som og de Samtaler vi have holdt om Tyngdekraften og Legemernes Inertie, godtgjør tilstrækkeligt Rigtigheden af nedenstaaende Lov:

Den Hurtighed, som et frit faldende Legeme opnaaer i visse Tidsdele, forholde sig nøie til hverandre, som Tidsdelene selv; — endvidere Faldrummet i de enkelte paa hinanden følgende Tidsdele, som de ulige Tal; — endelig er det hele Rum, som det har gjennemlobet proportionalt med Qvadratet af den Tid, som er forlobet siden Begyndelsen af Faldet til Enden deraf.

Da jeg frygter for, at disse tre Love, som jeg nu nylig har sammenfattet i simple Ord, endnu skulde synes noget dunkle, anseer jeg det for nødvendigt at gjøre dem forstaaelige for Eder endnu paa en anden Maade, nemlig hvad den anden og tredie angaaer. Erfaring lærer, at Tyngden af et Legeme, som falder frit, giver i det første Sekund en Hurtighed af omtrent 30 Fod. Men er dette virkelig saa, hvorom vi ikke tør tvivle, saa maa jo dets Hurtighed ved Enden af det andet Sekund være 60 Fod, ved Enden af det tredie 90 Fod, ved Enden af det fjerde 120 Fod osv. Nu kommer det endvidere an paa, at vi søge at udfinde dets Middelhurtighed i enhver af disse Tidsdele. Naar I nu betænke, at Hurtigheden af ethvert frit faldende Legeme er 0 ved Begyndelsen af det første Sekund, men derimod ved Enden af samme er 30 Fod: saa maa det ogsaa være indlysende, at dets Middelhurtighed er 15 Fod i den angivne Tidsdeel, og at det derfor i det første Sekund nøie har tilbagelagt just saamange Fod. Ved Begyndelsen af det andet Sekund er dets Hurtighed, som I vide, 30 Fod, ved Enden deraf 60 Fod. En simpel Overveielse, ganske paa samme Maade, som vi kort forhen have anstillet, fører Eder til Middelhurtigheden eller til Storrelsen af Faldrummet i det andet Sekund, nemlig 45 Fod. For at undgaae Nødvendigheden af at maatte sige Meget flere Gange, bemærker jeg endnu i faa Ord, at I ved at gaae stedse videre frem paa den Eftertankens Vei, vi have slaaet ind paa, ville finde Middelhurtigheden for det tredie Sekund at være 75 Fod, for det fjerde 105, for det femte 135 osv.? Bører altsaa ikke Faldrummet i de enkelte paa hinanden følgende Tidsdele som de ulige Tal? Men hvor hurtig lader endelig ikke ogsaa Rigtigheden af den tredie fremsatte Lov sig udlede heraf? Da I vide, at hele Fald-

rummet udgjør efter 2 Sekunder 1 + 3 = 4 Gange 15 Fod, efter 3 Sekunder 1 + 3 + 5 = 9 Gange 15 Fod, efter 4 Sekunder 1 + 3 + 5 + 7 = 16 Gange 15 Fod, efter 5 Sekunder 1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25 Gange 15 Fod osv.; — og at for det Andet 4 er Qvadratet af 2; 9 Qvadratet af 3, 16 Qvadratet af 4, 25 Qvadratet af 5 osv., saa kunne J umuligt endnu et Øieblik tvivle paa, at Rummet, som et frit faldende Legeme gjennemløber, er proportionalt med Qvadratet af Tiderne.

Hvo er nu vel istand til at løse mig følgende 3 Opgaver?

1ste Opgave. At finde den Vei, som et frit faldende Legeme har tilbagelagt i en vis Tid, f. Ex. efter 4, 7, 9 osv. Sekunder.

2den Opgave. At bestemme den Tid, som det behøver, for at falde gjennem et nøie angivet Rum.

3die Opgave. At angive den Hurtighed, som det har opnaaet, naar det enten har tilendebragt et bestemt Rum, eller en bestemt Tid.

Opløsning af alle 3 Opgaver samtidig. **Veien** finde vi, naar vi multiplicere 15 Fod med Sekundernes Qvadrat; — **Tiden,** naar vi dividere Faldhøiden, som stedse maa være udtrykt i Fod, med 15, og udrage Qvadratroden af de herved fundne Tal; — **Hurtigheden** endelig, naar vi multiplicere Sekundantallet med 30, eller søge Qvadratroden af det Tal, som angiver den fordobbelte Faldhøide.

Efterviser nu Nøiagtigheden af denne Opløsning i at fuldstændig beregnet Exempel og angiver endvidere, hvorledes Loven for et Legemes frie Fald lader sig bruge til, f. Ex. nogenledes at udmaale Dybden af en Brønd, en betydelig Jordhule osv.

Betegne vi med g Maalet for Hurtigheden af et frit faldende Legeme ved Enden af det første Sekund; med s dets Faldhøide i t Sekunder; med c den Hurtighed, som det har opnaaet efter Forløbet af t Sekunder: da lade de ovenfor anførte Love sig sammenfatte og fremstille i følgende Formler, som idetmindste Nogle af Eder ville kunne forstaae:

I. $s = g/_2\ t^2$; II. $c = gt$; eller ogsaa, fordi $c^2 = g^2t^2$ og $c^2/_s = 2g$,

III. $c = \sqrt{2gs}$.

Forsøg over den Hurtighed, hvormed et Legeme falder, have været anstillede fra ret betydelige Høider, f. Ex. af Guelimini fra et af de skjøve Taarne i Bologne, der frembød en Faldhøide af 241 Fod, samt af Benzenberg (1802) fra Michaelitaarnet i Hamburg med en Faldhøide af 235 Fod, og i Kulgruben ved Schlebus i Grevskabet Mark (i Preussen), med en Faldhøide af 260 Fod, ved hvilke de angivne Love for Faldets Hurtighed ere blevne bekræftede, naar Luftens Modstand, der vorer betydeligt med Hurtigheden, tages med i Anslag. Disse Forsøg have iøvrigt frembudt en anden meget mærkelig Jagttagelse, denne nemlig, at et Legeme ikke falder ganske lodret. Om Aarsagen til en saadan Afvigelse, der iøvrigt kun høist vanskelig kan iagttages, skulle vi senere tale.

b. Den jævnt aftagende Bevægelse,

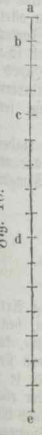


Fig. 10.

At et Legeme, som med Kraft bliver kastet lodret iveiret, stiger med aftagende Hurtighed, tilsidst synes at staae stille og omsider begynder at falde, vide I forlængst af egen Erfaring. At imidlertid dets første Bevægelse, nemlig lige til dets indbildte Hvilepunkt, er en jævn aftagende, turde maaskee endnu ikke være blevet Eder ret bekjendt, skjøndt det fremtræder tydelig for os. Tænker nu for det Første atter tilbage paa Tyngdekraften og overveier derved tillige, hvorledes Hurtigheden af et vertikal opstigende Legeme nødvendigen maa forringes i samme Grad som den ved et frit nedfaldende maa forhøies. Bliver f. Ex. en Kugle saaledes kastet i Høiden, at den i det første Sekund naaer d (Fig. 10), saa stiger den i det andet Sekund til c, i det tredie til b, i det fjerde til a (Lægger herved vel Mærke til at der fra e til d ere 7 saadanne Dele, som der er fra d til c 5, fra c til b 3 osv.), og kommer, fordi den nu falder paa lige Maade, i det femte Sekund anden Gang til b, i det sjette til c, i det syvende til d, og ved Enden af det ottende atter til e, der er Stedet, hvorfra det steg op. Efter vor Forudsætning var dets Hurtighed i Begyndelsen 120 Fod (hvoraf vide vi dette?) ved Enden af det første Sekund 120—30=90 Fod ved Enden af det andet Sekund 90—30=60 Fod; ved Enden af det tredie Sekund 60—30=30 Fod og ved Enden af det fjerde 30—30=0 Fod. Blot Sammeget behøve I at vide, for fremdeles at kunne besvare ethvert Spørgsmaal, som gjøres Eder angaaende Høiden, Tiden eller Hurtigheden af et Legeme, som kastes vertikalt opad. Antage vi, at der forgaae 12 Sekunder mellem et Legemes Opstigen og Nedfalden, da har dette aabenbart, eftersom dets Faldtid udgjør 6 Sekunder, fjernet sig 6 Gange 6 eller 36 Gange 15 Fod, det er 540 Fod fra Jorden og er blevet kastet lodret iveiret med en Hurtighed, som i første Sekund bragde det 180 Fod fremad. Betegner h den opnaaede Høide, n Hurtigheden ved Begyndelsen af Stigningen og t den Tid, som Legemet brugte for at stige til den største Høide, da er, naar vi dernæst tillægge g, t og c de tidligere Eder allerede bekjendte Værdier:

$$\text{I. } c = n - gt;\ \text{II. } t = n/g;\ \text{III. } h = nt - g/2\,t^2.$$

Forklarer nu først enhver af disse 3 Formler, og beregner dernæst, hvor høit en Kanonkugle stiger, hvormange Sekunder der hengaaer, inden den naaer sit tilsyneladende Hvilepunkt, samt hvilken Hurtighed den besidder til en bestemt Tid, f. Ex. ved Enden af det syvende Sekund, naar den nemlig bliver udskudt i en lodret Retning med en Hurtighed af 1600 Fod.

Beregning. t er $= \frac{1600}{30}$, $= 53\frac{1}{3}$ Sekund, det vil sige, Kuglen stiger i $53\frac{1}{3}$ Sekund; h $= 1600.\ 53\frac{1}{3} - 15.\ (53\frac{1}{3})^2$, $= 85333\frac{1}{3} - 42666\frac{2}{3}$ Fod; c $= 1600 - 30.\ 7 = 1600 - 210 = 1390$ Fod. Forøvrigt er naturligviis heller ikke her taget noget Hensyn til Luftens Modstand.

Det Spørgsmaal: Er det muligt at lade et Legeme opstige fra Jorden med en saadan Hurtighed, at det ganske flyver bort derfra? troer jeg ubetinget at burde besvare med „Nei“;

thi intet Menneske besidder den Kraft at tildele selv det letteste Legeme en Hurtighed af den ubyre Størrelse, at det i det første Sekund kan drive det 35000 Fod vertikal iveiret. Men nu er just denne Hurtighed den allerringeste af dem, som et Legeme, der ei atter skal falde tilbage til Jorden, maa have. Et andet Spørgsmaal, dette nemlig: **Skulde vel de saakaldte Meteorstene kunne flyve fra Maanen til vor Jord?** forbigaaer jeg her, da jeg senere, nemlig i Afsnittet om Luftbegivenhederne vil finde Leilighed til at meddele Eder det Nærmere om denne Sag, som har foranlediget en stor Mængde Svar.

Alle de Beregninger, vi have anstillet i denne saa ualmindelig righoldige Paragraph, passe, hvilket I ikke maae lade ubemærket, kun for saadanne Legemer, som hverken stige altfor høit eller falde altfor dybt; thi Tyngdekraften aftager betydeligt med Fjærnelsen fra Jorden.

§. 5.

Legemernes frie krumlinede Bevægelser.

a. Kastebevægelser.

Mit første Experiment i denne Time er af en noget besynderlig Art; jeg kaster nemlig denne Bonne, som I vel undertiden kaste en Steen, hen i en Krog i Stuen. At den paa sin Bane har beskrevet en krum Linie, kan ikke være blevet ubemærket af Eder; men hvorledes det iøvrigt ellers stod sig med denne Linie, om den f. Ex. under alle Omstændigheder, d. v. s. under de forskjælligste Kastninger, vilde beholde de samme Egenskaber eller ikke, er et Spørgsmaal, til hvis Besvarelse hverken fordres nogen skarp Eftertænkning eller stor Opmærksomhed. Lader os saaledes da nu saameget desto dristigere, men ogsaa saameget desto gladere gaae til det nye Arbeide!

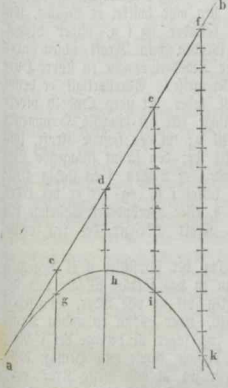
I den her vedføiede Fig. 11 betegner a en Forhøining, fra hvilken En kaster en Kugle nøie i horizontal Retning; af den Retning, som denne, dersom Tyngden selv ikke udøvede den ringeste Indflydelse paa den, vilde forfølge med jævn Hurtighed. (Mindes ogsaa her Legemernes Ligegyldighedsevne). al den Bane, som et ikke udkastet, men fra a af frit faldende Legeme gjennemløber. Betydningen af alle de øvrige Linier kan først blive Eder tydelig ved efterfølgende Betragtning. Hører da nu! Medens Kuglen er i Begreb med at bortflyve fra a til f, vil den tillige ved Tyngden nødes til at komme nærmere til Jorden. Dens Bane er derfor meget eiendommelig. For grandt at lære at kjende den, maae vi fremfor Alt nøie betænke, at Tyngden, der kun virker i lodret Retning, ikke kan bidrage til at forbøie eller formindske Kuglens horizontale Hurtighed. Men hvad følger vel heraf? Ustridigt dette: at Kuglen i en vis Tid for det Første kommer saa vidt fremad mod f, som om Tyngdekraften slet ikke var forhaanden; men at den ogsaa for det Andet nøie synker saa dybt i Retningen af, som dette stedse steer ved et frit faldende Le-

Fig. 11.



geme. Jeg betegner nu videre saavel paa af, som og paa al de Rum, som Kuglen gjennemløber i lige Tidsdele. Lad den f.Kr. i første Sekund komme til b eller g; i det andet til c eller h; i det tredie til d eller i; i det fjerde til e eller k; i det femte til f eller l. Efterat jeg er færdig hermed, er det i Sandhed let at udfinde det Sted, som den vil have opnaaet ved Enden af enhver Tidsdeel; der behøves nemlig ikke videre dertil, end paa de Linier, som gaae lodret fra Linien b, c, d, e og f, at afsætte bm = ag, cn = ah, do = ai, ep = ak, fq = al (ag, ah, ei, ak og al forestille som bekjendt, Faldrummet i **eet** Sekund, i 2, 3, 4 og 5 Sekunder), m, n, o, p og q ere aabenbart de søgte og nu fundne Punkter. (Tænker herved tilbage paa Kræfternes Parallelogram og paa deres Diagonaler ved den jævne Bevægelse.). Forestiller Eder endvidere, at et Legeme blev kastet opad i den skraae Retning fra af (see Fig. 12) og det med en Kraft, som, hvis Tyngden slet ikke var i Virksomhed, drev det i eet Sekund til c, i 2 til d, i 3 til e, i 4 til f, og angiver mig nu tillige, saaledes som jeg forhen har gjort det, de Steder, som det virkelig indtager ved Enden af ethvert af hine 4 lige Tidsdele. Betegner eg Faldrummet i det første, dh Faldrummet i det andet, ei i det tredie og fk i det fjerde Sekund, saa maa g, h, i og k være de Punkter, som søges. Beviset ligner det forrige og forbigaaes derfor her. **Men hvorledes betegne vi den hele, nemlig til alle disse Punkter tilbagelagte Bane?** Min Tegning viser Eder dette bedre end Ord kunne sige Eder det. Betragter blot ret med Opmærksomhed den krumme Linie aghik, og mærker Eder, at ikke blot denne, men ogsaa enhver af de andre, som opstaaer paa lignende Maade, alle besidde fuldkommen overeensstemmende Egenskaber med denne, (Angivelse af disse ville kun lidet nytte Eder; jeg forbigaaer dem derfor) og føre Navn af **Parabel.** En udskudt Kanonkugle farer stedse fremad i en lignende Bue. Artilleristen maa derfor ikke rette sit Mordgevær ganske nøie paa den Gjenstand, han vil træffe; han maa meget mere rette sin Kugle noget mere eller mindre opad, eftersom Maalet er mere eller mindre langt borte. Selv Bøssekugler gjennemfare Luften i en Parabel, Vide J nu vel ogsaa, hvorfor begge de to Mærker paa Bøssen, nemlig Visiret og Kornet, efter hvilke Jægeren bestemmer Retningen, ere stillede saaledes, at selve Løbet, naar han sigter paa et Dyr eller en Hare eller en anden Gjenstand, kommer til at staae noget høiere? Forudsat endelig, at Luften ikke gjør nogen Modstand, og at saavel Krudets Kraft som Kanonens Retningsvinkel er nøie bekjendt, kunne vi ved Regning finde ei alene Kaste- og Skudvidden, men ogsaa den Tid, som Kuglen behøver for at fuldende sin Bane.

Fig 12.



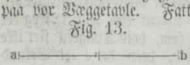
For at vinde en god Overgang til de Undersøgelser, som nu forestaae os, henviser jeg Eder endnu til den vigtige Omstændighed, at de Retninger,

efter hvilke Tyngden virker paa et udkastet Legeme, ingenlunde, som vi hidtil have antaget, ere fuldkommen parallele; de træffe meget mere, tilstrækkeligen forlængede, samtlige sammen i Jordens Middelpunkt. (Naar har jeg første Gang meddeelt Eder dette?). Alle vore tidligere Antagelser gjælde derfor kun for smaae Distancer, til hvilke vi dog iøvrigt endnu kunne regne saadanne Afstande, som neppe kunne opnaaes ved de bedste Kanonstud.

b. Centralbevægelser.

Ikke uden at afvige meget fra min hidtil fulgte Undervisningsmaade knytter jeg idag min Undervisning, som vil udbrede sig over den i hele Physikken maaskee vigtigste Deel, til 2 Tegninger, som jeg strax vil udkaste paa vor Væggetavle. Fatter da først Fig. 13 i Øie, og forestiller Eder

Fig. 13.



under c, der nøie ligger i Midten af ab, et saadant Punkt, hen mod hvilket et Legeme, som i Begyndelsen befinder sig i a, bliver draget. Forudsat, at foruden hiin Kraft ingen anden virker paa dette, maa det nødvendig i enhver Tidsdeel opnaae en større Hurtighed, eller være i en jævn tiltagende Bevægelse. Allerhurtigst er denne aabenbart i Punktet c. Ankommet hertil løber det uden Ophold videre fort til den anden Side, fordi, som vi antage, ikke det ringeste Hæmmende træder det imøde. Det kommer dog kun til b; thi den samme Kraft, som paa den første Halvdeel af Banen meddeelte det den jævnt tiltagende Bevægelse, lader det bortrulle den anden Halvdeel af Banen i en stadig aftagende Bevægelse. Men dets Bliven er ei heller i b, og det er vel Eder indlysende, at det atter vil bevæge sig mod a, eller overhovedet saalænge fra a til b og fra b til a, som ingen anden Kraft afdrager det fra denne Bane.

Betragter nu endvidere Fig. 14! Ogsaa her forestiller a et Legemes

Fig. 14.



oprindelige Sted, og m en paa forrige Maade paa det indvirkende Kraft. Jeg vil nu vise Eder, hvorledes det forholder sig hermed, naar endnu en anden Kraft kommer i Virksomhed, og søger at bevæge det i Retningen ab. For at opnaae denne min Hensigt desto bedre og lettere, antager jeg, at hiin første Kraft hedder P, den anden Q, og at Indflydelsen af P ikke er stadig, saaledes som den virkelig er i Naturen, men stødvis. P bringer nu vort Legeme i den første Tidsdeel til c, Q derimod til b. At under saadanne Forudsætninger Parallelogrammets acdb Diagonal ad angiver den Bane, som det har tilbagelagt, behøver her intet Bevis, fordi J alle vide det af min tidligere Undervisning. Ligesaa hurtig som i den første, finder jeg det ogsaa i den anden Tidsdeel af dets Bane; thi den simple Overveielse, at det alene af P vilde være fordrevet til f (bd—df), og af Q alene til e (ad—de) lader mig erkjende det i Hjørnelinien dg af Parallelogrammet dfge. Vor Figur anskueliggjør Eder endelig og endnu den Vei, det gjennemløber i den tredie Tidsdeel. Paa hvilken Maade det iøvrigt gjør det, maae J nu sætte ud fra hinanden for mig! — Kun Linierne ad og dg behøves for at overtyde om, at Legemet derfom Kraften P udøver sin Indflydelse stødvis, maa beskrive en brudt, derimod, hvis dette skeer stadig eller jævnt, en krum Linie. Da J kjende P nøie, saa anseer jeg det for unødvendigt endnu at

sige Eder at dens Bane er en krumlinet. Hvad I her især deleshed have at indpræge Eder, sammenfatter jeg i følgende 3 Punkter:

1) **Den Kraft, som uafbrudt driver et Legeme ben mod et vist Midt- eller Centralpunkt** (Tænker herved paa Punktet c i Fig. 13 og paa Punktet m i Fig. 14) **bedder Centripetal-Kraften; — den anden derimod, som, lige omvendt, søger at fjerne det fra hiint Punkt og altsaa at bibringe det en mod Siden gaaende Bevægelse** (Grindrer Eder herved Kraften Q) **bedder Tangential- eller Sidekraften.** Begge Kræfter forekomme iøvrigt hyppigt under Navnet **Centralkræfter**, ligesom endvidere de Bevægelser, som ved dem blive fremkaldte, forekomme under Navnet **Centralbevægelser**. Som en selvstændig virkelig forhaanden værende Kraft, staaer kun **Centripetal**-Kraften; thi Tangentialkraften er, fraregnet det Stød, som strax i Begyndelsen indtrædet, intet Andet end en Virkning af Legemernes Trægbed eller Vedholdenhedsevne. Men hvorledes staaer det sig da med den saakaldte **Flyve-** eller **Centrifugalkraft**? Denne Kraft ligner Centripetalkraften, men er den modsat, og siger os egentlig med hvilken Styrke et Legeme fjærner sig fra Centralpunktet c, naar Tiltrækningskraften ikke mere holder det tilbage.

2) **Centralbevægelserne skee vel til enhver Tid i en krum Linie; denne bliver imidlertid sig ikke stedse lig, men afbænger med Hensyn paa sin Figur for endeel af Tangentialkraftens Styrke og Retning, forendeel af Centripetalkraftens Styrke og Love.** Et simpelt og let anvendeligt Middel til at anstueliggjøre idetmindste denne Krafts Oprindelse, giver et nogenlunde langt Seglgarn, hvis ene Ende er fastgjort ved en Gjenstand og hvis anden derimod er forsynet med en lille Kugle. Løfter jeg Kuglen op til Siden, vender den strax tilbage i den vertikale Linie af sit Ophængspunkt, og forbliver ogsaa kun rolig i denne Beliggenhed. Aabenbar træder her Tyngden istedetfor Centripetal-Kraften. Giver jeg nu Kuglen, i samme Øieblik, som jeg lader den fri, et Stød rettet mod Siden, saa bestriver den strax om Centralpunktet, efter vore forrige Figurer tillige om c eller m, snart en Kreds, snart atter igjen en saa kaldet Ellipse.*) Forestiller Eder nu tilsidst, at Traaden, medens den endnu var i Spænding, blev i et Øieblik skaaren over! Vilde da ikke Kuglen strax ende sin Bevægelse om Midtpunktet og formedelst sin Trægbed fjærne sig fra sin tidligere Bane? Den Kraft, som spændte Traaden, kaldes vel ogsaa **Svingkraft**, men er ligefrem intet Andet end **Centrifugalkraften**; den træder overalt op, hvor en Bevægelse finder Sted om en fast Axe, og hvor endvidere de enkelte Dele paa en eller anden Maade forhindres fra at fjærne sig fra hiin Axe.

---

*) Hvo, der vil tegne en Ellipse, kan slaae to stærke Naale i et Bræt, og imellem denne befæste en sædvanlig Traad saaledes, at denne hænger noget slap nedad. Derpaa tager han et langt tilspidset Stykke Kridt, lægger det tæt an til Traaden, og fører det, medens Traaden er i Spænding, omkring til begge Sider af Naalene. Den paa denne Maade opstaaede Linie fører Navn af Ellipse. At alle Diametre i denne Kreds ikke ere lige store, saaledes som i Cirkelen, indlyser af sig selv ligesaa klart, som at begge Brændpunkterne (disse betegnes ved Naalene) ere lige langt fjærnede fra Middelpunktet af den krumme Linie, hvor nemlig den længste og korteste Diameter staaer vinkelret paa hinanden.

3) **Centralbevægelsen stemmer paa den fuldkomneste Maade overeens med Himmellegemernes beundringsværdige Lob**, hvilket store Lærde i den tidligere Tid (blandt disse nævner jeg her blot Kepler og Newton) og Andre efter dem have paa det Klareste bevist. Kun dette behøve vi at vide, for at indsee dens store Vigtighed; for idetmindste at ahne, efter hvilke Love Maanen gjør sit Løb om Jorden, denne som og alle andre Planeter om Solen osv.; kort, hvorledes overhovedet samtlige Himmellegemer, ved den Almægtige udkastede i det umaadelige Himmelrum, vorde opholdte i evig Orden og Harmonie. Mange Slags Omstændigheder forhindre mig fra herover at antænde et klarere Lys for Eder.

For at forklare, at Jorden er fladtrykt ved Polerne, og at den derfor næsten har Figur som en Pommerans; at Aren vedbliver som en dandsende Top i den Beliggenhed, som den har erholdt ved Begyndelsen af Omdreningen, at en Hammer med et langt Skaft virker langt mere end en med et kort; at et vaadt Hjul sprøiter langt omkring, at en Slynge kaster Stenen ualmindelig langt bort osv. — tænke Enhver kun stedse tilbage paa Centrifugalkraften, og han vil i de fleste Tilfælde just i denne finde Hovedaarsagen til disse og mange andre Phænomener.

§ 6.

Legemernes ufrie krumlinede Bevægelser.
eller
Pendulens Svingninger eller Oscillationer.

Befæster jeg en Blykugle ved en temmelig lang Traad, befæster jeg igjen denne f. Ex. paa en Tværbjælke, og drager jeg nu Kuglen noget til Siden, saa begynder den strax at beskrive den ene Bue efter den anden, indtil den omsider bliver staaende stille i en vertikal Linie fra dens Ophængningspunkt. At disse dens krumlinede Bevægelser ere af høieste Vigtighed, behøver jeg neppe først at sige Eder; thi enhver af Eder veed vel, hvorledes blot disse have gjort os det muligt at lære at maale og dele Tiden paa det Nøieste. Men dette er dog ikke deres eneste Nytte. Forend jeg imidlertid udtaler mig videre herover for Eder, maae I have Kundskab om saa meget Andet.

1) **En Indretning** af det Slags, som I nu ikke blot træffe og kunne iagttage ved vore Taffeluhre, men ogsaa stedse ved alle Taarn- og Stueuhre, og **som nemlig bestaaer af et Legeme, der er underkastet Tyngden, og en (linned eller Metal-) Traad, ved hvis ene Ende hiint er fastgjort, kaldes en Pendul.**

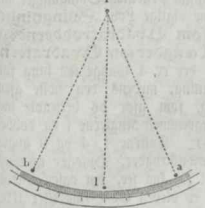
2) **Vi adskille enkelte eller mathematiske og sammensatte eller physiske Penduler.** Ved **hine**, der ingensinde forekomme i Virkeligheden, maae I tænke Eder Traaden som fuldkommen vægtløs, og Kuglen blot som et Tyngden underkastet Punkt: **ved denne derimod**, som hyppig forefindes allevegne, har ikke alene ethvert Punkt af det vedhængte Legeme, men ogsaa af Traaden Tyngde.

3) **Enhver Bue, som et Pendul beskriver, eller, hvad der siger det Samme, enhver enkelt af dets Frem- og Tilbagegange, kaldes en Pendul-Svingning, eller ogsaa,** hvis den nemlig er meget ubetydelig, **en Oscillation.**

Lader os nu videre betragte Pendulets Svingninger og i saa Henseende

nøie agte paa Figur 15!

Fig. 15.



Bringer jeg Pendulen i Beliggenheden fa, saa er det aabenbart Tyngden, der nøder Kuglen a, som vi her meest maae feste Øiet paa, til at gjennemløbe Kredsbuen ai. Nu hører vistnok denne Indvirken op ved i, men Pendulen kan dog ikke forblive i Hvile, naar den er ankommen hertil; thi den Hurtighed, som den har opnaaet under sitFald fra a til i fører den ogsaa i Overensstemmelse med Tvægbedens Lov videre fort, og den tilbagelægger derfor ogsaa, idet den stedse stiger høiere, den krumlinede Vei ib. I b selv er dens Hurtighed Nul. Hvad der videre maa følge, lader sig bequemt sammenfatte i faa Ord. Den samme Kraft nemlig, som allerede een Gang har fortrængt Pendulen fra Retningen fa og ti byder den ligeledes stedse at svinge sig paany fra b til a og omvendt fra a til b. Lod Pendulen sig nu saaledes ophænge, at den ikke selv led den ringeste Rivning, og var det os endvidere ogsaa muligt, ganske at tilintetgjøre Luftens Modstand, saa maatte dens Svingninger vedvare uden Ende, og vi besadde følgelig i den et sandt **Perpetuum mobile**, d. e. en Maskine, som, engang sat i Bevægelse, vilde bestandig blive i denne Tilstand, uden at trænge til nogen senere Hjælp. Men desværre kunne vi hverken fjærne hiin Rivning, som især ligger i Traadens Stivhed, eller denne Modstand, der er Hovedhindringen, fra vort Pendul.

Jeg lader nu videre min Pendul beskrive større og mindre Buer, snart med hele Traadens Længde, snart kun med Halvdelen, Trediedelen, Fjerdedelen osv. deraf. Forudsat at J imidlertid nøie have lagt Mærke til saavel de Hurtigheder, som den med de forskjællige Faldhøider opnaaede, som og de Tider, som den behøvede for at tilbagelægge de mangeslags Buer, ville J omtrent kunne udlede Følgende:

1) **De Hurtigheder, som Pendulen opnaaede, rettede sig stedse efter dens Faldhøider: jo større disse vare, desto større vare og bine.** Og jeg føier hertil: **de angive ved den enkelte Pendul fuldkomment Faldrummene.** Beviset for min Paastand forbigaaer jeg: kun dette bemærker jeg, at det især beroer paa Lovene for Legemernes frie Fald.

2) **Svingningstiderne synes, naar Længden af Pendulen er den samme,** at være **eens** for alle Frem- og Tilbagegange, om endog disse nok saa meget i Størrelse afvige fra hinanden. — **Saaledes forholder det sig ogsaa i Virkeligheden,** og Grunden hertil lader sig let udfinde og indsee. Er nemlig Pendulen kun lidet fjærnet fra sin oprindelige lodrette Retning, saa vandrer den ogsaa tilbage i denne med en kun ringe Hurtighed. Have vi derimod bragt den ret langt bort fra sin Hviletilstand, eller, som vi sædvanlig pleie at udtrykke det, givet den en ret anseelig Anslagsvinkel (Vertikallinien og Pendulens nye Retning danner denne Vinkel), saa opnaaer den en meget betydelig Hurtighed, og følgelig derfor ogsaa denne Bane i en uforholdsmæssig kort Tid. Imidlertid stemme dog ikke Svingningstiderne fuldkommen overeens med hverandre, efter hvad Erfaringen stedse paany lærer os.

3) **Jo kortere Pendulen er, desto hurtigere svinger den, jo længere, desto langsommere.**—Ogsaa denne Jagttagelse er vigtig. Havde det været muligt for Eder nøie at sammenligne Pendulens Svingninger med dens Længde, saa vilde I være komne til denne vigtige Lov: **Svingningstiderne forholde sig til hinanden som Qvadratrødderne af Pendulens Længder, eller Pendulens Længder som Qvadraterne af Svingningstiderne.***) En Pendul, der er 4 Gange saa lang som en anden, fuldender virkelig kun **een** Svingning, medens den sidste gjennemløber Buen 2 Gange. Ved det Forsøg, som gjør os bekjendte med Rigtigheden af denne Lov, ophænger man bøvemmest Kuglerne i en dobbelt Traad, som i hosstaaende Figur (Fig. 16) Tallene 1, 4 og 9 angive

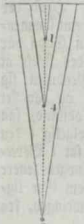


Fig. 16. Eder Forholdet mellem de 3 Pendullængder. Opseger nu nogle derhen hørende Exempler, for at jeg kan see, om ogsaa Betydningen af den tredie Pendullov er bleven Eder klar eller ikke!

For anskueligt at kunne bevise, at Svingningstiderne hverken ere afhængige af Kuglens Masse eller Vægt, behøve I blot at forskaffe Eder Penduler af lige Længde. Lader dem overhovedet blot deri afvige fra hinanden, at den ene Penduls Kugle er af Metal, den andens af Vox, den tredies af Træ osv.

Alt, hvad jeg hidtil har meddeelt Eder, gjælder kun for en enkelt eller mathematisk Pendul, altsaa ikke engang for en saadan, hvis ubøielige Traad vel er vægtløs, men begavet med to svære Molekuler m og n (Fig. 17). Aabenbar har m Bestræbelse efter at svinge hurtigere end n, fordi den er Ophængningspunktet nærmere, og paaskynder saaledes den Sidstes Bevægelse; n derimod virker omvendt paa m. Heraf følger



Fig. 17. nu, at Pendulen maa svinge med en Hurtighed, der ligger mellem de Hurtigheder, hvormed begge Molekulerne m og n vilde hver for sig gjennemløbe Buerne. Ligeledes forholder det sig med enhver materiel Pendul. Enhver, der blot ved Saameget om den sammensatte Pendul, maa indsee, at der i den maa gives eet Punkt, hvis Bevægelse hverken paaskyndes eller forhindres ved Instrumentets øvrige Masse. Dette Punkt hedder **Svingningspunktet.** Dersom Nogen nu skulde søge dette ved en physisk Pendul, saa maa han først undersøge Længden af den mathematiske Pendul, som besidder lige Svingningstider med hiin og derpaa overføre den paa den physiske Pendul fra Ophængningspunktet af. Desværre træder der ved denne første Forretning Vanskeligheder i Veien, som neppe ere at beseire. Hvor og naar vi endog tale om Længden af en sammensat Pendul, gjøde forstaae vi dette om Ophængningspunktets Afstand fra Svingnings-Midtpunktet.

*) Lovene for Svingningstidernes Ligbed høre til Galilæi's første Opdagelser. Medens han endnu var meget ung (saa fortæller Historien) iagttog han ganske tilfældigt i Domkirken i Pisa, Svingningerne af en Lampe, som var ophængt under en Hvælving, og saavel disse Svingningers periodiske Tilbagevenden, som Ligheden i deres Bevarren var ham paafaldende. Mere behøvedes ikke for at vække det store i ham hidtil slumrende Geni. Han tænkte videre over det angivne Phænomen, og berigede nu Tid efter anden Verden ei alene med denne, men ogsaa med mange andre Pendullove.

Da, som vi senere skulle lære at kjende, stigende Varme udvider Legemerne, aftagende derimod sammendrager dem, saa kan heller ikke Pendulen stedse svinge med lige Hurtighed, naar ikke Temperaturens Indvirken bliver ophævet. Men hvorledes have nu vel de Lærde søgt at overvinde denne Misligbed? I Begyndelsen blot derved, at de have ladet Pendulstængerne forfærdige af meget tørt Træ, udkogt i Olie; men senere, da de fandt, at dette Middel kun lidet fremmede det tilsigtede Øiemed, ved en **Compensation**, som grundede sig paa de forskjellige Metallers ulige Udvidelse, hvilket jeg nu korteligen vil forklare:

Lader os f.Ex. antage, at et Taarnubrs Pendul var saaledes indrettet, at den nøie gjorde **een** Svingning i **eet** Sekund, eller at Viseren nøie fremrykkede 60 Sekunder, naar Pendulen havde tilendebragt ligesaa mange Svingninger. Aabenbart ophøre nu bine Tidsdele at være Sekunder, naar Pendulens Længde forandrer sig, saaledes som dette ufeilbar skeer ved de sædvanlige Uhre under Overgangen fra den strængeste Vinterkulde til den største Sommervarme. Efter de omhyggeligste Jagttagelser og Beregninger udgjør den betydeligste Forskjel paa Dagen idemindste 30 Svingninger, altsaa et halvt Minut. Ved saadanne Uhre, som ere bestemte for det daglige Liv, gjør en saadan lille Afvigelse Intet; ved andre derimod, navnlig dem, hvoraf Astronomerne betjene sig, er en saadan Feil betydelig nok; derfor have ogsaa findrige Hoveder allerede for lang Tid siden stræbt at ophæve den. Graham, en Englænder, som levede i den første Halvdeel af det 18de Aarhundrede, forfærdigede en Pendul af Ibenholt, Fyr, Gran eller Noddetræ, paa hvis Længde han paastod at Temperaturen ikke kunde indøve nogen Indflydelse. Desværre frembragte den Fugtighed, som trængte sig ind i Træets Porer, andre Feil. For ogsaa at forebygge disse Feil, forsynede siden nogle andre Mænd den Grahamske Pendul med et Fernisanstrøg, efterat de først havde tørret den i en Ovn og kogt den i Linolie. Ulige ofterat de først havde tørret den i en Ovn og kogt den i Linolie. Ulige bedre og ogsaa mere i Brug end den bestræbne, er ialfald den først ligeledes af Graham forfærdigede Rist- eller Compensations-Pendul. Tænker Eder flere af forskjellige Metaller, f. Ex. af Jern og Messing bestaaende Stænger, saaledes forbundne med hinanden, at ved stigende Varme Jernstængerne forlænge sig nedad, Messingstængerne derimod opad. Aabenbart vil derved Svingningsmidtpunktet stedse erholde samme Beliggenhed og Pendulen stedse samme Længde. Men hvorledes opnaaede Graham bine lige, sig efter fuldkommen modsatte Retninger yttrende Forlængelser? Han befæstede de Jernstænger, som skulde bære Pendullindsen, Pendulens Vægt, ved deres øverste, Messingstængerne ved deres nederste Ende. Endnu fortvinligere end Graham forfærdigede Harrison i Aaret 1726 sin af 9 runde Stænger, nemlig 5 Staalstænger og 4 Kobberstænger sammensatte Rist-Pendul. Med saadanne Pendler ere selv endnu i vore Dage næsten alle astronomiske Uhre forsynede. Hvor godt det forholder sig med Svingningstidernes Lighed, lærer den Omstændighed, at et Uhr af dette Slags neppe i en heel Maaned afviger **eet** Sekund fra den rigtige Tid. Ristpendulen, af hvilken den her udkastede Tegning (Fig. 18) tæller 5 Stave eller Stænger, nemlig 3 Staalstænger: ab, cd og pq og 2 Zinkstænger, ny og xm. Stangen pq, som bærer Lindsen, er befæstet paa Tværbjælken nf. Naar I nu vide, at Zinkstængerne udvide sig omtrent 2 Gange saa stærkt som Staalstængerne, saa maae det ogsaa være indlysende for Eder, at Lindsen q, naar ivrigt samtlige de andre Stænger staae i et rigtigt Forhold til hinanden, løftes just ligesaa

Fig. 18.



meget i Veiret, som den sænkes ved de første, eller at Svingningspunktet, selv under de forskjælligste Temperaturer, stedse forbliver i samme Afstand fra Ophængningspunktet.

Hvad Pendulen har lært os, skulle vi nu høre:

1) **Kun Pendulen angiver os,** naar den hænger rolig, **paa det Nøieste Tyngdekraftens Retning.** Alle Experimenter, som de Lærde have anstillet herover, føre til det Resultat, at dens Retning er den lodrette, og at alene Nærheden af meget høie Bjerge bevirker en lille Afvigelse herfra.

2) **Den godtgjør ogsaa fuldkommen den Paastand, at Tyngden under Ækvator er ringere end henad mod begge Polerne, og at den aftager med Fjærnelsen fra Jorden.** Hvo, som ret vil forstaae, paa hvad Maade dette kan skee, han lægge især Mærke til to Ting: For det Første, at Pendulens Svingninger ere Virkninger af Tyngdekraften, og for det Andet, at dens større eller ringere Hurtighed alene afhænger af den nævnte Kraft. Men nu svinger Pendulen virkelig paa høie Bjerge og under Ækvator langsommere end paa Sletterne og i Nærheden af Polerne. Efter denne Oplysning indseer vist Enhver, at en Pendul, som hos os nøie slaaer Sekunder, maa forkortes noget paa høie Bjerge og under Ækvator, men derimod maa forlænges noget i ret dybt liggende Sletter og i Nærheden af Polerne.*) I vore Egne er Længden af den enkelte Pendul temmelig nøie 38 danske Tommer eller $3\frac{1}{4}$ Fod.

Forsøg med Hensyn til **Hurtigheden af Pendulens Svingninger** i forskjællige Høider ere blandt andre anstillede af Bouguer og Condamine, hvorved de fandt, at een og samme Pendul, som i 24 Timer Stjernetid ved Amazonfloden's Bredder gjorde 98,770 Svingninger; i Ovito (8,796 par. Fod over Havets Overflade) gjorde 98,740, paa Bjerget Pechincha (14,604 par. F. over Havets Overflade) gjorde 98,720 Svingninger; hvorimod en Sekundpendul i Ovito var $438,_{29}$ par. Linier, samt paa Pechincha $438_{,69}$ par. Lin.; iligemaade fandt Bjot Sekundpendulens Længde i Paris (48^0 50′ nordlig Brede) $= 440,_6$ par. L., Maher Sekundpendulens Længde i Cola (68^0 57′ n. B.) $= 441,_{31}$ par. L.; Sabine Sekundpendulens Længde paa Melvilleøen (74^0 57′ n. B.) $= 441,_{936}$ par. L.

Da man hidtil ikke har været istand til at opdage mindste Forandring hverken i Tyngdekraftens Størrelse eller Retning, og man tillige paa det Nøieste formaaer at bestemme Sekundpendulens sande Længde for et hvilketsomhelst Sted paa Jorden, saa blev dette lige simple og nyttige Instrument allerede af Ole Rømer, Astronom og Borgemester i Kjøbenhavn, foreslaaet

---

*) Da den franske Astronom Richer i Aaret 1682 opstillede sit Penduluhr i Cayenne, som kun ligger 5 Mile nordlig for Ækvator, fandt han, at det i 24 Timer gik $3\frac{1}{2}$ Minutter for sagte, og at han, for at hæve denne Feil, maatte forkorte sin Pendul $\frac{1}{4}$ Linie. Da han atter var vendt tilbage til Paris, saae han sig nødt til atter at forlænge den igjen det angivne Stykke, eftersom hans Uhr paa een Dag ilede 148 Sekunder forud. Newton havde saaledes med Ret bestridt Galilæi's Mening: at Pendulen maatte paa alle Steder af Jorden oscillere lige hurtig.

til Grundbestemmelse for Maal og Vægt; og disse bleve ved de tvende Forordninger af 1 Mai 1683 og 10 Januar 1698, saaledes fastsatte, at den danske Fod skal være den $\frac{1}{3}\frac{3}{9}$ Deel af en Penduls Længde, som under 45 Graders nordlig Brede ved Havets Overflade, svinger Sekunder (Middeltid), eller en saadan Pendul skal udgjøre Længden af 38, tolv-delelige Tommer. Om Vægten have vi forhen talt.

Efter ovenanførte Bestemmelse bliver saaledes den danske Fod 144 danske Linier, lig $139{,}_{085}$ par. Linier, sammenlignet ved 13 Graders Varme med den Toise, eller 6 par. Fod lange Stav, som anvendtes ved Grademaalingen i Peru, der er antaget at være Provemaalet for det franske Maal og egentlig er det for hele Verdens. Da imidlertid den rhinlandske eller preussiske Fod ifølge de af Bessel anstillede Pendulobservationer, som ere de bedste, der haves, udgjør $139{,}_{13}$ par. L., og saaledes omtrent er $\frac{1}{2000}$ større end den oprindelige danske Fod, saa har den danske Regering, uden derfor at have haft nødig at afvige fra Princippet, ifølge Konferentsraad Schumachers Forslag, tiltraadt den sidst anførte Bestemmelse, hvorved der er fremkommet en fuldkommen Overeensstemmelse mellem den danske og og preussiske Fod. Den danske Fod er ligesom den preussiske lig $139{,}_{13}$ par. L. (See Astronomiens Hovedlærdomme ɔc. af C. A. v. Schumacher. (Frølund et Flinchs Forlag) Pag. 53 og 54.)

3) **Den gjør os tillige paa den meest tilfredsstillende Maade bekjendte med den Vei, som et frit faldende Legeme tilbagelægger i det første Sekund.** Ved forstjællige Slutninger, som jeg her forbigaaer, fordi de ere for svære for Oder, lader det sig nemlig slaaende godtgjøre, at vi kun behøve at multiplicere Sekundpendulens Længde altsaa 38 Tommer med 4,9348... for at lære at kjende Høiden af Faldet i det første Sekund. Ere endvidere, hvorpaa vi ikke ifølge vore Erfaringer tør tvivle, Længden af den enkelte Pendul og Faldhøiden paa det samme Sted, uforanderlige Storrelser, saa ligger det jo klart for Dagen, at der mellem begge finder et neie bestemt Forhold Sted, som ingen Forandring er underkastet.

4) **Den afgiver et fortræffeligt Middel til at give Uhrene een Gang.** Ingen Nytte af Pendulen er mere bekjendt end denne; ingen mere almindelig, omendog maaskee større, end denne er. Ved denne Leilighed kan jeg ikke forbigaae at nævne den høit berømte Mand, som først kom paa den lykkelige Tanke, at fætte Pendulen i Forbindelse med Uhrene. **Huygbens** eller **Hugenius** er hans Navn og Holland hans Fædreland; Opfindelsen selv falder i Midten af det 17de Aarhundrede. For Hygenius havde man foruden Soluhre, som endnu bruges, kun Sand- og Vanduhre, der, fordi de vare altfor ufuldkomne, neppe kunde gjøre Fordring paa Navn af Uhre. Fradraget den Indflydelse, som Temperaturen, der ofte forandrer sig, udøver, og Luftens Modstand, der iøvrigt meget forringes ved det nedre Legemes lindseformige Figur, gives der neesten Intet, som ved Pendulens Anvendelse foranlediger vore Uhres uriqtige Gang. (Tænker med Henjyn til Temperaturen tilbage paa Nisi- eller Compensations-Pendulen). Til hvilken beundringsværdig Fuldkommenhed Konstnerne have bragt det i Uhrenes Forfærdigelse, viser os blandt andet Pendulubret, som befinder sig paa Observatoriet i Altona; det afviger nemlig, efter en fleeraarig der anstillet Jagttagelse, kun **eet** Sekund daglig.

Pendulen vilde som eneståaende ikke være nogen tilstrækkelig varig Tids-

maaler; thi Luftens Modstand og Rivningen vilde efterhaanden ophæve Pendulens Bevægelse. Den Tid efter anden tabte Svingningskraft maa søges erstattet, og dette har man opnaaet derved, at man har sat Pendulen i Forbindelse med en af flere Hjul sammensat Maskine, som sættes i Bevægelse ved Fjedre eller Lodder. Et tandet Hjul i denne Maskine staaer i en saadan Forbindelse med Pendulen, at det under sin Omdreining griber med een Tand efter den anden ind i en Indretning, som er forbunden med Pendulen, men dog saaledes, at det kun kan gribe een Gang ind deri for hver Pendulsvingning. Dette i Pendulen indgribende Hjul er igjen sat i Forbindelse med andre Hjul i Maskinen; med et af disse Hjul er nu en Viser forbunden, som altsaa nøiagtig angiver Tidsmomenterne, idet den gjennemløber en Kreds i et vist Tidsrum. Dette er korteligen Hovedindretningen af Pendulubrene.

Dersom jeg ikke maatte frygte for at omtale saadanne Ting, som ei høre hjemme i en Bog af den Slags som denne, saa vilde jeg tilsidst endnu vise Eder, hvorledes Pendulen og kan anvendes i **Musikken** som **Taktmæller**. Idet jeg imidlertid ei her oplyser dette, opfordrer jeg Eder indstændig til af større Værker at skaffe Eder en fuldstændigere Belæring om Pendulen, der ustridigen er et af Physikernes vigtigste Instrumenter.

§ 7.

Om Legemernes Bevægelse ved Stød.

Uagtet jeg næsten med Vished kan forudsætte, at I forlængst have lært at kjende Forsøg af den Slags, som jeg først vil anstille idag, saa tør jeg ikke vel forbigaae dem, især for Fuldstændighedens Skyld.

Her ligger en Kugle endnu rolig paa Midten af Bordet, men om den ogsaa vil vedblive at være i den betegnede Tilstand, naar jeg slaaer en anden imod den, lærer mit første Experiment Eder. Jeg sætter endvidere to andre Kugler i Bevægelse til samme Tid, og det saaledes, at de løbe mod hinanden og tilsidst gjensidig berøre hinanden. Resultaterne af dette Forsøg er endelig altfor simpelt, til at jeg her først skulde sammenfatte det i Ord; jeg meddeler Eder derfor strax de Belæringer, som slutte sig til dem og nødvendig maae følge af dem.

1) **Træffe to Legemer saaledes paa hinanden, at det ene ikke kan fortsætte sin Bevægelse uden at fortrænge det andet af sit Sted, saa frembringe de, i det Øieblik de stode sammen, et Stød.**

2) **De Phænomener, som blive fremkaldte ved Stødet, ere meget forskjellige, og afhænge ikke mindre af de bevægende Legemers Retning, end af Massen, Figuren, Elasticiteten, Hurtigheden, Reaktionskraften osv.** Men idet jeg paa den ene Side er benyttet til kun at behandle det Vigtigere, og paa den anden Side er nødt til at undgaae enhver Vanskelighed saa meget som muligt, tør jeg her ved mine Undersøgelser over Stødet kun omtale Legemernes Retning, Masse og Elasticitet.

3) **Stødet er enten centralt eller excentrisk, lige eller skjævt. Centralt** hedder det, naar Legemerne ikke blot bevæge sig, men ogsaa fuldføre deres Stød i den lige Linie, som vi kunne tænke os dragen gjennem begge deres Tyngdepunkter (Massens Midtpunkt); — **lige**, naar

deres Flader, der hvor de træffe hinanden, ere lodrette paa Retningslinien. Hvo siger mig nu, hvorledes det forholder sig med et excentrisk og et skjævt Stød.

4) **Alle de Værktøi, hvoraf vi betjene os til at anskueliggjøre Lovene for Legemernes Sammenstød enten for os selv eller Andre, føre Navn af Slag- eller Perkussions-Redskaber.** Til deres nødvendige Dele høre to (der kunne og være flere) Penduler og en Hurtigheds Skala. De Første ab og cd (Fig. 19) bestå af to lige Længde, og hænge saaledes ved Siden af hinanden, at b og d, d. v. s. deres Tyngden fortrinsviis underkastede Legemer, kun svagt berøre hinanden. Den sidste er enten betegnet paa en lige Stang ef, eller paa to Buer, som ere beskrevne fra a og c. Her see I et saadant Instrument. Til hvilket Punkt jeg endog tør den ene af begge Pendulerne og (lad det nu f. Ex. være til g) stedse angiver et Tal os der, hvilken Hurtighed Pendulen vil erholde i det underste Punkt af sin Bane, samt tillige i det Øieblik, da den støder an mod den anden Pendul. Mere behøves vel ikke for at overtyde Eder om, hvorledes vi ved et saadant Instrument let kunne iagttage ethvert Phænomen ved Stødet, og hurtigt bedømme det.

Fig. 19.



a. Det lige Stød.

a. Det lige Stød ved uelastiske Legemer.

Da der efter al Sandsynlighed ingen fuldkommen uelastiske eller uspændige Legemer gives i Naturen, hvilket I alt have lært at kjende af min tidligere Undervisning, saa er det mig ogsaa nu saameget desto mindre forundt at foretage vet benfigtsmæssige Experimenter for Eder. Hører derfor nu med største Opmærksomhed paa mine Ord!

Hvad der maa skee i det Øieblik, da to fuldkommen lige uelastiske Legemer med lige Hurtighed støde paa hinanden, kan ikke være ubekjendt for Nogen, som veed, at Virkning og Modvirkning, skjøndt hinanden lige, ere hinanden modsatte. Aabenbart tilintetgjøre de gjensidigen hinandens Hurtighed og vende selv pludselig tilbage i Roligheds Tilstand. Men hvor ganske anderledes er Phænomenet, naar Kuglerne træffe hinanden med forskjællig Hurtigheder, om endog de øvrige Omstændigheder ere lige! I dette Tilfælde gaae de nemlig begge, naar de have gjort deres lige Stød, videre frem i den Kugles Retning, som er fremrullet med størst Hurtighed. Det samme er Tilfældet med to saadanne Kugler, der vel have samme Hurtighed, men hvis Masse er forskjællig. Overveier endnu tilsidst, om det vel skulde være muligt, at ogsaa Kugler af ulige Masser og ulige Hurtigheder skulde kunne gjensidigen ophæve hinandes Bevægelser i Sammenstødets Moment. (At I herved maae gaae ud fra et Exempel, behøver jeg ikke først at sige Eder; meget kjært vilde det ovrigt være mig, om I først vilde forestille Eder to saadanne Kugler, hvis Masser forholde sig som 2 til 1, men hvis Hurtigheder derimod forholde sig som 1 til 2.)! Kun Betragtninger af dette og lignende Slags, forbundne med nogle omendskjøndt her meget mangelfulde Experimenter, have allerede forlængst ført til Oppdagelse af følgende Lov:

To uelastiske Legemer, som i modsatte Retninger træffe

paa hinanden, ophæve i Øieblikket af det lige Anstød gjensidigen hinandens Bevægelser, naar deres Masser ere omvendt proportionale med Hurtighederne, eller med andre Ord: **naar det mindre Legemes Hurtighed er nøie ligesaa mange Gange større end det Større Hurtighed, som dettes Masse er større end hiint Legemes.** Hvad domme I nu vel om Størrelsen af 4 Kuglers, a, b, c og d, Bevægelser; naar nemlig a veier 16 Pd., b 8 Pd., c 4 Pd. og d 2 Pd., og naar endvidere den første Kugle i eet Sekund gjennemløber 1 Fod, den anden 2 Fod, den tredie 4 Fod og den fjerde 8 Fod? Lægger herved vel Mærke til, at Produkterne 16 . 1, 8 . 2, 4 . 4 og 2 . 8, til hvilke I komme ved Eders Undersøgelser alle ligne hinanden, og betegne Bevægelsernes Størrelse, eller, som vi sædvanlig pleie at sige, deres Qvantitet!

For at gjøre Eder bekjendte med endnu **een** herhen hørende Lov, opfordrer jeg Eder til ret at betænke, at ved Sammenstødet af uelastiske Legemer paa den ene Side ingen ny Kraft kommer i Virksomhed, og paa den anden Side, at den ene af begge Kuglerne, som tilsidst danner det lige Stød, først enten følger efter den anden eller løber den imøde. Hiint Tilfælde er aabenbart det letteste at fatte; med det ville vi derfor først beskjæftige os.

Lad af de to Kugler, som stulle danne Stødet, den forangaaende hedde a, den efterfølgende b; lad hiin endvidere veie 7 Pd., og lad den blot hvert Sekund tilbagelægge en Vei af 2 Fod; lad denne derimod kun være 3 Pd. fvær, men lad den derimod i samme Tid vandre 12 Fod fremad paa sin Bane. For Sammenstødet er saaledes Størrelsen af Bevægelsen hos Kuglen a $= 7 . 2 = 14$; hos Kuglen b $= 3 . 12 = 36$; hos a og b tilsammen $14 + 36 = 50$. Der spørges nu: Hvorledes staaer det sig med Bevægelsens Størrelse, efterat den mindre Kugle b har naaet den større a, eller har stødt sammen med den? Da Masserne af Kuglerne a og b forholde sig til hinanden som 7 til 3, saa maa b tabe 7 Fod af Hurtigheden, medens a vinder 3 Fod, og enhver af Kuglerne rulle frem efter hinanden med en Hurtighed, som vi ifølge vor Antagelse kunne betegne med 5. Bevægelsernes Qvantitet er følgelig efter Stødet hos $a = 7 . 5 = 35$; hos $b = 3 . 5 = 15$ og hos a og b tilsammen $= 35 + 15 = 50$. I kunne nu ikke længere betvivle Sandheden af Sætningen:

Summen af Bevægelserne er, naar Legemerne følge efter hinanden, den samme før og efter Sammenstødet.

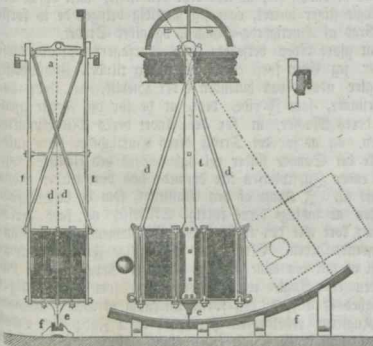
Lader os nu endvidere undersøge, hvorledes begge Kuglerne forholde sig efter Sammenstødet, naar deres oprindelige Bevægelser ere hinanden modsatte! At under saadanne Omstændigheder, den Kugle, som ankommen med ringest Kraft, altsaa a i vort forrige Exempel, ikke kan komme videre fremad paa sin Bane, er Eder vist ligesaa indlysende, som at den af den anden Kugle bliver nødt til strax at tiltræde Tilbageveien. Men hvorledes finde vi nu vel Størrelsen af deres følgende Hurtighed? Dog vel derved, at vi først søge at bestemme, hvilken Kraft, der hører til for at bringe dem i Stilstand, og at vi for det Andet fordele Resten af Hurtigheden ved Kuglen b saaledes paa begge Kuglerne, at de efter Stødet rulle hen med lige Hurtighed. Gjører da nu dette, og spørger derpaa Eder selv, om vel ogsaa følgende Sætning er rigtig:

Forskjællen mellem begge Bevægelsesqvantiteterne for Sammenstødet er lig Summen af Bevægelsesqvantiteterne efter Sammenstødet, naar Legemerne træffe paa hinanden i modsat Retning.

Af alt det, jeg hidtil har forklaret Eder, fremgaaer klarligen, at f. Ex. en udskudt Flintekugle maa meddele selv den haardeste Klippe en Bevægelse. Men Hurtigheden heraf falde meget ringe ud. Tænker Eder en Steenblok af 500 Pd.s Tyngde, endvidere en Flintekugle, som kun veier $\frac{1}{10}$ af et Pd. at komme med en Hurtigbed af 1000 Fod i Sekundet! Under saadanne Omstændigheder vilde den fælleds Hurtigbed efter Stødet kun være 1 Tomme i Sekundet. Men nu blive vi ikke engang denne yderst ringe Bevægelse vaer ved Steenblokken. Hvorledes gaaer det til? Den meddeler sig lidt efter lidt til alle Nabolegemer, ja omsider til hele Jordmassen, og forsvinder saaledes ganske for vor Anskuelsesevne. — Hvor en Bevægelse skal vorde ophævet, behoves stedse en anden Bevægelse. En vis Modstand kan vel fordele den stedse, men ingensinde ganske forstyrre eller udslette den i et Nu.

Til Slutning maa jeg endnu gjøre Eder bekjendte med et Apparat,, der, omendskjøndt det ellers ikke har særdeles Vigtighed for os, lærer os tydeligt, hvorledes man kan opnaae nøie Kundskab om store Hurtigheder. Det fører Navn af den **ballistiske** Pendul. Dens vigtigste Dele ere: 1) En Jernaxe a (Fig. 20), 2) To lige, t, og fire stræaae Stænger, d,

Fig. 20.



3) en Træblok af betydelig Vægt, som er beslaaet med Jern, og ved 6 Stænger ophængt paa bin Axe; 4) En Spids, e, som gjennemløber den kredsformige Rille eller Rende f, og tegner sine Spor i blødt Vox; endelig 5) En Kugle, som skal meddele sin Hurtighed til den betegnede høist betydelige Masse. Pendulen er sædvanlig 10 til 12 Fod lang, og 1500 til 2000 Pd. tung. Sæt nu, at Pendulen var bleven truffen af en Kugle i Retningen af Tyngdepunktet; da behøvede vi blot for at lære at kjende Hurtigheden deraf, i det Moment, da Sammenstødet skete, at sammenligne den Kraft, som fremdrev Pendulen, med Længden af det Spor, som den efterlod i Renden. Beregner ogsaa her et Exempel fuldstændig, for at min Fremstilling kan blive Eder klarere!

a. Det lige Stød hos elastiske Legemer.

Idet jeg ved, at hensigtsmæssige Experimenter særdeles meget begunstiger Udfaldet af den physiske Undervisning, glæder jeg mig ikke lidet ved endelig at kunne gribe til mit Perkussions-Instrument, og ved deraf at kunne fremtrylle mange skjønne Phænomener.

Dette er forsynet med to lige store Kugler af Elphenbeen. Jeg bringer nu f.Ex. den ene Kugle paa den tyvende Grad af Hurtigheds-Skalaen og lader den derpaa slaae paa den anden. Hvor mærkværdig! I det gjensidige Sammenstøds Øieblik forbliver hiin Kugle i Vertikallinien af sit Ophængningspunkt; denne derimod, som hidtil har befundet sig i fuldkommen Ro, svinger hen i modsat Retning og opnaaer der næsten ganske noie den tyvende Grad. Jeg lader endvidere begge Kuglerne træffe paa hinanden, først fra lige, dernæst fra forskjællige Høider. Forudsat, at I atter troligen have givet Agt, kan det ikke være undgaaet Eder, at de i dette Tilfælde have forbyttet deres Hurtigheder, og i hiint atter naae op til de Høider, hvorfra de vare nedfaldne. Endnu mere interessante end med 2 ere Experimenterne med 3, 4, 5 og flere Kugler. For at vise Eder dette, tager jeg samtlige Elphenbeenskugler, som staae mig til Tjeneste (lad det være 6) og hænger dem paa mit Instrument, saaledes ved Siden af hverandre, at de gjensidig netop kun svagt berøre hinanden. Nu bæver jeg den første Kugle op og lader den slaae mod den anden. Var det nu ikke ret besynderligt, at hiin midterste Kugle efter Stødet forblev i Ro, og at kun den Sidste flei iveiret med selvsamme Hurtighed, som jeg havde meddeelt den første? Endelig skulle vi endnu see, at ikke blot den sidste, men ogsaa den nærmest hængende Kugle stiger iveiret, naar jeg samtidig bringer de to første Kugler paa samme Grad af Hurtigheds-Skalaen, og giver Stødet.

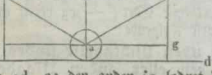
For nu ogsaa at gjøre Eder bekjendte med Aarsagerne til alle disse Phænomener, henviser jeg Eder først endnu **eengang** til den Indflydelse, som to uelastiske Kugler udøve paa hinanden i det Øieblik, de støde paa hinanden. Denne bestaaer, som I vide, deri, at de for det Første gjensidigen sammentrykke deres Masser, at for det Andet deres Middelpunkter rykke nærmere sammen, og at for det Tredie deres Hurtigheder blive fuldkommen lige. Ganske det Samme finder vel ogsaa Sted ved elastiske Kugler; men ved disse ender Indflydelsen ikke dermed; hos dem træder endnu ligesom en anden Deel til. I Kraft af den Elasticitet, som de besidde, søge vore Kugler atter igjen at indtage deres forrige Skikkelse, og fare derfor endeligen fra hinanden; kort alle den første Deels Phænomener vende i anden Deel tilbage i omvendt Orden. Efter denne almindelige Forklaring kommer jeg nu tilbage til at tale om mine tidligere anstillede Experimenter. Lader os antage, at den ene Kugle træffer den anden, som befinder sig i Hvile, med en Hurtighed af 4 Fod; den første Virkning af Stødet bestaaer da deri, at begge Kuglerne erholde en Hurtighed af 2 Fod; den anden Virkning deri, at den anstødende Kugle selv endnu afgiver disse to Fods Hurtighed til den, som oprindelig var i Hvile. I Virkeligheden ombytte Kuglerne saaledes deres Tilstand. Ved mit andet Experiment kommer Kuglen a f.Ex. med en Hurtighed af 6 Fod, men den anden b med en Hurtighed af 8 Fod. Afseet fra deres elastiske Kraft, erholder hiin Kugle, naar de træffe hinanden, een Fods Hurtighed mere, denne een Fod mindre. Med Hensyn herpaa, maa Gevinsten hos a og Tabet hos b desuden forhøie sig med een Fods Hurtighed, (Hvormange Fods Hurtighed har altsaa a

og b efter Stødet, og hvormange Fods Hurtighed besadde de forud?) Mærker altfaa: **Denne Ombytning af Hurtighederne indtræder ved alle fuldkommen lige Kugler.** Hænge 4, 5 eller 6 fuldkommen lige Kugler paa Perkussions-Instrumentet og lade vi blot den første slaae paa de øvrige, saa giver denne i Stødets Øieblik sin Hurtighed til den anden, den anden til den tredie, den tredie til den fjerde osv. og den sidste, der ligesom ikke kan afgive sin modtagne Gave til nogen Nabo, hæver sig til den modsatte Side. Forholdet mellem begge de første Kugler gjentager sig derfor nøiagtigen ved hver to efterfølgende.

Efter saamange oplysende Ord vide I bestemt ogsaa uden min Hjælp, hvorledes I skulle betragte Phænomenet ved mit sidste Experiment. Dersom iøvrigt Udfaldet ikke nøie stemmer overeens med vore Forventninger og Beregninger, saa er deels Luftens Modstand Skyld deri, deels dette, at det mangler os paa fuldkommen uelastiske Legemer. Hvo siger mig nu, hvad der efter Stødet vil skee med et fast elastisk Legeme, der træffer lodret og central mod en Klippe eller Steenblok?

b. Det skjæve Stød.

Der fattes os ikke paa Leilighed til paa en anskuelig Maade at lære at kjende Virkningerne af det skjæve Stød; thi enhver Billardstue, hvor en ivet Spiller beskjæftiger sig, viser os gjentagende hen dertil. Desværre fremkomme ved dette Stød kun altfor ofte ubehagelige Tilfælde. Hvad iøvrigt stedse først kunne bemærke paa et Billardbord, er det mærkværdige Phænomen, at samtlige elastiske Kugler stedse springe bort under en Vinkel, der er neie ligestor med den, under hvilken andre have truffen dem. Dette Phænomen er ufravigt det mærkeligste, og ogsaa kun dette vil jeg nu søge at forklare Eder. Betragter imidlertid med Opmærksomhed den hosfølgende Figur (Fig. 21). — Den lille Kreds a forestiller en elastisk Kugle, cd en Fig. 21.

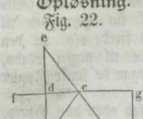


Væg af samme Beskaffenhed; ba endelig den Vei, som Kuglen forfølger lige til Væggen. Deler jeg nu Linien ba, som maa afgive mig et Billede af Stødets Styrke, i 2 Kræfter, af hvilke den ene la er parallel med Væggen cd, og den anden ia lodret derpaa. (Erindrer Eder ogsaa herved alt det, som jeg har meddeelt Eder over den sammensatte jævne Bevægelse), saa er det klart, at Kuglen a efter Stødet kun kan indslaae Retningen ah. Træf nemlig Kuglen a i Retningen ia paa den elastiske Væg ad, saa maatte den, som ved andre lige Stød, ogsaa atter tilbage i samme Retning; — kom den endvidere fremrullende ligelobende med cd, saa forblev den, eftersom her ingen Hindring traadte den iveien, uafbrudt paa den eengang indslaaede Bane. Vide I nu efter hvilke Retninger de Kræfter virke, som efter Stødet komme i Virksomhed? dog vel kun i Retningen ia og ga. Mere behøves her ikke for at overtyde Eder om, at Kuglen a, efterat den har truffet den elastiske Væg maa rulle ben i Retningen ah. Sammenligner nu til Slutning Vinkelen bai og hai med hverandre! hiin, som dannes af Indfaldsretningen ba og Loddet ia hedder **Indfaldsvinklen**; denne, som er opstaaet af Tilbagekastningsretningen og Loddet ia, hedder **Tilbagekastningsvinklen.** Uden at vi have ført noget mathematisk Bevis, ville vi nu indsee, at begge Vinkler ere af lige Størrelse.

Opgave At finde det Punkt, som en Kugle nødvendig maa berøre i en fast Væg, dersom den efter sin Anprellen skal træffe et andet bestemt Punkt.

Opløsning. Sæt at Kuglen a (Fig. 22) skulde modtaget et saadant Stød af os, at den efterat den var tilbagekastet fra den første Væg f.Ex. slog imod Punktet b; vi behøve da blot 1) at forlænge den lodrette Linie ad saaledes, at de=ad og 2) at forbinde Punkterne e og b ved en ret Linie eb; Gjennemsnitspunktet c er det søgte Punkt.

Fig. 22.



Bevis. Trekanterne adc og edc ere saaledes beskaffne, at de gjensidigen dække hinanden, naar de lægges paa hverandre, men heraf følger endvidere, at de to Vinkler acd og ecd ere lige store. Da endelig ecd og bcg ere lige store, saa maa ogsaa aabenbar baade Indfaldsvinklen og Tilbagekastningsvinklen være lige store.

§ 7.

Legemernes Tyngdepunkt.

Tager jeg en Linial og fører den paa Fladen frem og tilbage over min Finger, saa vil jeg omsider kunne finde et Sted, paa hvilket den svæver fuldkommen horizontal, eller som jeg i Fremtiden vil udtrykke mig, holder sig i Ligevægt. Det Samme kan jeg gjøre med en kredsrund Skive. Endelig kan jeg maaskee ogsaa faae min Spadserestok til at balancere, naar jeg sætter den ene Ende paa Enden af min Finger. Folk, som have Øvelse heri, foretage mange slige tildeels beundringsværdige Ballanceerkunster med allehaande Ting, baade paa Fingrene, Næsen og andre Steder, hvilket I formodentlig Alle selv have seet. Men at det iøvrigt ofte er meget besværligt, ikke blot at bringe et Legeme i en saadan Stilling, men ogsaa at holde det deri, derom kunne I let overbevise Eder; — og hertil opfordrer jeg Eder. Mærker Eder imidlertid først Følgende!

1) **I ethvert fast Legeme uden Undtagelse findes der et Punkt, der understøttet paa een eller anden Maade, sikrer det for Fald, eller holder det i Ligevægt. Dette Punkt hedder Tyngdens Middelpunkt eller Legemets Tyngdepunkt.** I dette kunne vi forestille os den samlede Vægt af alle et Legemes Molekuler forenet.

2) **Vogter Eder for at forveksle Tyngdens Middelpunkt med Størrelsens Middelpunkt!** Kun ved saadanne Legemer, som have samme Tæthed overalt, falde begge Punkter sammen. Ved alle de øvrige derimod, f. Ex. ved Orer med Træskaft, ved sædvanlige Knive og Gafler osv. er Tyngdens Middelpunkt stedse rykket nærmere den tættere Deel.

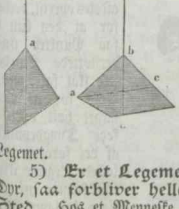
3) **Tyngdepunktet ligger ikke stedse i Legemet selv, men undertiden ogsaa i det Rum, som det omslutter.** Det Sidste er ligefrem Tilfældet med Ringe, sædvanlige Tøndebaand, gjennemborede Cylindre osv. For at kunne understøtte Legemer af dette Slags, maae vi først træffe visse Forberedelser. Hvori maae disse vel bestaae ved Ringe

eller Baand? Vistnok deri, at vi drage en Traad som Diameter og befæste endnu en anden nøie i dens Midte.

4) **Forudsat at Tætheden er den samme paa alle Punkter, lader Tyngdepunktet sig finde ved Beregning ved saadanne Legemer, som tillade en mathematisk Bestemmelse.** Ved Kuglen f.Ex. ligger det i Midtpunktet; ved Cylinderen og det lodrette Prisma paa Midten af Aren; ved Keglen ogsaa i Aren, dog saaledes, at det er ¾ borte fra Spidsen og kun ¼ fra Grundfladen osv. Men hvorledes bestemme vi Tyngdepunktet ved fuldkommen uregelmæssige Legemer. En særdeles simpel Methode er følgende:

Man ophænger dem ved et Punkt a (Fig. 23 og 24) og markerer de Steder, hvor Traaden, som de bæres af, træder ud af dem, nemlig c. Tyngdepunktet ligger aabenbart i Linien ac. Herpaa bringer man Traaden hen paa et andet Sted f. Ex. i b, spænder den, som forhen og betegner Retningen bd; da nu Tyngdepunktet ogsaa befinder sig i denne Linie, saa kan det naturlig ikke være noget andet Punkt, end det, i hvilket Linierne ac og bd skjære hinanden. Desværre stiller der sig kun altfor ofte næsten uovervindelige Hindringer ivejen for de vertikale Traades Forlængelse gjennem det Indre af Legemet.

Fig. 23 og 24.



5) **Er et Legemes Figur foranderlig,** som hos Mennesker og Dyr, **saa forbliver heller ikke Tyngdepunktet paa et og samme Sted.** Hos et Menneske, der er feilfrit dannet, staaer opret og lader begge Hænder hænge ned, ligger det omtrent midt imellem begge Hofteknoglerne og i den Linie, som derfra draget lodret træffer Jordens Overflade mellem Benene.

6) **Lette og korte Legemer ere vanskeligere at bringe i Balance end svære og lange: lette** fordi Tyngdepunktets Sted ikke godt bemærkes hos dem; **korte,** fordi deres Tyngdepunkt, naar de begynde at falde, beskrive en Bue af alt for kort Halvdiameter, og derfor kun indrømmer en altfor kort Tid til at underskyde en Basis og forebygge Omslaget. Neppe vil f. Ex. vel Nogen være istand til at balancere med en Knappenaal.

7) **Ting, der,** som Borde, Bænke, Stole osv., **ere forsynede med 3 eller flere Fødder, lære os endelig at kjende, at vi, for at forebygge Legemernes Fald, kunne anbringe Understøtningen ogsaa paa saadanne Steder, som omgive Tyngdepunktet; kun maae disse stedse vælges saaledes, at Linien, som træffer Tyngdepunktet, og tillige staaer lodret paa Jordens Overflade, falder imellem dem.** Da jeg har besluttet i saa Ord at angive Eder de vigtigste Phænomener, som alene beroe paa Tyngdepunktets Beliggenhed i ethvert Tilfælde, saa opfordrer jeg Eder til ved Leilighed at gjøre de Forsøg, som hænge sammen med dem, d. v. s. for Eder selv at iagttage ethvert Phænomen.

Hvo, som sidder lænet tilbage paa en Stol kan ikke staae op uden at boie sig forover; han maa meget mere først have bragt sit Tyngdepunkt ud

over Fødderne. Ligeledes er den, som staaer aldeles ret op og ned, hvis Krop altsaa hverken er bøiet til den ene eller anden Side, ligesom bundet til Stedet. Bærer han endvidere en Byrde paa sin Ryg, saa bøier han sig altid forover, forat Retningslinien af Byrden kan komme nærmere sammen med Kroppens. Det samme gjør han ogsaa ubelæsset, naar han bestiger en Bakke. Vilde han under de betegnede Omstændigheder holde Kroppen lige iveiret, saa vilde Retningslinien rykke udover Hælen, altsaa over Grundfladen, og han vilde selv falde bagover. Hvor ganske anderledes er ikke en Mands Stilling, som bærer sin Last, f. Ex. en Vandkande, fuld af Vand, i den ene Haand; han bøier stedse sin Overkrop, saaledes som I her see paa Billedet (Fig. 25) hen mod den modsatte Side. Ligesaa naturlig er den anden Mand (Fig. 26) med sin Nygbyrde tegnet.

Fig. 25



Fig. 26.



Mennesker, som bære deres Byrde paa Hovedet, gaae aldeles opreist, deels for at den kun i faa Punkter understøttede Byrde ikke skal falde ned, deels for at det meget høit oprykkede Tyngdepunkt af det forøven belastede Legeme ikke skal komme til at ligge forlangt forover; de sørge for at gjøre deres Bevægelser saa meget som muligt regelmæssige, for at ikke Byrden skal spadsere bort over Hovedet. Den Forholdsregel at vi blive roligt siddende paa en Vogn, som truer med at vælte, og altsaa ikke staae op, mindst mod den heldende Side, forklares ligeledes af Tyngdepunktets Beliggenhed; thi dette rykker, saasnart vi reise os, høiere, og forstørrer derved den Kraft, som virker til Vognens Væltning. Paa Beliggenheden af Tyngdepunktet beroe ogsaa de saakaldte Troldmænd, som ere gjorte af Hyldemarv, have høist forskjellige Dannelser, men ere i den ene Ende forsynede med et større eller mindre Stykke Bly, som gjør at denne Ende, hvorledes man end vender Figuren, altid vender nedad. Net interessante ere endvidere ogsaa følgende herhen hørende Legetøi, nemlig: **den chinesiske Trappeløber; en Cylinders Opadrullen ad skraae Flader; den, som det synes, ogsaa opad rullende Dobbeltkegle, som befinder sig mellem to skjæve Flader; Manden med Saugen; Cardanusses Lampe; to Gaflers Balanceren, som sidde i et Stykke Træ** o. dl. Den Første er en lille mandlig Figur i chinesisk Dragt, som stillet øverst oppe paa en for ham bygget Trappe, staaer Kolbøtter fra et Trin til et andet. Beliggenheden af Tyngdepunktet forandrer sig hos ham ved Øvægsølv, som i hans udhulede Legeme flyder fra en Deel til en anden. Hos en Cylinder, som ruller opad en skjæv Flade, ligger Tyngdepunktet ikke, som sædvanlig, i Midten, men i Randen. Her er nemlig anbragt noget Bly; naar derfor Cylinderen bliver sat paa en passende Flade,

saaledes at Blyet vender imod den øverste Halvdeel af den, saa maa den nødvendig bevæge sig hen mod denne Side, fordi Vertikallinien, formedelst Tyngdepunktet træffer ovenfor Beroringspunktet. Iøvrigt ruller den stedse kun frem til det Sted, hvor dens Tyngdepunkt kommer i Berørelse med den skraae Plan. En kredsrund Æske, i hvis indre Omfang vi have befæstet en Blykugle, fremkalder et lignende Phænomen, naar den paa lignende Maade er stillet paa hiin Flade. En Dobbeltkegles Opadrullen er kun tilsyneladende. Linedandsere, Ægvilibrister, Beriddere osv. gjøre farlige Konster, som støtte sig paa en nøie Jagttagelse af Tyngdepunktet, og det er i Sandhed ofte beundringsværdigt, hvad de formaae at udføre. Paa udspændte Toug, løbe, springe og hoppe de snart for- snart baglends med samme Sikkerhed, som vi paa den flade Jord, ja spise endog ved et Bord, slaae Kolbøtter o. dl. Aabenbar have de en særdeles fiin Følelse for Beliggenheden af deres Tyngdepunkt; hertil kommer desuden, at de stole saa ubetinget paa deres Færdighed, at de i deres vidunderlige Foretagender ikke føle til nogen Svindel, ja ei engang blive forstyrrede ved nogen Frygt for at falde ned. Kun paa denne Maade bliver det dem muligt, at gaae op og nedad en Line, som i flere hundrede Fods Længde er dragen fra Jorden til et Tagvindue eller et Taarn. Saalænge deres Tyngdepunkt ligger lodret over Linen, hvile de rolig; men saasnart det antager en anden Beliggenhed og vil vykke ud over hiin Grændse, maae de opbyde al deres Færdighed, for at bringe det lodret over Understøttelsen. Udstrækningen af Armen efter den modsatte Side, og endnu bedre en svær Balanceerstang, fører dem sikkrest til Maalet. Besvarer mig til Slutning blot endnu følgende Spørgsmaal: Hvorfor staae de fürstøddede Dyr fastere end Menneskt? Hvorfor kunne Gjæs og Ænder aldrig blive frie for deres vaklende Gang? Hvorledes hænger det sammen med de stjæve Taarne i Pisa og Bologne? — Saamange herhen hørende Phænomener vi end see, stedse komme vi paany til den Sætning: **Et Legeme staaer desto fastere og sikkrere, jo bredere dets Grundflade er, jo større dets Vægt er, jo nærmere dets Tyngdepunkt er Jorden, og jo længere dets Vertikallinie er fjærnet fra Tyngdepunktet eller fra den Kant, hvorom Legemet skal dreie sig.**

§ 9.

Vægtstangen.

1) **Enhver ubøielig Linie, som ikke blot er understøttet paa eet Punkt, men som ogsaa kan dreie sig frit derom, beder en Vægtstang; blant Punkt, som iøvrigt maa være uforykkelig, kaldes Støtte-, Hvile- eller Dreiningspunktet.** (Viser mig saavel denne Linie, som dette Punkt paa vor sædvanlige Vægtstaal!)

2) **Vi adskille ret- og krumlinede, een- og toarmede, mathematiske og physiske Vægtstænger.** Den første Inddeling grunder sig paa dens **Retning**; den anden paa **Stedet for dens Drei- eller Hvilepunkt**; den tredie paa Tyngdens hele **Fraværelse** eller **Tilstedeværen.** Med Hensyn paa den første Inddeling, som er forstaaelig af sig selv, vil jeg blot sige Eder, at der ogsaa gives saadanne Vægtstænger, som bestaae af to lige under en Vinkel sammenstødende Linier og kaldes **Vinkelvægtstangen**; med Hensyn paa den anden, at Støtte- og Drei-

over Fødderne. Ligeledes er den, som staaer aldeles ret op og ned, hvis Krop altsaa hverken er bøiet til den ene eller anden Side, ligesom bundet til Stedet. Bærer han endvidere en Byrde paa sin Ryg, saa bøier han sig altid forover, forat Retningslinien af Byrden kan komme nærmere sammen med Kroppens. Det samme gjør han ogsaa ubelæsset, naar han bestiger en Bakke. Vilde han under de betegnede Omstændigheder holde Kroppen lige iveiret, saa vilde Retningslinien rykke udover Hælen, altsaa over Grundfladen, og han vilde selv falde bagover. Hvor ganske anderledes er ikke en Mands Stilling, som bærer sin Last, f. Ex. en Vandkande, fuld af Vand, i den ene Haand; han bøier stedse sin Overkrop, saaledes som I her see paa Billedet (Fig. 25) hen mod den modsatte Side. Ligesaa naturlig er den anden Mand (Fig. 26) med sin Rygbyrde tegnet.

Fig. 25



Fig. 26.



Mennesker, som bære deres Byrde paa Hovedet, gaae aldeles opreist, deels for at den kun i faa Punkter understøttede Byrde ikke skal falde ned, deels for at det meget høit opryklede Tyngdepunkt af det forøven belastede Legeme ikke skal komme til at ligge forlangt forover; de sørge for at gjøre deres Bevægelser saa meget som muligt regelmæssige, for at ikke Byrden skal spadsere bort over Hovedet. Den Forholdsregel at vi blive roligt siddende paa en Vogn, som truer med at vælte, og altsaa ikke staae op, mindst mod den heldende Side, forklares ligeledes af Tyngdepunktets Beliggenhed; thi dette rykker, saasnart vi reise os, høiere, og forstørrer derved den Kraft, som virker til Vognens Væltning. Paa Beliggenheden af Tyngdepunktet beroe ogsaa de saakaldte Troldmænd, som ere gjorte af Hjeldemarv, have høist forskjellige Dannelser, men ere i den ene Ende forsynede med et større eller mindre Stykke Bly, som gjør at denne Ende, hvorledes man end vender Figuren, altid vender nedad. Ret interessante ere endvidere ogsaa følgende herhen hørende Legetøi, nemlig: **den chinesiske Trappelober; en Cylinders Opadrullen ad skraae Flader; den, som det synes, ogsaa opad rullende Dobbeltkegle, som befinder sig mellem to skjæve Flader; Manden med Saugen; Cardanusses Lampe; to Gaflers Balanceren, som sidde i et Stykke Træ** o. dl. Den Første er en lille mandlig Figur i chinesisk Dragt, som stillet øverst oppe paa en for ham bygget Trappe, slaaer Kolbotter fra et Trin til et andet. Beliggenheden af Tyngdepunktet forandrer sig hos ham ved Øvægsolv, som i hans udhulede Legeme flyder fra en Deel til en anden. Hos en Cylinder, som ruller opad en skjøv Flade, ligger Tyngdepunktet ikke, som sædvanlig, i Midten, men i Nanden. Her er nemlig anbragt noget Bly; naar derfor Cylinderen bliver sat paa en passende Flade,

saaledes at Blyet vender imod den øverste Halvdeel af den, saa maa den nødvendig bevæge sig hen mod denne Side, fordi Vertikallinien, formedelst Tyngdepunktet træffer ovenfor Berøringspunktet. Jøvrigt ruller den stedse kun frem til det Sted, hvor dens Tyngdepunkt kommer i Berørelse med den straae Plan. En kredsrund Æske, i hvis indre Omfang vi have befæstet en Blykugle, fremkalder et lignende Phænomen, naar den paa lignende Maade er stillet paa hiin Flade. En Dobbletkegles Opadrullen er kun tilsyneladende. Linedandsere, Ægvilibrister, Beridere osv. gjøre farlige Konster, som støtte sig paa en nøie Jagttagelse af Tyngdepunktet, og det er i Sandhed ofte bøindringsværdigt, hvad de formaae at udføre. Paa udspændte Toug, løbe, springe og hoppe de snart forsnart baglænds med samme Sikkerhed, som vi paa den flade Jord, ja spise endog ved et Bord, slaae Kolbytter o. dl. Aabenbar have de en særdeles fiin Følelse for Beliggenheden af deres Tyngdepunkt; hertil kommer desuden, at de stole saa ubetinget paa deres Færdighed, at de i deres vidunderlige Foretagender ikke føle til nogen Svindel, ja ei engang blive forstyrrede ved nogen Frygt for at falde ned. Kun paa denne Maade bliver det dem muligt, at gaae op og nedad en Line, som i flere hundrede Fods Længde er dragen fra Jorden til et Tagvindue eller et Taarn. Saalænge deres Tyngdepunkt ligger lodret over Linen, hvile de rolig; men saasnart det antager en anden Beliggenhed og vil rykke ud over hiin Grændse, maae de oyhyde al deres Færdighed, for at bringe det lodret over Understøttelsen. Udstrækningen af Armen efter den modsatte Side, og endnu bedre en svær Balanceerstang, fører dem sikkrest til Maalet. Besvarer mig til Slutning blot endnu følgende Spørgsmaal: Hvorfor staae de firfødede Dyr fastere end Mennesket? Hvorfor kunne Gjæs og Ænder aldrig blive frie for deres vaklende Gang? Hvorledes hænger det sammen med de stjæve Taarne i Pisa og Bologne?

— Saamange herhen hørende Phænomener vi end see, stedse komme vi saamy til den Sætning: **Et Legeme staaer desto fastere og sikkrere, jo bredere dets Grundflade er, jo større dets Vægt er, jo nærmere dets Tyngdepunkt er Jorden, og jo længere dets Vertikallinie er fjærnet fra Tyngdepunktet eller fra den Kant, hvorom Legemet skal dreie sig.**

§ 9.

Vægtstangen.

1) **Enhver ubøielig Linie, som ikke blot er understøttet paa eet Punkt, men som ogsaa kan dreie sig frit derom, bedøer en Vægtstang; hiint Punkt, som iøvrigt maa være uforykkelig, kaldes Støtte-, Hvile- eller Dreiningspunktet.** (Viser mig saavel denne Linie, som dette Punkt paa vor sædvanlige Vægtstaal!)

2) **Vi adskille ret- og krumlinede, een- og toarmede, mathematiske og physiske Vægtstænger.** Den første Inddeling grunder sig paa dens **Retning**; den anden paa **Stedet for dens Dreie- eller Hvilepunkt**; den tredie paa Tyngdens bele **Fraværelse** eller **Tilstedeværen.** Med Hensyn paa den første Inddeling, som er forstaaelig af sig selv, vil jeg blot sige Eder, at der ogsaa gives saadanne Vægtstænger, som bestaae af to lige under en Vinkel sammenstødende Linier og kaldes **Vinkelvægtstangen**; med Hensyn paa den anden, at Støtte- og Drei-

ningspunktet kan ligge snart mellem begge Endepunkterne, snart ved det ene af dem, og at Vægtstangen i hiint Tilfælde har to Arme, men i dette Tilfælde kun een; — med Hensyn endelig paa det Tredie, at I maae tænke Eder den mathematiske Vægtstang uden al Tyngde, den physiske derimod ganske saaledes som den forekommer i Virkeligheden, altsaa med Tyngde. (Tegner nu paa vor Væggetavle ret- og krumlinede, een- og toarmede Vægtstænger, brukne eller Vinkel-Vægtstænger og sporger Eder derved tillige, hvorvidt Vægtskale, Bismere, Søre, Tænger, Skovle, Gafler osv. kunne henregnes til Vægtstænger).

3) Hvor og hvorledes vi endog ville bruge en Vægtstang; stedse vil **Talen være** for det Første **om en vis Byrde eller Last**, over hvilken vi ligesom ikke kunne byde, og for det Andet om **en saadan Kraft**, der skal, om ikke ikke overvinde hiin, dog holde den i Ligevægt. **Kraft** og **Last** forekomme iøvrigt meget hyppigt under de sædvanlige Benævnelser **Kræfter** og **Vægt**. (Hvad danner saaledes f. Ex. ved Afveining af Sukker Lasten, og hvad omvendt Kraften?)

4) **Den lige Linie, som I kunne tænke Eder fra Stotte- eller Dreiningspunktet retvinklet draget paa Kraftens eller Vægtens Retninglinie, kaldes Kraftens eller Vægtens Afstand fra hiint urykkelige Punkt paa Vægtstangen.** (Anskueliggjører disse Linier idetmindste paa Tegningen af en Vinkelvægtstang, hvor de, hvis iøvrigt Kræfterne virke i lodret Retning, ikke falde sammen i Vægtstangens Arme!)

5) **Det Produkt, hvis ene Faktor angiver Størrelsen af Kraften eller Byrden, og hvis anden angiver dennes Afstand fra Stotte- eller Dreiningspunktet, kaldes Kraftens Moment.**

Efterat jeg nu har meddeelt Eder alt dette, er det vel Tid at undersøge, under hvilke Betingelser Ligevægten bestaaer hos de forstjællige Vægtstænger, og, om det maatte være muligt, at udtale dette i en almindelig Sætning. Vi gaae herved ud fra den mathematiske Vægtstang; og tillige antage vi, idetmindste ved vore første Betragtninger, at Kræfterne virke paa den i lodret Retning.

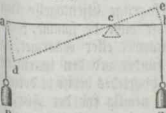
I den her vedføiede Tegning (Figur 27) bære ab den ligearmede Vægtstang, c det uryklelige Punkt, som følgelig ligger ganske nøie i Midten, og om hvilket hiin kan dreie sig; p og q endelig, som I see befæstede ved begge Ender, maae forestille Vægtene, som i lodret Retning søge at neddrage Vægtstangen; Hvo er nu vel istand til at sige mig, naar Ligevægt finder Sted ved en saadan Vægtstang? Ligefrem kun under den Betingelse, at p og q ere hinanden lige. Den simple Overveielse, at Vægtstangen oprindelig, naar endnu ingen Kræfter ere i Virksomhed hos den, staaer fuldkommen vandret, og at Vægtene p og q ved de modsatte Ender, under iøvrigt fuldkommen lige Omstændigheder, udøve deres Indflydelse paa den med lige Styrke, fører visselig Enhver til den her vigtige Indsigt, at det har sin Rigtighed med den her udtalte Paastand. **Kræfternes eller Vægtenes Ligheder altsaa ved den ligearmede mathematiske Vægtstang det eneste Middel til Frembringelse af Ligevægt.** Sædvanlige Vægte af uprakkagelig Beskaffenhed bekræfte desuden dette ved Anskuelsen, omendskjøndt de børe til de physiske Vægtstænger. (Prøver om dette virkelig forholder sig saaledes!)

Fig. 27.



Men hvorledes erholde vi Ligevægt ved den uligearmede mathematiske Vægtstang? Da jeg vel indseer, at dette Spørgsmaal fordrer langt mere Overveielse end det Første, gaaer jeg ud fra en Vægtstang, hvis længere Arm er et nøie Multiplum af den kortere (nøiagtig vise Gange større end denne). Lader f. Ex. ca=2cb (Fig. 28). At Vægtstangens horizontale Beliggenhed under saadanne Omstændigheder gaaer tabt, naar begge Armene, som forhen, belynges med lige store Vægte, følger af det nylig Sagte; ogsaa derom synes J at være overtydede, at naar Ligevægten atter skal bringes tilveie, fordrer den kortere Arm en anseeligere Kraft end den længere; og hertil føier jeg, at Kraften paa cb maa være det Dobbelte af den, der virker paa ac, og beviser dette paa en meget simpel Maade, som ikke forudsætter nogle geometriske Kundskaber.

Fig. 28.



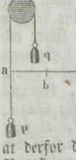
Lader os antage, at Vægtstangen ab dreier sig om c og kommer i Beliggenheden de; da beskriver a aabenbar en to Gange saa lang Bue som b, eller p tilbagelægger i samme Tid en to Gange saa lang Vei som q. p og q forholde sig derfor med Hensyn paa deres Hurtigheder som 2 til 1. Men heraf følger videre, at den Kraft, hvis Indflydelse a erfarer, er nøie det Dobbelte af den anden Kraft, som virker paa b, Vægtstangens modsatte Ende. Behøver jeg nu vel at spørge, hvad der maa skee, for at Ligevægten atter kan vorde bragt tilveie? Nei, J vide det Alle, at q, Kraften paa cb, kun behøver at fordobbles. Beviset bliver iøvrigt i Hovedsagen stedse det samme; lad ca være 3, 4, 5 og endnu flere Gange længere end cb! Lad endvidere denne Størrelse være af den Beskaffenhed, at den ikke er noget nøie Mangefold af cb, men at den ligesom cb, er af en tredie antagen Størrelse; ja lad den endelig med cb danne en irrational Størrelse, der som bekjendt, ikke lader sig nøie udtrykke i Tal! Svarer mig nu hurtigt paa følgende to Spørgsmaal: 1) Hvor tung maa q være, naar ac er 4 Gange saa lang som cb, og a er betynget med 3 Pd. (12 Pd)? 2) Hvorledes maa endvidere ac forholde sig til cb, naar Vægtstangen skal være fuldkommen vandret, uagtet der i a virker en Kraft paa 5 Pd. og i b en anden paa 7 Pd.? (som 7 til 5). Beviser, at Eders Svar er rigtigt! opgiver dernæst Spørgsmaal af lignende Slags, og forsøger til Slutning at udtale i een almindelig Sætning det, som vi nu have udviklet i saamange Exempler! Denne kan lyde saaledes.

Den uligearmede mathematiske Vægtstang er altid i Ligevægt, naar de Kræfter, som indvirke paa den, forholde sig omvendt til hinanden, som Længden af de Arme, hvorpaa de hænge, eller, som vi ganske kortelig kunne udtrykke os, **naar Kræfternes Momenter ere lige.**

Før jeg gaaer over til den eenarmede mathematiske Vægtstang, giver jeg Eder at betænke, at den nylig udtalte vigtige Sætning ogsaa gjælder for den ligearmede mathematiske Vægtstang, der, naar den skal svæve vandret, maa have lige Vægte (Tænker ogsaa hertil et passende Exempel).

Betragter nu endvidere Tegningen (Fig. 29) Denne anskueliggjør Eder en eenarmet mathematisk Vægtstang, der lader sig dreie om c, det ene af begge Endepunkterne. Vægtene kunne iøvrigt her snart være lige snart ulige langt borte fra Understøtningspunktet. Min Figur anskueliggjør

Fig. 29.



Eder endnu den Omstændighed, at ved en cenarmet Vægtstang, den **ene** Vægt stedse drager nedad, den anden opad, og at den Snor, ved hvilken den sidste er befæstet, løber hen over en Trisse. Spørge I mig nu, under hvilke Betingelser Ligevægten bestaaer ved en Vægtstang af dette Slags, saa vil jeg, for at forebygge hin besværlige Gjentagelse kun svare, at Phænomenerne stedse blive de samme, hvad enten Vægtstangen er dobbeltarmet eller cenarmet, og at derfor den almindelige Sætning, som vi have fundet ved den toarmede Vægtstang, ogsaa gjælder for den cenarmede. Men hvorledes bevise vi dette? Ganske paa samme Maade som forhen. Vi betænke nemlig for det Første, at det med Hensyn til de **Buer**, som de fra Dreiningspunktet c ulige fjærnede Punkter, a, b, d, e osv. beskrive, for det Andet med Hensyn til **Vægtenes Hurtighed**, som ere ophængte paa hine Punkter, og for det Tredie endelig med Hensyn til **Kræfterne** forholder sig ligesom med de samme Ting ved den dobbeltarmede Vægtstang.

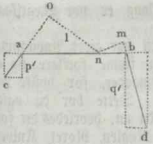
Af alle de Vægtstænger, som I her skulle lære grundigt at kjende, er nu kun Vinkelvægtstangen tilbage. Tegningen (Fig. 30) anskueliggjør Eder den. For at kunne bevise, at Ligevægt ogsaa finder Sted hos den, naar Kræfternes Momenter ere lige, bestriver jeg fra Understøtningspunktet c, og med en Radius, f. Ex. ca, en Cirkel, forlænger derpaa bc til Peripherien, og drager endelig endnu rd lodret paa cd, d. v. s. paa den Linie, som forestiller Retningen af Kraften (r), hvis Storrelse stemmer fuldkommen overeens med p. Paa denne Maade har jeg dannet den ligelinede Vægtstang bcd med Kræfterne q og r. Da vi nu allerede vide, hvad der ved en saadan Vægtstang fordres for at frembringe Ligevægt, saa behøve vi endnu blot at undersøge, om ogsaa alle disse Betingelser ere tilstede ved den brudte Vægtstang. Denne nye Undersøgelse er isvrigt intet mindre end svær. Idet I f. Ex. paa den udfaldede Figur see, at Armen cb og Kraften q, som indvirker paa den, er tilfælles for begge Vægtstængerne, at de forskjellige Arme cd og ca have lige Længde som Halvdiametre i samme Cirkel, overtyde I Eder tillige om, at ogsaa Indflydelserne af Kræfterne p og r, der virke paa Vægtstangen under fuldkommen lige Omstændigheder, maae være hinanden lige; saaledes gives der følgelig Intet, vi kunne betegne som forskjælligt hos begge Vægtstængerne. Tvivle I vel endnu om, at ogsaa hos Vinkelvægtstangen maae Kræfterne forholde sig omvendt til hinanden, som deres Afstand fra Hvile- eller Dreiningspunktet, dersom Ligevægt skal kunne finde Sted?

Fig. 30.



Ved alle de Undersøgelser, vi hidtil have anstillet, forudsatte vi stadigt, at Kræfterne eller Vægtene virkede i **lodret Retning** paa Vægtstangen; men de kunne jo ogsaa virke **skjævt** paa Armene deraf. Sæt nu, at der var saaledes; — under hvilke Betingelser bestaaer da vel Ligevægten? Gjenkalder Eder blot her, under hvilke jeg alt har angivet Eder det ved ethvert af de foregaaende Tilfælde! At dette ogsaa virkelig er saaledes, vil jeg nu søge at bevise Eder ved en Tegning, (Fig. 31), ved hvilken I under ab have at tænke Eder en uligearmet Vægtstang, under n Dreiningspunktet og under ac og bd Retningslinien af de virkende Kræfter eller Vægte p og q. Efter Kræfternes Parallelogram lader p sig dele i to Kræfter, af hvilke

Fig. 31.



den ene (p') virker retvinklet paa ab; men den anden note i samme Retning, som denne Linie. Paa lignende Maade forholder det sig med den p modsatte Kraft q. Her udover q' sin Indflydelse retvinklet paa ab og den anden Deel af Kraften i Retningen ab. Hvo, der nu vil betænke, at begge Kraftdelene, hvis Retningslinier falde sammen med ab, vorde fuldkomment ophævede ved Modstanden af det faste Punkt n, begriber vel ogsaa tillige, at vi isteder for de oprindelige Kræfter p og q kunne sætte p' og q' uden at skade Nigtigheden i nogen Maade.— Hører endnu et andet Bevis! Man forlænge Retningen af Kraften p, altsaa ca, tilstrækkelig, og afsætter paa den, fra n af, den lodrette Linie no = l. Saaledes danner man den retvinklede Trekant aon. Sammenligner man nu endvidere denne med den underste Trekant, hvis Hypothenuse er p og hvis ene Katheder er p', saa finder man, at denne er hiin lig, at p forholder sig til p' som an til l og at tillige og Produkterne p . l og p' . an have samme Størrelse. Betragter nu Kraften q! virker den ikke ligesaadan som om den under en Retvinkel greb fat paa Vægtstangarmen nm? eller staae ikke Kræfterne p og q i Ligevægt, naar p . on = q . nm? I erkjende vist af alt dette, at de Kræfter, ved hvilke Ligevægten skal bestaae, ogsaa da, naar de ere anbragte i en stjæv Retning, note maae forholde sig omvendt til hinanden, som deres Afstand fra Hvile- eller Dreiningspunktet.

Paa den nylig udviklede Maade finde vi ogsaa Kræfternes Momenter, naar Vægtstangen, som her (Fig. 32) ikke mere er en lige Linie. (Fuldstændiggjører Tegningen, og forklarer den da ved nogle Ord!)

Fig. 32.

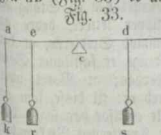


Bemærker tilsidst endnu Følgende!

1) **Virke flere end 2 Kræfter paa en Vægtstang, saa er denne kun i Ligevægt i det ene Tilfælde, naar Summerne af de Momenter, med hvilke den dreies hen til den ene eller anden Side, ere hinanden lige.**

Et Exempel maa gjøre Eder dette indlysende. Antager: 1) Vægtstangen ab (Fig. 33) er understøttet i c, og betynget med Vægter i a, e, d og b; 2) at ca har en Længde af 12 Tommer, ce 8 Tommer, ed 6 og eb 20 Tommer; 3) k veier 7 Pd., r 3, s 8 og q 3 Pd. Er under saadanne Forholde 7 Gange 12 og 3 Gange 8 ikke ligesaa meget som 8 Gange 6 og 3 Gange 20? Men Tallet 108 angiver hver Momenternes Sum.

Fig. 33.



2) **Lovene for den mathematiske Vægtstang lade sig ogsaa anvende paa den physiske; kun maa ved denne ikke blot de paabængte Vægte og deres Afstande fra Understøtningspunktet, men ogsaa selve Armenes Tyngde tages i Betragtning.** Er Vægtstangen en overalt lige tyk Stang, saa kunne vi tænke os dens Vægt forenet i dens Midte; er den nu desuden ligearmet, saa frembyder den os ikke den ringeste Vanskelighed ved nogen Beregning. Værre er det derimod, naar Hvilepunktet hos den ikke falder sammen med

Tyngdepunktet. Den meest bekjendte physiske Vægtstang er vor Vægtskaal. (Om denne skulle vi snart høre mere.)

Hvo, der blot forsaavidt, som jeg her dertil har givet Anvisning, har gjort sig bekjendt med Vægtstangen, vil visselig kunne forklare sig en stor Mængde Phænomener og dagligdags Fremgangsmaader, for hvilke Lovene for dette saa simple Værktøi ligge til Grund. Dette bør da ogsaa være Tilfældet især med Eder. Saa angiver mig da nu, hvorledes det forholder sig f.Ex. med Løftestangen, Saxen, Tangen, Neglen, Noret, Kniven, Gaflen, Haandgrebet, Boret, Brækjernet osv.!

De Stave og Jernstænger, af hvilke Murere, Tømmermænd osv. paa mange Maader betjene sig, virke paa den bekjendte Maade, at Byrden, som skal bevæges, anbringes i en betydelig ringere Afstand fra Understøtningspunktet, end den Kraft, som sættes i Virksomhed. Disse Løftestænger anvendes som bekjendt paa to Maader, idet man enten giver Stangen et bestemt Underlag, f.Ex. en Steen, hvorpaa man da ligesom hvipper Byrden, og da virker Løftestangen som en toarmet Vægtstang, eller og har Stangen intet andet Underlag end Jorden, og Løftestangen virker da som en enarmet Vægtstang. Ogsaa vore Saxe og Tænger ere ikke andet end Vægtstænger. Stiften, ved hvilken begge Kjæfterne holdes sammen, er nemlig Underlaget eller Dreiningspunktet; Haanden, som griber de længere Arme, den virkende Kraft; Modstanden endelig, som Legemet, der skal klippes eller afknives, sætter mod hiin, er den Byrde, som skal overvindes. Ved Neglen er Grebet, hvorved den omdreies, at betragte som en Vægtstang ialmindelighed, Fjeren, der skal skydes op eller tilside, som Lasten, og Kammen, som trykker imod den, som en kortere Arm. Greb af en langagtig rund Figur passe derfor ustridig bedst til deres Henskgt. Hvor godt iøvrigt Alle, som have at gjøre med at oplukke Laase, ere bekjendte med denne Omstændighed, vise de os ofte derved, at de stikke en Stok eller ogsaa en anden Negle igjennem Neglens Greb, for at de kunne dreie den med større Kraft. Noret er ligesom en eenarmet Vægtstang, der har sit Understøtningspunkt i Vandet. Det Sidste er nu vistnok ikk ganske fast; men det yder dog stedse, naar den brede Deel af Noret stemmer imod Vandet, en Modstand, der er tilstrækkelig til at bevirke Fartøiets Bevægelse fremad.

At et Barn kan bære en stor Byrde med en stærk Mand, uden at vorde nedtrykt af den (naar nemlig Byrden er befæstet paa en Stang og ulige nærmere Manden end Barnet); at Saxen klipper lettere, bedre og nøiagtigere i Nærheden af Dreiningspunktet end benimod Spidserne, at det ved Hjælp af en god Knibtang er os muligt at uddrage et fastslaet Søm af et Bredt, uden just at anvende synderlig Kraft derpaa; at Boret yder os en desto bedre Tieneste, jo bredede dets Haandgreb er: til disse, som og til utallige andre Phænomener, finde vi, som jeg alt ovenfor har sagt, den mest tilfredsstillende Forklaringsgrund i Lovene for Kræfternes Virksomhed paa Vægtstangen. Disse Love give os endelig ogsaa et Middel ihænde til at beregne den Kraft, hvormed Musklerne bidrage til at bevæge vore Lemmer. Hensigten med disse indre Legemsdele er aabenbart ikke den, ved ringe Kræfter at høve betydelige Byrder, men alene den, at kunne anvende dem saaledes, at Lemmerne selv ved en meget ubetydelig Forlængning eller Forkortning af den virkende Muskel gjennemløbe en betydelig Vei. Kun af de for Eder oplyste Grunde ere Musklerne ogsaa anbragte nærved de beundringsværdige Vægtstængers Dreiningspunkter. Af flere Grunde er jeg her

nødt til at forbigaae alle ogsaa herhen hørende Beregninger, men giver Eder her blot at betænke dette Lidet, at hos en Mand, som veier 180 Pd., bærer 200 Pd. paa sin Nakke, og staaer paa den ene af sine Fødder med et noget bøiet Knæ, ere de Muskler, som ligge over den ophøiede Runding af det betyngede Knæ i Virksomhed med en Kraft af 2280 Pd.

§ 10.

Særdeles vigtige Værktøi eller Maskiner, som beroe paa Lovene for Vægtstangen.

a. Vægtskaalen.

Skjøndt Ligevægten d. v. s. **Vægtskaalen** i sædvanlig Betydning, hører til de Værktøi, som ere almindelig bekjendte, saa bliver det dog stedse nødvendigt at optage den med i Kredsen af vore Undersøgelser.

Vor almindelige Vægtskaal er som sagt Eder Alle vel bekjendt; ogsaa er dens Indretning og de forskjellige ved den indtrædende Virkninger let at erkjende. Den bestaaer af en ligearmet Vægtstang, som i Midten har en lodret **Viser** eller **Tunge**, og ved hvis Endepunkter Skaaler ere fastgjorte med Snorer. **Tyngdepunktet maa ligge under Hvilepunktet** (som man ved Vægtskaalen kalder Dreinings- eller Understøtningspunktet), **men dog ikke ret meget langt derunder.** Laae nemlig Tyngdepunktet over Dreiningspunktet, saa vilde det være yderst vanskeligt at bringe Vægtstangen i Ligevægt; og laae det lige i Dreiningspunktet, vilde Vægtstangen være yderst let bevægelig i alle Stillinger, og lige let antage enhver mulig; er derimod Tyngdepunktet under Hvilepunktet, saa vil, naar Forholdene iøvrigt ere lige, Tyngdepunktet stedse stræbe at være lodret under Hvilepunktet, og saaledes holde Vægtstangen i en bestemt Stilling. For at fremme Opnaaelse af denne Beliggenhed af Tyngdepunktet, gjør man Vægtstangen tykkere i Midten end ud mod Enderne. Ogsaa er det en Selvfølge, at Hvilepunktet og de to Punkter, hvortil Skaalerne ere hefte de, maae ligge i en ret Linie, samt at Vægtstangen maa være nøiagtig af samme Beskaffenhed paa begge Siderne af Dreiningspunktet (have samme Tykkelse, Tyngde, Længde osv.)

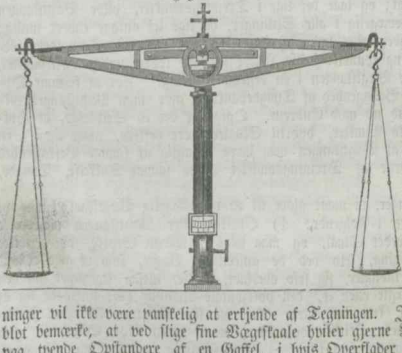
De Fordringer, vi maae gjøre til en upaaklagelig Vægtskaal, kunne vi iøvrigt sammenfatte i Følgende: 1) Bjælken eller Vægtstangen maa være forfærdiget af hærdet Staal, og maa have en saadan Styrke, at den ikke lider nogen Bøining, selv ved de anseeligste Vægte, som vi give den at bære. 2) Den indtager, sig selv overladt, stedse, altsaa ligemeget om den betynges med Vægte eller ei, den horizontale Retning (det forstaaer sig af sig selv, at her kun kan være Tale om lige Vægte). 3) Den forbliver i den betegnede Stilling ogsaa da, naar enten blot Skaalerne eller alene de lige Vægte, som lægges i dem, samtidig forbyttes med hinanden. 4) Den forlader strax sin betegnede Stilling, d. v. s. Tungen forlades øieblikkelig sin lodrette Stilling, naar blot den ene Skaal erholder et endog nok saa lille Tillæg.

Den Modstand eller Usikkerhed, som Rivningen (ved Dreinings- eller Ophængsningpunktet) frembyder eller foraarsager, gjør altid Noget; jo mere Rivningen eller Gnidningen kan formindskes, (ved f. Ex. at gjøre den Axe, hvorom eller hvorpaa Vægtstangen eller Bjælken bevæger sig, ei alene haard, men ogsaa skarp) des finere eller nøiagtigere er Vægtskaalen.

Vægtskaalens Følsomhed (Finhed) udtrykke vi ved en Brøk, hvis Nævner er den Vægt, som Vægtskaalen i det Høieste uden Skade kan bære, og hvis Tæller betegner den ringeste Vægt, ved hvilken den under den forrige Belastning, giver et mærkeligt **Udslag**.*) Man har nu Vægtskaale, hvis Følsomhed udgjør over $\frac{1}{150000}$. Med Øiet er det ikke engang muligt at opdage om en Vægtskaal er falsk eller ei; thi selv en lille Forskjæl i Armenes Længde kan have en ikke ringe Indflydelse; og er nu den kortere Arm endog lit tungere end den anden, saa kan man endnu lettere bedrages. Man kan prøve Vægtskaalens Paalidelighed, ved, efterat Ligevægt er tilveiebragt, at ombytte Vægten og Varerne i de tvende Skaaler; er Vægtskaalen falsk, da vil Vægtstangen ei efter Ombytningen kunne holde sig vandret. — For selv da, naar Armene ikke ere fuldkommen lige lange eller lige tunge, hvilket næsten er umuligt at tilveiebringe, nemlig i mathematisk Forstand, at erholde fuldkommen paalidelig Vægtbestemmelse, lægger man i den ene Skaal Vægtlodderne og i den anden allehaande smaae Legemer, Papirstrimler, Sand osv. indtil fuldkommen Ligevægt er bragt tilveie, derpaa tager man Lodderne ud og sætter i deres Sted saameget af den Masse, som der skal veies, til den fuldkomneste Ligevægt er tilveiebragt. Det er da indlysende, at denne Masse maa have nøiagtig den samme Vægt som de bortagne Lodder.

I ville strax let blive vaer, at den her afbildede Vægtskaal (Fig. 34) er noget forskjællig fra de sædvanlig brugelige Haand-Vægtskaale. Den forestiller en af de Vægtskaale, som anvendes, hvor det kommer an paa en særdeles nøie Vægtbestemmelse; men den er iøvrigt forfærdiget efter de samme Grundprincipier, som vore almindelige Vægtskaale; og dens Indretninger vil ikke være vanskelig at erkjende af Tegningen. Jeg vil derfor her blot bemærke, at ved slige fine Vægtskaale hviler gjerne Vægtstangens Axe paa tvende Opstandere af en Gaffel, i hvis Overflader en haard Steen, f. Ex. en Agat, er indlagt, ligesom og, at Axen er en vinkeldannet hærdet Staaltap. Ved denne her afbildede Vægtskaal maae vi tænke os, at blot den ene af Gaflens Grene er tegnet. Tegningen viser endvidere, at Vægtstangen er sammensat af 2 Stykker, ved hvilken Indret-

Fig. 34.



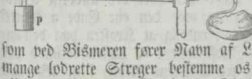
*) Udslaget er den Bue, som Tungen beskriver, naar Vægtstangen træder ud af sin horizontale Beliggenhed.

ning man nogenledes forhindrer Vægtstangens Bøining ved de paahængte Byrder, og altsaa gjør Vægten nøiagtigere, da enhver Bøining foraarsager mindre Nøiagtighed. Tungen vender her nedad og bevæger sig foran en paa Stativet anbragt Skala, hvorpaa den tæller Udslagets Grader. Den nederste Skrue tjener til at hæve Gaffelen. Den øverste Skrue er anbragt paa selve Vægtstangen; ved at skrue Møtrikken op eller ned, kan man hæve eller synke Tyngdepunktet.

b. Bismeren.

Bismeren eller, som den ogsaa kaldes, den **romerske Vægt**, er ikke, som den sædvanlige Vægtskaal, et Exempel paa en ligearmet, men paa en uligearmet Vægtstang, og giver os et Middel i Hænderne til ved een og den samme Vægt at erfare Tyngden af ulige tunge Byrder. Hvorpaa dens Indretning beroer, maae vorde Eder tydeligt af nedstaaende Figur. (Fig. 35)

Fig. 35.



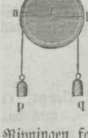
Støttepunktet for denne uligearmede Vægtstang er a; Lasten, hvis Vægt man vil erfare, og som befinder sig i en uforanderlig Afstand fra hint Punkt, har jeg betegnet med r, men Vægten, som ved Bismeren fører Navn af Løberen (Loddet), har jeg kaldet p. De mange lodrette Streger bestemme os ganske nøie om Modvægten, Løberen, afstjærer Halvdelen, Trediedelen Fjerdedelen osv. af den længere Arm, eller endnu forstaaeligere udtrykt, hvorledes Lastens og Løberens Afstande fra Understøtningspunktet forholde sig til hinanden. Jo større nu Lasten er, som lægges i den ved r vedhængte Skaal (eller hænges paa en der anbragt Krog) desto mere maae vi aabenbar fjerne Løberen p fra Støttepunktet a. Men hvorledes erfare vi Lastens (f Er. de paahængte Varers) Størrelse? Den Lov, som J have lært at kjende ved den uligearmede Vægtstang giver Eder Svaret. Bismeren, besidder ingensinde den Nøiagtighed som Vægtskaalen, det samme er Tilfældet, og det endnu i høiere Grad med **Decimal**-Vægten. Denne kunne J ved Leilighed selv tage i Øiesyn hos en eller anden Kjøbmand, og jeg vil blot her bemærke, at dens Virkning forklares efter samme Lov, som Byrdens Fordeling ved Drage-Vægtstangen mellem en stærk og svag Mand. Denne Vægt er opfunden af en Straßburger, Quintentz, hvis Navn den ogsaa bærer. Her i Landet har den modtaget nogle Forandringer og Forbedringer af O. Klærk i Kjøbenhavn. Til Afveining i lufttomme og andre andre affluttede Rum bruges de saakaldte **Viservægte**. Den uligesidede Vinkelvægtstang, hvoraf disse bestaae, er dreielig om sit Toppunkt, og angiver ved den Bøining, som den længere Arm gjør mod Horizonten, den Vægt, som den kortere Arm har faaet at bære.

c. Tridsen og Tallien.

Enhver kredsformig Skive, som er forfærdiget af Træ, Metal eller en anden fast Masse, hvis Rand har en Fure, og som er forsynet med en Axe, der ei alene gaaer igjennem Midtpunktet, men ogsaa staaer lodret paa Skivens Flade, kaldes en Tridse. Der gives **ubevægelige og bevægelige Tridser**; de **første** have deres Axe, en Tap, befæstet til en ubevægelig Gjenstand, og kunne derfor kun bevæge sig om Axen; ved de **sidste** derimod er den Gjenstand, hvori Axen er befæstet, bevægelig, og de kunne derfor ved enhver Dreining tillige bevæge sig frem i Rummet.

Vi ville nu først tage Tridsens samtlige Dele nærmere i Øiesyn! Netter først Eders Blik paa den her udkastede Tegning (Fig. 36). Have I

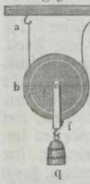
Fig. 36



ombyggeligt efterkommet min Opfordring, saa maa det strax være Eder indlysende, at vor nye Maskine ikke er andet end en ligearmet Vægtstang, som har sit Understøtningspunkt i c og begge sine Arme i Radierne ca og cb. Skal den derfor forholde sig ganske rolig i sin Stilling, d. v. s. hverken drages hen mod den ene eller anden Side, saa maa Kraft og Byrde være hinanden lige. I indsee nu vel, at den ubevægelige Tridse hverken bringer mekaniske Fordele af Kraft eller Tid, men alene tjener til at formindske Modstanden, som Rivningen foranlediger, og at give Kræfterne en bequemmere Retning.

Men hvorledes forholder det sig med den bevægelige Tridse? Ogsaa dette ville I erfare, naar I ville betragte hosstaaende Tegning (Fig. 37).

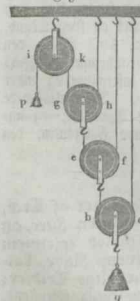
Fig. 37.



Allerede et flygtigt Blik kan overtyde Eder om, at hos den bevægelige Tridse dreier Axen sig tilligemed Skiven, at endvidere Snoren løber hen over den underste Halvdeel af Furen bid, og er med den ene Ende a knyttet til et ubevægeligt Legeme; endelig at Kraften paa den anden Ende udøver sin Indflydelse i e, Lasten derimod paa en Krog, der udgaaer fra Tridsens Midte, i q. Betragte I disse Ting nøie, erkjende I visselig i Tridsens Diameter bd en eenarmet Vægtstang, og i Begyndelsespunktet b dens Støtte- eller Hvilepunkt. Efter disse Forklaringer vilde det sandelig være unyttigt endnu at ville belære Eder om, hvorledes her Kraften, som virker i dobbelt Afstand fra Understøtningspunktet, kun bærer den halve Last, naar iøvrigt Touget er fuldkomment bøieligt, og ligesom Tridsen selv tænkes uden al Tyngde. Den bevægelige Tridse letter derfor særdeles meget Bevægelsen af enhver Last.

Hosstaaende Tegning (Fig. 38) anskueliggjør Eder endvidere en Ma-

Fig. 38.



skine, der er sammensat af 3 bevægelige Tridser, bd, ef, gh, og af den ene ubevægelige Tridse ik. Hensigten hermed foreligger os tydelig. Uden at jeg har sagt Eder det Ringeste om den, vide I strax, at enhver efterfølgende bevægelig Tridse stedse paany fordobler Kraften, og at desuden 3 slige Tridser bevirke en Forholdelse deraf som 2 Gange 2 Gange 2 eller 8. Sæt nu, at en saadan Maskine havde 4 bevægelige Tridser og bar en Vægt af 128 Pd.; hvilken Kraft maatte da indvirke paa den, dersom Ligevægten skulde bestaae? — Svaret er: kun 8 Pd.; thi den første Tridse bringer Kraften tilbage til $\frac{1}{2}$; den anden til $\frac{1}{2}$. $\frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, den tredie til $\frac{1}{2}$. $\frac{1}{4} = \frac{1}{8}$, den fjerde til $\frac{1}{2}$. $\frac{1}{8} = \frac{1}{16}$, eller med andre Ord: Den første Tridse gjør kun Halvdelen af Lasten følelig for Kraften; den anden tilligemed den første kun Fjerdedelen; den tredie med den anden og første kun Ottendedelen, den fjerde med den tredie, anden og første kun Sertendedelen; men Sertendedelen af 128 Pd. er 8 Pd. Den ubevægelige Tridse tjener blot som Ledeskive for Kraftens lodrette Retning.

Fig. 39.

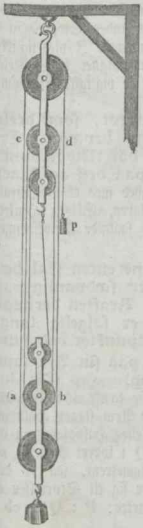


Fig. 39 forestiller Eder en endnu vigtigere sammensat Maskine end den ovenfor beskrevne. Hvad der ved denne først maa vække vor Opmærksomhed, er den Omstændighed, at Tridserne formedelst en anbragt Forbindelse, Gaffel, danne to Grupper, og at den underste Gruppe indeholder blot bevægelige, den øverste blot ubevægelige Tridser. **Enhver enkelt Tridseforbindelse kaldes en Blok, og hele Maskinen kaldes en Gie eller Tallie.** Figuren viser tydeligt nok, hvorledes Snoren løber om alle Tridserne; og det er vel derfor tilstrækkeligt at henvise Eder til den ene Ende af den, som er befæstet ved den underste Krog paa den øverste Blok. Lasten q hænger paa den nederste Krog af Gaffelen ab, og Kraften p virker paa den frie Ende af Snoren. At undersøge i hvad Forhold Kraften under saadanne Omstændigheder maa staae til Lasten, dersom Ligevægt mellem begge skal bringes tilveie, er som overalt ogsaa her vor vigtigste Opgave. Vi ville derfor strax gaae over til Løsningen heraf.

Det er vel for det Første indlysende for Eder, at enhver af de 6 Snorer, bliver nøiagtigt saameget forkortet, som Lasten stiger opad, eller at de Rum, som Lasten og Kraften gjennemløbe i lige Tidsdele, forholde sig til hinanden som 1 til 6. Men hvad der heraf videre følger, kan Betragtningen af den uligearmede mathematiske Vægtstang tilstrækkelig lære os. Eller skal jeg endnu een Gang bevise Eder, at et Redskab af denne Art er i Ligevægt, naar Kraften paa de længere Arme opveier $\frac{1}{6}$ af Lasten paa de kortere Arme. Iøvrigt kunne vi og ad en anden Vei naae til det samme Resultat. Lasten q spænder, hvilket jeg ei behøver først at bevise Eder, enhver Snor i den underste Række ab, men nu gives her 6 Snore; og spændes da saaledes ikke enhver Snor med $\frac{1}{6}$ af Lasten? eller skulde maaskee ikke den Kraft, som udgjør en ligesaa stor Deel af Lasten, være tilstrækkelig til at holde hele Tallien i Ligevægt? Hvorledes vi iøvrigt løse den ovenstaaende Opgave, stedse komme vi til den her vigtige Overbevisning: At ogsaa med Hensyn til **Talliens Ligevægt**, naar vi iøvrigt ikke tage Nivningen i Betragtning, **forholder Kraften og Lasten sig omvendt som Rummene, hvilke de ved indtrædende Bevægelser gjennemløbe i lige Tidsdele, og at vi derfor kun behøve at dividere Størrelsen af Lasten med Antallet af Snorene, for at lære at kjende den Kraft, som er nødvendig for at bringe Ligevægt tilveie.**

Tallien er ikke alene en af de sædvanligste, men ogsaa en af de bequemmeste Maskiner, og bruges næsten hver Dag til at hæve store Laster ved ringe Kræfter; f.Eks. ved Magasiner osv. Iøvrigt er det let at indsee, at Tallien ikke tilsteder nogen hurtig Bevægelse, og at Bevægelsens Hurtighed aftager i samme Forhold som Snorenes Mængde forøges.

d. Hjulet paa sin Axe.

Fig. 40.



At denne lille Maskine (Fig. 40) paa den ene Side har den største Ligbed med en Fridse, men paa den anden Side ogsaa i nogle Stykker afviger fra den, derom kunne J visselig ikke tvivle, naar J ombyggeligt have sammenlignet begge Dele. Gjører nu dette og angiver mig da de vigtigste Eiendommeligheder ved dette nye Værktøi!

1) **Det tridseagtige Værktøi, som deels bestaaer af en stiv om sin Axe bevægelig Cylinder, deels af en Skive, som har Middelpunkt fælleds med Cylinderen, hvorpaa den og staaer lodret,** kaldes, formedelst sin Ligbed med et Vognhjul, **Hjulet paa sin Axe.** Cylinderen danner Hjularen, Skiven Hjulet. Ivrigt see vi undertiden istedet for Skiven blot nogle saakalde Drivestænger (Haandspager) anbragte.

2) **Lasten, som ved en saadan Maskine enten skal hæves iveiret eller drages vandret frem, virker sædvanlig paa Enden af en stærk om Axen viklet Snor; Kraften derimod har sin Plads paa Skivens Omkreds, og er følgelig langt længere fiærnet fra Støtte- eller Dreiningspunktet end hiin.**

3) **Ligesom Tridsen kan ogsaa Hjulet paa sin Axe sammenlignes med en uligearmet Vægtstang.** Her (Fig. 40) ligger Understøtningspunktet c, i hvilket vi tillige kunne tænke os Værktøiets Tyngde forenet, i Midten af Axen; som den kortere Arm staaer Halvdiametren af Axen cb, som den længere en Haandspage eller Halvdiametren ca af Skiven. Virke derfor Kraften og Lasten P og Q i lodret Retning, og ere de desuden anbragte i de yderste Ender af Halvdiametrene, saa er der Ligevægt, naar Størrelsen af Kraften neie forholder sig til Størrelsen af Lasten, som Axens Halvdiameter til Hjulets Halvdiameter: $P : Q = cb : ca$; thi da er $P \cdot ca = Q \cdot cb$.

Vi ville oplose dette ved et Exempel: Antaget at et Menneske kunde uden konstig Hjælp skaffe 30 Pd. fra et Sted til et andet; over hvilken Last maatte han da raade, naar han torde betiene sig af et saadant Hjul paa sin Axe, hvis begge Halvdiametre forholdt sig hverandre som $\frac{3}{4}$ til 6. Svar: over en Last af 240 Pd.; thi $\frac{3}{4}$ er ligesaavel $\frac{1}{8}$ Deel af 6, som 30 Pd. af 240 Pd.

4) **Den Kraft, som ved Hjulet paa sin Axe kommer i Virksomhed, fremtræder meget forstiællig; den er nemlig snart** (som ved en Vinge paa en Vindmolle) **en paa Drivestavene anvendt Trykkekraft; snart et Udfald af Vand paa Skovler, der ere befæstede paa Hjulets Omfang** (som ved Vandmøllen), **snart** som en **Trædning af Mennesker eller Heste,** hvorved Hjulet bliver til et Ganghjul, snart som en **Dragekraft,** som man lægger paa Haandspagerne, og hvorved man sædvanlig betiener sig af en Hest osv. Alt dette vil ivrigt blive Eder saameget desto klarere, jo flittigere I besøge saadanne Steder, hvor slige Maskiner ere at see. Vind- og Vandmøller, Vogntog, ja selv Spindestuerne frembyde den skiønneste Leilighed til interessante og nyttige Anstuelser og Belæringer.

5) Hjulet paa sin Axe fremtræder snart som **Vinde** (Fig. 41) eller Hjulvinde (tydsk Haspel), snart som **Jordvinde** (Gangspil, tydsk Göpel) (Fig. 42).

Fig. 41.

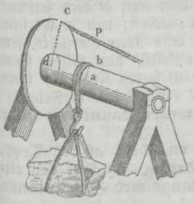
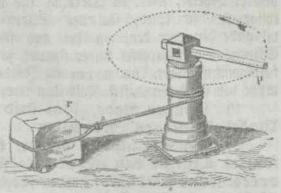


Fig. 42.



Som **Hjulvinde**, naar Axen eller Cylinderen har en horizontal Beliggenhed, som **Jordvinde**, naar den staaer lodret. I begge Figurer betyder r Lasten og p den paa den virkende Kraft. Ved Hjulvinden maa jeg endnu engang henvise til Axens og Hjulets Halvdiameter ab og dc. I indsee nu vel, at vi ved p kun behøve at anvende en meget lille Kraft, for at bevæge Lasten r.

e. En Forbindelse af flere i hverandre gribende tandede Hjul kaldes et Hjulværk.

I et Hjulværk have stedse 2 Hjul een og samme Axe, om hvilken de ikke kunne bevæge sig uafhængig af hverandre. I det mindre Hjul paa den ene Axe indgriber stedse det større Hjul paa den anden Axe, saaledes som Fig. 43 viser. Vi ville kalde Halvdiametrene af de mindre Hjul r, r′, r″ og af de større R, R′, R″. Paa det underste lille Hjul virker en Last eller Modstand Q, som skal holdes i Ligevægt af en Kraft P paa det øverste store Hjul. Antage vi endnu to Kræfter p og p′, som skulde tilveiebringe Ligevægt paa første og andet Hjul for sig, saa er $Q = pR$, $pr' = p'R'$, $p'r'' = PR''$, og derfor $= \frac{r\,r'\,r''}{RR'R''}\,Q$ eller $P : Q = rr'r'' : RR'R''$.

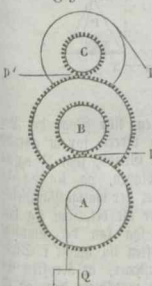


Fig. 43.

§. 11.

Skraaplanen.

Hvilke Midler Fragtkudske, Skippere og slige Folk betjene sig af for at skaffe visse Ting, f. Ex. store Tønder, enten op paa Fartøierne og Vognene eller ogsaa ned deraf, vide I vistnok Alle, eftersom I næsten daglig kunne see dette. Et Bræt eller et Par Løftestænger bringer sædvanligen uden betydelig Kraftanvendelse til Maalet. Ogsaa denne Sag fortjener en nøiere Undersøgelse, og dette saameget desto mere, som en stor Mængde andre Begivenheder staaer dermed i den nøieste Forbindelse.

Har jeg en Glasskive, hvis Beliggenhed først er vandret, men som jeg successiv giver en stedse større Bøining mod Horizonten, og betynger den,

hver Gang jeg har givet den en anden Beliggenhed, med et eller andet godt poleret Legeme, f.Ex. en Tærning, saa vil jeg blive vaer, at dette forbliver roligt paa sit Sted, saalænge Skiven svæver vandret; men at det strax vil glide hen over den, og det med saameget desto større Hurtighed, som Skivens Boiningsvinkel bliver større; ja at det tilsidst, naar Skiven staaer fuldkommen lodret, vil nærme sig Jorden med en saadan Kraft, at denne neppe ved et Legemes frie Fald kan være større. Heraf lære vi Følgende:

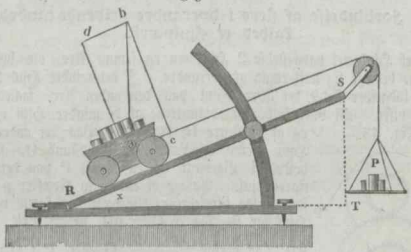
1) **Enhver Flade, som med Horizonten danner en spids Vinkel, kaldes en Skraaplan.**

2) **En Skraaplan hæver stedse en Deel af det Tryk, som et Legeme kan udove paa sit Underlag, og kun den tilovers blevne Deel deraf driver Legemet langs med Skraaplanen til Jordens Overflade.**

3) **Skal et Legeme nodes til at forblive rolig paa et Sted af en Skraaplan, saa maae vi stille en Kraft mod det, der forholder sig til Legemets absolute Vægt, som Skraaplanens Høide til dens Længde.**

Dette bevise vi saaledes. I Fig. 44 forestiller RS Skraaplanen RT

Fig. 44.



den horizontale Flade, SRT Boiningsvinkelen, og en lille Vogn det Legeme, som er sat paa Fladen RS. Jeg drager nu videre, for at antyde den Retning, i hvilken Tyngden virker, ba, og af en Grund, som I ogsaa strax skulle lære at kjende, bd, parallel med Skraaplanen, og be og da retvinklet derpaa. Paa denne Maade naaer jeg til det her vigtige Parallelogram bdae, Have I nu ret levende indprænet Eder alt det, som jeg har meddeelt Eder over faste Legemers jævne Bevægelse, saa kan det umuligt være fremmed for Eder, naar jeg tænker mig Kraften ba opløst i Sidekræfterne da og bd, og naar jeg for det Andet paastaaer, at Kraften da aldeles ophæves ved den Modstand, som Skraaplanen modsætter den, og at vi derfor kun behøve at holde Kraften bd i Ligevægt. Hvad jeg endelig endnu siger Eder, at nemlig bd forholder sig til ba, som ST til SR (Mathematikerne agte ved Opstillingen af denne geometriske Proportion paa Ligheden mellem de to Trekanter bda og STR, maae I iovrigt forsaavidt som I ere ubekjendte med Ligheds tilfældene, troe paa mit Ord. Ville vi nu anskueliggjøre ovenstaaende Paastand, behøve vi blot, for at forhindre Vognens Bevægelse, at befæste en Snor ved den, at slynge denne om en Trisse, og hetynge den nedhængende Ende med en Vægt P.

Ved Slutningen af mine Betragtninger over Skraaplanen i Almindelighed forelægger jeg Eder endnu følgende to Spørgsmaale: 1) **Hvorledes forholder det sig med Størrelsen af den Kraft, som vi maae anvende, for ikke alene at holde en Last i Ligevægt paa et Sted af en Skraaplan, men ogsaa bevæge den opad?** og 2) **Hvormeget mere have Hestene at trække, naar Vognen skal opad en Bakke, end naar den skal bevæges henad en jævn Slette?** — **Svar:** I første Tilfælde behøver Kraften (Rivningen er taget med i Betragtning) kun at være meget lidet større, end den Kraft, som strøber at drive den nedad mod Jorden. Beløb denne sig f.Ex. til 80 Pd., saa vilde ogsaa en Vægt af 81 Pd. føre til Maalet. Ved Vognen, som skal opad en Bakke, have Hestene altsaa, foruden Rivningen imellem Axen og Hjulet, endnu at overvinde den Vægt, som uafbrudt trykker Vognen ned mod de lavere Steder.

§ 6.

Særdeles vigtige paa Lovene for Skraaplanen beroende Værktøi.

a. Kilen.

Kilen bruges især til at spalte Træ, store Stene osv. med. Jo svagere den er, d. v. s. jo større Høide den har i Forhold til Ryggens Brede, desto mindre Kraft behøve vi at anvende for at slaae den ned i et Legeme; men desto mere tabe vi og i Hurtighed, fordi en kortere Kile, indtrevet til en vis Længde i det Legeme, som skal spaltes, driver det hurtigere fra hinanden. Store Knive, Øxer, Sabler, Meisler, Saxe, Ploxjern, ja selv Naale og Spyd, som have en Mængde Sideflader, ere ikke andet end Kiler.

Til Ovenstaaende føier jeg endnu Følgende:

1) **Kilen bedder enkelt, naar den ene Side støder sammen med Grundfladen under en ret Vinkel; dobbelt derimod, naar begge Siderne fra Grundfladerne af ere tilskjærpede.** Kun den Sidste have I vistnok seet. Den Første tjener især til at hæve forskjællige Laster iveiret, eller og til at bringe et Par Flader nærmere til hinanden.

2) **Ved Brugen af Kilen danner Modstanden, som et Legems Dele gjør ved deres Adskillelse, Lasten; Kraften er endvidere, idetmindste i de fleste Tilfælde, intet Tryk, men et Stød eller Slag, hvis Styrke ikke lader sig bedømme efter Lovene for Ligevægten.**

3) **Kalde vi Kilens Brede eller Tykkelse A og dens Længde B, saa forholder P sig til Q, det vil sige Kraften til Lasten, som A til B.** Have I derfor en Kniv, hvis Ryghrede forholder sig til Sidebreden som 1 til 20, saa behøve I kun at opbyde $\frac{1}{20}$ af den Kraft, med hvilken de Dele, som skulle adskilles, hætte sig sammen, for at faae den til trænge ind i Brødet eller et andet Legeme.

4) **Rivningen er stedse overordentlig stærk, hvor en Kile skal drives ind, og dette frembringer derfor meget betydelig Forskjæl.** Dette forbigaaer jeg imidlertid her, fordi paa den

ene Side de Undersøgelser, som have dette til Gjenstand, ere kun lidet interessante, og paa den anden Side fordre Kundskaber, som jeg ikke her tør forudsætte.

b. Skruen og Skuen uden Ende.

Skruens egentlige Legeme er **en lige Cylinder**; den Skraaplan, som lægger sig spiralformig om den, kaldes **Vinden**, og enhver Deel af den Sidste, som nøie løber gjennem eller over Cylinderens hele Omfang, kaldes Skruegangen. Vi adstille den **qvindelige Skrue** eller **Skruemoderen** ogsaa kaldet **Mottriken** fra den **mandlige Skrue** eller **Tapskruen**; ved hiin finde vi Gjængerne anbragte i en huul cylindrisk Flade, ved denne ere de derimod udarbeidede paa en Cylinders ydre Flade, og rage derfor frem over alle andre Dele. Huulskruen og Tapskruen virke iovrigt stedse til samme Tid, idet den fordybede Skruegang nøiagtig svarer til den ophøiede. Skruen tjener baade til at lette Løftningen af en Last og til at udøve et stærkt Tryk ved en ringe Kraft. Men hyppigst bruges den dog til gjensidig at forbinde to Stykker af et Værktøi saaledes, at de holde fast sammen, men dog ogsaa kunne let adstilles igjen. En meget stor og paafaldende Anvendelse af Skruen finder Sted ved Trykningen af en Mynt. — Vi mærke os iovrigt her Følgende:

1) **Den Kraft, hvorved en Skrue sættes i Bevægelse, er enten anbragt umiddelbar paa den ene Ende af den eller og middelbar paa Enden af en Vægtstang.**

2) **Formedelst den Lighed, som Skruen har med Kilen, er den ogsaa lignende Love underkastet; Ligevægten finder her nemlig kun da Sted, naar Kraften forholder sig til Lasten eller Modstanden, som Afstanden af to Omgange** (Skruegangens Høide) **til Cylinderens Omfang.**

De her vedføiede Fig. 45 og 46 maae gjøre Eder dette indlysende.

Fig. 45.

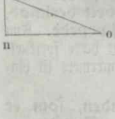


Fig. 46.

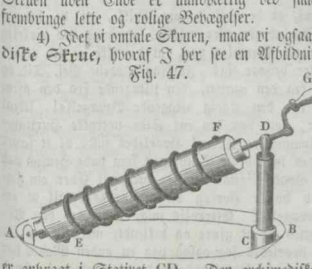


Lader os antage, at i Trekanten mno angiver mn Høiden af en Skruegang (mn er taget = cd) og no Cylinderens Omfang, mo vil da, naar vi ville Trekanten om Cylinderen, danne en Skruegang. Skruens Fremragninger passe nøie i Skruemoderens ab Fordybninger. Dreie vi nu, medens den sidste er fast, Skruen i Pilens Retning, saa vil Lasten, som J her see betegnet med P (Kraften kalder senere Q) vorde hævet. Lægger nu her især Mærke til den Omstændighed, at P, medens Dreiningen, altsaa Kraften, virker parallel med no eller Pilen, trykker paa Skruegangens Skraaplan. Vide J endnu blot, at den Kraft, hvormed et Legeme maa tilbageholdes paa Skraaplanen, forholder sig til Legemets Vægt som Høiden af hiin Flade til dens Længde, da kunne J heller ikke et Øieblik tvivle paa, at $\frac{P}{Q} = \frac{no}{mn}$ eller at P saa ofte indeholdes i Q, som en Skruegangs Høide i Cylinderens Omfang. Vi finde heraf Størrelsen af den Modstand, som en Skrue kan overvinde, naar Kraften, Cylinderens Omfang og Skruegangens Høide ere bekjendte.

3) **En Skrue, der er sammensat af en Skruespindel og et Tandhjul, saaledes at Vinden griber ind mellem Hjultænderne, fremskyder den ene Tand efter den anden og paa denne Maade dreier Hjulet om, kaldes Skruen uden Ende, fordi Skruen, ved Hjulets stadige Tilbagevenden, kan vedblive uophørlig at bevæges.** Lasten anbringes da paa Hjulets Arm, og det er let at indsee, at megen Kraft spares ved dette sammensatte Redskab. Slige Indretninger kan Enhver let faae at see i de fleste Pakhuse. Skruen uden Ende er unmdværlig ved saadanne Redskaber, som skulle frembringe lette og rolige Bevægelser.

4) Idet vi omtale Skruen, maae vi ogsaa specielt nævne den **archimediske Skrue**, hvoraf I her see en Afbildning (Fig. 47). Dette Instrument bestaaer af en Cylinder, omkring hvilken et Rør, EF, er viklet ligesom en Skruegang. Cylinderens Axe har en temmelig stærk Hældning mod Horizonten eller Jorden, og hviler i to Understøtningspunkter saa hele Instrumentet kan omdreies. Det ene Understøtningspunkt er ved A, det andet ved D, hvilket sidste er anbragt i Stativet CD. Den archimediske Skrue er beqvem til at udmale Vandet af side Egne, undertiden ogsaa til at løfte stovagtige og kornede Legemer iveiret. Naar noget Stort skal udrettes ved denne Skrue, især paa Marken, pleier man gjerne at sætte en Vindmølle i Forbindelse med Axens øverste Endepunkt, hvor Haandtaget G her er anbragt. Skruegangens nederste Ende E er aaben, og maa ligge saa lavt, at den under Omdreiningen kan komme under den Masse, som man vil have f.Ex. her Vandbeholdningen AB. Ved Omdreiningen vil da den Masse, som skal løftes, trænge ind af Aabningen E, og derved under Omdreiningen løftes noget iveiret; men snart formedelst sin Tyngde synke ned i den næste Skruegang, som indtager det nederste Sted paa Cylinderens Yderside; men ved Omdreiningen vil Vandet saaledes fremdeles løftes og synke, indtil det tilsidst løber ud ved F.

Fig. 47.



Slutnings-Bemærkning. Vi have hidtil ved de omtalte Maskiner ladet **Rivningen** eller **Friktionen** blive udenfor Betragtningen; men naar man virkelig vil konstruere og anvende slige Maskiner, saa bliver det aldeles nødvendigt ogsaa at tage Hensyn til Rivningen; thi Erfaring lærer os, at i Virkeligheden ere Virkningerne stedse noget mindre end Theorien angiver. Aarsagen hertil er som sagt Rivningen og desuden ogsaa Snorenes Stivhed. Rivningen afhænger ikke synderlig af Fladernes Størrelse; men derimod af Trykket. Rivningen er størst ved Gnidning, ringere derimod ved Tapper og mindst ved Valser; det Sidste finder f.Ex. Sted ved rullende Hjul. Efter Morin udgjør Gnidningsrivningen i Brøddele af Trykket ved Eeg mod Eeg $0_{,39}$, Kobber mod Eeg $0_{,62}$, Støbejern mod Støbejern $0_{,15}$, Messing mod Støbejern $0_{,19}$, Jern mod Jern $0_{,13}$; bringer man Olie mellem de sig indbyrdes gnidende Legemer, udgjør Rivningen overalt kun 0_{07}, til $0_{,08}$ af Trykket. Paa en god Gade udgjør Tap- og Valse-

rivningen tilsammen $\frac{1}{15}$ til $\frac{1}{20}$; og paa en Jernbane $\frac{1}{180}$ til $\frac{1}{240}$ af Lasten. Blandt alle Maskiner er Rivningen størst ved Skruen, fordi her kileformige Klemninger træde til, selv ved en temmelig nøie Konstruktion. — Iøvrigt har Rivningen ogsaa sin Nytte; uden den vilde f.Ex. Skruen og Skraaplanen være høist farlige som enkelte Maskiner.

§ 8.

Spørgsmaal og Opfordring til Gjentagelse.

Om hvilke Legemer sige vi, at de hvile? om hvilke, at de bevæge sig? hvad forstaaes ved tilsyneladende eller relativ, og hvad ved virkelig eller absolut Hvile? Angiv nogle Exempler paa, at det ikke er let at afgjøre, om visse Ting hvile eller bevæge sig! Forklar Ordene Vei, Tid og Hurtighed! Adstil den jævne fra den ujævne, den tiltagende fra den aftagende, den stadig tiltagende fra den stadig aftagende Bevægelse! Udtal endnu engang de 3 Sætninger, som paa den ene Side udtrykke Hurtighed og paa den anden Side Rummet og Tiden! Hvorledes finde vi et jævnt bevæget Legemes Vei? Hvorledes lyde de to Sætninger, som have Hensyn paa to Bevægelsers Forbindelse? Hvad Vigtigt har jeg meddeelt Eder om Parallelogrammets Diagonal? Ved hvilke Forsøg ledede jeg Eder til at erkjende den stadig tiltagende Bevægelse? Eftervis mig, hvorledes den Atwoodske Faldmaskine kan benyttes til at gjøre os bekjendte med Lovene for det frie Fald! Angiv tillige, hvorledes jeg ogsaa paa en anden Maade har ført Eder til at indsee det Samme! Udtal endelig denne Sætning! Hvad vide I at sige mig om et vertikalt opad kastet Legeme? Hvorfor passe alle Eders Angivelser kun for saadanne Legemer, som hverken stige alt for høit eller falde alt for dybt? Oplys ved to Tegninger, hvorledes det forholder sig med Kastebevægelserne? Hvad sagde jeg Eder ved denne Leilighed om Skydegeværets Retning? Forklar Begreberne: Centripetal-Kraft, Tangential-Kraft, Central-Bevægelser og Flye- eller Centrifugal-Kraft. Ved hvilke Tegninger gjorde jeg Eder bekjendte med de saa særdeles vigtige Centralbevægelser? Hvad vide I ellers at meddele mig om dem? Hvori ligger Forskjællen mellem enkelte eller mathematiske og sammensatte eller physiske Penduler? Hvilke Kræfter ere i Virksomhed under Svingningen af dette Instrument? Udtal den Sætning, som I have lært at kjende med Hensyn til Pendulbevægelsernes Tider og Hurtigheder! Hvilken Indretning har den saakaldte Nistpendul? Hvorom meddeler Pendulen os den mest tilfredsstillende Oplysning? Hvoraf ere Stødets Phænomener afhængige? Naar er Stødet centralt eller excentrist? naar lige eller skjævt? Beskriver Slag- eller Perkussions-Instrumenterne! Hvorledes lyde de 3 Love for uelastiske Legemers lige Stød? Paa hvilken Maade henledede jeg Eder til disse Love? Bestriv de interessanteste Forsøg, som jeg har anstillet ved mit Slaginstrument og nogle Elfenbeens Kugler! Hvorledes forklarede jeg Eder de Phænomener, som derved bleve fremkaldte? Angiv Alt, som I mindes om det skjæve Stød! Hvilke Experimenter vise Eder, hvorledes det staaer sig med Legemernes Tyngdepunkt? Udtal endnu een Gang de 7 Sætninger, i hvilke jeg har sammenfattet det Vigtigste angaaende Tyngdepunktet! Nævn mig en Mængde Phænomener, som alene beroe paa Tyngdepunktets Beliggenhed! Naar staaer et Legeme meest fast og sikkert? Hvad forstaaes ved en Vægtstang? Adstil de forskjællige Arter af Vægt-

stænge! Hvad forstaae I ved Kraft og Last? Under hvilke Betingelser er Vægtstangen i Ligevægt? Bevis dette ved hensigtsmæssige Figurer 1) med Hensyn til den ligearmede 2) den uligearmede 3) den eenarmede mathematiske Vægtstang! Hvorledes godtgjorde jeg, at den nævnte Lov ogsaa finder Sted ved Vinkelvægtstangen? Hvorledes naar Kræfterne ikke virke ret-, men skævvinklet paa Vægtstangen? Hvad har jeg meddeelt Eder om den physiske Vægtstang? Nævn mig ret en stor Mængde og dagligdags Fremgangsmaader, for hvilke Lovene for Vægtstangen ligge til Grund! Angiv mig endvidere, hvad I Alle have hørt om Vægtskaalen og Bismeren! Beskriv den bevægelige og ubevægelige Tridse ved hensigtsmæssige Figurer! Naar forbliver hiin, naar denne i rolig Beliggenhed? Hvilke Tjenester yde de os? Hvad vide I at sige mig om saadanne Maskiner, som ere sammensatte af flere Tridser? Hvad forstaaes ved Hjulet paa sin Axe? Hvorved adskiller Vinden sig fra Jordvinden? Hvorledes anbringe vi Kraften og Lasten ved disse to Maskiner? Hvorvidt er ogsaa Hjulet paa sin Axe en uligearmet Vægtstang? Hvad forstaaes ved et Tandhjul og ved et Hjulværk? Hvorledes oplyste jeg Skraaplanen ved Hjælp af en Glasskive? Hvilken Lov finder Anvendelse ved Skraaplanen? Bevis Rigtigheden deraf ved en Tegning! Siig mig endvidere alt Vigtigt, I vide at sige om Kilen og Skruen!

Tredie Afsnit.

Draabeflydende Legemers Bevægelse og Ligevægt.

Forbemærkning. Der gives intet draabeflydende Legeme, som besidder en større Vigtighed end Vandet; jeg vil derfor i dette Afsnit ogsaa næsten ene tale kun om det. Men I kunne mere eller mindre overføre ogsaa paa de andre draabeflydende Legemer, hvad I ville faae at høre om Vandets Tryk, Bevægelse, Ligevægt osv.

§ 1.

Vandet i Sammenligning med flere andre draabebare Flydenheder.

Vandet er en Ting, som er Eder Alle mere eller mindre bekjendt. Ogsaa vide I Alle, at Vandets Dele let kunne adskilles og flydes over i hverandre. Med Hensyn til denne allerede forhen omtalte Egenskab, have vi allerede for henregnet det til de **draabeflydende Legemer**. Eftersom Vandet endvidere trænger ind i saadanne Mellemrum, som formedelst deres Ubetydelighed stedse forblive skjulte selv for det bevæbnede Øie, kalde vi det, for at adskille det fra Tjære, Honning, Sirup o. dl. et **letflydende Legeme**. Hvo, der iøvrigt vil fuldstændig besvare det Spørgsmaal: „hvad er Vandet?" tør

paa ingen Maade lade sig nøie med de Ord: „Det er et letflydende draabebart Legeme“ men maa endnu angive adskillige andre Egenskaber derved, forat ikke hans Forklaring ogsaa skal passe paa Olie, Vinaand og mange andre Flydenheder. Lader os betragte dette Glas Vand! Jeg har kastet et Pengestykke i Glasset, og I see saavel dette som Vanden af Glasset; det Samme vilde være Tilfældet i et nok saa stort Kar Vand. Ogsaa denne Eiendommelighed ved Vandet er Eder bekjendt fra Ungdommen af. Vi sige derfor: Vandet er **gjennemsigtigt**. Og skulde nu Nogen af Eder angive Vandets Farve, ja da vilde han komme i Forlegenhed; thi Vandet er **farveløst**. Endelig veed ogsaa Enhver, at Vandet endvidere **hverken har Smag eller Lugt**. Vi kunne nu fuldstændigt besvare Spørgsmaalet ved at sige: **Vandet er et draabebart, letflydende, gjennemsigtigt Legeme, uden Farve, Lugt og Smag.**

Følgende fire Punkter ere endnu af Vigtighed:

1) **Vandet her, som vi gjentagne Gange have betragtet, er destilleret, d. v. s. saavidt muligt befriet fra alle fremmede Tilsætninger.** Kildevand, Brøndvand, Flodvand osv. mangler sædvanlig snart denne, snart hiin af de angivne Egenskaber, og saadanne Udtryk som: „Vandet smager haardt, blødt, surt, bittert, salt osv.; det lugter ubehageligt, det har en gulagtig Farve osv.“ ere ingenlunde grebne ud af Luften, men bero paa de forskjellige Ting, hvormed Vandet er blandet. Jo renere Vandet er, desto blødere er det, jo urenere, desto haardere. Næsten reent giver Naturen os det i Snee og Regnvand. Men hvori ligger vel Aarsagen til, at selv ikke saadant Vand er ganske frit for fremmedartede Dele?

2) **Vandet kommer undertiden i Forraadnelse og faaer da en afskyelig Smag.** Ogsaa dette er en Virkning af fremmede med Vandet blandede Stoffer. Lægger blot en dyreagtig eller planteagtig Masse i Vandet, og inden kort Tid vil den betegnede Tilstand indtræde. Besynderligt er det: selv saadant Vand bliver atter drikkeligt og fordrageligt for Sundheden, hvorimod hiin Masse afsondrer sig fra Vandet som fordagtigt Slam og synker tilbunds. Med den sidste Forvandling ere nemlig de Søfarende ikke ubekjendte; derfor lade de det ferske Vand, som de have medtaget paa lange Reiser, rolig fuldende sin Gjæring, og drikke det sidenefter hellere end forhen.

3) **Kul er berømt som et Middel, der virker meget kraftigt saavel mod Vandets som andre draabeflydende Legemers Forraadnelse.** Ville I gjøre et saadant Brug af Kul, saa maae I støde dem til Pulver, komme dem i det fordærvede Vand og tilføie et par Draaber koncentreret Svovlsyre; rører nu alt dette mellem hinanden og sier tilsidst Flydenheden gjennem et reent, stort Hampe- eller Uldklæde! Paa samme Maade kunne I ogsaa deels vedligeholde Olie, Brændevin o. dl. i god Tilstand, deels atter befrie dem fra deres slette Egenskaber. Olien taber f. Ex. sin ramme Smag, og hvis den endnu Intet feiler, vil den blive sat istand til endnu længe at vedligeholde sig i brugbar Stand. Selv Honning, Sirup af Runkelroer osv. give de pulveriserede Kul en bedre Smag. Hvor særdeles vigtigt det maa være for de Søfarende, at besidde et Middel, hvorved de atter kunne gjøre fordærvet Vand godt, er af sig selv saa indlysende, at vi ikke behøve at opholde os længere derved.

4) **Vandet er en selvstændig Flydenhed, d. v. s. draabe-**

bar ved sig selv og i reen Tilstand. Ligeledes forholder det sig vidcre med **Qvægsølv, Vinaand, Æther og flydende Olier. Qvægsølv** vindes reneſt af Zinober, er tinhvidt, uigjennemsigtigt og af en stærk Glands, overhovedet som et sandt fuldkomment Metal og opløser alle andre Metaller med Undtagelse af Jernet, hvorpaa det ligesom bryder sin Kraft; — **Vinaand**, denne brændbare Flydenhed, som vi ved vore physikalske Forsøg maaskee ligesaa ofte gjøre Brug af, som af Qvægsølv, danner sig, naar søde Plantestoffe gjennemgaae Giingjæringen, og endeel af Sukkeret, som de indeholde, gaaer over til et draabebart Legeme; — **Æther**, som J hverken maae forverle med Bjergnafta, den fineſte Slags Bjergolie, eller med den elaſtiſke Flydenhed, som efter Physikernes Antagelse skal være udbredt over hele Verdensrummet, frembringes ved Syrer af Alkohol eller særdeles vel renset Vinaand (Svovlsyre med Vinaand giver os f. Ex. **Svovlæther**) er særdeles flygtig, antænder sig allerede ved Tilnærmelsen af en Flamme og virker som Opløsningsmiddel ved mange Legemer blandt andre ved den elaſtiſke Harpix; — om de flydende Olier er det ikke nødvendigt her at tale videre, da de ere almindelig bekjendte.

§ 2.

Om Vandets Evne til at udvides og sammentrykkes, samt om dets Elaſticitet.

Den almindelige Sætning: „stigende Varme udvider Legemerne, aftagende sammentrækker dem" finder ogsaa Anvendelse paa Vandet i en meget betydelig Grad, hvilket blandt Andet let erkjendes, naar vi sætte Vand over Ilden. **Vandet besidder altsaa Udvidelses-Evne;** — men er det vel ogsaa sammentrykkeligt eller kompresſibelt? Med Hensyn paa det Phænomen, som det fremstiller for os ved aftagende Varme, maae vi strax bejae dette Spørgsmaal; ganske anderledes forholder det sig derimod, naar vi ville efterviſe Vandets Sammentrykkelighed ved et mekaniſk Tryk.— Da de herhen hørende Experimenter ere vanskelige at anstille, maa jeg her nøies med at sige, at draabeflydende Flydenheder ere ialmindelighed mindre kompresſible end faſte Legemer. Saaledes vil f. Ex. et Kanonløb, hvis Vægge ere 3 Tommer tykke, og som man har fyldt med Vand, før briste, end man vil kunne sammenpresse Vandet deri blot $\frac{2}{50}$ Deel af dets Volumen. Beviset herfor ligger nær. Som J senere skulle høre fuldstændigere, forringer Vandets Volumen sig ved **een** Atmosphæres Tryk neppe $\frac{2}{20000}$, men nu behøves der ikke 1000 Atmosphærer for at sprænge en Cylinder af Messing, med 3 Tommer tykke Vægge. Blandt alle Legemer lader Luften og Gasserne sig letteſt sammentrykke.

For Vandets **Elaſticitet** taler en Mængde Phænomener, som ere sædvanlige i det daglige Liv. En flad Steen f. Ex., der med en vis Færdighed kastes benad en stor Vandflade, hopper saalænge den derpaa, til Tyngden tilsidst driver den tilbunds. Fiskene i en Dam vise sig strax ved Overfladen, naar man med en Klokke ringer til Fodring. Ogsaa høre vi Lyden, naar vi med en Hammer slaae paa en Klokke under Vandet. Fandt denne Virkning ikke Sted, naar man ved Kogning eller ogsaa ved en Luftpumpe havde skaffet Luften bort af Vandet, saa kunde man let tro, at det var Luften, som ogsaa i dette Tilfælde forplantede Lyden. Men Virkningen bliver stedse under de forskjælligste Omstændigheder den samme. Vandets Ela-

sticitet er imidlertid ikke stor; bevæge I Eders flade Haand langsomt hen over Vandfladen, saa fornemme I en yderst ringe, paa maaskee slet ingen Smerte; men gjøre I det hurtigt og med Kraft, saa erholde I et meget ubehageligt Slag; og var det muligt at udføre det betegnede Forsøg med en uhyre Hurtighed, saa vilde Eders Haand blive stillt fra Armen og kastet langt bort. Man mangler ikke Exempler paa, at Folk have slaaet Sabelklinger itu paa Vandet, ja at selv Bøssekugler, som man har udskudt i en meget skraa Retning, d. v. s. under en ualmindelig lille Vinkel, have prællet tilbage. Dette erfarer engang en Jæger, som stjød efter Karrer i en Dam, og erholdt flere Hagelkorn i Ansigtet. — Man har i lang Tid antaget, at Vandet, saavelsom andre draabeflydende Legemer ei skulde kunne sammentrykkes. At dette ikke forholder sig saaledes, har man i de senere Tider lært at indsee. Sammentrykkeligheden er iøvrigt meget ringe, og da den kun kan gjøres anskuelig ved Hjælp af store Kræfter og konstige Indretninger, saa vil jeg ikke her beskrive nogle Experimenter. Kun saameget vil jeg tilføie, at blandt Andre har vor berømte Landsmand, H. C. Ørsted, opfundet et Instrument, hvorved Vandets Sammentrykkelighed kan godtgjøres. Tvende andre Naturforskere, Culladon og Sturm, ville have udfundet, at den Rumforminderskelse, som Vandet lider ved et Tryk af 16 Pd. (een Atmosphære) paa enhver Qvadrattomme af dets Flade, udgjør kun $\frac{1}{51}$ Milliondeel af det oprindelige Rum. Ligesom faste og elastiske Legemer (tænker herved endnu eengang paa Forsøgene med Gummielastikum, Elfbenbøen, Staalstrimler, Luft osv.) udvide sig, naar den sammentrykkende Kraft ophører, saaledes ogsaa draabeflydende.

Lægger endnu Mærke til Følgende:

I vide Alle, at Vandet, naar det udsættes for en vis Grad af Kulde, forvandler sig til et fast Legeme, som vi kalde Jis; men maaskee er det ikke Eder Alle bekjendt, at det under den betegnede Overgang atter udvider sig pludselig, og at det, naar det ved denne Tid er indesluttet i et snævert Rum, aabenbarer en overraskende Kraft. Engang gjød en Naturforsker Vand i et stærkt Jernrør, stoppede det til og udstatte det for en betydelig Kulde, — og i samme Øieblik, som Vandet frøs, fløi ogsaa Røret fra hinanden. Forsøg med tykke Bomber have givet et lignende Resultat. Bjælker, store Træer, ja selv mægtige Klipper ere brustede, naar de Vanddele, som have været i dem, have forvandlet sig til Jis. Det Samme kunne vi iagttage ved Urtepotter, Flasker og lignende Ting om Vinteren. **Men hvorledes kan det vel bænge sammen, at Jsen indtager et større Rum, end det Vand, hvoraf det har dannet sig?** Herom svæve vi desværre endnu i Uvished. Naar Vandet fryser, danner der sig lange Naale, som under Vinkler af 60 til 120 Grader sætte sig høist regelmæssigt ved Siden af hinanden. At nu disse Naale ikke kunne gjensidigt forbinde sig, saaledes som Vandkuglerne tidligt, er af sig selv ligesaa indlysende, som at Jiskuglerne i deres Bevægelser maae danne mange tomme Rum, efterdi Vandet under Frysningen mere følger Krystallisationens Lov, end Loven for den indre Tiltrædning. I denne uregelmæssige Bevægelse ligger ufridigt en af de vigtigste Aarsager til ovennævnte Phænomen; ogsaa bliver Jsen maaskee derfor lettere end Vandet, fordi en Mængde Luft gaaer bort af det sidste, naar det gaaer over i fast Tilstand.

Jo større Kulde, jo haardere Jis. Den Haardhed, som Jsen undertiden opnaaer i det høie Norden, er saa betydelig, at den neppe

lader sig slaae istykker med en Hammer. Dette skal jeg oplyse ved et Exempel.

I den yderst strænge Vinter i Aaret 1740 lod Keiserinde Katharina af Rusland bygge et Pallads af Isen paa Newafloden. Det erholdt en en Længde af 52½, en Brede af 16½ og en Høide af 29 Fod. Alle de Stykker, hvoraf man betjente sig, vare formede som Qvaderstene og lagte paa hinanden efter Bygningskonstens Regler; selv Stole og Borde, Skabe og Kommoder, Søm, Negler, Vinduesruder o. dl. bestod af Is. Foran Palladset saae man endvidere 2 Bombemørsere og 6 sædvanlige Kanoner med deres Lavetter af samme Masse. At der blev fyret med dem uden at de sprang, leverer aabenbart det bedste Bevis for Isens utroelige Haardhed i strænge Kulde. I Førstningen stød man vel kun med fastdreiede Hampekugler; men tilsidst med Jernkugler. Ladningen bestod desuden sædvanlig af et Fjerdingstrund Krud. Mærkværdigt nok indeholdt Isspaladset ogsaa en Badstue, som virkelig adskillige Gange blev opvarmet. Efter omtrent 2 Maaneders Forløb forsvandt atter denne konstige Bygning.

§. 3.

Vandets Tyngde.

For at lære at kjende Vandets Tyngde behøve vi blot simpelt hen at veie et vist Maal Vand paa en Vægtskaal; vi ville da finde, at 1 **Kubiktomme destilleret Vand med 15 Graders Varme efter Reaumur veier 1⅞ Lod.**

1) Kun af saadant Vand veier 1 Kubiktomme 1⅞ Lod. Hvorfor urent Vand og Vand under forskjellig Temperatur-Tilstand veier snart mere snart mindre, vil, efter hvad I forhen have hørt, ikke behøve nogen Forklaring. Een og den samme Spand, foldt Sommer og Vinter med rindende Vand, giver næsten 1 Pd. Forskjæl i Vægten. Dette sidste Exempel lærer os iøvrigt kun at kjende Vandets tilsyneladende Udvidelse; thi den absolute vilde vi først da erfare, naar vi ved Afveiningen betjente os af et Apparat, der ikke selv udvidede sig ved stigende Varme.

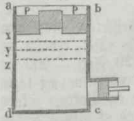
2) **Da Vandet har Tyngde, saa bevæger det sig fra de høiere til de lavere Steder; fra Kilderne flyder det i Bækkene; fra Bækkene i Floderne; fra Floderne i Havet.** — Hvo, der vil lære at kjende Vandets Tyngde endnu paa en anden Maade, han kan gaae hen til en Vandmølle, og han vil forundre sig over, hvorledes en meget ringe Vandmasse er istand til at sætte et Hjul af betydelig Størrelse i Bevægelse.

§ 4.

Vandets Tryk paa Vand og andre Legemer.

Her er det nødvendigt, at vi især kalde os de tvende Kræfter, som ogsaa betinge de dragbestydende Legemers Egenskaber, ret i Erindring; jeg mener Tyngden og Kohæsionskraften; den første virker som bekjendt paa de nævnte Flydenheder, ganske som paa faste Legemer; den sidste er den eneste Aarsag til, at disse vise sig i deres eiendommelige Tilstande, altsaa ikke som faste eller elastisk flydende Legemer. Forestiller Eder nu endvidere, at vi i Karret abcd (Fig. 48) besad en Vandmasse, som, fordi den ikke blot

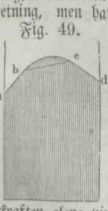
Fig. 48.



for neden og paa Siderne, men paa selve Overfladerne var fuldkommen bedækket, og paa fidstnævnte Sted endog ved et fast Stempel p, havde erholdt en bestemt Grad af Tætbed, men var uden al Tyngde, hvilket vel ligesaa lidet er Tilfældet med denne som nogen anden Flydenbed; og spørger Eder da tillige 1) om den vel, for at være i Ro, først behøvede et Kar, og 2) hvorledes det Tryk, som strax frembringes, naar vi paa een eller anden Maade belaste det af os ligeledes tænkte vægtløse Stempel vilde forplante sig. En saadan Flydenhed kan, overladt til sig selv, aabenbar ikke falde, og allerede spærret ved et Kar, vil det hvorken udflyde gjennem en Aabning i Bunden eller i Sidevæggene eller i Stemplet. Ganske anderledes forholder det sig imidlertid dermed, naar Stemplet erholder en Last at bære. I dette Tilfælde maatte nemlig x, det øverste Lag, synke, dersom det ikke blev holdt iveiret af y, det derunder værende Lag. Ligesom nu p trykker paa x og x paa y, saaledes ogsaa y paa z, z paa de følgende Lag osv. indtil Bunden af Karret. Bunden lider da et saadant Tryk, som om Stemplet umiddelbart hvilede paa det. Enhver, der nu ret har overveiet dette, kan umuligt længere tvivle paa, **at Trykket 1) forplanter sig fra oven nedad uden Tab af Kraft, 2) lige stærk paa ethvert Punkt 3) er stedse proportionalt med Udstrækningen af de Flader, som vi have for os til Betragtning.** Med Hensyn til Stemplet og Sideværgene finder ganske det Samme Sted. Sæt at vi borede et Hul i een af disse Dele; I vilde da see Vandet at springe frem, og tillige endvidere overtyde Eder om, at Udflydningen kun kunde forhindres ved et Modtryk, der forholdt sig til Belastningen som Hullets Flade til Stemplets Underflade; kort: **Flydenheden udbreder ligeligen til alle Sider det Tryk, som udøves paa en Deel af dens Overflade.** Det Spørgsmaal: om dette ogsaa er Tilfældet ved tungere flydende Legemer, besvarer jeg saaledes: det Tryk, som de enkelte Molekuler lide, hidrører fra deres egen Tyngde, og det gjør derfor ingen Forskjæl, om Flydenhederne ere tunge eller vægtløse.

Vi vende igjen tilbage til Vandet i Karret. Alfeet fra den ringe Indflydelse, som Karrets Vægge udøve derpaa (tænker herved paa Kapillariteten!) finde vi Vandets Overflade fuldkommen horizontal. Og saaledes maa det ogsaa være. Thi forudsat at den ikke viste sig saaledes, eller, som vi ogsaa kunne udtrykke os, ikke forholdt sig retvinklet til Tyngdekraftens Retning, men havde f.Ex. Beliggenheden abed (Fig. 49), saa behøvede I

Fig. 49.

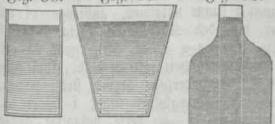


blot gjennem 2 Punkter deraf f. Ex. gjennem b og e at tænke Eder lagt en Skraaplan, og det vil da sikkerligen være Eder indlysende, at eftersom de draabeflydende Flydenheders smaae Kugler saa let skydes over i hinanden, den Deel Vand, jfom ligger paa hiin Plan, vil saalænge afledes, indtil Overfladen har overalt antaget den horizontale Beliggenhed.

Som det i denne Henseende forholder sig med Vandet i et Kar, saaledes forholder det sig ogsaa med Vandet i Havet, og saaledes er det os da klart, at hvis Tyngdekraften alene virkede, maatte Overfladen af alle Havets Dele danne en Kugel-Overflade, og være lige langt borte fra Jordens Middelpunkt. Da

jeg ikke agter at forklare saadanne Phænomener, som henhøre til den physiske Geographies Gebet, saa forbigaaer jeg her Jordens Sammentrykning mod begge Polerne, saavelsom ogsaa de periodiske Bevægelser: Ebbe og Flod.

Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52.



Vi ville nu see, hvorledes vi kunne beregne det Tryk, som flydende i Ligevægt sig befindende Masser udøve, saavel paa den horizontale Bund, som ogsaa paa Væggene i et Kar. Her see I nu henstillet for Eder flere Kar; det første (Fig. 50) er et lige, prismatisk Glas; det andet (Fig. 51) har nogen Lighed med en Tragt, idet det udvides opad; det tredie (Fig. 52) er snævrere foroven og ligner temmelig en sædvanlig Flaske. Alle 3 ere fyldte med Vand næsten til Randen. Betragter nu mit Glas, hvis Sidevægge staae lodret paa Bunden, og søger at bestemme det Tryk, som Sidestrøvte lider ved den derover sig befindende Vandmængde. Kalde vi nu Bundfladens Størrelse f^2, og Høiden af den Vandsøile, som staaer paa den, h; saa maa nødvendig hele Trykket, som Vandet udøver paa sit Underlag være lig $f^2 . h$, efterfom hele Vægten af den Vandsøile, som vi see opreist over ethvert Punkt i Bunden, trykker paa dette Punkt. — Betragter nu endvidere Fig. 51. At ogsaa her det Tryk, som Bunden har at udholde, er nøiagtigt saa stort, som Vægten af en Vandsøile, hvis Grundflade er lig Bunden, og hvis Høide er lig den lodrette Afstand mellem begge de horizontale Flader (to paa Grundfladen lodret staaende Streger antyder denne Afstand) er Eder vist ligesaa indlysende, som om jeg indskjød i Karret en baade forneden og foroven aaben Cylinder, hvis Grundflade havde nøie samme Størrelse som det tragtlignende Kar. Aabenbar ere nu alle Vanddele, som have deres Plads udenfor den indskudte Cylinder, ligesom slet ikke tilstede med Hensyn til Bundfladen. Men saaledes maa det ogsaa forholde sig, naar jeg atter drager Cylinderen op. — Betragter endelig tilsidst det tredie Kar (Fig. 52)! At den allerede to Gange udtalte Sætning ogsaa her skulde gjælde, forekommer Eder maaskee noget forunderligt; og dog er det saa. Overveier især to Ting: 1) At ustridig de Dele af Bundfladen, som ligge lodret under Vandmængdens Overflade, er udsat for et Tryk, der er lige stort med Trykket af alle de Vandsøiler, som hvile derpaa, og 2) At Flydenheder, hvis Ligevægt er bragt tilveie, forplanter Trykket ligeligt til alle Sider! Mon da vel ikke ogsaa under saadanne Omstændigheder de øvrige Dele af Karret maae udholde det betegnede Tryk? Kunde jeg gjøre Bunden bevægelig, og ved Vægt befæste det til det over den hvilende Vand, saa vilde Trykket vise sig nøiagtig ligesaa stort, som jeg har angivet det.

At det Tryk, som en Flydenhed udøver fra oven-nedad er aldeles uafhængigt af Karrets Form, lader sig let anstueligt bevise ved et Apparat, hvoraf I her see en Tegning (Fig. 53). Det bestaaer af et bøiet Rør abc, er befæstet i en Kasse og saaledes indrettet, at man ved a kan paastrue Kar af forskjællig Form. Naar man bruger det, gyder man først Qvægsølv i Røret og betegner ved et Mærke, som lader sig forskyde, paa Benet ved c Høiden h, til hvilken det opstiger. Derpaa anstruer man ved a det cylindriske Kar d og skjænker Vand deri til en bestemt Høide h. Derpaa

Fig. 53.

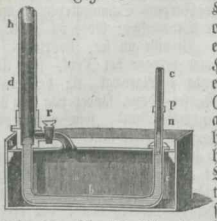


Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56.

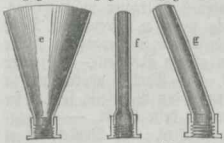


Fig. 57.

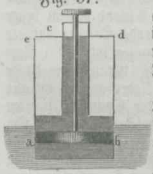


Fig. 58.

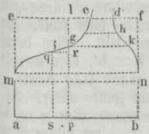


see vi til, hvorledes det staaer sig med Qvægsølvet i det andet Been og bemærke os Punktet p, hvortil det ved Vandets Tryk er naaet. Istedetfor Karret d, som vi ved Hanen r kunne udtomme, anbringe vi nu efter hinanden Karrene e (Fig. 54), f (Fig. 55) og g (Fig. 56), gyde ethvert af dem ligesaa høit fuld af Vand, som forhen d, og undersøge derved stedse paany, hvor høit Qvægsølvet stiger i Røret c. Naar vi nu see, at dette nøiagtigt naaer til p, ligemeget om Karrene ere lige eller stjæve, cylindriske eller tragtformige, saa kunne vi ikke længere tvivle om, at **Trykket ingenlunde afhænger af Karrets Form, men alene af Bundfladens Størrelse som og af Flydenhedens Høide og Natur.** Hvormegen Kraft udfordres der nu vel til enten at holde Kolben af en Vandpumpe, der er dannet efter Fig. 57, og hvis Vand staaer i det smalle Rør til c, ved ab eller til at drage den iveiret? Ganske vist saameget, som om det hele Rum abde var fuldt af Vand og trykkede paa Kolben. Forglemmer nu ikke, at vi med den samme Mængde Flydenhed kunne udøve snart et ganske ringe, snart et uendeligt stort Tryk.

For at bevise, at Flydenheden virker ikke blot paa Bunden af Karret, men ogsaa paa ethvert Punkt i dets indvendige Flade, behøve vi blot i et saadant Legeme at antage en Deling (Fig. 58) som har en parallel Retning med Vandspeilet adeu. Aabenbar bærer dette Vandlag Vægten af den flydende Cylinder nmpu. Men da den nu ikke synker, men meget mere forbliver ganske i Hvile, saa er det jo klart, at den maa udholde et fuldkomment lige Tryk i modsat Retning, nemlig fra neden opad. Fatter nu endvidere blot en Deel af denne Deling i Die, f. Ex. ab! Som det ikke behøver noget Beviis, naar vi paastaae, at paa ab virker fra neden mod oven en Kraft, der er ganske lige med Vægten af Søilen dabe, saaledes behøver det heller ikke noget Beviis, naar vi sige, at en Basis af en fast Cylinder, som vi neddykke i Flydenheden, maa udholde det samme Tryk fra neden opad. Antaget, at der i Bunden af et Skib fremkom et Hul, hvilket Modtryk maatte man vel da udøve, for at forhindre, at Vandet skulde stige i det indre Rum af Skibet? dog vel et saadant, der var ligt Vægten af en Vandsøile, hvis Basis var Hullet og hvis Høide var Hullets Afstand fra Vandspeilet. I indsee nu vel, at Bunden paa store Skibe maa være særdeles særkt konstrueret, dersom den skal udholde de høist betydelige Tryk af Vandet fra neden opad, og at endvidere de levende Skabninger, f. Ex. flere Fiskearter, som næsten stedse bve paa Havets Bund, maae yde Modstand mod et uhyre Tryk.

Jeg kommer nu til mit andet Hovedspørgsmaal: **Hvor stort er det Tryk, som et Stykke af Sidevæggen af et med Vand fyldt Kar maa udholde?** Maaskee kan efterstaaende Forsøg i nogen Maade lede Eder hen til Svaret paa dette Spørgsmaal. I see her et Kar (Fig. 59), som i sine Sidevægge har nogle smaae Huller, som befinde sig over og under hinanden. Efterat jeg nu har lukket disse ved nogle for dem indrettede Proppe, gyder jeg Karret fuldt af Vand og drager derpaa Proppene ud, saa hurtigt som muligt. Og hvad blive I nu vaer? Simpelt dette, at Vandet trænger frem af alle Hullerne, og dette desto stærkere, jo nærmere de ere Bunden, og jo høiere den Vandsoile er, som befinder sig over dem. Dette Phænomen giver aabenbart det meest slaaende Bevis for 1) **At Sidevæggene tage Deel i Vandets Tryk, og 2) At Trykket, som de lide, voxer med Dybden under Vandspeilet.** Betragter atter Figuren, og i denne især mn, som skal forestille et horizontalt Vandlag. Dette trykkes saaledes, som om det hele Prisma, hvis Basis det danner, og som strækker sig til Vandets Overflade, og altsaa har em til Høide, tyngede paa det. Da nu Trykket forplanter sig ligelig i alle Retninger, saa er det ogsaa aabenbart lige stort for alle Dele af Væggen, som i Fladeindhold stemme overeens med hinanden og befinde sig i samme Høide. Sæt, at jeg betegnede en lille Væggeflade med g^2 og Høiden af Vandprismet, der befinder sig derover, med h, vilde da ikke $g^2.h$ angive os det Tryk, som hiin Deel af Sidevæggene havde at udholde? Men hvortil skulle vel nu Linierne ed, gh og ik? Hvo beregner mig endelig det Tryk, som Vandet udøver paa en Dam, der er 100 Fod lang og 5 Fod dyb under Vandfladen? (Antager en Kubikfod Vand at veie 66 Pd.!)?

Fig. 59.



Om de Betingelser for Ligevægten af draabebare Flydenheder, som vi ovenfor have udviklet, ogsaa da gjælde, naar de befinde sig i saadanne Kar, som ere forbundne med hinanden (slige Kar kaldes **Kommunicerende** Kar) maa efterstaaende Forsøg lære Eder.

Jeg tager først et Rør med lige vide Been, a og b (Fig.60) i Haan-

Fig. 60.

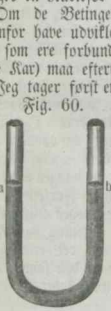


Fig. 61.



Fig. 62.

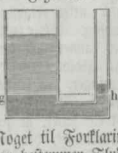


den og gyder deri en Vandmængde efter Behag. Resultatet er nøie som forhen; min Flydenhed kommer nemlig ikke for til Ro, før Overfladerne i begge Rørene ligge i en horizontal Plan. Jeg gjentager mit Forsøg men bruger herved tvende sammensatte Rør r og s af ulige Vide (Fig. 61). Og seer! ogsaa her staaer Vandet, efter at der ikke er selv den ringeste Bevægelse at mærke ved det, lige høit i begge Rørene. At Phænomenet ei heller da lider den

mindste Forandring, naar det ene Rør, er bøiet (see Fig. 62), viser Eder endelig Experimentet med det 3dje Slags af mine kommunicerende Rør. — Tænker Eder i det videre Kar en horizontal Skillevæg anbragt ved m; derved erholde J to Kar. Det Tryk, som nu Skillevæggen lider fra neden af opad, er da, naar J betegne Fladeindholdet deraf med B og Høiden pv med h, B . h; men B . h', hvis J antage ab for Vandspeilet i det videre og h' for Høiden am; Tænke J Eder nu endvidere Skillevæggen borte, saa vil Vandlaget, som træder i dets Sted, ligeledes blive trykket fra den ene Side med Kraften Bh og fra den anden med Bh'. Men heraf følger at **Ligevægt kun da finder Sted, naar h = h'**, eller udtrykt i Ord: **naar Vandspeilet i begge Rørene staae lige høit.**

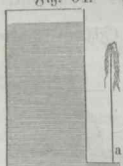
Til de ovenanførte 3 Experimenter føier jeg endnu tvende andre. Efterat jeg har gydt en Mængde Qvægsølv i de kommunicerende Rør g og h (Fig. 63) nemlig til den horizontale Flade gh, gyder jeg i det videre Rør g, endnu en Mængde Vand, og strax stiger Qvægsølvet i Røret h. Hvad J her især have at lægge Mærke til, er den Omstændighed, at Overfladerne af begge Flydenhederne ikke staae lige høit, at meget mere den lille Qvægsølvsøile over h holder den store Vandsøile over g i Ligevægt. Da J allerede vide, hvor særdeles forskjælligt Vand og Qvægsølv er med Hensyn til deres Tæthed, saa anseer jeg det for unødvendigt, at anføre Noget til Forklaring af det her under Omtale værende Phænomen. Aabenbar bestemmer Flydenhedernes Høide Forholdet mellem deres gjensidige Tæthed. Den Sætning: **Søilernes Høider forholde sig omvendt, som Flydenhedernes specifiske Vægt** kan først senere vorde erkjendt af Eder i sin fulde Nøiagtighed, da J endnu ikke have hørt Noget over den specifiske Vægt.

Fig. 63.



Ved det Rør, hvormed jeg nu vil experimentere, feiler, som Figuren (Fig. 64) ogsaa viser, det ene Been aldeles. For nu for det Første at forebygge, at Vandet ved a skal undvige tidligere end jeg ønsker det, tilslutter jeg den der sig befindende Aabning med en temmelig svær Plade af Metal. Først efter at dette er skeet, fylder jeg det videre Kar med Vand; og derpaa borttager jeg atter Metalpladen. Og see! en Vandstraale fremtræder af Aabningen og opnaaer næsten Høiden af det egentlige Kar. Hvad J iøvrigt endnu bemærke, at nemlig Karret overgaaer Aabningen a vel 10 a 12 Gange i Vide, er nødvendig, hvis Forsøget skal lykkes, og tør ingenlunde holdes for nogen Vilkaarlighed. Luftens Modstand, den ikke ringe Nivning paa Karrets Vægge, men især det nedfaldende Vand, som forhindrer det efterfølgendes frie Opstigen, ere Aarsagerne i at Straalen ikke opnaaer den samme Høide, som Vandspeilet har i Karret. Dets betydeligste Høide beløber sig omtrent $\frac{1}{50}$ af Trykhøiden.

Fig. 64.



At vi let, selv med et meget ubetydeligt Slag paa Proppen, slaae en Flaske itu, som er aldeles fuldt med Viin, Vand eller en anden draabebar Flydenhed; at der i Nærheden af en Flod eller Strøm, naar nemlig Bredens Bestanddele tillade Vandet Gjennemgang, nødvendig findes Vand i Grunden og næsten stedse i lige Høide med det egentlige Flod- eller Strømvand; at et Stib tilsidst ingensinde mere bliver vet brugbart, naar det har

været nedsænket i en betydelig Dybde, har faaet alle sine Porer opfoldt med Vand, og derved tabt sin naturlige Lethed; at Enhver, som vil fylde et høit Kar med en betydelig tung Flydenhed, f. Ex. med Qvægsølv, maa vel overlægge, om ogsaa de nederste Dele af Væggene have Styrke nok til at yde det stærke Tryk den nødvendige Modstand; at Vandets Virkning paa Sluser er særdeles skadelig, dersom det kan trænge frem under dem osv.: Alt dette vil ikke forekomme Nogen forunderlig, som har gjort sig noie bekjendt med Vandets Tryk paa Bunden og Sideveggene af Karrene.

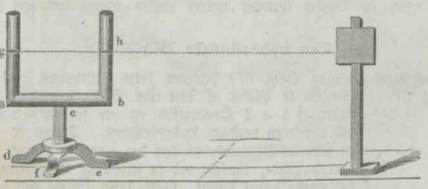
§ 5.

Særdeles vigtige paa Vandets Tryk beroende Redskaber.

a. Niveller- eller Vandvægten.

Niveller- eller Vandvægten bestaaer sædvanlig af et lige Blikrør ab (Fig. 65), der sædvanlig hviler horizontalt paa et Gestel cdef, og paa

Fig. 65.



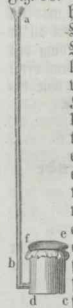
begge sine Ender a og b bærer to vertikal befæstede Glasrør. I Overensstemmelse med, at de draabebare Flydenheder stedse stræbe at erholde en lige høi Overflade i alle kommunicerende Kar, behøve vi aabenbar, for at erholde en fuldkommen horizontal løbende Linie, blot at fylde Rørene med Vand, eller endnu bedre med farvet Viinaand og at forbinde Flydenhedens Overflader i begge Glasrørene med hverandre ved en lige Linie. En Physikker bruger næsten alene Vandvægten til at stille sit Instruments Flader lodret; Landmaaleren derimod, hos hvem dette Instrument staaer i en ulige større Anfeelse, undersøger derved især hvor meget den ene af to fra hinanden fjærnede Punkter ligger over eller under det andets forlængede Horizontal-Flade. Den lodrette Forskjæl mellem begge Punkter kalde vi **Saldet**. Det er let at indsee, hvor vigtig denne Niveller-Vægt er f. Ex. ved Anlæggelsen af en Vandmølle, og at vi ikke sjælden, dersom Punkterne, som skulle iagttages, ligge langt borte, maae forbinde Instrumentet med en god Kikkert. I maae iøvrigt ikke troe, at det at nivellere er en meget let Forretning; nei, der træde os meget mere derved ofte saadanne Hindringer imøde, som ere vanskelige at overvinde.

b. Den anatomiske Hævert.

Den **anatomiske Hævert** bestaaer af et lavt, rundt Kar fdee (Fig. 66) og et omtrent 2 Fod langt Blikrør, ab. Over hiin Hovedeels vide Aabning er endvidere en fristBlære udspændt. Endelig er No-

rets indesluttede Rum og Rummet i Karret sat i gjensidig Forbindelse.

Fig. 66. Selve Forsøget med dette Instrument forvarsager ingen Besværlighed. Dertil fordres nemlig ikke videre, end at vi saalænge gyde Vand i Røret ab, til det bliver staaende ved det øverste Punkt a. Naar jeg nu paa den angivne Maade havde foldt Hæverten rigelig, hvilke Forandringer vilde jeg da vel bemærke ved den? Hovedsageligen denne, at Blæren nu ikke længere ligger vandret over Karret, men har uddannet sig til en Halvkugle; og netop i denne Udvidelse aabenbarer saavel Vandets Tryk sig, som opfaa den anatomiste Hæverts Nytte. Naar jeg nemlig paa bedste Maade vil erfare, hvorledes de enkelte Dele af en Hud eller et andet Legeme er beskaffent, behøver jeg blot at spænde det Stykke, der skal prøves over Karret fdec, og derpaa forsyne Blikroret med det fornødne Vand. Det indesluttede Vands Tryk lader sig isvrigt her anskueliggjøre paa en endnu simplere Maade. Hvo, som besidder et saadant Instrument, behøver nemlig blot, efterat han overensstemmende med Forskriften har foldt Røret, at gjøre en Mængde fine Huller i Bæren, og han vil da til sin Forundring og Glæde see, at Vandet springer iveiret næsten ligesaa høit som Rørets Høide



c. Den hydrostatiske Blæsebælg.

Hosstaaende Figur (Fig. 67) betegner dette Instrument. ed og ef

Fig. 67. foreftille to Plader af Træ eller Blik, som have Overflader af 1 a 2 Qvadratfod og ere forbundne med hinanden ved en vandtæt Lædrestrimmel. Denne er her af en særdeles Vigtighed, thi kun den gjør det muligt, at den øverste Plade, ligesom ved en sædvanlig Blæsebælg, snart kan vorde hævet iveiret, snart igjen lægges ned paa den anden Plade. Tænker Eder under ab et meget snævert, 5 til 6 Fod langt paa den ene Plade befæstet og med det indre Rum af den eiendommelige Blæsebælg sammenhængende Rør. Gyder jeg nu paa samme Maade, som ved den anatomiste Hævert Røret ab fuldt af Vand, saa ville I med Forundring bemærke, at den øverste Plade, selv da, naar I betynge den med tre Centnervægte, (som Figuren viser) eller om to Mennesker have opstillet sig derpaa, vil hæves iveiret. Den af Over-Kunstmester Höll i Chemnitz i Ungarn opfundne **Vandsoile-Maskine** er et Værktoi, som sættes i Bevægelse ved hiint Vandtryk, og meddeler atter denne Bevægelse til andre Maskiner, f. Ex. Sugepumpen. Hvorvidt isvrigt saavel den hydrostatiske Blæsebælg som ogsaa den anatomiske Hævert (den sidste er en Opfindelse af Mathematikeren Wolff) endnu kan tjene til at beregne Størrelsen af Vandets Tryk, maa vel alt være blevet Eder klart ved min tidligere Undervisning.



d. Den hydrostatiske Springbrønd.

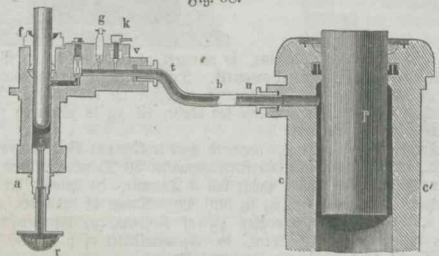
Det er i Sandhed ikke nogen synderlig vanskelig Sag at anlægge et **Springvand** eller en saakaldet **Fontaine** i Haver, paa offentlige Pladser osv., naar blot ikke dertil fattes Leilighed. Tænker Eder en Kilde paa

en Høide, hvis Vand omfattes af en Beholder, og ved et Rør bliver ledet til et lavere Sted; foreſtiller Eder endvidere, at det, naar det kommer til Enden af dette Rør, maa ſtige i et ulige kortere opret ſtaaende Rør, ſom aabner ſig i et lille Hul; og ſee I ere da gjorte tilſtrækkelig bekjendte med Anlæggelſen af de ſaakaldte **hydroſtatiſke Springbrønde**, hvilke I dog ikke maae forveksle med andre Fontainer, ſom ved en Pumpekolbs ſtærke Tryk eller ogſaa ved en ſtærk fortættet Luft bringes til at ſpringe. Om den ſidſte Slags Fontainer ſkulle vi i det Følgende høre noget Nærmere.

e. Den hydrauliſke Preſſe.

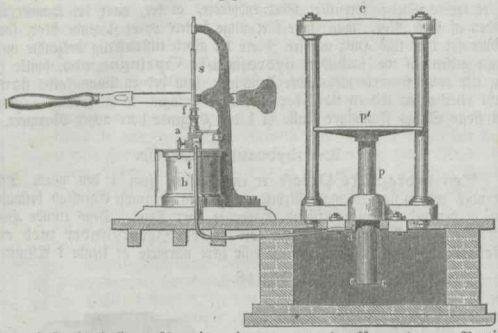
Den hydrauliſke Preſſe er en Maſtine, ſom i den nyere Tid anvendes ved en ſtor Mængde Arbeider, og hvis fornemſte Egenſkab beſtaaer deri, at den ved en ringe Afſtand udøver et ſtort Tryk. Dens tvende Hovedbeſtanddele ere **en Sugepumpe og en ſtærk Jerncylinder med en Metalkolb**; den **første**, ſom I ville lære nærmere at kjende i Afſnittet

Fig. 68.



om elaſtiſk-flydende Legemers Ligevægt, bevirker det nødvendige Tryk; den **ſidſte** modtager dette og meddeler det til den Gjenſtand, ſom ſkal preſſes. Fatter nu hoſſtaaende Figurer ſkarpt i Øie. Fig. 68 giver Eder et Gjennemſnits-Billede, Fig. 69 Totaludſeendet af den hydrauliſke Preſſe i formindſket Maaleſtok. Jeg hæver nu i Tankerne ved den **eenarmede Vægtſtang** l Kolben s iveiret. Strax ſeer jeg en Mængde Vand at træde ind under den; det kommer fra Beholderen b, gaaer igjennem Sien r og aabner ſig Ventilet i. Jeg lader nu atter Kolben s ſynke. Forhindret fra at vende tilbage i Beholderen b, fordi Ventilen i vel aabner ſig opad, men ikke nedad, maa Vandet, ſom ſtedſe bliver ſtærkere preſſet, ſøge ſig en anden Udvei, og det finder denne ved Klappen d. Figurerne viſe Eder nu videre, hvorledes det, efterat det har hævet d, naaer ind i Røret tbu og gjennem dette endelig i Preſſens Cylinder cc. Før jeg nu atter pumper, er det nødvendigt at bortſkaffe den Luft, ſom befinder ſig i cc, ſaa godt ſom muligt. Dette bevirker jeg ved en ligeledes meget henſigtsmæſſigt anbragt Hane. Da nu Vandet bliver ſtedſe ſtærkere ſammenpreſſet ved ethvert Træk, ſaa udøver det tilſidſt et ſaadant Tryk, at Kolben p gaaer opad og hæver Pladen p'. Mere behøves vel ikke for at viſe Eder, hvorledes de Gjenſtande, ſom befinde ſig mellem Pladerne p' og e maae lide en ſaa-

Fig. 69.



meget desto betydeligere Presning, jo nærmere p' rykker mod e. Ventilen g fører Navn af **Sikkerhedsventil.** Den aabner sig nemlig, naar Storrelsen af Trykket har naaet en Grændse, som ikke tor overskrides. Hvilket uhyre Tryk den hydrauliske Presse kan udøve, vil jeg til Slutning tydeliggjøre Eder ved et Exempel:

Forudsat, at den Kraft, hvormed man trykker paa Vægtstangen l, er 50 Pd., dens Afstand fra Understøtningspunktet 30 Tommer, derimod Sugepumpens Afstand fra samme Punkt kun 3 Tommer, da beløber det Tryk, som udøves i Sugepumpen, sig til 500 Pd. Antage vi endvidere, at Kolbens, s, Gjennemsnit kun udgjør $\frac{1}{20}$ af Kolbens, p, Gjennemsnit, saa beløber det ved p bevirkede Tryk, da Gjennemsnittet af p er 400 Gange større, sig til 400 . 500 eller 200,000 Pd.

Dersom jeg ikke maatte frygte for at berøre Gjenstande, som her ikke finde noget passende Sted, saa vilde jeg endnu gjøre Eder opmærksomme paa den **hydrauliske Væder, de artesiske Brønde** osv. Men herom vil jeg ikke nu tale videre; jeg vil blot antyde Eder, at mange af de Phænomener i Naturen, der ofte blive med Forbauselse betragtede som de største Undere, kun ere Nødskaber for Vandets Tryk.

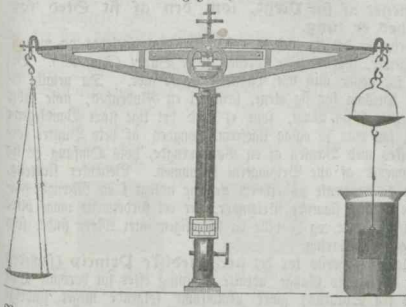
Som I maaskee ogsaa allerede før have bort, træffer det sig undertiden, at hele Landstrækninger med Huse, Træer og kort Alt, hvad der befinder sig derpaa, løsrives og svømme bort; eller at der idag er ligesom fremtrylket en dyb Sø, hvor der igaar var frugtbare Agre og blomstrende Enge. Hvorledes er dette muligt? I det Indre af Bjergene snoe Kanaler eller Vandgange sig ofte til en betydelig Dybde, og forene sig tilsidst i en Hule eller Grube. Her samler Vandet sig nu og frembringer senere ikke sjælden frygtelige Jordsynkninger, som tilintetgjøre Mennesker og Øvrig. Naar allerede den hydrauliske Blæsebælg, der er et saa forholdsmæssig lille Værktøi, gaaer iveiret med en Vægt af 3 til 4 Centner, skulde da vel ikke en saa stor Vandbeholder inde i Jorden, have Kraft til at tilintetgjøre Alt det, som befinder sig paa og over den, idetmindste til at bringe det til at bæve og zittre?

§. 6.

Ligevægt af Legemer, som ere nedsænkede i Vand.

Her see I atter en Vægtskaal afbildet (Fig. 70); men I blive ogsaa letteligen blandt Andet den Omstændighed vaer, at den ene Skaal er forsynet med en Hage underneden. Paa denne Hage kan jeg nu til Tid efter anden hænge forskjællige Legemer. Først vil jeg da f. Ex. paahænge en Blytærning, og derpaa betynge den anden Vægtskaal med saamange Lodder, som ere nødvendige for igjen at bringe Vægtbjælken i horizontal Beliggenhed; derpaa bringer jeg Vægtskaalen, dog uden at borttage det Ringeste fra den, ben paa et saadant Sted, hvor Blytærningen, men ogsaa blot den, ganske kommer til at staae under Vand. Og hvad blive vi nu vaer? Vi see tydelig, at den Vægtskaal, som bærer Lodderne, synker, og at tillige den anden, hvis Tærning er nedbykket i Vandet, har tabt meget af sin Tyngde. Ganske de samme Phænomener frembyder ogsaa ethvert andet i Vandet indsænket Legeme. Hvor let høves f. Ex. ikke en Vandspand i en Brønd, saalænge den endnu er under Vandspeilet, hvor besværlig derimod, naar den atter er over Vandet? For at erfare, hvormeget Blytærningen har tabt af sin oprindelige Tyngde, behøver jeg aabenbar blot at borttage saamegen Vægt af den anden Skaal, som er nødvendig for paany at bringe Ligevægt tilveie. Tabet beløber sig her til 1⅞ Lod eller er lig Tyngden af **een** Kubiktomme reent Vand. Saaledes synes det da, eftersom Blytærningens Indhold er nøiagtig een Kubiktomme, at **et Legeme, neddykket under Vandet, taber saa meget af sin egen Vægt, som det Vand veier, hvilket det fortrænger af Stedet.** Og saaledes forholder det sig ogsaa i Virkelighéden.

Fig. 70.



Ethvert Tryk paa Sideveggen af det Prisma, som I her see (Fig. 71) vertikal nedsænket under Vandet, bliver ophævet ved et andet Tryk, som er det lig, men modsat. Og saaledes kommer dette ikke videre i Bevægtning. Det Tryk, som Overfladen af et lige Prisma lider, betinges ved den Vandsøile, som har lige Grundflade dermed og h til Høide. Som I vide dette af min tidligere Underviisning, saa vide I og det Andet, nemlig at Prismaets Basis bliver dreven fra neden opad med en Kraft, som er lig Vægten af en Vandsøile af samme Grundflade og hvis Høide er lig h'. Men Forskjællen mellem h og h' angiver nøie Prismaets Høide. Saa-

Fig. 71.



ledes er det vist Eder indlysende, **at Trykket paa den øvre Flade bliver overtruffet af Trykket paa den nedre med Vægten af en Flydenhedssøile, hvis Omfang stemmer fuldkommen overeens med Prismaets Volumen.** Men nu er det just dette Overskud af Tryk fra neden opad, som Legemets Tyngde selv-træder imode; **følgelig maa det sidste, neddykket i Vandet eller en anden Flydenhed, tabe saameget af sin Vægt, som den af sit Sted fordrevne Flydenhed er tung.**

Saaledes forholder det sig med et enkelt Prisma, saaledes og med 2, 3 og lignende Legemer, som vi have forenet til et Bundt (Fig. 72). Be-

Fig. 72.

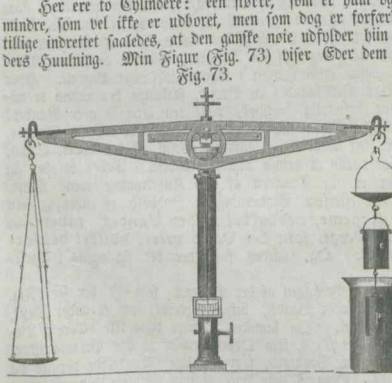


viset for denne min nye Paaskand ligger nær. Da nemlig ethvert Prisma for sig alene, sænket i en Flydenhed, nøie taber saameget af sin Vægt, som et med det lige stort Vandlegeme veier, saa maa jo ogsaa ligefrem Tyngden af hele Buntet formindskes med Vægten af en Vandmængde, hvis Omfang er lig Volumenet af alle Prismaerne tilsammen. Betænker sluttelig, at vi kunne tænke os ethvert Legeme udlagt i en Mængde saadanne vertikal staaende Prismaer, der vel fordetmeste maae blive temmelig smaae, og I ville da sikkerligen intet Mere finde, som endnu behøver nogen Forklaring.

Det mest staaende Bevis for det **archimediske Princip** (saaledes kaldes nemlig den allerede to Gange udtalte Sætning efter sin berømte Opfinder Archimedes fra Syrakus) giver utvivlsomt følgende meget sindrigt udtænkte Experiment.

Her ere to Cylindere: een større, som er hul og af Messing; een mindre, som vel ikke er udboret, men som dog er forfærdiget af Metal, og tillige indrettet saaledes, at den ganske nøie udfylder hiin forstnævnte Cylinders Hulning. Min Figur (Fig. 73) viser Eder dem ved Bogstaverne c

Fig. 73.



og p. Jeg tager nu Messingcylinderen c og bestifter den ved den Eder bekjendte Skaal paa min toarmede Vægt. Herpaa hænger jeg den tætte Cylinder paa den, og lægger saamegen Vægt paa den anden Skaal, til Vægtbjælken svæver ganske horizontal. Tilsidst sænker jeg den ætte Cylinder under Vandet ligesom før. Men istedetfor, som ved et tidligere Forsøg at borttage et Lod efter det andet af Vægtskaalen, fylder jeg nu, for atter at tilveiebringe den tabte Ligevægt, Messing-Cylinderen meget baarsom med Vand indtil Randen, og nyder nu, medens jeg gjør det, den Glæde at se

Vægtbjælken at vende tilbage i sin oprindelige horizontale Tilstand. Gives der vel et smukkere Bevis for den her under Omtale værende Sætning? Jeg betvivler det. Forglemmer blot ikke, at Volumenet af det Vand, som Messing-Cylinderen har modtaget, er fuldkommen ligt den tætte Cylinders Volumen.

Det Legeme, som jeg her foreviser, er vel homogen, d. v. s. overalt ligeartet, men forfærdiget af 2 forskjællige Masser, nemlig af een Vægtdeel fiint pulveriseret Zinnober og 226 Vægtdele hvidt Bor. Som I see, holder det sig, neddykket i Vandet, svævende og i enhver hvilkensomhelst Stilling i Ligevægt (dets Vægt er nemlig fuldkommen ligt Vægten af et neie lige stort Vandlegeme); nedsænket i Vinaand synker det tilbunds i Karret; i en Saltopløsning stiger det omvendt i veiret og svømmer paa Overfladen. Her har jeg endvidere en Kugle, lspn, som bestaaer af 2 forskjællige Masser; den ene Deel af den, lsn, er dannet af Kork, men den anden, spn, af Bly. I Vægt ligner den det Vandlegeme, som det fortrænger af Stedet.

Fig. 74 a. Fig. 74 b. Fig. 74 c.





Ligger nu, som i Fig. 74 a, Tyngdepunktet a i samme Vertikallinie som det fordrevne Vands Tyngdepunkt c, og tillige ogsaa under dette, saa befinder den sig ikke blot i Ligevægt, men det bibeholder ogsaa sin Beliggenhed uforandret. Med Hensyn paa den sidste Omstændighed kalde vi dets Ligevægt **stabil**. Hensat i Beliggenheden af Fig. 74 c, hvor g befinder sig over c, men dog endnu i Vertikallinie dermed, forbliver det, uagtet dets Ligevægt endnu ikke er forsvundet, ingenlunde paa samme Sted, eller med andre Ord, dets Ligevægt har ophørt at være stabil. Bringe vi det endelig i den Beliggenhed, som jeg har givet Fig. 74 b, saa begynder det strax at dreie sig, og hviler først, naar g er kommet til at staae lodret under c. Disse Betragtninger føre os hvilkaarligt hen til Legemernes Svømning, hvorover jeg nu vil meddele Eder det Nødvendigste.

Erfaringen lærer, at Legemerne, omendog de ere tilstrækkeligt dykkede under Vandet, ikke svømme i enhver hvilkensomhelst Stilling. Ville I lære at kjende de vigtigste Aarsager til dette Phænomen, saa agter blot omhyggelig paa 1) det Punkt, hvori I kunne forestille Eder Samtyngden af det neddykkede Legeme, altsaa paa dets Tyngdepunkt, og 2) paa det samme Punkt af den Vandmængde, som hiint Legeme, der skal svømme, fordriver af Stedet. Det første af disse 2 Punkter forbliver, som bekjendt, stedse paa samme Sted; det andet Punkts Sted derimod afhænger af de Forandringer, som foregaae med Beliggenheden og Figuren af den neddykkede Deel. Er Tyngdepunktet af et Legeme lodret under Tyngdepunktet af det fortrængte Vand, saa svømmer det saa sikkert som det nogensinde kan (det bedste Bevis herfor levere et ret ligeligt belastet Skib Eder); befinde derimod begge Punkterne sig ikke i **een** og samme lodrette Linie; saa svømmer det ikke blot ikke sikkert, men kommer endog slet ikke dertil. Hvad I have at mærke Eder angaaende Svømning eller ialmindelighed angaaende de i Flydenheder nedsænkede Legemers Ligevægt, sammenfatter jeg i følgende 6 Punkter:

1) Ethvert svømmende Legemer synker stedse kun saa længe (saa dybt) til den Flydenhed, som den neddykkede Deel har fortrængt, er lig Vægten af det hele Legeme. Først da vorder nemlig Trykket fra neden mod oven ophævet ved Trykket fra oven nedad. Hvo, som derfor har lært at kjende 1) Størrelsen af den neddykkede Deel af et Legeme og 2) ogsaa Vægten af **een** Kubikfod af den Flydenhed, i hvilken Legemet befinder sig, kan ikke komme i Forlegenhed ved den Opgave: **at beregne Vægten af et svømmende Legeme.**

2) Fiskene og de fiskartede Pattedyr synes at være i Ligevægt i det Vand, som de bebor; thi de hverken synke, ei heller drives de franeden opad. Deres Vægt ligner Vægten af det af sit Sted fordrevne Vand. Den Blære, hvoraf Fiskene betjene sig, for snart at stige iveiret, snart at stige ned i Dybet, har en forskjællig Skikkelse hos de forskjællige Arter; men den ligger dog stedse saaledes, at de ovre Legemsdele ere lettere end de nedre. Alt efterfom Musklerne, hvoraf den er omgiven, virke stærkere eller svagere paa den, forstorrer eller formindsker dens Volumen sig.

3) Efter et Experiment, som en vis Robertson i England har anstillet, var blandt 10 Mennesker, der stege i et Trug, som han havde foldt med Vand indtil Udflodningsaabningen, kun det Første noget stærrere, men alle de andre derimod lettere end en ligestor Mængde af den dem omgivne Flydenhed. Dette Resultat lærer os mange Ting, nemlig:

a) At ulige færre Mennesker vilde drukne ved Badning og andre Beskjæftigelser i Vand, dersom de i Nødens Øieblik beholdt Besindelsen, og hverken indslugede Vand eller fremstrakte deres Arme over Overfladen efter Hjælp. Kun denne slemme Sædvane bringer dem sædvanlig Fordærvelse og Død. Skulde J derfor komme i Vandfare, saa lægger blot Hovedet en Smule tilbage, saa at Næsen indtager det høieste Punkt, søger saavidt muligt at udvide Brystet og Kinderne, bringer Fødderne omtrent i den Stilling, som de have, naar J stige opad en Trappe, dytter Armene under, strækker dem vidt ud og stader Eder ikke ved af Angest at søge et eller andet Nødningsmiddel. Hiin i Havet faldne Matros, der som Englænderen Nicholson fortæller, ikke kunde svømme, og hvem man først efter nogen Tid kunde sende Hjælp, blev alene reddet derved, at han punktlig lod den Befaling, som blev givet ham gjennem et Talerør, at han flittigst skulde holde Hænderne under Vandet. Kunne J nu vel ogsaa vide, hvorfor ved pludselig indtrædende Overswømmelser Børn undertiden drives levende i Land, medens derimod Voxne, der søge at redde sig paa enhver mulig Maade, næsten stedse omkomme.

b) At der kun behøves en ubetydelig Kraft til at bringe et Menneske fra Dybet til Overfladen af Vandet; thi af Archimedes's skjønne Sætning om Legemernes Ligevægt, som ere nedsænkede i en Flydenhed, fremgaaer jo klart, at Redderen behøver kun at hæve den Forskjæl, som findes mellem den Drukkedes Vægt og en ligestor Vandmængde. Men denne Forskjæl er yderst ringe og beløber sig stundom neppe til 1 Pd. Det kan derfor ei heller forundre os, at selv en Pudel kan hæve et Menneske iveiret, som er faldet i Vandet og swømme med det tillands uden nogen synderlig Anstrængelse. Udenfor Vandet vilde den neppe være istand til at bringe en saa anseelig Byrde ret vidt.

c. At en Druknet, saafremt ikke en Steen, eller noget Andet fastholder ham, vil efter nogle Dage atter kommer op i Overfladen. Den Overtroiste forklarer, som bekjendt, denne Sætning som et Under, og tilskriver

Vandet allehaande hemmelige, fjendtlige eller fraatedende Kræfter. Og dog ligger Aarsagen ham saa nær. Den Drukneedes Legeme vinder nemlig desto mere i Omfang, jo mere han ved den efter kort Tids Forløb begyndende Forraadnelse fyldes op og forendeel opfyldes med Luft.

4) Der gives Legemer, som ere saaledes indrettede, at de flyde roligt i enhver Beliggenhed. Til disse hører især Kuglen; ligger iøvrigt een af dets 2 Grund- eller 4 Sideflader horizontal, saa kunne vi ogsaa regne Tærningen herhen. Ved begge geometriske Legemer befinder jo Tyngdepunktet sig noie i Midten, dersom de bestaae af en ligeartet Masse.

5) Det er slet ikke nødvendigt, at den Masse, hvoraf et Legeme er tilberedt, i og for sig er lettere end den Flydendhed, paa hvilken Legemet skal flyde; thi det kommer stedse kun an paa, at det besidder en ringere Tyngde, end det Vand, Olie eller Viinaand, som det skal fortrænge af Stedet. Paa denne Sætning grunder sig f.Ex. Brugen af Kobber-Pontons, som efterat man har lagt Bjælker og Bræder over dem, danne Skibsbroer og tjene saaledes til at befordre Kanoner, svære Lastvogne osv. over Floder og Strømme. Med Hensyn herpaa, er man ogsaa istand til at bestemme, hvormeget et Fartøi kan bære. Man beregner nemlig noie det kubiske Indhold af Rummet, som ligger mellem den Grændse, hvortil det tomme Fartøi synker, og det Punkt, hvortil det tomme Fartøi tør synke, naar det er ladet. Beløber f.Ex. dette Rum sig til 5000 Kubikfod, saa er den sædvanlige Belastning 5000 . 66 Pd. eller 3000 Centner.

6) Ogsaa ved at forbindes med lettere Legemer, kunne sværere bringes til at svømme, naar nemlig Vandet, som de tilsammen fortrænge, veier mere, end deres Samvægt udgjør. (Tænker herved paa et Menneske, som har iført sig en Klædning af Kork eller paabundet sig nogle store Blærer).

Her er ufstridigt det meest passende Sted til at omtale en Overtro, der i forrige Tider har kostet mange Mennesker Livet, og som var saa fast indgroet hos vore Forfædre, at selv Konger og Keisere ikke kunde udrette Noget mod den. Jeg mener den daarlige Tro paa Hexeri. Hvo, som var saa ulykkelig formedelst sine rode Øine, sammenvoxede Øienbryn eller en eller anden paafaldende Legemsdeel at blive anklaget for Forbindelse med Djævelen og de onde Aander, blev sædvanlig, selv om han hidtil havde ført det frommeste Liv, dømt til den saakaldte Vandprøve. Tænker Eder, hvorledes man berøvede det beklagelsesværdige Menneske næsten alle Klæder, bandt hans Tommelfingre krydsviis til Tommeltæerne og derpaa kastede ham, lig en Bold, i Vandet, og I have da en tilstrækkelig Forestilling om den trygtelige Ret, der idetmindste udtalte sit „Skyldig" over 10 Mennesker, for et erklærede kun Eet „ikke skyldig." Enhver, som blev erklæret for skyldig, blev strax bragt til Retterstedet og levende brændt; blot om saadanne Mennesker, som sank tilbunds, antog man, at de vare uskyldige; om de Andre derimod, der svømmede ovenpaa, hvilket let kunde skee, meente man, at de vare Hexe og Troldkarle. De største Forfølgelser af dette Slags faldt i det 16de og 17de Aarhundrede. Alene i Stiftet Qvidlenburg led, efter troværdige Skribenters Beretning, meer end 30 Mennesker, der vare anklagede for Hexeri, Ildsdøden, mellem 1569 og 1598. Ja Ramigius, som blod i Kurtrigen af Lothringens Tjeneste, overleverede i det korte Tidsrum fra 1580 til 1595, over 900 Hexe til Baalet. Saadanne grusomme Gjerninger maae i Sandhed oprøre ethvert følende Hjerte. Ære være derfor de Mænd, der som Balthazar Bekker, Kristian Thomasius, Frederik v. Spee og

Kurfyrst Philip af Schönborn, bekæmpede denne og andre lignende Daarskaber i deres Tid!

At Skibe synke dybere i ferskt end i salt Vand; at kun faa Mennesker behoves til at drage et stort beladet Fartøi henad Floden; at en ringe Vind kan drive ansselige Skibe; at Fiskeren, som har gjort en god Fangst, i Forstningen omgaaes meget sorgløs med Garnet, men senere, naar Fangsten skal drages frem til Dagens Lys, desto vaersommere; at hvor Floderne løbe ud i Havet, det øverste Vandlag er ferskt, det nederste derimod salt; at et tungt Legeme, som er sænket i Vandet, let atter bringes i veiret, naar vi søge at anbringe f. Ex. tomme Tønder under det: alle disse og mange andre Phænomener kunne J nu ogsaa let forklare Eder, da J ere bekjendte med det Tab af Vægt, som et Legeme lider i en Flydenhed.

§ 7.

Forskjællige Legemers specifiske Vægt.

Før jeg begynder at experimentere, holder jeg for nødvendigt at meddele Eder Følgende:

1) **Det er sædvanligt at antage Tyngden af et vist Legeme som Enhed, og derefter i Tal at udtrykke, hvormange Gange tungere en anden Materie af lige Volumen er.** Til en saadan Enhed have lærde Folk i lang Tid været enige i at antage Tyngden af det rene Vand ved 15 Graders Varme, efter den 80 delelige Skala. Veed jeg f. Ex. at 1 Kubiktomme af denne Flydenhed veier $1\frac{3}{5}$ Lod, 1 Kubiktomme Bly derimod 14 Lod, saa behøver jeg aabenbart, for at finde hiint Tal for Blyet, kun at beregne, hvorofte $1\frac{3}{5}$ indeholder i 14. Jeg faaer omtrent Tallet 11. Undersøger nu selv, hvilke Tal, der passe for Kobber, Jern og Bøgetræ, naar 1 Kubiktomme Kobber veier $10\frac{1}{2}$ Lod, 1 ditto Jern omtrent $9\frac{1}{2}$, 1 ditto Bøgetræ lidet over 1 Lod. Svar: omtrent Tallene 8, $8\frac{3}{4}$ og $\frac{9}{11}$.

2) **Den Vægt, der betegner det Tryk, som et Legeme udøver paa sit Underlag, og som altsaa tiltager og aftager med Maasens Qvantitet, hedder den absolute Vægt; den anden derimod, som siger os, i hvilket Forhold hiin Tyngde staaer til Tyngden af en ligestor Vandmængde, kaldes den specifiske Vægt.** Forstaae J nu vel, hvad de Talemaader ville sige: Guldets specifiske Vægt er 19, Sølvets $10\frac{1}{2}$, Phosphorets $1\frac{3}{4}$ osv.?

Uagtet vi kunne finde Legemernes specifiske Vægt ogsaa med en sædvanlig toarmet Vægt, saa er det dog stedse at anbefale, derved at betjene sig af den saakaldte **hydrostatiske** Vægt. Englænderen Nicholson opfandt denne i Begyndelsen af indeværende Aarhundrede. Da den for det Meste kun er bestemt til at neddykkes i destilleret Vand, kan den være forfærdiget af lakkeret Jernblik. Fens øverste Deel c (betragt Fig. 75) forestiller en lille Skaal eller en lille Tallerken og hviler paa en lige cylindrisk Messingstav, der neppe holder een Linie i Gjennemsnit. Paa den sidste er endvidere et Punkt f paa en eller anden Maade angivet, f. Ex. ved et Filstrøg. Den største Deel af dette sindrig udtænkte Instrument bestaaer af et hult Legeme v, Vægten l og endnu et Legeme, der befinder sig mellem v og l; v tjener til at gjøre Vægten lettere end en med den ligestor

Fig. 75.



Vandmængde, l, der sædvanlig er en med Qvægsølv fyldt Glas- eller Metalkugle, til at bringe Tyngdepunktet saavidt muligt nedad, saa at Vægten, neddykket i Vandet, svømmer opreist, Kurven endelig mellem v og l tjener til under Afveiningen at optage de Legemer under Vandet, hvis specifiske Vægt man vil undersøge. Hele Instrumentet synker iøvrigt, naar det endnu ei er betynget med nogen Vægt paa Skaalen c, i det Høieste til Halvdelen af Legemet v. Jeg har ovenfor sagt, at dette Instrument var at anbefale; men J maae vide, at det ingenlunde giver saa nøie Resultater, som en sædvanlig Vægtskaal, hvis ene Skaal hænger i korte Snore, med en Krog nedenunder, hvorpaa alleslags Legemer kunne befæstes ved et Haar eller en tynd Traad. Seer nu til, om det er Eder muligt at løse ef erfaaende Opgaver!

Første Opgave. At bestemme den specifiske Vægt af faste Legemer, som ikke indsuge noget Vand, som ere sværere end denne Flydenhed, og ei heller opløse sig deri.

Opløsning. Her er en lille Kiselsteen. For at lære at kjende dens specifiske Vægt, prøver jeg først, hvormegen Vægt der maa lægges paa Skaalen c, for at bringe mit Instrument ned til Mærket f i destilleret Vand af en Temperatur af + 15 Grader efter Reaumur. Lad dertil f.Ex. behøves 5 Lod. Herpaa bringer jeg Kiselstenen i Vægtens Sted.*) Sæt nu, at jeg maatte lægge endnu 2 Lod til, for at faae Instrumentet anden Gang til at synke under Vandet til Mærket f, saa veed jeg, at det i Luften veier 5 — 2 Lod = 3 Lod. Derpaa anviser jeg den sit Sted i Kurven mellem v og l. At Instrumentet strax stiger iveiret, uagtet de 2 Lod ere blevne liggende paa Skaalen, er, som vi vide, en Følge af det Tab, som Kiselstenen har lidt i Vandet paa sin absolute Vægt. Tilsidst undersøger jeg dette Tab nøie, idet jeg saalænge bringer Vægt paa Skaalen, indtil Overfladen af Vandet atter berører Mærket. I denne Vægt, som jeg her vil antage at være 1½ Lod, har jeg lært at kjende Tabet eller, hvad der er det Samme, Vægten af et Vandlegeme, hvis Volumen nøie stemmer overeens med Kiselstenens Volumen. Vægten af det sidste Legeme i fri Luft, sammenlignet med Størrelsen af dets Tab i Vandet, gjør mig aabenbar bekjendt med dets specifiske Vægt. Men 1½ Lod indeholdes 2 Gange i 3 Lod. Saaledes betegner da, med Hensyn paa mine Forudsætninger, Tallet 2 Kiselstenens eiendommelige Vægt.

Anden Opgave. At finde den specifiske Vægt af et fast Legeme, der vel indsuger Vand, men er tungere end dette og ikke opløser sig deri.

Opløsning. Er et fast Legeme, hvis specifiske Vægt jeg skal udfinde, af en saadan Beskaffenhed, saa veier jeg det to Gange af i Luften; første Gang i sin naturlige Tilstand, men anden Gang efter at jeg først

*) Det forstaaer sig vel af sig selv, at ethvert Legeme, hvis specifiske Vægt skal udfindes ved den Nicholsonske Vægt, idethøieste kun maa være saa tungt, at Instrumentet, betynget med det paa Skaalen, synker i Vandet til Mærket.

har dykket det under Vandet saalænge, at det ei mere indsuger noget Vand. Lad dets første Vægt udgjøre $3\frac{1}{2}$ Lod, dets anden 5 Lod! Aabenbar kommer de $1\frac{1}{2}$ Lod, der vise sig som Forskjæl mellem begge Vægte, paa Vandet, som er trængt ind deri. Nu anviser jeg det sin Plads i Kurven paa mit Instrument og veier det 3die Gang. Lad Vægttabet være 2 Lod. Det Tal, som jeg erholder, naar jeg dividerer $3\frac{1}{2}$ med 2, altsaa $\frac{7}{4}$ eller $1,_{75}$, angiver mig aabenbar, hvor tæt det ydre Volumen er af det under Omtale værende Legeme. Men dets sande specifiske Vægt erfarer jeg først da, naar jeg drager $1\frac{1}{2}$ Lod, nemlig Vægten af det indsugede Vand, fra 2 Lod, det antagne Vægttab, og dividerer $\frac{1}{2}$, som bekjendt Resten, i $3\frac{1}{2}$. $\frac{1}{2}$ indeholdes i 7 nøie $3\frac{1}{2}$ Gang. Saaledes bved jeg da, at den specifiske Vægt af mit Legemes uigjennemtrængelige Materie beløber sig til 7.

Tredie Opgave. At finde den specifiske Vægt af et fast Legeme, der vel ikke indsuger noget Vand, og ei heller opløser sig i Vandet, men som er lettere end dette.

Oplosning. Dersom jeg bedjder Nicholsons hydrostatiske Vægt, naaer jeg ad samme Vei, som jeg slog ind paa ved første Opgave, til Maalet. Ganske anderledes maa jeg imidlertid gaae frem, dersom kun en sædvanlig Vægtskaal staaer mig til Tjeneste. I dette Tilfælde bærer jeg mig saaledes ad: 1) Undersøger jeg hvormeget Legemet (lad det være et Stykke Nedgran) veier i fri Luft; 2) det Samme gjør jeg med et andet Legeme, som i Vægt langt overgaaer en med det ligestor Vandmængde (en Blypladе egner sig fortrinlig dertil); 3) Undersøger jeg det Vægttab, som a, begge Legemer tilsammen (Blypladen lægges hen paa Træet, for at det Sidste ikke skal stige iveiret), og b, Blypladen alene lider i Vandet; 4) For at erfare Træstykkets Vægttab drager jeg Størrelsen af det andet Vægttab fra Størrelsen af det første; 5) Endelig dividerer jeg det Tal, som angiver mig Træstykkets absolute Vægt, med den Rest, som jeg har erholdt ved min fjerde Forretning. Den Qvotient, som udkommer derved, angiver mig aabenbar Hovedlegemets specifiske Vægt. Forudsat, at min første Forretning havde givet mig $1\frac{1}{8}$ Lod, men min fjerde 2 Lod, da vilde den specifiske Vægt af Nedgrantræet være $= 1\frac{1}{8} : 2 = 9 : 16 = \frac{9}{16} = 0,_{5625}$.

Fjerde Opgave. At bestemme en draabebar Flydenheds specifiske Vægt.

Oplosning. Har jeg to Kar af hvilke det ene er fyldt med destilleret Vand, det andet derimod med absolut Vinaand, og jeg nu skulde bestemme den sidste Flydenheds specifiske Vægt, saa behøver jeg blot 1) at see hvormeget et fast Legeme taber af sin Vægt saavel i Vinaanden som ogsaa i Vandet, og 2) dernæst dividere det Tal, som angiver mig det første Vægttab, med det andet, der som bekjendt, betegner det faste Legemes Vægttab i Vandet. Antage vi nu, at mit faste Legemes absolute Vægt formindskede sig i Vinaanden $1\frac{1}{2}$, i Vandet henimod $1\frac{3}{4}$ Lod, saa var den specifiske Vægt af hiin Flydenhed $= 1\frac{1}{2} : 1\frac{3}{4} = \frac{4}{3} : \frac{7}{4} = 4 : 5 = \frac{4}{5} = 0,_{8}$.

Vil jeg ikke ved de mig stillede Opgaver gaae frem ad den nylig angivne Vei, saa undersøger jeg, hvormeget et Glaskar, som har en godt affleben Rand og derpaa en Plade af samme Stof, veier, naar det 1) er tomt, 2) er fyldt til Randen med destilleret Vand og 3) med den Flydenhed, hvis specifiske Vægt jeg skulde finde. Grundene til min Fremgangsmaade foreligge.

Femte Opgave. At finde den specifiske Vægt af et fast Legeme, som opløser sig i Vand.

Opløsning. For at erholde Kundskab om et saadant fast Legemes specifiske Vægt, f.Ex. Glaubersalt, tager jeg istedet for Vand en anden draabebar Flydenhed, der ligesaa lidt opløser det Legeme, som skal undersøges, som Vand opløser Kiselstenen. Derpaa undersøger jeg 1) den nye Flydenheds, her Alkohol, specifiske Vægt; 2) den absolute Vægt af mit i Vand opløselige Legeme, og 3) det Forhold, hvori Tætheden af det sidste staaer til Tætheden af den anden Flydenhed, her Glaubersalt til Alkohol. Multiplicerer jeg til Slutning det sidst fundne Tal med hint første, der nemlig betegner den specifiske Vægt af den Flydenhed, der ei angriber mit faste Legeme, saa erholder jeg i Produktet den specifiske Vægt, som jeg skulde udfinde. Lad den specifiske Vægt af Alkohol være = $\frac{4}{5}$ eller udtrykt paa sædvanlig Maade = $0,_8$; lad Glaubersaltet forholde sig til Alkoholet med Hensyn paa begges Tæthed som 5 : 3, da er Glaubersaltets specifiske Vægt $\frac{5}{3} \cdot 8,_8 = 1,_{66} \cdot 0,_8 = 1,_{328} \ldots$

Da det er ikke blot interessant, men ogsaa undertiden nødvendigt at kjende Legemernes specifiske Vægt, saa tilføies her en

Tabel over nogle Legemers specifiske Vægt ved 0 Grads Temperatur.

Platina, myntet	$22,_{100}$	Rav	$1,_{078}$
Guld, myntet	$19,_{325}$	Egetræ, gammelt	$1,_{170}$
Iridium	$18,_{600}$	Bøgetræ, friskt	$0,_{982}$
Wolfram	$17,_{600}$	Lindetræ, friskt	$0,_{893}$
Bly, smeltet	$11,_{352}$	Poppeltræ, tørt	$0,_{383}$
Sølv	$10,_{474}$	Kork	$0,_{240}$
Wismuth	$9,_{822}$	Oxygsølv	$13,_{598}$
Kobber, hamret	$8,_{878}$	Brom	$2,_{966}$
Arsenik	$8,_{308}$	Svovelsyre, engelsk	$1,_{848}$
Jern, smedet	$7,_{788}$	Havvand	$1,_{026}$
Tin	$7,_{291}$	Rhinskvin	$0,_{999}$
Tungspath	$4,_{426}$	Linolie	$0,_{953}$
Diamant	$3,_{520}$	Valmueolie	$0,_{929}$
Flintglas, engelsk	$3,_{373}$	Olivenolie	$0,_{915}$
Speilglas	$2,_{370}$	Terpentinolie	$0,_{872}$
Marmor	$2,_{837}$	Citronolie	$0,_{852}$
Elphenbeen	$1,_{917}$	Alkohol, absolut	$0,_{793}$
Phosphor	$1,_{770}$	Svovelæther	$0,_{715}$

Omendskjøndt vi ved Hjælp af den Nicholsonske Vægt, ja selv en ganske almindelig Vægtskaal, kunne bestemme enhver draabebar Flydenheds specifiske Vægt, saa bruge vi dog ulige mere et andet Instrument, ved hvilket Fremgangsmaaden er simplere og leder hurtigere til Maalet. Det fører Navn af **Skala Areometer** (Fig. 76) og bestaaer fordetmeste af et tyndt cylindrisk Glasrør a, og har, for at Tyngdepunktet kan blive draget ret dybt ned, og det kan flyde opreist i Vand, Vinaand osv. et Rum, som er udfoldt med noget Blykraa eller Oxygsølv. Hvilken særegen Indretning det endog maatte besidde, det grunder sig dog stedse paa den Erfarings-

Fig. 76.



sætning, at **et Legeme synker saameget desto dybere i en Flydenhed, jo mindre tæt Flydenheden er.** Følgende Skala torde maaskee være den simpleste og tillige den hensigtsmæssigste for et Areometer. Tænker Eder da først paa et saadant Instrument a at betegne paa Nøret det Punkt, hvortil Instrumentet synker i reent Vand; endvidere er i Nøret anbragt en Papirstribe, som indeholder Tallet 100, nøie der, hvor Vandpunktet a er; endelig er der endnu fra dette, saavel opad som nedad, angivet en Mængde Delingsstreger saaledes, at Volumenet af et Stykke af Nøret mellem to saadanne Streger udgjør $\frac{1}{100}$ af det i Vandet nedsænkede Volumen. Et Areometer med en saadan Skala kaldes **Volumeter**. Antaget, at det sank i en Flydenhed indtil Deleligsstregen 80 paa Volumeter-Skalaen; da ved jeg, at 80 Volumeterdele af denne Flydenhed er lig i Vægt 100 Volumendele af Vand, og at endvidere dets specifiske Vægt $= \frac{100}{80} = \frac{5}{4} = 1{,}25$. Hvorledes staaer det sig altsaa med den specifikke Vægt af en anden Flydenhed, hvori Nøret synker ned til Delingsstregen 120? Den herhen hørende almindelige Sætning: lyder saaledes: **Vi finde den specifikke Vægt af en Flydenhed, naar det Tal, til hvilket Volumenet nedsynker deri, divideres i 100.** Endnu mærke vi følgende tvende Punkter.

1) **Jo videre Delingsstregerne staae fra hinanden,** eller, som vi ogsaa kunne udtrykke os, **jo tyndere Nøret er i Sammenligning med hele Volumetrets Volumen, desto nøiere er Instrumentet.** Men for nu at forebygge, at Nørene ikke skulle erholde en altfor betydelig Længde, forfærdige Mekanikerne sædvanlig kun saadanne Volumetre, som blot kunne bruges enten alene for Flydenheder, som ere lettere end Vandet, eller alene for dem, som ere tungere end Vandet. Ved de første Volumetre befinder det Vandpunkt, som er betegnet med 100, sig nærmest den underste Ende af Nøret, ved de sidste derimod nærmest den overste.

2) **For visse Forhold i det praktiske Liv er det meget vigtigt med Bestemthed at vide, hvor stor Gehalten er af en blandet Flydenhed,** f.Ex. Øl, Brændevin, Syrer, Saltopløsninger **osv. med Hensyn til den ene af dens Bestanddele;** og her gjør Areometret os en fortræffelig Tjeneste. Iøvrigt er det let at indsee, at Skalaen maa have en særegen Indretning med Hensyn til enhver særegen Hensigt. Vi adstille saaledes **Ølproven, Saltspindlen, Alkoholometer** osv. For dog at gjøre Eder noget bekjendte med disse, vil jeg beskrive et af de vigtigste af disse Instrumenter, nemlig **Alkoholometret**; det tjener til at bestemme Alkoholgehalten i en Blanding af Vand og Vinaand.

Forestiller Eder et Glasrør af den Indretning, som Volumetret besidder, neddykket først i destilleret Vand og derefter i absolut Alkohol. I hiin Flydenhed synker det til 0 (Fig. 77) i denne til 100. Bereder jeg nu en Blanding af 10 Dele Alkohol og 90 Dele Vand, 20 Dele Alkohol og 80 Dele Vand osv. indtil 90 Dele Alkohol og 10 Dele Vand, og markerer jeg mig nu nøie de Punkter, hvortil mit Rør synker i enhver af disse Blandinger, saa erholder jeg paa Skalaen Tallene 10, 20, 30 osv., der aabenbar maa opfores opad. Ganske paa samme Maade kunde jeg nu ogsaa komme til 1, 2, 3 . . . . 11, 12, 13 . . . . 21, 22, 23 osv.; men dette finder jeg altfor omstændeligt og inddeler derfor Rummene mellem 2

Streger i 10 lige Dele. Angiver nu ikke Skalaen paa mit Instrument, hvormange Procent Alkohol en Blanding af Alkohol og Vand indeholder? Hvo, der nu betænker, at vi ved de Blandinger, som vi bruge ved Forfærdigelsen af vor Skala, enten kunne tage Hensyn til Flydenhedens Vægt eller dens Volumen, indseer visseligen at vi, hvergang Godheden af Spiritussen o. dl. angives for os, maae spørge om, hvilket Alkoholometer, der er bleven brugt ved Undersøgelsen af Procenterne.

Til Slutning vil jeg endnu med Hensyn til den specifiske Vægt opstille 2 Opgaver og tillige løse dem.

Fig. 77.

Første Opgave. At finde et fast Legemes Volumen ved Afveining under Vandet.

Opløsning. For paa den betegnede Maade at lære at kjende et fast Legemes Volumen, undersøger jeg først dets Tyngde 1) naar det ligger paa Skalaen, og 2) naar det ligger i Kurven paa den Nicholsonske Vægt. Forskjellen mellem begge Tyngder bestemmer, som I vide, Tyngden af et ligesaa stort Vandlegeme. Da der til 1⅓ Lod udfordres 1 Kubiktomme Vand, saa behøver jeg altsaa blot at beregne, hvormange Gange ⅓ indeholdes i det Tal, som i Lod udtrykker Vægten af det Vand, som er fortrængt. Quotienten angiver Volumenet ikke blot af draabeflydende, men ogsaa af faste Legemer i Kubiktommer. Min Opløsning lærer Eder tillige, at Physikken ikke sjælden yder os en meget betydelig Tjeneste, selv der, hvor Geometrien gandske og aldeles lader os istikken.

Anden Opgave. At bestemme paa samme Maade, hvormeget et fast Legeme indeholder af hver af to andre forskjællige men dog bekjendte Materier, hvoraf det mekanisk er sammensat.

Opløsning. Til Løsning af denne Opgave behøve vi, foruden det sammensatte Legeme, endnu tvende andre, som ere af samme Tyngde som det, og af hvilke det ene blot bestaaer af den første, og det andet blot af den anden af de to Materier. Hvad vi senere have at gjøre, gaaer ud paa, at vi søge at finde det Tab, som ethvert af disse 3 Legemer lider i Vandet. Reglerne for den befjendte Blandingsregning lære os det Øvrige. — Ved denne Leilighed fortjener en historisk Mærkværdighed at omtales.

Hiero, Tyran eller Konge i Syrakus overdrog engang en Konstner at forfærdige sig en Krone, og afveiede ham nøiagtig det dertil nødvendige Guld. Hiero beundrede Kronen, fandt Vægten rigtig og belønnede Konstneren kongeligt. Da imidlertid Folk nogen Tid efter hist og her hviskede om, at Mesteren skulde have beholdt noget af Guldet, og i dets Sted sat Sølv af lige Vægt, saa anmodede Kongen Archimedes om paa en eller anden Maade at udfinde Bedrageriet uden dog at skade Kronen. Den store Lærde belyste Opgaven fra alle Sider, men fandt ikke, hvorledes han skulde løse den. Hans Berømmelse stod derved paa Spil. Lykkeligvis gik han en Dag i Bad, medens han endnu var beskjæftiget med Opgaven, steg i Karret, der var foldt med Vand til Randen, og nu bemærkede han, at der nøiagtigt flød saameget Vand over, som han fortrængte af Stedet. Med de Ord: „Jeg har fundet det", forlod han øieblikkelig Karret, løb fuld af Glæde hjem og løste nu med Lethed hiin Opgave, der i Begyndelsen var forekommen ham saa svær, ja næsten gaadefuld. Men hvorledes løste han

den? Han forskaffede sig først 2 Masser af lige Vægt med Kronen, den ene af Guld den anden af Sølv. Herpaa fyldte han 3 Gange efter hinanden et Kar lige til Randen med Vand, indsænkede deri efter hverandre Guldklumpen, Sølvklumpen og Kronen, og undersøgte hvergang omhyggeligt Tyngden af det Vand, som var traadt over Karrets Rand. Hvorledes han iøvrigt paa denne Maade kunde godtgjøre Guldsmedens Bedrageri, skal strax blive Eder klart. Antage vi exempelvis, at Kronen veiede 18 Pd. og fortrængte $1\frac{1}{2}$ Pd. Vand, saa maatte, jo ogsaa dersom Guldsmeden ingen Forfalskning havde foretaget, 18 Pd. reent Guld, naar dette sænkedes under Vandet, tabe $1\frac{1}{8}$ Pd. af sin Vægt. Men denne Masses Tab var langt ringere, nemlig ikke mere end 1 Pd. Havde endvidere Kronen været forfærdiget af reent Sølv, saa havde Tabet, som Archimedes ogsaa ganske rigtig udfandt, maattet vorde forhøiet med $\frac{1}{8}$ Pd. eller i det Hele belobet sig til $1\frac{1}{8}$ Pd. Vi ere nu strædne saavidt frem med Opløsningen af ovenstaaende Opgave, at Enhver, som har lært Blandingsregningen, vil uden fremmed Hjælp kunne bringe den tilende.

Archimedes's Lov: **Ethvert Legeme taber, nedsænket i en Flydenhed, saameget af sin Vægt, som den Mængde af Flydenhed veier, hvilken det fordriver af Stedet,** gjælder ligesaavel for elastisk flydende, som for draabeflydende Flydenheder. Det Spørgsmaal: „hvad er tungest, 1 Pd. Bly eller 1 Pd. Fjær? er hverken saa flaut eller saa vittigt som Mange troe. Betragtninger over Luftballonen føre os senere tilbage til denne allerede oftere omtalte Lov.

§ 8.

Vandets udvidende Kraft med Hensyn paa visse andre Legemer.

Hvad der foregaaer med Ærter, Bønner, Agurkekjærner og lignende andre Sædekorn, naar de lægges i Vand, kan umuligt være Eder ubekjendt; thi ved alle disse Legemer trænger jo Vandets udvidende Kraft mægtigt frem. I en næsten ligesaa høi Grad viser det sig i Træ, Papir, Fiskeben, Tarmstrænge, tørrede Planter osv. Ville I lære dette ret nøie at kjende, saa udspænder blot tørre Haar, Strænge, eller hvilkesomhelst andre lignende Legemer I besidde, mellem to lodret befæstede Stave, og disse ville lære Eder det tilstrækkeligt, saafremt I først have gjort dem vaade, eller blot have bragt dem i fugtig Luft. Et Ark Papiir f. Ex., som I paa denne denne Maade stramme, vil, naar Tørheden fortrænges af det Vaade, fra den lige gaae over i en boiet Flade, og derved paa det Skjønneste gjøre Eder bekjendte med sin Tiltagen i Længden. Hvortil — saa hører jeg Eder ogsaa her at tale — fører denne Kundskab? Mange af de Legemer, som besidde den Egenskab ret mærkelig at drage Luftens Fugtighed til sig, eller, maaskee rigtigere udtrykt, at fortætte endeel af det i dem indeholdte Vandgas, blive benyttede til de saakaldte **Hygrometre** eller **Fugtighedsmaalere.** For at skaffe Eder en klar Forestilling om idetmindste eet saadant Instrument, har jeg her udkastet en Tegning af et **Haar-Hygrometer,** der er opfundet af Franskmanden Saussure. († 1794).

De nødvendige Dele af det Saussuriske Hygrometer ere: 1) et Menneskehaar, kogt i Kalilud, 6 a 8 Tommer langt, ved den ene Ende a (Fig. 78) befæstet ved en lille Klemme, ae, og ved den anden Ende fat i

Fig. 78.



Forbindelse med Omfanget af en Tridse; 2) en lang Naal, d, der sædvanlig kaldes Viser og bæres af hiin Tridse; 3) en Vægt, f, som hænger ved en Traad og vinder sig i modsat Retning om Tridsen; 4) en Cirkelbue, e, som er forsynet med en Skala. Alle disse Dele befinde sig næsten stedse i et firkantet Metal-Gestel. Hvo, som nu med Omhyggelighed lægger Mærke til, at Tridsen ved Haaret, eller det hygroskopiske Legeme drages fra neden opad, og ved den angivne Vægt omvendt fra oven nedad, kan ikke længere betvivle, at Viseren, eftersom Haaret forlænges eller forkortes, gaaer mod den høire eller venstre Side. Da Saussure havde besluttet at give sit Instrument en Skala, satte han det først i et indvendigt befugtet og overalt af Vand indesluttet Kar, og dernæst over et opbedet med noget glødende Potaske eller kort med fuldkommen tør Luft fyldt Kar, og lagde hver Gang meget nøiagtig Mærke til det Sted, hvor Viseren blev staaende. Punktet for den største Tørhed, h, betegnede han med 0, Punktet for den største Fugtighed s derimod, betegnede han med 100. Jeg behøver ikke at sige, at Fundamentalafstanden tæller 100 lige Dele eller Grader.

Næsten ligesom Haar-Hygrometret er **Fiskebeens-Hygrometret** indrettet. Det sidste er en Opfindelse af den berømte de Luc, og har istedetfor Menneskehaaret, nogle 4 til 5 Tommer lange, tynd uddragne, ikke efter Længden, men efter Breden affkaarne Fiskebeenstraade. Uagtet allerede en let Udaanding, meddeelt det hygroskopiske Legeme, fortrænger Viseren hurtigt af sit bidtilværende Sted, saa bruge vi dog nutildags dette ligesaa lidet som det Saussuriske Hygrometer, med hvilket det, uagtet dets faste Punkter, nemlig Punkterne for den største Tørhed og Fugtighed blive bestemte paa samme Maade, ingenlunde angiver samme Fugtighedsgrader. Langt hensigtsmæssigere Instrumenter ere **Daniells Hygrometer** og Professor Auguist's (i Berlin) **Psychrometer**. Det Sidste komme vi nærmere til at omtale ved Varmen.

Endnu vil jeg her med et Par Ord omtale de saakaldte **Veirprophéter**. Snart ere disse nette Smaahuler, der ved tort Veir forlades af deres Bebyere, sædvanlig en Ræv, men ingensinde ved fugtigt; snart ere de sirlige Smaahuse, ved hvis Døre en Herre viser sig med en Paraply, naar det Veir forestaaer, men derimod en Herre med en Spadserestok, eller og en Dame med en Parasol mod godt Veir. Hvorledes gaaer dette vel til? Hvo, der har lært at kjende de Aarsager, som ved det Saussuriske Haar-Hygrometer drive Viseren paa Tridsen snart fremad, snart tilbage, vil ogsaa vide at forklare sig, hvorledes det kan staae sig med disse Phænomener. Tænker Eder blot først en Træskive, som hænger ved den ene Ende af en Tarmestreng og paa hvilken en Ræv eller en anden Dyrestikkelse har taget Plads i Nærheden af dens Omkreds; endvidere, at den anden Ende af det hygroskopiske Legeme saaledes er befæstet under Hulen, at Stikkelsen, naar Strængen ved sin Fugtighed vinder i Længden, vender langsom tilbage i sin Bolig; derimod, naar den atter, formedelst Tørheden bliver kortere, paany viser sig foran. Paa lignende Maade forholder det sig med det andet Phænomen. Anbringe I nemlig paa to hinanden modsatte Sider af Eders Træskive istedetfor en Ræv, en Herre med en Paraply og en Dame med en Parasol, saa maa jo aabenbar, naar Strængen og Husdøren er indrettet

paa lignende Maade, snart den Ene, snart den Anden, efter Veirets Beskaffenhed træde frem foran Døren og meddele os den fornødne Underretning om Regn og Solskin. Seer nu til, om J ikke ogsaa selv kunne forfærdige lignende Veirprophéter!

At vi dyppe Oreskaftet i Vand, for at faae det til at sidde fast; at Tegneren gjør sit Papir vaadt, for han udspænder det; at Brædder, Vinduer og Dørbeklædninger ikke mere kunne finde Plads paa de dem anviste Steder i fugtige Værelser, især i saadanne, som have erholdt nye Vægge; at undertiden visse Snedkerarbeider, f. Ex. Fyr-Skillerum, Beklædninger osv. springe fra hinanden med et heftigt Knald; at forud vaadgjorte Kiler gjøre os en fortræffelig Tjeneste ved at kløve Træ og Stene; over disse og endnu mange andre Phænomener giver Vandets udvidende Kraft, som hos visse Legemer viser sig i en høi Grad, den bedste Forklaring.

§ 9.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Hvorvidt fortjener Vandet Navn af et draabeflydende Legeme? Hvorledes adskiller det sig fra Viinaand og alle lignende draabebare Flydenheder? Besvar fuldstændigt det Spørgsmaal: „Hvad er Vand? Angiv, hvad jeg har meddeelt Eder angaaende reent og urent Vand! Hvorledes lader Vand, som er gaaet i Forraadnelse, sig atter gjøre drikkeligt? Hvad vide J at sige mig angaaende Ovagsolv, Viinaand, Æther og flydende Olie? Hvilken almindelig Sætning om Varmen finder ogsaa sin Anvendelse ved Vandet? Nævn mig de Phænomener, som tale for Vandets Elasticitet! Angiv andre, som ret oienfynlig godtgjøre, i hvor ringe Grad den nævnte Egenskab findes ved Vandet! Hvad har jeg leilighedsviis meddeelt Eder om Isen? Beskriv endnu engang Keiserinde Katarinas Isspallads! Hvorledes mon det vel gaaer til, at Isen indtager et større Rum end Vandet, hvoraf den er dannet? Paa hvilken Maade erholde vi en ganske nøie Kundskab om Vandets Tyngde? Nævn Phænomener, som beroe paa Vandets Tyngde! Paa hvilken Maade har jeg gjort det tydeligt for Eder, at Flydenheder udbrede ligeligen til alle Sider det Tryk, som udøves paa deres Overflader? Hvori ligger vel endvidere Aarsagen til, at de stedse stræbe at erholde en vandret Overflade? Hvorledes fandt vi Vandets Tryk paa Bunden af et Kar? og hvad var det, som meest fremkaldte Eders Forundring? Angiv paa hvilken Maade vi kunne lære at kiende det Tryk, som et Punkt i Væggen af et med Vand fyldt Kar lider! Hvad lærte de Forsøg Eder, som jeg anstillede med tobenede Rør og overhovedet med Kar, som vare forbundne med hverandre? Nævn mig de Phænomener, der kun kunne fremstaae som Virkninger af Vandets Tryk! Beskriv Indretningen og Brugen af Nivellér- og Vandvægten, af den anatomiske Hævert, den hydrostatiske Blæsebælg og den hydrauliske Presse! Hvorledes staaer det sig med Anlægningen af hydrauliske Springbronde? Hvorledes viste jeg Eder først, at Legemer, neddykkede i en Flydenhed, tabte noget af deres Vægt? Hvilket nøiere Bevis førte jeg da for den herhen hørende Almeensætning? Angiv det smukke Experiment, som lærte os at kiende Rigtigheden af denne Sætning? Nævn mig Betingelserne for indsænkede Legemers Ligevægt! Hvad betyder Udtrykket: stabil Ligevægt? Angiv nu ogsaa Betingelserne for svømmende Legemers Ligevægt! Hvad meddeelte jeg Eder ved denne Leilighed angaaende

Fiske og fiskeagtige Pattedyr? Hvorover have de Forsøg, som en vis Robertsen i England anstillede med 11 Mennesker, oplyst os? Beskriv Vandproven og vis tillige det Daarlige og Grusomme i den derved stedfindende Dom! Angiv endnu en Mængde Phænomener, der kun lade sig forklare af det archimediske Princip! Hvad forstaae vi ved Legemernes specifiske og hvad ved deres absolute Vægt? Hvilken Indretning har Nicholsons hydrostatiske Vægt? Hvorledes finde vi ved Hjælp af denne den specifiske Vægt af faste og draabebare Legemer? Løs endnu engang samtlige herhen hørende Opgaver! Hvilken Indretning har Areometer-Skalaen? Hvorledes lader den specifiske Vægt af alle faste og draabebare Legemer sig udfinde ved Hjælp af denne? Hvoraf er dens Godhed især afhængig? Hvorvidt lærer den os at kjende, hvor stor Gehalten er af en blandet Flydenhed med Hensyn paa den ene af dens Bestanddele? Beskriv Alkoholometrets Indretning! Løs Opgaverne 1) At finde et fast Legemes Volumen ved Afveining under Vandet, og 2) paa samme Maade at bestemme, hvormeget et fast Legeme indeholder af enhver af begge befjendte Materier, hvoraf det er sammensat! Hvad ledede os til Vandets udvidende Kraft med Hensyn til visse andre Legemer? Hvorledes lader denne Kraft sig temmelig nøie udfinde? Hvad kalde vi saadanne Legemer, som besidde den Egenskab at fortætte en Deel af den i Luften indeholdte Vandgas? Beskriv Franskmanden Saussurs Haar-Hygrometer, samt de Luc's Fiskebeens Hygrometer! Af hvilke Mangler lide begge Instrumenter? Hvor ville vi lære at kjende ganske tilforladeligt Fugtighedsmaalere? Hvorledes hænger det sammen med de herhen hørende Veirpropheter? Nævn endelig Phænomener, hvorover Vandets udvidende Kraft giver os den fuldkommeste Forklaring.

Fjerde Afsnit.

Elastisk-flydende Legemers Bevægelse og Ligevægt.

Forbemærkning. Den samme høie Vigtighed, som vi have tillagt Vandet blandt de draabebare Flydenheder, tilkommer Luften blandt de elastiske. Lader det derfor ikke forundre Eder, at jeg i dette Afsnit alene taler om den og nogle Gasarter, og ikke f.Ex. ogsaa tillige om Dampen; over denne skal jeg meddele Eder det Nødvendigste, naar Talen bliver om Dampmaskinen.

§ 1.

Luftens Tilværelse.

At Luften, denne ualmindelig fine, lette Flydenhed, som indtil en betydelig Høide opfylder Alt, virkelig er til, lader sig ikke ret vel betvivle.

Vistnok giver een af vore fornemste Sandser, nemlig Synet, os liden Oplysning i denne Henseende; derimod give Følelsens og Hørelsens Sandser os et desto bedre Vidnesbyrd om dens Tilværelse. Ja, vi føle Luften saa ofte vi bevæge Haanden eller et andet bredt Legeme behad mod eller forbi Ansigtet; vi høre den og, naar den støder an mod faste Legemer, eller bevæger sig gjennem Nor, snævre Kløfter og lignende Gjenstande. Endnu tydeligere blive vi den vaer ved heftige Stormvinde og Orkaner, der oprykke den stolteste Eeg, omstørte de prægtigste Bygninger og føre de største og stærkest beladede Skibe som lette Fjederbolte over Havet. Ogsaa Aandedraget siger os, at den er forhaanden og maa være et legemligt Væsen. Kun ved den erholde vi Liv og Sundhed; den har Planterne at takke for deres Vart; kun ved den bliver al Sang og Musik mulig; ja uden den kunde ingen Tale finde Sted. Flere andre Beviser for Luftens Tilværelse forbigaaer jeg her.

§ 2.

Luftens Egenskaber ialmindelighed.

Luften er et Legeme. At den som en saadan Ting maa besidde alle de Kjendemærker, som jeg nævnede Eder strax i Begyndelsen af min Underviisning, nemlig i Afsnittet om Legemernes almindelige Egenskaber, forstaaer sig af sig selv: hverken Udstrækning eller Ugjennemtrængelighed, hverken Porositet eller Deleligheb osv. fattes den.*) Her skal Talen forelsbigt være alene om dens **Udvideligbed** og **Tyngde.**

a. Luftens Udvideligbed.

Tager jeg en med Luft fyldt og fast tilbunden Blære mellem begge Hænderne, presser den sammeget som mine Kræfter tillade, og overlader den da atter til sig selv, idet jeg fjærner Trykket, da seer jeg tydelig, at den strax indtager sit tidligere Volumen. Tager jeg endvidere et valseformigt Glasrør med paafaldende tykke Vægge, sætter den nederste Ende fast mod en Væg, tager nu en Kolb, som passer nøie deri, bringer denne noget ind i Aabningen i Rørets øverste Deel og støder da til med en Kraft, som om jeg ganske vilde støde Bunden ud, da vil jeg ei alene ikke, naar Kolben slutter fuldkommen nøie, naae Bunden, men jeg vil ogsaa see, at Kolben drives tilbage, naar Trykket ophører. Saavel dette sidste som ogsaa det førstePhænomen ere aabenbart Virkninger af Luften. Bestræbelsen efter atter at udvide sig, naar den er bleven sammentrykt, fremlyser klart af begge Forsøgene. Ja kun beri erkjende vi Aarsagen til, at Blæren tilbagetog sit gamle Volumen og at Kolben blev stødt tilbage i Nøret. **Heronskuglen og Heronsbronden, Vindbossen og Ildsprøiten, Dykkerklokken og den kartesianske Dykker,** saavelsom ogsaa nogle Experimenter, som anstilles med Luftpumpen (herover noget Nærmere siden) vise ganske den paa den samme Egenskab. Vi kalde sædvanlig denne Egenskab **Udvideligbed.**

*) Da Luftdelene have en Bestræbelse til at fjærne sig længere fra hinanden, saa mangle de aabenbar Kohærensen; og med Hensyn herpaa hører altsaa Kohærensen ikke til Legemernes almindelige Egenskaber.

At et Olglas, som vi med Aabningen i horizontal Stilling mod Vandet nedtrykke deri, atter af den i det værende sammentrykkede Luft bliver drevet iveiret og kastet om; at blede Blade, som ere lagte med en noget fordybet Flade over den hele Haand, i samme Oieblik, som vi slaae paa dem med den anden Haand, lade høre et betydeligt Knald, at vore Kinder, naar vi oppuste dem, besidde megen Elasticitet osv.; til alle disse og endnu mange andre Phænomener giver alene Luftens Udvideligbed Eder Nøglen.

b. Luftens Tyngde.

Tager jeg et i begge Ender aabent Glasrør og dypper det noget ned i Vand, tilslutter derpaa med en Finger den øverste Ende og løfter det derpaa saa høit iveiret, at kun den nederste Ende befinder sig i den nævnte Flydenbed, da vil jeg see, at Vandspeilet i det staaer høiere end i det større Kar. Grunden hertil ligger lizefrem i den ydre Lufts Tyngde; ja alene denne trykker mod Rørets underste Aabning med en Kraft, der er lig Trykket af Vandsøilen og den indesluttede Luft. Drager jeg nu atter min Finger bort fra den øverste Aabning, da vil Vandet i samme Oieblik synke saa dybt i Røret, at dets Overflade danner en horizontal Flade med Vandets i det større Kar. **Suge- og Stikhæverten, Luft- og Vandpumpen,** men især **Barometret** fremkalde lignende Phænomener, og lære os derfor ligesaa smukt at kjende Luftens Tyngde. Lægger med Hensyn paa denne Egenskab især Mærke til det 10de Forsøg, som jeg har beskrevet længere benne, hvor Talen er om Luftpumpen.

At de saakaldte Kopper, naar de først ere gjorte varme over et Lys, gribe dybt ind i det blode Kjød, og blive der saa længe siddende fast, indtil en vis Mængde Blod er traadt ind i dem; at Tobaksrøgen stiger op i en Pibe, naar man suger i den øverste Ende; at det øverste Dække i en god Thee- eller Kaffemaskine er forsynet med et lille Hul, for at Vandet kan løbe ud; at et vel fyldt Fad (Tonde), naar det overalt er godt tæt, og især har sit Spundshul godt tilstoppet, ikke giver Ollet eller Vinen fra sig, om endog et stort Hul bores i een af begge Sidebæggene osv.; over alle disse Phænomener, som I let kunne forøge ved en Mængde andre, giver Luftens Tyngde eller Trok os den nødvendige Forklaring.

Idet jeg nu agter at gaae over til de Instrumenter, som jeg alt forhen har nævnet, opfordrer jeg Eder til, ved ethvert Forsøg, som jeg anstiller dermed, at overveie, hvilken Egenskab ved Luften det især vidner om.

§ 3.

Barometret.

Engang (saa fortæller Historien) blev der i en af Haverne ved Florenz opstillet en usædvanlig lang Pumpe. Da imidlertid nu Arbeiderne begyndte at prøve den, forundrede de og alle Tilskuerne med dem sig ikke lidet ved stedse at see Vandet stige i Stovlen kun til en Høide af 32 Fod. Denne uformodede Begivenhed satte dem i Forundring og Forvirring tillige. De raadsloge længe frem og tilbage, endelig begave de sig til **Galilæi**, en Mand, som levede i den første Halvdeel af det 17de Aarhundrede, og havde store Fortjenester af Naturvidenskaberne, gjorde ham bekjendt med denne høist paafaldende Begivenhed, og spurgte ham om Aarsagen dertil. Vistnok

var denne lærde Mand allerede naaet til den Anskuelse, at ikke alene det Phænomen, hvorom Talen her var, men ogsaa mange andre Phænomener vel blot kunde beroe paa den mekaniske Virkning af Luftens Tyngde; men han havde sandsynlig endnu ikke fine Tanker ganske i det Klare om en saa ny Gjenstand. Og saaledes afforbigede han disse Folk, fordi han ikke vilde give sin Hemmelighed til Priis, med det Svar: **Naturens Afsky for det tomme Rum er begrændset.** Kort Tid derefter døde han. **Toricelli**, hans tidligere Discipel og nu hans Efterfolger i Læreembedet, kom paa den lykkelige Tanke: **Dersom den samme Kraft, som driver Vandet 32 Fod høit iveiret, ogsaa virkede paa Qvægsølv, maatte dette da ikke staae blot $\frac{1}{13}$ eller $\frac{1}{13}$ Deel saa høit i et Rør.** Og denne Tanke førte ham til et af de sindrigste Experimenter: han fyldte nemlig et 3 Fod langt og i den ene Ende tilsluttet Glasrør med Qvægsølv, derpaa holdt han den anden Ende fast til med Fingeren, vendte Røret om og dykkede det ned i et Kar, hvori der ligeledes befandt sig Qvægsølv. Tilsidst tog han atter Fingeren bort og berøvede saaledes Qvægsølvsøilen sit nødvendige Underlag. Hvad han saa længselsfuldt ønskede, skeete strax. Qvægsølvet i Røret sank vel i Begyndelsen noget; men lige til rette Tid, nemlig til stor Glæde for Toricelli, i en Høide af omtrent 28 Tommer blev det staaende uforanderligt; men 28 Tommer, multipliceret med Qvægsølvets specifiske Vægt $13\frac{1}{2}$, giver 378 Tommer eller næsten 32 Fod. Det første store Skridt var nu gjort; dette blev snart efterfulgt af et andet, tredie og fjerde. **Ligger den ubekjendte Kraft**, som maaskee allerede Galilæi havde formodet, **virkelig i Luftens Tyngde, da maa jo visselig**, saa sluttede Toricelli, **Qvægsølvet i Glasrøret synke, naar man med det begiver sig op paa høie Bjerge.** Og ogsaa dette Forsøg, som skulde bringe ham Visbed herover, blev kronet med det skjønneste Udfald. Da nemlig **Pascal**, til hvem han havde henvendt sig, havde besteget et 3000 Fod høit Bjerg, saae han Qvægsølvet sukcessiv stedse at synke dybere, og da han havde naaet Bjergets Top, stod det nu neppe 25 Tommer høit i Røret. Saaledes var det da nu uimodsigeligen godtgjort, at **ikke Afsky for det tomme Rum**, som Aristoteles engang havde lært, **men Lufttrykkets Kraft holdt Vandet 32 Fod høit i Pumpestovlen.** Mærker Eder herved forelobigt: 1) det til dette Bevis nødvendige Apparat (Fig. 79) fører Navn af det **toricelliske Rør**, eller ogsaa, og det sædvanligst, **Barometer**, eller Luft-Tyngde-Maaler, da det endnu er forsynet med en Skala; 2) den vertikale Høide, hvor Toppen s af Qvægsølvets Overflade befinder sig i Karret ab, hedder **Barometer-Høiden**; endelig kaldes 3) Rummet over Qvægsølvsøilen, hvilket Rum, som bekjendt, ingen Luft indeholder, det **torricelliske Tomme.**

Fig. 79.



At slutte efter det, som I hidtil have hørt om Barometrets Indretning, synes Forfærdigelsen af det at være intet mindre end svær. Men Sagen forholder sig anderledes. Ved Forfærdigelsen af et saadant Instrument gives der en Mængde Forsigtighedsregler, som Konstneren, naar Barometret skal være muligst nøiagtigt og fuldkommen, ikke tør lade ude af Agt. Kun paa de vigtigste af disse vil jeg her gjøre Eder opmærksomme

For det Første har han at see paa at Gjennemsnittet af det egentlige Rør (Væggenes Tykkelse kommer altsaa ikke i Betragtning), som han vil indrette til et Barometer, er idetmindste 1½ Linie; thi i altfor snævre Rør frembringer allerede en ganske lille Luftblære, som befinder sig i det toricelliske Tomme, en betydelig Feil; endvidere staaer Qvægsølvet i det, selv om det er fuldkommen luftfrit, stedse noget lavere, fordi Rivningsmodstanden paa Glasvæggene er snærere at overvinde. Konstnerne tage derfor til sædeles nøiagtige Barometre undertiden Rør af 6 Liniers Gjennemsnit. For at give Qvægsølvbeholderen sin rigtige Stilling, tor vi ikke undlade ved de sædvanlige Barometre at slaae Røret noget med vor Finger. — Jeg kommer nu til en anden Forsigtighedsregel. Hvo, der troer, at Konstneren, for at fylde Barometret, ikke behøver Andet end rask at gyde Qvægsølvet i Røret, kjender ikke den vigtige Omstændighed, at Qvægsølvet, ligesaavel som enhver anden draabebar Flydenhed, sluger en Mængde Luft, af hvilken det gjennemtrænges, og hvormed det træder i inderlig Forbindelse, og at tillige denne Luft endvidere strax, naar den indtræder i Barometrets tomme Rum, viser Bestræbelse efter atter i Form af Blærer at adstille sig fra Qvægsølvet. Denne betegnede Ulempe kan alene forebygges derved, at Qvægsølvet ophedes, saa det kommer til at syde. Formedelst Luftens paa en saadan Maade opnaaede større Spændkraft foregaaer disse Flydenheders Adstillelse strax; Luften danner som sædvanlig Blærer, der briste paa Overfladen af Qvægsølvet, og forlade inden kort Tid ganske deres hidtilværende Fængsel.— Den tredie Forsigtighedsregel ligner meget den anden, men har istedetfor Qvægsølvet Røret selv til Gjenstand. Som Erfaring lærer, hænge Vind- og Luftdelene stærkt ved Glassets Flader og skaane derfor ei engang Rørets indre Vægge. Men denne tynde Skakt af Luft og Fugtighed er en ny Anstødssteen ved Barometres Forfærdigelse. For at skaffe den bort, kan Konstneren ikke gjøre noget Bedre end fylde Qvægsølvet suksessivt i Røret, og efter enhver ny Indfylding at bede det saa stærkt, at det kommer i en sydende Tilstand. Denne nye Forretning fordrer iøvrigt megen Tid og stor Taalmodighed. Om der i det toricelliske tomme Rum endnu skulde være Luft forbleven tilbage eller ei, erfarer Konstneren, naar han bringer Barometret ud af dets vertikale Stilling og i en bøiet; thi i første Tilfælde vil Røret ikke fuldkommen fylde sig med Qvægsølv men lade en lille Luftblære tilbage i Spidsen.



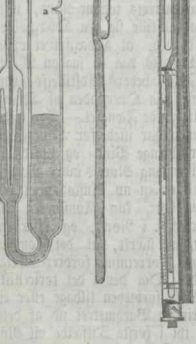
Fig. 80.

Barometret forekommer i forskjællige Former; men jeg holder det for tilstrækkeligt blot at bestrive dets 3 Hovedarter, af hvilke de to sidste have vist sig som fortrinlig brugbare. Disse ere da:

1) **Det sædvanlige Barometer**, som J her see. Det bestaaer, som ogsaa den vedtegnede Figur (Fig. 80) viser, af et Rør, der er krummet forneden og indtager der en pæreformig Figur. Da det alene er bestemt til at angive Forandringer i Luftrykket, har det i Regelen blot Skalaen paa sine øverste Dele. Angaaende Ordene: **Storm, Regn, Forandertigt, Skjønt** osv. skulle J senere erholde den nødvendige Forklaring. Er iøvrigt den pæreformige Deel, sammenlignet med Rørets Gjennemsnit, ikke altfor snæver, saa vil Svingninger af Qvægsølvets Svingninger være saa umærkelige paa Qvægsølvets

Stand i Karret, at vi kunne betragte denne som konstant eller uforanderlig. Men desuagtet egner det sædvanlige Barometer sig ikke til nøie Undersøgelser og Jagttagelser.

2) **Hævertbarometret** er vel ogsaa ligesom det sædvanlige forneden bøiet opad, men det har intet Kar, men to parallele, og saavidt som Forandringerne i Qvægsølvstanden strækker sig, fuldkommen lige vide Rør. Temmelig bekjendt og tillige overordentlig vigtigt, eftersom det giver nøiagtige Resultater og kan let transporteres, er det **Gay-Lussacske Hævert-Barometer**.. De her udkastede Figurer (Fig. 81, 82 og 83) anFig. 81. Fig. 82. Fig. 83.skueliggjøre dette for Eder. Agter her først paa Aabningen a! Denne er stor nok for at lade Luften træde frit ind, men meget for lille til at Qvægsølvet skulde kunne gaae ud derigjennem. Saaledes kunne vi uden Skade bringe vort Instrument i omvendt Stilling. (Fig. 82). Betragte I nu endvidere den Qvægsølvtoyy, som er udsat for Trykket af den atmosphæriske Luft, saa kan det neppe undgaae Eders Opmærksomhed, at Nulpunktet, hvorfra vi have at maale Høiden af Barometersøilen, stiger og falder, og at derfor Skalaens Indretning maa gjøre det muligt for os stedse at rykke Delingens Nulpunkt nøie til den underste Tops Sted. Eders Spørgsmaal: „Hvoraf kommer det vel, at Røret ved det Gay-Lussacske Barometer er saaledes krummet, at det aabne Been ligger i en lige Linie med den øverste Deel af det tilsluttede og tillige længere Rør?" besvarer jeg kortelig med, at denne Indretning har ingen anden Hensigt, end at sætte os istand til at kunne aflæse begge Qvægsølvtoppenes Stilling paa een og samme Skala. Betragter endnu engang Fig. 83! Denne viser Eder tillige, hvorledes vort Instrument, befæstet i et Træbylster, danner en Stav, og vorder just derved i dobbelt Betydning vigtig paa Reiser. Ved ethvert Hævert-Barometer uden Undtagelse bortfalder Kapillariteens Indflydelse, idet begge Benene have et lige vidt Gjennemsnit.



3) **Karbarometret.** Vi erkjende dette paa dets overalt lige Glasrør, der ved sin aabne Ende dykker sig i et Kar med Qvægsølv. Forudsat, at Røret har den nødvendige Vide, og det sig ovenfor Toppen befindende Rum ganske har tabt sin tidligere Luft, finde vi hos dette ikke mere nogen Hindring, som kan modvirke Luftens ydre Tryk. Net udmærket er det **Fortinste Karbarometer** (Fig. 84 og 85). Som det alene tilhørende Dele gjælder Skindpumpen l, Skruen s og en forneden tilspidset Stift af Elfenbeen, som lodret gaaer ud fra det videre Kars Dørksel og speiler sig paa Qvægsølvets glindsende Overflade. Eftersom nu Skruen bliver dreiet, hæver Qvægsølvet sig eller synker i Karret. Saaledes er det altsaa let at bringe Spidsen af hiin Stift i nøie Berørelse med Qvægsølvets Overflade, eller, som vi ogsaa kunne udtrykke os, at finde den Høide, som denne Fly-

Fig. 84.

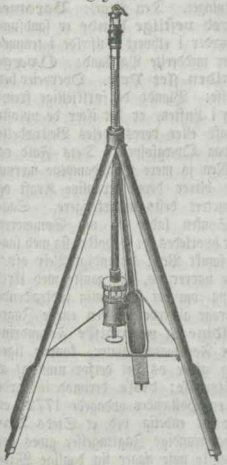


Fig. 85.



denhed naaer til i Jagttagelsens Øieblik. Stiftens Spids bestemmer os naturligvis Barometerskalaens Nulpunkt. De øvrige Dele af det Fortinske Kar-Barometer f. Ex. Metalrøret med sine to hinanden modsatte Spalter, hvoraf det omgives; Skyderen, de, hvori der befinder sig to lignende Spalter osv. forbigaaer jeg her, for ikke i en Bog som den nærværende at blive altfor vidtløftig.

Men hvad har nu vel Barometret lært os Alle at kjende? Dette Spørgsmaal er ustridigt meget vigtigt, og jeg vil derfor her stræbe at besvare det nogenlunde fuldstændigt.

Barometret giver os Underretning:

1) **Om Lufttrykkets uligeStørrelse paa samme Sted til forskjællige Tider.** Man befæste et Barometer nøie vertikalt paa et vist Sted og see derpaa af og til efter, hvor høit Qvægsølvet staaer i Røret. Sædvanlig behøves kun faa Dage til at overtyde os om, at Høiden deraf er snart større snart mindre, eller **at Luftens Tryk er underkastet mange Forandringer.** Denne vigtige Jagttagelse gjorde allerede dette nyttige Instruments Opfinder. **At Qvægsølvet stiger og falder indenfor et Rum af 2 Tommer, og at endvidere den beregnede Differents ingensinde er saa betydelig paa høie Bjerge og under Æquator som i lave Egne og i Landene henimod begge Polerne, have allerede 2 Aarhundreders omhyggelige Jagttagelser stedse stadfæstet paa det Nøieste.** Desværre staaer det sig ikke saa sikkert med andre iøvrigt ogsaa meget lærerige Jagttagelser. Jeg mener den Slags Jagttagelser, som angive Veirbegivenheder, hvilke man har søgt at bringe i Forbindelse med Qvægsølvets forskjællige Stand. At Barometret sædvanligt falder mod Regn eller Snee, at det derimod næsten altid stiger, naar smukt Veir skal indtræde, — hvo vilde vel benægte det? Men dette er dog, som Erfaring lærer, ikke altid Tilfældet. Til visse Tider paa Aaret, især paa de Tider, da Dag og Nat ere lige lange, forekomme Afvigelserne langt hyppigere end til andre. Ogsaa udmærke mange Aar sig ved lignende Uregelmæssigheder. „Veirglasset veed Intet mere" siger den simple Mand, og han har i Sandhed ikke saa ganske Uret. Men saa utilforladeligt Barometret end viser sig i denne Henseende, saa kan man dog ei benægte en Overensstemmelse mellem Vindens Retninger og den høiere eller lavere Qvægsølvstand; thi særdeles høi Barometerstand træffer ei alene sammen med østlige og nordlige Vinde; men

ialmindelighed staaer ogsaa Qvægsølvet høiere ved østlige og nordøstlige Vinde, end ved Vinde, som komme fra andre Retninger. Den Regel: **Barometret stiger ved østlige og falder ved vestlige Vinde** er sandsynligviis kun undertiden saa Afvigelser, og træder i ethvert Tilfælde i temmelig nøie Forbindelse med den Eder tidligere meddelte Paastand: **Qvægsølvets Stigen lover godt, dets Falden slet Veir.** Overveier her med Opmærksomhed især følgende Anskuelse: Blandt de forskjellige fremmedartede Ting, der stedse svømme omkring i Luften, er det især de opløste Vanddampe, som ifølge deres Spændekraft eller deres Deles Bestræbelse efter at udvide sig i alle Retninger, virke paa Qvægsølvet. Dets Fald og Stigen er næsten alene betinget af dem. Men jo mere Vanddampene nærme sig den draabebare Tilstand, desto ringere bliver deres expansive Kraft og dermed ogsaa deres Indflydelse paa Barometret desto umærkeligere. Saaledes vide I da, hvorfor Qvægsølvets Synken lader os om Sommeren vente Regn, men om Vinteren Snee; samt hvorledes det forholder sig med saadanne Angivelser, som: „meget tørt Veir, smukt Veir, bestandigt Veir osv." og at Barometret, skjøndt det meget ofte narrer os, ikke ganske med Uret bærer Navn af **Veirglas.** En Slutning om det sandsynlig indtrædende Veirlig lader sig imidlertind ingensinde uddrage allerede af een enelte Jagttagelse.—Vi skjælne iøvrigt mellem **tilfældige** og **periodiske** Forandringer ved Barometret; **hine,** hvortil alt det Foregaaende sigter, komme ligesom af sig selv, naar det behager dem, og gjøre os det derfor umuligt at forudsee saavel deres Tid som deres Størrelse; **disse** derimod indtræde til bestemte Tider og besidde, som alt en Hollænder opdagede 1772, en uforanderlig Størrelse.*) Hvad forstaae vi endelig ved et Steds **Barometer-Middelstand**? Efter særdeles grundige Jagttagelser gives der en Time, hvori Qvægsølvtoppen nærsten ganske nøie naaer sin daglige Middelhøide. Denne Time er i Tydskland og Nabolandene Middagstimen. Forestiller Eder, at En fra 1ste Januar til 31te December havde anmærket samtlige daglige Middelbarometerhøider! Han behøvede da, for at finde Høider og at dividere den erholdte Sum med 30 eller 31. Paa samme Maade erholder han Middel-Barometerhøiden for et heelt Aar. Nu er vel Middel-Barometerstanden ikke fuldkommen den samme for alle Aar; men de Forandringer, som den lider, ere saa overordentlig ringe, at de gjerne kunne betragtes, som om de slet ikke fandt Sted.

2. **Om Luftrykkets ulige Størrelse i samme Tid paa forskjællige Steder.** At Qvægsølvet synker i Barometerrøret, naar vi føre dette op paa et høiere Sted, have I allerede lært at kjende under de

*) Alexander Humboldt kom ved en Række nøie Jagttagelser til det Resultat, at Barometret under Æquator naaede Klokken 9 om Morgenen sit første og dernæst Kl. 10 om Aftenen sit andet Maximum; endvidere Kl. 4 Morgen Morgen sit første og mellem 4 og 4½ Eftermiddag sit andet Minimum, og at dette der foregaaer saa regelmæssigt, at Forandringerne, dersom de blot vare ret mærkelige, godt kunde trøde istedet for et Uhr. Men ganske anderledes staaer det sig i denne Henseende i de kolde og tempererede Zoner. Om en Jagttager endog her gjør sig nok saa megen Umag, ingensinde vil det dog lykkes ham blot nogenlunde at eftervise de periodiske Forandringer, fordi de tilfældige ere altfor betydelige.

historiske Oplysninger om dette nyttige Instrument. Og det kan ei heller være anderledes; thi jo høiere vort Standpunkt ligger over Havfladen, desto længere er aabenbar den Luftsøile, som er under os, og desto kortere den, som befinder sig over os, og som bevirker Qvægsølvets Stigen og Falden i Røret. For at lære at kjende det Forhold, hvori Qvægsølvhøiden i Røret staaer til Jagttagelseshøiden, behøve vi to meget omhyggeligt forarbeidede Barometre, af hvilket det ene maa ophænges paa et lavere, det andet paa et høiere Sted; hvorhos tillige Jagttagelserne selv maae skee med begge Instrumenterne i samme Sekund. Forudsat at det første Barometer ligger nøiagtig lige dybt med Havfladen og det andet ligger paa et omtrent 73 Fod høiere Standpunkt, vil Qvægsølvet vise en Falden af omtrent 1 Linie. Denne Omstændighed gjør os dernæst bekjendte med Luftens Tyngde i de lavere Egne. Maae vi virkelig, som Erfaringerne lære, stige omtrent 73 Fod for at see Qvægsølvet falde en Linie, saa er det jo klart, at en Luftsøile af hiin Høide veier just ligesaa meget, som en Qvægsølvsøile af samme Høide, og med et lige Tværmaal. Men nu forholder 73 Fod sig til 1 Linie, som 10512 til 1. Altsaa omtrent i dette Forhold staaer Qvægsølvets eiendommelige Tyngde til den nedre Lufts specifiske Tyngde. (Undersøger nu herefter ogsaa Luftens Forhold til Vandet!) Jeg siger med Forsæt „den nedre Luft“; thi paa de høiere beliggende Steder forandrer Forholdet sig mærkeligt. Aarsagen hertil har jeg allerede angivet ovenfor. Som en tungere Flydenhed udøver Luften et Tryk paa Alt, hvad der befinder sig under den, og som en elastisk Flydenhed indtager den et større Volumen, saafnart den paa den virkende Kraft bliver ringere. Saaledes kan det da ikke mere forundre Eder, at de høiere Lufttag ere lettere end de lavere, og at vi derfor maae stige noget mere end 73 Fod for atter at at see Qvægsølvet falde endnu 1 Linie. Jo høiere vi komme, desto mere beløber naturligviis Forskjellen.

Her er den meest passende Leilighed til at gjøre Eder bekjendte med den Lov, hvorefter Af- og Tiltagen i Luftens Tæthed følger. Den bedder efter sin Opdager den **Mariotteske Lov**, og lyder saaledes: **Ved ethvert luftformigt Stof forandrer Volumenet sig i omvendt Forhold til Trykket.** For at kunne bevise dette ved et Forsøg med fortættet Luft, tager man et hævertagtigt bøiet Glasrør (Fig. 86), hvis kortere Been er tilsluttet; men hvis længere derimod er aabent foroven. Rørets Vide udgjør henimod 1½ Tomme, og det kortere Been er fuldkommen cylindrisk og forsynet med stærke Vægge. Ved Siden af dette og det længere Rør befinder sig endelig en Skala, for at man paa det Nøieste kan være istand til at see begge Qvægsølvtoppenes Høider. Under Brugen maae ogsaa her begge Rørene hænge saavidt muligt lodret. Nu gyder man meget langsomt noget Qvægsølv i Røret og boier da Apparatet en Smule for at Luften kan undvige af det kortene Been. Kun saaledes kan man bringe det dertil, at Qvægsølvet staaer lige høit i begge Rørene, og tillige ganske nøie berører Nulpunktet eller en anden Delingsstreg af Skalaen. Antaget at Qvægsølvtoppen i det kortere Rør befinder sig ved a og har lige Høide med den anden Qvægsølvsøiles Top, da lider aabenbar den Luft, som er afspærret i Rummet ab, nøie Atmosphærens Tryk. Man fylder nu paany Qvægsølv i det længere Rør, og det saameget at



Fig. 86.



Fig. 86.

Qvægsølvet i det kortere Rør nøie berører Midten af ab, Punktet m. Herpaa betegner man paa den længere Arm det Punkt n, som har lige Høide med m, og maaler hvor høit Qvægsølvet hæver sig over n. Naar vi nu vide 1) At Luften i ab er sammenpresset til halvdelen af sit forrige Volumen, og 2) At Barometerhøiden og Høiden af Qvægsølvsøilen ns nøie stemme overeens med hinanden, saa tør vi intet Øieblik mere tvivle om, at den i bm indesluttede Luft modvirker et Tryk af 2 Atmosphærer. Besidder isyrigt den aabne Arm af vort Apparat den nødvendige Længde, saa kunne vi endvidere let godtgjøre, at et Tryk af 3, 4 Atmosphærer sammenpresser den i Begyndelsen i ab sig befindende Luft til $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ af dens oprindelige Volumen. Men hvorledes bevise vi Rigtigheden af den Mariotteske Lov for et Tryk, der er ringere end 1 Atmosphære? Formedelst Vigtigheden af den her under Omtale værende Lov gives der alt i lang Tid bensigtsmæssige Fortyndningsredskaber. Disse forbigaaer jeg dog her, da jeg er overtydet om, at vi for vor Hensigt ikke mere behøve dem. Isvrigt lader den Mariottiske Lov sig ogsaa, med Hensyn paa en anden ogsaa allerede tidligere forklaret Lov, der uddybreder sig over Legemernes Volumen og deres Tæthed, saaledes udtrykke: **Luftens og overhovedet alle Gasers Tæthed er proportional med det Tryk, som de have at udholde.**

Hvo, som ikke blot kjender den Mariotteske Lov, men ogsaa forstaaer at anvende den, besidder i sit Barometer tillige et Instrument, hvorved han kan maale Taarne, Bjerge osv. Da denne Bogs Hensigt ikke tillader mig nærmere at beskrive Fremgangsmaaden ved den barometriske Høidemaaling, saa indskrænker jeg mig her til at angive de Regler, som hovedsagelig ere lagte til Grund for den. Disse ere da følgende: Maal begge Qvægsølvhøiderne paa begge de Steder, hvis Høidedifferens du vil erfare, særdeles nøie, og sørg tillige for, at Forretningen paa begge Steder fuldendes paa samme Tid. Tilbageforer for det Andet de iagttagne Qvægsølvhøider til det smeltende Jerns Temperatur, (hvorfor dette er nødvendigt, vil blive lært Eder i Afsnittet om Varmen). Undersøg for det Tredie, hvor høit ethvert af de givne Standpunkter befinder sig over det Sted, hvor Qvægsølvsøilen har en Høide af 28 Tommer (Kun Loven for Aftagningen af Luftens Tæthed forhjælper Eder dertil.) Tag endelig for det Fjerde Middeltallet af begge de Varmegrader, som I have iagttaget paa begge Standpunkter, og læg til den forrige Høidedifferens saa mange 213 Dele til, som den fundne Middelvarme tæller Reaumurgrader over Nul (hvorfor dette maa skee, kan allermindst her sættes ud fra hinanden for Eder). Stedse lader Høideforskjellen mellem 2 fra hinanden vidt fjærnede Steder sig sikkrest bestemme, naar man kjender Middelbarometerstanden for ethvert af dem. Barometret giver os den endelige Forklaring.

3) **Om den betydelige, høist overraskende Storrelse af Lufttrykket paa visse Flader og Legemer.** Luften holder som bekjendt, Ligevægt med Massen af en Qvægsølvsøile af 28 Tommer. Sæt nu, at hiin Søile havde 1 Qvadrattomme i Gjennemsnitsflade, saa har Luften aabenbart 28 Kubiktommer Qvægsølv eller næsten 15 Pd. at bære. (Hvorledes kommer jeg til denne Vægt? Tænker paa, hvad I have hørt om Vandets

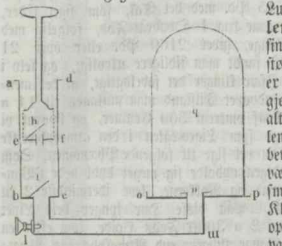
Vægt!) Herved lader Luftstrykket paa enhver anden Flade sig let beregne. Vilde J f.Ex. vide, med hvilken Kraft den virker paa 1 Qvadrat-Fod, saa behøve J blot at multiplicere hine 15 Pd. med det Tal, som siger Eder, hvormange Qvadrat-Tommer, der gaae paa 1 Qvadrat-Fod, følgelig med 144. Men 15 Pd. taget 144 Gange, giver 2160 Pd. eller over 21 Centner. Denne Trykkets Størrelse fandt man tidligere utroligt, og selv i vore Dage tvivle Mange herom. Især klinger det fabelagtigt, at det menneskelige Legeme, hvis Overflade i udvoxet Tilstand maa anslaaes til 14 a 15 Qvadratfod, skulde lide et Tryk af omtrent 300 Centner, og hvoraf vi ikke fornemme det Ringeste, saalænge som Ligevægten i den atmosphæriske Luft bestaaer. Men hvad vilde J nu vel sige til følgende Phænomen. Som bekjendt gives der Fiske, der bestandigen opholde sig meget dybt nede i Vandet. Mange af dem, f.Ex. Flynderne og Rokkerne, leve idetmindste 2 til 3000 Fod under Havets Overflade. Paa disse Dyr tynger hele Livet igjennem Vægten af en Vandsøile af 2 a 3000 Fods Høide, som efter en omtrentlig Beregning er 70 til 80 Gange tungere end Atmosphærens Vægt; og dog bevæger selv en saadan Fisk sig med Lethed omkring i sit Element. Betænke vi imidlertid, at disse Dyr ere indvendig forsynede med Flydenheder, som især formedelst deres Uigjennemtrængelighed maae gjøre Vandet den fornødne Modstand, saa forsvinder alt det Underfulde i hint Phænomen. Noget Lignende finder Sted med os, som have Vægten af den atmosphæriske Luft at bære. Vistnok kan ikke den Luft, som boer i det Indre af vort Legeme, alene holde Trykket af hele Atmosphærens Ligevægt; men den formaaer dette ved Hjælp af sin Expansiv- eller Spændkraft. Lægger herved ogsaa Mærke til det menneskelige Legemes Indretning! Drives ikke dets Safter med stor Kraft fra inden udad? og trænger ikke stedse en Deel af dem gjennem Hudens fine Porer? Er dette da ikke ret et stort Bevis paa Skaberens Viisdom, at disse, tilbageholdte ved hint Tryk, blive forhindrede fra paa engang at gaae bort i altfor stor Mængde? Ikke Lufttrykkets Tilstedeværelse, men dettes Borttagelse vilde sætte os i en slem og frygtelig smertelig Tilstand. Reisende, som have besteget høie Bjerge, følte der en ganske eiendommelig Udmattelse; allerede efter faa Skridt saae de sig nødte til at staae stille og at udhvile sig i nogle Sekunder; ja det, hvorover de mest forundrede sig, var, at Blodet trængte frem af Læberne og Tandkjødet. At Trykket af den atmosphæriske Luft ikke besværliggjør vore Ledemodes Bevægelse, er en Følge deels af dens yders ringe Masse, deels ogsaa af alle Delenes neppe mærkelige Kohæsion.

§ 4.

Luftpumpen.

Er Barometret et ualmindelig vigtigt Instrument, saa er Luftpumpen det ikke mindre. Opfinderen af Luftpumpen er **Otto Guerike**, Borgemester i Magdeborg. Han levede samtidig med Toricelli, og opfandt ei alene Luftpumpen, men ogsaa Electricermaskinen. Uden at angive Eder Luftpumpens oprindelige Beskaffenhed og de mangeslags Forandringer, som i den senere Tid ere foretagne med den, vil jeg strax beskrive en Luftpumpe af det Slags, som Mekanikerne endnu hyppig forfærdige, og tilføie det Nødvendigste om andre Luftpumper.

Fig. 87.



Den Metal-Cylinder, som paa Figuren (Fig. 87) er betegnet med abcd, er den første nødvendige Deel af en Luftpumpe; den har Navn af **Stövlen**, og maa, hvis den skal opfylde sin Bestemmelse, være udhulet med største Omhyggelighed. **Stemplet** er den anden Hoveddeel. Dette er gjennemboret i Midten, berører overalt lufttæt de indre Vægge af Stövlen og kan ved Hjælp af et Greb bevæges op og ned. Ikke mindre væsentlige Dele ere for det Tredie 2 smaae af lufttæt Vorlaft forfærdigede Klapper, **Ventiler**, som aabne sig opad, af hvilke den ene er anbragt paa Stemplets Basis, og den anden i Cylinderens Basis. 2 lige Streger, h og k, antyde dem i Tegningen. Jeg kommer nu til Nøret kmn, det fjerde nødvendige Stykke af en Luftpumpe. At en Metal-Talerken, op, er befæstet ved den ene Ende deraf, at endvidere Klappen k bevirker den ved enhver Luftpumpe nødvendige Forbindelse mellem Cylinderen og Stövlen; samt at Hanen ved l frembyder et Middel til at tilstede den ydre Luft Indgang i Nøret, eller forhindre den derfra, bliver Eder let tydeligt af Figuren. Hvad iøvrigt her endnu kan være nødvendigt at tilføie, vil blive Eder klart af det Følgende. Vi gaae nu over til Brugen af Instrumentet.

Recipienten q, d. v. s. det Kar, som skal gjøres lufttomt, er sat paa Talerkenen op, Hullet l i Forbindelsesrøret kmn er tilsluttet, og Stemplet af er nedtrykt lige til Stövlens Basis. Jeg drager nu atter Stemplet op; men idet jeg gjør dette, danner der sig under Stemplet et tomt Rum. Luften, som hidtil var indesluttet i Klokken og Forbindelsesrøret, aabner, da den ikke mere finder noget Modtryk, den ved k anbragte Ventil, og en Deel af den træder ind i Stövlen for atter at tilvejebringe Ligevægt. En ganske ligefrem Følge af alt dette er en Fortynding af den indesluttede Luftmængde. Sæt nu, at det indre Rum i Stövlen var nøie saa stort som det under Recipienten og i Forbindelsesrøret tilsammen, maatte da ikke Tætheden af Luften, hvorom her alene er Tale, være sjunket det Halve, efterat jeg havde draget Stemplet iveiret? Jeg trykker nu Stemplet anden Gang ned og spørger Eder: Hvorledes gaaer det nu med den tidligere i Pumpestövlen indtraadte Luft? Under Recipienten, hvorfra den forhen kom, kan den aabenbar ikke mere vende tilbage; der bliver derfor ingen anden Udvei for den end at gaae bort igjennem Klappen h, som ogsaa gjerne lader sig aabne, og Stempelrøret. Nu er den altsaa borte; men jeg hever Stemplet iveiret paany, og hvad følger nu tredie Gang? For at forebygge alle besværlige Gjentagelser, bemærker jeg, at for hver Gang jeg hever Stemplet, træder en Deel af Luften ud af Recipienten og ind i Stövlen; at den atter der gaaer bort igjennem Stempelklappen, naar Stemplet atter stydes ned, og at derfor den tilbageblevne Luftmængde bestandigt fortyndes, som I vist Alle indsee. Endnu har jeg to vigtige Spørgsmaal at besvare: 1) **Er det vel muligt at gjøre Rummet under Recipienten fuldkomment lufttomt? og 2) Hvorved erfare vi, i hvilken Grad Luf-**

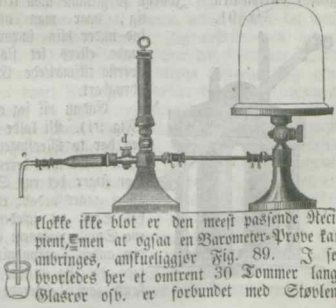
ten er bleven fortyndet? Selv ei engang ved de bedste Instrumenter kan Luften staffes ganske bort. Er den nemlig alt saameget fortyndet, at dens Kraft ikke længere er tilstrækkelig til at drive Ventilen iveiret, saa vil ligefrem al videre Pumpen være forgjæves Anstrængelse. Det bedste Middel til at lære at kjende, hvorvidt der er stredet frem med Fortyndningen, er den saakaldte Barometer-Prøve. Vil man anvende denne, saa sætter man blot et sædvanligt Barometer paa Luftpumpens Tallerken, bedækker den med en hvi Klokke (i Mangel heraf kan man ogsaa bruge et ganske kort, kun faa Tommer høit Barometer, hvori Qvægsølvet støder tæt an mod Hvælvingen af den sammensmæltede Arm) og pumper derpaa saavidt muligt den sig derunder befindende Luft bort. Qvægsølvets Stand til enhver Tid gjør os bekjendte med Trykket af den tilbageværende Luft og tillige med dens Tæthed. Bærer f. Ex., den atmosphæriske Luft en Qvægsølvsøile af 336 Linier, Luften under Recipienten derimod kun en Søile af 6 Linier, saa forholder Tætheden af hiin sig jo til Tætheden af denne som 336 til 6, eller som 56 til 1. En god Luftpumpe maa ei alene tilstede, at Qvægsølvet synker ned til den ringe Høide af 1 Linie, men maa ei heller give slip paa denne Fortyndning, længe efter at al Pumpning er ophørt. Stiger atter Qvægsølvet iveiret, saa er det et sikkert Tegn paa en skadelig Indtrængen af den ydre Luft. Hvor og naar vi endog ville bruge Luftpumpen, maae vi ingensinde forglemme at sætte et Kar med Svovelsyre under Recipienten for at fjærne de vandagtige Dunster.

Ikke enhver Luftpumpe er indrettet paa den ovenfor beskrevne Maade. Fig. 88 giver Eder et Billede af en meget hensigtsmæssigt konstrueret Haand-Luftpumpe. Hos denne udgaaer Kanalen mellem Støvlen og Recipienten, for den antager den horizontale Beliggenhed ab, vertikal; ved d er endvidere en Hane, ved Hjælp af hvilken vi, naar vi experimentere, snart kunne afsperre den fra den atmosphæriske Luft, snart sætte den i Forbindelse dermed; a betegner Eder endelig Recipientens Standplads, og f en Skrue, hvorved Instrumentet kan befæstes paa et Bord eller Bræt. Hvorledes overhovedet ved en saadan Luftpumpe en Glas-

Fig. 88.



Fig. 89.



klokke ikke blot er den meest passende Recipient, men at ogsaa en Barometer-Prøve kan anbringes, anskueliggjør Fig. 89. I see hvorledes her et omtrent 30 Tommer langt Glasrør osv. er forbundet med Støvlen,

forovren omboiet, og forneden inddykket i et Fad med Qvægsølv; men bestænker nu ogsaa, at Qvægsølvet træder ind i Røret, naar vi aabne Hanen, og det saa meget høiere, jo mere Luftens Fortynding skrider frem! Det Glasrør, som befinder sig mellem Luftpumpen og en kort Kanal under Recipienten i en horizontal Beliggenhed, har, for at komme til at staae i den nødvendige Forbindelse med begge de nævnte Dele af Apparatet, paa hver Ende et lille Rør af Gummielastikum. Omendskjøndt denne lille Haandluftpumpe hverken egner sig for store Recipienter, eller for en hurtig og fuldstændig Udtømmelse, fortjener den dog en ganske særegen Opmærksomhed, fordi den frembyder os Leilighed til særdeles mange Experimenter.

Ved Luftpumpen, som I see Fig. 90, danner Stangen de Ventilen ved Støvlens Basis. Neppe have vi her begyndt at drage Kolben b iveiret, for ogsaa allerede Afstaffen d støder an mod Cylinderens øverste Plade og noder derved b til at bevæge sig langs ben med hele Stangen med en Rivning; neppe er endvidere vor Birksombed bleven rettet hen paa atter at lade Kolben stige iveiret, saa gaaer ogsaa allerede den afstumpede Kegle c i den Aabning, som befinder sig nærved og passer yderst neie for den, og det saavidt, at dens øverste Flade falder sammen med Bunden af Støvlen i en jævn Flade. Ventilen s, Kanalen fra c til v, den dobbelt gjennemborede Hane y osv. behøve ingen Forklaring. Anderledes forholder det sig med Barometerprøven. Denne er nemlig sædvanlig et afkortet, idetmindste 7 Tommer langt Barometer, som vi indeslutte i en snæver Klokke r, og sætter det ved denne i Forbindelse med Maskinens Kanal. Differentsen mellem Høiden af begge Qvægsølvtoppene bestemmer Luftens Fortyndingsgrad i Recipienten. Jøvrigt forglemme man ikke altid at være ret forsigtig, naar man atter lader Luften komme ind under hiin snævre Klokke, thi Qvægsølvet kunde ellers let slaae for stærkt mod Rørets øverste tilsmeltede Ende og gjøre Barometret ubrugbart.

Fig. 90.



Fig. 91.



Endnu vil jeg omtale en tredie Luftpumpe, (Fig. 91). Vi kalde den den **tostøvlede**, fordi den har to Messingcylindre. Begge Kolbestængerne gribe med deres Tænder ind i samme Driv. Her stiger det ene Stempel iveiret, medens det andet gaaer nedad; eller her finder den Birksombed Sted, at imedens Luften gaaer ud af den ene Støvle igjennem Stempelklappen, frembringer den anden Fortynding. Ved denne Luftpumpe lade der sig anstille mangfoldige ligesaa interessante som belærende Experimenter. Snart er

det Luftens Tryk, snart dens Udvidelseevne, snart noget Andet, hvortil Forsøgene, som I nærmere skulle lære at kjende, levere de meest slaaende Beviser.

Første Forsøg. Jeg gjør ikke andet, end at jeg tager en Klokke, og efter at jeg har bestrøget dens Rand med Talg, sætter den paa mit Instruments Tallerken, og, i det jeg derefter beværger Stemplerne op og ned, fortynder Luften i den. Og see! Ikke Een af Eder vil have Kræfter nok til at tage Klokken bort fra Tallerkenen, omendskjøndt ingensomhelst Befæstelse finder Sted. Vider da, at det kun er Trykket af den ydre Luft, som gjør Recipienten saa ubevægelig. Meddeler jeg den indespærrede, nu yderst fortyndede Luft sin forrige Tæthed, saa staaer Klokken paa Luftpumpens Tallerken ligesaa løs som paa enhver anden Flade.

Andet Forsøg. Jeg tager en for oven og neden aaben Cylinder af Metal, bringer ogsaa den paa Tallerkenen af mit Instrument og binder nu paa dens øverste Aabning en ubeskadiget Svineblære. Neppe begynder jeg nu at bevæge Stemplerne op og ned, saa ville I Alle blive vaer, at Blæren mere og mere drages nedad og at den tilsidst springer. Hvo, der istedet for Blæren vil anbringe en tynd Glasplade paa Metalcylinderen (som Kit bruges her bedst smeltet Vox) maa være ret forsigtig, at ikke hans Øine skulle beskadiges, naar Pladen springer itu af Atmosphærens betydelige Tryk.

Tredie Forsøg. Ligesom min Metalcylinder, saaledes er ogsaa denne Glascylinder hverken tilsluttet foroven eller forneden. Foruden den behøver jeg endnu, for at anstille mit nye Experiment, et Trækar, fyldt med Vand, som passer nøie paa den øverste Aabning. Karret maa være forskriftsmæssig befæstiget paa Fortyndningsapparatets Tallerken. Jo mere jeg nu borttager Luften under det, desto mere vorer ligesom Atmosphærens Tryk; ja Vandet søger tilsidst, naar nemlig Fortyndningen har naaet en meget høi Grad, sig tilsidst en Udvei igjennem Træets Porer og falder draabeviis ned paa Instrumentets Tallerken. Ja, Opvægsolv, behandlet paa en lignende Maade, glæder os ved en slim Solvregn. Hvorpaa ere disse Phænomener træffende Beviser?

Fjerde Forsøg. Intet Experiment af dem, jeg hidtil har anstillet ved Luftpumpen, overrasker mere ved sin store Effekt, end det bekjendte med de **magdeborgske Halvkugler.** Det leverer endnu stedse det meest slaaende Bevis for Atmosphærens store Kraft. Jeg befæster den ene af to Metal-Halvkugler a (Fig. 92) ved Hanen c, som den netop har erholdt i denne Hensigt, paa Luftpumpens Tallerken, derpaa bestryger jeg dens

Fig. 92.



Rand med noget Fedt eller bedækker den, hvilket endnu er at foretrække for hiin Fremgangsmaade, med en i Vand duppet Læderstrimmel; derpaa passer jeg den anden Halvkugle b til den Første saa nøie, som det er mig muligt for at ingen Luft skal trænge ind igjennem Sammenpasningen. Slutteligen udpumper jeg den i Kuglen indespærrede Luft paa sædvanlig Maade. Naar jeg kjender mit Instruments Godhed og Indretning, saa ved jeg meget vel, naar Luften deri har naaet den høieste Grad af sin Fortyndning; og naar dette er opnaaet, tilslutter jeg ved Hanen c den Indre af Kuglen omhyggeligt og strøer den atter løs fra Luftpumpens Tallerken. Og hvad maatte Ingen havde ventet, skeer nu. Saalænge den indespærrede Luft besad en lige Tæthed med Atmosphæren, faldt

Halvkuglerne af sig selv fra hinanden; men nu, efterat Tætheden maaskee er forringet 300 Gange, hænge de saa fast sammen, at man til deres Adskillelse behøver meget betydelige Kræfter. Med Kuglernes Størrelse voxer ogsaa aabenbar Luftrykket. Da den berømte Opfinder (den forhen nævnte Otto Guerike) blev af sin Herre, den store Kurfyrst Frederik Wilhelm, skikket til Rigsdagen i Regensburg, tog han Luftpumpen, sit Yndlingsinstrument, med og anstillede der i Overværelse af Keiser Ferdinand III og mange Rigsfyrster, især det smukke Experiment med sine Halvkugler. Enhver af dem havde en Alen i Gjennemsnit og var omgivet af stærke Jernringe. Forundrede Herrerne sig allerede, da de ikke saae at Halvkuglerne faldt fra hinanden, efterat Otto Guerike havde udpumpet Luften, saa maatte deres Forundring en endnu høiere Grad, da 8, 12, 16, ja 20 Heste ikke vare istand til at trække dem fra hinanden. Til denne Løsrivning behøvedes den i Sandhed uhyre Kraft af 24 til 30 Heste. Hvo, der kjender Halvkuglernes Overflade, Luftrykkets Størrelse, og ogsaa omtrent Mængden af de Pd., som en Hest formaaer at drage i lige Retning, kan ogsaa let beregne, hvormange Heste, der behøvedes til den tilsigtede Adskillelse. Men hvad sagde nu vel Verden til dette den magdeborgske Borgemesters underfulde Experiment? De Forstandige beundrede hans Aands Storhed og Skarpsindighed; de Eenfoldige derimod skjelede skye til Troldmanden og havde bedre seet ham paa Skafottet end i Forsamling. Otto Guerike blev dog lykkeligviis ei et Offer for sin smukke Opfindelse.

Femte Forsøg. Efter at jeg har fjernet næsten al Luft af en Blære og bundet den fast oventil, lægger jeg den under mit Instruments Recipient, og giver nu omhyggelig Agt paa, hvilke Forandringer der foregaae med den, medens jeg udpumper Luften. Som Enhver kan see, svulmer den op, og dette desto mere, jo mere Fortyndningen tiltager. Hvilke Egenskaber ved Luften har vel dette Experiment godtgjort?

Sjette Forsøg. Jeg lægger i et Kar fuldt af Vand nogle Pengestykker og sætter derpaa Karret under Luftpumpens Klokke. Og neppe har jeg nu atter begyndt at fortynde Luften under Recipienten, før jeg vil see samtlige Pengestykker overtrukne med en Mængde Luftblærer, der i samme Grad som Uppumpningen bliver fortsat, løsrive sig, stige iveiret og briste paa Vandets Overflade. Sand, støvartede Masser, alleslags Glasdele osv. frembyde ved samme Behandlingsmaade lignende Phænomener. Selv af Vandet fremstyde lignende Blærer. Mærker herved! Luften er for os usynlig, saalænge den forbliver inderlig forbunden med Vandet, men kan, befriet fra Atmosphærens Tryk, stilles fra sin draabebare Flydenhed, og gjøres synlig. Denne dens Fremtrængning af Legemets Indre har man allerede søgt at anvende ved Tøiers Farvning. Lægger man nemlig et Stykke Tøi i den farvende Flydenhed, og bringer det, saaledes neddyppet i det lufttomme Rum, saa løsriver næsten al den i det indeholdte Luft sig, og den farvende Flydenhed trænger senere, naar Luften paany indlades i hiint Rum, ogsaa ind i saadanne Porer, i hvilke den, uden dette Forsøg, visselig ikke vilde være kommen. Ol, som paa den angivne Maade berøves al Luft, bliver dovent efter faa Minutters Forløb.

Syvende Forsøg. Jeg tager i et Glas noget Vand, som i det høieste har 30 Grader Reaumur, og sætter dette under Luftpumpens Recipient; og efter nogle Pumpeslag begynder det strax at koge, uagtet dets Temperatur er langt under Kogepunktet. Dette Forsøg kan **foreløbigt**

lære os (thi senere skulle I høre mere derom), at Kogepunktet paa vore Varmemaalere ingenlunde er saa uforanderligt som Mange troe; det afhænger meget mere af det forskjællige Lufttryk.

Ottende Forsøg. Hvorledes vort og fast alle Dyrs Liv er betinget af Luftens Tilstedeværen, skal nu en Mus og Spurv efter hinanden lære os. Den lille Fugl skal først sadsere ind i Recipientens frygtelige Rum. Ak hvor svært aander den, naar Luftfortyndningen begynder! hvor ængstelig snapper den efter Veiret! Endelig nærmer sig det Tidspunkt, da den næsten er berøvet al Luft, nu strækker den sig hen og dør. Jeg tager nu Liget bort og bringer i dets Sted Musen under Klokken. Ogsaa den udmattes strax efter nogle Pumpeslag og bliver ligeledes snart Dødens Bytte. Næst efter Mangelen paa Luft træffer endnu et andet Onde det plagede Dyr. Samtlige luftformige Stoffe, som ere indesluttede i Legemet, og hvis expansive Kraft er holdt i Ligevægt ved Trykket af den atmosphæriske Luft, uddanne sig betydeligt, naar dette Tryk ikke mere staaer imod, og sønderrive alle Kar, som vare anviste dem til deres oprindelige Bolig. Kun nogle Insekter leve fremdeles sorgløse i det fuldkommest lufttomme Rum. Ogsaa adskillige Skaldyr, f.Ex. Muslingen, udholde det længe uden Skade paa dette frygtelige Sted.

Niende Forsøg. Betragter noie før jeg endnu experimentere videre, dette omtrent 3 Fod lange Glasrør, og undersøger især den lille Indretning ved den øverste Ende af det, hvorved forskjællige smaae Legemer kunne befæstes og atter lades fri! Jeg anbringer nu først paa den øverste Deel af mit Instrument mellem 3 Messingstriber en Dunfjer og en tynd Blylade. Derpaa sætter jeg det lange Rør paa Tallerkenen af min Luftpumpe og gjør mig Umage for at gjøre dets Rum saa tomt som det er mig muligt. Tilsidst trykker jeg paa hiin Øder bekjendte Indretning. Og see! Dunfjeren og Blypladen falde, uagtet deres Tæthed og specifiske Vægt neppe kan være mere forskjællig, med næsten lige Hurtighed. Saaledes giver da ogsaa Luftpumpen os et herligt Middel i Hænderne til ansueligt at eftervise alle Legemers lige Faldhurtighed i det tomme Rum.

Tiende Forsøg. Endnu ligger en stor, med en Hane forsynet, huul Glaskugle paa Bordet. Jeg skruer endelig ogsaa denne paa Tallerkenen, fortynder den i den sig befindende Luft saa vidt muligt, og undersøger derpaa dens Vægt ved en særdeles fiin Vægtskaal. Derpaa aabner jeg, uden først at bringe Glaskuglen bort fra Skaalen, Hanen, eller tilsteder den ydre Luft paany at trænge ind i Glaskuglens indre Rum, og nu ville da Vægtene paa den anden Skaal ikke længere være istand til at holde Glaskuglen i Ligevægt, men jeg seer mig nødsaget til at lægge flere Vægte i hiin Skaal. Herved sættes jeg da istand til nøiagtigt at udfinde, hvormeget 1 Kubikfomme, 1 Kubikfod osv. atmosphærisk Luft veier. Istedetfor den med en Hane forsynede hule Glaskugle kunne vi anvende en endnu simplere Indretning, der desuden har den Fordeel med lige Volumen at veie mindre end Halvkuglen. Begge Fig. 93 og 94 anskueliggjør dem. Fig. 93 forestiller en Glaskugle, som ei har saa tykke Sider og en lige Hals. Proppen, som lufttæt tilslutter Aabningen, er gjennemboret i Midten og paa det Om-

Fig. 93.



Fig. 94.



hyggeligste overdragen med et Stykke Vortaft. Om nogen Forbindelse mellem det indre Rum og den ydre Luft kan der slet ikke være Tale. For paa en vis Maade at forsyne Kuglen eller Flasken med en Klap, ved hvilken Luften vel kan træde ud af den, men ikke ind i den, gjør man ved Siden af det Sted, som bedækker Proppens Aabning, to Indsnit i Vortaftet. Fig. 94 betegner Eder dette meget tydeligt. Hvad man har at gjøre ved selve Forsøget er Følgende: Først veier man den med Luft fyldte Flaske; derpaa tommer man den, idet man sætter den under Luftpumpens Klokke, og derpaa udpumper dem. Tilsidst veier man den endnu engang og erfarer derved hvormeget lettere den nu er bleven.

Foruden disse nu her nævnte Experimenter, gives der endnu en Mængde andre, der ikke ere mindre belærende og tillige interessante. Jeg antyder her nogle af dem: 1) Et brændende Lys slukkes straks, naar det bringes under Recipienten, og Rogen falder til Jorden istedet for at den skulde stige; — 2) Ethvert nok saa skrumpet Æble vil, forudsat at det ikke har nogle Luftbuller, i det lufttomme Rum uddanne sig til den smukkeste Glathed; — 3) Et Æg, som vi have aabnet paa det Sted, som ligger underst, naar det flyder i Saltvand, giver, naar Luften tilstrækkelig fortyndes, sit Indhold fra sig i et under det stillet Kar, men fylder sig straxt igjen, naar den ydre Luft atter træder til; — 4) Ingen Klokke lader nogen Tone høre under Recipienten, naar Luften er pumpet ud; — 5) En Klump Surdeig svulmer, under samme Forudsætning, betydelig op, men indtager igjen sit forrige Volumen, naar Lufter atter trykker paa den; — 6) Ingen Vesselaas giver Funker fra sig i det tomme Rum, ja end ikke Krudet paa Panden antændes osv.

Vi have hidtil talt om Luftens Fortyndning, vi skulle nu tale om dens **Fortætning**. Desværre lade alle herhen hørende Forsøg sig kun med stor Møie anstille. At med Tæthedens Tiltagen Faren for at Recipienten skal sprænges tiltager, fremgaaer tilstrækkeligt af det Tryk, som Luften udøver paa enhver Flade, naar Ligevægten er bleven forstyrret. Selv blot ved en tidobbelt Fortætning udgjør dens Kraft paa en Qvadrattomme allerede mere end 150 Pd. Hvo, der kjender Fortyndningspumpens Indretning, vil ogsaa kunne forstaae Indretningen af et saadant Apparat, som er bestemt til Luftens Fortætning.

Fig. 95.

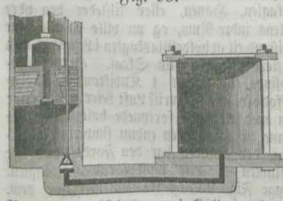


Fig. 95 tjener til at anskueliggjøre sidstnævnte Apparat. Hovedforskjellen mellem en Fortyndnings- og en Fortætningspumpe ligger aabenbar i Beskaffenheden af begge Ventilerne. Den Ventil, som begrænser Forbindelseskanalen, er saaledes indrettet, at den tilsteder Alt, som vil træde ind under Recipienten, Indgang; men omvendt sperrer den Udgangen for selv den ringeste Mængde af Luft, der ligesom tænker paa at forlade dette Rum; ogsaa Klapperne i Kolben aabne sig nedad. Ved ethvert Nedtryk af Kolben fortættes altsaa Luften under Recipienten, og ved ethvert Optrag trænger den ydre Luft gjennem den ydre Ventil ned i Støvlen. Graden af den opnaaede Fortætning erfare vi bedst ved et lige, oventil til-

sluttet Rør, som er fyldt med Luft, og med sin nederste aabne Ende staaer i et Kar med Qvægsølv. Ved Experimentets Begyndelse staaer Luften under Trykket af een Atmosphære; men som nu Fortætningen tiltager, stiger Qvægsølvet mere og mere veiret. Undersøge vi nu: 1) Qvægsølvsøilens Høide og 2) Fortætningen af Luften over den, saa erholde vi tillige en nøie Kundskab om den Fortætningsgrad, som Luften har antaget under Recipienten. For at forbindre Luften fra at høve Recipienten, maa denne fastskrues paa Tallerkenen. Af de mange Forsøg, som kunne anstilles med en Fortætningspumpe, nævner jeg her blot nogle, saasom: 1) Klangen af en lille Klokke bliver stedse stærkere, jo mere Tætheden tiltager; — 2) Volumenet af en Blære, som er stærk udspilet, og fastbunden oventil, forringer sig; — 3) Et følsomt ogsaa under Klokken bragt Thermometer viser, at ny Varme fremstaaer ved ethvert nyt Stød.

§ 5.

Nogle andre Instrumenter, som paa en anskuelig Maade fremstille Luftens Egenskaber.

a. Stikhæverten.

Hæverterne ere Redskaber, som benyttes til at skaffe Flydenheder fra et Kar i et andet. Da deres Brug er af stor Vigtighed, saa fortjene de vel at vorde kjendte ret nøie.

Stikhæverten er et paa Midten buget eller udvidet hult Rør, af Glas eller Metal, som til begge Ender løber ud i et tyndt aabent Rør, (Fig. 96) og benyttes til at skaffe en draabevar Flydenhed fra et Kar i et andet. Dypper jeg den ned i Vand eller en anden Flydenhed og slutter, medens den endnu staaer i denne Flydenhed, dens øverste Aabning til med en Finger og derpaa atter drager den op af Vandet, da forbliver alt Vandet, med Undtagelse af nogle faa Draaber, hængende i den, uagtet det dog har Leilighed til at undvige gjennem den underste Aabning. At Luftens Tryk er den eneste Aarsag til til dette Phænomen, er udenfor al Tvivl; thi i samme Øieblik, som jeg ophæver Lukket for den øverste Ende, begynder Vandet at løbe, men holder atter op, naar Aabningen atter lukkes. Men hvorfor udflyde dog nogle Draaber? Dette er en Virkning af den Luft, som er i det øverste, ikke med Vand opfyldte Rum, og som i Begyndelsen trykker ligesaa stærkt som den ydre Luft.

Fig. 96.

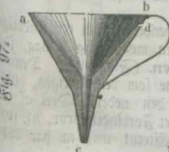


Fig. 97.

b. Trylletragten.

Dette Instrument er egentlig en skjult Stikhævert, og bestaaer af 2 i hinanden indstudte Tragter, som lade et temmelig betydeligt Rum tilbage mellem sig; under Grebet befinder sig et lille Hul, der ligesom Aabningen ved Basis, sætter den ydre Luft i Forbindelse med det indre Rum mellem de tvende Tragters Vægge. Paa hosstaaende Figur (Fig. 97) abc betegner c Aabningen ved Foden og d den anden Aabning under Grebet. Dypper jeg nu

Trylletragten ned i Vand, saa vil foruden Tragtens inderste Rum ogsaa det andet forhen omtalte Mellemrum fyldes med Vand; og naar jeg nu drager Tragten op af Vandet, da vil Vandet i det inderste Rum løbe ud; derimod vil Vandet i Mellemrummet, naar jeg lægger min Finger paa Hullet c, ligesaa lidt kunne løbe ud, som Vandet i Stikhæverten, naar jeg har tillukket dens øverste Ende. Derimod kan jeg, medens Andre ikke ane, at der endnu er Vand i Tragten, efter eget Tykke faae den til at give Vand fra sig ved at tildække eller atter aabne Hullet d. Vil jeg først dykke Instrumentet i Vin og derpaa, idet jeg dog stedse sørger for, at det lille Hul d er lufttæt tilsluttet, i Vand, saa vil man ligesaa let faae Tragten til at give Vin fra sig som forhen Vand; og naar nu Neddypningen i Vinen er skeet saaledes, at Ingen har mærket det, vil dette Phænomen forekomme Mange forunderligt.

c. Sugehæverten.

Den simpleste Sugehævert har Figuren af et krumbøiet Rør AB med to ulige lange Been (Fig. 98) af hvilke det korteste befinder sig i den Flydenhed, som man vil udtømme eller omfylde. Man sænker da saalænge i Enden af det lange Been B, til Luften i det Indre af Røret bliver fortrængt; og nu noder Trykket af den ydre Luft Flydenheden til at stige op i det korte, og derpaa at styrte ned i Hævertens lange Been, hvilket man kalder at fylde Hæverten. For nu at begribe, hvorledes Udstrømningen gjennem Benet CB kan vedvarende finde Sted, naar Hæverten engang er fyldt, maa man bemærke, at den Kraft, som trykker i Punktet A, og som noder Flydenheden til at stige i Hæverten, er lig Trykket af Atmosphæren, hvorfra dog Vægten af Flydenhedssøilen AD maa drages. Den Kraft, som trykker i Punktet B og som bestræber sig for at drive Flydenheden til C, er lig Trykket af Atmosphæren, hvorfra Vægten af Flydenhedssøilen CB maa drages. Men ifølge Instrumentets Indretning er Søilen CD stedse længere end Søilen AD, altsaa er det Tryk, som virker i B, ringere end det Tryk, som virker i A. Som en Følge heraf maa en Udstrømning ved B finde Sted formedelst Trykkets Forskjellighed. Og dette Tilfælde indtræder ogsaa virkelig; saasnart man blot har suget stærkt nok, saa begynder Flydenheden at løbe ud igjennem det lange Been, og denne Udstrømning vedbliver saa længe, som det kortere Been befinder sig i Flydenheden. Ved en saadan Hævert kan man ligesaa let tømme en Sø, som en Kop, naar man blot betjener sig af en Hævert med et tilstrækkeligt Gjennemsnit. For at fylde en saadan Hævert, tilslutter man den ved begge Ender, og fylder den da fra oven af aldeles med Vand.

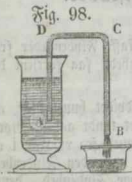


Fig. 98.

Naar man vil omfylde Flydeheder, som ere skadelige for Sundheden, eller som have en modbydelig Smag, saa anvender man **Dobbelthæverten**. (Fig. 99). Dennes Indretning er ganske den samme som den forriges, blot med den Forskjel, at man ved den nederste Deel af det længere Rør snm, har tilloddet et Forbindelsesrør, lat, som løber parallel opad med hiint. Efterat man nu har dyp-



Fig. 99.

vet det kortere Been i Flydenheden, som man vil omfolde, fortynder man Luften derved, at man suger i Forbindelsesrøret ved t, medens man med Fingeren holder m, det længere Rørs Aabning, tilsluttet. Sugningen frembringer den samme Virkning som i forrige Tilfælde: Flydenheden stiger iveiret til Hævertens høieste Punkt s; — saasnart Hæverten er fuld, hører Arbeideren op med at suge og tager Fingeren bort fra det længere Been, saa at Flydenheden kan løbe ud.

d. Trylle- eller Fixeerbægeret.

Dette Instrument ligner i Figur et Drikkebæger, og hører blandt de konstigt indrettede Kar, mellem hvis dobbelte Vægge en Sugehævert er skjult, af hvis Been det ene er befæstet nærved Bægerets Bund, det andet i Bægerets Fod. (Fig. 100). Gyder jeg nu Vand i det, saa træder dette og-

Fig. 100.



saa strax ind i det kortere Been, og det nøiagtigt saa høit som i Bægeret selv. Det længere Been vedbliver imidlertid at være tomt, og først, naar der er kommet saa meget Vand i Bægeret, at det stiger op til Sugehævertens høieste Punkt, fyldes ogsaa strax det længere Been; men giver da ogsaa næsten øieblikkelig alt det, som Bægeret har modtaget, fra sig gjennem sin underste Aabning. At den skjulte Hævert maa vedblive saalænge at løbe, indtil Vandet er sunket under Hullet i det kortere Been, fremgaaer af Betragningen over den synlige Hævert.

Staae hævertagtige Kanaler under Jorden i Forbindelse med sædvanlige Brønde, saa kan Vandet vel ret godt holde sig i disse i tørt Veir, naar nemlig Kanalernes øverste Deel bliver tom; men naar det har regnet stærkt i længere Tid, tabe slige Brønde inden kort Tid ganske Vandet. De have derfor ogsaa næsten alle Vand, naar det er tørt; men derimod intet, naar andre besidde Vand i Mængde. Man har derfor ikke uden Grund givet dem Navn af Hungersbrønde.

e. Heronsbronden.

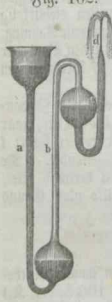
Fig. 101.



Dette Instrument er opkaldt efter den gamle Mathematikker **Heron** fra Alexandrien (omtrent 100 Aar f. K.) Med Hensyn til dets Indretning bemærke vi Følgende: Det har 1) 2 Kar, som ligge over hinanden; 2) to Rør, ved hvilke hine to Hoveddele forbindes med hinanden; 3) to Huller i en skaalagtig Fordybning, af hvilke det ene fører til det øvre, det andet ved et af de to Rør til det nedre Kar. (Fig. 101). Naar jeg vil experimentere hermed, fylder jeg omtrent 3 Fjerdedele af det øverste Kar med Vand og tilslutter det atter. Derpaa aabner jeg det andet Hul, som munder i den skaalagtige Fordybning og gyder idetmindste ligesaa meget Vand i det underste Kar. Derpaa sætter jeg atter Luften i Forbindelse med det øverste Kar; og nu vil da Vandet springe nogle Fod iveiret. Med dette Phænomen hænger det saaledes sammen: Det Rør, som gaaer nærmest til Bunden af det underste Kar c, munder i den skaalagtige Fordybning i det øverste, og tjener ligesaa godt til et Forbindelsesrør mellem begge Kar-

rene, som det andet Rør, der kun strækker sig lidt ned i det underste Kar, men derimod langt op i det øverste. Springrøret i Midten kan vilkaarligt aabnes og tilsluttes ved en saakaldet Vægelhane. Naar vi nu fylde Heronsbrønden med Vand paa den angivde Maade, da vil, medens det øverste Kar fyldes, en Deel af den i dette Kar sig befindende Luft, som den letter Flydenhed, drage ned i det underste Kar. Men videre kan den ikke komme. Naar nu det øverste Kar er tilstrækkeligt fyldt med Vand og Springrøret atter er lufttæt tilsluttet, og jeg derpaa fylder det underste Kar med Vand, vil i dette Luften, som alt har lidt en Fortætning og bliver dreven sammen i et snævert Rum, samle sig. Tid efter anden i Rummet over Vandet i det øverste Kar, fortætte sig her mere og mere, og strax ved sit stærke Tryk tvinge Vandet til at springe iveiret, naar jeg atter iværksætter Forbindelsen med Atmosphæren. Vandet, som Springrøret leverer, samler sig i Skaalen, falder gjennem den befjendte Aabning i det underste Kar, og bevirker saalænge en fortsat Springen igjennem Springrøret, som der er Vand i det øverste Kar.

Fig. 102.



Den simpleste Springbrønd, saaledes som den let lader sig gjøre af Glasrør, er fremstillet i Fig. 102. Vandsøilen i Røret a fortætter Luften i Røret b; denne trykker atter paa Vandspeilet i c og driver med Kraft Vandet ud ved d; kort a træder istedet for x, b istedet for y osv.

f. Heronskuglen.

De vigtigste Dele af Heronskuglen er en Glaskugle v, (Fig. 103) og et Rør t, der ikke blot gaaer næsten lige til Bunden af Kuglen, men og saa strækker sig langt ud over den og tjener ligesom ved Heronsbronden til paa en smuk Maade at anskueliggjøre Luftens Tryk. Jeg fylder først Kuglen over Halvdelen, f.Ex. til nn, med Vand; derpaa sætter jeg den ydre Luft i Forbindelse med det indre Rum ved Hjælp af Hanen r. Derpaa skaffer jeg gjentagne Gange Luft ind i Kuglen, enten ved Hjælp af en lille Kompressionspumpe eller ogsaa ved Hjælp af min Mund, idet jeg flittig blæser i Røret. Tilsidst aabner jeg Hanen, og Vandet vil da springe 10 til 50, ja vel endog 100 Fod iveiret, hvilken Straale-høide dog sukcessiv vil formindskes. Aarsagen hertil ligger i det betydelige Tryk af Luften paa Vandspeilet, hvilket Tryk ogsaa her driver Vandet ud igjennem Røret. Ville I paa en simpel Maade, og uden at have den ringeste Udgift, anstille et saadant Forsøg, saa tager blot et Medicinsglas, stikker deri et Glasrør, som er uddraget til en fiin Spids, og tilklæber det oventil med Voxr, for at ikke nogen Luft skal undvige derigjennem! — Under Recipienten af en Luftpumpe begynder enhver Heronskugle strax at løbe, naar Udpumpningen begynder, omendog Luften over Vandspeilet ikke er bleven fortættet.

Fig. 103.



Her kan det være passende med et Par Ord at omtale de naturlige Springbrønde, som allerede Mange have betragtet med Glæde og Forundring. I ethvert Tilfælde have ogsaa disse deres Grund ei alene i underjordiske Dampe, men ogsaa i Luftens stærke Sam-

menpræsning. De Phænomener, som Mange have iagttaget ved Springet ved Karlsbad, vise os bedst, hvorledes det ogsaa maa forholde sig i saadanne Tilfælde, hvor Virkningerne ere betydelig stærke. Vandet ved Karlsbad udvikler saa megen Damp og kulsuurt Gas, at Dækket, under hvilket den naturlige Vandbeholder befinder sig, i Begyndelsen af forrige Aarhundrede blev sprængt ved hiin elastiske Flydenhed og det efterstrængende Vand, da tillige Aabningerne ofte vare blevne tilstoppede med Kalknedslag. Efterat man dengang havde endnu videre gjennembrudt Kalklaget, saae man hvorledes Vandet i den store underjordiske Beholder forblev i en heftig Kogen og Brusen, og hvorledes det tillige uophørligt udviklede Luft og Dampe. Senere tvang man det, idet man atter tillukkede hiin vide Aabning, ved en stærk Hvælving, til at strømme frem igjennem egne dertil bestemte Aabninger. Een af disse Aabninger danner nu Springet. At Vandet fremkommer af den stedviis og ingensinde vil forene sig til een høi Straale, kommer her af Luften, som udvikler sig tilligemed Vandet, og altfor heftigt søger en Udvei.

Vandets stedvise, stærke Fremtrængen af det store Springvand Geyser paa Island, tyder hen paa lignende Aarsager. I længere Tid kan man finde Geysers-Bækken fyldt med roligt Vand; men pludselig mærker man et underjordisk Buldet, som Kanonskud, Vandet kommer i en paafaldende Bevægelse, og nu fremtræder da det stolte Skuespil, at en Vandsøile ganske indhyllet i Damp, og hvis Tykkelse kan være 30 til 50 Fod i Gjennemsnit, hæver sig 100 a 200 Fod ieveret. Man kjender vel ikke fuldkommen Aarsagerne til dette Phænomen; men det kan neppe drages i Tvivl, at jo den underjordiske Ild, som stadig vedbliver at brænde, ogsaa her er i Virksomhed.

g. Den kartesianske Dykker.

Hosstaaende Figur (Fig. 104) forestiller ovennævnte Instrument eller Legetøi; det bestaaer af et almindeligt Glas, som man har



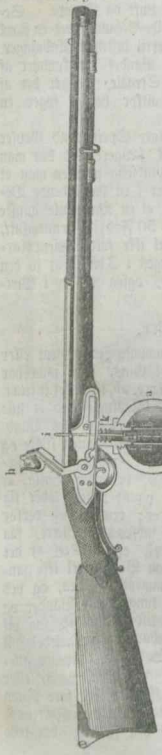
Fig. 104.

fyldt med Vand og ved en paabunden Blære, ab, tilsluttet lufttæt. Figuren l, eller Dykkeren selv, er en Glaskugle med et lille Hul i, hvilken deels er fyldt med Luft, deels med Vand. Naar jeg nu trykker paa Blæren, saa vil Glaskuglen synke og omvendt vil den atter stige, naar jeg tager Fingeren fra Blæren. Sagen er ikke vanskelig at begribe; betænker nemlig, at Glasset er ganske fyldt med Vand, og at Luften lader sig langt lettere sammentrykke end Vandet; trykker jeg derfor med Fingeren paa den over Vandet udspændte Blære, saa lider tillige Vandet under den et Tryk, og en Deel af det søger nu ind i den hule Kugle; her kan Vandet vel ikke ganske fortrænge Luften; men det kan dog betydelig sammentrykke den, og ved det indtrængende Vand bliver nu Glaskuglen specifisk tungere end Vandet og synker saaledes tilbunds; men da Luften er en elastisk Flydenhed, saa vil den atter indtage sit forrige Rum, naar Trykket ophører, og saaledes vil da Kuglen stige ieveret. Istedetfor Glaskuglen kan man ogsaa anvende alleslags hule Glasfigurer, f. Ex. smaae, hule, tykmavede Troldmænd eller Djævle, med et lille Hul i hver af Fødderne. Disse Dykkere føre Navn af **Kartesianske** efter deres Opfinder, en Naturforsker ved Navn Kartesius. Ved dette Legetøi kommer man let til at tænke paa Fiskene, der leve

under Vandet, og snart stige op, snart ned deri. Aarsagen hertil maa ustridigen søges i de Muskler, som omgive Blæren, og stedse sammenpræsse den stærkere, end Vandet selv vilde formaae; alt efterson nu dette Muskeltryk aftager eller tiltager, forstørres eller formindskes Blærens Volumen, og hvad Følgen heraf bliver, er let at indsee.

h. Vindbøssen.

Fig. 105.



Ligesom i Ildgeværerne Krudtet driver Kuglen ud, saaledes gjør Luften det ved **Vindbøsserne**. Med Hensyn paa disses Indretning stjælner man mellem de **ældre** og **nyere** Vindbøsser. Ved **hine** danner en Kugle, som er forsynet med en Hals, og anbragt under Laasen det saakaldte Vindkammer eller Beholderen for den fortættede Luft; ved **disse** fremtræder Vindkammeret i en Flaskeform og har sin Plads under Kolben, der let kan skrues af, og atter let sættes i Forbindelse med de andre Dele. I ethvert Tilfælde har den ældre Indretning Fortrin for den nyere; thi det er indlysende, at en Kugle, hvori den fortættede Luft trykker ligeligt til alle Sider, er mindre udsat for at sprænges, end en Flaske, hvor Trykket paa de indre Punkter af Væggen ikke er lige. **Vindkammeret** er den første og vigtigste Deel ved alle Vindbøsser.

Hosstaaende Figur (Fig. 105) er en Tegning af en Vindbøsse. Kuglen a er huul, har temmelig tykke Vægge og forfærdiges i Regelen af drevet Kobber. Undersøge vi det Indre nøiere, saa bemærke vi først et Rør bb, som er indskruet deri, og i sin underste Ende forsynet med en lille Aabning. Sidstnævnte staaer forneden i Forbindelse med en lille Tap c, og foroven med Stemplet d. Stemplet tilslutter ikke blot Rørets øverste Aabning, men ogsaa begge Sidehullerne e og f lufttæt, og trykker uafbrudt opad, deels ved den indespærrede Luft, deels ved en Fjeder af tyndet Traad. Naar jeg nu vil lade Instrumentet, skruer jeg Vindkammeret af, sætter Komprenssions-Pumpen i Bevægelse, og fortætter nu saaledes Luften i Vindkammeret efter Behag, saa at den indesluttede Luft f. Ex. udøver et Tryk af 8 til 10 Atmosphærer. Herpaa befæster jeg det atter til Geværet. Trykker jeg nu paa Hanen, saa slaaer denne ved en Sneppert h paa Tappen i, der, som Tegningen viser Eder, gaaer tværs igjennem Løbet og Skaftet ind i Vindkamme-

rets Hals lige til Stemplet d. Da nu Stemplet nødes til at gaae længere nedad, saa tilslutter det nu ikke mere Sideaabningerne e og f, og saaledes træder da derigjennem en Deel af den indesluttede Luft pludselig udaf Vindkammeret og ind i Halsen k, herfra videre ud i Bøssens Løb, og driver nu Kuglen eller Haglene ud med overraskende Kraft. Men for at nu den indesluttede Luft ikke pludselig skal gaae bort paa eengang, er Snepperten h saaledes indrettet, at den overmaade hurtigt ller hen over Tappen, saasnart den har truffet, og derved gjør det muligt for Stemplet hurtigt at vende tilbage i sit forrige Leie. Den bestrevne Fjeders Elasticitet, men dog endnu mere Luftens Tryk kommer her især i Betragtning. Naar Vindkammeret er saa meget som muligt opfyldt med Luft, saa kan man gjøre 8 a 10 Skud efter hinanden, af hvilke dog hvert efterfølgende stedse bliver svagere. Ved Fortætningen maa man være meget forsigtig. Pumper man nemlig altfor megen Luft i Kuglen, saa sprænges dens stærke Vægge som Glas, hvorved stor Skade kan anrettes. Ei heller maa man nogensinde hænge ladede Vindbøsser i varme Stuer. Hvorfor? Var det muligt at drive Luftens Fortætning endnu meget høiere, saa vilde man utvivlsomt ved Vindbossen frembringe de samme Virkninger som ved de sædvanlige Bøsser, Flinter og Kanoner. I Virkeligheden er ogsaa Kraften af det større Skyts blot at tilskrive Luftens Elasticitet. Krudet bestaaer som bekjendt, af en Blanding af Svovl, Kul og Salpeter. Salpeteret, et meget svovlstofholdigt Legeme, afgiver ved Forbrænding med Kul og Svovl en Deel af sit Surstof til begge disse Legemer. Derved danne sig nu to luftformige Syrer, nemlig Kulsyre og Svovelsyre, der indtage et mange tusinde Gange saa stort Rum som de blandede Legemer, af hvilke de ere fremgaaede. Kun denne uhyre Udvidelse, paa hvilken jeg senere vil komme tilbage, er det, som driver Kuglen ud af Løbet. Jeg vil her blot anføre eet Exempel paa Krudets frygtelige Magt; Afbrændingen af 60 Centner Krud, som bleve opbevarede i et Taarn i Danzig, tyvstede Gjenstandene i $\frac{3}{4}$ Mils Afstand; $\frac{1}{2}$ Mil fra Ulykkesstedet fløi endnu Kugler, Stene o. d. l. omkring; af Taarnet selv fandt man endog Grunden revet ud af Jorden.

Fig. 106.



1. Sugepumpen.

Som nødvendige Dele af den saakaldede Suge- eller Løftepumpe, hvorved man hæver Vandet ud af Jorden fremfor Dagens Lys, maae vi især ansee følgende (Fig. 106): 1) **Sugeroret** a, som dykker ned i det Vand, der skal hæves tveiret; — 2) **Stovlen**, b h, et Eder forlængst bekjendt, halvformigt, udboret Rør; — 3) **Kolben**, p, der i Almindelighed danner en med Blaar beklædt, paa Dreiebænken afrundet Cylinder af Træ eller Metal, som nøie udfylder Stovlens indre Rum og kan ved Stangen g, der lufttæt gaaer igjennem Stoppebøsningen e, bevæges op og ned; — 4) **Stigeroret** s, gjennem hvis Udstydningsaabning Vandet tilsidst fremtræder; — 5) **Tre Ventiler**, som alle aabne sig fra neden opad, og af hvilke 1 befinder sig ved den underste Ende af Sugeroret, 1 ved

Kolbens Basis og r, **Sugeklappen**, ved Bunden af Støvlen. Forudsætte vi nu, at Sugerøret a staaer dybt nok i Vandet, og at ogsaa Kolben p er trykket saa dybt som muligt ned i Cylinderen b, saa tillukker Klappen t sig øieblikkelig, naar jeg begynder at drage Kolben iveiret; derimod aabne Ventilerne r og l sig, r ved Fortyndningen af Luften under, og l ved Fortyndningen over Kolben. Alt hvad der foregaaer, viser Eder endvidere tydeligt, hvorledes samtidig Lufttrykket i Sugerøret formindsker sig, og Vandet stiger opad, naar blot Atmosphærens Kraft er bleven overveiende. Een Opdragning af Kolben bringer isvrigt ikke Vandet til at flyde ud. Idet jeg nu anden Gang nedtrykker p, lærer jeg ret at indsee, hvor vigtig Sugeklappen r er; den slutter sig nemlig strax og nøder saaledes den Luft, som under Kolben er mere eller mindre fortættet, at aabne Ventilet t, og at gaae ud i den øverste Deel af Støvlen. Jeg drager nu Kolben anden Gang iveiret, og bemærker med Hensyn herpaa blot, at Vandspeilet i Røret atter hæver sig noget, og at en Qvantitet Luft paany bliver skaffet bort gjennem Klappen l. Efter et vist Antal Kolbestød kommer Vandet selv over Ventilen r, og træder ind i Støvlen b. Forudsat, at I vel have lagt Mærke til alle mine Ord, maa det nu ogsaa være blevet Eder klart, at fremdeles enhver Ventil kun bliver hævet ved Vandet, og at ethvert Nedslag af Kolben bringer endnu en Mængde Vand mere gjennem t, og at dette endelig naaer til Udløbningsroret.

Suge- og Trykpumpen (Fig. 107) har ligesom Suge- og Løftepumpen, et Sugerør, s, et Stigerør, a, en Støvle, c, og en Kolb, p; men den mangler Ventilen i den sidstnævnte Deel. Drage vi ved den Kolben iveiret, saa trænger Vandet frem igjennem Sugeklappen r; lade vi den atter synke, saa vil det blive presset iveiret igjennem l, da r tillutter Aabningen. Den vedføiede Figur gjør isvrigt enhver videre Forklaring overflødig.

Fig. 107.



For at hæve Kolben i en Sugepumpe, maae vi, afseet fra Nivningen, anvende en Kraft, der overvinder Trykket af en Vandsøile, der har til Basis Kolbens Overflade, og til Høide den vertikale Afstand mellem Udstydningsaabningen i Stigerøret og Vandspeilet i Sugerøret. At endvidere Sugeklappen r ikke tør staae høiere end 30 Fod over Vandets Overflade, følger af hvad der er sagt, da Talen var om Luftpumpen.

k. Dykkerklokken.

Den Konst at fare dybt ned i Havet, blev allerede tidligt øvet flittigt af Grækere og Romere. Ethvert Skib havde, efter hvad Historieskriverne fortælle os, eet eller flere Mennesker, som hjalp til at lette Ankerne, og som atter hjalp til at tilveiebringe de Gjenstande, som i Nødens Time bleve kastede over Bord. Ogsaa Perler og Svampe hentede disse Folk, som man kaldte Dykkere, frem af Dybet. Naar en Dykker havde besluttet at gjøre en saadan Vandfart, bandt han sig en med Olie fyldt Svamp om sin venstre Arm og en 20 til 30 Pd. tung Steen ved Foden; dernæst tog han en Kniv i den ene og en lille Kurv i den anden Haand, tilstoppede sig Ørene og Næseborene med Bomuld og lod sig endelig nogen glide

hurtid ned i Havet ved en Line. Selv nutildags gives der Mange, der paatage sig en saadan Forretning. De Farer, hvorfor de derved udsætte sig, ere ikke mindre talrige end store. Alseet fra, at en Hai, denne Havets stærkkelige Hyæne, kan ganske eller for en Deel opsluge dem, falde de ofte i Dødens Arme derved, at de ikke hurtigt nok blive dragne op, naar de have løsrevet Stenen fra deres Fødder og rusket i Linen: saaledes fortjener visselig Opfinderne af det Instrument, som forebygger de fleste af de betegnede Farer, den varmeste Tak.

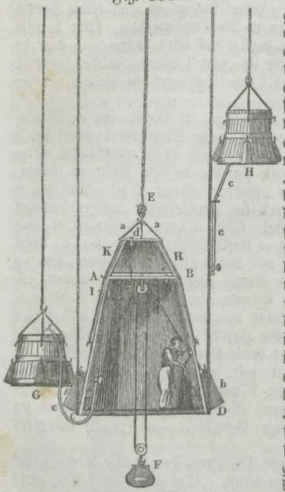
Dykkerklokken bliver sædvanlig forfærdiget af Metal, har en Taarnklokkes Figur, og et saadant Omfang, at nogle Mennesker bequemt kunne opholde sig i dens Indre. For at I kunne have en tilfredsstillende Forestilling om en saadan Dykkerklokke, vil jeg her beskrive Eder en saadan, som Englænderen Edvard Halley har opfundet i Aaret 1716. Den var 8 Fod høi, overtrukken med Bly og ved sin nederste Ende saaledes betynget med Lodder, at den, [nedladt i Havet, kunde overalt komme til at staae lodret; lige oveni havde den endvidere et stærkt hvælvet Glas, for at Lyset kunde trænge ind, og paa Omkredsen en med Luft opfyldt Læderslange, som ved Nor stod i Forbindelse med det indre Rum. Ved Hjælp af et saadant Instrument, hvori Dykkeren befandt sig siddende eller staaende, gik Vandfarten i ethvert Tilfælde bedre for sig; ogsaa maa det ikke oversees, at det blev Vovehalsen ikke alene forundt at holde Hovedet og den øverste Deel af sit Legeme fri for Vand, men ogsaa at dvæle længere paa Havets Bund, da han en Tidlang erholdt frist Luft ved den omtalte Slange. Denne Dykkerklokke ligner meest et med sin Munding i Vandet nedtrykt Drikkeglas. Tænker nu herved paa Luftens Elasticitet, som og paa, hvad jeg i Afsnittet om Legemernes almindelige Egenskaber har fremsat om deres Ugjennemtrængelighed.

Da Englænderne i Aaret 1588 forstyrrede den spanske Armada, gik nogle Skibe af den tilgrunde ved Oen Mull. Det ene Fartøi skal, efter de Fangnes Udsagn, have indeholdt store Skatte. Man gjorde derfor gjentagne Gange med Dykkerklokken Forsøg paa at redde Noget; men selv den største Anstrængelse blev uden Følge. Lykkeligere var William Phipps, en Søn af en amerikansk Grovsmed, som havde lært Skibsbygningskonsten i Boston; han fandt nemlig paa Kysten ved Hispaniola ikke blot Stedet, hvor et rigt ladet spansk Skib var sunket, men fremdrog ogsaa virkelig af Havets Dyb overordentlige Skatte, som man beregnede til 1,800,000 Rd. Han erholdt den femtende Deel af denne Sum, altsaa 120,000 Rd. og desuden Ridderslaget af sin Konge.

Blandt de mange forskjællige Dykkerapparater, som til forskjællige Tider have været brugte, vil jeg her beskrive et, som har været meget brugt i

England, og vedføie en Tegning deraf (Fig. 108). **ABCD** viser den egentlige Dykkerklokke, som ved Tougene aa er befæstet til et Skib; bb ere to Vægte, som ere bestemte til at holde Klokkens Aabning CD parallel med Vandets Overflade. For at Maskinen kan synke i Vandet, findes der en anden Vægt, F, som ved en Tridse kan vindes paa og af, og som har en fleersidig Bestemmelse. Dersom den ene Side af Klokken under Nedstigningen skulde blive opholdt ved en eller anden Hindring, saaledes at alt Nedskabet omstyrtede, saa lader man Vægten F strax synke ned til Bunden af Vandet og hvile der. Apparatet, som da atter vil blive lettere end den Vandmasse, som skulde fortrænges af Stedet, vil derfor atter stige iveiret og paany indtage sit faste Standpunkt. Man indseer derfor let, at denne Vægt er et Slags Anker, som holder Klokken i en ønsket Høide. Oven i Klokken ere to Vinduer anbragte, som ere tilsluttede med meget tykke fladrundede Glas, som kaldes Lindseglas. G og H ere to Luftbeholdere. Ved Hanen l og Forbindelsesrørene cc kan man efter Behag udlade den fordærvede Luft, og erstatte den ved reen og frist Luft. Er een af Beholderne tom, saa giver man det Fartøi, som understøtter hele Arbeidet, det tilkjende ved et vist Antal Hammerslag paa Væggen.

Fig. 108.

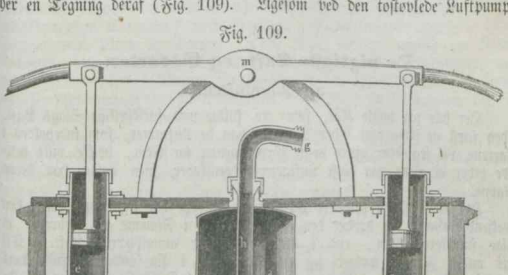


En Hr. **Spalding** fuldkommengjorde Dykkerklokken ved en meget sindrig Indretning, hvorved Dykkeren sættes istand til efter Behag ved egen Hjælp at dale og stige iveiret til Vandets Overflade, samt gjøre sig fast paa Bunden. En anden Klokke, mindre end den første, er nemlig befæstet over denne. Ved de to Haner d og e kan Arbeideren efter Behag udelade Luften af den øverste Klokke, eller og indlade den fra den underste deri. Befinder man sig paa Bunden af Vandet, saa er Hanen d aaben. Den øverste Deel er fuld af Vand, og i denne Tilstand er hele Apparatet, uden Vægten F, lettere end en lige Mængde af Vand, og bliver ved at meddtage denne Vægt sværere. Vil man hæve sig, saa dreier man Hanen e om. Luften i den store Klokke, som strax erstattes ved Luften af Beholderen, trænger ind i den mindre, driver Vandet ud, og hele Apparatet tilligemed Vægten F vorder lettere end en lige Mængde Vand og begynder da at stige. Man seer heraf, at det hele System stemmer ganske overeens med Faldskjærmen (hvilken J senere skulde lære at kjende). Dog maa man være forsigtig, og kun lade Luften langsom trænge ind i den øverste Klokke; thi ellers vilde Stigningen skee med en saadan Hurtighed, at Arbeiderne kunde blive kastede bort fra deres Sæder.

1. Brandsprøiten.

Vi skjælne mellem **mindre** og **større Brandsprøiter**: **hine**, som kaldes **Haandsprøiter**, ere altfor simple, til at det skulde være nødvendigt at tale noget om deres Mekanismus; **disse** derimod, som fortrinsviis kaldes Brandsprøiter, ere meget mere sammensatte, og jeg vedfoier derfor her en Tegning deraf (Fig. 109). Ligesom ved den tostovlede Luftpumpe

Fig. 109.



gjælder ogsaa ved denne de to meget omhyggeligt udarbeidede Cylindre ee for den første, saavelsom Kolbene ff, som høre til dem, og som, for at slutte lufttæt, ere godt forsynede med Olie og omgivne med fiint Læder for den anden nødvendige Deel af dette nyttige Apparat. Begge Cylindre eller Støvler staae under Brugen i en med Vand fyldt Kasse. De Stænger, ved hvilke Kolbene bevæges op og ned, ere satte i Forbindelse med en Vægtstang, der har sit Understøtningspunkt i m. Alt nu den ene Kolb stiger, naar den anden synker, dette have I alt lært at kjende ved den tostovlede Luftpumpe. Ogsaa Hensigten med Ventilet dd er Eder bekjendt af hiint Instruments Beskrivelse. Ligesom ved Suxepumpen, bliver ogsaa her, naar Kolben gaaer opad, Vandet trængt ind i Støvlens lufttomme Rum, og naar den gjør den modsatte Bevægelse, nødt til at søge en anden Udvei, eftersom Ventilen d ved Basis af Støvlen e, atter tilslutter den forrige Aabning. Det gaaaer nu ud i Knæroret b, og herfra, formedelst en anden Ventil, i Vindkjedelen a. Jo oftere Kolben bevæges op og ned, destomere Vand indtræder der aabenbar i sidste Kar og desto mere bliver Luften fortættet i den øverste Deel deraf. Fra nu af har Brandsprøiten den største Lighed med en Heronskugle. Roret h rækker næsten til Bunden af Vandkjedelen, og ved g strues et andet Rør med smallere Aabning til. Ikke sjælden træder en Slange med en Metalspids istedetfor hiint Rør. Denne bliver befæstet i Vindkjedelen nærved Bunden, giver ved Trykket af den i Vindkjedelen fortættede Luft en stærk Vandstraale fra sig, og er især derved forskjællig fra Svanehalsen, at den lader sig bringe i enhver Retning, man

ønsker.—Vel gives der endnu mangt et Apparat, som nok fortjente at forklares, f.Ex. Præstepumpen, de intermitterende Brønde osv. Jeg afbryder imidlertid her, da jeg haaber, at det ikke kan være Eder vanskeligt at overse alle disse Værktøiers Konstruktion, og at tilbagefore alle de Phænomener, til hvilke de frembyde os saa fortræffelige Midler, til de Aarsager, som hver Gang ligge til Grund for dem.

§ 6.

De vigtigste Luft- og Gasarter.

a. Livsluften.

Her har jeg nogle Kar, som ere foldte med forskjællige Slags Luft. Uden først at have sagt Eder Navnene paa de Luftarter, som indeholdes i Karrene, vil jeg strax gjøre nogle Experimenter for Eder, hvilke ville lede Eder ei alene paa disse Luftarters Egenskaber, men ogsaa paa deres Navne.

Her er først en ulmende Træspaan. Neppe har jeg dyppet den i den ubekjendte Gas, saa bryder den ogsaa strax ud i Flamme og udbreder et ulige smukkere Skin, end i almindelig eller atmosphærisk Luft. Til mit andet Forsøg vælger jeg en idetmindste i sin underste Ende stærk glødende Staalfjeder. Medens nu ogsaa den befinder sig i den gaadefulde Luft, lyser den ualmindelig klart, kaster Funker til alle Sider og forbrænder ligesom Træ, Kul osv. i den atmosphæriske Luft. Det Tredie, som jeg foreviser, er Phosphor. Agter ved denne Masse mindre paa, at den saa let antændes, som meget mere paa den Omstændighed, at den, antændt og nedkastet i hiint Gas, udbreder en Glands om sig, som vort Øie ikke formaaer at udholde. Den ubekjendte Gas viser sig saaledes som overordentlig stikket til at underholde og forstærke Ilden, og kaldes derfor ikke uden Grund: **Ildluft.**

Jeg tager to ligestore Kar, hvoraf det ene indeholder den forrige Gas, det andet derimod simpel eller atmosphærisk Luft, og indlader i ethvert af dem en Spurv; men for at ingen ny Luft skal trænge ind, tilkjæber jeg samtlige Indgange omhyggeligt, d. v. s. jeg gjør begge Kar lufttætte; og lægger jeg nu Mærke til, hvorledes det gaaer de stakkels Dyr i deres Fængsel, da vil jeg see, at de i Førstningen befinde sig temmelig vel, men at de senere komme i en forgelig Tilstand, snappe uophørlig efter Luft og døe omsider. Tillige vil jeg endnu bemærke, hvilket er det Vigtigste ved dette Forsøg, at Spurven i Karret med den atmosphæriske Luft, døer langt hurtigere end Spurven i det andet Kar. Ja at den sidste endog hopper temmelig modig omkring i sit Fængsel, efterat den anden er død. Saaledes synes det da, som om den Gas, som vi for lærte at kjende under Navn af Ildluft, bedre egner sig for Livet end den atmosphæriske Luft; og saaledes er det ogsaa i Virkeligheden, idetmindste i visse Henseender; ja jeg føier til, at den atmosphæriske Luft kun forsaavidt kan bruges til Indaanding, som den indeholder en betydelig Deel af hiin Gas. Medrette kalde vi derfor denne Luft ogsaa **Livsluft.**

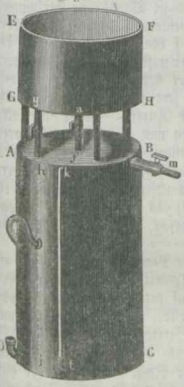
Som bekjendt gives der en Mængde Stoffe, som af Chemikerne kaldes **Syrer**; jeg bemærker her blot til Salpetersyren, Kulsyren, Svovlsyren osv. Ogsaa i de fleste af disse Syrer findes der Livsluft; og med

Henfon herpaa forer den endelig ogsaa Navn af **Oxygen** eller **Suurstofgas.**

Hvo, der nu betænker: 1) at Forbrænding ikke er andet end en Forbindelse af Suurstof med et andet Legeme, (I Afsnittet om Varmen skal herom tales noget Nærmere) og 2) at Suurstof ogsaa stedse bliver fortæret ved Livsprocessen *), kommer nøisen uvilkaarlig paa det Spørgsmaal: **Men hvorledes udvikler Naturen stedse paany denne saa nødvendige Luftart?** Dette gjør den, ved Solskin, ved Hjælp af Planternes grønne Blade og Spirer. Disse Dele indsuge nemlig om Natten Kulsyre (med denne Luftart skulle I strax blive nærmere bekjendte); men under Indflydelse af Solens Lys afsætte de den igjen, beholde Kulstoffet for sig (Planternes vigtigste Bestanddeel er jo Kul) og tilbagegiver det fri-blevne Suurstof til Atmosphæren.

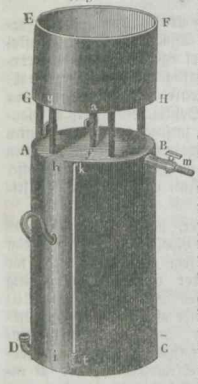
Før jeg kan sætte ud fra hinanden for Eder, hvorledes vi skulle bære os ad, dersom vi ville forskaffe os en Mængde Livsluft, er det nødvendigt at jeg gjør Eder bekjendte med et Instrument, som er særdeles vigtig for Chemikerne. Det fører Navn af **Gassometer** og bestaaer hovedsagelig af to Cylindre af Kobber eller lakeret Blik. Den første **ABCD** (Fig. 110) har omtrent en Høide af 16 og et Gjennemsnit af 10 Tommer; ved **B**, et kort horizontalt Rør, som er forsynet med en Hane, saavelsom og med en Skruevinde **m**; ved **D** endelig har den en Aabning, som vender opad, og ved en Skrue eller en Prop kan tilsluttes. Den Sidste **EFGH**, hviler paa 3 Støtter, som ere befæstede paa den noget hvælvede Dækkel, **AB**, bar blot en Høide af 5 a 6 Tommer, og kan ved to Rør af og yhi snart sættes i Forbindelse med den underste, snart ikke, eftersom man dreier Hanen. Røret **af** befinder sig nøie i Midten, og tør ikke naae den underste Cylinder; men Røret **yhi** gaaer næsten lige til Bunden af dette Kar. Vinden **m** har alene een Hensigt, den nemlig, paa Røret **B** at kunne anskrue andre Rør og Udstrømningsaabninger efter Behag. Har jeg nu besluttet at fylde **ABCD** med en Gas, tilslutter jeg først dens Aabning ved **D**, aabner samtlige 3 Haner og fylder den saa heit med Vand (Vandet gaaer derved naturligt fra den øverste til den underste Cylinder) indtil det begynder at flyde ud ved **m**. Herpaa dreier jeg Hanen i Røret **Bm**, d. v. s. jeg tilslutter dets Aabning. Idet jeg skaffer endnu mere Vand i **ABCD** fordriver jeg tillige den

Fig. 110.



*) Den indaandede Luft kommer, som bekjendt, i Lungen. Her forbinder en Deel af Kulstoffet, som befinder sig i Blodet, sig med Suurstoffet, danner Kulsyren og bliver som saadan udaandet. Denne Proces af Kulsyredannelsen er en Kilde til den dyriske Varme. Naturligvis maae Livsfunktionerne ophøre, naar ret til denne Proces nødvendigt Legeme fattes.

Fig. 110.



Rest af Luft, som endnu kan befinde sig deri (den gaaer ud gjennem Røret fa); tilsidst lukker jeg ogsaa Hanerne for Rørene af og yhi; men drager Proppen ved D ud. Det videre Brug af Gasfometret vil bedst blive Eder klar, naar jeg nu gaaer over til en konstig Beredelse af Livslufften.

Jeg tager en Flaske af Støbejern, et indgnedet Pistolhul, en gjennemboret Kork, et lige Glasrør, et lille Gummielastikumsrør, et krummet Glasrør og 1 a 2 Pd. pulveriseret Brunsteen. Efterat jeg har bragt den fidste Masse i hiin første Deel, nemlig i Flasken, forbinder jeg samtlige 6 Dele lufttæt med hverandre, og nøie i den Orden, i hvilken de ere nævnte. Derpaa heder jeg Flasken i Ovnen. Medens dette skeer, prøver jeg gjentagne Gange, om en glødende Træspaan kan antænde sig foran Mundingen af det krummede Glasrør (i Begyndelsen udfyldes her noget Vand), og forsømmer ikke, naar det forventede Tidspunkt indtræder, at stille Glasrøret i Gasometrets Aabning D. Fra nu af stiger der uafladeligt Gasblærer op i den øverste Deel af Cylinderen ABCD og driver stedse mere Vand ud ved D. Hvorvidt Cylinderen er opfyldt med Gas, seer jeg paa Glasrøret kl, som forøven og forneden staaer i Forbindelse med Karret. Naar der ikke mere udvikler sig noget Gas, saa fjernes Flasken med Alt, hvad der hører til den, og man tilslutter Aabningen ved D. Nu bliver der ikke meer tilovers for mig at gjøre, end at aabne Hanen paa Røret yh, og den paa Røret Bm; og nyder jeg da den Glæde at see Gassen udstrømme ved m med en Hurtighed, som svarer til Trykket af Vandsøilen i yhi. Nu kan jeg da ogsaa med Lethed anstille alle de Forbrændingsforsøg, som jeg forhen har omtalt.

Suurstoffet er en Bestanddeel af de fleste Legemer; det findes i en meget betydelig Mængde i Vandet og den atmosphæriske Luft og har hverken Farve, Lugt eller Smag. Vi benytte os af det til Oxaltes Gjenoplivelse, og til at underholde en konstig Smeltetild. Erhvert Legeme, som forener sig dermed, danner et **Oxyd** eller en **Suurstofforbindelse**. I mange Tilfælde er Oxydationen ledsaget af en Lys- og Varmendvikling; men i andre derimod ikke f. Ex. naar Metallerne sætte Rust. Enhver, der har lært at kjende Suurstoffet, som ubetinget nødvendigt ved enhver Forbrænding, vil, naar han isvrigt ikke taber Besindigheden, bære sig forstandigt ad især ved Ildsfare, og maaskee dæmpe Ilden, før den endnu ret kan komme til Udbrud. Sæt at Ild har udbrudt i een eller anden Ting i Kjælderen; strax vil han ile til og tilstoppe samtlige Huller i Kjælderen, for at forebygge mere Tilgang af den ydre Luft. Opstaaer der Ild i Skorstenen, saa tilslutter han saa hurtigt som muligt den underste og øverste Aabning i Skorstenen. I begge Tilfælde udslukkes Ilden ganske naturligt af Mangel paa Luft.

At Smeden rask hæver og atter nedtrykker Blæsebælgen i sit Værk-

sted, naar han ved ringe Brændemateriał hurtigt vil bringe sit Jern til at glode; — at Guldsmeden griber til sit Lodderør, og flittigt blæser derigjennem paa Flammen, for at gjøre de ædle Metaller flydende; — at Ilden brænder destobedre i Ovnen og paa Arnen, jo mere Luft der træder imellem de enkelte Brændestykker; — at enhver Ildebrand, som opkommer, naar en hæftig Vind blæser, frembyder uden Undtagelse stor Fare osv.; alt dette maae I nu tilstrækkeligt kunne forklare Eder, da I vide, i hvilken Forbindelse Suurstoffet staaer med Flammen.

b. Stikluften.

Jeg tager et Kar, hvori der blot er atmosphærisk Luft. Ligesom for i Suurstofgas vil jeg nu forbrænde en Mængde Phorphor i almindelig Luft. Men før jeg dog kan gjøre dette, maa jeg sørge for, at ingen ny Luft trænger ind i Karret, hverken under Forsøget selv eller senere, og at endvidere hiin Masse vedbliver at brænde saalænge, til den atter udslukkes af sig selv. Naar Experimentet er gjort, undersøger jeg hvilke Egenskaber Luften har i mit Kar. Een af dem erkjender jeg strax. Phosphoret, denne saa let antændelige Masse, var endnu ikke ganske udbrændt, før ogsaa Ilden allerede udsluktes for vore Øine; et Bevis for, at den nye Luftart er Ilden ligesaa fjendtlig, som Livsluften er gunstig for den. Jeg bringer endvidere en Mus i det betegnede Rum. Neppe har den betraadt sit forgelige Fængsel, før den ogsaa alt synker hen og dør. Saaledes er da den nye Luftart Suurstofgassen ganske modsat, ogsaa i den Henseende, at intet Dandedræt, intet dyrisk Liv kan finde Sted i den. Istedetfor at gjøre endnu flere Egenskaber anstuelige for Eder, bemærker jeg hellere strax, at den fører Navn af **Stik-** og **Azotluft**, og at I endnu have Meget at indpræge Eder med Hensyn til denne, saasom:

1) Stikluften, som jeg i mit Kar har erholdt ved Forbrænding af Phosphor (Vinaand kan ligesaa godt tages dertil), tor vi ingenlunde anſee for fuldkommen reen; thi den slukker Ild; et Dyr dør endnu før den sidste Rest af Suurstof er forbrugt. Jeg erholder den først da ganske befriet fra dette Stof, naar jeg ryster en Mængde atmosphærisk Luft med opløst Svovlkalium; Kaliummet forbærer nemlig Suurstoffet og det Svovl-Vandstofgas, som derved danner sig, bortskaffes ved Rystning med Kalkvand.

2) I sig selv er Stikluften ikke nogen skadelig Gas; og overhovedet maae vi ikke forverle **virkelig giftige** Gasarter med Gasarter, som **blot ikke egne sig til Indaandning**: de **første**, som Chloret, og den Syre, som danner sig ved Svovlets Forbrænding (tænker blot herved paa Antændningen af en Svovlstikke!) foraarsage strax Høste, forbindre Aandedraget og angribe Lungen; de **sidste** som Stikluften, Kulsyren, Vandstofgassen osv. udøve ikke nogen skadelig Indflydelse paa Lungerne og kunne derfor indaandes, naar de i tilstrækkelig Mængde ere blandede med Suurstof.

3) Den udgjør omtrent $\frac{4}{5}$ af vor Atmosphære. Nøie taget bestaaer den almindelige Luft af 79 Rumdele Stikstof og 21 saadanne Dele Suurstof. Alle Forsøg, som ere blevne anstillede over den atmosphæriske Luft ved saakaldte **Eudiometre (Luftgodhedsmaalere)** have nøie ført til det Resultat, at det angivne Forhold mellem Suurstof og Stikstof er det

samme paa alle Punkter af Jordens Overflade, i enhver Høide og Dybde, til alle Aarstider osv. Dog er der ikke nogen chemisk Forbindelse af disse Gasarter. Endnu maa jeg ved denne Leilighed gjøre Eder opmærksomme paa en særdeles mærkelig Omstændighed.

Her har jeg to Kar; i det ene er Vand, i det andet Olie; jeg bringer nu begge Flydenhederne i eet Kar, og bliver endnu eengang, vær (naar har jeg anstillet dette Forseg første Gang?), at de efter deres Tæthed have leiret sig over og under hinanden. Noget Lignende finder Sted ved alle draabebare Legemer, som ei ere istand til at indgaae nogen chemisk Forbindelse. Her har jeg endvidere, nemlig i Glasset a (Fig. 111) Vandstofgas, der i Glasset e Kulsyre, kort to Luftarter (I skulle nærmere lære at kjende dem), som med Hensyn til deres Tæthed neppe kunne forekomme mere forskjellige. Nu vil jeg paa den mest slaaende Maade bevise Eder, at de gasformige Legemer ingenlunde, som de draabeflydende, ordne sig efter deres specifiske Vægt; — til den Ende forbinder jeg mine to Glaskar med et Rør, d, men aabner dettes Haner først da, naar Glasset med Vandstofgassen er kommet til at staae forover. Og hvad er nu Resultatet heraf? Vandstofgassen stiger til Halvdelen i det underste, Kulsyren til Halvdelen i det øverste Glas. Kort, enhver af begge Gasarterne udbreder sig aldeles ligeligt i det hele Rum, som om den anden slet ikke var tilstede. Hvad der gjælder for Blandingen af 2 Gasarter, gjælder ogsaa for Blandingen af flere. Ogsaa Dampudbredningen skeer paa den bestrevne Maade.



Fig. 111.

Foruden Suur- og Stikstof indeholder den atmosphæriske Luft endnu Vanddunster og Kulsyre i foranderlig Mængde.

c. Den brændbare Luft.

Jeg har her et temmelig vidt Kar, hvormed et smalt Rør staaer i Forbindelse. Røret er endnu tillukket; men nu dreier jeg dets Hane om, og fører et brændende Lys hen derover; som jeg gjør dette, fremstaaer strax en blaalig, meget bed, men kun svagt lysende Flamme. At en ny Gas maa have antændt sig, maa være Eder klart; men hvilken og hvorledes er den kommen i Flasken? Jeg vil først besvare Eder det sidste Spørgsmaal. Fra min Side er der ikke skeet Andet, end at jeg fyldte Flasken deels med Vand, deels med Svovlsyre, og kastede et Stykke Zink i den frembragte Blanding. Hvad der er foregaaet i Flasken er meget simpelt. Vandets Suurstof træder nemlig ind i Zinken; det andet Stof i Zinken bliver frit og stiger blærevis iveiret. Dette Sidste er just den let antændelige Gas og fører Navn af **Vandstofgas.** Den **brændbare** Luft (saaledes kaldes nemlig Vandstofgassen) findes ingensinde reen i Naturen; men vel ofte blandet med forskjellige andre Stoffer.

Vandstoffet (**Hydrogen**), hvilket vi kun kjende som Gas, er omtrent 13 til 14 Gange lettere end den atmosphæriske Luft, og er en Hovedbestanddeel af Dyre- og Plantelegemerne, uden Farve, Luft og Smag. Et brændende Lys, som omgives af den, udslukkes, ei heller egner den sig til Indaandning. Forenet med Suurstof i Forholdet 2 til 1, danner den den saakaldte **Knaldluft**, hvis Antændelse foraarsager en hæftig, og under visse Omstændigheder endog høist farlig Explosion. Vi maae derfor være særde-

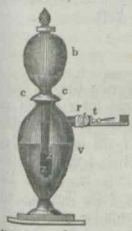
les forsigtige ved alle de Forsøg, vi anstille med den. Den atmosphæriske Luft, f.Ex. som ved sin Tilberedning paa ovenstaaende Maade kun successiv drives ud af Glaskarret, kan meget let splintre os hele Apparatet, naar dens Surstof forener sig med denne Gas derved, at vi fortidlig antænde det udviklede Vandstof.

Den Gas, som næsten altid opstiger, naar vi snart hist snart her stikker en Stok i en ret dyndet Sump, er **Kul-Vandstofgas** (den fører ogsaa Navn af **ollieda nnede Gas**) bestaaer af 4 Dele Vand- og 2 Dele Kulstof, og tør neppe ansees som Aarsagen til Lygtemændene, eftersom den ikke antænder sig selv. Overhovedet vandre vi fuldkommen i Mørke med Hensyn til den Gas, som fremkalder det nævnte Phænomen. Meget lig Kul-Vandstofgassen er **Grubegassen**, hos hvilken 4 Vægtdele Vandstof komme paa 1 Vægtdeel Kulstof; den udvikler sig især i Bjergværker og af forraadnede Legemer. Forudsat at den i Gruben har blandet sig med den atmosphæriske Luft, bevirker den, hvis den ubeldigviis kommer i Berørelse med Ild, en heftig Explosion. Heraf indsees, hvor vigtig **Davy's Sikkerhedslampe** er for Bjergmændene. Den Opdagelse, at ingen Flamme slaaer igjennem en snæver Traadvæv, er Aarsag i denne farelose Lampes Tilblivelse.

Endnu maa jeg henlede Eders Blik paa **Vandstof-Tændemaskinen, paa det store Apparat til Gasbelysning i Gader, Theatre, store Vaaningshuse** osv. og paa **Luftballonens Beskaffenhed og dens Opfindelse.**

Vandstof-Tændemaskinen (Platinfortoiet) bruges for nærværende Tid saa overordentlig hyppig, at det ikke kan mangle Eder paa Leilighed til ret ofte at tage den i Øie.

Fig. 112.

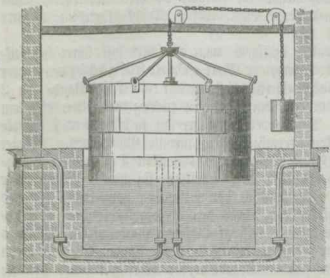


Dens første Hoveddeel er en Kugle b (Fig. 112) med lang Hals; dens anden er en noget større, den første lignende Kugle v, i hvilken Halsen af b bliver stukken, dog saaledes, at den ikke tør berøre Bunden; dens tredie et kort Rør, som gaaer vandret ud ved den øverste Ende af Ballonen eller Kuglen v, og er forsynet med en Hane r og en fiin Spids t. For at indrette den til den tilsigtede Hensigt, gyder man i v en Blanding af Vand og Svovlsyre, hænger ved den underste Ende af den lange Hals en huul Cylinder af Zink zz, og forbinder ved cc begge Kugler lufttæt med hverandre. Vandstofgassen, som strax begynder at udvikle sig, stiger iveiret, trykker paa den sig under den befindende Flydenhed og driver den stedse mere og mere tilbage i Kuglen b. Endelig træder selve Cylinderen zz over Syren. Dreier man nu Hanen r, saa strømmer den stærkt fortættede Vandstofgas ud af den fine Spids t og antænder nu en lille Platinsvamp, som er anbragt foran Spidsen. Hvor forstjællig endog disse Maskiner kunne være indrettede, bliver dog deres egentlige Hovedindretning stedse den samme.

Et sædvanligt Gasometer have I alt tidligere lært at kjende; men dog ikke endnu et saadant, som man nutildags anvender til Gasbelysning.

Fig. 113 giver Eder et tro Billede heraf. Lægger her først Mærke til Cylinderen.

Fig. 113.



Denne er gjort af Blik, har et Gjennemsnit af idetmindste 30 Fod, er tilsluttet forovren og neddykket i en stor med Vand opfyldt Cisterne, og holder ved sin hele Vægt det Kul-Vandstofgas, som tilføres den af et eget Apparat, som jeg her ikke først vil beskrive, under et Tryk, som overstiger een Atmosphæres Tryk. Med Hensyn paa den sidste Beskaffenhed opnaaer da ogsaa Vandet udenfor Cylinderen en anseeligere Høide end inden i den. Ligesom Billedet viser Eder dette, viser det Eder endvidere 1) en Vægt, som deels letter det Tryk, som Gassen lider, deels gjør det mere regelmæssigt, og 2) de Rør, som stige op franeden af, og hvis øverste aabne Ender befinde sig over Vandspeilet i Cylinderen, og dele sig i en Mængde Bly- eller Hvid-Blikrør. De sidste føre ben til de egentlige Lamper, hvoraf Gassen, i det Øieblik, da Hanen dreies, udstrømmer med en Hurtighed der svarer til Trykket i Gasometret. Ved Cylinderens Fyldning maa man naturligvis drage Omsorg for, at Apparatet, hvori Gassen bliver tilberedt, kommer i Forbindelse med det Indre af Gasometret. Iøvrigt udbreder Kul-Vandstofgassen, til hvis Udvikling man betjener sig af Steenkul, det skjønneste og klareste Lys uden Røg og Luft.

Luftballonen.

Allerede i de ældste Tider have Menneskene gjort Forsøg paa, lig Fuglen, at hæve sig i Luften (Fabelen om Dædalus og Ikarus lyder utvivlsom ben derpaa) men disse Forsøg løb næsten alle ulykkeligt af, ja kostede ikke sjældent Vovehalsene Livet. Et saadant Udfald lokkede vist nok kun lidet til Efterligning. Da imidlertid Englænderen **Cavandisch** i Aaret 1766 havde gjort den vigtige Opdageise, at den brændbare Luft er 10 til 12 Gange lettere end den atmosphæriske, optog man atter disse Forsøg, og Doktor **Black** i Edinburg var den Første, der nøie beregnede, at en med denne Gas opfyldt Blære maatte i sædvanlig Luft stige iveiret. Saavel han, som ogsaa mange Andre efter ham, foretoge nu flere herhen sigtende Experimenter; men de bragte det blot dertil, at de saae Sæbekugler, som de havde fyldt med brændbar Luft, at hæve sig til Loftet i Værelset og at briste derimod.

Som de egentlige Opfindere af Luftseiladsen staae **Stephan og Joseph Montgolfier.** I Midten af November 1782 lykkedes det den ældre Broder at lade et høit Parallelepipedum, som var gjort af et Stykke Lyoner-Taft, og havde et Indhold af 40 Cubikfod, stige først til Loftet i et Værelse og siden i Haven til en Høide af 36 Fod, hvilket han bevir-

kede derved, at han betydeligt fortyndede den deri indeholdte Luft ved antændt Papir. En større Maskine af 650 Kubikfods Indhold, hævede sig ligeledes. Nu først besluttede begge Brødrene at vove Forsøgene i det Store, og forfærdigede en indvendig med Papir overdragen Maskine af Lærred, der havde et Omfang af 110 Fod, et Kubikindhold af henved 23000 Kubikfod, og som efter deres egen Angivelse veiede i det Høieste 500 Pd. Vægten af den indesluttede Luft beløb sig til over 2000 Pd. Antage vi nu, at den sidste, ved en Straaild, som var anbragt under Maskinens Aabning, blev nedbragt til del Halve af sin oprindelige Tæthed, saa var Ballonen da kun 1500 Pd. tung og følgelig idetmindste 500 Pd. lettere end en Mængde af den lavere atmosphæriske Luft af lige Volumen. Hvad de havde ventet, skete: den folderige, paa et Stillads ophængte Ballon uddannede sig til en Kugle, og steg, efterat Strikken, hvormed den var gjort fast, var løsladt, til Glæde og Forundring for den overselelige forsamlede Menneskeskare, inden 10 Minutter til en Høide af omtrent 6000 Fod. 7200 Fod borte fra Stedet, hvor den var gaaet op, kom den atter til Jorden. Det i sit Slags første og lykkelige Forsøg skete den 5te Juni 1783 ved Annonay i det sydlige Frankrig, vakte overalt, og navnlig i Paris, en uhyre Opsigt, og bragde ikke faa Tænkere i stor Bevægelse. Blandt disse fortjener Professor **Charles** een af de første Hæderspladse. Ham var det nemlig, som fattede den lykkelige Tanke at benytte Vandstofgas til Ballonens Fyldning, og som ogsaa erkjendte baade den Fare og Vanskelighed, som nødvendig maatte findes ved det Slags Balloner, som Brødrene Montgolfier forfærdigede. Fare, fordi den i Gondolen indeholdte Ild kunde angribe enten Gondolen selv eller Ballonens Vægge; Vanskelighed, fordi Ilden maatte forstærkes, naar Luftskipperen vilde stige høiere; men derimod formindres, naar han atter vilde flyve nedad. Da han nu ogsaa agtede at lade en Ballon stige ivieret, maatte han see til at udfinde et Hylster, som med den nødvendige Lethed forbandt den Egenskab, ikke at tillade Gassen Gjennemgang. Efter forskjællige Forsøg forfærdigede han en Ballon af Taft og overdrog den med en Fernis af elastisk Harpix. Et fuldkomment lykkeligt Udfald krønede hans Forsøg. Da Ballonen den 22de August 1783 var fuldt, forkyndte et Kanonskud dens Stigning. Strikken, hvorved den hidtil var bleven fastholdt, blev huggen over, og øieblikkeligen steg Ballonen majestætisk ivieret, hævede sig i 2 a 3 Minutter henved 3000 Fod, tabte sig i en Sky, viste sig derpaa atter igjen en kort Tid, og forsvandt tilsidst gandske ud af Synskredsen for den forsamlede Mængde. Efter omtrent $\frac{3}{4}$ Time kom den atter til Jorden i Nærheden af en lille Landsby, omtrent 2 Mile fra Paris. To Bønder, som vare beskjæftigede med Markarbeide, saae fulde af Frygt denne store Maskine, og kastede med Stene efter dette formeentlige Dyr. I Førstningen torde Ingen vove sig hen til den; først da de mærkede at den laae ubevægelig, tog den Ene Mod til sig, nærmede sig til den, ja stak endog sit Hoved ind i en Rift, som den havde faaet under Luftreisen. Men denne sin Nysgjerrighed kunde han meget let have kommet til at betale med Livet; thi endnu var noget af den ildelugtende og til Indaandning aldeles udvelige brændbare Luft bleven tilbage. Begge Bønderne bandt tilsidst Ballonen til Halen af et Muulæsel og slæbede den saaledes hen foran deres Præst's Dør.

Nu fulgte den ene Luftseilads efter den anden. Allerede faa Uger efter lod den ene Montgolfier en Maskine af denne Slags, som havde en Høide

af 60, og et Gjennemsnit af 40 Fod opstige i Nærheden af Versailles, og han havde den Glæde at see et Faar, en Hane og en And, som havde maattet gjøre Luftreisen med i en Kurv, komme velbeholdne tilbage til Jorden. Saavel han, som **Pilatre de Rozier** gjorde nu alvorlige Forberedelser til selv at stige iveiret. Den Sidste øvede sig næsten daglig i den nye Konst og tog Straaviste med sig, for at kunne underholde Ilden og blive længere i Luften. Den mærkværdige Dag, paa hvilken han og **d'Arlandes** havede sig i Paasyn af en utallig Menneskemængde, var den 21de November 1783. Om Eftermiddagen henved Kl. 2 stege de fra Slottet **La Muette** i Luften i en Ballon, til hvis Fyldning med fortyndet almindelig Luft de havde anvendt 8 Minutter. Forat anstille nogle Undersøgelser med Hensyn til den Kraft, hvormed den nye Maskine blev hævet, befalede Montgolfier de tjenstgjørende Folk ikke strax at lade de Strikker, hvormed Ballonen var fastgjort, fare. Desværre foraarsagede denne voldsomme Tilbageholdning en Rift i Maskinens øverste Deel. Hvormange Andre vilde ikke i en saadan Tildragelse have seet et Varsel og ladet sig for stedse afskrække fra det forvovne Foretagende. Men saaledes gik det ikke Rozier og d'Arlandes. Begge bestege de, efterat de have udbedret de beskadigede Steder, for anden Gang Maskinen, overlode sig til Vindene og beroligede Tilskuerne ved gjentagende at svinge deres Hatte og Lommetørklæder. Den forsamlede Menneskemasse viste sig snart for dem som en Myretue, snart gik den dem ganske af Syne. I høieste Grad henrykket af dette usædvanlige Skuespil, forglemte Marquis d'Arlandes den ham overdragne Forretning, saa at Rozier saae sig nødsaget til at raabe til ham: „De gjør jo slet Intet! vi stige allerede slet ikke mere." Da han senere sandsynligvis havde kastet en for stor Gaffel Straa i Flammerne, hævede Ballonen sig iveiret med en frygtelig Hurtighed. Pludselig hørte de en Bragen i de øverste Dele af Ballonen; ogsaa følte de, medens Ballonen vexelvis steg op og ned, en ganske besynderlig Rystning. En anden Bragen vakte deres Bekymring paany. Da de nu noiere end første Gang anstillede de nødvendige Undersøgelser, bemærkede de, at Ilden havde gjort nogle Huller i den nederste Deel af Maskinen, og at ogsaa det af let Kurveværk dannede Galleri ikke mere holdt fast paa flere Steder. Under saadanne Omstændigheder var det ikke raadeligt at dvæle længere deroppe; de tiltraadte derfor, efterat de først med en vaad Svamp havde slukket Ilden paa de farligste Steder, deres Tilbagefart, og nøde snart den ubeskrivelige Glæde atter lykkeligen at betræde Jorden efter 25 Minutters Forløb. D'Arlandes blev af det tilstrømmende Folk ført til Hoffet. Rozier, som under Opstigningen havde været i den største Fare for at blive dræbt af Ilden, kunde umuligt i bar Skjorte vise sig for den jublende Mængde. Denne sønderrev hans afkastede Kjortel og sloges om Stykkerne som om en Reliqui.

Nogle Dage senere, nemlig den 1ste December, foretoge **Charles** og **Robert** en anden Luftreise. De bestege paa en stor fri Plads Gondolen ved deres Ballon, som var fyldt med Vandstofgas, og hævede sig i Overværelse af 300,000 Mennesker med beundringsværdig Hurtighed til en Høide af 1800 Fod. Endelig forsvandt de af den gabende Mængdes Synskreds; Ubekjendte med enhver Fare, der saa let kunde have tilstødt dem, svævede de i unævnelig Salighed hen i det høie, vide Himmelrum, og nøde af den Vin og de Spiser, som de havde medtaget til deres Bederqvægelse. Endelig kom ogsaa de ned til Jorden igjen. Robert forlod strax Gondolen;

Charles fattede imidlertid den dristige Beslutning endnu een Gang at hæve sig i Luften, blev derfor i Ballonen, men havde nær betalt denne Dristighed med Livet. Ved Roberts Udstigning var Maskinen blevet 130 til 140 Pd. lettere; den hævede sig paany og naaede i faa Sekunder den uhyre Høide af 9000 Fod, saa at den i ethvert Tilfælde vilde have bristet, dersom ikke Skipperen ved Hjælp af en ved Ballonen anbragt Klap havde ladet en Mængde af den indespærrede Gas ud. Denne Klap raadede i Sandhed over Luftfarerens Liv og Død. Da Charles for anden Gang steg ineirer, gik just Solen ned for Indbyggerne i Paris; han naaede dog Dagens Dronning paany, da han hævede sig med en utrolig Hurtighed, og nød saaledes det pragtfulde Skuespil at see sig og sit Skib i Glandsen af hiin mægtige Stjerne, medens Jorden alt var indhyllet i Mørke. Endnu stedse ilende hen under Himlens yndige Blaae, stod han længe i dybe Tanker, skuede ben i Verdensrummets grændseløse Dyb og saae, hvorledes talløse Dunstdele hævede sig fra Dalene og Floderne, hvorledes den ene Bølge efter den anden opsteg af Jorden og ligesom venlig hilste ham, den Ensomme. Endelig gik Solen anden Gang ned for ham, og Maanen belyste fra nu af det ophøiede Naturspil. Efter omtrent ½ Times Forløb efter Opstigningen landede den dristige og berømte Mand lykkelig paa en Brakmark.

Blandt de senere Luftskippere har især **Blanchard** udmærket sig ved Iver i den nye Konst. Ham var det f. Ex., der forsynede sin Maskine med Vinger og Ror, for at kunne lade den vilkaarligt stige og dale. Udfaldet svarede imidlertid ikke til hans Forventning. — Efter at han alt havde gjort flere Luftreiser, fattede han den dristige Beslutning at fare over den 5 Mile brede Kanal mellem England og Frankrig, og besteg ogsaa virkelig i denne Hensigt den 7de Januar 1785 om Eftermiddagen henved Kl. 1 den hemmelighedsfulde Gondol, ledsaget af en frygtløs Amerikaner, Doktor **Jeffris**. Den almindelige Stilhed, som i Begyndelsen ogsaa denne Gang herskede blandt Tilstuerne, aflostes af en ubeskrivelig Jubel, da han svingede en Fane og bragde dem sin Afskedshilsen. Blanchard tilbagelagde den farlige Vei i 2 Timer og 32 Minutter og steg lykkelig i Land et Par Mile fra Calais. Ved hans Indtog i denne Stad, lod man Klokkerne lyde og Kanonerne tordne; hvorhos han blev optagen til Æresborger.

Fig. 114.



Ikke enhver Luftreise faldt saaledes ud efter Ønske. Pilatre de Rozier f. Ex. vilde af Grunde, som ere os ubekjendte, forbinde fortyndet atmosphærisk Luft med Vandstofgas, og anbragde, for at naae sit Maal, to Ballonet over hinanden, hvoraf den nederste var foldt med hiin, den øverste med denne Flydenhed. Dette var imidlertid at anlægge en Ovn under et Krudtmagasin, hvorfor? Han døde som et Offer for sin ulykkelige Opfindelse, idet han vilde seile over Kanalen mellem England og Frankrig i omvendt Retning.

Der er 3 Spørgsmaale, som jeg endnu vil besvare Eder, inden jeg slutter mine Betragtninger over Luftseiladsen: 1) **Hvor stor Vægt formaaer en Ballon af en bestemt Størrelse at hæve? 2) hvorledes forholder det sig med dens Stigekraft? 3) hvilke Midler besidde nemlig de nyere Luftskippere, for efter Ønske at faae Ballonen til at stige og synke?**

For at J kunne komme fuldkommen paa det Rene med Henseende til det første Spørgsmaal, vil jeg her indklæde Svaret i to Exempler, af hvilket det ene angaaer en Ballon, som er fyldt med Vandstofgas, det andet derimod en, som er fuldt med atmosphærisk Luft. Hiin lille Maskine, som man i Aaret 1784 lod stige i Brunsvig, havde 5 Fod i Gjennemsnit og veiede kun 1 Pd. 8 Lod. Det indre Rum omfattede omtrent 5 Pd. 20 Lod atmosphærisk Luft. Saaledes vide J da nu, hvormegen saadan Luft den fortrængte af Stedet, og hvormeget den, senket deri, tabte af sin absolute Tyngde. Drage vi 1 Pd. 8 Lod fra 5 Pd. 20 Lod, saa erholde vi som Rest 4 Pd. 12 Lod, eller den Vægt, som angiver os, hvormeget letteren der var end en ligestor Mængde af sædvanlig Luft. Endvidere veiede det Vandstofgas, som fandtes i Maskinens Indre, 1 Pd. 12 Lod. Drage vi denne Vægt fra den angivne Forskjæl, saa blive 3 Pd. tilovers. Vlot disse bestemme Stigekraften. Maatte da ikke Ballonen hæve sig med en pillsnar Hurtighed? Den store Ballon, som Mongolfier lod stige iveiret den 5te Juni 1783 holdt 35 Fod i Gjennemsnit og veiede, efter Forfærdigerens egen Angivelse, 500 Pd. En Maskine af et saadant Omfang er beneved 1656 Pd. lettere end en lige stor Mængde af sædvanlig Luft (11 Kubikfod sædvanlig Luft veie omtrent 1 Pd.) som den fordriver. Dog beløb hiin Ballons Stigekraft sig ikke til saameget; thi Luften, som var i dens Indre, var idethoieste kun fortyndet til det Halve, og havde altsaa endnu en Tyngde af 1078 Pd. Først naar ogsaa denne Vægt drages fra 2156 Pd., lære vi i Nesten, 578 Pd., at kjende den Kraft, hvormed hiin Maskine hævede sig. Om en Betyngelse er her endnu slet ikke Tale.

Saasnart Ballonen begynder at stige, opnaaer den med hvert Øieblik en tyndere Luft, som trykker mindre paa den. Var den derfor allerede forneden fuldkommen foldt, saa vilde den indre Luft, naar den kom iveiret, formedelst sin Elasticitet udspænde den stærk, og true med at sprænge den. De vigtigste Forsigtigheder herimod, som staae Luftskipperen til Raadighed, ere: 1) at han paa sin Ballon anbringer en Klap, ved Hjælp af hvilken han, eftersom han ønsker det, kan lade udstrømme snart mere snart mindre Luft; og at 2) at den ikke er fyldt saameget med Vandstofgas, at den allerede i Opstigningens Øieblik viser sig som ganske udspændt. Er f. Ex. en Ballon ved Jordens Overflade kun halvt fyldt med Vandstofgas, vil den dog stedse være forsynet med den nødvendige Stigekraft. Thi i samme Grad, som den hæver sig, vil Gassen i den udvide sig, idet den søger at holde Ligevægt med Atmosphærens Tryk, saaledes at Ballonen vil tiltage i Volumen i samme Forhold, som den ydre Kraft forringer sig i Tyngde: følgelig bliver Stigekraften uforandret i de høiere Luftregioner.

Luftskipperen betjener sig af forskjællige Midler, for efter Ønske at kunne lade Maskinen stige og falde; jeg har alt gjort Eder bekjendte med een, nemlig Ventilens Aabning og Tillukning. Et andet Middel har han i nogle medtagne Sandsække, af hvilke han udkaster nogle, naar han vil stige. Hvor høit han endog vil stige, saa tør han ingensinde ganske blotte sig for Ballast; thi naar han ved en Strikke har aabnet den hemmelighedsfulde Klap, saa senker Ballonen sig, med Overskuddet af sin Vægt, og opnaaer, sig selv overladt, en Hurtighed, som kan blive meget farlig. Her yde nu Sandsækkene fortrinlig Tieneste. Udkaster nemlig Luftskipperen successiv Ballasten, saa holder den fortskridende Vægtformindskelse og den tiltagende Hurtighed forenedreI Ligevægt, og bevirker ikke blot, at Maskinen synker langsomt

og blidelig, men sætter og Luftskipperen istand til i nogen Tid at holde sig fjærnet i ringe Afstand fra Jordens Overflade, dersom Stedet skulde frembyde Vanskeligheder for Udstigningen. Men desværre indstrænke alle de nævnte Midler sig blot til den lodrette Bevægelse, og man har ingen Midler til at bestemme den vandrette. Her kan man nemlig hverken bruge Aar eller Aarer. Det eneste Middel til i nogen Maade at vælge en hensigtsmæssig Retning for Ballonen, bestaaer deri, at Luftskipperen ofte i de forskjellige Høider stöder paa ganske forskjellige Luftstrømme (Vinde), blandt hvilke han da maa udsøge sig den, som fører ham bedst til Maalet.

Med den Konst at bære sig i Luften, har **Garnarin**, der drev sine Fig. 115. Forsög med utrolig Driftighed, og mange Andre efter ham, søgt at forbinde en anden Lignende, nemlig den Konst at kunne ubeskadiget nedlade sig fra det Høie. Det Redskab, hvoraf de hertil betjene sig, er **Faldskjærmen**. Den indtager sammenlagt et meget ringe, men udbredt et meget betydeligt Rum og forbindrer den med Faldskjærmen forbundne Last fra at falde alt for hurtigt til Jorden, idet nemlig Luften under disse Omstændigheder sætter en meget stor Kraft derimod. Den 25 Oktober 1797 gik Garnerin med Faldskjærmen ned fra en Høide af 1200 Fod, og kom lykkelig til Jorden. Naar J nu erindre Eder den Beregning, som jeg tidligere har gjort over Luftens Modstand, saa maae J ogsaa kunne overse de Midler, ved hvilke vi kunne finde den Hurtighed, som det i Luften synkende Legeme idetheiste kan opnaae, naar saavel Faldskjærmens Størrelse, som Vægten af dens Belastning er bekjendt.



I vor Tid ere Luftreiser komne temmelig i Forglemmelse, og saalænge de ikke have anden Hensigt end at give Folket et behageligt Skuespil, ligger der ei heller megen Vægt paa dem. Franklin kaldte Luftseiladsen, saaledes, som den just da var fremtraadt, et Barn, og haabede, at der af den engang vilde blive en herlig Mand; men endnu er hans Forhaabning ikke gaaet i Opfyldelse. Vel kan det ikke nægtes, at man har begyndt at bruge Luftseiladsen til videnskabelige Øiemed, har ved den iagttagne Barometrets Stand, Temperaturen, Elektriciteten osv. i den øvre Luft; men den heraf vundne Nytte bliver dog stedse kun ringe, deels fordi velunderrettede Physikere kun sjælden have anstillet Luftreiser, deels fordi kun faa Undersøgelser lade sig anstille i det gyngende Skib, der ei giver noget sikkert Standpunkt.

d. Kulsyren.

Gyder jeg paa et Stykke Kridt nogle Draaber af fortyndet Svovlsyre eller en anden denne lignende Syre, vil Kridtet straks bruse stærkt op, og der vil udvikle sig for Eder en ny, med ganske særegne Egenskaber begavet, Luft. Ikke blot af Kridt, men ogsaa af Kalk, Marmor, d. dl., der er sammenbragt med en saadan Syre, kommer saadan Luft frem paa en lignende Maade i rigelig Mængde. Tager jeg endvidere nogle sædvanlige Steenkul og forbrænder dem, da vil jeg ogsaa derved frembringe en Mængde Luft, og det en saadan, der i sine Egenskaber stemmer ganske overeens med hiin. Endelig ville J, idet Øieblik da jeg tager Proppen af en Flaske Øl, see en Damp, høre et Knald og fornemme en syrlig Lugt: Alt dette vidner om Tilstedeværelsen af hiin Luft af Kul og Kridt.

1) Den Luft, som vi nu have lært at kjende ad saa forskjellige Veie,

bedder **Kulsyre**, vel og, men vidselig meget upasselige, **fix** eller **fast** Luft. Den bestaaer af 1 Deel Kul- og 2 Dele Suurstof.

2) Kulsyren er over 1½ Gang saa tung som den atmospheriske Luft, og lader sig derfor ligesom Vand begyemt fylde fra et Kar i et andet. Nu befinder den sig f. Ex. i Glasset i min høire Haand. For at overtyde Eder herom, stikker jeg først et brændende Lys deri og derpaa en Muus. Lyset slukkes øieblikkelig og den lille Muus dør ligesaa hurtigt. Hvor klart brænder derimod ikke Lyset i Glasset i min høire Haand, og hvor muntert kravler ikke min anden Muus omkring ved Væggene af Glasset! Men nu tager jeg det første Glas og holder dets Aabning nøie over Aabningen paa det andet. Neppe har jeg gjort det, saa see I ogsaa allerede, hvorledes Lyset slukkes og Musen udaander Livet. Heraf er det da tydeligt, at Kulsyren er gaaet over fra det første til det andet Glas.

3) Den spiller især ved mange af vore Drikke og Sundhedsbrønde en vigtig Rolle. Ere f. Ex. ikke Vand, Øl og Viin gjennemtrængte deraf, saa vise de sig dovne, matte og uden al Smag. Hvo, der endvidere ved, hvorledes det staaer sig med de nævnte Brønde og som tillige har lært den Konst at berede Kulsyre i Mængde, vil kunne tilberede saadant Vand, der i Smag og Godhed kommer Pyrmonter-, Selter- eller andet berømt Vand temmelig nær.

4) Den danner, dog strængt taget ikke just den selv, men Kulorydgassen, de blaae Flammer, som vi stedse iagttage over glødende Kul. Spjældet i Kakkelovnen maa derfor ikke lukkes i, før Ilden er ganske udslukket. Ikke mindre farlige ere Bækkener med glødende Kul i en Stue.

5) Den opholder sig ikke sjælden under Jorden, eller vel og paa saadanne Steder, hvor det fattes paa fornødent Lufttræk. I saa Henseende bliver Hundegrotten ved Neapel altid mærkværdig. Paa Bunden af denne Hule befinder det Kulsyre-Lag sig, hvorom der saa ofte er Tale, og som ved den forreste Ende neppe hæver sig nogle Tommer, men i modsatte Ende indtil 1½ Fod.

§ 7.

Spørgsmaal og Opfordring til Gjentagelse.

Hvilket Legeme har jeg angivet Luften at være? Hvorledes overtyde vi os om dens Tilværelse? Nævn mig dens vigtigste Egenskaber! Angiv endvidere, hvilke Kjendemærker, der ere paa den rene Luft! Hvorved er det især, at Luften opfyldes med saamange fremmedartede Stoffer? Meddeel mig det Historiske om Barometrets Opfindelse! Hvilke særdeles Vanskeligheder træder Konstneren imøde ved Forfærdigelsen af dette Instrument? Paa hvilke Barometre har jeg gjort Eder opmærksomme? Hvori adskiller Kar- og Hævertbarometret sig? Hvorvidt underretter Barometret om Lufttrykkets forskjællige Størrelse 1) til forskjællige Tider paa samme Sted 2) paa forskjællige Steder til samme Tid? Hvilke Beregninger har jeg der anstillet med Hensyn paa det menneskelige Legeme? Hvoraf kommer det, at vi slet ikke fornemme Luftens uhyre Tryk? Paa hvilke Regler især beroer Fremgangsmaaden ved Høidemaalinger ved Hjælp af Barometret? Nævn mig de nødvendige Dele af en Luftpumpe! Angiv nøiagtig, hvorledes Luften under et Kar (en Glasklokke) kan fortyndes ved en Luftpumpe! Hvorfor er det ikke muligt at gjøre Rummet under Recipienten

fuldkomment lufttomt? Hvorved lære vi at kjende den Grad, som Fortyndningen har opnaaet? Tegn saavel en Ventil-Luftpumpe som ogsaa en Luftpumpe med Hane paa Tavlerne! Hvilke Forsøg med Luftpumpen have lært Eder at kjende Luftens Tryk og hvilke dens Udvidelighed? Beskriv endvidere de Experimenter, som have Hensyn til Vandets Kogning, til Legemers frie Fald osv. Hvilket er vel det skjønneste Bevis for Luftens Tyngde? Hvorledes forholder det sig med Indretningen af en Fortætningspumpe og med Experimenterne dermed? Forklar Forsøgene med en Stikhævert! I hvilken Henseende slutter Trylletrakten sig noie til hiint Instrument? Beskriv de herhen hørende Forsøg og forklar dem tillige! Hvorledes staaer det sig med Beskaffenheden af en Sugehævert? Sæt det ud fra hinanden for mig, paa hvilken Maade den bliver uafbrudt ved at løbe! Hvilket forunderligt Phænomen frembyder Trylle- eller Fireerbøgeret? Viis at Alt ogsaa her gaaer naturligt til! Udkast en Tegning af Heronsbronden, beskriv fuldstændigt dette Experiment og tilføi overalt de nødvendige Forklaringer! Til hvilke Naturphænomener har jeg ved denne Leilighed henviist Eder? Beskriv Forsøget med den kartesianske Dykker! Fremstil ved Ord og Tegning Indretningen af en Vindbøsse. Hvad har jeg meddeelt Eder angaaende vor sædvanlige Sugepumpe? Forklar mig Forsøgene med en Haand- og en stor Brandsprøite! Hvilke Experimenter ledede Eder til at finde Livsluftens Egenskaber? Hvorledes udvikler Naturen stedse denne saa vigtige Luftart paany? Hvorledes erholde vi den paa konstig Maade? Nævn de Phænomener, som staae i den inderste Sammenhæng med Livsluften! Paa hvilken Maade forskaffe vi os let en Mængde Stikluft? Hvorledes forholder det sig med dennes Egenskaber? Hvilken vigtig Lov lærte I leilighedsviis at kjende med Hensyn paa Gassers og Dampes Udbredelse? Beskriv de herhen hørende Forsøg! Nævn den brændbare Lufts Egenskaber! Hvorledes kunne vi ogsaa let udvikle denne Gas? Hvad har jeg meddeelt Eder angaaende Kul-Vandstofgas? Forklar mig Vandstof-Tændemaskinen, samt det store Apparat til Gasbelysning! Hvad ledede til Opfindelsen af Luftballonen? Beskriv saa godt som muligt nogle af de første Luftreiser! Hvorledes lader det sig ved Regning udfinde, hvilke Byrder en Ballon af et bestemt Omfang kan hæve? Hvilke Midler have Luftfarerne til efter Behag at lade deres Maskine stige eller synke? Angiv Faldskjærmens Indretning og Nytte! Hvilke Experimenter lærte Eder at kjende Kulsyren? Angiv det Vigtigste angaaende denne Luftart!

Femte Afsnit.

Lyden.

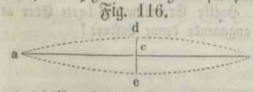
§ 1.

Lydens Oprindelse.

Anstryger jeg en Streng paa en Violin, saa fremkommer en Lyd, og denne vedbliver saalænge, som Strængen vedbliver at dirre eller svinge, hvilke er Noget, som Enhver let kan bemærke; slaaer jeg med en Stok paa en Klokke, som jeg har overstrøet med fine Sandskorn, da begynde i samme Øieblik Sandskornene at dandse, mange hoppe endog ud over Randen, og kun faa, de nemlig, som have erholdt deres Plads paa visse Steder af Klokken forblive i Ro; ogsaa dette kan Enhver let overbevise sig om. Men hvorledes gaaer vel dette til? Herpaa svarer jeg: Klokken befinder sig, medens den giver Lyden fra sig, i en lignende svingende Bevægelse som Strængen paa en Violin, Harpe, et Klaveer osv., der jo ogsaa, medens de tone, kaste lette Papirstrimler, som ere lagte paa dem, fra sig. Med Hensyn paa disse angivne Phænomener kalder jeg Lyden foreløbigt **en Virkning af elastiske Legemers Svingninger.** Agte I nu endvidere paa Dørenes Knirken, paa Fiolen eller Hvislen med Munden, og overhovedet enhver Luftmængde, der trænger sig igjennem en snæver Ridse; endvidere paa den Lyd, som opstaaer, naar I rive et Stykke Silke eller Lærred over, eller og, naar I føre en af Eders Fingre benover en poleret Flade osv., saa naae I sikkerlig til den nye Sandhed, at Lyden fremstaaer ikke blot ved Svingninger af fuldkommen elastiske Legemer f. Ex. musikalske Instrumenter, Fjedre i Spilleuhre, Spilledaaser osv., men ogsaa **ved en Række Nystelser af saadanne Legemer, der kun besidde en ringe Elasticitet.**

En Strængs Svingning bliver altid det simpleste Tilfælde. Forestiller Eder, at jeg ved at gribe fat paa Midten af Strængen acb (Fig 116) bringer den ud af sit lige Leie, i det boiede adb! Vil den da ikke, formedelst sin Elasticitet, atter, naar jeg slipper den, vende tilbage i sit forrige Leie? Aabenbar befinder den sig derved indtil acb i en stadig tiltagende Bevægelse. Her er derfor ei dens blivende Sted; den svinger meget mere med stadig aftagende Bevægelse indtil aeb; tiltræder derpaa Tilbageveien, kommer anden Gang næsten til adb osv. kort: **den svinger med aftagende Hurtighed saalænge frem og tilbage, indtil den ganske har tabt sin Kraft, d. e. indtil dens Hurtighed er bleven lig Nul.** Aarsagen til dette Phænomen have I alt ved Betragtningen over Pendulet lært at kjende; jeg forbigaaer den derfor her og siger Eder blot endnu, **at Strængens Bevægelse fra Beliggenheden adb indtil den atter vender tilbage dertil, kaldes en heel Svingning eller Oscillation, og Svingningens Vedvaren, Svingningstiden.**

Fig. 116.



For at gjøre Eder nøiere bekjendte med, hvorledes Lyden opstaaer, spænder jeg den ene Ende af en lige, meget lang og overalt lige tyk Stang af Metal (den kunde vel ogsaa være gjort af Glas) i en Skruestik og lader den anden Ende deraf være fuldkommen fri. Herpaa strøger jeg ogsaa den med min Bue, som er godt anstrøgen med Harpix. Hvad der herved især maae være Eder behageligt, er den Omstændighed, at J kunne tælle Stangens samtlige Svingninger, eftersom de følge saa langsomt paa hinanden. Man kan indrette Stangen saaledes, at den nøie gjør kun een Svingning i eet Sekund, og ville vi nu derpaa Tid efter anden forkorte den, saa at den blot erholder $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ osv. af sin Længde, saa ville vi finde, at Svingningerne følge desto hurtigere paa hinanden, jo mere Stangen forkortes. Hertil føier jeg endnu: I eet Sekund svinger Halvdelen 4, Trediedelen 9, Fjerdedelen 16, Femtedelen 25 Gange osv. Istedetfor Skruestikken kunde jeg vel ogsaa bruge to Stoleryggе, og istedetfor Stangen en Sytraad. Hvo, som har Lyst til at gjøre Experimentet ved Hjælp af denne langt simplere Ting, han betræster blot den ene Ende af Traaden ved den første og kaster den anden Ende om den anden Stoleryg, som er omtrent 16 Fod borte, og betynger den sidste Ende med en Vægt af omtrent 1 Pd., fordi en Traad ikke er i Spænding ved sig selv; derpaa tager han fat paa Traaden i Midten, drager den noget opad og slipper den atter pludselig løs. De Svingninger, hvori den derved geraader, lade sig ligeledes bequemt tælle, da de følge langsomt paa hverandre; ogsaa blive de desto hurtigere, stjøndt ikke i saa høi Grad som ved Strængen, jo kortere Traaden bliver. Her gjør nemlig Halvdelen kun 2, Trediedelen 3, Fjerdedelen 4, Femtedelen 5 Gange saamange Svingninger som den hele Traad. Ovenstaaende Forsøg skal blot her godtgjøre Eder, at ikke ethvert i Svingning sat Legeme giver en Tone fra sig, men at dette først indtræder, **naar Svingningerne følge paa hinanden med en vis Hurtighed.** Hverken hele Stangen, eller Halvdelen, Trediedelen, Fjerdedelen eller Femtedelen glæder Eder med en Tone. Lærde Folk, som have bestjæftiget sig meget og grundigt med Lyden, paastaae, at naar en Lyd skal høres, maa der idetmindste ske 32 Svingninger i eet Sekund. Dette stemmer jo ogsaa overeens med vore egne Erfaringer; thi først naar Stangen forkortes til en Sjettedeel, og altsaa da, som J vide, gjør omtrent 36 Svingninger i eet Sekund, høre vi en Lyd.

Efterat J have erkjendt, at Lyden opstaaer ved elastiske Legemers hurtige paa hinanden følgende Svingninger, maa jeg vise Eder, **at den ikke mindre afhænger af Luftens Tilværelse.** Ogsaa dette kan jeg gjøre uden at støde paa betydelige Vanskeligheder. Jeg behøver nemlig blot at sætte en Klokke under min Fortyndningspumpes Recipient. Lader jeg Kneblen slaae mod Klokken, medens Luften under Recipienten har sin oprindelige Tæthed, saa hører jeg meget tydeligt en Lyd; men gjør jeg dette først efterat en betydelig Fortyndning er tilveiebragt, saa mærker mit Øre slet Intet, om endog Klokken rystes nok saa stærkt. Iøvrigt fordrer dette Experiment, om det skal lykkes, en egen Forsigtighed; man maa nemlig befæste Klokken ved en saadan blød Masse, der enten slet ikke eller ogsaa kun meget dæmpet kan forplante dens Svingninger. Maaskee egner intet Stof sig bedre dertil end nogle med hverandre forbundne Hampetraade, der dog ingenlunde maae være fast sammendrejede.

Til Slutning maa jeg endnu gjøre Eder bekjendte med Lydens forskjællige Navne: Den kaldes 1) **Tone,** naar jeg kan bestemme dens Høide

eller Dybde; 2) Naar Sligt ikke er mig muligt, kaldes den **Larm**, der snart bestaaer i en Susen, Hvisken, Knitren, snart i en Klappren, Knarken, Brummen osv. 3) Naar een af de Nystninger, som mode vort Høreorgan, naturligviis den første, besidder en saa betydelig Kraft, at enhver af de efterfølgende formedelst deres forholdsmæssige Svaghed, bliver ubemærket, opstaaer et **Knald**; 4) **Lyd**, naar den kommer fra et levende, især et menneskeligt Væsen; 5) Hvad der forstaaes ved **Klang** lader sig vel føle, men ikke forklare. Vi sige med Ret: Trompeten har en ganske anden Klang end Violinen; Basunen en anden end Klaveret; men ganske med Uret: Instrumentet har en god Tone, det maa nemlig ogsaa hedde: en god Klang.*)

§ 2.

Lydens Forplantning.

Enhver Fornemmelse af en Lyd bestaaer i en Nystning af vore Høreorganer; men denne Nystning maa igjen være en Følge af en Bevægelse; der spørges altsaa: Hvor træffe vi den Sidste? Først dog vel ved de lydende Legemer. At tydeliggjøre Eder, saavidt det er muligt, hvorledes Lyden dersra naaer til vore Øren, skal være min første Forretning.

Jeg gaaer derved ud fra Knaldet af en Kanon, og betragter det som frembragt ved en eneste Nystning. I det Øieblik, da Krudets Explosion og Kuglens Udkastning følger, danner sig i Løbet af ethvert Skyts et lufttomt Rum, og anden Luft strømmer med Hurtighed til, for atter at gjenoprette den tabte Ligevægt. Aabenbar opstaaer derved omkring Kanonen et Rum med yderst fortyndet Luft. Ligesom hint indre bliver ogsaa dette ydre Rum strax atter fortættet; den Luft nemlig, som nærmest omgiver den, trænger ind i den, og ligesom bekymrer sig kun lidet derom, at ogsaa bagved den dannes et nærsten lufttomt Rum. Saaledes følge da Fortyndninger og Fortætninger skridtviis hinanden. Forudsat endvidere, at den Luft, som omgiver de lydende Legemer, er fuldkommen ligeformig, **udbrede de bestrevne Fortyndninger og Fortætninger sig mod alle Sider, og danne om det lydende Legeme Luftbølger, i hvis Midtpunkt det lydende Legeme selv befinder sig.** Luften træder naturligviis umiddelbar paa enhver Fortætning og Fortyndning strax i Ligevægt. Saaledes har jeg da søgt at godtgjøre Eder, at Forplantningen af en Lyd skeer derved, at der fra det lydende Legeme af danner sig regelmæssige og i lige Afstand indtrædende Fortætninger og Fortyndninger; hvortil jeg endnu føier følgende Forklaringer: 1) **To sammenhørende Fortyndninger og Fortætninger kaldes en Lydbølge**; og 2) **En lige Linie, som lodret træffer Overfladen af en Lydbølge, kaldes en Lydstraale.** Sidstnævnte betegner os derfor, idetmindste i de fleste Tilfælde, den Retning, hvori Lyden maa være opstaaet.

Lydens Forplantning ved Luften ligner i mange Henseender Vandets bølgeformige Bevægelse. Naar I kaste en Steen i Vandet, saa ville I see,

*) I dansk Synonymik ved Sporon m. fl. hedder det: **Lyd** er alt det, som høres; **Klang** derimod en vedvarende Lyd; **Tone** er en i Musikken tjendt og vedtagen Klang.

at der om den Bølge eller Kreds, som først danner sig, danner sig en anden, om denne en tredie, derpaa atter en fjerde osv., samt at Bølgerne eller Kredsene blive stedse større, men ogsaa stedse svagere, jo mere de fjærne sig fra det Punkt, hvori Stenen har truffet Vandets Overflade. Forøvrigt finder der ved Vandet ingen Stromning Sted, og ei heller maae I tro, at Lydbølgerde danne sig ganske saaledes som Vandbølgerne. De sidste gjøre idethøieste en op- og nedgaaende Bevægelse; de første derimod udbrede sig i alle Retninger, hvilket ogsaa maa være bleret Eder klart af min forhen givne Fremstilling.

Det meest almindelige Middel til Lydens Forplantning vedbliver Luften stedse at være, og dette forendeel formedelst dens høist betydelige Elasticitet, forendeel ogsaa af den Grund, at den forefindes overalt i Rummet. Hermed er imidlertid ingenlunde sagt, at den er det eneste Middel som bærer Lyden fra et Sted til et andet, og leder den bedst i enhver Henseende. Den, der tydelig vil høre en fjærn Tummel, f. Ex. en bidlende Vogns Rullen paa en Chaussé, lægger sædvanlig sit Øre til Jorden, og opnaaer saaledes i Regelen, hvad han ønsker. Alene Hammer- eller Øxeslagene fra den imøde arbeidende Kammerat er en sikker Leder for Minegraveren ved hans møisommelige Arbeide. Tilstoppe I Eders Øren med Bomuld saa fast som det lader sig gjøre, saa høre I Intet paa sædvanlig Maade; men tage I nu en Metalstang mellem Eders Tænder, og berøre med den anden Ende deraf en Resonnansbunden af et Klaveer, saa erholde I atter en ret tilstrækkelig Kundskab om Instrumentets Tone. Naar en Musiker begynder at blive døv, betjener han sig ofte af dette simple Middel, for ikke at være nødt til ganske at undvære Toners Nydelse. Jeg vil endnu omtale et andet Forsøg. Tilstopper engang saavidt muligt begge Ørene; tager den ene Ende af en Sytraad mellem Tænderne, og befæster ved den anden Ende deraf en Selvfløe, og i samme Øieblik, som I lade et andet fast ret elastisk Legeme falde paa Skeen, ville I fornemme en paafaldende stærk, reen klokkeagtig Tone. Saaledes er det da paa mange Maader godtgjort, **at Lyden ogsaa forplantes ved faste Legemer**, og det i visse Henseender ulige bedre end ved luftformige.

Jeg spørger endelig: **Bære ogsaa draabeflydende Legemer Lyden fra et Sted til et andet?** Visselig! thi vi høre jo selv i Luften Toner, som ere fremkaldte i dem. Gik Lyden ikke igjennem Vandet, saa vilde Fiskene ingensinde komme frem til Vandets Overflade for at fødres, naar man ringer med en Klokke. Den berømte Franklin forsikrer at have hørt Nivningen af to Stene under Vandet en halv engelsk Mil borte, og en saadan Mands Ord tør vi ikke betvivle. Hvad mere Vigtigt jeg endnu kunde have at sige angaaende Lydens Forplantning ved faste og draabeflydende Legemer, ville I erfare i de næstfølgende Paragrapher.

§ 3.

Lydens Hurtighed.

Naar vi see en Mand at slaae Brænde og vi begive os ganske nær hen til ham, saa ville vi bemærke, at idetsamme vi see, at hans Øxe træffer Brændet, høre vi den deraf fremkaldte Lyd. Men hundrede Fod borte derfra stiller Sagen sig allerede anderledes. **Vi bemærke tydeligt et Mellem-**

rum mellem Øyens Fald og det Øieblik, da Lyden naaer vort Øre; og jo længere vi gaae bort, desto større vil dette Mellemrum blive. Endnu tydeligere bliver dette ved Nedrammingen af Pæle; men allertydeligst ved Affyring af et Skydegevær. Lysstraalen iler mærkelig forud for Lyden eller Lydbølgerne, og dette giver os det bedste Bevis for, **at den sidste er ikke uendelig hurtig, men behøver en vis Tid for at naae fra et Sted til et andet.**

For nøie at lære at kjende den Tid, som Lyden behøver for at tilbagelægge en vis Vei, have Folk forbeen betjent sig af Kanonskud, fordi Jagttagelserne her lade sig anstille i større Afstande. Tænker Eder nu 1) to Bjerge, som ligge flere Mile fra hinanden; 2) paa eet af dem en Kanon, som afskydes hvert Qvarteer; endelig 3) paa det andet Bjerg en Jagttager med alle de Instrumenter, som ere fornødne til en saadan Forretning, idetmindste med en god Kikkert, og et godt indrettet Sekund- eller Ters-Uhr. Nu sees Glimtet; pludselig lader Jagttageren, som alt forhen har lagt en Finger paa Trykkeren, sit Uhr, som han bidtil har standset, gaae; men standser det atter ligesaa hurtigt igjen, naar Knaldet naaer hans Øre. Tiden mellem Glimtet og Knaldet er ham nu bekjendt. Da Lyset, som jeg senere skal forklare Eder, kan for ethvert Sted paa Jorden gjælde for uendelig hurtigt (det tilbagelægger nemlig i eet Sekund over 40,000 Mile) saa behøver blot den gjensidige Afstand mellem Bjergene at sammenlignes med den paa Lydens Forplantning anvendte Tid, for at erholde en tilstrækkelig Kundskab om Lydens Hurtighed. Alt, hvad J iøvrigt behøve at vide herom, sammenfatter jeg i følgende 3 Punkter:

1) **Lydens Hurtighed er jævn**, d. v. s. den tilbagelægger lige Veistykker i lige Tidsdele.

2) **Høie og dybe, stærke og svage Toner forplante sig lige hurtigt.** Hvo, som vil overtyde sig herom, han høre et Musikstykke i det Fjærne. Alle Toner ville for ham uden Undtagelse følge paa hinanden i samme Orden, i hvilken den Spillende aflokker sit Instrument dem; og det vilde ogsaa i Sandhed staae sig slemt med vor Musik, dersom Skaberen havde indrettet det anderledes.

3) **Alene det Middel, hvorved den forplantes, saavelsom Luftens Temperatur og Vindens Retning forhøier eller forringer Lydens Hurtighed.** Beviserne herfor leverer som sædvanlig Erfaringen; kun paa nogle af dem vil jeg her henlede Eders Opmærksomhed:

Lade J to Solvskeer samtidig, men i en temmelig vid Afstand falde paa et ret elastisk fast Legeme, saa naae ogsaa de Toner, som ved dem ere fremkaldte, til Eder paa samme Tid; men befæste J nu den ene af dem ved den ene Ende af en lang Traad, lægger den anden Ende i Eders Øre, og gjentage saaledes det forrige Forsøg, da ville J ikke lider forundre Eder, ved at høre Tonen af den anbundne Skee før, end Tonen af den frie. Et lignende Phænomen, der tillige ogsaa indtræder langt sikkrere (hiint første Forsøg lykkes nemlig ikke stedse) frembyder et langt Metalrør os. Steer der nemlig paa den ene Ende af det et Hammerslag, saa fornemme vi ved den modsatte Ende meget tydeligt et dobbelt Slag; et hurtigere, nemlig gjennem Metallet, og et langsommere, nemlig det, som forplantes ved den i Røret indesluttede Luft. Efter visse Experimenter, som Nogle have anstillet herover, forplanter Lyden sig i Rør af Støbejern vel 10 til 12 Gange hur-

tigere, end i Luften. Men hvor hurtig forplanter den sig vel i Vand? Ethvert Forsøg, som tilsigter Besvarelse af dette Spørgsmaal, støder paa utallige Vanskeligheder, og om fuldkommen nøiagtige Resultater kan der i saa Henseende slet ikke være Tale. Man har omtrentlig anslaat Lydens Hurtighed i Vandet til det Firedobbelte af dens Hurtighed i Luften.*) Jalmindelighed gjælder her følgende Lov:

Jo tættere Forplantningsmidlet er, desto hurtigere er ogsaa Lyden; jo tyndere, desto langsommere.

Lydens Hurtighed betinges endvidere ogsaa ved Thermometerstanden. Uden først at have forudskikket mange ophysende Ord, vil jeg sige Eder: at den ved — 10° Reaumur beløber sig i eet Sekund til omtrent 1000 Fod, ved 0° til 1024, ved + 10° 1048, ved + 20° 1072, ved + 30° 1096 Fod. Med Hensyn herpaa vil jeg senere antage Lydens Middelhurtighed at være 1050 Fod. Angaaende den tilsyneladende Modsigelse, der hersker mellem begge Lovene, da mærke I blot dette Lidet, at Luften vel ved Varmen, hvori den udvider sig, forvandles til en tyndere Flydenhed, men at den ogsaa tillige erholder en høiere Expansiv- eller Spænd-Kraft, hvilken er en fortræffelig Egenskab til Lydens hurtigere Forplantning. Hvorledes endelig Vindens Retning indvirker paa Lydens Hurtighed, dette kunne I let selv forklare Eder, da I have erholdt nogen Kundskab om den sammensatte Bevægelse.

Vinden formindsker eller formerer aabenbar Lydens Hurtighed, alt eftersom den blæser i den Retning, hvori vi erholde Lyden, eller i den modsatte; dens Indflydelse kommer derfor ikke lidet i Betragtning.

Efterat I nu vide alt dette, maae I ogsaa være istand til hurtigt og rigtigt at besvare mig følgende Spørgsmaal: 1) Hvorledes er det muligt hurtigt og rigtigt af et Skibs Nodskud at beregne, hvor langt det ligger fjernet fra Land; 2) hvorfor flygte Soldaterne øieblikkelig, naar de have seet Glimtet af en Kanon, bag en Vold, en Grav osv.; 3) hvorvidt have de Ret, som mene at kunne slutte sig til Tordenveirets Nærhed af Pulsslagenes Antal mellem Lynet og Tordenen? osv.

§. 4.

Lydens Tilbagekastning.

I en stor Kirke, i en rund Sal og i en lang bedækket Gang bemærke vi ikke sjældent, at ethvert Ord, som vi udtale, erholder en eiendommelig Efterlyd; ligesaa høre vi undertiden, naar vi vandre syngende i Dale, mellem Bjerge, ved Randen af en Skov, og lignende Steder, de sidste Stavelser af enhver Strophe af vor Sang at lyde tilbage, snart fra denne snart fra hiin Side. For at forklare Eder, hvorledes Saadant gaaer til, behøve I blot at lægge Mærke til Følgende, som jeg her i al Korthed vil antyde Eder:

---

*) For at fornemme en saadan Lyd, som er fremkaldt i Vandet, anvender man et Rør, som tiedse mere udvider sig mod sin underste Ende, og som der tilsidst er tilsluttet med en Blikskive af god Elasticitet. Vandets Svingninger træffe nu denne Skive og meddele sig den sig i Røret befindende Luft.

Den Hurtighed eller Kraft, hvormed Lyden forplanter sig, betinges, som den forrige Paragraph har lært Eder, især ved det ledende Middels Tæthed. Men dette er snart mere, snart mindre betydende, snart af en større, snart af en ringere Kraft. Kommer Lyden fra et tyndere ind i et tættere Middel, f.Ex. fra Luften i Vandet, eller bedre, til Mure, Bygninger, Bjergvægge o. dl. saa maa den nødvendig kastes tilbage, da dens Kraft er for ringe for det sidste Middel. Men er saadan Afprælning følger ogsaa da, naar den har indslaaet den omvendte Vei. I dette Tilfælde er nemlig den Kraft, hvormed den har naaet det tyndere Middel, saa stor, at det sidste ikke ganske kan optage den i sig; derfor seer den sig ligesom nødt til atter at afgive en Deel til det første Middel, i hvilket Lydbølgerne nu løbe fort i modsat Retning. **Enhver Forandring i Tætheden af det ledende Middel har tillige Tilbagekastning af Lydbølgerne til Følge.** Forudsat, at I have forstaaet alt dette nøiagtigt, vil det nu ogsaa være Eder let at indsee, hvorpaa Ekkoet, Tale-, Høre- og Kommunikationsroret, Talehvælvingen osv. beroe.

a. Ekkoet.

Næsten alt Ekko, som vi have lært at kjende, dannes derved, at Lydbølgerne støde an mod et Sjerg, en fast Væg, Kanten af en Skov o. dl., og derpaa kastes tilbage af disse Gjenstande, som fra Midler, der med Hensyn til Luften ere tættere. **Graden af Ekkoets Fuldkommenhed bestemme vi efter dets Styrke og den tydelige Fornemmelse deraf.** Men disse Egenskaber afhænge

1) **Af Formen og Beliggenheden af den reflekterende d. v. s. den tilbagekastende Væg.** Den Indslydelse, som Figuren udøver paa Ekkoet, er nøie bekjendt; thi Lydstraalerne kastes ligesom Lysstraalerne tilbage for enhver Flade, under samme Vinkel, hvorunder de have stødt an.*) Heraf følger: a. **for jævne Flader**, at de parallele Lydstraaler ogsaa blive reflekterende parallele, og at enhver Lydstraale, der træffer dem retvinklet, vender tilbage i sig selv, d. v. s. nøie i forrige Retning; b. **for konkave** eller **fordybede**, at Lydstraalerne **koncentrere** d. v. s. samle eller forene sig; og c. for **konvexe** eller **ophøiede**, som tillige ere krummede udad, at de omvendt sprede sig. **Saaledes vise de fordybede Vægge sig bedre end jævne, og jævne bedre end ophøiede.** Da Lydstraalerne stedse maae naae tilbage til det lydende Legeme, dersom Ekkoet skal være fuldkomment, saa lader det sig, efter Loven for Tilbagekastningen, nærmere med mathematisk Nøiagtighed angive, under hvilken Beliggenhed til det lydende Legeme Væggen giver det skjønneste Ekko.

2) **Af den reflekterende Væg's Afstand.** Efter hvad Erfaringen lærer, kan Øret i et Sekund ei adskille mere end 9 Toner; følge disse derfor hurtigere paa hinanden, saa flyde de ligesom sammen og give os intet tydeligt Indtryk. Heraf lader det sig først og fremmest forklare, hvorfor vi ingensinde høre noget Ekko i et sædvanligt Kammer. Dets Vægge ligge

*) Indfaldsvinkelen dannes ved Indfaldsstraalen og Indfaldsloddet, eller den Linie, som træffer den reflekterende Flade og Indfaldsstraalen retvinklet i et Punkt. Tilbagekastningsvinklens Been dannes af Tilbagekastningsstraalen og hint nærmere betegnede Lod.

aabenbart det lydende Legeme altfor nær; Alt, hvad der kan indtræde, er dette ene, at Lyden erholder en Forstærkning, idet maaskee en tidligere, nu allerede tilbagekastet Bølge forener sig med en anden, som senere iler den mod Væggen. Ville vi adskille Urlyden og Gjenlyden fra hinanden, saa tør denne i det allertidligste følge efter hiin om en Niendedeel Sekund. I et helt Sekund tilbagelægger Lyden en Vei af 1050 Fod, følgelig i $\frac{1}{9}$ Sekund omtrent 116 Fod. Saaledes vide I da nu, at den reflekterende Væg maa idetmindste være Halvdelen af 116 eller 58 Fod fjernet fra det lydende Legeme. — Eftersom Ekkoet gjentager **een** eller flere Stavelser, og dette enten een eller flere Gange, bringe vi det i 4 forskjællige Grupper.

a. **Eenstavet, enkelt Ekko**: det Ekko, som kun gjentager een Stavelse een Gang. Til Fremkaldelse heraf fordres, at den reflekterende Væg befinder sig i en Afstand af omtrent 60 Fod borte fra det lydende Legeme. Det forekommer allevegne hyppigt i Naturen. — b. **Eenstavet, men sig flere Gange gjentagende Ekko.** Det fremkommer sædvanlig der, hvor flere reflekterende Vægge ere fjernede 60 og flere Fod fra hinanden, og gjensidigen tilkaste hinanden Lydstraalerne, paa samme Maade som 3 Speile reflektere hinandens Billeder. Eenstavede, sig flere Gange gjentagende Ekkoer findes allerede sjældnere; dog kjende vi nogle. Ekkoet ved Koblenz, ved Rhinens Bredder, gjentager et Eenstavelsesord 17 Gange. Et andet særdeles mærkværdigt ogsaa herhen hørende Ekko paa Villa Simonetta ved Mailand opstaaer ved 2 parallele Sidefløie, der staae tilstrækkelig langt borte fra hinanden, og giver den sidste Stavelse af et lydeligt udtalt Ord 40 Gange tilbage, ja et Pistolskud endog 60 Gange. I Midten af Königspladsen i Kassel hører man af et Eenstavelsesord et 9-dobbelt Ekko. — c. **Fleerstavet, enkelt Ekko.** Dette Ekko gjentager to eller flere Stavelser, men stedse kun **een** Gang. Hvor dette endog høres, stedse findes der en reflekterende Flade, som ligger idetmindste 116 a 120 Fod borte fra det lydende Legeme. — d. **Fleerstavet, sig flere Gange gjentagende Ekko.** For at dette smukke Ekko, der forstaaes af sit Navn, kan fremstaae, fordres Vægge, der have en særdeles gunstig Stilling til hverandre. Ved Adersbach, en Bjergstad i Böhmen, findes en berømt Steenskov af 1000 Klippestykker, som staae nordentlig imellem hinanden og danne de forskjelligste Figurer, her bliver en Mandsstemme gjentagen 3 Gange og et Pistolskud, fordi det overtræffer hiin i Styrke, 7 Gange. Nogle Sekunder senere kommer fra høire Side et Knald, der lig et Tordenslag, lyder i dumpe Stød, svagere og svagere, indtil det omsider ganske taber sig. Men neppe ere endnu 20 Sekunder forløbne, da hører Jagttageren et lignende Knald fra den venstre Side, og bliver tillige tydelig vaer, hvorledes dette ligesom stiger opad. Saaledes gives der endvidere i Nærheden af Landgodset Rosneath i Skotland et Ekko, der gjentager korte Sætninger flere Gange, hvorved det især fortjener at bemærkes, at dette steer med forskjællig Tonehøide. De reflekterende Vægge ere der klippeagtige Høie, som omslutte en Sø. Et Ekko ved St. Georgs-Abbediet ved Rouen har det Besynderlige ved sig, at Sangeren ingensinde fornemmer nogen Gjentagelse af sin Stemme, Tilhørerne ingensinde Grundtonen, men stedse kun Ekkoet, og dette med usædvanlig mange Forandringer. Ekkoet synes ham at være snart nær, snart fjærn; i et Øieblik hører han det maaske stærkt, strax derpaa atter svagt; ofte fornemmer den ene Tilhører kun een, den anden derimod til samme Tid flere Stemmer; hiin hører Stemmer til Høire, denne

til Venstre; endelig fornemmer Sangeren og Tilhørerne Ekkoet samtidigen; men enhver forskjælligt efter Stedet, hvorpaa han har stillet sig. Hvormeget I endog ville tænke herover, I ville dog ikke finde Aarsagen til det bestrevne, yderst mærkelige Phænomen.

Efterklangen eller **Gjenlyden** danner sig ganske paa samme Maade som Ekkoet; kun ere herved de reflekterende Vægge altfor nær det lydende Legeme, til at den (Efterklangen) lader sig adskille fra Urlyden. Det Forstyrrende og Ubehagelige, som saa ofte ledsager den i Bygninger, kan forendeel blive afhjulpet ved at bedække Væggene med raae eller uelastiske Legemer, forendeel derved, at man anbringer Zirater og udfylder Huulningerne med Saugspaanner. Men hvorledes forklare vi os endelig den særegne Gjenlyd, som vi fornemme i Huulveie, Vandledninger, i lange, paa begge Sider aabne Gange osv.? Visselig paa bedste Maade derved, at vi forestille os, at der ogsaa da følger en Tilbagekastning af Lydstraalerne, naar det lydende Middel vel bliver det samme, men dets Tæthed derimod pludselig forandrer sig.

Saamegen Fornøielse Ekkoet end skjænker Naturvennen, saa bliver det dog stedse uden egentlig Nytte, ja man maa endog stundom ligefrem lægge an paa at undgaae det, f. Ex. ved Kirker, Concertsale, Skuespilhuse osv. Saaledes synes det da, som om Mennesket ikke havde forstaaet at drage nogen Fordeel af Lydstraalernes Tilbagekastning. Dette er imidlertid ingenlunge Tilfældet. Fire vigtige Ting: **Kommunikationsrøret, Taleerøret, Høreerøret og Talebvælvingen** have Lydens Reflektion at takke for deres Tilværelse.

b. Kommunikationsrøret.

Kommunikationsrøret er af lige Gjennemsnit overalt. Ved den indre Væg deraf forhindrede fra at udbrede sig i alle Retninger, gaae Lydbølgerne fremad deri med næsten uforandret Styrke, og føre saaledes selv den sagteste Tale hen til temmelig fjærnede Steder. Angaaende dette Rørs Nytte, vil jeg blot anføre, at det i vidtløftige Bygninger med mange Værelser og Etager, sparer megen Lyben frem og tilbage, og at det paa Skibe ofte er det eneste Middel til at erholde de fornødne Meddelelser fra Matroserne i Mærset. Ved Røret i en Vandledning hørte Biot, en berømt fransk Physikker i vor Tid, en sagte Tale paa en Længde af 3000 Fod.

c. Taleroret.

Taleroret bestaaer fordetmeste af en udhulet Kegle; men der, hvor ellers Spidsen befinder sig, er Keglen afstumpet og forsynet med et Mundstykke. Dette sætter man for Munden og taler nu derigjennem. Aabenbar udgaae de Lydbølger, som derved dannes, til de forskjælligste Sider. De blandt dem, som ikke træffe Rørets Vægge, gaae ubindrede ud af Lydaabningen; men alle øvrige blive kastede tilbage under stedse lige Vinkler, og det saa ofte, som de berøre Rørets Vægge. Kun i denne mangfoldige Afprælning ligger Grunden til at tilsidst samtlige Straaler erholde en temmelig parallel Retning, og at Lyden, ligesom ved Kommunikationsrøret, høres i store Afstande. En stærk Mandsstemme kan ved Taleroret trænge gjennem en Strækning af 18000 Fod. Dersom samtlige Lydstraaler gik fuldkommen

parallel fremad, saa vilde man vel kunne høre Lyden i endnu langt større Afstande; men den vilde under disse Omstændigheder alene være hørlig i den Retning, som vi havde givet den, og Instrumentet derfor være lidet hensigtsmæssig, dersom ikke den, der brugte det, forstod at sigte ligesaa mesterlig dermed, som en god Skytte med et Skydegevær.

d. Høreroret.

Høreroret, som i Aaret 1670 blev opfundet af **Moreland eller Mohrenberg**, har den modsatte Hensigt af Taleroret, nemlig at bringe Lyden, medens hint skal give den. Det ligner iøvrigt i Figur Taleroret. Ville I forskaffe Eder en ret klar Forestilling derom, saa betragter blot Øremusklen paa et Menneske eller et Pattedyr; denne kaldes medrette et **naturligt Høreror**. Nogle finde Nytten af Høreroret deri, at det, idet det opfanger en større Mængde Lydbølger og leder dem til den smallere Deel, betydelig forstærker Lyden; Andre derimod mene, at det gjør Høreisen modtageligere for Lyden ved den første opstaaede Nysning. Folk, som have en tung Høreise, anse Høreroret for en stor Velgjerning.

c. Talehvælvirgen.

Blandt de forskjællige krumme Flader, er den **eliptisk-krumme** af særdeles Vigtighed, naar vi betragte Retningen af de reflekterede Straaler; det er derfor billigt, at jeg endnu meddeler Eder Noget herom.

Enhver Ellipse har især to mærkværdige Egenskaber: 1) **den kaster samtlige Straaler, som udgaae fra det ene af dens to Brændpunkter, og som træffe Peripherien, tilbage i det andet Brændpunkt**; 2) **Veien er ved alle disse Straaler nøie lige lang fra det ene Brændpunkt til det andet.** Udkaster nu først og efter den Forskrift, som jeg forben (Pag. 47) har givet Eder, en Ellipse, og betragter derpaa den hosfoiede Figur 117! I min Ellipse forestille a og b Brændpunkterne; ac, ad, ae og af Indfaldsstraalerne; cb, db, eb og fb Tilbagekastningsstraalerne. Alt enhver af de 4 forstnævnte Linier tager Retning henimod b, naar de berøre Ellipsens Omfang; at endvidere ac + cb = ad + db = ae + eb = af + fb: alt dette kan den høiere Mathematik bevise. Nøiagtigheden af min anden Paastand kan desuden ogsaa Betragtningen af en paa ovenstaaende Maade betegnet Ellipse lære. Sæt nu, at En befandt sig i et Rum, hvis Begrændsning dannede en Ellipse, at han stillede sig i det ene Brændpunkt og begyndte at tale, vilde da ikke den Anden, som holdt sit Øre i det andet Brændpunkt, kunne høre selv de sagteste udtalte Ord? Da jeg er i Besiddelse af to **Samlespeile**, vil jeg, skjøndt I endnu ikke kjende Noget til slige Instrumenter, dog ikke undlade at gjøre idetmindste ret herhen hørende Experiment. Speilet mn og op (I

Fig. 117.

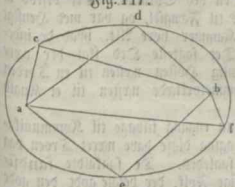
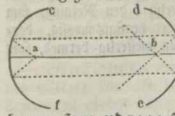


Fig. 118.



maae tænke Eder det som et Kugelaffnit) ere opstillede: a er Brændpunktet af hiint, b Brændpunktet af dette. Jeg lægger mit Lommeuhr i a, og gaaer nu een af Eder hen og lægger sit ene Øre i b, da vil han ligesaa tydeligt høre Uhrets Pikken, som om det laae i hans Haand. Som forelobig Forklaring føier jeg blot til, **at alle Lydstraalerne, som udgaae fra mit Uhr og berøre Speilet mn, kastes tilbage parallel med Speilets Axe** (de punkterede Linier angive Eder Veien), **træffe det andet Speil op, og komme efter deres nye Afprælling sammen i Punktet b.**

Sale eller Hvælvinger med de ovenfor angivne Egenskaber, kaldes **Talesale** eller **Talehvælvinger**, og deres Brændpunkter ere altsaa de Steder, hvor to Personer kunne hviske til hinanden, uden at ogsaa blot een af de Andre, som befinde sig i Salen, kunne høre det Ytngeste. Men til Koncerter egne slige Rum sig ikke. De forstærke vel Musikken, men ikke ligeligt; thi stedse tone paa visse Steder de Instrumenter frem, som befinde sig i selve det ene Brændpunkt eller i Nærheden deraf.

Vor Tidsalder har flere Sprogbvælvinger at opvise. Ved det indre Omfang af Kuppelen i St. Peterskirken i Rom gaaer et Galleri af betydelig Brede. To Personer, som stille sig ved begge Enderne af Diameteren, som i Forbigaaende bemærket, har en Længde af 100 Fod, kunne her ganske sagte underholde sig med hinanden, og dette selv da, naar der i Kirkens Skib er Musik eller Tummel af Mennesker. Paa alle øvrige Steder i Omkredsen fornemmer man derimod Intet. Et lignende Phænomen frembyder Paulskirken i London. Denne er nemlig bygget saaledes, at man tydeligt hører den sagte Pikken af et Lommeuhr fra den ene Ende til den anden, og at den sagteste Pikken gjør ligesom et Løb om hele Kuppelen. Denne høist mærkværdige Mangfoldiggjørelse af Lyden finder ikke blot Sted inde ved Galleriet, men ogsaa ved de høiere Steder, omendskjondt Hvælvingen ovenfor besidder en stor Alabning for en Lanterne. Den berømteste Bygning af denne Art var ustridigt det saa kaldte Dionysius's Øen ved Syrakus. Det bestod af en i Klippen udhugget Grotte, der tjente til Fængsel, og var med Hensigt bygget saaledes, at Tyrannen kunde i et Kammer høre Alt, hvad de indesperrede Ulykkelige talte med hinanden. Det sagteste Ord skal her være bleven forstærket til et Skrig, en sædvanlig Høsten næsten til en Torden lignende Larm og Udslagningen af et Lommetørklæde næsten til et Knald af en losbrændt Kanon.

Jeg kommer nu til Slutning endnu engang tilbage til Kommunikationsrørene. Neppe skulde J ahne det, ogsaa disse have næret Troen paa Hexeri og Trylleri. Og dog dog er det saaledes. De saakaldte **sandfærdende Tyrker**, d. v. s. Figurer, som sige Folk, der betale godt, den gode Sandhed, grunder sig hovedsagelig paa dem, og have alt forvirret Hovedet paa Mange, saa at jeg maa anse det for nødvendigt at meddele Eder det Væsentligste desangaaende.

Hist befinder sig en saadan Tyrk tæt ved Væggen; jeg forelægger ham nogle Spørgsmaale, og see! han besvarer mig dem snart lydeligt, snart sagte, overhovedet ganske som jeg befaler ham det! Er dette ikke Trylleri? Nei; thi han staaer jo, som J alt ved en overfladisk Undersøgelse ville finde, i Forbindelse med et Rør, som gaaer under Gulvet og aabner sig saavel i

Side- som ogsaa i Hovedværelset. Det formeentlige Trylleri er nu forsvundet; thi vi vide, at hint Svar kommer fra en Person i Sideværelset, altsaa ikke fra ham, som Gøgleren betjener sig af til sit Konststykke. Her sidder en anden Tyrk ganske fri paa en sædvanlig Stol, og ogsaa han svarer, selv naar vi bringe ham hen paa forskjællige Steder, nøie paa de ham forelagte Spørgsmaal. Dette gaaer til paa følgende Maade: Paa to Steder af Gulvet, af hvilke det ene har erholdt et indslaaet Sømt til Kjendemærke, gaaer fra neden et Hul op, dog kun saavidt, at et ganske tyndt Stykke Træ er blevet staaende; og dette er mangfoldig gjennemboret med fine Naale. To Blikrør, som gaae under Gulvet, staae med den ene af deres to Ender i Forbindelse med de betegnede Smaahuller, og med den anden i Forbindelse med det tilgrændsende Værelse. Det ene Stolebeen skjuler ligeledes et Rør. Føier jeg nu hertil blot dette, at ethvert af bine første Rør er ved Enden i Sideværelset forsynet med et Mundstykke, som bedst lader sig sammenligne med den Deel af Talerøret, som har samme Navn, at endvidere Stolerøret gaaer gjennem Figurens Ryg og tilsidst ind i dens Mund, saa vil det ogsaa være Eder klart, at man for at bevirke den nødvendige Forbindelse mellem Figurens Mund og den talende Person i det tilstødende Kammer ikke behøver at gjøre Andet, end at sætte det hule Stolebeen nøie paa det fiint gjennemborede Sted.

§ 5.

Strænges Svingninger.

Ved de forskjællige Forsøg, som jeg idag vil fremstille for Eder, er den saakaldte **Monochord** et næsten uundværligt Værktøi. Jeg nøies med den **enkelte** Monochord (Fig. 119). At ved dette Instrument alene een

Fig. 119.



Streng er udspændt, ganske saaledes som ved mange andre musikalske Instrumenter, mellem to faste Stifter, som hvile paa en hul Kasse; at det endvidere har en bevægelig Stol, ved hvilken jeg vilkaarlig kan forlænge eller forkorte Strængen, at endelig flere Streger og Tal ere anbragte, som angive mig, hvor den bevægelige Stol afskjærer Halvdelen, Trediedelen, Femtedelen, Otte-Niendedelen osv. Alt dette kunne I tydeligt see ved min Monochord; ogsaa see I, at Væggene, som danne Resonansen paa dette hvist simple Instrument, bestaae af tørre, tynde, elastiske Trøbræder. I den her vedføiede Figur (Fig. 119) betegner ab Strængen, m den bevægelige Stol, c en foranderlig Vægt, hvilken jeg ei kan undvære, naar jeg vil undersøge Tonen med Hensyn paa Strængens Spænding.

Sætter jeg nu min Violinbue saaledes paa Strængen af Instrumentet, at den gjennemskjærer Strængen under en ret Vinkel, saa antage alle dens Dele, medens de svinge, den lodrette Retning mod den fremberskende Udvidelse, og frembe Eder og med en behagelig Tone. Stryger jeg den derimod under en betydelig spids, og følgelig ganske lille Vinkel (dette gjøre begyndende Violinspillere ikke sjældent uden at ville det), saa svinge samtlige Dele efter Længden og give en meget høi, ubehagelig pibende Tone. Svingninger af første Slags kaldes **Tvær-** eller **Transversal-Svingninger**; Svingninger af sidste Slags derimod kaldes **Længde-** eller **Longitudinal-**

Svingninger. Jeg vil først gjøre Eder bekjendte med Transversal-Svingningerne.

Ved alle Svingninger, og ved Tværsvingningerne især, bemærke vi en betydelig Forskjælighed. Anstrøgen paa sædvanlig Maade, svinger Strængen i sin hele Længde i een Retning, men bevirt yderst let, f. Ex. med en Finger eller Kanten af et Kortblad paa eet af Delingspunkterne, f. Ex. paa Halvdelen, Trediedelen, Fjerdedelen osv., og derpaa anstrøgen af Buen, feler den sig i et vist Antal lige store Dele, af hvilke stedse to Nabodele svinge i modsat Retning. Begge Oscillationsarter ere iøvrigt meget vigtige. For at forebygge en besværlig Gjentagelse, vil jeg ikke udtale mig videre herom i Almindelighed; men begynder atter at experimentere.

Min simple Monochord staaer endnu stedse for Eder. Jeg anstryger nu hele Strængen paa den, og mærker vel den Tone, som den lader høre.

Lad det f. Ex. være det lille c.*) Skyder jeg derpaa den bevægelige Stol nøie hen paa Midten, uden i ringeste Maade at forandre Spændingen, saa faaer jeg 2 Toner, som staae i Samklang, og angive den næst høiere Oktav fra hiin første Tone, som jeg fra nu af vil kalde **Grundtonen. Med Hensyn til Strængens Længde forholder Grundtonen sig følgelig til sin næst høiere Oktav, som 2 til 1, men med Hensyn til Svingningernes Antal,** der, som jeg har vist Eder ved et af mine tidligere Experimenter, da er dette ved en halv saa lang Streng af ellers lige Beskaffenhed dobbelt saa stort, og forholder sig altsaa omvendt **som 1 til 2.** Dette sidste Forhold maae I fremdeles erindre. Jeg vedbliver nu ved Regning at finde Svingnings-forholdene ogsaa for andre Intervaller (**Talforholdet mellem to Toner kaldes nemlig deres Interval**). Bringer jeg den bevægelige Stol hen under Trediedelen af Strængen, da maa aabenbart den mindre Deel svinge 3 Gange i samme Tid, som den hele Streng kun gjør een Svingning. Saaledes forholder da Grundtonen sig til den nu opnaaede Tone som 1 til 3. Men endnu vide I ikke, hvilken Høide den sidste Tone har, eller hvilket Interval den danner med Grundtonen. For ogsaa herover at erholde den nødvendige Kundskab, behøve I blot ret nøie at agte paa den Tone, som jeg frembringer af Trediedelen af Strængen; den er virkelig ikke nogen anden end den næst høiere rene Qvint til Grundtonen, den saakaldte Dominante. **En Trediedeel af Strængen angiver os nemlig den med en reen Oktav forhøiede Qvint.** Svingnings-forholdene mellem Grundtonen og Qvinten er 1 til $1\frac{1}{2}$ eller udtrykt i hele Tal som 2 til 3. Hvis det skulde kunne fornøie Eder paa den anginne Maade at opsøge Svingnings-forholdene ogsaa for andre Intervaller, saa mærker Eder blot: at $\frac{3}{4}$ af Strængen giver den rene Qvart til Grundtonen, $\frac{4}{5}$ den store Ters, $\frac{5}{6}$ den lille Ters, $\frac{8}{9}$ den store Sert, $\frac{9}{10}$ den lille Sert, $\frac{8}{9}$ indtil $\frac{15}{16}$ den store Sekund, $\frac{15}{16}$ til $\frac{24}{25}$ den lille Sekund, $\frac{1}{15}$ til $\frac{14}{15}$ den store Septime, $\frac{9}{10}$ den lille Septime.

*) Med Hensyn paa, at min Bog især er bestemt for saadanne Læsere, der kun sjælden mangle musikalske Kundskaber, har jeg just behandlet denne Deel af Læren om Lyden udførligere, end de Grændser, som ere dragne for dette Værk ellers vilde tillade mig.

Gribningen af Tonen paa Violinen, Guitarren osv. betegner disse Forhold. Tillige vise dette Eder, hvorledes Tonerne maae ligge saameget desto nærmere hverandre, jo mere de gribes opad, og at Rækken af dem paa en Violin-, Guitar-Streng osv. er uendelig.

Hidtil har jeg blot taget Længden af Strængen i Betragtning. Jeg kan endnu paa en anden Maade fordobble, tripplere og overhovedet mangfoldiggjøre Tallet paa Svingningerne. Ikke blot Længden, men ogsaa Spændingen betinger Tonens Høide. For paa en anskuelig Maade at overtyde Eder herom, indretter jeg nu min Monochord saaledes, at blot den ene Ende af Strængen er befæstet, den anden derimod kastet over en Stol og betynget med en Vægt. Og hvad finde I nu? Kortelig dette, at Strængen, naar jeg kalder dens Tone ved den enkelte Spænding Grundtonen, ved den fiirdobbelte lader høre Oktaven til Grundtonen, ved den $\frac{3}{4}$-dobbelte Qvinten, ved $\frac{4}{5}$ Qvarten, ved den store Ters, ved $\frac{5}{6}$ den lille Ters, ved $\frac{5}{8}$ den store Sext, ved $\frac{6}{7}$ den lille Sext, ved $\frac{8}{9}$ eller $\frac{100}{81}$-dobbelte den store Sekund osv. Men de angivne Tal ere kun Qvadrattal til de forrige Forhold; thi 4 har Tallet 2 til Rod, $\frac{3}{4}$ har $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{5}$ Tallet $\frac{4}{3}$ osv. Den Lov: **Tallet af Svingningerne er under iøvrigt fuldkommen lige Omstændigheder proportional med Qvadratrødderne af de spændende Vægte,** godtgjøres saaledes af Erfaring som fuldkommen rigtig. Forsøgene over en Strængs forskjællige Spænding lade sig ulige bedre anstille med en tostrænget end med en enstrænget Monochord. Sat at jeg havde et saadant Instrument, saa behøvede jeg blot, for at faae Grundtonen til at lyde paa eengang med sin rene Oktav, at bænge paa den ene Streng 1 Pd. og paa den anden 4; vilde jeg dernæst have, at min Monochord skulde give den rene Qvint, saa maatte jeg bytnge hiin Streng med 4, denne med 9 Pd., eller hiin med 1, denne med $2\frac{1}{4}$ Pd. osv.

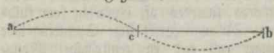
Betragte vi nøiere en Violins 4 Strænge, bemærke vi snart, at E-Strængen er tyndere end A-Strængen, denne tyndere end D-Strængen, og endelig, at G-Strængen er den tykkeste af Alle, eller er forsynet med en Sølvklædning. Ganske den samme Forskjæl aabenbarer sig for os ved Strængene paa en Harpe, en Guitar, et Klaveer osv. Jeg spørger derfor: **Betinger maaskee ogsaa Strængens Tykkelse Tonens Høide?** Ja visselig; thi Erfaring lærer: **Under iøvrigt lige Omstændigheder staaer Tallet af Svingningerne stedse i omvendt Forhold til Strængens Tykkelse.** Er den specifiske Vægt, eller med andre Ord, Stoffet i Strængene ikke eens (Tænker herved paa de overspundne Strænge, endvidere paa Tarm- og Metalstrænge osv.), da maa Loven udtrykkes saaledes: **Under iøvrigt lige Omstændigheder forholder Tallet af Svingningerne sig omvendt som Qvadratrødderne af den specifiske Vægt.** Alle herhen hørende Experimenter maae, dersom de ellers skulle give noget Resultat, som fuldkommen kan tilfredsstille os, anstilles meget omhyggeligt. Strængenes Overspinding har aabenbart ingen anden Hensigt, end at forstørre deres specifiske Vægt og gjøre deres Tone dybere. Kan derfor G-Strængen paa en Violin vel ogsaa være tyndere end dens Nabo D-Strængen?

Høre I saa nøie som muligt paa den Tone, som en Streng frembringer, saa ville I ikke forundre Eder lidet ved foruden denne endnu at høre nogle meget svage Toner, men som alle i Høide overtræffe hiin Til at blive

dette vaer fordres iøvrigt den dybeste Stilhed og det fineste Gehør). Er f. Ex. Strængens Hovedtone C, saa høre J tilligemed den Tonerne g og e eller den med en Oktav forhøiede rene Qvint, og den med to Oktaver forhøiede store Ters til Grundtonen. Hiin opstaaer, som J vide, ved en Trediedeel, denne ved en Femtedeel af Strængen. Et ret øvet Øre skjælner foruden disse Toner, vel endnu den enkelte og dobbelte høiere Oktav, altsaa Tonerne c og c, hvis Svingningsforhold ere de bekjendte Maal 1 til 2 og 1 til 4, eller de, som ere fremkaldte ved Halvdelen eller Fjerdedelen af Strængen. Alle disse Toner kaldes **harmoniske Toner**. Da Strængen ingen Forandring lider i sin Spænding, saa maa ogsaa nødvendig Halvdelen, Trediedelen, Fjerdedelen osv. af den sættes i Bevægelse, medens den svinger efter sin hele Længde. Og saaledes er det ogsaa i Virkeligheden. Hvo, som vil gjøre den ligetidige Tilstedeværen af hine harmoniske Toner ret bemærkelig, han tage til sit Forsøg en tyk, lang Streng, for at Hovedtonen kan erholde den fornødne Dybde og Styrke tillige. Særdeles brugbare ere Strængene paa en Violin. — Men jeg gaaer videre med mine Experimenter.

Vil jeg dele Strængen i to lige store Dele, maa jeg i c, (Fig. 120)

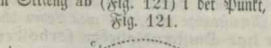
Fig. 120.



Middelpunktet af Strængen, paa en eller anden Maade sørge for, at det ikke tillades dette Punkt at fjærne sig fra Axen, men som dog ei heller hindrer det fra at gjøre sin Længdebevægelse fra den ene Halvdeel til den anden. Jeg benytter hertil et meget let Fingertryk (meget svage Berøringer med et vaadt Legeme fører sædvanlig endnu bedre til Maalet.) Sætter jeg nu den ene Halvdeel, f. Ex. ac, i Svingning, og det paa den Maade, hvorved Delene af cb, som ligge Punktet c nærmest, bevæges nedad, saa maae aabenbart samtlige Dele af ac, som med hine Dele ere lige vidt fjærnede fra c svinge opad; kort, hele Strængen vil under dens Frem- og Tilbagegange danne en uforudt krum Linie. Den fremkaldte svage Tone er den næst høiere Oktav til hele Strængens Hovedtone. For paa en anskuelig Maade at vise Øder, at den anden Halvdeel af Strængen virkelig svinger, sætter jeg ganske lette, sammenknebne Papirstrimler snart hist snart her paa den. Og see! i samme Moment, som jeg anstryger den første Halvdeel, komme hine Strimler i en livlig Bevægelse, ja nogle af dem kastes endog vidt fra hinanden.

Saaledes lader det sig endvidere godtgjøre, at naar jeg tagte berører en Streng ab (Fig. 121) i det Punkt, som afskjærer en Trediedeel, altsaa

Fig. 121.



i c, og derpaa lader denne svinge, vil endnu et andet Standsningspunkt, d, danne sig, hvilket afskjærer den anden Trediedeel fra den sidste. Begge Stykkerne, bc og ca, skulde nemlig ogsaa gjøre lige mange Svingninger i den samme Tid. Men da dette er umuligt, fordi det ene Stykke er længere end det andet, saa fremkommer hiint andet Standsningspunkt ligesom af sig selv, og fremstiller sig for os som ubetinget nødvendigt. Kaster Strængen endog alle de andre Øvrige af, saa vil dog den, som sidder i Skillepunktet d, forblive roligt i sit Sæde. Den Tone, som vi nu have fornummet, kommer fra Strængens Trediedeel, og er derfor den med en Oktav forhøiede Ters eller Duodicimen til Grundtonen.

Gaaer jeg saaledes over til ½, ⅓, ¼ osv. af Strængen, stedse vil jeg see de samme Phænomener at vende tilbage, stedse vil jeg see flere Grændsepunkter at fremstaae, jo ringere den afskaarne Deel er i Forhold til den hele Streng. ½ giver tre, ⅕ fire, ⅙ fem lignende Punkter osv. De føre samtlige Navn af **Strængens Svingningsknuder** eller **Hvilepunkter.** Kun den, som har indseet, hvorledes en Streng altid paa den angivne Maade maa dele sig i et vist Antal lige Dele, vil ogsaa kjende Aarsagen til Flageolet-Tonerne paa Violinen, til Vind- og Aolsharpens Spil, samt til Tonerne paa Veir-Kæmpeharpen. Den behageligste Klang har Violoncellens Flageolettoner. — **Aolsharpen** er et Instrument, hvorpaa 8 til 12 lige stærk og lige hvit tonende Tarmstrænge ere spændte over en Resonanskasse; den sættes i et aabent Vindue, saaledes at Luften let kan strøge hen over Instrumentet. Den herved indtraadte forskjællige Deling af Strængene maa nu aabenbart ogsaa frembringe særdeles mangfoldige Toner. **Veir-Kæmpeharpen,** som en Kjøbmand i Basel med Enden af det 18de Aarhundrede lod opstille i sin Have, bestod af 15 Jerntraade, af hvilke enhver havde en Længde af 120 Fod. Et Forsøg paa at bruge Traade af Messing istedetfor Jerntraade, gav ikke noget lykkeligt Resultat; thi man erholdt, saa megen Umage man end gjorde sig, ingensinde selv den sagteste Tone. Endelig maa jeg endnu gjøre Eder opmærksomme paa følgende Phænomener.

1) **Undertiden frembringer en Streng en Tone, som snart mere snart mindre i Dybde overgaaer dens egentlige Tone.** Det Experiment, som med Hensyn herpaa er at anstille, er vel let, men fordrer dog stedse nogen Kyndighed. Skal det falde ret godt ud, saa spænder blot en Streng saa slap som muligt over en Stol, hæver den derpaa hvit opad, og lader den forsigtig slaae tilbage mod Stolen. Forudsat, at den staaer nøie under Midten af Strængen, erholde J ved Forsøget Grundtonens Underseptimt; afstjærer den derimod Trediedelen af Strængen, saa danner Underseptimen sig. Samtlige Toner, som jeg har fremkaldt paa den foreskrevne Maade, kaldes **Klirretoner.** Desværre vide vi endnu ikke nøie, i hvilke Svingninger Strængen maa komme, dersom den skal give lignende Toner. Hvad den berømte Chladni siger herover, er deels ikke tilstrækkeligt, deels er det blandet med mange Urigtigheder.

2) **Enhver Musiker veed af Erfaring, at naar han stemmer sit Klaveer i rene Qvinter, store Terser, smaae Terser o. dl., ville de øvre Toner blive snart for høie, snart for dybe mod de nedre, saa at han følgelig stedse maa afvige noget fra den fuldkomne Reenbed af visse Intervaller, om hans Stemning iøvrigt skal tilfredsstille.** Jeg vil her beregne Eder to Exempler, hvilke bedst ville vise Eder, hvori Aarsagen til dette Phænomen ligger.

Sæt at En stemte fra C til c i store Terser, da bestjæftigede han sig aabenbar først med Tersen fra C til E derpaa med den anden fra E til Gis (As) og tilsidst med den tredie fra As til c. Men Forholdet mellem den store Ters til sin Grundtone er med Hensyn paa Svingningernes Antal som 5 til 4. Naar nu c gjør ¾ Gange saamange Svingninger som As eller Gis, Gis ¾ Gange saa mange som E og E atter ¾ Gange saamange som C, saa maae jo aabenbar Svingningerne af det lille c forholde sig til Svingningerne af Underoktaven, det store C, som 5 . 5 . 5 til 4

. 4 . 4 d. e. som 125 til 64, herved kommer nu vel altid den høiere Oktav 3 Svingninger tilkort og synes derfor en Smule for dyb med Hensyn til Grundtonen. Lige omvendt er Resultatet, naar han stemmer sit Klaveer i smaae Terser. Da der i Nummet fra C til c ligge 4 saadanne Terser (C til Es, Es til Ges eller Fis, Fis til A og A til c); da endvidere den lille Ters forholder sig til Grundtonen som 6 til 5, naar vi ogsaa her tage Hensyn til Svingningernes Tal, saa erholde vi, hvilket ogsaa vil være Eder indlysende af det forrige Exempel, Svingningstallene 6 . 6 . 6 . 6 og 5 . 5 . 5 . 5 eller 1296 og 625. Men enhver Strænq, som i den samme Tid, da Grundtonens Strænq svinger 625 Gange, fuldender 1296 saadanne Svingninger, giver en Tone, der allerede ret mærkelig overstiger den rene Oktav, thi ikke 1296, men 1250 er det Dobbelte af 625. Vide J da nu ogsaa at beregne, hvorledes det staaer sig med Hoiden af de øverste Toner, naar et Klaveer stemmes i fuldkommen rene Qvinter? Exemplet foraarsager nogle Vanskeligheder, fordi vi maae gjennemløbe flere Oktaver, for vi atter nøie have en Qvint ved et c. Hvad har nu vel en Klaveerstemmer at gjøre, naar han vil indrette sit Instrument saaledes, at de høiere Toner staae i et rigtigt Forhold til de lavere? Besvarer Eder selv dette Spørgsmaal! Endnu vil jeg tilføie Følgende: 1) **Intervallernes Afvigelse fra de ovenfor angivne Forhold: ²/₃, ³/₄, ⁴/₅ osv. bedder deres Temperatur**; 2) **Sidstnævnte er snart lige-, snart ulige-svævende; lige-svævende**, naar alle Afvigelser fra Intervallernes fuldkomne Reenhed ere ganske lige fordelte paa samtlige Toner af en Oktav; — **ulige-svævende**, naar en saadan regelmæssig Fordeling ikke finder Sted hos dem. Forstaae J nu ogsaa Udtrykket: **et tempereret Klaveer**? 3) **Strængene forstemme sig ikke sjældeu paa en høist ubehagelig Maade.** Afseet fra, at Skruerne og Stifterne ikke ere tilstrækkelig befæstede, ligger ustridigt den vigtigste Grund i Temperaturens Vexel. Forhøier denne sig, saa maae ogsaa Strængene forlænge sig noget, eftersom stigende Varme udvider alle Legemer. Men enhver Forandring af dette Slags foranger Tonens Høide. Det bedste Bevis for alt dette giver et Klaveer, som staaer ved en kold Væg i en ophedet Stue. En anden Aarsag ligger os mindre nær. Hvo, der vil lære at kjende denne noget nærmere, han afstage blot af et godt stemt Klaveer alle Strængene enkeltvis; men forglemme ikke at gjøre Begyndelsen med Basstrængene; mange Diskantstrænge ville springe, og dette vil tydelig nok bevise ham til Grunden. Medens nemlig Basstrængene blive aftagne, faaer Sammentrækningen af Resonansbundens Dele, som ved Strængene er blevven bevirket, Ende. Den udvider sig, eller anspænder, medens dette sker, Diskantstrængene stærkere. Heri ligger tillige Grunden til at Diskantstrængene paa et Klaveer synke mærkeligen i Tonen, naar man begynder Vestrængningen med dem og ei med Basstrængene, saaledes som man altid burde. Tarmstrængenes store Modtagelighed for Luftens Fugtighed er bekjendt, især gjør dette Forstemmingen af saadanne Instrumenter, hvor slige Strænge i Mængde ere spændte over een Resonansbund, høist besværlig. Vel kunde jeg her i en ganske anden Henseende henvise Eder til det Middel, som omgiver det lydende Legeme, men jeg vil lade mig nøie med at antyde Eder, at med Varmen øger Luftens Expansiv- eller Spændkraft, og at denne derved atter vinder en større Indflydelse paa Strængenes Bivrering eller Svingning. Ved Blæseinstrumenterne, hvis Tone mærkelig forhøies under Spillet, træder denne Omstændighed meget mærkelig frem.

Longitudinal-Svingningerne afhænge især af Strængenes Længde og Elasticitet. Ogsaa hos dem vibrere enten alle Dele i samme Retning, eller der danner sig visse Hvilepunkter, ganske saaledes som ved Transversal-Svingningerne. Da der imidlertid intet Brug gjøres af dem i den praktiske Musik, saa vil jeg her ei videre udtale mig derom.

§. 6.

Spændte Huders Svingninger.

Det mangler os ikke paa Leilighed til at iagttage spændte Huders Svingninger; thi endnu har man jo en Mængde Haandtrommer, egentlige Pauker og Trommer. **Tonen betinges ved alle disse uden Undtagelse af Membranens eller Hudens Vægt, Spænding og Skikkelse.** Foruden Hovedtonen, der hos dem er ikke blot den dybeste, men ogsaa næsten stedse den eneste, kan der kun da fremkomme nogle høiere Toner, naar der under Hudens Svingninger danner sig Knudelinier. Ved kredsrunde Huder ere disse Linier stedse koncentriske Kredse, nærmere Midtpunktet end Omkredsen. Det behøver vel neppe at omtales, at ved Pauerne bevirkes Hudens Spænding ved Skruerne, ved Trommerne derimod ved Snorene.

§ 7.

Svingninger af lige og krumme Stænger.

Den Mangfoldighed af Toner, som Glas- og Metalstænger lade høre, beroer ikke alene paa Tannelsen af Svingningsknuderne, men ogsaa paa den forskjællige Maade, hvorpaa de ere befæstede. Med Hensyn til det Sidste, maae vi mærke os følgende 6 Tilfælde: 1) Begge Ender af Stangen ere frie; 2) Een Ende er fri, den anden derimod befæstet; 3) Een Ende er fri, den anden blot anstemt; 4) Begge Ender ere befæstede; 5) Een Ende er befæstet, den anden anstemt; 6) Begge Ender ere anstemte.

Ved hensigtsmæssige Experimenter at vise Eder, efter hvilke Love Svingningerne i alle disse Tilfælde folge, vilde medføre en Vidtløftighed, som her mindst vilde være paa sit rette Sted; og desuden gjøre vi i Musikken saa godt som intet Brug af Toner af lige og krumme Stænger. Følgende Ting, der dog forsaavidt kan have Betydning som Legeværk, støtte sig mere eller mindre herpaa.

1) **Jernviolinen eller Staalharmonikaen.** Ved dette Instrument ere flere Jernstifter stillede i en Halvkreds paa en Resonansbund, og blive anstrøgne ned en godt harpixet Bue.

2) **Straasidelen.** Stænger, sædvanligt tilberedede af lige-trævlet Træ, hvile her paa sammenflettet Straa; i vor Tid see vi imidlertid kun sjeldent Straafidler og Staalharmonikaer.

3) **Spilleuhre og Spilledaaser.** Elastiske Fjedre træde her istedetfor lige Stænger.

4) **Mundharmonikaen.** Ved dette Instrument er det ligeledes Fjedre, som bringes til at svinge, og som give Tonerne ikke liden Styrke, især derved, at de staae i et temmelig indesluttet Rum.

5) **Stemmegaflen.** Saavel dens Indretning, som og den Nytte,

den bringer os, er tilstrækkelig bekjendt. Den ligner en bøiet Stav, hvis to Svingningsknuder ligge hinanden meget nær ved den underste Krumning. Sædvanlige Stemmegafler angive den Tone, som vi betegne med a.

§. 8.

Saavel lige som krumme faste Fladers Svingninger.

Til at anstille de herhen hørende Experimenter, høre først et Drikkeglas og en Klokke, hvilke tvende Ting, som J vide, danne krumme, faste Flader; lige Striber af Glas eller Metal, af forskjællig Figur. Næsten altid ydе tynde, af sædvanligt Vinduesglas tilberedede Skiver, bedst Tjeneste.*) For nu at give en af dem et Støttepunkt, som kan tjene til at holde imod, men ikke være til Hindring for Pladens Svingninger, betjener jeg mig af et eget Apparat, som J her see fremstillet i hosfoiede Fig. 122. Styder jeg

Fig. 122.



Skiven mellem Cylinderen a og Skruen b og forsyner, for at Skiven ikke skal springe, Skruen forneden og Cylinderen foroven med Kork eller Læder. (Hvo, der ei besidder et saadant Apparat, kan fatte Skiven meller 2 eller 3 Fingre, og maa man da saa nøie som muligt passe paa, at Skiven bliver berørt i saa faa Punkter som muligt). For at kunne synlig fremstille Knudelinierne, bestrøer jeg Skiven med tørt, fintkornet, men ikke støvagtigt Sand. Da den endelig maa paa Kanterne strygеs med en Violinbue, om den skal komme i Svingninger, saa forsømmer jeg heller ikke her at afrunde den og at stryge den glat med Smergel. — For jeg nu gjør en Mængde Forseg med qvadratagtige, trekantede, kredsformige Skiver osv., opfordrer jeg Eder til ret nøie at lægge Mærke ikke blot til de Toner, som J ville faae at høre; men ogsaa til de Knudelinier, som J ville faae at see. De Figurer, som danne sig ved de forskjællige Knudelinier, maae J stedse strax tegne paa Eders Skrivertavle. — Experimenter være fuldendt, hvorledes forholder det sig nu med Sandheden i følgende Paastande?

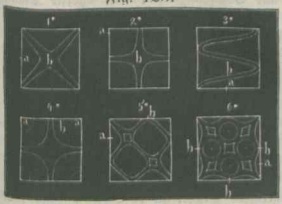
1) Kun klare, rene Toner af Skiven give en regelmæssig Figur; dumpe, urene og skrigende Toner, som ofte fremkomme ved skjæve Buestrøg, kaste stedse Sandskornene mellem hverandre paa mangfoldige Maader.

2) Tonens Høide afhænger især af Skivens Form og Figurens større Sammensætning. Følgende Almindelighed gjælder den Lov: **Jo mere sammensat Figuren er, desto høiere er ogsaa Tonen.**

3) For gjentagne Gange at kunne paa den samme Skive fremkalde nye Figurer, behøver jeg ikke at gjøre Andet end stedse at forandre 1. Skivens Understøtningspunkt og 2. det Sted, som jeg anstryger med

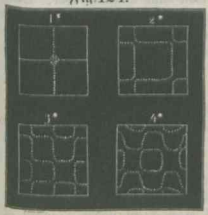
*) Har man besluttet at eftertegne med en Blyants paa selve Skiven de Klangfigurer, som opstaae, saa maa man ikke glemme at udvælge en mat sleben Glastavle til sine Forsøg.

Fig. 123.



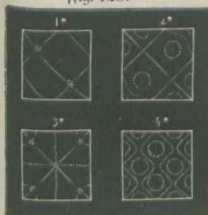
Violinbuen. Hvilken Indflydelse disse betegnede Omstændigheder udøve, maae her blive Eder klart af den vedfoiede Tegning. Figurerne selv behøve ingen Beskrivelse. Men med Hensyn til de Bogstaver, som forekomme i dem, maa jeg dog sige Eder, at a antyder Skivens anstrogne, b derimod det hver Gang understottede Sted.

Fig. 124.



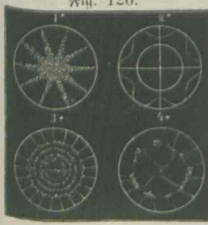
4) Ved alle Arter af Skiver, hvilken Figur de endog maatte have, refererer enhver nok saa enkelt Klangfigur sig til Linier, som enten gaae paatværs eller og løbe parallele med hele Omfanget eller og kun med en Deel deraf. En virkelig gjensidig Gjennemskæren deraf finder ingensinde Sted. (Fig. 124).

Fig. 125.



5) Knudelinierne paa en Qvadrat-Skive ere enten parallele med Kanterne af Skiven eller ogsaa med dens Diagonaler. (Fig. 125) Fuldkommen lige vise de sig ingensinde; vi finde meget mere, at de gjøre en liden Krumning, følgelig afvige fra den antagne Retning. Dele Fladerne sig i 4 mindre Qvadrater, saa fremkommer den dybeste, danne de derimod nærsten en regelmessig Kreds, den høieste Tone.

Fig. 126.



6) Knudelinier paa kredsformige Skiver danne enten Diametre eller koncentriske Kredse, eller begge Dele tilsammen (Fig. 126). Klangfigurer, som blot ere sammensatte af Diametre, vise sig stjerneformige, dersom Linierne ere lige og synes at gjennemskjære hinanden i Midten; ganske anderledes gestalte de sig, dersom de krumme sig, paa mange Maader adskille og atter forbinde sig. De Vinkler, som dannes ved Diametrene, ligge naturligviis i Midtpunktet og besidde samme Størrelse, fordi Skivens samtlige Dele maae i samme Tid gjøre lige mange Svingninger. Forøvrigt see vi ingensinde færre end 2 Diametre. Koncentriske Kredse forekomme iøvrigt sjælden alene; de ere meget mere næsten altid forbundne med Diametre. Jo større Tallet er paa disse Linier, desto nærmere befinder den indre Parallelkreds sig ved Randen. Den under Nr. 2 fremsatte Paastand viser sig ogsaa som sand ved kredsrunde Skiver; stjære nemlig kun to saadanne Knu-

delinier sig, saa erholde vi under alle Svingningsarter den dybeste Tone; saa er Tonen betydelig høiere osv.

7) Ved Klokker, Ringe, bægeragtige Legemer o. dl. deler den kredsformige Omfang sig sædvanlig i fire, sjælden i 6, 8 eller endnu flere Dele, af hvilke hver to Nabolinier stedse svinge i modsatte Retninger. De her vedfølede Billeder (Fig. 127 og 128) vise Eder dette saa nogenlunde.

Fig. 127. Fig. 128.



Have I Lyst til at anskueliggjøre disse Afdelinger, saa gyder blot Vand i et hertil passende Kar (tynde Glaskar, gamle Pokaler o. dl. egne sig bedst til dette Experiment), og lægger da med Ombyggelighed Mærke til de Bølgesystemer, som danne sig, naar hine Legemer lyde. Næsten stedse ere de sidste ligeligen fordeelte om Karrets Rand; kun da, naar flere end 4 Afdelinger opstaae, rykte de hinanden nærmere og lade 2 Huller mellem sig.

Farer jeg med en vaad Finger omkring paa Randen af et Viin- eller Ølglas af god Masse, saa erholder jeg, som I formodentlig allerede vide, en Tone, og det den dybeste, som Glasset er istand til at give. Denne Maade at frembringe en Tone paa ligger til Grund for **Glasharmonikaen**. Dens Indretning er følgende:

Paa en omtrent ½ Tomme tyk, horizontal Valse, som hviler paa et Gestel, ere 40 eller flere lige tykke, hule Halvkugler af Glas saaledes stukne ind i hverandre, at Randen af den ene stedse rager frem under Randen af den næstfølgende. Den største Klokke giver den dybeste, den mindste den fineste Tone. Enhver af disse halvkeglede Klokker, der isvrigt maae være ganske reent indstemte efter Tonlederen, er foroven gjennemboret, og ved en Prop befæstet til Valsen eller Aren. Instrumentets Omfang udgjør 3 eller 4 fuldstændige Oktaver. Da Klokkerne dreie sig tilligemed Valsen, saa ligge deres Knudelinier ei heller stedse paa samme Sted, men rykke samtidig omkring i Kredsen. Just dette foraarsager betydelige Vanskeligheder ved Bygningen af en Glasharmonika. Iøvrigt lader det sig vel ikke benegte, at Glasharmonikaen, hvormeget den end udmærker sig i Fiinhed og Udholdenhed i Tonen, dog stedse vil blive et Instrument, som ikke lader sig sætte i Forbindelse med andre Instrumenter.

§ 9.

Luftens Svingninger.

Skal Luften frembringe en Tone, saa er Medvirkning af et fast Legeme nødvendig. Uden dette fremstaaer stedse kun en Tummel eller Susen. Næsten alle de Legemer, hvori Luften bliver indesluttet, have en i Længden sig strækkende Huulhed, som udvider sig mod Enden og fører Navn af **Blæseinstrumenter**. Og saaledes træde da nu ogsaa Fløiter, Fagotter, Basuner, Trompeter, Baldhorn, Klarinetter, ja selv Orgelet ind i denne vor Kreds. Fremkaldelsen af Tonerne i alle Instrumenter af dette Slags skeer paa forskjællig Maade. Det simpleste Middel er vel det, at man blæser saaledes i Røret, at en tynd Luftskakt sættes i en yderst hurtig Bevægelse, og bryder sig paa det Skarpe i Nørrenderne Den indblæste Luft

træder istedetfor Buen hos Violinen og Violoncellen osv. Maaden at blæse paa retter sig efter Instrumentets Eiendommelighed (man sammenligne i saa Henseende blot Fløiten med Valdhornet og Klarinetten).

Men hvorledes erfare vi, at virkelig Luftsøilen, og ikke det Legeme, som omgiver den, frembringer Tonen? Bedst derved, at vi berøre et Instrument, hvori En blæser, paa forskjællige Steder med vor Haand, og at vi derved nøie søge at bemærke, om derved foraarsages nogen Forstyrrelse i Tonen, saaledes som det under lignende Omstændigheder er Tilfældet med en klingende Streng, eller om det maaske foraarsager, at Tonen pludselig ophører. Ingensinde frembringer det anvendte Middel nogen af de betegnede Forandringer. Endvidere veed enhver Blæser af Erfaring, **at Tonens Høide afhænger af Luftsøilens Længde Svingningerne af en Luftsøile ere longitudinale**

Ved saadanne Instrumenter, der, som Valdborn og Trompeter, bestaae af et Rør uden Gribehuller, frembringes de mangfoldige Toner alene ved en forskjællig Anblæsning. Luftsøilen svinger her enten efter dens hele Udvidelse, eller ogsaa deler den sig som en Streng i 2, 3, 4 eller flere lige Dele. Ugtet Instrumenter af denne Slags, efterson Tonerne ved dem forholde sig til hverandre som Længderne af de svingende Luftsøiler, egentlig kun frembringe den naturlige Talrækkes Toner, altsaa skulde give:

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16.

C. c. g. c. e. g. hes. c. d. e. fis. g. a. hes. h. c. osv.

saa ere gode Blæsere dog istand til i de høiere Oktaver at lade alle Toner af den diatoniske Skala høre fuldstændig og reent. Skal en Blæser frembringe 2 eller 3 forskjællige Toner i samme Stød, saa behøver han blot at forandre sin Ansats, og han vil i de fleste Tilfælde nyde den Glæde at opnaae sin Hensigt. Om iøvrigt et saadant Instrument er lige eller høiet, kommer lidet eller intet i Betragtning ved Klangen. Endnu maa jeg omtale Alpehornet. Dette er det høist simple Instrument, hvorpaa Schweitzerne blæse deres Kuhreigen, der maaskee er det meest naturlige Musikstykke og bestaaer blot af Tonerne 2, 3, 4 og 5. De indrette sig dette paa en besynderlig Maade, idet de nemlig høie Spidsen af et ungt Træ nedad, befæste det i Jorden, og nøde det derved til fremdeles at voxe i halvkredsformig Retning. Først efter nogle Aars Forløb har det opnaaet den nødvendige Styrke. Derpaa spalte de det midt igjennem efter Længden, udhule ombyggeligt begge Halvdelene og lime dem derpaa atter sammen. Tilsidst forsyne de deres krummede Instrument med et Mundstykke, sætte det til deres Læber og fralokke det de behagelige Toner.

Ved lange Piber, der ingen Gribehuller have, som f. Ex. i Orgelets Fløiteregister, kunne vi ogsaa ved en forstærket Anblæsen frembringe adskillige Toner i den naturlige Talrække; men vi gjøre intet Brug af disse Bitoner. Under iøvrigt lige Omstændigheder **forholde Grundtonerne sig ogsaa her som Længden af Piberne.** Ved Grundtonens Angivelse af en Pibe, der er aaben forover, danner der sig stedse i Midten af den en Svingningsknude. Hos enhver anden, som altsaa er tilsluttet (dækket) indtræder dette ikke saaledes. Saaledes kjende J nu da ogsaa Aarsagen til, at en Pibe strør, naar den bliver tildækket, giver en Tone fra sig, der i Dybde overtræffer den forrige med en reen Oktav. Ved ethvert Orgelværk er et Register dækkede Piber.

For bequemt at kunne blæse hele Melodier, behøve vi nødvendigt et Instrument, som er forsynet med Gribehuller. Og her vil jeg da først bringe Eder Fløiten i Erindring. Tonens Høide og Dybde bevirkes især derved, at vi ved at aabne eller tilslutte Hullerne forkorte eller forlænge den svingende eller vibrerende Luftsøile. Bedække vi samtlige Huller, som ere borede i Røret, saa er Instrumentet indrettet ganske som et Baldhorn, en Trompet osv., og skikket for den naturlige Tonerække.

Ville I lære at kjende den Tone, som opstaaer, naar vi tilligemed Luftsøilen svinge et fast Legeme, saa tager blot en Pibe af det saakaldte Rør- eller Snurreværk i Orgelet. Hoveddelene af denne Pibe ere **Røret** og **Mundstykket**; hiint er stedse aabent og har en forskjællig Figur ved de forskjællige Registre; i dette, som ogsaa kan gjælde for et eget Instrument, fordi det toner for sig **alene**, ligger Tungen, et tyndt, langt, bevægeligt Metalblad. Ved Trykket af Luften, som trænger ind i Piben, aabner Klappen paa Mundstykket sig, Tungen kommer i en svingende op- og nedgaaende Bevægelse, og giver Tonen sin just ikke synderlig smukke Egenskab.

Oboen, Fagotten, Klarinetten og overhovedet alle saadanne Instrumenter, som have et Mundstykke, der ligner den lige benævnte Deel af en Tungepibe, og som i deres Omfang eller Væg have Gribehuller eller Klapper ligesom Fløiten, ere endnu langt mindre undersøgte end Baldhorn, Trompeter o. dl.

§ 10.

Legemernes Resonans eller Medklang.

Mit nye Experiment foretager jeg ved Hjælp af to Violiner. Begge ere fuldkommen lige stemte. Idet jeg nu paa sædvanlig Maade anstryger G Strængen paa den ene Violin, see I tydeligt, at ogsaa samme Streng svinger med paa den anden. Det samme Phænomen fremstiller sig for Eder ved Anvendelse af det samme Middel med Hensyn til D, A og E Strængen. Ligesom nemlig den anstrøgne Streng bevæger sig, saaledes skeer det ogsaa med samme Streng paa den anden Violin; ja denne vedbliver endog selv da at gjøre sine Svingninger, naar hiin allerede forlængst ved et Fingertryk er bragt til Ro. En endnu høiere Interesse opvækker mit Forsøg, naar jeg anstryger Strængen saaledes, at den deler sig i 2, 3 eller 4 lige Dele, eller danner de saakaldte Svingningsknuder. Jeg vil gjøre dette; men forsyner først den samme Streng paa den anden Violin med en Mængde sammenknebne Papir-Ryttere. Og hvad blive vi nu vaer? Uagtet alle andre Ryttere strax bleve afkastede, da hiin Streng begyndte at svinge, saa blive dog de i fuldkommen Ro, der nøie bedække de Punkter, hvor den anstrøgne Streng har delt sig. Saaledes finder endog en Overdragelse Sted af Svingningsknuderne fra den anstrøgne Streng, til samme Streng paa den anden Violin. Jeg erindrer endnu et andet herhen hørende Phænomen. En fri Stemmegaffels Tone er ualmindelig svag, ja næsten ikke fornemmelig; Tonen af en, der stemmes paa et Bord, eller endnu bedre, som ved en lang Traad staaer i Forbindelse med en Resonanskasse, er derimod meget stærk, ja af en virkelig overraskende Kraft. En Streng, som ei er spændt over nogen Resonanskasse, giver ogsaa kun en svag Tone. Hvo veed endelig ikke, at en Tone, der synges med en klar Stemme, gjenklinger i et nær-

staaende Klaveer? Hvori ligger nu vel Aarsagen til denne og endnu mange andre Phænomener af den betegnede Art? Følgende saavel ved Theorien som og ved Erfaring tilstrækkelig begrundede Sætninger ville lære Eder fuldkommen at kjende dem.

1) **Det tonende Legeme meddeler lettere og bedre sine Svingninger til ligeartede end uligeartede Legemer.**

2) **Den Fuldkommenhed, hvormed et fast tonende Legemes Svingninger gaae over i Luften, afhænger af Legemets Form,** (Flader have her Fortrin for Stænger) **af Tonens Høide,** (Jo høiere Tonen er, desto fuldkommere er sædvanligvis ogsaa Meddelelsen) **af den Maade, hvorpaa Svingningerne skee** (Længdesvingninger egne sig bedre end Tværsvingninger, fordi hine lettere gaae over). Legemernes Form kommer især i Betragtning. Dette viser allerede Experimentet med Stemmegaflen. Stemmer jeg den, medens den endnu toner, paa et Bord, saa meddeler den sine Svingninger til Træet, og gaaer nu saameget desto lettere over i Luften, eftersom Bordet har en stor Flade. Først nu ville I ogsaa kunne begribe Resonansbundens Vigtighed. **Jo mere tørt, jo mere elastisk, og jo mere eens tæt det Træ er, hvoraf den bestaaer, desto stærkere og behageligere klinge Tonerne.** I Reglen vinder Resonansbunden sukkessiv i Godhed. Hvo, som besidder den fine Jagttagelsesgave, stedse at udfinde det mest passende af let bøielige Trævler sammensatte Træ, vil ogsaa levere Instrumenter, som man ikke høver paa ethvert Gadehjørne. Kyndige Musici erkjende strundom allerede af et Fortepianos eller en Violins Klang, hvo der har forfærdiget Instrumentet. Er Resonansbunden altfor tyk, saa bliver dens Dele rystede altfor lidet, er den derimod altfor tynd, altfor meget. Heraf kunne I alene forklare, hvorfor Fløiter undertiden give dumpe og Orgelpiber skrigende Toner (ved hine ere nemlig Væggene for tykke, ved disse for tynde); og hvorfor endvidere itubrukne og atter sammenlimede Resonansbunde meget ofte give en mere klangrig Tone fra sig end forhen. Udtryk, som: mit Fortepiano klinger bedre i E Dur end i F Dur; Tonerne Gis og H klinge især fulde og stærke osv. ere Intet mindre end grebne ud af Luften; de bero meget mere paa en meget gyldig Grund. Enhver Resonansbund indbefolder som befjendt Kar eller Mellemrum af forskjællig Slags. Da nu ethvert Legeme hellere meddeler ligeartede Legemer sine Svingninger end uligeartede, saa maae jo aabenbar de Toner, som træffe det største Antal tilsvarende Mellemrum, ogsaa bestedde den betydeligste Styrke.

Her kunde jeg maaskee passende omtale en Konst, der navnlig i tidligere Tid har vakt stor Opsigt; jeg mener den at **skrige eller raabe et Glas itu.** Tænker Eder et Menneske, hvis Stemme er ualmindelig stærk, og et Glas, der overordentlig let kan sættes i Svingninger; hint Menneske holder Glasset for Munden og skriger nu med fuld Strube og i Glassets Grundtone ind deri. Aabenbar meddeler han derved Glasset en Mængde Luftsvingninger. Jo længere nu Skriget varer, desto flere Stød erholder Glasset, indtil det endelig gaaer itu formedelst de altfor stærke Svingninger. At en saadan besynderlig Konstner iforveien skulde have gjort en fiin Ridse i Glasset, er en uhidig Mistanke. I Kirken høre vi dog ofte nok, hvorledes Musikerne kunne klirre stærk, naar en stærk og dyb Tone holdes længe, eller har maaskee endnu Ingen af Eder seet et Vindue at springe itu ved Knaldet af en Kanon?

Undertiden springer vel og et Glas pludselig af sig selv; ogsaa hertil er efter al Sandsynlighed Aarsagen at søge i en ret stærk Anstrening af alle Glassets Dele; og daarligt er det i ethvert Tilfælde at betragte en slig Begivenhed som et ondt Varsel.

§ 11.

Lydens Styrke.

Dersom I nøie have betragtet mine hidtil anstillede Experimenter, og have godt indpræget Eder de Lærdomme, som ere blevne grundede derpaa, saa ville I vistelsigen ogsaa uden Besværlighed kunne besvare mig det Spørgsmaal: **Hvorpaa beroer Lydens Styrke?**

Forsøget med de to Solvskeer; det at man lægger sig ned paa Jorden, naar man vil høre en fjærn Larm; at man ved Vandets Overflade kan høre 2 Stenes Gnidning osv. har lært Eder, at det Middel, som omgiver det lydende Legeme, snart svækker, snart forstærker Tonen. Dette vil jeg godtgjøre ved endnu eet Experiment: jeg lægger nemlig mit Lommeuhr i Vand, Bomolie, Terpentinolie og Luft (disse Ting ere ordnede efter deres Tæthed; Vand er nemlig tættere end Bomolie, denne tættere end Terpentinolie, og Terpentinolie igjen tættere end Luft) og nu opfordrer jeg Eder til nøie at lægge Mærke til, i hvilken Grad Uhrets Pikken kan bemærkes i enhver af disse Flydenheder. Resultatet er følgende: Lagt i Vand er Uhrets Pikken saa stærk, at vi tydelig høre den selv i en Afstand af 20 Fod; i Bomolie høre vi den idethvieste i 16 Fods Afstand; i Terpentinolie kun i 12, og i Luften kun i 8 Fods Afstand. Erfaringen stadfæster saaledes følgende Lov: **I. Jo tyndere det ledende Middel er, desto svagere er Lyden; jo tættere, desto stærkere.** Saaledes kan det altsaa ikke forundre Eder, at et Instrument lyder stærkere i en kold Stue end i en varm, at en Pistol, affyrdt paa ei meget høit Bjerg, knalder næsten kun som en Nøglebøsse osv. Aarsagen til, at man om Natten hører en Lyd længere end om Dagen, ligger, afseet fra, at Dagens Larm opherer, og at Høreisens Sands fremtræder desto skarpere, især i den betegnede Omstændighed, men maaskee dog ogsaa deri, at Lydbølgerne maae om Dagen gaae snart igjennem tættere, snart igjennem tyndere Luftlag. Især er denne Forskjæl betydelig i den hede Zone. For vi iøvrigt troe, hvad der fortælles, saa forstaaer man i Polaregnene, især naar det er ret koldt, en stærk menneskelig Stemme 7000 Fod. Her vil dette neppe kunne skee i $^1/_{10}$ af denne Vei. De største Afstande, hvorigjennem nogle af de betydeligste Phænomener have forplantet og endnu stedse forplante sig, ere angivne i følgende Exempler: Explosionen af Vulkanen paa St. Vincent hørte man til Demerary, altsaa 300 engelske (over 60 danske) Mile; et Kanonskud bemærker man over 20 danske Mile, et Flinteskud over 8000 Skridt osv.

Den Maade, hvorpaa Lyden forplanter sig fra Sted til Sted, lærer Eder endvidere, **II. at Lydens Styrke betinges ved den Hørendes Afstand fra det lydende Legeme.** Jo videre Lyden kommer fremad paa sin Bane, desto større blive ogsaa Lydbølgerne, og desto ringere naturligvis ogsaa deres Kraft. Forudsat, at Luften var det eneste Middel, som forplantede Lyden, eller bestemtere udtrykt, at Svingningerne kunde fra det tonende Legeme eller fra Vibrationens Midtpunkt udbrede sig til alle

Sider (om Nør er her altsaa ikke Tale), da **aftager Lydens Styrke i omvendt Forhold med Afstandens Qvadrat.** Theorien giver næsten bedre Bevis for denne Lov end Erfaringen, hvilken sidste i dette Tilfælde ikke sjælden leder til falske Domme.

Mange Tast-Instrumenter ere saaledes indrettede, at vi ved særegne Midler kunne lade dem tone høiere eller lavere efter Behag. Ogsaa Violinen staaer paa lignende Maade under vor Befaling. Undersøge I fine Instrumenter nøiere, saa ville I bemærke, at Hammeren, naar Tonen skal lyde stærkt, slaaer umiddelbart paa Strængene; men i modsat Fald paa kunstigt befæstede Toilapper. Ved Violinerne ere atter de saakaldte Sordiner Tonedæmpere. At det endvidere er vanskeligt baade at tale og at høre i en Gang, der overalt baade paa Loft og Vægge ere beklædte med Uldsække; at Taarnklokken lyder langt mindre klar, naar der hviler et Sneedække over Jorden, end i de kolde Vinterdage, naar Jorden er bar; at et Instrument lyder stærkere i et Værelse, hvis Mure ere bare og frie, end naar Væggene ere beklædte med dobbelte Tapeter: disse og endnu mange andre Phænomener lære Eder at kjende endnu en 3die Aarsag, hvoraf Lydens Styrke afhænger: jeg mener nemlig de **lydende Legemers Omgivelser.** Istedetfor at anføre endnu flere herhen hørende Phænomener, f. Ex. Indskrænkningen af Haanden i Lydbullet af en Trompet eller et Horn; Paukernes og Trommernes Overdragning med linnede Tøier osv., gjør jeg Eder hellere endnu opmærksomme paa følgende tvende Punkter: 1) Den sidst angivne Aarsag til Lydens Forstærkning eller Svækkelse falder for største Delen sammen med Resonansen, og 2) Det er især den, som for de Overtroiste, der enten ikke kunne eller ikke ville kjende den, er Anledning til alle Slags taabelige Meninger. Endnu gives der Mennesker, for hvem f. Ex. Klokkens dumpe Klang eller den hule Lyd ved en Graves Tilkastning gjælder for et sikkert Tegn paa et nær forestaaende Dødsfald. Og dog ligge Aarsagerne til disse Begivenheder saa nær!

Paa Lydens Styrke udøver 4) ogsaa **de lydende Legemers Retning** en ikke ubetydelig Indflydelse. Saaledes vil f. Ex. Knaldet af et Skyts høres stærkest i den Retning, som Løbet vender; Taleren vil stedse vende sit Ansigt mod Tilhørerne osv. Komme Lydstraalerne til Øret under en ret Vinkel, saa høre vi Tonerne meget stærkt; men i modsat Tilfælde meget svagt. Kun Tonerne af en Stemmegaffel synes at gjøre en Undtagelse herfra.

§ 12.

Hørbarhedens Grændse med Hensyn til Høide og Dybde.

Om Hørbarhedens Grændse med Hensyn til Høide og Dybde ere de Lærde ikke enige, og ville vel ei heller kunne vorde det, fordi dette afhænger alt for meget af Omstændighederne. Saaledes have f. Ex. Nogle en større Modtagelighed for høie, Andre derimod for dybe Toner. Sædvanlig holder man det 32-fødded C for den dybeste Tone. Dette Navn fører det C, som en 32 Fod lang oventil aaben Orgelpibe angiver, ved hvilken den tonende Luftsøile i et Sekund gjør kun 32 Svingninger, og hvilken Tone erkjendes som det C, der ligger 2 Oktaver dybere end det store C paa et Klaveer. Endvidere gjør kontra C 64, det store C 128, det lille c 256,

det dybeste Diskant c 512, det tostrogne c 1024, det trestrogne c 2048, det firstrogne c 4096, og det femstrogne c 8192 Svingninger i eet Sekund. De Toner, som vi nesten stedse kun bruge paa Klaveret, gaae fra kontra F til det firstrogne f, og have for Tidsrummet af eet Sekund Svingningstallene 85½ og 5461. Sammenfatter jeg nu Alt, hvad der hidtil er bleven udforsket angaaende Hørbarhedens Grændse efter Høide og Dybde, saa begynder Rækken af Tonerne med det 32-fødede **C** og slutter med det femstrogne g. Den sidste Tone svinger over 24,000 Gange i eet Sekund.

§. 13.

Menneskenes Stemmeredskaber.

Desværre befinde vi os endnu stedse i Uvished med Hensyn til dette vigtige Punkt; og dog have de Lærde til alle Tider ladet sig det være magtpaaliggende at udforske de menneskelige Toners Eiendommelighed, især med Hensyn til Frembringelsen deraf. Men paa den ene Side er den Vanskelighed, at Undersøgelsen, kun kan vorde anstillet paa Lig, og ikke som det var ønskeligt paa levende Væsener, og paa den anden den ikke sjælden indtrædende Mangel paa de nødvendige, tenmelig udstrakte Kundskaber om Lyden, det menneskelige Legemes Bygning ialmindelighed, ja selv engaaende Musikken de store Anstødssten, som indtil Dato gjorde det umuligt at opnaae nogen tilstrækkelig Indsigt i de ovenfor nævnte Gjenstande.

Af **Lungen** drives Luften ud. Denne gaaer nu først ind i **Luftrøret**, som bestandig modvirker sine elastiske Ringes Bestrækelser efter at udvide sig, ved en Tværmuskel, der trækker sig mere eller mindre sammen. Kun under saadanne Omstændigheder kan Luften udstrømme af Lungen i Luftrøret, snart med større, snart med mindre Heftighed. Fra Luftrøret af naaer den da i **Adams-Æblet, Stemmeridsen, Svælget** og tilsidst i **Mundhulen**. Stemmeridsen, ustridigt det vigtigste Stemmeredskab, dannes af 2 ved Siden af hinanden liggende Huder. For at anskueliggjøre dette, behøver jeg blot over et Rør at spænde med ulige Styrke 2 endnu fugtige Hinder af et Hønseæg. Naar nu begge Huderne komme i en svingende Bevægelse, hvilket skeer ved Luften, som støder an mod Kanterne af dem, saa høre I da ogsaa en Tone. Saaledes forholder det sig ogsaa efter al Sandsynlighed med Stemmeridsen i vort Adams-Æble. — Nogle, som finde Stemmeorganerne at ligne en Orgelpibe, see i Lungen en Blæsebælg, i Luftrøret den underste Deel af Mundstykket, i Stemmehuderne en saadan Pibes Tunge og i Mundhulen den Deel af Piben, som sædvanligt kaldes Legemet. Den Maade, hvorpaa Tonerne med Hensyn herpaa maae dannes, er tilstrækkelig klar af hvad jeg tidligere har meddeelt Eder om Tungepiberne. Andre derimod sammenligne Stemmeorganerne med en Floitetypibe; atter Andre forene begge Anskuelser med hinanden, men sædvanligt af ligesaa utilstrækkelige Grunde. Istedetfor endnu at meddele Eder Et og Andet om denne Sag, vil jeg hellere anføre Omstændigheder, der ustridigen bidrage meget til Tonernes Forskjellighed. Disse ere da:

1) **At hæve eller synke Adams-Æblet.** Hvo skulde vel ikke have bemærket, at en Basssanger, naar han vil frembringe dybe Toner, sænker Hagen, for at bringe Adams-Æblet mere opad, nemlig nærmere

til de andre Sprogorganer, og at han omvendt hæver det mere iveiret, naar han vil frembringe høie Toner?

2) **Mund- og Næsebulhedens forskjællige Aabning og Tilslutning.** Begge Dele virke vistnok ikke paa Tonens Høide og Dybde; men desto mere paa andre Egenskabeligheder ved Tonen, hvilke jeg dog ikke kan benævne. Tænker herved blot paa Udtalen af Vokalerne a, e, i, o, u, osv.

3) **Stemmehudernes forskjællige Længde.** Hos Børn og Fruentimmer ere disse Dele korte; hos Mænd derimod næsten een Gang saa lange. Just denne Omstændighed betinger overordentlig meget Tonernes Høide og Dybde. Sædvanlig tale Mandfolk en Oktav dybere end Fruentimmer og Børn.

4) **Stemmehudernes Spænding.** Jo større denne er, desto smalliere blive Stemmeridsen og desto høiere bliver Tonen.

Ved en Maskine at frembringe et fuldkomment artikuleret Sprog, er endnu hidtil ikke lykket nogen Konstner. Stedse fandt et Bedrag Sted, hvor man foregav noget Saadant.

§. 14.

Menneskenes Høreredskaber.

Lydstraalerne naae først til **Øremusklen** eller det **ydre Øre.** For at denne maa kunne desto fuldkommere opnaae sin Hensigt, der ganske er den samme som Høreørets, nemlig at samle Lydstraalerne, stillede Skaberen den (saa sige Nogle) ret vidt ud fra Hovedet, og forsynede den desuden med Muskler, ved Hjælp af hvilke den kan bevæge sig vilkaarlig snart til denne, snart til hiin Side. Men Mennesket bestræbte sig alt tidligt næsten ængsteligt for at trykke den saa nær til Hovedet som muligt, og især for at gjøre hine Muskler, som vi saa ofte see i Virksomhed hos Heste, Hunde og andre Pattedyr, fuldkommen ubrugelige. Fra det ydre Øre naae Lydstraalerne ind i **Høregangen.** Denne er, som Enhver let og begvemt kan iagttage, besat med Haar, og indeholder en skarp, fedtagtig Vædske, Øreskarnet, der deels skal spærre smaae Dyr Indgangen i Ørets Helligdom, deels holde Ørets fine Dele i den nødvendige Blødhed og Boielighed. Saalidet som det kan tilraades at sondere omkring i den betegnede Kanal med en Øreske, især alt for dybt ben med Trommehinden, ligesaa skadeligt vorde det være, om man lod Øreskarnet ansamle sig alt for meget. Den sidste Omstændighed bevirker ikke sjældent, at Høregangen ganske tilstoppes. Hvo, der vil lægge sig til at sove paa et saadant Sted, hvor man kan befrygte, at visse Insekter skulle krybe ind, maa ikke forsømme at tilstoppe sine Øren med Bomuld, eller at binde et Tørklæde om Hovedet. Ethvert not saa lille Dyr frembringer ved sine heftige Bevægelser i Øregangen Fornemmelser, der neppe ere til at udholde. Gaaer det ikke an at bringe en saadan Krabat ud igjen ved konstige Midler, saa lade man den dye i sit Fængsel, og ogsaa rolig forblive der. Øret vil af sig selv skaffe den stykkevis ud. En meget fiin Hud, **Trommehinden** nemlig, adskiller den ydre Høregang fra **Trommehulheden**, som ligger bag den, og er spændt indad ved en Muskel, **Spænderen.** Fra Trommehulheden gaaer et Rør henimod Næsen, hvilket aabner sig i Svælget, og med Hensyn paa sin

Form kaldes **Trompeten**, eller vel og det **eustachiske Rør**. Det er stedse fyldt med Luft. Ligesom i Lungerne, saaledes fornyer Luften sig ogsaa her, idet den Tid efter anden strømmer til og fra. Dette er af stor Vigtighed; thi de Personer, hvis eustachiske Rør er tilstoppet og hvor altsaa ingen Tilstrømmen af frisk Luft kan finde Sted, ere døve. Trommehuulheden indeslutter 4 fine Knogler: **Hammeren, Ambolten, det linsedannede Been og Stigbøilen**. Disse danne tilsammen en uafbrudt Kjæde og følge paa hinanden i den angivne Orden. **Hammeren**, som ligger nærmest ved Trommehinden og er sammenvoxet med den, og **Stigbøilen**, som er forbunden med en fiin Hud, der afskiller Trommehuulheden fra Labyrinthen, ere forsynede med Muskler. **Labyrinthen** bestaaer af et **Forkammer**, en langagtig rund, temmelig stor Hule, **Sneglen**, hvori der lader sig eftervise 3½benede, spiralformige Bindinger, og af 3 **halvkredsrunde Kanaler**, af hvilke enhver med den ene Ende munder i en hudet Sæk, og med den anden i Forgaarden. I den Fugtighed, hvormed denne er opfyldt, dykker **Hørenerven** sig, som her er nøgen og spaltet i to haarbusklagtige Hovedgrene, og her modtager den da enhver Rystning, som meddeles hiin omtalte Flydenhed.

Hvilke Dele, der ere ubetinget nødvendige for at kunne høre, er endnu ikke noie nok udforsket. Nogle mene, at Høreknoglerne ere unødværlige, fordi de skulle forplante Lyden fra Trommehinden ind i Labyrinthen; men dette forholder sig ikke saaledes; thi vi kjende Exempler paa, at Mennesker, hos hvem Ambolten og Hammeren manglede, have ligesaa godt som alle Andre fornummet Lyden. Kun Stigbøilen synes at være uomgængelig nødvendig. Falder nemlig denne fine Knogel af, saa sønderrives Huden paa det ægrunde Vindue, d. v. s. det Sted i Forkammeret, som er tilsluttet med en fiin Hud, den vandagtige Fugtighed flyder ud i Labyrinten, Høreneryen taber sin Følelse og en ulægelig Døvhed indfinder sig hos den Ulykkelige.

Den Vei, som Lyden følger i Øret, er meget sammensat. Heri ligger tillige Aarsagen til, at vi ikke altid kunne noie bestemme paa hvilken Side det lydende Legeme befinder sig. Kun denne Usikkerhed gjør det blandt Andet muligt for **Bugtaleren** at frembringe den **Skuffelse**, at det lader som om ikke han, men en Anden talede. Idet han nemlig, uden at aabne Munden og bevæge Læberne, frembringer Ord, mangle vi det sædvanlige Middel for at overtyde os om, at han selv er den talende Person. Men endnu bar Skuffelsen ikke opnaaet sin høieste Grad; denne indtræder meget mere først da, naar han ved listige Spørger paa sædvanlig Maade og svarer med en dump, ligesom fra det Fjerne kommende Tone. Iøvrigt er ogsaa hans Konst en Virkning af fuldkommen naturlige Aarsager. Visse Lydstraalerne ingen Bestræbelse efter stedse igjen at indtage deres oprindelige Retning, og modtoge vi endvidere i det Øre, paa hvis Side Rystningen følger, Lyden kun netop ligesaa stærk som i det andet, saa vilde vi vel oftere end hidtil være i Uvished om det lydende Legemes Sted.

Det er slet ikke nødvendigt, at Lyden naaer til Trommehuulheden og begge Vinduerne gjennem den ydre Høregang; den kan meget mere, hvorom vi paa mange Maader kunne overtyde os, tage sin Vei til Høreneryen ogsaa paa en anden Maade. Saaledes kunne f. Ex. begge Ørene gjerne være tilstoppede, og vi kunne dog alligevel tydelig høre et Lommeuhrs Pikken, naar det kun er sat i Forbindelse med vor Pande. Hvorledes kunde vel ellers næsten døve Personer, hvis Mangel alene hidrører derfra, at Bygningen af

deres ydre Høreredskaber er mangelfuld, fornemme Toner, naar de tage et fast Legeme, helst et Hørerør, mellem Tænderne. I dette og lignende Tilfælde meddeler Lyden sig til Hørenerverne ved faste Legemer, eller ogsaa den naaer hen til Trommehuulheden ved det eustachiske Rør. Enhver, der vil skjule sin Døvhed, bærer gjerne en Leerpibe i Munden og retter den altid hen mod den talende Person. Endelig vil jeg endnu omtale et mærkeligt Phænomen: sætter jeg nemlig Skaftet af en Stemmegaffel paa mit Hoved, medens jeg holder fast for det ene Øre, saa hører jeg just Gaflens Lyd stærkest med dette Øre.

Vi skjælne sædvanlig mellem en dobbelt Art af Døvhed: 1) en saadan, som i de fleste Tilfælde kan helbredes, og hvortil Aarsagerne alene ligge i de ydre Høreorganer, og 2) en anden, som man ikke tør haabe at helbrede, fordi Hørenerven har lidt en Beskadigelse.

Maatte endelig vor Betragtning over Menneskets Stemme- og Høreorganer, i hvilken Henseende vi endnu vandre meget i Mørket, paa den ene Side lede Eder til den Bekjendelse, at vor Viden hernede er Stykkeværk, men paa den anden Side ogsaa lede Eder til stedse at ville trænge dybere ind i Naturens Hemmeligheder, og derved mere og mere lære at erkjende hans dybe Viisdom, hans store Almagt og hans uendelige Kjærlighed, der har skabt Himlen og Jorden og kaldet os til et Liv, der er fuldt af Glæder!

§. 15.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Nævn mig Phænomener, som vise, at Lyden er en Virkning af elastiske Legemers Svingninger! Nævn mig andre, hvor den kun bestaaer i en Række af Rystninger! Hvilke Forsøg overtydede Eder om, at et Legemes Svingninger maae følge paa hinanden med en vis Hurtighed, naar Legemet skal give en Lyd fra sig! Hvorvidt afhænger Lyden ogsaa af Luften? Nævn de forskjællige Navne paa Lyden og tilføi de fornødne Forklaringer! Ved hvilke Midler forplantes Lyden? Hvorledes foregaaer dens Forplantning 1. i luftformige, 2. i faste, og 3. i draabeslydende Legemer? Paa hvilke Forsøg gjorde jeg Eder ved denne Leilighed opmærksomme? Nævn mig Phænomener, som tilstrækkeligt vidne om, at Lyden stedse bruger en vis Tid for at naae fra et Sted til et andet! Angiv endvidere, paa hvilken Maade Lydens Hurtighed er bleven nøie udforsket! Hvad har Indflydelse paa Lydens Hurtighed, hvad derimod ikke? Hvilke Experimenter og Phænomener give os Vished i denne Henseende? Hvilke andre Begivenheder lede os til Lydens Tilbagekastning? Hvorledes dannes efter al Sandsynlighed de fleste Ekkoer? Hvoraf afhænger for Størstedelen Ekkoets Styrke og tydelige Bemærkelse? Nævn de forskjællige Arter af Ekkoer og forklar dem tillige! Hvo ved ikke blot at angive, men ogsaa at beskrive ret mærkværdige Ekkoer? Hvorledes forholder det sig med Kommunikationsøret? Af hvilke Aarsager ledes ogsaa Tonen ved Talerøret saa langt? Hvorledes forholder det sig med Høreøret, og hvo opfandt det? Hvorledes er en Talehvælving indrettet? Nævn nogle saadanne mærkværdige Rum! Forklar, hvorledes det hænger sammen med de saakaldte sandsigende Tyrker! Ved hvilke Vuestrøg erholde vi Tvær- og Længdesvingninger af Strængene? Hvorledes kunne vi bevirke, at en Streng deler sig i 2, 3, 4 og flere lige

Dele? Hvad havde I at lægge Mærke til, da jeg anstillede mine Experiment med Monochorden? Hvilke 3 Love viste sig at være fuldkommen rigtige? Sæt mig de harmoniske Toner ud fra hinanden! Hvad forstaae I ved Svingningsknuder? Beskriv Æols- og Kjæmpeharpen! Hvorledes har jeg at bære mig ad ved for at frembringe en Tone, der i Dybde overgaaer Strængens egentlige Grundtone? Hvad forstaaer jeg ved at temperere Tonen? Hvoraf er Strængenes Forstemning sædvanlig en Følge? Hvad have I hørt om Svingninger af spændte Huder? Nævn de 6 Befæstningsmaader af lige Stænger! Angiv endvidere, hvilke Instrumenter, der skylde Svingningerne af saadanne Stænger deres Tilværelse! Hvorledes skal man anstille Experimenter med faste Flader, og det saavel ved lige som ogsaa ved krumme! Hvilke Resultater gave de? Beskriv Glasharmonikaen! Hvorledes forholder det sig med Luftens Svingninger? Hvorledes lader det sig let godtgjøre, at Luftsøilen, og ikke det faste Legeme, hvori den er indesluttet, frembringer Tonen? I hvormange Klasser har jeg inddeelt Blæseinstrumenterne? Hvorledes danner Tonen sig i dem, naar de ei have nogle Gribehuller? Beskriv en Tungepibe i vore Orgeler! Hvilke Blæseinstrumenter ligne deels en saadan Pibe, deels en Fløite? Nævn de Forsøg, som paa en ret overraskende Maade have gjort Eder bekjendte med et Legemes Medklang! Hvad anførte jeg Eder ved denne Leilighed om Stemmegaflen? Hvorledes lyde begge de Love, paa hvilke Legemernes Medklang næsten aldeles beroer? Paa hvilken Maade bidrage Resonansbundene saa meget til Tonens Skjønhed og Styrke? Hvorledes forholder det sig med den Konst at skrige et Glas istykker? Nævn de Omstændigheder, hvoraf Lydens Styrke især er afhængig! Hvad vide vi angaaende Horbarhedens Grændse med Hensyn til Høide og Dybde? Hvorfor falder det saa ualmindelig vanskeligt at komme til nogen Klarhed angaaende Frembringelsen af den menneskelige Stemme? Hvilken Vei tager Luften fra Lungerne til Mundhulen? Beskriv endnu engang ialmindelighed Luftrøret og Stemmeridsen med dens 2 Huder! Nævn de vigtigste af de Meninger, som de Lærde have opstillet om Menneskets Stemmeorganer! Angiv samtlige Høreorganer og det nøie i den Orden, hvori de følge paa hinanden! Hvilke af de angivne Dele synes især at være vigtige? Hvad har jeg leilighedsvis meddeelt Eder om Bugtalere? Nævn de usædvanlige Veie, som Lyden kan tage til Høreneverne!

Sjette Afsnit.

Varmen.

§. 1.

Nogle Antydninger om Varmen ialmindelighed.

Varmen spiller en særdeles vigtig Rolle saavel i hele Naturens store Rige ialmindelighed som og med Hensyn til os Mennesker. Varmen er en af Hovedbetingelserne saavel for Planternes Vext, som for Dyrenes Liv; den har en afgjørende Indflydelse paa vor Sundhed, vort Humor, vort hele Velvære, vore Bevægemligheder osv., hvilket jeg dog neppe her behøver videre at udvikle.

Med Hensyn paa det Spørgsmaal: **Hvad er egentlig Varmen?** da vil jeg her lidet eller intet indlade mig paa dets Besvarelse. Ældre Naturforskere erklærede den for en Materie, som de kaldte **Varmestof**, og antoge, at den af nogle Legemer blev tiltrukken svagere, af andre stærkere; — de nyere derimod opstille den Hypothese, at **den bestaaer i Svingninger af Ætheren**, og at denne frembringer længere Bølger end Lysets Svingninger. Sikkerlig er hverken denne eller hin Anskuelse fuldkommen rigtig; thi der gives, som I senere skulle erfare, herhen hørende Phænomener i stor Mængde, som ikke lade sig forklare af nogen af dem.

§. 2.

Midlerne til at fremkalde Varme.

Slaaer jeg med et Staal af det Slags, som der findes næsten i ethvert Kjøkken, paa en Flintensteen, saa dannes der sig, som I vide, smaae Funker, der ei alene lyse, men ogsaa antænde Stoffet (f. Ex. Trøsten) i Fyrtøiet. Noget Lignende erfarer enhver Smed i sit Værksted; thi omendog Jernet, som han vil bearbeide er ganske koldt, saa vil det snart opnaae en meget betydelig Varme, naar han lader sin store Hammer rask falde derpaa; ja det kan endog tilsidst blive gloende. Vil jeg lade de Funker, som jeg frembringer ved at slaae med Staalet paa Stenen, falde paa et Ark hvidt Papiir, saa vil det blotte Øie ikke kunne opdage noget Mærkværdigt ved dem; anderledes forholder det sig derimod, naar vi betragte dem gjennem et Forstørrelsesglas. Nogle ere hagede, andre ere som mangekarrede Plante-Blade, andre ere fuldkommen runde som et Hagelkorn osv., og alle vidne da, især derved at de have samme Kjendetegn som Slagger (det som bliver tilbage, naar Metal smeltes i Ilden), tydeligt om, **at de alle ere enten virkelig smeltede eller idetmindste opglødede Staaldele.**

Tager jeg to Stykker ret haardt Træ af forskjællig Haardhed, borer i det ene et stort Hul, stikker det andet ind deri, fastholder det første med

Knæet og dreier det sidste rask om ligesom en Qværn, da vil jeg derved kunne frembringe en saa betydelig Mængde Varme, at begge Stykker omsider give sig til at brænde. Denne er den eneste Maade, hvorpaa de Vilde forskaffe sig Ild.

Har jeg et Glasrør med meget tykke Vægge og en Kolb, der saa fuldkommen noie slutter til Væggene, at selv ikke Luften, denne fine elastiske Flydenhed, kan trænge imellem; fastgjør jeg nu i nogle smaae Hager, som ere anbragte paa Midten af Kolbens Forlade, et Stykke godt Svamp, bringer derpaa Kolben ind i Aabningen af Røret, stemmer dette mod en Væg, og støder nu af al Magt til med Kolben, som om jeg vilde støde Bunden ud af mit simple Apparat; — da vil jeg med Forundring see, at Svampen glimter, hvoraf altsaa følger, at den indesluttede Luft maa være bleven meget varm, idet jeg gjorde mit Forsøg.

Disse 3 Forsøg ere vel tilstrækkelige til at gjøre Eder opmærksomme paa det første Middel, hvorved Varme kan fremkaldes. Som I gjentagende have hørt, bestaaer dette i **en pludselig Sammenpresning af Legemerne.** Da det frie Varmestof, som Massen indeholder, bringes i et snævrere Rum hos enhver Masse, der lider en saadan Forandring, saa er det tilsidst intet mindre end paafaldende, at Temperaturen forhøier sig, naar dette Middel bringes i Anvendelse. Med fuldkommen Ret angive ogsaa derfor Nogle dette første Middel til at fremkalde Varmen ved det Udtryk: **Formindskelse af Legemernes Volumen.** Forøvrigt synes der til Grund for Varmens Fremkaldelse ved Nivning eller Gnidning at ligge endnu andre Aarsager end Fortætningen; thi som Erfaring lærer, vorer Varmemængden med Gnidningens Vedvaren, og dog kunne vi neppe troe, at dermed ogsaa Legemernes Tæthed vedbliver at tiltage.

At Snoren, som løber ualmindelig hurtigt hen over en Tridse, og undertiden ogsaa Vogn- og Maskinehjul, som ere i en hurtig og længe vedvarende Bevægelse, ophedes saaledes, at de antændes; at Bor, især saadanne, som vi benytte til Metaller, kunne blive saa hede, at vi ikke vove at berøre dem; at det er Dreieren muligt ved et Stykke ret haardt Træ at forkulle et andet Stykke Træ, og derved forsyne det med sorte Ringe; at Folk, som paa haarde Vinterdage maae arbeide i det Frie, søge at opvarme sig derved, at de slaae deres Arme krydsvis over hinanden; at vi forbrænde vore Fingre, dersom vi uforsigtigt lade dem hurtigt glide ned ad et Toug; ja at selv Isstykker af 1 til 2 Graders Kulde, udvikle, naar de gnides stærkt mod hinanden, saamegen Varme, som der behøves for at forvandle dem til Vand: alle disse Phænomener, hvortil jeg meget let kunde føie en Mængde andre, give Eder den nødvendige Forklaring over det første Middel, hvorved Varme kan fremkaldes. Enhver, der kjender dette, vil sikkert ikke forsømme at bestryge Vogn-, Maskin-, Mølle- og Klokke-Axer af og til med Tjære, Talg eller lignende Ting; endvidere at kaste et Bor, File o. dl., især, naar de anvendes til Metal, i Vand strax efter deres Brug.

Det andet Middel til at fremkalde Varme (eller den anden **Varmekilde**) er **Solen.** At den ikke virker lige kraftigt under alle Omstændigheder, vide I Alle; men Faa vide maaskee tillige, hvad der især forringer eller forstærker Solens Virkninger. Dette Sidste skulle vi derfor nu undersøge ved nogle Forsøg.

Begive vi os om Vinteren, naar Jorden er bedækket med Snee, ud i

det Frie, og udbrede paa et lige høit Straatag, nogle Klude af forskjællig Farve, saa ville vi senere bemærke, at Sneen er bleven lavest under de Klude, som meest nærme sig den sorte Farve, eller den sorte Klud er sunket dybest, den Hvide derimod ligger næsten lige saa høit som forhen. Vil man gjøre et lignende Forsøg om Sommeren, saa forskaffe man sig et Kar med hvide og et andet med sorte Vægge, bedækker da begge med Glasplader og udsætter dem en Tidlang for Solens Straaler. Derpaa prøver man Temperaturen i de tilsluttede Rum, og man vil da finde de sorte Vægge meget hede, de hvide derimod saa kjølige, som om Solen slet ikke havde udøvet nogen Indflydelse paa dem. Tager jeg endelig 2 Metalplader, hvoraf den ene har en poleret, den andeu en raa Overflade og udsætter dem nu samtidigen og ligemeget for Solens Straaler, da vil jeg ogsaa her, efter at Solstraalerne have virket paa dem i nogen Tid, finde Temperaturen aldeles forskjællig. Den polerede Plade vil næsten ikke vise nogen Tilvæxt i Varmen, hvorimod den upolerede vil være næsten lige saa hed, som Karret forhen med de indvendig sorte Vægge. — De Sandheder, som vi nu saaledes have udfundet, lade sig udtrykke saaledes:

Lysfarvede og polerede Gjenstande blive, fordi de tilbagekaste Straalerne, langt ringere opvarmede end mørkfarvede og ikke polerede, der omvendt gjerne optage Straalerne i sig.

At en sort Væg, som er stærkt udsat for Solstraalerne, bliver næsten utaalelig hed; at Sneen forsvinder før ved graae Pæle og Træstammer end paa andre meget nærliggende Steder; at Folk, hvis Formuestilstand tillader det, gjerne klæde sig i Hvidt om Sommeren, om Vinteren derimod i Sort, at Spise og Drikke holde sig desto længere varmt, jo bedre Yderfladerne af Karret, hvori det befindes, ere polerede; at Ovne, som beslde en raa, sværtet Overflade, meddeler Stuen sin Varme hurtig og ret fuldstændig; at endvidere en Skjærm, henstillet for Kakkelovnen, da just bedst beskytter for dens straalende Varme (om denne Varme skulle J senere erholde nærmere Kundskab) naar den er forsynet med et metallisk Overtræk: til alle disse og endnu mange andre Phænomener, som umuligt her kunne optælles, have J nu erholdt Nøglen ved mine ovenfor anførte Forsøg og ved den Erfaringslov, som grunder sig derpaa.

Saalænge jeg endog paa sædvanlig Maade holder et Stykke Svamp mod Solens Straaler, vil Svampen dog ingensinde blive betydelig opvedet, bringer jeg derimod et Brændglas imellem begge, begynder den øieblikkelig at fænge eller ulme. Med Hensyn herpaa mærke vi her forelobigt Følgende: Holde vi et Brændglas saaledes mod Solen, at dens Straaler falde muligst lodrette derpaa, saa frembringe disse, efter deres Gjennemgang ikke blot et blændende Lys, men ogsaa en overraskende Hede i det Punkt, som atter forener dem alle. Besad jeg et Brændglas, som **Tschirnhausen**, en Greve, der levede i den sidste Halvdeel af det 17de Aarhundrede (hans Glas holdt 2 til 2½ Fod i Diameter) saa kunde maaskee ogsaa jeg anstille Forsøg, som gik i det Store. At Grev Tschirnhausen antændte ved sit Apparat grønt, ja endog i Vand gjennemblodt Træ, smeltede ethvert paa et udbulet Kul lagt Metal, gjorde Teglsteen, og andre dem lignende Legemer gloende osv. er, saa utroligt det end maa forekomme Eder, dog fuldkommen sandt og tilstrækkelig bekræftet ved Forsøg i de nyere Tider. Endnu større er Brændspeilets Virkninger. Heden, som kan fremkaldes ved et saa-

dant Instrument, opløser selv Diamanten, den haardeste af alle Stene. Da ogsaa tillige Heden vorer, ved Brændglas og Brændspeile, med Antallet af Solstraalerne, som falde derpaa, og atter efter Gjennemgangen træffe sammen i eet Punkt, saa udlede vi medrette heraf følgende Almeensætning:

Jo mere koncentreret d. v. s. forenet Solstraalerne falde paa et Legeme, desto mere Varme frembringe de ogsaa.

Holder jeg min Haand saaledes mod Solen, at dens Straaler træffe Haanden ganske skraa, saa bemærker jeg næsten ingen Fremkaldelse af Varme; giver jeg den derimod en saadan Beliggenhed, at Solstraalerne falde retvinklet paa den, saa fremkalde de en Hede, der neppe er til at udholde. Med hvilket andet Legeme, jeg endog vil foretage mit Forsøg, Resultatet forandrer sig ikke, men overtyder mig stedse paany om Rigtigheden af den almindelige Sætning:

Jo mere lodret Solstraalerne træffe et Legeme, desto mere Varme fremkalde de i Legemet; jo mere skraae, desmindre Varme.

At Sneen smælter for paa de Tage og Bjergskraaninger, som vender mod Middagssiden, end paa den jævne Mark; at Sand og Stene kunne, naar de ivrigt have den rette Beliggenhed, blive saa hede om Sommeren, at vi næsten kunne brænde os paa dem; at den tropiske Sol virker ligesaa stærk som Polarsolen ubetydelig; at vi føle ulige mere Varme i Naturen om Sommeren, end paa de samme Steder om Vinteren, uagtet Solen om Vinteren er rykket Jorden en Million Mile nærmere; at det til enhver Aarstid er hedere om Middagen end Morgen og Aften: til disse og mange andre Phænomener finde I Aarsagen i den 3die Erfaringssætning over Solstraalernes varmeopvækkende Kraft.

Da Solen er en saa særdeles vigtig Kilde til Varme, saa anseer jeg det for nødvendigt at tilføie endnu Noget derom. Altsaa:

1) I ældre Tider ansaae man Solen for en overordentlig stor Ild. Denne Anskuelse er neppe rigtig; men paa den anden Side vide vi dog ligesaa lidet nu som dengang, hvorledes det forholder sig med Solen, om den f. Ex. er et stort glødende Legeme osv. At Solstraalerne fremkalde Varme, lader sig neppe bedre begribeliggjøre, end ved at antage, at Solens Lys forstærker det Varmestofs Kraft, som ligger i Legemerne, og forhøier saaledes Temperaturen.

2) Varmeudviklingen af Solstraalerne afhænger ikke alene af de nys udviklede Omstændigheder, men aabenbar ogsaa af deres Indflydelses Vedvaren. Enhver Aarstid, ja enhver Dag giver os Bevis herfor. Saaledes er det jo ingenlunde varmest nøiagtigt Kl. 12, ei heller er det varmest, naar Dagen er længst; tvertimod have vi ialmindelighed daglig den største Varme omtrent Kl. 2, og de varmeste Dage indtræffe sædvanligst i Juli og August Maaneder.

3) Luftens Varme har sin Grund deri, at den opsluger en Deel af Solstraalerne, at atter en anden Deel deraf kastes tilbage fra Jorden, og at endelig ogsaa Jorden, hvilken vi ligeledes maae ansee for en stor Varmekilde, afgiver Luften en vis Mængde af sin eiendommelige Varme. Alene af denne sidste Aarsag maa Luftens Temperatur aftage opad. Idet jeg nu siger dette, har jeg derved tillige antydet Eder, at de Ord: „Var Solen en glødende Masse, saa maatte det være varmere, jo nærmere vi kom den"

ikke sige ret meget. En Lov for Varmens Aftagelse i Luften kjende vi ikke.

Tager jeg et Stykke ulædsket Kalk og gyder Vand derpaa, vil det i kort Tid udvikle en saadan Varme, at jeg ei kan holde det i Haanden. Ligeledes forholder det sig med Barytten, en Steen, som hører til Tungspatten. Drypper jeg, men det maa skee med stor Forsigtighed, nogle Draaber Vitriololie i Vand, da vil Heden tiltage i en saadan Grad, at jeg har Aarsag til at sikkre mig med Glasets Itusspringen. Svovl- og Salpetersyre, blandet med hinanden og gydt i Terpentinolie, giver et endnu mere overraskende Resultat. Hø, som er lagt vaadt og fast paa hinanden, fugtigt Korn i Magasiner og paa Kornlofter, naar disse nemlig mangle Lufttræk, og Hobene ikke Tid efter anden blive omstukne; Dueskarn og vel undertiden andet Skarn, som vi bringe sammen med tort Skarn eller Græs; Kaffe og andre dens Surrogater, især brændt Cichorie, som er pakket varm sammen; Hamp, Hør, Lærred, Uld og lignende Ting, paa hvilke vi, enten forsætlig eller uforsætlig have gydt Olie, Fedt o. dl.; fugtede Saug- eller Jernfilspaaner osv. forhøie alle Tid efter anden deres Temperatur, ja bryde vel endog stundom ud i Flammer. Den almindelige Lov, som træder os imøde i disse Phænomener, kunne vi maaskee bedst sammenfatte i følgende Ord:

Varme fremkaldes ikke blot ved de fleste chemiske Forbindelser, men ogsaa ved mange mekaniske. — Dersom I ikke ville blive Skyld i en Brandulykke, saa gjører Eder saa fuldstændigt som muligt bekjendte med alle de Legemer, som let antænde sig selv; men værer og forsigtige, og overveier, hvad I have at gjøre eller lade ved dette eller hiint. Er det nu vel sandt, at mange af de nævnte Ting kun sjælden og kun under visse Omstændigheder antænde sig selv, saa har man dog Tilfælde nok af det betegnede Slags, og just disse opfordre Eder til at henvende Eders Opmærksomhed paa saadanne faretruende Legemer.

I Aaret 1780 og 1781 opkom der i Kronstad og Petersborg pludselig Ild i nogle Magasiner, som vare opførte ganske af Steen og Jern. I Førstningen anede Ingen Aarsagen dertil; men da senere nogle Lærde bemærkede, at Ilden muligen kunde være opkommen ved en Blanding af Olie og Kornsyg, befalede den da regerende Dronning, Katharina II, dem ved Forsøg at udfinde, hvorledes det forholder sig med Selvantændeligheden af saadanne Legemer. De anstillede nu strax nogle Experimenter. At 40 Pd. Kornsyg, som i een Time var forenet med 35 Pd. Fernis af Hampeolie, og endnu engang blev gjort vaadt af denne Fernis, samt derpaa indviklet i en Hængemaatte allerede efter 19 Timers Forløb begyndte stærkt at ryge og udbrød i Flamme, da man aabnede Døren; at endvidere Hør, Uld o. dl., som først var dyppet i Olie eller Talg, derpaa udsat for Solen eller varmet i en Ovn, og tilsidst pakket fast sammen, ogsaa allerede efter saa Timers Forløb begyndte at brænde, — disse ere de vigtigste Resultater af hine Forsøg.

En Grevinde, **Cornelia Bandi**, 62 Aar gammel, følte sig en Dag, men især under Aftensmaaltidet, meget mat og spændt, gik tidligt ind i Sovekammeret, talte der omtrent i 3 Timer med sin Kammerjomfru, holdt nu sin Bøn, og gik derpaa noget beroliget tilsengs. Morgenen derpaa begav Kammerjomfruen sig til Grevindens Sovekammer, for som sædvanligt at vække hende; men hvor forbausedes hun ikke ved at see Grevinden paa det

Frygteligste tilintetgjort. Foruden Askehoben, der laae omtrent 4 Fod fra Sengen, bemærkede hun blot 3 forkullede Fingre, de nederste Dele af Foddelene samt nogle Dele af Hovedet. Efter al Sandsynlighed var denne gamle Grevindes Død en Følge af en Sædvane hun havde, nemlig at indgnide sit Legeme med Kampher-Spiritus. — Endnu maa jeg dog omtale adskillige Biomstændigheder. Særdeles mærkværdig var en Slags Sod, som man bemærkede næsten over Alt f. Ex. paa Sengen, paa Omhænget, ved Brødet i Skabet osv. Brødet var kulsort og selv de hungrigste Hunde vilde ei spise det. Fra Vinduet i det Kammer, som laae lige over Ulykkeskammeret, dryppede en fedtet, guulagtig, ækel Flydenhed, og Luften havde ogsaa her, formedelst den med den blandede fine Sod, en modbydelig, ganske fremmed Lugt, der Tid efter anden udbredte sig til alle tilgrændsende Værelser.

Idet jeg endnu engang henviser Eder til denne ulykkelige Begivenhed, som udførligt er fortalt af den berømte Læge Bianchini, opfordrer jeg Eder til stedse med Omhyggelighed at overveie, hvilken hvist skadelig Indflydelse en overdreven Nydelse af spirituøse Drikke nødvendig maa have paa Menneskenes Sundhed, ja selv paa deres Liv, og at det vel derfor ikke kan mangle Nogen paa Anledning til at vogte sig derfor, som for en skrækkelig Pest.

Efterat I nu ogsaa have hørt det Vigtigste om de Kilder til Varme, som ligge i Legemernes gjensidige mekaniske eller chemiske Indvirkninger, staaer endnu tilbage med faa Ord at omtale **Jordens oprindelige Varme**. Denne tiltager med Dybden, og det efter en, som de Lærde formode, bestemt Lov, hvilken dog endnu er dem ubekjendt. Og saaledes kan det da ei være paafaldende, at Mange forestille sig Jordens Centraldele i en gloende eller smeltet Tilstand, og at de endvidere mene, at Varmen udbreder sig derfra indtil Overfladen, ja selv endog ud derover til Luften. Som Beviser anføre de især a) de fleste mineralske Kilders og artesiske Brønders høiere Temperatur; b) at Isen smælter under Gletscheren, der hvor den berører Jorden indtil en Høide af 6000 Fod (den frosne Jord i Sibirien er intet Modbevis, eftersom Middeltemperaturen der er under 0); og c) den ubestridelige Kjendsgjerning, at Temperaturen i fast Jordbund vorer jo dybere man trænger ned. Først i en Dybde af 100 Fod er Jordvarmen konstant d. v. s. stadig og uforanderlig overalt. Af denne Jagttagelse fremgaaer nu endvidere, at den Indflydelse, som varme Kilder, Regnvand, kold Luft, Bjergarternes ulige Ledningsevne udøver paa Jordens Temperatur, har ingen ringe Betydning.

Jordskjælv og ildsprudende Bjerge beroe vel mindre paa Selvantændelsen af forskjællige underjordiske Masser, end paa den indre Jordvarme ialmindelighed og paa Vanddampenes næsten forunderlige Expansion- eller Spændekraft. Ville I herom danne Eder en klar, men vistnok stedse kun ringe Forestilling, saa blander blot nogle Pund Jernfiilspaaner med ligesaa meget pulveriseret Svovl, fugter den Masse, som I derved erholde rigelig med Vand, ælter den derpaa til en ordentlig Deig, nedgraver endelig denne omtrent een Fod dybt, og stamper Jorden ovenpaa saa fast som muligt, og allerede nogle Dage derefter ville I fornemme Virkningen: Jorden begynder at hæve, Røg bryder frem, ja tilsidst endog en Flamme af den saaledes ved Konst indrettede Vulkan. Naar nye Oer stige frem af Havet, naar hele Landstrækninger komme i en svingende Bevægelse osv., af hvad Andet end af Dampens uhyre Kraft kan vel dette være en Virkning? Ved

det skrækkelige Jordskjælv, som den 26 Marts 1812 ødelagde Staden Karakas i Sydamerika og den omliggende Egn, rystede Stødene Landet i en Omkreds af 300 Mile. 30 Byer, talløse Plantager og blomstrende Marker bleve forvandlede til Gruushobe, og over 80,000 Mennesker fandt deres Død.

Det Spørgsmaal: „Hvoraf slutte Saamange, at Jorden maa før have været ulige varmere paa sin Overflade, end den nu er," besvarer jeg kortelig saaledes, at disse agte derved deels paa visse Forsteninger, men deels ogsaa, og det fortrinsviis, paa saadanne Levninger af Planter, som synes at tilhøre det tropiske Klima, men hvilke Levninger dog i vore Dage forefindes i Polarlandene.

De Midler, som kunne bevirke en Tilvært i Varmen, ere Eder bekjendte, til disse foier jeg nu adskillige andre, som nu sædvanlig, eftersom de foranledige en Aftagelse af Varmen, pleier at kalde **Kuldefrembringelses-Midler**. Iøvrigt skulle vi ogsaa længere hen tale om saadanne Midler.

Jeg bringer først et Thermometer paa et skyggefuldt og derpaa paa et solrigt Sted, og iagttager hver Gang nøie, hvor hoit Flydenheden staaer i Roret; derpaa gjentager jeg samme Experiment, men sænker denne Gang først Kuglen i en med Vand mættet Sugesvamp. Og see, det nye Resultat er aldeles modsat det tidligere. Istedetfor nemlig som forhen at see Flydenheden i Thermometerroret at stige, bliver jeg med Forundring vaer, at den synker desto mere, jo stærkere Solens Straaler ere. Aarsagen hertil ligger alene i Vandets **Fordunstning**. Havde jeg dyppet Svampen i Æther eller Vingeist, der sandsynlig blandt alle draabebare Flydenheder fordunster hurtigst, saa vilde en endnu større Forandring af Varmen have indtraadt. Meest overraskende ere ogsaa her de Experimenter, som anstilles med Luftpumpen.

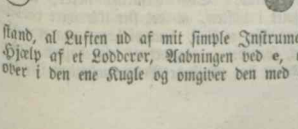
Det brede Glaskar (Fig. 129), hvilket jeg bringer under Recipienten af min Fortyndningspumpe, er fyldt med Svovlsyre; een Tomme over det staaer paa 3 fine Fødder en ganske tynd og flad Metalskaal. Denne fylder jeg med Vand. Naar jeg nu begynder at bortskaffe Luften under Klokken, saa kommer vel Vandet strax i Kog, men denne Tilstand ophører atter meget hurtigt; thi allerede efter faa Minutter blive vi med Forundring vaer, at Isnaale danne sig deri, ja at det tilsidst ganske og aldeles forvandler sig til en fast Masse. Ved dette mit mærkværdige Forsøg opfluger Svovlsyren Vanddampen, saasnart den danner sig, og bidfører just derved en meget hurtig Fordunstning. Paa lignende Maade forholder det sig med følgende Phænomen.

Fig. 129.



Efterat jeg har forskaffet mig et Apparat, som det her afbildede (Fig. 130), fylder jeg noget Vand i enhver af de to Glaskugler, der, som I see, ere forbundne med et Glasrør, og driver, idet jeg fætter Vandet i en kogende Tilstand, al Luften ud af mit simple Instrument. Derpaa tilsmælter jeg ved Hjælp af et Lodderør, Aabningen ved e, og nu lader jeg alt Vandet løbe over i den ene Kugle og omgiver den med en Kuldeblanding f.Ex. med fiint

Fig. 130.



strabet Jis og Salmiak. Fordunstningen foregaaer ogsaa her saa hurtig, at vi ikke behøve at vente længe for at see Vandet forvandle sig til Jis.

Den Kulde, som vi bemærke snart paa Overfladerne af fugtige Legemer, snart ogsaa paa vor Haand, naar vi lade nogle Draaber af en flygtig Fugtighed falde derpaa, beroer paa samme Aarsag.

Ingen anden chemisk Forbindelse fremkalder saa høi Varmegrad, som den, vi betegne med Navnet **Forbrænding**. Herom skulle vi da nu især tale under følgende 6 Punkter:

1) **Forbrænding er en hurtig Forbindelse af et Legeme**, f. Ex. Kul, Torv, Træ osv. med **Suurstof, og altid finder der en meget livlig Lys- og Varmeudvikling Sted.** Med Hensyn paa at Luftens Suurstof i de fleste Tilfælde af det bestrevne Slags, forbinder sig med det brændende Legemer, forklare Mange Forbrændingen saaledes, som om kun det ene Legeme brændte, det andet derimod underholdt Flammen. Det Vildfarende i denne Betragtningsmaade maa blive Eder klart af følgende 2 Exempler. **Svovl**, som jeg, saaledes som det sædvanlig steer, antænder i Luften, viser sig visselig for Eder som brændende. **Svovlgas** (Aggregats-Tilstandens Forandring kan herved ikke komme i Betragtning), hvori jeg har bragt Kobber, som er stærkt ophedet i samme Hensigt, viser sig derimod som en elastisk Flydenhed, der blot nærer Ilden. Endnu mere træffende er følgende Exempel: Tænker Eder, at jeg lod en Mængde Suurstof strømme over i Vandstofgas ved Hjælp af et fiint Rør, vilde I da ikke sige, at hiin Flydenhed brændte i dette Gas. I indsee da vel, at ved enhver chemisk Forbindelse af ovennævnte Slags, maa ethvert Legeme betragtes som brændende.

2) **Resultaterne af Forbrændingen ere i de fleste Tilfælde gasformige Legemer.** Udsætter jeg f. Ex. Træ for Ild, saa danner der sig strax Kulsyre, som er gasformig, og Banddampe, der forsvinde ganske ligesom hiin. Ved et antændt Lys foregaaer Voxets eller eller Tællens Forandring til den gasformige Tilstand i Vægen; de smaae Blærer, som uafbrudt stige op i Vægen indeholde nemlig den brændbare Gas. Kun saadanne Legemer, som allerede for deres Forbrænding omdanne sig til Gas, brænde med Flamme (Tænker herved paa Træ, Torv, Olie, Talg osv.) Flammen er idetheel en brændende Gas. Røgen endelig, som aldrig mangler, opstaaer derved, at en Mængde Legemsdele ikke, medens de øvrige flamme, opnaaer den Hede, som er nødvendig til deres Forbrænding, og derfor forflygtige (som vi sædvanlig udtrykke os).

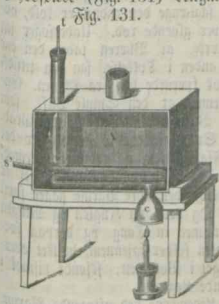
3) **For at antænde et Legeme**, d. v. s. bringe det til at forbrænde, **maae vi meddele det en vis Temperatur.** Denne er meget forskjællig hos de forskjællige Legemer. Troer imidlertid ikke, at dette, som det kunde synes, afhænger af Legemernes større eller mindre Slægtskab med Suurstoffet! Kun dette Ene vide vi i saa Henseende med Bestemthed, at det i mange Tilfælde er betinget af de brændbare Legemers mekaniske Deling. Phosphor-Vandstofgas antænder sig allerede, naar det kommer i Berøring med Luften; Phosphor brænder ved 37½ Grad; et Voxlys derimod først ved 300 Grader efter Celsius. Som Erfaring lærer, kan et Legeme ogsaa atter blive saa afkjølet i Luften, at det slet ikke mere vedbliver at brænde; jeg nævner Eder f. Ex. et Kul, som vi lægge paa et koldt Jern, og et Lys, hvorved Luften, som det er omgivet af, indeholder altfor meget Stikstof. I sidste Tilfælde er den udviklede Varme gabenbar ikke til-

strækkelig til at forhøie Temperaturen af Stikstoffet, og det dermed blandede Surstof, indtil 300 Grader.

4) **Forbrændingen følger desto raskere, i jo rigere Grad Surstoffet omgiver de Legemer, som skulle forbrændes.** Paa denne særdeles vigtige Omstændighed har jeg alt benvendt Eders Opmærksomhed ved Enden af det 4de Afsnit, nemlig ved Betragtningen af Livsluften. Jeg indlader mig derfor ikke mere paa at forklare Eder, hvorledes Forbrændingen paa den ene Side befordres ved Vinden, og hvorledes paa den anden Side ophedet Blæseluft (Luften fra en Blæseindretning) virker. Kun paa eet smukt Forsøg vil jeg endnu gjøre Eder opmærksomme. Taget blot, naar Leilighed dertil tilbyder sig, en gloende flere Tommer lang Jernstang og svinger den ved en Staaltraad hurtig omkring. I ville da paany see, hvilken høist betydelig Indflydelse en rask tilstrømmende Luftmængde udøver paa Forbrændingen.

5) **Hvo, der vil bestemme hvilken Varmemængde, der opstaaer ved Forbrændingen, han undersøge med Ombyggelighed, med hvormange Grader Temperaturen af en bestemt Quantitet Vand imidlertid bliver forhøiet.** Ved dette Arbeide yder nu **Rumfords Calorimeter** ham en meget betydelig Tjeneste. I hosfølgende (Fig. 131) betegner A et **Kobberkar**, som er fyldt med

Fig. 131.



Vand af 0 Grads Temperatur; ss et **Rør**, hvis ene Ende træder frem ved Karrets Bund i Form af en Tragt c, og hvis anden Ende s' gaaer, efter at den forhen har lidt flere horizontale Bøininger, ud i det Frie gjennem Væggen af hiin første Hoveddeel; tt er endelig et **Thermometer**, hvis Kar har lige Længde med Calorimetrets Dybde. Sæt nu, at et Legeme brænder under Tragten c, da viser aabenbar mit Thermometer mig, hvorledes det staaer sig med Vandets Temperatur i Karret, eller hvilken Varmemængde, der er bleven udviklet ved Forbrændingen af Legemet ved c. Ifølge Forsøg, som Nogle have anstillet med det bestrevne Apparat, kunne vi med eet Pd. af følgende Brændstoffe ophede de hosstaaende Antal Pd. af Vand fra Frysе- til Kogepunktet.

med sædvanlig Tørv	15 Pd.	med de bedste Trækul	73 Pd.
— ganske god do.	30 —	— sædvanlig Talg	80 —
— fuldkommen tørt Træ	36 —	— renset Rapolie	93 —
— daarlige Steenkul	60 —	— god Bomolie	112 —
— meget gode do.	70 —	— Vandstofgas	230 —

Dersom der ikke i det daglige Liv blev saa ofte talt om Brændematerialiernes Godhed, saa vilde jeg ikke have anseet det for nødvendigt at gjøre Eder bekjendte med slige Angivelser.

6) **Som der gives Midler til at befordre Ilden, saaledes gives der ogsaa Midler til at slukke eller undertrykke den.** Til de sidste hører især Vandet. Vil man bruge det i den angivne Hensigt, saa maa man vel betænke, at en med Hensyn til Ildens Størrelse

ringe Mængde deraf ikke blot ikke hjælper noget, men endog befordrer Forbrændingen af kulede Substantser, eftersom ethvert glodende Legeme adspliter Vandet, optager Suurstoffet og frigjør Vandstoffet. Andre Midler til at dæmpe Ilden har jeg forhen tilstrækkelig omtalt, da jeg talte med Eder om Livsluften og Stikluften.

§. 3.

Legemernes Udvidelse ved stigende og Sammentrækning ved aftagende Varme.

For ret at anskueliggjøre Eder, hvorledes Varmen virker paa forskjællige Legemer, vil jeg her betjene mig af 1) en lufttæt, aldeles ubeskadiget Svineblære, 2) et Medicinglas med tynde Vægge og en forholdsmæssig lang, ret snæver Hals, 3) en Kugle og en Ring, begge af Jern. Ved at sammentrykke den første stærkt med mine Hænder, befrier jeg den nærsten fra al den Luft, som er deri, binder den derpaa fast sammen foroven og lægger den paa vor varme Ovn. Medicinflasken fylder jeg omtrent til Halvdelen af den snævre Hals med koldt Vand (jeg kunde hertil ogsaa tage Ol, Mælk, Viinaand og overhovedet enhver anden draabebar Flydenhed), markerer, hvor høit Vandet staaer, og opvarmer nu Flydenheden saa forsigtig som muligt. Ringen, hvorigjennem Kuglen ikke kan falde, saalænge den endnu er kold, opheder jeg betydeligt, idetmindste saa den bliver gloende rød. Undersøger jeg nu disse Ting nærmere, saa vil jeg bemærke, at Blæren taber den ene Fold efter den anden, tiltager Tid efter anden i Tykkelse, saa den tilsidst sikkerlig vilde springe, dersom jeg ikke tidsnok fjernede den fra Ovnen. Enhver vil let indsee, at Aarsagen hertil er denne, at den Smule Luft, som var bleven tilbage i Blæren, udvides ved Varmen i en fast utrolig Grad. Noget Lignende bemærke vi ved Vandet. Snart indtræder ogsaa her det Tidspunkt, da det begynder at hæve sig i Flaskehalsen, og vedbliver dermed, indtil det har naaet et vist Punkt, hvorpaa det da bliver staaende. Her er da ogsaa Udvidelsen ved Varmen umiskjendelig (den ydre Varme gaaer først over i Glasset og derfra i Flydenheden). Og hvad nu Kuglen og Ringen angaaer, da vil jeg, naar jeg griber Ringen med en Tang og derpaa forsøger om Kuglen endnu passer, see, at Kuglen falder igjennem, hvilket overtyder mig om, at ogsaa Ringen er tiltaget i Volumen, stjøndt vistnok i ringere Grad end de elastisk-draabebar flydende Legemer.

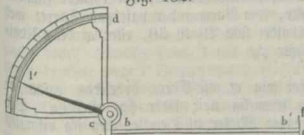
Vil jeg vide, hvad der foregaaer med Legemerne ved aftagende Varme, da behøver jeg blot at lade de omtalte Legemer igjen afkjøles, og derved nøie lægge Mærke til, hvilke Forandringer de derved undergaae. Og disse ere da, hvad I vist ogsaa let selv slutte Eder til, at Blæren atter igjen synker sammen til sit forrige ringe Volumen, at Vandet synker til sit første Standpunkt, samt at Kuglen ikke mere falder igjennem Ringen; eller med andre Ord, hvad hine Legemer havde vundet ved stigende Varme, have de nu atter tabt ved aftagende. Jøvrigt har jeg med Forsæt til mine Forsøg valgt en elastisk-flydende, et draabeflydende og et fast Legeme, og tilføier endnu blot, at Varmen virker ved alle andre Legemer paa lignende Maade (nogle forekommende Undtagelser ere blot tilsyneladende) og at derfor Sætningen: **Legemerne udvide sig ved stigende Varme og sammentrække sig ved aftagende**, er en almindelig Sætning, der overalt har Gyldighed.

En tilsyneladende Undtagelse fra denne Lov gjør paa den ene Side

Vandet, som udvider sig, naar det fryser, og paa den anden Side Frugt, Træ, selv tørrede, men endnu ikke glødende Leermasser osv. Lade I en bestemt Vægtdeel af saadan Jord, efter at den først er blandet med Vand og forvandlet til en ordentlig Deig, ligge saa længe i en middelmaadig Varme, indtil den viser sig fuldkommen tør saavel for Synet som for Følelsen, saa har den dog endnu stedse en Mængde Vand hos sig, hvorom dens nuværende Vægt tilstrækkelig kan overtyde Eder. Men just dette Vand er det, som, naar Legemerne modtage en endnu større Varme, gaaer bort gjennem Porerne som Damp, og bevirker, at al Leer- og Porcellain-Jord synes ikke at udvide, men derimod at sammendrage sig ved tiltagende Varme. Hvad det første Phænomen angaaer, nemlig Vandets Omdannelse til Is, da komme vi tilbage dertil, naar Talen er om at binde og frigjøre Varmestoffet.

De faste Legemers Udvidelse ved Varmen er meget ringe; hvo, som derfor vil ikke blot anskueliggjøre sig denne, men ogsaa maale den, maa naturligvis overtænke, hvorledes han vil kunne fremstille den forstørret for Øiet. En saadan Indretning, som I her see, (Fig. 132) yder her god Tjeneste. Delene af den ere: 1) en Stang, bb', som er gjort af det Legeme, hvis Udvidelse skal undersøges; 2) en fast Modstand, ll', som nøder Stangen, efterdi denne ene Ende støtter sig dertil, at forlænge sig mod den modsatte Side; 3) en Vinkelvægtstang, tel', ved hvilken I især have at lægge Mærke til, at den kan dreie sig om sit Hvile- eller Understøtningspunkt, og at den med sin korte Arm te staaer i nøieste Forbindelse med den ene Ende af det Legeme, som skal prøves, altsaa med Stangen bb'; endelig 4) en Qvadrant, ei'd, som er inddelt i Grader, og benytter Vægtstangens længere Arm, l'e, som Naal eller Viser. Hvorledes dette Instrument virker, ligger tydeligt for Eder. Hvo indseer vel ikke, at Stangen b'b ved tiltagende Varme støder Enden t af Vægtstangens kortere Arm bort, idet den udvider sig, at derved dens længere Arm l' tilbagelægger en ulige større Vei, og at just derved, naar iovrigt Armene et og ei' ere meget forskjellige i Længde, den allerringeste Udvidelse af Stangen bb' maa blive synlig. Iovrigt er dette Instrument ingenlunde aldeles frit for Mangler; thi hverken Dreiningsaxen e eller Modstanden ll' lader sig gjøre fuldkommen uforrykkelige.

Fig. 132.



For at bestemme draabebare Flydenheders Udvidelighed maa jeg først drage Omsorg for, at en vis Deel deraf bringes i et for Undersøgelsen ret passende Kar. Dette kan vel have forskjellige Former, men det bliver dog altid anbefalingsværdigt at bruge en saadan, som I her see afbildet (Fig. 133). Dette Kar er forfærdiget af Glas, er paa eet Sted af sin temmelig vide Hals sammendraget, og der paa een eller anden Maade markeret. Naar jeg vil anstille et Forsøg dermed, saa maa jeg undersøge: 1) dets Vægt, hvilket maa skee ved en meget følsom Vægtskaal; 2) derpaa følder jeg det med den Flydenhed, hvis Udvidelse ved bestemte Varmegrader jeg

Fig. 133.



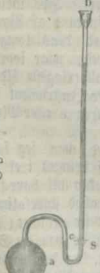
Fig. 133.



vil prove, saa vidt, at Flydenheden kommer til at staae i den lille Tragt, følgelig over a; 3) derpaa forringer jeg dens Temperatur indtil 0 Grader ved at omgive den med smæltet Snee eller Jis; 4) nu bortkaffer jeg omhyggeligt enhver Draabe, som endnu viser sig over Mærket a; 5) derpaa veier jeg, men uden at Temperaturen forandres, Apparatet med den deri indeholdte Flydenhed; 6) varmer det indtil en vis Grad, f. Ex. til 100 Grader efter Celsius; 7) fjærner anden Gang den Deel af Flydenheden, som ved min foregaaende Forretning er i Tragten traadt over a; 8) endelig undersøger jeg, hvilken Vægt Kuglen tilligemed alt, hvad der er deri, under saadanne Omstændigheder har. — At beregne den Udvidelse, som min Flydenhed har modtaget fra Frysе- til Kogepunktet er intet mindre end svært; jeg behøver blot at fastholde det Forhold, hvori Vægten af hiin Flydenhedsdeel, som jeg har fjærnet ved min 7de Forretning, staaer til Vægten af den hele Mængde. Et Exempel maa tydeliggjøre Eder dette: Sat at den Flydenhed, som fylder Karret til Mærket, veier ved 0 Grader 30, men ved 100 Grader kun 29 Lod, da er det jo klart, at den ved en Temperaturforhøielse af 100 Grader (naar vi iøvrigt ikke bringe den Indflydelse, som Varmen har haft paa Karret med i Anslag) har udvidet sig i Forholdet som 29 til 30, eller at dens Udvidelse fra 0 til 100 Grader udgjør $\frac{1}{29}$.

Endnu staaer der tilbage for mig at vise Eder, hvorledes ogsaa de elastiske Flydenheders Udvidelse temmelig nøie lader sig eftervise. Ved denne Leilighed staaer der mig mange Midler til Tjeneste; men jeg vil nøies med det, der beroer paa den bekjendte Erfaringssætning: **Trykker af elastiske Flydenheder, som vi paa en eller anden Maade bringe i deres Udvidelse, tiltager, idet vi meddele dem en høiere Temperatur, nøie i samme Forhold, hvori de ellers vilde have forstørret deres Volumen.** Forestiller Eder, Luften i Kuglen a (Fig. 134) at være fuldkommen tør, og ved Qvægsølvet, som befinder sig i det bøiede Rør, sat ud af al Forbindelse med Atmosphæren. Ligesom forhen ved de draabebare Flydenheder, saaledes tilbageforer jeg nu ogsaa her Luftens Temperatur til 0 Grad. Først derefter gyder jeg ved b saameget Qvægsølv i Røret, at det i det korte Been naaer til c, drager fra dette Punkt en horizontal Linie, cs, og erholder saaledes Nulpunktet til en Skala, som er anbragt bag det længere Been og paa et Bræt, som tjener Røret til Underlag. Derpaa iagttager jeg nøie, men medens Kuglen endnu er omgiven af Snee eller Jis, Barometerstanden b, og det Antal Linier, som Qvægsølvet i det længere Been staaer over Skalaens Nulpunkt. Tilsidst opvarmer jeg Kuglen successiv og gyder paany, efterhvert Luften, idet den udvider sig, nedtrykker Qvægsølvet ved c, saameget Qvægsølv gjennem b, indtil dette har opnaaet sin forrige Stand ved c; derav viser det sig aabenbar for mig, hvorledes Luftens Tryk tiltager. Da det umuligt kan være min Hensigt at gjøre Eder nøie bekjendte med alle disse Ting, saa afbryder jeg her, og

Fig. 134.



meddeler Eder endnu blot Noget ialmindelighed om Legemernes Udvidelse ved Varme.

1) De elastiske Flydenheder, ved hvilken Robæsionen ingen Hindringer sætter mod Varmekraften, udvide sig regelmæssigt ved alle Temperaturer; de faste Legemer gjøre dette næsten alle, kun mellem Fryse- og Kogepunktet; ved de draabebare Flydenheder endelig, med Undtagelse af Qvægsolvet, følge selv indenfor hvert Rum, ingen Regelmæssighed med Hensyn til Forstørrelsen af deres Volumen ved tiltagende Varme.

2) Den Kraft, hvormed Legemerne udvide sig, ligner den Modstand, som aabenbarer sig, naar vi ville sammentrykke dem. Dens Størrelse er derfor meget betydelig. Som det staaer sig hermed, saaledes ogsaa med den, den modsatte Kraft, somviser sig for os, naar Legemernes Kulde tiltager. — Lad det derfor ikke forundre Eder, naar Folk, som anlægge Rørledninger, eller som det er Tilfældet med Jernbaner, stille et større Antal Jernstænger ved Siden af hinanden, anvende stor Ombyggelighed, og stedse paany undersøge, om der vel ogsaa endnu bliver et lille Rum tilbage for Udvidelsen. Ved Rørledninger anvende de sædvanlig Blystriber, som de rulle om den Ende af Røret, som skal stikkes ind i den videre Aabning paa det følgende Rør. Maaskee have I selv haft Leilighed til med egne Øine at see, hvad de Alle tage i Betragtning ved Tage af Zink, Jerngelænderе osv. Kundskab om Metallernes Udvidelse er af særdeles Vigtighed for dem.

3) Den Udvidelse, som et Legeme lider ved tiltagende Varme, kan maales ei alene i een, men ogsaa i tre Retninger. I hint Tilfælde erholde vi den lineare, i dette den kubiske Udvidelse. Den sidste bestemme vi, som jeg ogsaa har lært Eder ved ovenstaaende Forsøg, umiddelbart ved de elastisk- og draabeflydende Legemer; ved de faste slutte vi derimod fra den lineare Udvidelse til den kubiske.

4) Ligesom vi skjælne mellem en linear og en kubisk Udvidelse, saaledes ogsaa, men dog kun ved Flydenhederne, mellem en absolut og en tilsyneladende. Saalænge nemlig Karret ikke bliver fri for Varmens Indflydelse, kan der ved Flydenheden, som er optagen deri, kun være Tale om en tilsyneladende Udvidelse. At bestemme en Flydenheds absolute Udvidelse er stedse en vanskelig Foretning

5) Nogle fortjenstfulde Mænd, blandt andre Lavoisier, Laplace, Dulong, Petit, le Roy og Herbert have ikke skyet den Møie noie at udforske, hvorledes det staaer sig med Varmens Udvidekraft ved mangeslags Legemer. Til dette Øiemed opvarmede de samtlige Gjenstande, hvormed de vilde foretage deres Experimenter, fra det smældte Jerns Temperatur til det kogende Vands Hede. Forudsat, at Qvægsolvet i Barometerroret stod 27 Tommer og 6 Linier høit (Luftens Tryk maa, saaledes som jeg ogsaa forhen har meddelt Eder, nøie paagaaes) og at de ansatte Længden af alle hine Legemer i 100,000 Dele af et Maal, fandt de, at Glas udvidede sig omtrent 83 af saadanne Dele, Guld 94, Staal 122, Jern 125, Kobber 170, Sølv 189, Messing 193, Tin 248, Bly 286, Qvægsolv 1850, Vand 4517, Linolie 7200, Vinaand 8700, den atmosphæriske Luft 40,300. Efter at have

hørt dette, kunne J vistelig let vide, hvorfor vi gjerne ved saadanne Fludenheder, hvis Udvidelse vi ville erfare, anvende Kar af Glas, men ikke derimod af Messing, Tin eller Bly.

6) **Det er et bekjendt Phænomen, at Legemer, som holde ret godt sammen ved høie Varmegrader, ikke sjælden pludselig falde fra hinanden, naar de nemlig blive udsatte for en stærk Afkjøling.** Jeg nævner her exempelvis Segllak og en Metalplade. Aarsagen til dette i ethvert Tilfælde mærkelige Phænomen ligger nær. Medens nemlig to herhen hørende Legemer atter afkjøles, drager det ene sig mere, det andet mindre hurtigt sammen i et snævrere Rum. Et andet hiint meget lignende Phænomen er dette, at et Glas springer itu, naar det pludseligt fyldes med hedt Vand; dette beroer alene derpaa, at samtlige Glasfets Dele, som ligge ved den indre opheded Flade, trænge sig saa hurtigt ud fra hinanden, at de øvrige Dele kunne faae Tid til at tage en ligelig Andeel deri. Glassets Sprødhed bidrager iøvrigt ogsaa Sit dertil. Fandtes denne ikke, idetmindste ikke i en saa høi Grad, saa vilde de indre Vægge næsten stedse lide en lille Bøining, saaledes som dette under samme Omstændigheder næsten altid finder Sted ved Kar af mange andre Stoffe. Et koldt Glas, benfat paa en varm Ovn, giver samme Resultat. Hvorledes det iøvrigt vorder muligt, at et Stykke Papir, lagt imellem Glasset og Ovnen, kan forhindre det Førstes Springning, derover giver Paragraphen om Varmeledningen tilstrækkelig Forklaring.

At en Jernring, som slaaes gloende om et Hjul, omslutter dette fast, naar den bliver kold; at en stobt Skee eller Tallerken senere ikke mere fuldkommen udfylder Formen; at den i Nageljernet fast indhamrede hede Nagel atter let springer ud, naar dens Temperatur er betydeligt forringet; at saadanne Gjenstande, som ere tilberedede af Leer, Meelbeig og andre lignende Stoffe, ofte faae Ridser; at vore Møbler ikke sjælden skalle tynde Træskaller fra sig, især naar de ere ret udsatte for Solen (dette er for det Meste en Virkning af den forskjellige Udvidelse, som opstaaer ved ulige Fugtighed og Udtørrelse); at Legemer, som svømme paa koldt Vand, synke paa hedt (tiltagende Varme gjør dette som overhovedet alle Legemer specifikt letere end forhen) osv. ogsaa disse og mange andre Phænomener staae, som ogsaa ovenfor er tilstrækkeligt oplyst, i Forbindelse dermed, at Legemerne udvides ved stigende Varme, men sammendrages ved aftagende.

§. 4.

Thermometret eller Varmemaaleren.

At det i visse Tilfælde i Livet er ikke blot ønskværdigt, men ogsaa nødvendigt at kjende Varmegraden saa nøie som muligt, have Mennesken alt forhen, men dog især i den senere Tid følt dybt. Og ogsaa for os vilde der være et betydeligt Hul i Kundskaben om Legemernes Temperatur, dersom vi ei besadde et Instrument, der viste os Varmens Stigen og Falden maaskee endog fuldkommere end dets første Forfærdiger neppe havde tordet vove at haabe det. Jeg mener her **Thermometret** eller **Varmemaaleren**. At meddele Eder det Nødvendigste om dette Instrument, der har fundet Indgang selv i simple Folks Boliger, skal nu være min Opgave.

Her see J et Thermometer (Fig. 135). Først undersøger jeg, om Glasrøret holder samme Vidde i alle sine Dele. Denne min første For-

Fig. 135.



retning er intet mindre end svær. Dertil fordres nemlig blot, at jeg lader en lille Qvægsølvsdraabe sukcessivt gjennemløbe hele Røret, og efter enhver Fremrykken maaler, hvormeget dens Udvidelse i Længden udgjør. Mit Forsøg er ret anskueligt fremstillet i Figuren. Blæren, som I see i den ene Ende af Røret, er af Gummi-Elastikum, og tjener mig til, idet jeg blot let trykker paa den, at drive Qvægsølvdraaberne fra det ene Sted til det andet. Viser det sig nu overalt, hvad dog er et meget sjeldent Tilfælde, at den beholder sin oprindelige Længde uforandret, saa egner Røret sig særdeles vel til et Thermometer. Men hvad skal jeg vel da gjøre, naar det mangler denne betegnede Fuldkommenhed? I dette Tilfælde bliver der intet Andet tilovers, end enten at erklære det for ubrugbart, eller at dele det saaledes, at de ydre Grader svare muligst nøie til ligestore Rum.

Nu har jeg saaledes Røret; men hvorledes faaer jeg Kuglen? Til dette Øiemed gjør jeg først dets ene Ende flydende, ved den saakaldte Smeltelampe; herpaa tager jeg en lille Kobber- eller Jernstav, som, for stedse at være varm, ogsaa maa være senket i Flammen, rører med den det smæltede Glas og runder det knopformig til; tilsidst blæser jeg i Rørets aabne Ende, eller trykker min Gummi-Elastikums Indretning, hvis jeg har anbragt denne, og uddanner saaledes den anden Ende til en Kugle.

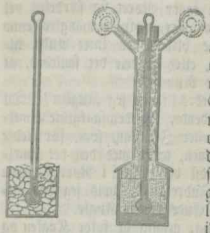
Jeg kommer nu til min tredie Forretning, nemlig at fylde Kuglen og den ene Deel af Røret. **Men hvilken Flydenhed egner sig vel bedst til Brug ved Thermometret?** Qvægsølv besidder hertil afgjorte Fortrin; thi det er 1) meget modtagelig for Varme og Kulde; 2) koger og fryser meget sent; 3) udvider sig særdeles regelmæssigt idetmindste fra Frysе- til Kogepunktet; endelig 4) finder man blandt alle draabedannende Flydenheder dette hyppigst reent i Naturen hvilket er ikke af liden Vigtighed. Jeg vil nu gaae over til Rørets Fyldning. Endnu er det opfyldt med Luft. Jeg beder derfor saavel Røret som Kuglen (at varme Kuglen alene fortjener ikke at anbefales) og dypper derpaa, naar Luften har erholdt sin største Fortynding, Spidsen af Røret i et med Qvægsølv fyldt Kar. Under den successiv tiltagende Afkjøling stiger nu Qvægsølvet i Røret indtil Kuglen. Men skulde der herved endnu ikke komme Qvægsølv nok i Røret, saa kan jeg intet bedre gjøre, end at gjentage den forrige Fremgangsmaade, idet jeg samtidig varmer Kuglen og Røret. Andre Forholdsregler, som maae iagttages, forbigaaer jeg her.

Den fjerde Forretning ved Forfærdigelsen af et Thermometer er Rørets Tilsmæltning. Herved gjør jeg enten Rummet over Thermometersøilen lufttomt, eller ogsaa lader jeg mere Luft ind i Røret. Derpaa udrager jeg sidstnævnte i en fiin Spids, varmer det over en lind Kulild og tilslutter nu ved Hjælp af Flammen af et Lodderør den lille Aabning, i det Øieblik, da nogle Draaber ville trænge frem forover. Derpaa nitrunder jeg den lille Spids i Flammen, efterat Qvægsølvet ved Kuglens Afkjøling har trukket sig noget tilbage.

Men et saadant Værktøi, som det nys beskrevne, vilde kun være af ringe Nytte for os, dersom vi ikke havde en Maalestok, som angav bestemte faste Punkter, til hvilke Qvægsølvet pleiede at stige eller falde under visse Omstændigheder. At anbringe ikke blot disse Punkter, men overhovedet

at anbringe hele Skalaen ved vort Nor er den femte og sidste Forretning. For nu først at finde det ene faste Sted, forskaffer jeg mig et Stykke smeltende Is, og sætter deri ei blot Kuglen, men ogsaa den Deel af Glasrøret, som er fuldt med Qvægsølv, og iagttager omhyggeligt det Punkt, hvortil den nævnte Flydenhed synker, eller hvor den forbliver roligt staaende, indtil endnu ikke al Isen har forvandlet sig til Vand. Dette Punkt betegner jeg først med Blæk, men senere med en Diamant og kalder det Thermometrets **Frysepunkt**. For Saadanne, som ei have haft Leilighed til at see Udfindingen af Frysepunktet, tjener den hosfoiede Figur 136. Herpaa dypper jeg Re-

Fig. 136. Fig. 137.



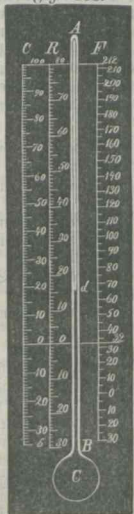
ret i et Kar med en lang Hals og bringer det deri værende destillerede Vand til at koge. (Fig. 137). Under denne Forretning stiger Qvægsølvet temmelig hurtigt til en vis Høide, og forbliver der, efterat det overalt er blevet omgivet af Damp, som kan undvige gjennem Sideaabningerne, anden Gang en Tid lang, nemlig indtil ogsaa den sidste Vanddraabe er opløst i Damp. Dette Sted danner det anden det almindelig antagne faste Punkt, nemlig Instrumentets **Koge- eller Sydepunkt**. Lægger herved vel Mærke til, at Dampen, der ligesom indhyller hele Thermometret, besidder ideminste lige Varme med det øverste Vandlag. Rummet mellem Fryse- og Kogepunktet, hvorpaa I nu især have at rette Eders Opmærksomhed, forer hos ethvert Thermometer Navn af **Grund-** eller **Fundamental-Afstanden**, og deles snart i færre, snart i flere Dele. Efter den sædvanlige Anordning, nemlig paa det **Reaumurske** eller **de Luftke** Thermometer, falder det i 80, efter en anden, nemlig ved det **Celsiuske** eller **ny-franske** i 100, ja efter et andet, det **de Isleske**, endog i 150 Grader. Reaumur og Celsius telle Graderne fra Frysepunktet, de Isle derimod betegner omvendt Kogepunktet med 0 og sætter 150 ved Frysepunktet. **Fahrenheit**, en berømt Thermometermager i den første Halvdeel af forrige Aarhundrede, fandt et tredie Punkt, idet han satte sit Thermometer i en Blanding af Snee og Salmiak, og kaldte det, for at adskille det fra det lige benævnte naturlige, det **konstige Frysepunkt**; han deelte endvidere den sædvanlige Afstand i 180 og Nummet mellem begge Frysepunkterne i 32 Grader, saaledes at hans konstige Frysepunkt er betegnet med 0, det naturlige med 32 og Kogepunktet med 212. I England bruges hans Skala næsten alene, og i det øvrige Europa meest næst efter den 80-delelige. Ved videnskabelige Undersøgelser betjener man sig nu næsten udelukkende af det først af Celsius angivne 100-delelige Thermometer. Varmegraderne betegner man med +, Kuldegraderne med —. Heraf er den Vildfarelse hyppig opstaaet, at man troede, at et Legeme, hvis Temperatur var under 0, ikke indeholdt mere Varme; medens man af selve Kuldegraderne seer, at det dog endnu kan tabe Varme. Naar man angiver Thermometer-Grader, maa man ifølge det Foregaaende ikke forglemme at vedfeie om hvilken Skala Talen er. En kortig Sammenligning mellem de forskjellige Thermometergrader bliver altid meget ønskelig. Jeg bemærker her blot for det Tilfælde, som hyppigst forekommer, at 1 Grad Reaumur svarer til $2\frac{1}{4}$ Grad Fahrenheit, og at

jeg, naar jeg vil tilbageføre det Sidste til det Første, blot behøver at subtrahere 32 fra eller addere 32 til Tallet (Ved Varmegraderne subtraherer man, ved Kuldegraderne adderer man), at multiplicere Summen eller Resten med 4, og derpaa at dividere det erholdte Produkt med 9.

Til at lette Sammenligningen mellem de forskjællige Skalaer kan følgende Tabel samt vedfoiede Figur (138) tjene.

Celsius.	Reaumur.	Fahrenheit.
— 20	— 16	— 4
— 10	— 8	+ 14
0	0	32
+ 10	+ 8	50
20	16	68
30	24	86
40	32	104
50	40	122
60	48	140
70	56	158
80	64	176
90	72	194
100	80	112

Fig. 138.

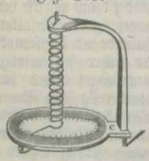


Som I have seet, beroer Indretningen af et Thermometer især paa den smæltende Jses og det kogende Vands Temperatur; og saaledes bliver da ogsaa den Undersøgelse, om nemlig Frysе- og Kogepunktet virkeligen ere saa uforanderlige, som de ialmindelighed gjælde for, en ikke blot vigtig, men ogsaa nødvendigt Undersøgelse. Desværre glæder denne mig ikke ved noget godt Resultat. Allerede ved Frysepunktet finder jeg nemlig, naar noget Vand har blandet sig med Sneen eller den optøede Jis, at der ikke længere er nogen ſtræng Lighed i Temperaturen i de forſkjællige Lag i denne Flydenhed. Forskjællen er dog yderst ringe, ja den reducerer sig, naar vi anvende destilleret Vand, til Nul. At ivrigt Vand, som er tilsat med Salt, først fryser ved meget lavere Temperatur, og derfor ogsaa atter smælter ved ganske andre Grader; dette maae de vel lægge Mærke til, som ville forfærdige slige Instrumenter. Langt anderledes end Frysepunktet, staaer det sig med Kogepunktet. Allerede Fahrenheit bemærkede, at Vandet lettere kogte ved en lav Stand af Qvægsølvet i Barometerrøret, end ved en høiere, eller, hvad der er det Samme, ved et ringere **Lufttryk**, og at følgelig Kogepunktet ved de forskjællige Thermometre ikke stedse stemmer overeens. Snart overtydede ogsaa Andre sig om Rigtigheden af denne smukke Jagttagelse. Saaledes saae f.Ex. en lærd Franskmand, som havde begivet sig op paa Mont Blanc, at Vandet begyndte at koge allerede ved den 68de Grad efter Reaumur, i en Høide, hvor Qvægsølvet i Barometerrøret sank ned til 16 Tommer, og Experimentet, anstillet med Luftpumpen, lærte Eder jo ogsaa vienſynlig, at der i et yderst fortyndet Rum behøves endnu langt

ringere Varme for at faae Vandet til at koge. Næst efter Luftens Tryk afhænger Vandets Kogning ogsaa meget af **Vandets Natur**. Havvand, der, som bekjendt, har en stærk Saltblanding, kommer ingenlunde saa let til at koge, som Flod- eller Brøndvand. Endelig udøver ogsaa **Karrets Beskaffenhed** en Indflydelse paa Kogningsheden, som nok fortjener at paagtes. Saaledes koger Vandet hurtigere i et Jern- end i et Leerkar. Af alt dette følger da for den, som forfærdige Barometre kortelig dette: Han maa 1) **iagttage den almindelig antagne Barometerstand af 28 Pariser-Tommer; — 2) kun bruge destilleret Vand, eller idetmindste saadant Vand, som Naturen giver os det i Regn og Snee, og 3) ikke bringe Thermometret i det kogende Vand selv, men blot i Dampen, som opstiger derfra.** Kun naar han nøie iagttager alt dette, og de allerede forhen vidtløftig givne Forskrifter, tør han haabe at erholde Instrumenter, som ved lige Temperatur vise et lige Antal Grader.

Det Phænomen, at to Metalstriber, som udvide sig ulige, og ved begge Ender ere forbundne fast med hinanden ved smaae Skruer, krumme*) sig ved Varmen, har alt forlængst ledet Nogle paa den lykkelige Tanke at forfærdige **Metal-Thermometre**. Det meest følsomme af alle disse Instrumenter er maaskee **Breguets Thermometer**. Fatter nu hosstaaende Figur (Fig. 139) ret skarpt i Øie! Spiralbaandet, som ustridigt er Instrumentets vigtigste Deel, bestaaer af 3 over hinanden lagte Metallag eller Strimler nemlig: Sølv, Guld og Platina; forøvrigt er det befæstet til et Stykke Messing, hænger ganske fritt ned, og bærer ved sin nederste Ende en horizontal, meget let Naal, som med sin Spids gjennemløber en inddelt Kreds. Guldstriben, som indtager den midterste Plads, tjener alene til at sammenlodde begge de andre Striber. Spiralbaandet har ivrigt neppe en Brede af 1 til 2 Millimeter, og dets hele Tykkelse er idetmindste $\frac{1}{10}$ Deel af denne ubetydelige Maasse. I indsee da vist, at dets Vægt er næsten for Intet at regne, og at det hurtigt maa antage den omgivende Luftes Temperatur. Kredsen hviler paa 3 Fødder, og da den er gjennembrudt, tilsteder den Luften at trænge ubindret mellem Spiralens Bindinger. Sædvanlig bedækkes hele Apparatet af en Glasklokke. Betænke I nu til Slutning, at Spiralen, eftersom den er af Sølv og Platina, udvider sig ulige og vindes af og paa, saa indsee I visselig ogsaa, at Naalen nødvendig maa bevæge sig, naar Varmen tager til eller af. Ligesom andre Metalthermometre bliver ogsaa det Breguetske graduereet efter et følsomt Qvægsølv-Thermometer, d. v. s. afdeelt i lige Grader.

Fig. 139.



Paa samme Grundsætninger som dette Thermometer, grunde ogsaa de forstjællige **Kompensationsuhre** sig. Vi have forhen omtalt de saa-

*) Sæt at den ene Stribe bestod af Zink og den anden af Jern, og at hele Systemet ved 20 Graders Varme dannede en lige Linie, da vilde det ved tiltagende Temperatur bøie sig saaledes, at Zinkstriben kom til at ligge udenpaa, eftersom den udvider sig stærkest. Under 20 Grader maatte naturligviis en Krumning efter den modsatte Side finde Sted.

kaldte **Riftpenduler**; her ville vi blot omtale en lignende Indretning ved Lommeuhrene. Ved disse er Bevægelsens Regulator en Spindel, som sættes i Bevægelse ved en Fjeder. Naar Temperaturen forandrer sig, saa forandre ogsaa saavel Spindelens som Fjederens Dimensioner sig, og følgelig gaaer Uhret for sagte eller for stærkt. For at møde denne Mangel, befæster man Kobber- og Staal-Kompensationspladser, hvis Indretning grunder sig paa det nys angivne Princip. Disse Plader ere inddeelte i flere forskjellige Dele, og mellem enhver af dem anbringer man smaae Vægte eller Guldklumpe (Fig. 140). Disse smaae Klumper holde Spindelens

Fig. 140.



Tyngdepunkt nøie paa samme Punkt, idet de forlænge eller forkorte sig efter Temperaturens Forandringer. Ved mangfoldige Forsøg, som ere anstillede under forskjællige Temperaturer, kan man omsider tilveiebringe en fuldstændig Kompensation.

Ovenfor har jeg vel sagt, at Qvægsølv er den Flydenhed, som bedst egner sig til Thermometrets Fyldning; dog kunne vi ikke undvære **Vinaand-Thermometret**, især dersom vi skulle bestemme en høi Grad af Kulde. Vinaanden forvandler sig nemlig ikke ved nogen os bekjendt Kuldegrad til et fast Legeme. Den Vanskelighed, at den ikke udvider sig jevnt, møde Konstnerne paa den simple Maade, at de regulere deres Vinaand-Thermometer efter et godt Qvægsølv-Thermometer. **Luft-Thermometrene** give stedse usikkre Resultater. For dog i nogen Maade at erholde et Billede heraf, kunne I forestille Eder, at Spidsen paa Glaskuglen af et sædvanligt Barometer blev tilsmeltet, og at Skalaen da blev opført efter den forrige Angivelse af Frysе- og Kogepunktet ganske saaledes som ved vore Vinaand- og Qvægsølv-Thermometre. Aabenbar hviler nu Vægten af Qvægsølvet paa den Luft, som er indesluttet i Kuglen. To Ting maae være Eder tydelige ved et saadant Luftthermometer: 1) at Qvægsølvsøilen stiger, naar Luften ved en høiere Varme vinder i Elasticitet; og 2) at ogsaa Qvægsølvet tager Deel i Udvidelsen. Alene den sidste Omstændighed betinger Utilforladeligheden af Luftthermometret. — Endnu maa jeg omtale tvende ret mærkelige Thermometre, nemlig:

Fig. 141.



Maximum og Minimum-Thermometret. Dette Navn giver man de Thermometre, der ere indrettede saaledes, at Viseren bibeholder den høieste og laveste Temperatur, for hvilken de i en vis Tidsperiode have været udsatte. De forfærdiges paa forskjellige Maader. Det **Bellinisk**e bestaaer af en Vinaand-Beholder (Fig. 141) R, som staaer i Forbindelse med et dobbelt krummet Rør, som ender sig i en lille Beholder, r; Beholderen R og en Deel af Røret indtil T' er fyldt med Vinaand; en Qvægsølvsøile indtager den Deel af Røret, som ligger mellem T' og T. Ved hver Ende af denne Søile befinder sig en lille Viser af Jern, som ved et sammenrullet Haar er adskilt fra Qvægsølvet. Dette Haar er formedelst sin Elasticitet istand til at holde Viseren svømmende i Vinaandsøilen i den Høide, hvortil den er bleven bragt; men dette hindrer den imidlertid ikke fra at bevæge sig, dersom den ved Qvægsølvsøilen drives fremad. For at anvende dette Instrument ved et Forsøg, leder man ved Hjælp af en Mag-

net Viseren ned paa Qvægsølvet; bliver nu Temperaturen siden lavere, saa stiger Qvægsølvsøilen paa Siden R af Beholderen og Viseren T', som drives frem af Qvægsølvet, bæver sig, og bliver staaende paa det høieste Punkt, hvortil Qvægsølvet er kommet. Naar derimod Temperaturen stiger, saa stiger Qvægsølvsøilen i det modsatte Kar; Viseren T hæves nu paa sin Side iveiret, og forbliver der, hvor Qvægsølvsøilen hensætter den. Man seer altsaa, at den første af begge Viserne er bestemt til at maale Temperaturens Minimum; den anden dens Maximum. Undertiden ere disse Thermometre adskilte; i dette Tilfælde er Maximum-Thermometret et Qvægsølvs- og Minimum-Thermometret et Vinaands-Thermometer.

Leslies Differential-Thermometer. Dette Thermometer bestaaer af et hævertagtigt krummet Rør, som med hvert af sine Endepunkter, ender sig i en med Luft foldt Kugle (Fig. 142). I det Indre af Røret befinder der sig en farvet Flydenhed. Naar man opvarmer den ene af Instrumentets Kugler mere end den anden, saa udvider den i Kuglen indeholdte Luft sig og driver Flydenhedssøilen, som forhen stod lige høit i begge Been af Røret, hen mod den anden Kugle. Man graduerer dette Thermometer derved, at man antager en given Differens mellem begge Kuglers Temperatur; det Punkt, hvor Flydenheden staaer lige høit i begge Benene, betegner man med 0, og inddeler Mellemrummet mellem begge Kuglerne i en vilkaarlig Mængde lige store Dele. Differential-Thermometret finder en meget god Anvendelse, naar Differensen mellem Temperaturen af 2 i Rummet meget nær liggende Punkter skal maales, eller og naar den Varmegrad skal bestemmes, som er koncentreret i Brændpunktet af et Brændspeil.

Fig. 142.



Hvo, der ved Hjælp af et Thermometer vil udfinde et Legemes Varmegrad, han maa agte vel paa, at Legemet slutter muligst tæt til Kuglen og en Deel af Røret i en tilstrækkelig Tid, samt at intet andet Legeme virker forstyrrende ind paa Instrumentet, medens Jagttagelsen skeer. Blot en Berøring med Haanden frembringer Urigtigheder. At ei heller Nogen kan sige om et Legeme, at det har denne eller hin Temperatur, før Qvægsølvstoppen bliver staaende paa et vist Punkt, er indlysende af sig selv. — Men hvorledes lære vi at kjende **Temperaturen dybt nede i Jorden?** Næsten Enhver, som hidtil har forsøgt at udforske denne, tog et aabent Rør, foldte dette til Randen med Qvægsølv, og nedlod det i Dybet, f.Eks. i en artesisk Brønd. Formedelst den større Varme vil en Deel af Qvægsølvet flyde ud af Røret. Naar han nu atter drager Røret op, behøver han blot at bringe det i Vand, som han successiv opvarmer, og da i det Øieblik, da Qvægsølvet paany fylder Røret aldeles, see til, hvilken Varmegrad et sædvanligt Thermometer, der ogsaa staaer i det samme Vand, angiver. At finde hvilken Temperatur, der hersker i Havets forskjellige Dybder, er en Opgave, hvis Løsning allerede gjør et mere sammensat Instrument nødvendigt, og som derfor vel her uden videre kan forbigaaes.

Thermometrets Anvendelse er ialmindelighed meget udbredt, og de Resultater, man ved Hjælp deraf kan komme til, have visseligen ingen ringe

Interesse. Kun paa de Vigtigste i saa Henseende maa jeg her gjøre Eder opmærksomme: Lægen bedømmer herefter det menneskelige Legems Varme; Luftens Varme i Sygestuen og Varmen af Vandet til Badning; Konstgartneren Klimaet i Drivhuset; den, som opdrætter Silkeorme, Varmen i Larvernes Stuer, ja Ægyptеren endog Heden i den Ovn, hvori han lader Æg udruges; Naturforskeren tager Thermometret med sig paa Bjergets Top, ombord i Luftskibet, ja selv i Dykkerklokken. Ogsaa i Meteorologien eller Veirkundskaben spiller Thermometret en betydelig Rolle.

Cornelius Drebbel, en hollandsk Landmand, der ofte opholdt sig i England og levede i Slutningen af det 16de og i Begyndelsen af det 17de Aarhundrede, ansees ialmindelighed for den, der først har forfærdiget dette nyttige Instrument. Andre anser **Gallilæi**, og atter Andre Lægen **Sanctorius** for Opfinderen. Med Drebbels Instrument stod det sig ivrigt som med ethvert andet Instrument, strax naar det opfindes d. v. s. det var rigeligt begavet med alle Slags Ufuldkommenheder. For at erholde en rigtig Forestilling derom, maae I tænke Eder den ene Ende af et Glasrør udblæst til en Kugle, og den anden staaende aaben, og sat i et Kar, hvori en farvet Flydenhed befinder sig. Med den Stedse Stigen og Falden bænger det saaledes sammen. Tager Varmen til, saa udvider den i Kuglen indeholdte Luft sig, og driver Væsken ned mod Bunden; aftager Varmen atter, saa trækker Luften sig sammen, og tillader derved den farvede Flydenhed at stige mere eller mindre iveiret. Hovedfeilen ved det dreblelske Thermometer var den, at Trykket af den ydre Luft, der, som ogsaa Betragtningen over Barometret har lært Eder, er foranderligt, virker paa den farvede Flydenhed, og følgelig kan foranledige en Stigen og Falden, uden at nogen Forandring i Varmegraden indtræder. I Tidens Løb forsvandt snart denne snart hin Feil. — Det **florentinske Thermometer**, hvis Opfindelse falder i det 17de Aarhundrede, og tilskrives Medlemmerne af Akademiet i Florenz, er allerede langt fuldkommere. Hos dette indeholder Kuglen og en Deel af Roret farvet Vinaand; Rummet over den sidste er saameget som muligt gjort luftтomt og den øverste Ende af Roret tilsmeltet. Det er aabenbart, at Vinaanden maa stige ved tiltagende, men falde ved aftagende Varme. Det florentinske Thermometer havde endnu det Fortrin, at det betegnede det Punkt, ved hvilket den farvede Flydenhed blev staaende i en dyb Kjælder, og at derfra det nærmeste Rum over og under var deelt i lige store Dele. Men desværre fortjente hint Punkt ligesaa lidet Prædikatet af **fast**, som enhver af disse vilkaarlige Grader Navnet **bestemt**. Lykkeligviis bemærkede **Halley** 1692, at Flydenheden steg ikke høiere end til et vist Punkt i et Thermometer, som stod i et aabent, med kogende Vand fyldt Kar; hvilket Punkt han allerede kaldte Kogepunktet, eller det kogende Vands Punkt. Endelig gjorde den store **Newton** en lignende ikke mindre vigtig Opdagelse. Saalænge nemlig Isen, som han havde lagt om Kuglen paa sit Instrument, smeltede ved det stedse paany paagydte hede Vand, forandrede Linoliens Stand i Thermometerroret sig ikke. Dette Punkt kaldte han den smeltende Snees Punkt, eller, fordi Vandet sædvanlig begynder at frøse ved en saadan Temperatur, Is- eller Frysepunktet. Ved Opdagelsen af Koge- og Frysepunktet var Veien banet for Forfærdigelsen af en ordentlig Skala. Hvad Fahrenheit, Reaumur og Andre have gjort for Thermometrets Forbedring, er bleven Eder meddeelt ovenfor saa vidtløftigt, som nødvendigt er.

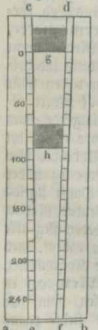
§. 5.

Pyrometret eller Ildmaaleren.

Thermometret er visselig et meget nyttigt Instrument; men det tjener dog blot til at bestemme Graden af en middelmaadig Varme. I Glas- og Jernhytter, i Steentøi- og Porcelain-Fabrikker, i Klokkestøberier og lignende Værkstæder bringer det os kun liden, ja næsten slet ingen Nytte. Ønsket om ogsaa at kunne maale Graderne af en saadan Hede, der overstiger selve Ovægselvets Kogehede, have derfor allerede forlængst foranlediget Folk til at udgrunde og forfærdige saadanne Instrumenter, ved hvis Hjælp Saadant er muligt. Desværre lade alle Værktøi af dette Slags Mere eller Mindre tilbage at ønske. De føre Navn af **Pyrometre eller Ildmaalere.**

Jeg vil her først beskrive Englænderen **Wedgewoods** Pyrometer. Denne Mand, den samme, som fabrikerede det fortræffelige Steentøi, valgte til provende Stof Leret fra Kornwallis, altsaa en Jordart, der, som vi have hørt, da Talen var om Legemernes Uddannelse, besidder den Egenskab stedse at drage sig mere sammen i Ilden, uden atter at udvide sig ved pludselig indtrædende Afkjøling. Af en Deig af saadant Leer forfærdigede han først flere Terner og cylindriske Legemer og torrede dem paa en sædvanlig Jernblik-Plade, der stod paa Overgangen til at blive rød-gloende. Herpaa bragte han dem i en endnu høiere Hede. For nu at lære at kjende den Grad, hvori de ved selve Heden vare blevne endnu mindre, loddede han paa en Metalplade ab (Fig. 143), som kun var nogle Tommer bred, men 1½

Fig. 143.



til 2 Fod lang, to firkantede Stænger, ee og df, og dette saaledes, at deres mod hinanden vendende Sideflader havde en Afstand ved ed af 0,₁ Tommer, ved ef derimod kun 0,₃. Tilstidst afsleb han bine torrede Leerlegemer, passede dem nøie ind mellem Stængerne ved g, belegnede det Sted, hvor deres indre Side laae, med 0, og deelte derfra Længden i 240 lige Dele. Bragte han nu senere et af bine Leerlegemer i en høiere Hede f.Ex. paa et Stykke Jern, der var stærkt glødet til Sveisning, og lod han det blive der saalænge, til det havde antaget Temperaturen af sit Underlag, eller af den omgivende Flydenhed, saa behøvede han blot efter Afkjølingen at stryde det ind mellem Maalestokken, for at finde Pyrometergraden, d. v. s. det Sted, hvor dets indre Side nu blev staaende. **Men hvorledes forholder vel en saadan Pyrometergrad sig til en Thermometergrad?** For at finde dette, udfordres megen Møie og stor Taalmodighed. Wedgewood, som ogsaa i denne Henseende har anstillet hensigtsmæssige Experimenter, tog en Solvstang, og bestemte med yderste Ombyggelighed, hvormeget denne udvidede sig 1) fra Frysе- til Kogepunktet, og 2) fra Kogepunktet til den rødglødende Hede. Forudsat, at Solvets Udvidelse følger jevnt med Varmens Stigning, kunde han i ethvert Tilfælde beregne, paa hvilken Grad af Thermometerskalaen den rødglødende Hede faldt. Han fandt denne Grad at være 1077,₅ efter den Fahrenheitske Skala. Efterat han havde erholdt den nødvendige Kundskab herom, meddelte han paany sin Solvstang en endnu høiere Hede. Lad denne f. Ex. have været 2 af hans Pyrometergrader!

Undersøgte han derpaa Stangens Forlængelse og sammenlignede han den med det tidligere erholdte Resultat, saa kunde han aabenbar med temmelig Visked angive, hvormange Thermometergrader een af hans Pyrometergrader indeholdt. Efter Fahrenheits Skala var det ikke mindre end 130 Grader.

Hvad Frysepunktet er ved ethvert andet Thermometer, det er Punktet for den begyndende rødglødende Hede ved det Wedgewoodske Pyrometer. I dette Punkts Foranderlighed ligger den første, men og tillige den betydeligste Mangel ved dette Instrument. Havde Wedgewood istedetfor dette valgt en lavere, men naturligviis langt bestemtere Grad, f. Ex. den Hede, ved hvilken Blyet eller Tinnet smælter, saa vilde hans Pyrometer have opnaaet en større Fuldkommenhed. En anden Mangel beroer paa Forfærdigelsen af Leerternen. At maaske Ingen har været bedre bekjendt saavel med denne som med mange andre Feil, end Opfinderen selv, bevises tilstrækkeligt ved den Omstændighed, at han i den senere Tid ikke lod det ofte forfærdige, omendskjøndt det forhen skal have ydet ham fortræffelig Tjeneste i hans Steentøi-Fabrik.

Newton, hin store Mand, der ei kunde komme i Berørelse med nogen Gjenstand for erfaringsmæssig Undersøgelse, uden at behandle den med al den ham eiendommelige Grundighed, bestemte særdeles skarpsindig de høie Grader af Temperaturen af den Tid, hvori et opheedet Legeme atter afkjøledes. Han tog nemlig et passende Stykke Jern, meddeelte det den hvidglødende Hede, og belagde det derpaa med Legemer af Guld, Sølv, Kobber og overhovedet af meget forskjellige Metaller. Alle smæltede strax uden Undtagelse. Nu skaffede han hele Indretningen hen paa et saadant Sted, hvor Temperaturen blev sig temmelig lig, og iagttog nu med Omhyggelighed, efter hvilken Tids Forløb ethvert af de opløste Metalstykker atter blev fast. Derefter beregnede han endelig Hedens Grad.

Endnu vil jeg med et Par Ord omtale **Luftpyrometret.** Det bestaaer af en hul Platina-Kugle, og er ved den ene Ende forsynet med et fint Rør. Naar den paa en eller anden Maade er opheedet, gaaer en Deel, af den Luft, som befinder sig deri, bort igjennem Røret, og den tilbageværende Deel sammendrager sig atter, naar den er afkjølet. Hvorledes det nu herved bliver os muligt af den bortgaaede Luftmængde at beregne den Tempetatur, som Luften før havde, har jeg allerede forhen tilstrækkelig nok sat ud fra hinanden. Ved sædvanlige Forsøg kaste vi hele Apparatet efterat det bar modtaget den nødvendige Hede, i Vand; derpaa undersøge vi, hvormeget der af hiin Fluidenhed trænger ind, og udfinde deraf, hvilken Luftmængde der er fortrængt af Vandet. Men vi ikke ogsaa skulle kunne benytte hint Apparat, der sætter os i Kundskab om faste Legemers Udvidelse ved stigende Varme, som Pyrometer?

Vore Betragtninger over Thermometret og Pyrometret vilde i ethvert Tilfælde mangle endnu mere i Fuldstændighed, dersom jeg ikke endnu nødvendige for Eder nogle Varmegrader, saaledes som disse sædvanlig forefindes ved forskjellige Ting. Her følge derfor nogle saadanne Angivelser:

Følgende Ting smælte.	Grader efter Celsius.	Grader efter Wedgewood.	Koge.	Grader efter Celsius.	Grader efter Wedgewood.
Ovægsølv ved	— 39	—	Svovlagt. Syre ved	— 10	—
Mælk	— 11	—	Saltæther	+ 12	—
Vin	— 5	—	Concent. Saltsyre	20	—
Talg	+ 40	—	Salpeteragt. Syre	28	—
Hvidt Vox	68	—	Svovlæther	36	—
Svovl	111	—	Vitriololie	326	—
Tin	228	—	Alkohol	78	—
Bly	334	—	Salpetersyre	86	—
Sølv	1000	omtr. 6	Havvand	104	—
Kobber	1100	— 7	Linolie	315	—
Guld	1200	— 9	Concent. Svovlsyre	327	—
Staal	1300	— 10	Ovægsølv	360	—
Stangjern	1500	— 13	Destil. Vand	100	—

§ 6.

Varmens Udbredelse.

Enhver Metalstang, hvis ene Ende ligger i Ilden, vil, som Alle vide, om kort Tid ogsaa blive saa hed i den anden, at vi næppe vove at berøre den. Træ og Papir derimod, som udsættes for Heden under fuldkommen lige Omstændigheder, indsage os ingensinde en saadan Frygt. Lignende Phænomener frembyde sig for os ved de nævnte Tings modsatte Temperatur. Næppe have vi nemlig om Vinteren grebet en Metalstang med vore Fingre, saa lade vi den ogsaa atter falde formedelst dens betydelige Kulde; men ikke saaledes med Træ og Papir, om endog begge de sidste Legemer have nok saalænge været udsatte for en stor Kulde. Hvorledes gaaer vel dette til?

1) De Dele af Legemerne, som ligge i Ilden, meddele den modtagne Varme til de nærmest tilgrændsende, disse atter til de følgende osv. lige til den yderste Grændse. Ved Metalstangen skeer dette overmaade hurtigt, ved Træ og Papir derimod meget langsomt.

2) At vi lade Metalstænger, men ikke Træ og Papirstrimler falde, naar de alle, som vi pleie at udtrykke os, ere blevne iiskolde hidrøre alene fratage vor Haand en Mængde Varme.

3) Hvilke andre Legemer vi endog ville undersøge, stedse ville vi finde, at Forplantelsen af Varme og Kulde skeer snart som ved Metalstængerne, snart atter som ved Træ og Papir: **Legemer af første Slags kaldes gode, af sidste slette Varme- og Kulde-Ledere.**

Foruden Metallerne torde der vel endnu gives saa gode Ledere. — For nu at erfare, hvilke af de nævnte Legemer der bedst forplante Varmen, forskaffer man sig lange Traade af Guld, Sølv, Kobber, kort af forskjællige Metaller, overdrager dem meget ligelig med Vox, holder dem nøie

i en horizontal Retning*) og bringer deres ene Ende i en heed draabebar Flydenhed. Voret vil da smælte overalt hvor Traadene ere blevne tilstrækkelig varme. Det beskrevne Experiment har forlængst ledet os til den Kundskab, at Voret kommer ved Solstrænger til at smælte længst borte fra Varmekilden, ved Blystrengerne derimod i korteste Afstand, eller at Sølv er den bedste, Bly derimod den sletteste Varmeleder blandt Metallerne. Ganske eindommelig viser Varmeledningen sig for os ved Træ. Ville I ogsaa være bekjendte hermed, saa skjærer blot en Stok efter Længden af Aarerne og endnu en anden af samme Træ saaledes at Snittet gaaer paatværs. Varmer derpaa begge Stykker ved den ene Ende saavidt muligt lige; og undersøger derpaa tilsidst hvorvidt og i hvilken Grad I føle Varmen. Resultatet er simpelthen dette: det Stykke, som I have skaaret efter Længden, forplanter Varmen ulige bedre, end det andet, hvor Snittet gaaer paatværs. Saa ubetydelig end denne Omstændighed synes at være, saa vigtig er den i Naturen for alle Træer. Varmen synker som bekjendt i haarde Vinterdage under Frysepunktet, og Safterne, som ellers uafbrudt steg ivveiret blive til Is. En saadan Synken af Temperaturen bliver dog nærsten stedse uden skadelige Følger. Idet nemlig det Indre af Træet blot ved en Ledning paatværs mod Fibrerne er underkastet Afkjøling, indtræder ved enhver forandret Temperatur Verlingerne i Spændingen af Karrene ikke pludselig, men successiv. Ligesaa langsomt forplanter den tilbagevendende høiere Varme sig om Foraaret. Men ligesom Æbler, Kartofler o. d. l. lide langt mindre, naar vi lade dem Tid efter anden varmes over Frysepunktet i koldt Vand, saaledes er ogsaa hiin successive Meddelelse af den høiere Temperatur af uberegnelig Nytte for vore Træer.

Tager jeg et Kar med Vand, hæver jeg det op paa en Trefod, gjør Ild derunder, og iagttager i hvilken Grad Varmen tager til franeden opad, da ville vi see, at denne er ret betydeligt; thi nøppe har Ilden i nogle Minutter omspillet Karrets Bund, saa føler jeg selv i de øverste Vandlag den høiere Temperatur. Er Vandet endelig bragt til at koge, og jeg lægger en Jispladе, som idetmindste har en Tykkelse af 3 til 4 Tommer, paa Karret, saa vil jeg bemærke, at kun faa Minutter behøves for at forvandle den til Vand. Endelig anstiller jeg et 3die Forsøg, jeg tager et Glaskar hvori der er nærsten iiskoldt Vand; dykker et Thermometer deri og forsyner derpaa sidstnævnte med et Dække af hed Olie. Hvorledes det herved staaer sig med Varmens Forplantning viser især den Omstændighed Eder, at jeg kan bringe Thermometrets Kugle nærsten til Olielaget, uden at blive nogen Forhøielse af Temperaturen vaer. Mærker herved Følgende:

Varmt Vand er stedse lettere en koldt; opheder jeg derfor dette eller en anden draabebar Flydenhed i et Kar, som sædvanlig fra neden af, saa stige de opvarmede Dele uafbrudt ivveiret, og meddele derved de kolderе, som de træffe paa Veien, noget af deres høiere Temperatur. Paa denne Maade følger Varmens Udbredelse temmelig hurtigt, og Vandet synes at besidde en god Leders Egenskab. Man hvo, som overveier, at **Ledningen er Varmens Overgang fra een Deel til en anden**, taler vissеligen, naar de opvarmede Dele selv gaae videre, ikke om nogen Ledning, men vel om at Varmen ogsaa kan forplante sig ved **Strømning. Van-**

*) Traadene maa holdes i en vandret Stilling for at ikke de opstigende Dampe skulle bevirke en Smæltning af Voret.

det er ligefrem, som overhovedet enhver draabebar Flydenhed, en slet Leder. Ville J overtyde Eder herom paa en anden Maade, saa lægger blot 1, en gloende Jernplade paa et Kar med koldt og 2, et Stykke Is under et andet med kogende Vand. Hvad herpaa følger vil overraske Eder. Saalænge J nemlig ogsaa lade den glødende Jernplade dvæle paa det første Kar, saa bliver den Varme, som Vandet modtager, dog stedse meget ubetydelig, ja den trænger slet ikke frem til de underste Vandlag, hvorom J let kunne overtyde Eder ved Hjælp af et lille Hul i Mærbeden af Bunden. Ligesaalidet tager Jisstykket Deel i Varmen af det sig derover befindende kogende Vand. Vel begynder det hist og her at gaae over i den draabebare Tilstand; men der vil selv da, naar det bede Vand umiddelbar berører dets Overflade, medgaae hele Timer, førend Opløsningen i alle Delene vil være foregaaet.

Tænker Eder et Kammer, for hvis Vægge der er opstillet Tapeter; de Luftlag, som befinde sig mellem disse og Væggene, vedblive stedse at være kolde, hvormeget endog Varmen i Kammeret tiltager. Forestiller Eder endvidere, at der over dette Kammer befandt sig et andet, og at begge stod i Forbindelse med hinanden ved en Aabning, der var temmelig stor og anbragt i det Understes Loft! Uden at have truffen nogensomhelst anden Forberedelse, blive vi tydeligt vaer, naar vi ophede Ovnen stærkt i det underste Kammer, hvor hurtigt Varmen udbreder sig opad, eller hvor overordentlig let den forplantes ved Luften. Ved hvilket af disse bestemte Phænommer finder **Ledning**, ved hvilket **Strømning** eller **Bevægelse** Sted. I indse nu vel, at den tidligere udtalte Sætning: **de draabebare Flydenheder ere slette Varmeledere**, ogsaa gjælder for de elastiske Flydenheder, og at vi ligesaavel ved disse som ved hine maae tage os iagt for at forveksle den egentlige Ledning af Varmen med dens Udbredelse ved Strømning.

De Legemer, der, som Metallerne, høre til de gode Ledere, beholde den dem meddelte Varme eller Kulde kun en kort Tid; alle øvrige, der som Træ, Papir, linnede og uldne Tøier o. d. l. kun vanskeligen antage en anden Temperatur, afgive den derimod overst langsomt. Med Hensyn herpaa kalde vi hine Legemer, **slette**, disse **gode Varme- eller Kulde-Beholdere**.

Paa Phænommer, der især beroe paa Varmens forskjællige Ledning, fattes det ikke: først vil jeg anføre Eder nogle, da maae J selv nævne flere, og tillige bevægang vedføie den nødvendige Forklaring.

Haar, Uld og Fjeder, med hvilke Ting, som bekjendt, de fleste Dyr ere bedækkede, ere ualmindelig slette Varmeledere. Af den Grund kan det da ikke undre os, at visse Fugle og Pattedyr, hvis Hjemstavn ligger under et koldt Himmelstrøg (J kunne herved tænke vaa Zobelen, Isbjørnen, Edderfuglen, Sidensvansen osl.) ere rigeligen bedækkede dermed. Uld, Linned og forskjællige Pelsværk derimod, hvoraf vi sædvanligt lade os vore Klæder forfærdige, yde os saa god Tjeneste, fordi de, som ogsaa høre til slette Ledere, fastholde hin Varme, der er udviklet ved Livsfunktionen (Ved Aandningen opstaaer kun en Deel af den dyriske Varme.) Færsluttende Klæder ere iøvrigt ikke saa gode som noget fraslaaende. Aarsagen herttil ligger i de Luftlag, som i sidste Tilfælde danne sig mellem dem og Kroppen, og som jeg ved det tapeserede Kammer viste Eder leder Varmen ikke mindre slet, end linnede og uldne Stoffer. — At Tungen let bliver hængende

ved Jernstænger, som have været udsatte for en stor Kulde; at vi for at beskytte Træer og Vandpumper mod Frosten omvikle dem med Straa, ligesom Iiskjældere, hvorfra vi ville holde Atmosphærens Varme borte; — at en saakaldet russisk Ovn, naar dens tykke Leer-Vægge ivrigt ere godt gjennemvarmede, i hele Timer meddeler Stuen sin Varme (tænker herved tilbage paa den straalende Varme!); at et Glas paa en heed Ovn ikke springer, naar vi give det et Blad Papir til Underlag; at det om Sommeren er mindre varmt, om Vinteren mindre koldt under Straatag, end under Tegltag; at Snee, som falder om Foraaret, bringer den unge Sæd en uberegnelig Nytte: alle disse og lignende Phænomener, som vi bestandig kunne iagttage, behøve vist ingen videre Forklaring for Eder, da I have lært at kjende gode og slette Kulde- og Varme-Ledere og Beholdere.

Den Hede, som vort Ansigt fornemmer, naar vi i Nærheden af en aaben Ovndør have Ilden lige for os, er, som I vel ogsaa alt have bemærket, saa stærk, at vi snart blive nødte til at vende os til en anden Side. Denne Omstændighed beviser paa det meest Slaaende Varmens Udstraaling. Lukke vi atter Døren til, istedetfor at vende os om, eller bringe vi en Glasplade mellem vort Ansigt og Ilden, saa er Heden øieblikkelig forsvunden, og derved den Paastand bekræftet paany: **Varmen udsender, ligesom Lyset, sine Straaler.** — For ikke at blive altfor vidtløftig, sammenfatter jeg det, som hidtil er udfundet med Hensyn til Varmens Udbredelse ved Straalning, i efterfølgende 5 Punkter:

1) **De Varmestraaler, som falde paa et Legeme, gaae deels igjennem, deels blive de tilbagekastede, deels indsugede eller opslugte.** Som et Legeme, der lader Varmestraalerne gaae igjennem sig, ligesom et gjennemsigtigt Lysstraalerne, nævner jeg Eder eremplviis Steensalt. Med Hensyn herpaa er næsten ethvert Legeme, som er fuldkommen uigjennemsigtigt, det ganske modsat. Kalkspath, Speilglas, Bjergkrystal osv. forholde sig snart paa denne, snart paa hiin Maade, alt efterson Straalerne blive tilkastede dem fra kogende Vand eller fra opheedet Kobber. Angaaende Varmestraalernes Tilbagekastning maae mine to Hunlspeile, Fig. 144, føre Beviset. Jeg opstiller dem atter saaledes, i en gjensidig Afstand af 10 til 12 Fod, at deres Arer falde i en lige Linie; anbringer derpaa i Brændpunktet a paa det ene Speil mn en Lysflamme, og i Brændpunktet b af det andet Speil op Phosphor, Svovl, eller overhovedet et let brændende Legeme. Og see! jeg behøver ikke at vente længe, før det Sidste ved sin indtrædende Antændelse lærer mig, at Heden i b maa have opnaaet en meget betydelig Grad. Hvorfra den hidrører vil jeg blot foreløbigt antyde Eder: Lysflammen i Brændpunktet a sender sine Straaler til mn; derfra gaae de parallel med Speilets Arе til op; op kaster dem endelig tilbage i sit Brændpunkt b.

Fig. 144.



2) **Den Mængde af Varme, som et Legeme udstraaler, afhænger ikke alene af dets Temperatur; men ogsaa af dets Overflade.** Nogle Beviser for denne Paastand har jeg allerede forhen anført (tænker herved paa de to Potter, Metalpladerne osv. som ogsaa paa den Erfarings-Lov, som grunder sig derpaa: Lysfarvede og polerede Legemer osv.) jeg gjør derfor her blot endnu nogle, men visselig interessante

Forsøg. Betragter først de 4 Sideflader af denne hule Tærning. Den ene Flade er poleret, den anden er bedækket med Glas, den tredie er slebet mat, og den 4de er ru, eller egentlig overdragen med Rust. Jeg fylder den nu med Vand, opheder den ved en Spiritusflamme, opstiller i en vis Afstand et Huulspeil, i hvis Brændpunkt der er et Thermometer, og retter enhver af de 4 Sideflader mod Speilet, nøie i den Orden, hvori de ere omtalte. Jeg vil da see, at Qvægsølvet ved enhver ny Flade stiger høiere i veiret. Vil jeg, at et Legeme skal udstraale meget liden Varme, kan jeg aabenbar ikke gjøre noget bedre, end give det en muligst godt poleret Metaloverflade. Nu vide I vel ogsaa, til hvilket Middel jeg i modsat Tilfælde maa gribe? De mange Zirater paa vore Stueovne, Vandets tidligere Kogen i sodede Potter, den hurtige Afkjøling af en Jordflade, som er rigelig bedækket med Planter osv. kan nu ikke mere være uforklarlige Phænomener for Eder.

3) **Varmestraalerne ere Brydning underkastede paa lignende Maade som Lysstraalerne.** — Jeg vil her blot bringe Eder Brændglasfene i Erindring, der samle de gjennemladte Varmestraaler i Brændpunktet, og just derved, saafremt de iøvrigt besidde en tilstrækkelig Størrelse, frembringe en Hede, som er tilstrækkelig selv til at smælte Glas. En bestemt Lov for Brydningen kjende vi endnu ikke; thi alle de Forsøg, ved hvilke vi haabede at finde den, have blot lært os dette Ene: **At Varmestraalerne fra forskjællige Varmekilder ogsaa brydes med forskjællig Styrke.**

4) **Varmestraalerne ere med Hensyn til deres Hurtighed i ethvert Tilfælde Lysstraalerne fuldkommen lige!** — To store Huulspeile, stillede overfor hinanden paa 80 til 100 Fod saaledes, at det enes Straaler, som kastes tilbage parallel med dets Axe, ogsaa træffe det andet Speil parallel med dets Axe, vise, at naar vi bringe en vel hed, men ikke mere gloende Kugle i hiint Speils Brændpunkt, vil et i Brændpunktet af dette staaende Thermometer ogsaa strax begynde at stige, naar vi nemlig bortage den mellem dem holdte Skjærm.

5) **Varmestraalerne meddele den Luft, hvorigjennem de gaae, yderst ringe, ja næsten slet ingen Varme.** — Det ovenfor beskrevne Forsøg, ved hvilket vi bringe en Glaspiade mellem Ilden og vort Ansigt, bekræfter tilstrækkeligt denne sidste Paastand; thi den næsten uforbragelige Hede forsvinder jo øieblikkelig, naar Glaspladen bringes imellem.

Til Slutning vil jeg endnu meddele Eder Noget om de saakaldte **Ildmennesker** og **Ildproven.**

Ifølge Efterretninger, som vi have erholdt fra troværdige Øienvidner, gives der endnu stedse Folk, som, uden mærkeligt at bestadige sig, dandse paa gloende Jern, trække hedt Metal over Tungen, tage smæltet Bly i den hule Haand osv. De kalde sig **Ildmennesker.** En saadan Mand smæltede engang en vis Masse, som han udgav for Bly, og traadte saalænge paa den med bare Fødder, til den var bleven ganske afkjølet. En anden Gang slugede han kogende Provenceolie. Om vi nu endog ville indrømme, at hiin Masse bestod af en let flydende Blanding af Bly, Tin og Wismuth, som alt smæltede i kogende Vand, og at endvidere Olien ikke kunde blive ret hed, da den var blandet med Vand, saa maatte han dog endnu stedse besidde Midler, som kunde gjøre ham temmelig sikker med Bestadigelse. Og saaledes forholder det sig ogsaa i Virkeligheden. Hvo af

Eder, der skulde have Lyst til ogsaa engang at være et Jdmemeske, han gnde 2 ℔ Vand paa omtrent ½ ℔ Allun og 4 Lod Vitriolsyre, og bestryge med denne Blanding den Deel af Legemet, hvormed han vil gjøre Experimentet. Hele Sagen fortjener imidlertid ingen Anbefaling. For detmindste at kunne gribe glovende Kul ligesom en Smed, hvis indre Haandflade er ved det stærke Arbeide bleven næsten hornagtig, og altsaa har erholdt et Overtræk, der kun lidet leder Varmen, behøve J blot at knuse en almindelig Hæveleg, og indgnide Eders Hænder dygtig med Saften deraf. — Den Konst at kunne, ved Hjælp af Klæder, som ere gjorte af Asbest (en fin haar- eller naaleformig, stundom ogsaa boielig krystallinsk Dannelse) gaae omkring i brændende Huse, redde hvad der er blevet tilbage osv. fortjener i høi Grad at opmuntres og begunstiges.

Jldprøven var en Guds-Dom, hvortil vore Forfædre tvede, naar de manglede andre gyldige Beviser, og den blev billiget af Alle. Herved gik det da saaledes til: Man befalede den Ulykkelige enten at bære en glovende Boldt 9 Skridt eller at gaae med blottede Fødder over 9 til 12 Plovjern, der laae noget fra hverandre; dersom der nu efter et Forløb af 3 Dage, da den egentlige retlige Besigtelse fandt Sted, var at see den mindste Beskadigelse, saa erklærede man Vedkommende for skyldig, og brændte ham. Mange mistede paa denne Maade uskyldigen Livet. Hvorledes det kan have gaaet til, at Enkelte kunne have udholdt Prøven uden mærkelig Beskadigelse, ville J nu selv være istand til at indsee.

§ 7.

Om bunden og fri Varme.

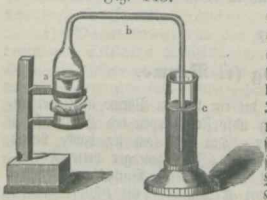
Jeg gyder 2 ℔ Vand, af hvilke det ene har en Varme af 0 det andet af 60 Grader efter Reaumur, og udforsker derpaa ved Hjælp af mit Thermometer Blandingens Temperatur. Den er, som jeg havde ventet, neie, eller dog temmelig neie 30 Grader. Jeg gjentager dette Forsøg; men tager istedetfor det kolde Vand 1 ℔ Snee eller finthakket Jis, som just er i Begreb med at tee. At det ℔ Vand af 60 Grader smælter Sneen eller Jsen er intet mindre end et paafaldende Phænomen; men at mit Thermometer, efterat nemlig denne Masse har fuldkommen forvandlet sig til Vand, i denne ny Blanding viser paa 0 Grader, overrasker mig meget og fremkalder vel ogsaa hos Eder det Spørgsmaal: Hvor ere de 60 Graders Varme bleven af, som hiint ℔ Vand tidligere havde? Jsen har fortæret dem, medens den smæltede; den Varmemængde, som udfordres for at forvandle 1 ℔ Jis eller Snee af 0 Grader til 1 ℔ Vand af samme Temperatur, er neie saa stor, som den vi bruge for at ophede 1 ℔ Vand fra 0 til 60 Grader. — Jeg sætter dernæst koldt Vand over Ilden i et aabent Kar. Saalænge det endnu ikke koger, stiger Varmen næsten hvert Øieblik; men naar denne Tilstand er indtraadt, vil Varmen ikke stige det Mindste, hvilket Thermometret ogsaa bekræfter. Al paany tilstrømmende Varme bevirker fra nu af intet Videre end en Omdannelse af Vandet til Damp. Ganske lignende Phænomener, som trøde os imøde ved den smæltende Jis og det fordampende Vand, forekomme, saavidt vore Jagttagelser strække, naar et fast Legeme forvandles til et draabeflydende, eller et saadant til et elastisk flydende. Mærker Eder herved 2 Ting!

1) **Den Varme, om hvilken vi ikke ret vide, hvor den er bleven af, hedder bunden eller skjult Varme.**

2) **Saavel ved Overgangen fra den faste til den draabeflydende, som ogsaa fra denne til den elastisk-flydende Tilstand, forsvinder en vis Mængde Varme for vor Følelse og Thermometret.**

Gyder jeg Olie ovenpaa Vand, som staaer i et aabent Kar, og sætter det i en vindstille, ret kold Vinterdag foran Vinduet, saa vil det allerede overraske mig at see det afkjølet 6 til 12 Grader under Frysepunktet, uden at det fryser; men min Forundring vil først da blive ret stor, naar jeg seer, at Qvægsølvet pludselig stiger til 0, medens Vandet ved at rystes forvandler sig til Is. Dette kan aabenbar kun være en Virkning af en nu tiltrædende Varme, og er enhver af de to foregaaende fuldkommen modsat. Jeg gjør strax et andet Forsøg. — Her staaer et Kar med Vand af 0 Grader, tætved et andet ligestort med Vand af 80 Grader efter Reaumur. Gyder jeg nu Vandet af begge Karrene imellem hinanden, saa viser Thermometret mig neie eller temmelig neie en Middeltemperatur af 40 Grader. Resultatet vil blive forskjælligt, naar jeg, som jeg nu vil vise Eder, istedetfor det kogende Vand anvender Dampe af lige Hede. Et Apparat, som det her afbildede (Fig. 145), yder mig herved en nærsten uundværlig Tjeneste. Dets vigtigste Dele ere: 1. **Glaskarret** a, hvori jeg ved en Spirituslampe bringer Vandet til at koge; 2. **Cylinderen** c, som jeg fylder med Vand af 0 Grader til en bestemt Høide, f.Ex. til 11 Tommer; 3. **Glasrøret** b, som strækker sig nærsten til Bunden af c, og hvis Bestemmelse det er at lede de Dampe, som udvikle sig i a, til Cylinderen c. Næppe har jeg nu begyndt at varme Vandet i a, saa seer jeg ogsaa allerede, hvorledes den ene Luftblære efter den anden stiger iveiret, og overtyder mig endvidere om, at dette Phænomen vedvarer ligetil det Tidspunkt, da Vandet kommer i Kog, og sender sine Dampe til c. Dampene fortætte sig naturligvis, saasnart de komme i Berøring med det iiskolde Vand, opvarme det fra Sekund til Sekund, og bringe det tilsidst i en kogende Tilstand. Videre behøver jeg ikke at føre mit Forsøg. Jeg fjærner derfor Røret b, og maaler, efterat Omdannelsen af alle Dampene er skeet, hvor høit nu Vandet staaer i c. Jeg finder istedetfor 11, neie 13 Tommer. Lægger jeg nu herved Mærke til: 1, at den nye tilkomne Vandmængde forholder sig til den forhen tilstedeværende, som 2 til 11 eller som 1 til $5\frac{1}{2}$; 2, at det som Damp af Temperaturen 80 Grader er gaaet over fra a til c; 3, at det, uden selv at tabe det Ringeste af sin tidligere Hede, har bragt det iiskolde Vand i c til at koge: saa kan jeg intet Øieblik mere tvivle om, at **jo 1 ℔ Vanddampe er tilstrækkelig til at bringe $5\frac{1}{2}$ ℔ Vand fra 0 Grad i en kogende Tilstand.** — Da vi ogsaa ved andre draabebare og elastisktflydende Legemer blive lignende Phænomener vaer, som ved Vandet, og de af det sig udviklede Dampe, naar nemlig hine gaae over

Fig. 145.



i en grovere Aggregat-Tilstand; saa maae vi ogsaa erkjende efterstaaende Erfaringslov for ubetinget rigtigt.

Saavel ved Overgangen fra den elastiske til den draabebare, som ogsaa fra denne i den faste Tilstand, fremtræder altid atter en vis Mængde Varme for vor Følelse og for Thermometret.

Hvo, der kjender begge disse Love, besidder tillige en Nøgle, ved Hjælp af hvilken han kan løse sig mange, ofte forunderlige Phænomener. — At det f.Ex. i et varmt Kammer bliver hurtigt koldt, naar flere Mennesker træde ind deri, ved hvis Ske der hænger Snee eller Jis, eller ogsaa naar man hænger Skjorter, Lommetørklæder osv. paa den hede Ovn for at tørres; — at det endvidere er intet mindre end Hexeri, at bringe Bly til at smælte i en Digel af Papir, eller Vand til at frøse i en Tintallerken, som staaer paa en anden, der indeholder Snee eller smaat Jis, og hviler paa et Kulbækken (begge Experimenter ere altfor interessante til at jeg ikke skulde opfordre Eder til at gjøre dem selv, naar Leilighed dertil gives); at Kjøling indtræder, naar jeg paa hede Sommerdage besprænger Vægge og Gulv i Stuen med Vand: til disse og endnu mange andre Phænomener kan den første Lov give Eder Nøglen. Ikke mindre vigtig er den anden Lov. See I f.Ex. at frosfen Viin smælter, naar Flasken sættes i koldt Vand, medens den sidste Flydenhed forvandler sig til Jis; at det Samme indtræder under lignende Omstændigheder ved frosne Pærer, Æbler, Kartofler o.d.l.; at den brændte Kalks Temperatur betydelig forhøies, naar en Deel af det paa den gydte Vand forbinder sig med den; at Vandet, naar det gaaer over til Jis, sprænger ikke blot Kar af Glas, og Jord, men selv af Metal f.Ex. Jernbomber, naar nemlig disse ere godt tilstoppede; at Træer, hvori Fugtighed er trængt ind, briste ved stræng Kulde med et heftigt Knald, ja undertiden erholde store Ridser; at Laaget paa en Potte opnaaer en høi Grad af Hede, naar de Dampe, som hæfte sig derved, fortætte sig og omdanne sig til Vand: for at blive fuldkommen fortrolig med alle disse og lignende Phænomener behøve I blot at vælge den anden Lov til Eders Fører.

Jeg kommer endnu engang tilbage til de frosne Kartofler, Æbler og Pærer. Sætte vi disse strax paa Ovnen, saa falde de pludselig sammen og blive ganske uspiselige; men lade vi dem meget langsomt opvarmes i koldt Vand indtil Frysepunktet, saa lide de kun ubetydeligt, og blive ret velsmagende, uagtet der nu har dannet sig en Jiskrand om dem. Paa lignende Maade forholder det sig med frosne Lemmer af det menneskelige Legeme. Desværre har man ofte Exempel paa, at Lægen har maattet afsætte frosne Fingre og Tæer paa Mennesker, som have ilet altfor hurtigt til Varmen.

Her er en passende Leilighed til med faa Ord at omtale Behandlingen af Mennesker, som have taget Skade af Frosten, og hvis Liv synes mere eller mindre at være udslukket. Naar Folk, som alt have lagt 3 Dage i en saadan Tilstand, atter ere komne til sig selv, skulde da ikke meget mere saadanne Mennesker kunne igjen komme tillive, som ere blevne fundne, efterat de kun have ligget nogle faa Timer i denne Tilstand? Vi maae herved gaae ganske saaledes frem, som ved frosne Lemmer, nemlig lade dem successiv opvarmes. Saadanne Ulykkelige maa man derfor først gnide dygtig med Snee. At derved en Deel Kulde gaaer ud af Legemet, dette siger

os allerede vor egen Følelse, ligesom ogsaa dette giver os et sandsynligt Haab om at redde den Forfrosne. Derpaa bringer man ham enten i en kold Seng eller ogsaa bedækker man ham med Straa eller Gjødning, dog saaledes at hans Hoved stedse bliver frit. Aabenbar er den Varme, som disse Ting meddele ham, nogle Grader høiere, end Varmen af Sneen, som er i Begreb med at forvandle sig til Vand. Sædvanligt opslaaer den Forfrosne allerede nu sine Øine; og saa ringe som den Meie er, som den menneskekjærlige Forretning fører med sig, saa stor er den Glæde, som Redningsmanden nu vil føle.

Sneens velgjørende Virkninger i det anførte Tilfælde er ogsaa de Vilde bekjendt. Saaledes grave f.Ex. Kanadierne de Ihjelfrosne, som de træffe paa deres Jagtstreiferier, dybt ned i Sneen, lade dem ligge her en heel Nat, og undersøge først den følgende Morgen, hvorledes det stager sig med den Ulykkelige. Sædvanlig bar han da først sin Reise videre. — Man skal vel ingensinde begrave Nogen, førend visse Kjendetegn paa Døden ere tilstede; men, om jeg saa maa sige, allermindst Ihjelfrosne; thi Graven virker paa dem som Sneen.

Vi have hidtil talt saameget om Kogning og Fordunstning, at jeg endnu til Slutning vil gjøre Eder opmærksomme paa et Phænomen, der angaaer samme Sag.

Her har jeg en Glasballon, med en lang Hals (Fig. 146). Jeg bringer den i en opret Stilling, fylder den halvt med Vand, og udriver al Luft af den, idet jeg ved Hjælp af en Spiritus Lampe bringer Vandet til at koge. Derpaa tilslutter jeg Halsen med en Prop c, og giver Apparatet den Stilling, som I see her paa Figuren. Det Paafaldende herved er, at Vandet, overladt til sig selv, ikke koger mere; men vender derimod strax tilbage i sin forrige Tilstand, naar jeg øyder ret koldt Vand paa Apparatets øverste Deel. — For jeg gaaer ind paa at forklare Aarsagen til dette Phænomen, vil jeg først beskrive Eder den **papinske Potte** (der blev opfunden i Midten af det 17de Aarhundrede af **Papin**, en Lærd, som levede i Kassel og Marburg), der har været brugt til mange mærkværdige Forsøg. Den bestaaer sædvanligt af en fortinnet Kobbercylinder abdc (Fig. 147) hvis Vægge ere istand til at udholde et meget stærkt Tryk, og af et Laag, som ved en Jernskrue er istand til at tilslutte hiin nalmindelig fast. For at forebygge, at den ikke stal sprænges, ter man ikke forglemme at forsyne den med en Sideventil, hvilken I og see paa Figuren. Omendskjøndt den er udsat for den stærkeste Ild, kommer Vandet, hvormed man for endeel har fyldt den, ikke i Kog. Aarsagen hertil ligger deri, at Dampen udøver et saa betydeligt Tryk paa Flydenhedskilden, førdi man ikke har aabnet den nogen Udvei. Dens uhyre Styrke aabenbarer sig især ved Aabningen af Sikkerhedsventilen. Den papinske Potte har især sat os i Kundskab om to meget vigtige Punkter nemlig: 1, **angaaende den mekaniske Kraft, som Dampen besidder, og 2, angaaende den opløsende Kraft, som boer i saadant Vand, der er blevet ophedet over det sædvanlige Kogepunkt.** Selv de haardeste Knogler maae give Slip paa



Fig. 146.

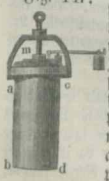


Fig. 147.

deres sidste nærende Stof, ja forvandle sig endog undertiden til en vællingagtig Masse. Uden at have truffet en lignende Indretning med deres Kar bilde Folk paa mange Steder af Jorden, hvor nemlig Vandet koger ved en ringe Hede, ikke være istand til at give Kjød og Deslige den nødvendige Mørhed; ja selv i vore Egne er Laaget paa en Potte ikke sjælden af Vigtighed.

Som Dampen tiltager i Hede, saaledes tiltager ogsaa dens Expansiv- eller Spændkraft. Ifølge mange Forsøg, som man herover har anstillet, staaer Qvægsølvet i Dampbarometret (hvis Beskrivelse jeg her forbigaaer) ved 80 Grader efter Reaumur ganske saaledes som ved Middeltrykket af Atmosphæren, nemlig paa 28 Tommer; ved 98 Grader derimod allerede paa 2. 28, ved 109 Grader paa 3. 28 Tommer osv. Trykket svarer da til 2, 3 osv. Atmosphærens Tryk. Da jeg vil meddele Eder det Nødvendigste om Dampmaskinen, saa bryder jeg her af; jeg ved i senere ville tilstrækkelig lære at kjende Dampens ubyre Kraft.

For ikke blot at udfinde men ogsaa at beregne den Mængde af Vanddunster, som Luften indeholder, bruge vi snart dette snart hint Instrument; kun paa eet af dem maa jeg gjøre Eder opmærksomme; et andet har jeg allerede forhen beskrevet og foretegnet Eder, nemlig da Talen var om Vandets udvidende Kraft. Det nye Instrument forer Navn af **Psychrometer** eller **Vaad-Kuldemaaler**, og er blevet opfundet af **August**, en Lærd i Berlin. See hosfølgende Figur (Fig. 148)! Ved begge Thermometre,

Fig. 148.



hvoraf det bestaaer, og som hænge lodret ved Siden af hinanden, kommer Alt an paa, at de ere særdeles noie udarbeidede, d. v. s. fuldkommen overensstemmende, og at det enes Kugel a, er omhyllet med Mousselin, og dykket i en lille med Vand fyldt Skaal b. Vandets Fordunstning i b frembringer Kulde; Kulden endvidere en Synken af Qvægsølvet i vedkommende Instrument. Forudsat nu, at Luften, som omgiver Kuglen a, er fuldkommet mættet med eller fuld af Dunster, da forbliver ogsaa Qvægsølvet i dette Rør paa samme Sted, og der bliver mig blot tilovers at udfinde **Psychrometer-Differensen**, d. v. s. Forskjællen af den ved begge Thermometre angivne Temperatur. Størrelsen af denne Differens bestemmer mig aabenbar Luftens Fugtighed. Den Erfaringsfætning, hvorpaa Professor August's Psychrometer grunder sig, lyder saaledes: **jo tørrere Luften er, desto hurtigere fordunster Vandet, men desto mere synker ogsaa Temperaturen i dets Omgivelse.** Et Instrument, som dette, kan temmelig vist tidlig om Morgenen sige os, om vi for den Dag skulle vente Regn eller smukt Veir. Maaskee endnu bedre end Psychrometret formaaer **Daniells Hygrometer** det, hvilket ligeledes grunder sig paa Fordunstning og Nedslag.

§ 8.

Den specifiske eller eiendommelige Varme.

I Karret ved min venstre Side befinder sig 1 ℔ Vand af 24 Graders, i det ved min høire Side er ligeledes Vand men af 72 Graders Varme. For det Første gjør jeg ikke Andet end gyder begge Glas i et større Kar, og

undersøger ved min Varmemaaler Blandingens Temperatur. Den er nøie eller dog nærved 48 Grader. Istedetfor Vand af 24 Grader tager jeg nu ved Gjentagelsen af min simple Forretning Terpentinolie af lige Varme og Vægt og gyder den paa lignende Maade sammen med 1 ℔ Vand. Skjøndt jeg har anvendt al mulig Omhyggelighed paa Forsøget, erholder jeg dog ikke som forhen Middeltemperaturen, men tvertimod den forhøiede Varme af 56 Grader. Jeg experimenterer derpaa videre. Her er 1 ℔ Vand af 0 Grader, her et andet af 36 Grader; gyder jeg dem sammen, saa seer, hvad I ogsaa visseligen have ventet, Thermometret viser nemlig Blandingens Temperatur at være 18 Grader. Men Resultatet vil blive anderledes, naar jeg f.Ex. dykker 1 ℔ Jern af 36 Grader i 1 ℔ Vand af 0 Grader. Skjøndt jeg er overtydet om, at ingen Varme er gaaet bort gjennem Karret, saa viser mit Thermometer dog nu den ulige ringere Varme af 4 Grader. Hvor paafaldende er ikke dette? da jeg blandede Olie og Vand med hinanden erholdt jeg 8 Grader Varme formeget; anden Gang derimod, da jeg dykkede Jern i Vand 14 Grader forlidt. Hvorledes gaaer vel dette til? Dersom Forandring i Legemernes Aggregattilstande fandt Sted her, som ved de i forrige Paragrapher anstillede Experimenter, saa kunde jeg søge Aarsagen dertil i Varmens Binding eller Frigjørelse. Men dette er aabenbart ikke Tilfældet. Maaskee kan et tredie Forsøg lede til med Vished at erfare, hvad der er den egentlige Grund til dette gaadefulde Phænomen. — I det ene af de Kar, som jeg bruger til mit nye Experiment, og hvilke begge have samme Beskaffenhed, noget hvortil I maae vel lægge Mærke, gyder jeg Vand; men i det andet Terpentinolie, der baade har samme Vægt og samme Temperatur som Vandet. Derpaa hæver jeg dem op paa en Trefod, og opvarmer dem saavidt muligt lige ved en Vinaandslamme. For stedse at kunne vide, hvormeget Vandet og Terpentinolien har tiltaget i Varme, sætter jeg et Thermometer i hvert Kar. Hovedbegivenheden ved dette Forsøg er, at Terpentinoliens Varme stiger høiere end Vandets. Lægge I derhos Mærke til det Forhold, hvori disse to Flydeders Temperatur forhøies, saa leder I til den vigtige Kundskab, **at 1 ℔ Vand behøver 2 Flammer for i samme Tid at blive lige saa hedt som 1 ℔ Terpentinolie, hvorunder vi kun underholde een Flamme.**

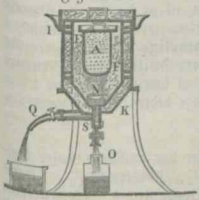
Ved mit første Forsøg tabte Vandet omtrent 16, Olien derimod vandt 32 Grader; ved mit andet Forsøg kunde endvidere de 32 Grader som Jernet tabte ved at dykkes i Vandet kun forhøie Flydenhedens Temperatur med 4 Grader; endelig tiltager Terpentinoliens Varme ved mit 3die Forsøg det Dobbelte, i Sammenligning med Vandet, naar de begge under fuldkommen lige Omstændigheder vare udsatte for Ilden. — Sammenfatte vi nu Resultaterne af samtlige Experimenter, og vide I desuden at lignende Forskjælligheder ogsaa vise sig ved andre Gjenstande, saa kunne I umuligt længere betvivle, **at Legemer af ulige materiel Beskaffenhed, om de endog efter Thermometret have samme Temperatur, dog indeholde en meget ulige Mængde af virkelig Varme.** Med Hensyn herpaa tillægge vi ethvert Legeme en eiendommelig Modtagelighed for Varmestoffet, eller vi tale om **dets specifikke Varme-Kapacitet.** — Hvilket Legeme besidder vel nu mindst specifikt Varme, Olie eller Vand? Aabenbar det første, thi dette heder sig jo dobbelt saameget som det sidste, under iøvrigt fuldkommen lige Omstændigheder d. v. s.

ved lige Vægt og lige tilført Varmestof. Paa lignende Maade staaer Jernets specifiske Varme langt tilbage for Vandets. Efter ovenstaaende Forsøg fordrer Vandet 8 Gange saamegen Varme, naar det skal holde lige Skridt med Jernets Temperatur. Endnu mere paafaldende viser følgende Varmedifferens sig. Blander jeg 1 ℔ Oxygsolv med 1 ℔ Vand, og rører jeg begge Flydenheder mellem hinanden, saa seer jeg paa mit Thermometer, at Oxygsolvet, medens Lighed i Temperaturen bringes tilveie, opvarmes 33 Grader, medens Vandet derimod blot afkjøles 1 Grad. Vandets og Oxygsolvets Varme-Kapacitet staaer følgelig i Forhold til hverandre som 33 til 1. Som Maal for Varme-Kapaciteten, eller med andre Ord for Legemernes Evne til at binde Varme, er Vandets eiendommelige Varme eengang for alle fastsat. Hvorledes kunne vi da nu med Hensyn herpaa betegne Terpentinoliens, Jernets og Oxygsolvets Varmekapacitet? ganske vist med $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$ og $\frac{1}{33}$ eller med 0, 5; 0, 125 og 0, 0, 0303.

Foruden det Middel, hvoraf jeg har betjent mig ved foranstaaende Forsøg for at finde et Legemes Varmekapacitet, gives der endnu mange andre, som fore snart mere, snart mindre hurtigt og sikkert til Maalet. Blot paa 2 af dem vil jeg her henvende Eders Opmærksomhed.

Det første af disse er **Lavoisier's Kalorimeter**, der bestaaer af 3 cylindriske Kapseler, som staae inden i hinanden (Fig. 149). Den første

Fig. 149.



Kapsel **A**, som er bestemt til at optage de varme Legemer, er gjort af Messingtraad; begge de andre ere af Blik. Rummet mellem den første og den anden Kapsel, saavelsom Rummet mellem den anden og tredie er fyldt med stødt Is, og ethvert af dem staaer i Forbindelse med den ydre Luft ved de to Rør **NO** og **SQ**. Redskabet er oventil lukket ved et randet Laag, som maa bedækkes med Is. Efter denne Indretning, vil den Varme, som bidrører fra Afkjølingen af det varme i Kapselen **A** indeholdte Legeme, ganske kaste sig paa den i den indre Omgivelse **EF** sig befindende Is, og blive anvendt til at smælte en Deel deraf. Hensigten med den anden Omgivelse **IK**, der ogsaa indeholder Is, er ingen anden, end at forhindre Indvirkningen af den ydre Luft paa det, som er indeholdt i Omgivelsen **EF**. Den i Omgivelsen **IK** ved den ydre Lufts Varme smæltede Is, løber bort gjennem Røret **SQ**. Det Vand, som har dannet sig i den indre Omgivelse **EF**, skylder altsaa ene og alene det afkjølede Legeme, som indeholdes i Kapselen **A** sin Opstaaen, idet dette Legeme har afgivet sin Varme til Isen. Dette Vand flyder af gjennem et Rør i Karret **O**. Det er nu let at maale Mængden deraf. Den vil stedse være proportional med den Varmemængde, som det for Forsøget udsatte Legeme har ladet fare, idet det har afkjølet sig den Mængde Grader, som ligger mellem dets tidligere Temperatur og Temperaturen paa O, med andre Ord, det vil stedse være proportionalt med den specifiske Varme af hint Legeme. Naar man altsaa efter hinanden bringer een og samme Vægt af forskjællige Legemer af en angiven Temperatur i det angivne Kalorimeter, saa vil den specifiste Varme af disse Legemer staae indbyrdes i samme Forhold, som de Vandmængder, man vil have samlet i Karret **O**.

Naar de Legemer, hvormed man gjør Forsøg, ikke have samme Vægt og samme Temperatur, saa er det let ved en meget simpel Form, at tilbagefore Resultaterne til samme Vægt og Temperatur-Enhed. Naar nemlig g er den Jses Vægt, som smeltes ved et vist Legeme, hvis Vægt er p og hvis Temperatur er t, saa vil g/p være Vægten af den Jis, som smeltes af disse til Vægt og Temperatur-Enhed bragte Legemer.

Naar man vil betjene sig af **Lavoisiers** Kalorimeter, saa maa man drage Omsorg for, at Temperaturen af den ydre Luft er nogle Grader over Nul, saa at Jsen før Forsøgets Begyndelse er noget fugtig. Thi bragde man den tør i Apparatet, saa vilde den ved Enden af Operationen tiloversblevne Jis, som nødvendig maa være fugtig, frembringe en mærkelig Vildfarelse i Resultaterne; medens derimod Jsen, naar Smeltningen alt har begyndt, er saavel ved Forsøgets Begyndelse, som ogsaa ved Slutningen deraf fugtig, og alt det Vand, som hidrører fra Legemets Afkjøling, vil løbe bort gjennem Røret NO. — Jøvrigt ere de Resultater, som vindes ved dette Instrument ingenlunde fuldkommen nøiagtige.

Et andet Middel tager Hensyn til den Tid, som Legemer, der ere lige ophedede, bruge til Temperaturen daler til en vis Grad, og bestaaer hovedsagelig af et godt poleret Solvkar. Ved Forsøget selv forsyner man dette saavel med det Legeme, der skal prøves, som og, til en fortvarende Prøvelse af Temperaturen, med en Varmemaaler. Dersom iøvrigt den Sætning er fuldkommen rigtigt: **to Legemers eiendommelige Varmemængder forholde sig til hinanden, som de Tider, hvilke hine Legemer behøve til deres Afkjøling**, — hvorom vi iøvrigt næppe tør tvivle, saa maae vi ogsaa erklære dette Middel for ulige bedre til Hensigtens Opnaaelse, end hint første.

Jfølge nøiagtige Forsøg, som man herover har anstillet, udgjør Guldets specifikke Varme omtrent $\frac{3}{25}$, Solvets $\frac{1}{18}$, Kobberets $\frac{1}{10}$, Jernets $\frac{1}{9}$, Glasets $\frac{1}{5}$, den atmosphæriske Luft $\frac{1}{4}$, Svovlsyren $\frac{1}{3}$, Salpetersyren $\frac{2}{3}$, Lin- og Terpentinolie $\frac{1}{2}$, Vanddampe $\frac{4}{5}$, af Vandets, som det til Enhed antagne Legeme, 1, Vandstofgasset over 3 osv.

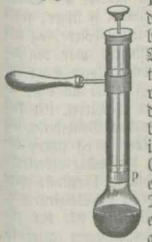
§ 9.

Dampmaskinen.

Som den det har anstillet de første vigtige Forsøg over Vanddampens Udvidelse, staaer **Samuel Moreland**, hvis Virksomhed hovedsagelig falder i den sidste Fjerdedeel af det 17de Aarhundrede. Jfølge hans Jagttagelser og Beregninger indtage Dampene et 2000 Gange større Rum, end det Vand, hvoraf de ere opstaaede. En anden Fænker paa den Tid, **Dionysius Papin**, skjøndt vi den virkelige, skjøndt vistnok særdeles ufuldkomne Begyndelse til en Dampmaskine. Han brugte nemlig ved sine Experimenter en Cylinder, som var forfærdiget af Støbejern, havde en Diameter af flere Fod, og ogsaa en anseelig Høide, hvori en bevægelig Kolb, som overalt berørte Væggen lufttæt, kunde bevæge sig

op og ned. Hosstaaende Tegning (Fig. 150) anskueliggjør Eder Appa-

Fig. 150.



ratet. Røret, som først viser sig for Eder, er omtrent 1 Tomme vidt, og forneden forsynet med en Kugle, der indeholder noget Vand; endvidere Kolben p, som bevæger sig muligst let op og ned, er bevirket med Blaar, og desuden overstrøgen med Fedt, for ikke at tillade Luften nogen Gjennemgang mellem den og Røret. Forestiller Eder nu, at Kolben befinder sig ved den nederste Ende af Røret, og at Vandet i Kolben bliver sat i en kogende Tilstand! Maa da ikke Kolben, i Kraft af den udviklede Damp, gaae iveiret? Tænker Eder endvidere, at man dykker Kuglen, efterat Kolben er kommet øverst op, i koldt Vand, fortætter saaledes Dampene og frembringer derved i det Nedre af Røret et fortyndet Rum! Hvad Andet kunde nu vel skee, end at Kolben, paa hvis øvre Flade Trykket af den atmosphæriske Luft tynger, atter gaaer nedad. Enhver ny Opvarmen af Kuglen driver Kolben opad, enhver Afkjøling kalder den ligesom tilbage til Bunden af Røret. Saaledes er det da klart, at Papin, der har anstillet Experimentet med sin Cylinder ganske paa den beskrevne Maade, skabte den første Dampmaskine ved atmosphærisk Tryk o: en saadan, hvor Dampen endnu spiller en underordnet Rolle, eftersom den atmosphæriske Luft var den egentlig virkende Kraft, medens Dampen derimod blot skulde frembringe den nødvendige Tomhed (det tomme Rum). Hvorledes iøvrigt selv en saa simpel Indretning er stikket til at hæve forskjællige Byrder iveiret, idet man nemlig blot behøver, at drage Touget, hvortil Byrden befæstes, over en Tridse, og forbinde det med Midten af Kolben, maa alt nu være Eder tydeligt; jeg behøver derfor ikke at omtale dette videre.

Fig. 151.



Den første praktisk anvendte Dampmaskine blev forfærdiget i Aaret 1688 (Andre sige 1698) af **Savary**, der bekjendtgjorde Indretningen deraf i sit Skrift: **der Freund des Bergmanns.** At det er muligt, 1, ved Dampens Kraft at hæve Vandet over sit tidligere Vandspeil, havde allerede en vis **Salamon de Caus** godtgjort i et Værk 1615, og 2, at det derved ligeledes var muligt at frembringe et tomt, eller idetmindste meget fortyndet Rum, idet man nemlig blot behøvede at fortætte den, var slaaende godtgjort ved Papins Forsøg. Savary benyttede begge Dele. For nu at vise Eder hvorledes han gjorde dette henviser jeg Eder til et Apparat, hvoraf I her see et Billede (Fig. 151). Lægger ved dette blot Mærke til, 1, Karret a der for endeel er fyldt med Vand, og lukket ved en Prop; 2, de to Rør, der, ligesom Karret ere af Glas, gaae igjennem Proppen, og af hvilke det ene, nemlig b, ikke række længere ind i Karret, krummer sig forøven, og derpaa løber nedad i lige Retning, medens derimod det andet, b, stiger vertikal opad, er blot bøiet i den allerøverste Deel, og berører næsten Karrets Bund! Ved Forsøget selv tilslutter man først Røret c og bringer ved Hjælp af en Spiritus-Lampe Vandet i Karret til at koge. I det Øieblik, da Vandet begynder at koge, udvikler Dampen sig, stiger som sædvanligt iveiret, gaaer bort gjennem

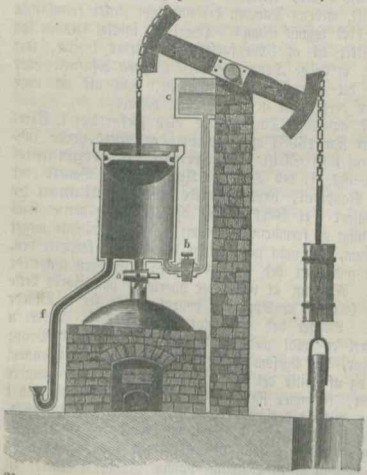
Fig. 151



Nøret **b**, og tager al den Luft med sig, som den træffer paa sin Vei. Herpaa dykker man den nederste Ende af Nøret b i Vand, og tager Spirituslampen bort fra Karret a. Strax begynde Dampene i a at fortætte sig, Vandet i b stiger, fordi Trykket fra oven bliver her stedse ringere, stedse høiere, og udgyder sig endelig i Karret a. Tilsidst tilstopper man den nederste Ende af Nøret b ved en Prop, aabner Nøret c og anbringer paany Spirituslampen under a. I indsee nu vist, at Dampen, som danner sig i den øverste Deel af Karret, ikke kan gaae bort, at den derfor med Kraft trykker paa Vandspeilet, og bevirker just derved, at Vandet stiger i Nøret c og flyder tilsidst ud foroven, og at man endvidere blot har nødig afvexlende at afkjøle og opvarme Karret a, for stedse at bortskaffe mere Vand for Dybden ved Hjælp af Sugerøret b og Stigerøret c.

Den Omstændighed, at Savarys Maskine ikke var tilstrækkelig til at bortskaffe Grubevandet, foranledigede atter en anden Englænder ved Navn **Newcomen** til at skride til Bygningen af en anden Maskine, der vel lignede hiin; men var ulige benfigtsmæssigere. Og just denne Maskine indeholder, saalidet Nyt den ellers frembyder, Grundformen til alle senere Dampmaskiner, og er bleven anvendt i lang Tid og med ikke ringe Fordeel. Viser mig nu (Fig. 152), for jeg siger Eder hvorledes den arbeider, 1, **Kjædelen**, ved hvilken, foreløbig sagt, alle Gangene løbe spiralformig omkring under Basis, for at den kan blive opvarmet ret ligeligt; 2, **Cylinderen**, hvori en Kolv bevæger sig luftтæt op og ned (her paa vor Tegning har den naaet sit høieste Punkt); 3, **Nøret** imellem Kjædelen og Cylinderen; 4, **Hanen a**, ved hvis Hjælp vi efter Behag kunne afbryde, og atter tilveiebringe Forbindelsen mellem hine to første Hoveddele; 5, **Karret c**, som stedse indeholder Vand og hænger sammen ved et Nør med Nøret munder; 6, **Hanen b**, der ligeledes staaer mellem c og Cylinderen, ligesom Hanen a, med Hensyn paa denne Hoveddeel og Maskinens Kjædel;

Fig. 152.

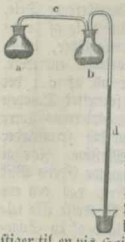


7, **Balancen**, eller den store **Vægtbjælke**, hvis ene Kjæde er befæstet ved Kolben i Cylinderen, og hvis anden er befæstet ved en Pumpestang; endelig 8, **Roret** r, hvis nederste Ende sænker sig i et Kar med Vand, og som har en Ventil, der aabner sig udad, men slutter sig indad. — Idet jeg forudsætter, at J ikke blot klart forestille Eder samtlige nærværende Dele, men at J ogsaa have sammenlignet flere af dem med visse Dele af de to Eder forhen forklarede Apparater, vil jeg ikke først eftervise Eder, hvorledes den i Kjædelen udviklede Damp hæver Kolben, hvorledes endvidere, efterat a er tilsluttet, men b aabnet, koldt Vand træder ud af c i det Indre af Kolben, og hvorledes endelig, naar Sidstnævnte fortætter Dampen i Cylinderen, og der altsaa fremkringer et tomt Rum, Atmosphærens større Tryk drive Kolben ned. Som ganske særdeles mærkværdig fremtræder **Balancen** eller **Vægtbjælken** ved den newcomenske Maskine. For at blive bekjendte med dens Virksomhed, have J især at henvende Eders Blik paa den Bevægelse, som meddeles den af Kolben i Cylinderen, paa den ene Side, og paa den anden Side af Pumpestangens Vægt. Er dette ikke ialmindelighed som naar En paa sædvanlig Maade fremkalder Vand af en Sugepumpe? Lægger blot nu ogsaa med Ombyggelighed Mærke til, at Vanddampene vel drive Cylinderens Kolb ireiret, men formedelst den høielige Kjæde ikke udøve den mindste Indflydelse paa Vægtbjælken. Hensigten med Roret r, hvoritil jeg tilsidst kommer, er dobbelt: 1, skal det drive Vandet, som ved Kolbens Opadstigning trykkes stærkt af Dampen, videre; men 2, ogsaa forhindre det fra atter at træde ud i Cylinderen, naar det atmosphæriske Tryk saaer Overvægt. Med Hensyn herpaa er Ventilen af stor Vigtighed.

Vandmængden, som ved hin Hævning af Pumpestangen kan skaffes videre, afhænger naturligvis af Kolbens Størrelse. Vil jeg beregne dens Vægt, behøver jeg blot at erindre dette: at Atmosphæren trykker paa alle Legemer, følgelig ogsaa paa Kolben i vor Maskine med en Kraft, der beløber sig til 15 ℔ paa en Qvadrattomme. Imidlertid fremstaaer der dog ikke noget fuldkomment luftomt Rum i Cylinderen; vi maae derfor stedse

Kondensatoren. Herved var det første Skridt gjort paa den Løbebane, som gjorde hans Navn udødeligt. Paa hvilken Maade nu denne den store Mands afsondrede Kondensator virkede, maa blive Eder klart af Fig. 153.

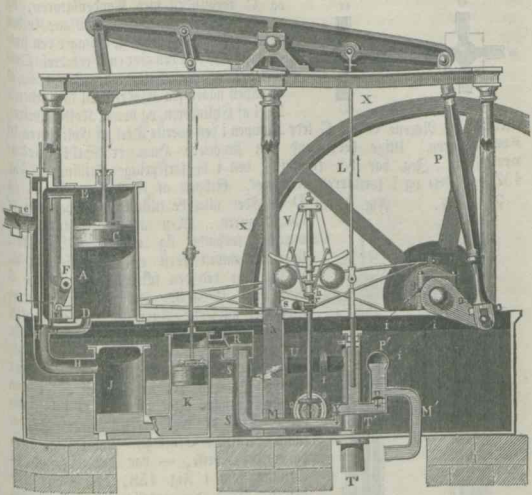
Fig. 153.



a og b forestille to smaae Glaskugler, som ere fyldte med noget Æther og tilsluttede oventil ved en Prop; c og d to Rør, af hvilke c sætter a og b i gjensidig Forbindelse, d derimod gaaer efter sin Krumning lige tilbage nedad. Vi omgive nu disse to Kugler med bedt Vand. Men næppe have vi gjort dette, saa begynder allerede Ætheren at koge, og de Dampe, som udvikle sig deraf, gaae bort, og tage Luften bort med af Apparatet. Derpaa dykke vi den underste Ende af Røret d i et med Qvægsølv fyldt Kar, og borttage tillige Varmekilden fra a og b. Og hvad følger nu heraf? Simpelt dette, at Kuglerne a og b successiv synke ned til den ydre Lufts Temperatur, at Dampene i Apparatet stedse tabe mere af Elasticiteten eller Spændkraften, dog kun til en bestemt Grændse, og at Qvægsølvet i d stiger til en vis Høide. Vi gjentage vort Forsøg. Opvarmingen af a og b frembringe vi ganske paa forrige Maade; ved Afkjølingen derimod see vi ganske bort fra b, og bringe blot Kuglen a i Vand af en meget lav Temperatur. Og see! Qvægsølvet i d stiger just lige saa høit, som første Gang og giver os derved den meget vigtige Lære: **Dampens Kraft forringer sig under de betegnede Omstændigheder, just ligesaameget, som om hele Apparatet var blevet ligesaa stærkt afkjølet, som a alene.** Naar J nu tillige vide, at Kuglen a her spiller en Kondensators eller Dampfortætters Rolle, saa vil ogsaa nok det Vigtigste af det, som jeg nu endvidere meddeler Eder om Dampmaskinen vorde Eder tilstrækkeligt klart. — Betragter nu ret skarp Fig. 154 eller den Dampmaskine, som Jakob Watt saae staaende foran sig, efterat han ved den havde anbragt den ene Forbedring efter den anden!

Maskinens Kjædel (i Tegningen findes den ikke) er sædvanligt af Jern, kun sjælden af Kobber, og har saavel en konkav Bund, hvorunder Flammerne spille, som og en Sikkerhedsventil, der er mere eller mindre belastet, med Hensyn paa den Grad, hvortil Dampens Elasticitet skal stige. For at holde Fordampningen i jævn Gang forsyner man den gjentagende med varmt Vand af en lille Beholder (hvorledes dette skeer, skulle J senere erfare). Men hvad anstueligjør den hosstaaende Figur os? 1, **Cylinderen A** (denne er ved den wattske Maskine tilsluttet lufttæt forovenpaa og neden og forbyder derved tillige den atmosphæriske Luft at trykke blot det Allerringeste paa Kolben C); 2, **Røret Z**, som leder Dampen fra Kjædelen i den egentlige Maskine ialmindelighed, og begge Aabningerne E og D; af hvilke den ene, E, leder den i den øverste, og D i den nederste Deel af Cylinderen vexelvis; 3, **Kondensatoren I**, hvis Bestemmelse er, at optage og strax at fortætte den Damp, som ved D, altsaa fra den nederste Deel af Cylinderen, gaaer bort gjennem Røret H; 5, **Pumpen K**, der ikke blot bortskaffer Vandet men ogsaa Luften af Kondensatoren, og som just ogsaa derfor fører Navn af **Luftpumpen** (ligesom alt Vand, naar det kommer i Kog, atter giver den indsugede Luft fra sig, saaledes ogsaa det, som befinder sig i Kjædelen); 5, **Beholderen B**, hvorhen Pumpen K bringer Vandet, og af hvilken det forendeel flyder bort

Fig. 154.



ved Roret **S**, forendeel ved et andet Rør **M** naaer til en Pumpe; 6, denne Pumpe med sin Stang **L** og begge Ventilerne **v** og **n** (**L** staaer her, ligesom den lige benævnte Deel ved den newcomenske Maskine i Forbindelse med en Balance eller Vægtbjælke; **v** aabner sig ved Kolbens Opstigning, **n** derimod ved dens Nedgang; 7, **Roret M'**, hvis Bestemmelse det er, ved den sidstnævnte Pumpe at skaffe Vandet hen til Kjædelen. For jeg dog endnu gaaer videre med Opregningen og Angivelsen af de enkelte Dele, maae I ret indprænge Eder Følgende:

Blandt samtlige Indretninger, ved hvilke vi kunne lade Dampen indtræde, snart i den øverste, snart i den underste Deel af Cylinderen, snart atter i Kondensatoren, ere især den **firevejede Hane** og **Skydeventilen** af Vigtighed. Den første, der iøvrigt ikke har vist sig praktikabel for store Maskiner, er gjennemboret saaledes, som her see (Fig. 155 og 156). For-

Fig. 155.



Fig. 156.



udsat at, ved den Stilling, hvori den første Figur viser Eder den, Roret **K** fører til Kjædelen, **C**, til Kondensatoren, **O** til den øverste og **U** derimod til den nederste Deel af Cylinderen; maa aabenbar Dampen fra Kjædelen træde ind i den øverste Deel af Cylinderen, og bevæge Kolben til at gaae nedad, eftersom

Fig. 155.



Fig. 156.



dennes underste Deel er ved Rørene **U** og **C** forbunden med Kondensatoren, og derfor ikke yde noget Modtryk. Naar Kolben opnaaer sin laveste Stilling, indtager den firevejede Hane, idet den gjør en Fjerdedeels Omdreining, en saadan Beliggenhed (Fig. 156), at Dampen naaer fra Kjedelen til den nederste Deel af Cylinderen, og driver Kolben hveirt, efterhvert som nu Rørene **O** og **C** lede Dampen i den øverste Deel af Cylinderen til Kondensatoren. Ulige bedre end den firevejede Hane er **Sikkerheds-ventilen.** Jeg har her fremstillet den i de forskjellige Stillinger (Fig. 157 og 158) og i forstørret Maalestok. Ethvert af de 3 Rør, **Z**, **E** og **D** er Eder allerede tilstrækkeligt bekjendt af Hovedfiguren. Men anderledes torde det maaskee forholde sig med den Beholder, hvortil Dampen først er naaet gjennem **Z**. Lægger nu ved den først Mærke til de 3 Rum **m**, **a'** og **a**. Det første, altsaa **m** eller det midterste Rum, er ganske afsluttet fra **a'** og **a** ved en Skydekasse **F**; **a'** er derimod sat i Forbindelse med **a** ved Huløningen i samme Kasse. Naar strømmer nu vel Dampen fra **m** gjennem **E** i den øverste, og naar atter gjennem **D** i den underste Deel af Cylinderen? Har Skydekasse-Ventilen Stillingen som i Fig. 157, da er det Første; — har den derimod en Stilling som i Fig. 158, det Sidste Tilfældet. Hvo der endelig ret levende kan forestille sig, hvorledes Rummene **a'** og **a** ogsaa staae i Forbindelse med Kondensatoren, vil vel nu ikke finde Mere ved denne Deel af den wattske Dampmaskine, som endnu kan behøve en Forklaring. — Kondensatoren dykker i et Kar med koldt Vand; den Aabning, hvorigjennem dette strømmer ind i den, findes ikke angiven i vor Figur.

Fig. 157.

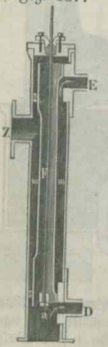
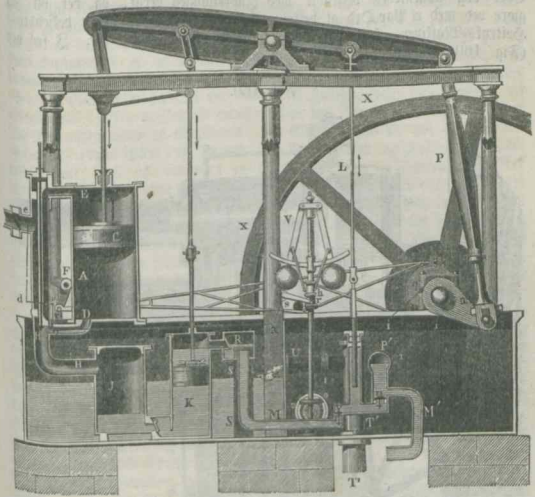


Fig. 158.



Foruden de Dele, som komme i Betragtning ved Dampens Gang, og som I alt have lært at kjende, gives der endnu andre, som angaae Maaden at sætte den i Virksomhed paa. Saaledes lærer allerede en grundig Betragtning af den her allerede engang vedfoiede Figur (Fig. 159), at **Kolbestangen**, saavelsom Kondensatorpumpens Stang, ingenlunde ter umiddelbart befæstes til Balancens Arme; thi da ethvert Punkt af denne store Vægtstang beskriver en Kredsbue om sit Dreiningspunkt, saa vilde herved fremstaae en Bestræbelse efter at trække Kolbestangen snart noget tilvenstre, snart tilhøire, og den endelige Følge vilde være en Odelæggelse. Hvad maatte da vel skee istedetfor? Saaledes som Billedet viser den skjønne Maskine, stillede Watt en Mængde bevægelige Stænger (de fore talmindelighed Navn af Parallelogrammer) saaledes sammen, at de ved deres Spil udjævnede Mangelen paa en fuldkommen vertikal Befæstigelse af Balancestangen. Betragter endelig endnu **Svinghjulet X** og Regulatoren **V**. Paa

Fig. 159.

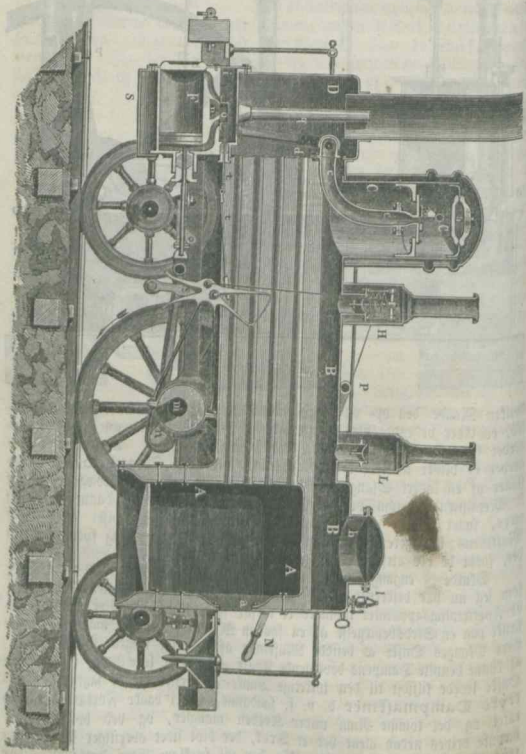


hvilken Maade den op- og nedgaaende Bevægelse af Balanceerstangen bevirkes, er Eder bekjendt; men endnu vide J ikke, at Driverstangen P, og Dreiegrebet Q omdreie sig i en stadig kredsformig Bevægelse. Axen paa Dreiegrebet Q bliver utrættelig hele Maskinens Hovedare. **Regulatoren** V bestaaer af en lodret Stang, som befinder sig i en uafbrudt Bevægelse, og af 2 Metalstænger, som dreie sig frit ved hverandre, og danne et smart mere, smart mindre aabent Parallelogram. Sidstnævnte viser altid bedst Maskinens hurtigere eller langsommere Gang. Andre Ting forbigaaer jeg her, fordi de ere altfor vanskelige at fatte for Eder.

Skulde J engang faae en virkelig Dampmaskine at see af det Slags, som jeg nu har beskrevet Eder, saa vil det strax være indlysende for Eder, at Fortætningsapparatet indtager et altfor stort Rum til at vi skulde kunne tænke paa en Stedsbevægelse af en saadan Maskine; men det maa nødvendigt være Manges Ønske at besidde Maskiner af en ulige ringere Vægt d. v. s. at kunne benytte Dampens bevægende Kraft ogsaa i et lille Rum, og just dette Ønske ledede tilsidst til den lykkelige Tanke at forfærdige de saakaldte **Høitryks Dampmaskiner** d. v. s. saadanne, hvori baade Fortætningsapparatet og det tomme Rum under Kolben mangler, og ved hvilke Sidstnævnte drives nedad alene ved et Tryk, der blot lidet overstiger Atmosphærens Modtryk. Skjøndt jeg ikke her vil forklare Eder den umiddelbare Benyttelse af Høitryks-Maskinen i Fabriker, hvor de med Lethed kunne

passes til et bestemt Arbeidsapparat, kan jeg dog ikke undlade at gjøre Eder dog nogenledes bekjendte med Indretningen deraf, og det vil jeg gjøre ved med et Par Ord at beskrive **Lokomotivet**, en af de bekjendteste Høitryks-Maskiner, saaledes som det bruges paa Jernbanerne. I see her (Fig. 160) et saadant afbildet.

Fig. 160.



Af særdeles Vigtighed ved Lokomotivet er: 1, **Jldrummet A** (paa hvis Rist Kullene kastes gjennem Aabningen a), der paa alle Sider er omgivet af Vand; 2, flere horizontale Rør, som lede den i A ophedede Luft til D, og det gjennem et med Vand opfyldt Rum; 3, Rummene B og C, hvis Bestemmelse er at optage og samle den betydelige Dampmængde, som danner sig i ethvert Øieblik; 4, Røret c, som strax deler sig i 2 andre Rør (i Billedet er kun det ene, nemlig d synlig), der føre Dampen til Beholderen i, fra hvilken de endelig træde ind, snart paa den ene snart paa den anden Side af Cylinderen; 5, hiin Cylinder F, der ligger horizontal paa begge Sider af Vognen, og hvis Kolber og Kolbestænger ligeledes gaae frem og tilbage i en vandret Retning. (Figuren viser Eder blot den forreste Cylinder med sin Beholder i Gjennemsnit efter Længden); 6, Sikkerhedsventilerne H og L, Skorstenen over D (den bortleder den ophedede Luft og Røg) og en stor Vægtstang, der har sin Arm i N og sit Understøtningspunkt i P. Da det ikke kan være min Hensigt, her at sætte en saa konstig Mastines hele Spil eller Virkemaade ud fra hinanden, forbigaaer jeg alle de Dele deraf, om hvilke J selv ved den største Anstrængelse ikke vilde kunne erholde nogen ganske klar Forestilling.

Dampskibene ere indrettede paa lignende Maade som Dampvognene. Mastinen paa disse Fartøier er sædvanlig anbragt i Midten, og sætter paa begge Sider af Fartøiet ved de sædvanlige Krumtappe nogle Skuffehjul i Bevægelse, der meget ligne Vandhjulene ved Vandmøller med Skuffehjul i Bevægelse, der meget ligne Vandhjulene ved Vandmøller med Underfalds-Vand. I den allernyeste Tid anvender man næsten altid to Cylindre og ligesaa mange indbyrdes retvinklet staaende Krumtapper. Allerede i Aaret 1807, byggede Nordamerikaneren **Robert Fulton** et stort Dampskib ved Navn **Clermont**, paa hvilket han tilbagelagde, med en Ladning af 160 Tønder, 120 Somile i 32 Timer.

Næst Dampvognene og Dampskibene ere endnu Dampkanonerne af Vigtighed. Ville J ogsaa forskaffe Eder en Forestilling om disse Værktøi, saa tænker først paa Vindbøssernes Bygning, og sætter istedetfor det bekjendte Luftmagazin en Indretning til Frembringelsen af Damp. Antager derpaa, at Sidstnævnte er fyldt med Vand, og dette atter saa stærkt ophedet, at det, befriet fra ethvert Tryk, øieblikkelig forvandler sig til Damp af en ubyre Elasticitet! og J have da et Værktøi for Eder, som ikke besidder siden Lighed med en Dampkanon. En vis **Perkins** har gjort det første Forsøg med at benytte Dampen istedetfor Krudt.

Til Slutning opfordrer jeg Eder til flittigt at besøge saadanne Steder, hvor Dampmaskiner arbeide, og overhovedet at gribe og trolig at benytte enhver Leilighed, hvorved J kunne vinde en bedre Kundskab om disse den nyere Tids beundringsværdige Nedskaber. Egne Anskuelser blive aabenbart ogsaa her af største Vigtighed.

§. 10.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Hvad har jeg meddelt Eder angaaende Varmens Indflydelse paa Naturen, men især paa Menneskene? Hvilke ere de vigtigste Midler til at frembringe Varme? Nævn mig saadanne Phænomener, der alle have deres Grund i Legemernes pludselige Sammentrækning! Hvorledes kunne vi her

let forebygge herhen hørende Ulykkestilfælde? Hvorledes lyde de 3 Love for Solstraalernes varmeopvækkende Kraft? Angiv de Experimenter, ved hvilke jeg har henledet Eder derpaa! Forklar endvidere de vigtigste Phænomener, som grunde sig paa Solen, denne store Varmekilde! Hvad Vigtigt har jeg ellers meddelt Eder om Solen? Hvorledes ledede jeg Eder til at finde det 3die Middel til at fremkalde Varme? Nævn mig en Mængde mekaniske Forbindelser, der let antænde sig selv! Hvilke Begivenheder har jeg fortalt Eder med Hensyn herpaa? Hvad vide I at sige mig om Jordens oprindelige Varme? Hvad om Aarsagerne til Jordskjælv og ildsprudende Bjerge? Paa hvilken Maade gjorde jeg Eder bekjendte med Midlerne til at frembringe Kulde? Angiv mig de 6 Punkter, som angaae den kemiske Forbindelse, som vi betegne med Navnet Forbrænding! Hvorledes lyder Almeensætningen om Varmens vigtigste Virkning? Hvilke Forsøg have lært Eder at kjende denne Virkning? Hvo veed endnu at nævne saadanne Legemer, som synes at gjøre en Undtagelse herfra? Beskriv de Experimenter, ved hvilke I erholdt en endnu nøiere Kundskab om faste, draabeflydende og elastisk-flydende Legemers Udvidelse! Hvad har jeg meddeelt Eder om Udvidelsen ialmindelighed? Angiv saadanne Phænomener, som alene beroe paa Varmens Virkning og forklar dem tillige! Nævn de Forholdsregler, som en Thermometmager har at iagttage med Hensyn til Rørerne, Kuglen, Fyldningen med Qvægsolvet, Rørets Tilsmæltning, og Forfærdigelsen af Skalaen! Hvilke ere de brugeligste Thermometre? Hvorledes forholder det sig med Frysе- og Koge-Punktets Uforanderlighed? Hvilke vigtige Anvendelser gjøres der af Thermometret? Fortæl mig, hvad I have hørt om dets Opfindelse! Hvilken Hensigt har Pyrometret? Beskriv Englænderens Wedgewoods Thermometer, hvorledes erfarer man det Forhold, hvori dette Instruments Grader staaer til et Thermometers Grader? Hvori ligger især Utilstrækkelighed? Hvilke Midler staae os til Legemernes Inddeling i gode og slette Varmeledere? Ved hvilket Experiment bleve I bekjendte med Metallernes forskjællige Ledning? Hvad have I videre hørt angaaende Ledning ved Træ? Hvorledes forholder det sig med draabeflydende og elastisk-flydende Legemers Ledningsdueelighed? Nævn mig en Mængde saadanne Phænomener, som samtlige beroe paa den forskjællige Ledning af Varmen! Hvorledes adskiller Ledningen af Varmen sig fra Varmeudbredelsen ved Strømning? Hvad har jeg meddeelt Eder om Varmens Udstraaling? Beskriv Ildprøven og de saakaldte Ildmenneskers Konst! Hvilke Experimenter lærte Eder at kjende den skjulte eller bundne Varme, hvilke andre dens Gjenfremkomst? Hvorledes lyde de ved denne Leilighed opstillede Love? Til hvilke paafaldende Phænomener give de os Nøglen? Hvad have I ved denne Leilighed hørt om Frosnes Behandling? Hvilke mærkværdige Phænomener lærte I derhos at kjende med Hensyn til Kogning og Fordunstning? Angaaende, hvilke to vigtige Punkter giver den papinske Potte os tilstrækkelig Forklaring? Beskriv den august'ske Fugtigheds-Kuldemaaler! Paa hvilken Maade ledede jeg Eder til at erkjende Legemernes specifiske eller eiendommelige Varme? Hvilken Almeensætning træder os her klart imøde? Nævn Legemer, som besidde megen og Legemer, som besidde liden Varmekapacitet! Hvilke Midler staae os til Tjeneste for at erfare Legemernes specifiske Varme? Hvad har Samuel Moreland sat os i Kundskab om?

Beskriv Dionysius Papins Dampapparat! Paa hvilken simpel Maade gjorde jeg Eder dets Virksomhed indlysende? Hvorvidt er selv en saadan simpel Indretning istand til at hæve Byrder? Hvorledes var Englænderen Newcomens Maskine indretter? Angiv de Feil, som Jacob Watt opdagede ved den! og sig mig ogsaa ved denne Leilighed, hvorledes han har afhjulpet dem! Hvorledes har jeg viist Eder, paa hvilken Maade denne store Mands Kondensator virkede? Hvad forstaaes ved Høitryks-Maskiner? Beskriv saa nøiagtigen Lokomotivet, saaledes som dette sædvanligt bruges paa Jernbaner! Hvorledes forholder det sig med Dampskibes og Dampkanoners Indretning?

Syvende Afsnit.

Lyset.

§. 1.

Nogle Antydninger om Lyset ialmindelighed.

1) Det Spørgsmaal: **Hvoraf kommer det, at Legemerne blive oplyste ved Solen, Stjernerne, Lamper og Lys, ved det elektriske Stof** osv.? lader sig vel ikke med tilfredsstillende Bestemthed besvare; men der findes dog med Hensyn herpaa saa mange Hypotheser, med hvilke der kun lader sig Lidet indvende. Jeg vil her henvende Eders Opmærksomhed paa to. — Tidligere Lærde antoge, at der gaves et særeget Lysstof, som udstrømmede fra alle de Ting, vi see om os, og som tilsidst berørte vore Øine. Denne Hypothese, som fører Navn af **Emanations-Theorien** er nu opgivet af alle Naturforskere, fordi enhver ny og vigtig Opdagelse med Hensyn til Lyset tillige har gjort en Formerelse af hint formeentlige Stofs Egenskaber nødvendig. Skaberen af denne Hypothese er den store Newton. — Efter **Undulations- og Vibrations-Theorien**, som de Lærde nu hylde, befinde et lysende Legemes Dele sig i en almindelig Svingnings Tilstand og foranledige derved en Bølgebevægelse i Æthern, en ualmindelig, fin, elastisk, fuldkommen gjennemsigtig Flydenhed, om hvilken vi antage, at den gjennemtrænger hele Verdensrummet. Just disse Oscillationer forplante sig til Øiets Nærhud, og bevirke derved den Forestilling, som vi kalde at see. Hvor let næsten alle Lysphænomener lade sig forklare efter Vibrationstheorien, skal jeg i det Følgende gjentagne Gange eftervise Eder. Farvernes Forskjællighed hidrører med Hensyn herpaa fra den ulige Bedvaren af Lysbølgernes Svingninger, paa samme Maade, som den ulige Bedvaren af Luftsvingningerne frembringer

forskjellige Toner. Iøvrigt maa man vogte sig for at forverle Lufthølgerne med Ætherens Svingninger; de sidste adskille sig fra de første ved deres Størrelse, Retning og Hurtighed. — Vibrationstheorien er især grundet af **Euler** og **Descardes**.

2) Alle de Legemer, som besidde den Egenskab bestandig at sætte Ætheren i svingende Bevægelse, kaldes **selvlysende Legemer**. Disse modsatte ere de **mørke** d. v. s. saadanne, som mangle hiin Egenskab, og blive kun synlige for os derved, at de tilbagekaste et lysende Legemes Lysbølger. Det for os vigtigste selvlysende Legeme er Solen. Foruden denne og alle de andre Fixstjerner (efter Herschel skal der gives Fixstjerner med grønt, blaaligt og violet Lys) henhører og Lysflammen (Flammerne lyse især klart, naar der i dem befinde sig glødende Ting*), endvidere Phosphor (ogsaa den bidrører oprindelig fra en svag Forbrænding), mange dyriske og plantagtige Stoffe, som ere i Begreb med at gaae i Forraadnelse, svagt opvarmede Flusspat og Diamanter, Lygtemænd, Sjerneskud, mange Insekter og det elektriske Lys. Om vi ogsaa hertil tør henføre nogle Dyrs Øine f. Ex. Kattens og Tigerens (en Tigers Øine skal efter troværdige Øienvidner lyse i en Afstand af 30 Skridt) er endnu uafgjort. Alt Legemer, der kun besidde et svagt Lys, f. Ex. St. Hans-Ormen, kun lyse i Mørket, kan ikke forundre Eder, thi deres Lys ligesom taber sig i Solens overordentlige stærke Lys, eller bliver endog ganske tilintetgjort deraf. Nu vide I da ogsaa, hvorfor vi ikke see Stjerner om Dagen. — Saalænge et oprindeligt mørkt Legeme modtager Lys, forholder det sig ganske som et selvlysende, og kan derfor ogsaa, ligesom hiint oplyse andre Legemer. Det meest slaaende Bevis herfor giver Maanen. Unddrage vi et mørkt Legeme fra Lysets Paavirkning, saa enten taber det pludselig sin forrige Klarhed, eller og lyser det endnu en Tid med stedse mattere Lys. Legemer af dette Slags kaldes **Lysudsugere, Lysbærere** eller **Lysmagneter**. Til Lysmagneterne høre mange Diamanter, Svovlkalke, gjennemglødede Østersskaller, men især den bononiske Steen (den findes i Egnen af Bologne), som lidt opglødet, og siden udsat for Sollyset, ikke saa hurtigt atter taber den den meddeelte lysende Egenskab. Med Undtagelse af de fuldkommen sorte Legemer, hvis Tal iøvrigt er meget ringe, gives der maaskee intet Legeme, hos hvilke Efterlyset ikke skulde findes i en vis, omendog fordetmeste yderst ringe Grad. Sukker, som vi bugaitu, Kridt, som vi rive paa en bred Digel, Glas, som vi slibe paa sædvanlig Maade osv. taler særdeles meget for min Paastand. Her nævner jeg endnu andre herhen hørende Phænomener?

3) **Ofte er Varme forbunden med Lyset; ofte derimod ikke.** — Hvorledes forholder det sig med Lampe- og Kjærte-Lys; med de mangeslags glødende Legemer? — med St. Hans-Ormen og Laternedrageren? med det forraadnende Træ, den elektriske Materie og Solens umiddelbare Lys? Sidstnævnte fremkalder høist sandsynligt blot Varme i Luften, og i de Legemer paa Jorden, som den saa mægtig træffer, formedelst sin uhyre Hurtighed. I ethvert Tilfælde maae Varmephænomenerne adskilles

*) Blandt alle lysende Legemer lyser Kalk, bragt i en Flamme af Suurstof- og Vandstof-Gas, stærkest. Det er derfor intet mindre end paafaldende, at Konstnere nu tildags anvende den saa bypbigt ved Fyrtaarne, Mikroskoper, Signaler osv.

fra Lysphænomenerne. At Lys iøvrigt sædvanligt udvikler sig ved stor Varme, bevise de Legemer, som ved at gnides mod hinanden komme i en glødende eller brændende Tilstand. Det er ogsaa mærkværdigt, at det indfaldende (direkte) Lys ikke sjældent besidder en ulige større Varmegrad end det, som kastes tilbage fra en poleret Flade.

4) **Lysets Indvirkning, især Sollysets, paa organiske Legemer er meget betydeligt.** — For i nogen Maade at overtyde Eder herom, behøve I blot at sammenligne en Plante, som voxer i Mørket, med en anden, som glæder sig ved Sollysets herlige Straaler. Hiin viser sig som en mat og farvels, denne som en kraftig og smuk grøn Vext. Og have vi da ikke allerede ofte nok seet, at saadanne Planter, som vi pleie i Værelser, strække deres Grene hen mod den Aabning, igjennem hvilken Solset falder ind? Som det staaer med Planteverdenen, saaledes ogsaa med Dyre- og Menneskeverdenen. Ville I lære at kjende den almindeligste kemiske Virkning af Lyset, saa gjenkalder Eder blot alt det, som jeg i Afsnittet om de elastisk-flydende Legemer har meddeelt Eder angaaende Suurstofgassens Tilberedelse!

§. 2.

Lysets Forplantning.

Lysets Bane er stedse ligelinet. For at oplyse denne Sætning maa det være nok at gjøre opmærksom paa, at naar jeg holder et ugjennemsigtigt Legeme mellem mit Øie og en Rude, saa seer jeg ikke Ruden; samt at naar jeg bedækker et Vindue med et fuldkommen tæt, ugjennemsigtigt Nullegardin, og derpaa stikker et lille Hul i Gardinet, saa vil jeg paa den modsatte Væg let overbevise mig om, at Lyset gaaer frem i en lige Retning. Iøvrigt er denne Sætning saa almindelig bekjendt, at vi stedse, uden noget Overlæg, søge det lysende Punkt i den Retning, hvor vi finde det, og at en med saadanne Ting ubekjendt Vild, vil søge det Billede, som fremtrylles for ham paa en poleret Plade, bagved denne. Vi anvende den ogsaa paa mangfoldig Maade ved mange af vore Forretninger. Naar f.Ex. Landmaaleren bendrager Stregen efter den Diopterlinial, som angives ham ved Viseren, efter en Gjenstand, forudsætter han stiltiende, at Lyset ogsaa virkelig kommer til ham i en lige Linie. Ganske det Samme er Tilfældet med ham ved Niveller eller Vandvægten. Og gjør han maaskee ikke den samme Forudsætning, naar han betragter det Punkt, hvortil hans horizontal stillede Kikkert henviser, som lige høit liggende med hans Instrument? Det er iøvrigt nødvendigt, at I allerede her gjøre Eder forlobigt bekjendte med Følgende, omendskjøndt det først senere kan blive tilstrækkeligt oplyst.

1) Fra ethvert Punkt af et selvlysende Legeme udbrede Lysstraalerne sig til alle Sider, og forfølge deres lige Vei saalænge, indtil de træffe paa et Rum af forandret materiel Beskaffenhed. Det er derfor meget naturligt, at vi stedse, naar vi opfange Lyset ved en Flade, tale om en Straalekugle, en Straalekegle eller en Straalepyramide.

2) Holde vi den polerede Overflade af et ugjennemsigtigt Legeme mod en Lysstraale, saa indslaaer Straalen, naar den naaer til Overfladen, en Vei, der er snart mere snart mindre modsat dens forrige Retning. Vi kalde dette **Straalens Tilbagekastning.** **Katoptriken eller Læ-**

ren om Lysstraalernes Tilbagekastning fra polerede Flader lærer os, efter hvilken bestemt Lov en saadan Afvigelse fra den tidligere Vei følger.

3) En lignende Forandring lider en Lysstraale, naar den gaaer over i et gjennemsigtigt Middel, der er mere eller mindre tæt, end det forrige Middel eller Medium, og naar den træffer Overfladen ikke i en lodret, men i en skraa Retning. En Afvigelse af dette Slags kaldes en **Brydning**. Ville I stikke en Stok paaskraa i Vandet, og saaledes at et Stykke af den rager frem over Vandet, saa ville I let selv blive vaer, hvad man forstaaer ved en Lysstraales Brydning. Den herhen hørende Lov udvikler **Dioptrikken**, eller **Læren om Lysstraalernes Brydning.**

4) Streifer en Lysstraale Randen af et mørkt Legeme, saa bøies den af fra den lige Linie, og her mod det Indre af Skyggen. Vi kalde dette dens **Bøining** eller **Inflexion**. Desværre ere Lovene for denne Bøining endnu ikke nøie udforskede.

5) Falder endelig Lyset paa et ikke poleret, uigjennemsigtigt Legeme, saa udbreder det sig over hele Overfladen deraf, eller **det oplyser det.** Ogsaa denne sidste af Forandringerne er af Vigtighed. Jeg bemærker her forelobigt, at det nødvendigt maa være mørk bag ethvert uigjennemsigtigt Legeme, fordi Lyset udbreder sig ligelinet, og at vi i saa Tilfælde benævne Lysets Fraværelse med Ordet **Skygge**.

§. 3.

Lysets Hurtighed.

Lyset forplanter sig med en Hurtighed, mod hvilken Kanonkuglens ja selv vor Jords Bevægelse om Solen er fast for Intet at regne, skjøndt Sidstnævnte dog i eet Sekund gjennemfarer en Strækning i Himmelrummet af 3¾ geographiske Mile. **Lysets Hurtighed er nemlig 10,000 Gange hurtigere end vor Jords omtalte Bevægelse.**

Allerede **Aristoteles** tænkte over Lysets Hurtighed. Næsten 2000 Aar efter denne Mands Død, opstillede **Galilæi**, i samme Hensigt, 2 Mennesker i een Miils Afstand fra hverandre, gav dem let brændbare Legemer i Hænderne, og befalede den ene af dem at tænde Ild til en bestemt Tid, og den anden at gjøre det Samme, naar han bemærkede sin Kammerats Ild. Han selv indtog et saadant Standpunkt, at han derfra kunde see begge Blus. At dette Forsøg ikke ledede til noget forønskret Resultat, forekom vel ham selv forunderligt, men for os, der kjende Lysets Hurtighed, viser det sig som ganske naturligt. **Keppler** tillagde Lyset en utrolig d. v. s. en i egentlig Forstand umaalelig Hurtighed. Først i Aaret 1675 foranledigede en Danster, **Ole Rømer**, ved sine Betragtninger af Jupiters Maaner en bedre Forestilling over denne Gjenstand.

Den Maane, der staaer Jupiter nærmest (Jupiter har som bekjendt 4 Drabanter eller Maaner) bliver regelmæssig formørket ved ethvert af dens Omløb om Hovedplaneten, og vi kunne betragte dens Indtrædelse i Skyggen som et Phænomen, der i lige Tidsafsnit bender tilbage, nemlig stedse efter 42 Timer og 28 Minutter. Forbløv nu Jorden stedse i samme Afstand fra Jupiter, eller forplantede Lyset sig med en uendelig Hurtighed, saa maatte aabenbar lige Tider hengaae mellem tvende Indtrædelser af den nævnte Drabant, som følge umiddelbart paa hinanden. Dette

er imidlertid ingenlunde Tilfældet. Nøiagtige Jagttagelser, som mange Gange ere anstillede af Astronomerne, have tværtimod lært, at Indtrædelsen bemærkes henimod 15 Sekunder senere, naar Jordens Afstand fra Jupiter er bleven omtrent 600,000 Mile større. Saa lang Tid bruger altsaa Lyset for at gjennemløbe en Vei af 600,000 Mile. Hvo der nu veed, hvorledes det staaer sig med Lysets Hurtighed, og i hvilken Afstand de forskjællige Verdenslegemer befinde sig fra hinanden, maa ogsaa kunne beregne, at Solens Lys naaer til os i 8 Minutter og 13 Sekunder, Lyset af den fjerneste Planet i 2 Timer og 40 Minutter, men fra den nærmeste Fixstjerne først efter 6 Aars Forløb. Hvilken Umaalelighed af Verdensalte aabner sig ikke her for vort Blik? Da der gives Himmellegemer, der visseligen ere mange tusinde Gange fjernere end den nærmeste Fixstjerne, saa kan det vel være, at de Forandringer, som vi nu iagttage ved dem, have tildraget sig længe før den Tid, hvori vi pleie at hensætte Menneskeslægtens Udspring.

§. 4.

Lysets Styrke.

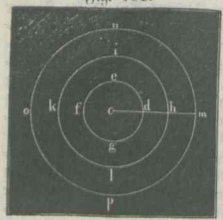
Sætter jeg to eens brændende Lys paa Bordet i et mørk Kammer, og holder for den lige overfor liggende hvide Væg et tyndt Legeme f. Ex. en Hvant, saa ville vi see, **at de halv oplyste Skygger vise sig fuldkommen eens, eller at begge Lysene ere eens i Lysstyrke.** Men fører jeg nu en Glasskive (eller et andet gjennemsigtigt Legeme) mellem hiin Væg og det ene af mine Lys, og kaste vi da anden Gang vort Blik paa Skyggerne, saa ville vi tydeligen see, at Glasskiven betydeligen svækker Lyset af det ene Lys, og at vi derfor maae rykke dette nærmere til Væggen for atter at tilveiebringe Lighed i de halvt oplyste Skygger. Selv dette simple Forsøg taler for den her vigtige Lov: **jo mere gjennemsigtigt Midlet er, desto mere Styrke besidder Lyset; jo mere ugjennemsigtigt, desto mindre.**

Kun Himmelrummet tør vi ansee som **fuldkomment gjennemsigtigt**, Luften er det ingenlunde i saa høi Grad, omendskjøndt vi ogsaa tillægge den fuldkommen Gjennemsigtighed. At Solens Lys, naar den staaer ved Horizonten, viser sig meget svækket, kommer alene deraf, at de lavere Luftlag ere saa rigeligt opfyldte med Dunster. Vide J da nu vel ogsaa, hvorfor et Lys brænder saa slet i en Stue, der er opfyldt med Tobaksrøg? Hvorfor vi endvidere paa høie Bjerge baade see Stjernerne at funkle med større Glands og see dem i større Mængde end i dybe Dale? Nærmer endnu andre herhen hørende Phænomener!

Sætter jeg et brændende Lys paa Bordet i en mørk Stue, da er jo aabenbar Belysningen stærkest i Nærheden af Lyset. Jo længere borte fra Lyset, desto svagere er Lysningen. Dette lærer os, **at Lysets Styrke aftager, eftersom Afstanden tiltager.** Ville J erfare i hvilken Grad det aftager, saa tænker Eder blot et lysende Punkt frit svævende i det umaalelige Rum, og overveier da, hvorledes Straalerne af dette udbrede sig i alle mulige Retninger! Kun paa denne Maade erholde J den her saa nødvendige Forestilling om en Lyskugle.

Lader c (Fig. 161) være det lysende Punkt; endvidere **defg** den første, **hikl** den anden, **mnop** den tredie Lyskugle! Forudsat nu, at Radierne cd, ch og cm forholde sig nøie til hverandre som Tallene 1, 2, 3, da vide vi ogsaa med Bestemthed (Geometrien lærer os det nemlig), at den anden Lyskugles Overflade er det Firedobbelte, den tredie det Nidobbelte af den første Lyskugles Overflade. Men nu træffes alle disse Overflader stedse af den samme Lysmængde; hvo tør da nu tvivle om Rigtigheden af Almeensætningen, ustridig den vigtigste Lov for Udmaalingen af Lysets Styrke: **Lysets Styrke aftager, naar det udbreder sig fra eet Punkt til alle Sider, nøie i Forhold som Afstandenes Qvadrater tiltage.**

Fig. 161.

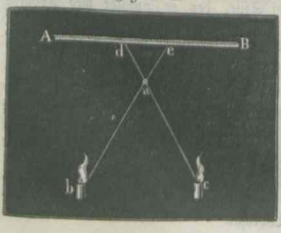


Solens Lys er saa stærkt som Lyset af omtrent 5 til 6000 Lys i en Afstand af een Fod. Paa Jordens Overflade kunne vi ikke bemærke nogen Af- eller Tiltagen ved Sollyset. Den udtalte Lov finder derfor kun Anvendelse, naar vi tale om de forskjællige Planeter, som Solen har at oplyse.

Betragte J en hvid af Solen lodret beskinnet Tavle, da ville J sikkerlig ikke blive nogen Forskjæl vaer i dens Belysning, hvad enten J see lige hen paa den, eller betragte den mere eller mindre fra Siden af. Men anderledes forholder det sig, naar Solstraalerne træffe den ikke lodret men straa, d. v. s. naar Tavlen antager en anden Stilling til Lyskilden. Hvo der nu endvidere vil under Tavlens forskjællige Stillinger give ret nøie Agt paa Belysningen hver Gang, vil af sig selv kunne finde den Lov: **jo spidsere den Vinkel er, hvorunder Lyset falder paa en Flade, desto færre Straaler træffe denne, og desto svagere bliver den derfor ogsaa oplyst.**

Istedetfor at nævne Eder endnu flere Omstændigheder, hvoraf Belysningen afhænger, vil jeg hellere med faa Ord henvende Eders Opmærksomhed paa **Photometret** eller **Lysmaaleren.** Det har i og for sig en meget svag Dom om Lysstyrken; Hukommelsen fastholder endvidere ikke det modtagne Indtryk; ja selv da, naar vi see to Legemer ved Siden af hinanden, kunne vi ikke med Bestemthed sige, hvormange Gange det ene er lysere end det andet. Heraf fremgaaer da, at et saakaldet **Photometer** er meget nødvendig. **Rumford's** Photometer gjælder for et af de simpleste og hensigtsmæssigste. Lad **AB** (Fig. 162) være en hvid Væg; a en tynd Stav f. Ex. en Blyvant; endelig ethvert af de to Punkter b og c, der ligge lige langt borte saavel fra a, som fra **AB**, to eens Lys. Følgende tre Ting indsee J da vist strax: 1,

Fig. 162.



at **AB** vel ialmindelighed oplyses af begge Lysene, men ved **e** blot af Lyset **c**, og ved **d** blot af Lyset **b**; — 2, at Byanten a danner to Skygger ved **d** og **e**, og 3, at Oplysningen af Stederne **d** og **e** maa være lige, naar begge Lysene brænde lige klart, men derimod forskjællig, naar de have en forskjællig Lysstyrke. Forudsat at **b** er det klarere Lys, da behøve vi blot, for atter at tilvebringe Lighed i Skyggerne, enten at rykke Lyset **c** nærmere til Væggen **AB** eller at bringe **b** længere bort derfra. De to Lyses forskjællige Afstande fra Væggen **AB**, som er nødvendig for at tilvebringe Lighed mellem begge Skyggerne, forskaffe os en tilstrækkelig Kundskab om Lyskraften hos **b** og **c**. Et Exempel maa oplyse dette. Lad **c** være et Lys, men **b** en Lampe, der lyser ulige klarere end hiint, men som staaer lige langt borte fra Væggen **AB**, nemlig 10 Fod! Naar vi nu maae rykke Lyset 4 Fod nærmere Væggen, for at gjøre Skyggerne lige, saa forholder Lysstyrken af Lampen og Lyset sig som Qvadraterne af 10 og 4, eller som 100 til 16 d. v. s. Lampen lyser $6\frac{1}{4}$ Gange saa stærkt som Lyset.

§ 5.

Om Lysets Tilbagekastning ialmindelighed.

Boie vi os over et smukt poleret Bord, da kunne vi, som J vide, see vort eget Billede deri, ligeledes see vi i den rolige Bæk, samtlige Træer, som staae paa Bredderne deraf. At vi ligeledes see os selv i et sædvanligt Speil, naar vi kaste Øinene deri, er ogsaa en bekjendt Ting; men maaskee har dog ikke Enhver af Eder lagt Mærke til, at et Billede fremtræder langt klarere og tydeligere bag Speilet end i Vandet. — Før vi gaae videre, mærke vi os Følgende:

1) Ethvert Legeme i eller **bagved** hvilket vi see Gjenstande, som ikke befinde sig deri, men foran eller ved Siden af samme, kaldes et **Speil**.

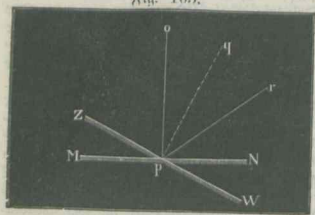
2) Vi skjælne mellem **konstige** og **naturlige** Speile: de første, som f.Ex. Glasspeilene i vore Stuer og Metalspeile i Gang- eller Gadelaterner ere Menneskeværker; disse derimod, hvortil blandt andre hører klart stillestaaende Vand, ere umiddelbart fremkaldte af Guds Skaberhaand.

3) Er Speilets Overflade flad eller plan, saa hedder Speilet ogsaa et **fladt** eller **plant** Speil; er det derimod bøiet eller krummet, saa regne vi det efter Omstændighederne snart til **Rugle-**, snart til **Regle-** eller **Cylinderspeilene**.

Hænger jeg i en Stue et Glasspeil nøie lige overfor et Vindue, i hvis Stodder jeg først har boret en lille Aabning, og lukker jeg derpaa samtlige Vinduesstodder til, saa at Sollyset kun kan trænge ind i Stuen gjennem hiin Aabning, da ville J see, at **Lysstraalen vender tilbage i sig selv**, eftersom den træffer Speilets Overflade lodret. — Gjentager jeg nu derpaa Experimentet, men giver først Speilet en saadan Stilling, at Straalen ikke længere dermed danner en ret, men en skjæv Vinkel; da ville vi istedetfor **een Straale see to**; den Vei, som Lyset har indslaaet efter sin Ankomst til Speilfladen er

bleven en ganske anden. Betragter endelig Fig. 163 med Opmærksomhed.

Fig. 163.



Under **MN** og **ZW** have I at tænke Eder to forskjællige Stillinger af et Speil; under op en Lysstraale, der træffer dette Speil. Har Spejlet Stillingen **MN**, saa er Veien for den indfaldende og den tilbagekastede Straale nøie een og samme. Men befinder det sig derimod i Stillingen **ZW** saa følger op efter Beroringen Retningen pr. Her have vi nu Følgende at mærke:

1) Lysstraalen kaldes, saalænge den endnu tager Retningen til Speilfladen, **Indfaldsstraale**, men naar Fladen ligesom støder den fra sig, **Tilbagekastningsstraalen**. (Hvad er nu op og hvad pr?)

2) Den Linie, som træffer det Punkt, hvori Indfaldsstraalen berører Speilet, og som tillige staaer lodret paa Overfladen deraf, kaldes Indfaldsloddet (er det vel muligt at angive Indfaldsstraalen, Indfaldsloddet og og Tilbagekastningsstraalen i **een** Linie?)

3) Ogsaa de Vinkler, som Straalerne danne med Indfaldsloddet, have særegne Navne. Vi skjælne nemlig mellem **Indfalds-** og **Tilbagekastnings Vinklen**; hiin har Indfaldsstraalen og Indfaldsloddet til Been, denne derimod Tilbagekastningsstraalen og Indfaldsloddet (hvorledes hedde begge disse Vinkler i Fig. 163?)

4) Begge Vinklerne ligge i **samme Plan**, og ere, hvilket er af stor Vigtighed, **hinanden lige**. Altsaa lader den Almeensætning, som enhver Tilbagekastning af Lysstraalerne fra Speilgjenstande maae følge, sig udtrykke saaledes:

Indfalds- og Tilbagekastningsvinklen ligge i samme Plan, og have, omendogsaa Speilene ere nok saa forskjællige, samme Størrelse.

§ 6.

Det flade eller plane Speil.

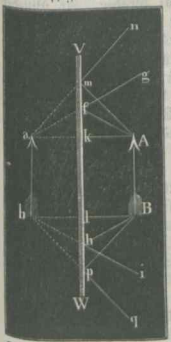
Til de Forsøg, som nu skulle anstilles, bruger jeg to flade Speile. Jeg bringer først det ene af dem i en lodret Stilling og holder derpaa en lille Pind 1, lodret, 2, bøiet under en Vinkel af 45 Grader mod Horizonten og 3, vandret foran Glasoverfladen. Hvorledes staaer det sig nu vel med følgende Paastande?

2) Under de betegnede Omstændigheder see vi ogsaa Billedet 1, i **lodret**, 2, **bøiet** og 3, **horizontal** Stilling.

2) Det er endvidere Gjenstanden **fuldkommen ligt**; ogsaa befinder det sig **nøie** saa langt bag Speilet, som Gjenstanden er foran. — Den eneste Forskjæl, som herved kommer i Betragtning, og som aabenbart ikke maae oversees, ligger deri, **at den høire Side af Objektet viser sig i Speilet som venstre; den venstre som høire.**

Lad VW (Fig. 164) være et lodret Gjennemsnit af et fladt Speil; AB en selvlysende, eller ogsaa en oplyst Gjenstand, f. Er. atter en lille Pil, foran dette; Pilen udsender endvidere alle sine Lysstraaler i alle Retninger. Forudsat nu at Af og Am ere to Straaler af det Slags, som berøre Speilfladen, maae da ikke Af kastes tilbage (reflekteres) efter fg og Am efter mn? jo aabenbart, thi kun under saadanne Omstændigheder forholde de sig overensstemmende med Katoptrikens Grundlov. Straalen Ak der udgaaer fra samme Punkt af Pilen som Af og Am, tager samme Vei frem og tilbage, eftersom den træffer Speilfladen lodret. Samtlige Tilbagekastningsstraaler nemlig fg, mn og kA forene sig endelig, tilstrækkelig forlængede, i Punktet a. Er det nu klart for Eder, at det for ethvert Øie (foran Speilet) som opfanger fg, mn og kA, maa vise sig, som om disse Lød ud fra Punktet a bag Speilfladen? Øiet seer virkelig Punktet A i a, d. v. s. a er for det Billedet af det øverste Punkt af den for Speilet stillede Pil. **Som a forholder sig til A, saaledes ogsaa b til B.** For at overtvide Eder herom behøve I blot at betragte Indfaldsstraalerne Bl, Bh og Bp med deres Tilbagekastningsstraaler lB, hi og pq. De tale altfor klart for biin Paastand, til at det skulde være nødvendig endnu at tilføie noget Bevis. Vi have nu vel fundet Billedernes Beliggenhed for Pilens Endepunkter; men endnu vide vi ikke, hvor de andre mellem A og B liggende Punkter maae aftegnes, og saaledes synes det da som om endnu een Undersøgelse stod tilbage. Jeg siger med Ville **synes**, fordi jeg kan forbigaae den uden ringeste Skade for Tydeligheden og Fuldstændigheden, eftersom den ganske ligner de forudgaaende Forklaringer. Ligesom nemlig ved den oplyste Pil selv, falder ogsaa her Billedet af alle de øvrige Punkter mellem Endepunkterne a og b. Ville I hurtigt finde det Sted, hvor et Punkt af en Gjenstand maa aftegne sig, saa opreiser blot fra hiint Punkt af paa Gjenstanden et fladt Speil en retvinklet Linie og forlænger den saa langt, nemlig at Stykkerne for og bagved Speilet have lige Længde. Endepunktet af Stykket paa biin Side er det søgte Sted. Hovedgrunden hertil ligger ligeledes i Ligheden mellem Indfalds- og Udfaldsvinklen. Ere I nogenlunde bekjendte med de Betingelser, under hvilke Trekanter ere kongruente, saa kan det umuligt være Eder vanskeligt at indsee, hvor godt den foreslaaede Fremgangsmaade leder til Maalet.

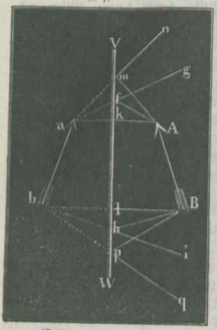
Fig. 164.



Vi have hidtil kun betragtet de Tilfælde hvori baade Speilet og Gjenstanden befandt sig i lodret Stilling; men der gives endnu saa mange andre Tilfælde, som ikke mindre fortjene vor Opmærksomhed. Med Hensyn til eet af disse Tilfælde er her tilføiet en Figur.

VW (Fig. 165) foreſtiller atter det lodrette Gjennemſnit af et Speil og AB Pilen, der er bøiet imod dette under en Vinkel af 60 Grader. At Billedet ab maa have den ſamme Beliggenhed bag Speilet, ſom Pilen AB foran dette fremgaaer af Tilbagekaſtningen af Indfaldsſtraalerne Af, Am og Ak paa den ene og Indfaldsſtraalerne Bh, Bp og Bl paa den anden Side.

Fig. 165.

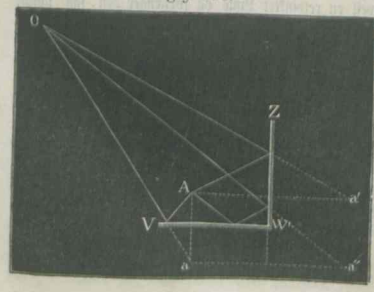


Nu giver jeg Speilet først den **bøiede** og derpaa den **vandrette** Beliggenhed, og bringer hver Gang min Pil i de tre Eder bekjendte Stillinger til det. Ved den **ſkraae** Beliggenhed viſer Billedet ſig for os 1, **vandret**, 2, **bøiet eller ſkraat**, og 3, **lodret**; ved den **vandrette** derimod 1, **lodret**, 2, **ſkraat** og 3, **vandret**. — Noget ſælſomt tager det ſig ud naar jeg holder Speilet bøiet mod Bordet, og lader en Kugle rulle paa Bordet. Den gaaer under de betegnede Omſtændigheder ſkeiret paa den lodret afbildede Flade.

Endnu gjør jeg nogle andre Forſøg. — Først lader jeg begge mine flade Speile ſtøde til hverandre under en ſmart større ſmart mindre Vinkel, og ſtiller hvergang en Gjenſtand f. Ex. et antændt Lys mellem dem. Og hvad bliver jeg nu vel vaer? dette nemlig: **at Billedet bag ved Speilene forekommer saa mange Gange mangfoldiggjort — minus een Gang — ſom Antallet af Graderne af den Vinkel, ſom Speilene danne, indeholdes i 360 Grader.** Det viſer ſig virkelig ved en Vinkel af 120 Grader 2 Gange, af 90 Grader 3 Gange, af 72 Grader 4 Gange og af 60 Grader 5 Gange oſv. bringer jeg nu atter Speilene parallel overfor hinanden, og det brændende Lys mellem dem, ſaa er Rækken af Billederne uendelig.

Til nærmere Forklaring af diſſe gaadefulde Phænomener, ſom to flade Speile, der ſtøde ſammen under en Vinkel, fremkalde tjener Fig. 166. —

Fig. 166.



Lad VW være det ene og WZ det andet Speilgjennemſnit, A endvidere et lyſende Punkt, ſom befinder ſig mellem begge Speilene; lad endelig Vinklen, ſom Speilgjennemſnittene VW og WZ danne mod hinanden være 90 Grader. Hvor viſer nu vel Billedet af Punktet A ſig? Først i a og a'. Over denne Fremſtaaen, og Stedet for begge diſſe Billeder kunne J umuligt

være i Uvished; thi de ligne jo saadanne sædvanlige Billeder, som sees bag ethvert enkelt Speil. Men vi træffe endvidere ogsaa endnu i a" et Billede af det lysende Punkt; ville J vide hvorledes endnu dette Billede opstaaer, saa tænker blot paa, at Speilet WZ ogsaa tilbagekaster de Straaler, som synes at udgaae fra Billedet a osv. Beliggenheden af a" bagved Speilet bestemmes som overalt her af Katoptrikkens Grundlov. — Hvo kan vel nu finde de Billeder, som fremkaldes, naar Vinklen VWZ udgjør 72, 60 eller 45 Grader? og hvo forstaaer endvidere at godtgjøre, at Rækken af Billederne maa være uendelig, naar Speilene have en parallel Stilling til hverandre? — Aarsagen til at ethvert efterfølgende Billede er svagere oplyst, end det foregaaende ligger alene i Lysets Reflexion. Sluttelig maa jeg opfordre Eder til at gjentage endnu engang samtlige Forsøg, som angaae det flade Speil.

§. 7.

Nogle Instrumenter, som hovedsageligen beroe paa det plane Speil.

a. Kaleidoskopet.

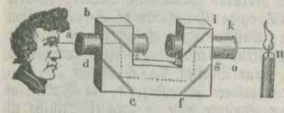
Hvo der erindrer de Billeder, som to flade Speile, der enten ere stillede parallele eller under en Vinkel til hinanden, fremkalde af enhver af de mellem dem bragte Gjenstande, ahner vist allerede, hvorledes Kaleidoskopet er indrettet. Tænker Eder nu ogsaa derved to Speile af det betegnede Slags, som ere befæstede i et Rør, og ved deres underste Kant, sammenhængende ved en Pap- eller Læderstrimmel, at være bragte i gjensidig Forbindelse paa den ovenfor beskrevne Maade! Forestiller Eder, at flere Smaastykker af farvede Stene, Glassplinter, og endnu mange andre Ting indfattede i en af 2 Glasstiver dannet rund Kapsel, at komme i de forskjellige Stillinger, naar Instrumentet dreies! — og J ere alt tilstrækkeligen bekjendte med Aarsagerne til de mange smukke Billeder i Kaleidoskopet, som stedse paany henrive os ved uendelig Mangfoldighed i deres Anordning. Kaleidoskopet er opfundet af **Brewster** i Edinburg, der desuden har gjort sig berømmelig bekjendt ved en Mængde Opdagelser paa Lysets Gebeet. — Tapetfabrikanter, Katuntrykkere, Stakkaturarbeidere, Straaflettere, og overhovedet alle Saadanne, der ofte ere i Forlegenhed for afveerlende Mønstre, kunne have megen Nytte af Kaleidoskopet. — For at fasthol de for Tegneren de mangfoldige Billeder, som ved den ringeste Bevægelse forandre sig, og ikke igjen lade sig fremkalde, have Konstnere i den nyere Tid forsynet Kaleidoskopet, hvis Længde er sædvanlig 8 à 10 Tommer og hvis sædvanlige Tykkelse er 20 à 24 Linier, med et Stativ.

b. Trylleperspektivet.

Om det vel skulde være os muligt ved dette Instrument tilsyneladende at see igjennem en Haand, et Bræt o. dl. maa De afgjøre, som anvende det i saa Henseende. Ikke En blandt Eder vil betvivle dette besynderlige Phænomen. Ville J nu vide, hvorledes dette gaadefulde Instrument er indrettet indvendigt, saa fæster blot Eders Øine paa den Tegning,

som jeg her har vedføiet (Fig. 167). — **bdgi** forestiller for Eder de firkantede sammensatte Nor; **be, de, fg** og **hi** ere flade Speile, der bøie sig mod den vandrette Linie **ak** under en Vinkel af 45 Grader. Hvilken Vei en Lysstraale, som ved **O** træder ind i Noret, maa formedelst det betegnede Speil følge, ligger saa tydeligt for Eder, at det fra min Side ikke behøver den ringeste Forklaring. Det beroer jo Alt paa Katoptrikens Grundlov.

Fig. 167.



Et andet Trylleperspektiv er den saakaldte **Operakikkert**. Have I Lyst til at besee Folk, uden at de skulle mærke det, saa forskaffer Eder blot et saadant Instrument som Fig. 168 viser. Ogsaa Operakikkerten har i sit Indre et lille fladt Speil **c**, der med Længdelinien danner en Vinkel af 45 Grader; ogsaa hos den vil endvidere enhver Lysstraale, som falder i Retningen **ac** paa Speilfladen, blive kastet tilbage hen mod **b**. Delen **ce** af Noret viser sig som næsten unyttig; den har heller ikke nogen anden Bestemmelse, end at forhøie Bedraget saa meget som muligt. Hvo der kjender disse to Trylleperspektiver indseer vist ogsaa, at der med Hensyn paa Formen kan endnu gives forskjellige andre.

Fig. 168.



c. Rik- eller Speilkasser.

For ogsaa at give Eder en tilstrækkelig Kundskab om **Rik- eller Speilkasser**, maa jeg først opfordre Eder til endnu een Gang at træde hen for Speilet paa Væggen, og medens I see paa den polerede Overflade, at forandre Eders Stilling mange Gange. Og dette maae I gjøre, for at I kunne overtyde Eder om, at I virkelig ikke overalt saae de samme Billeder at see, og at overhovedet samtlige Phænomener beroe paa den Stilling, hvori I befinde Eder til Speilet. See I f. Er., naar I staae lige for det, et Bord, saa fremstiller der sig maaskee en Stol, en Ovn eller a. dl. for Eder, naar I træde lidt tilside. Aarsagen hertil ligger ikke langt borte. I vide allerede, at naar I forandre Eders Standpunkt, komme der i denne Retning stedse nye Reflektionsstraaler i Eders Øie, og at derfor ogsaa nødvendigt de Gjenstande, hvis Billede I see bag Speilet, maae afvexle med hinanden.

Paa denne nylig angivne Eiendommelighed grunde de forskjællige Instrumenter sig, som føre Navn af **Rik- eller Speilkasser**, og hvis ene Sidevæg er forsynet med 3 eller flere Aabninger, som kaldes **Rikbuller**. De fleste af Eder have vel seet i et saadant Instrument, og jeg vil derfor her nøies med at beskrive Eder, hvorledes man indretter to af de sædvanligste Rikkasser.

En Kasse, som har et lodret, firkantet Prismas Figur, bliver først deelt ved Diagonalvægge, som alle skjære sig i dens Axe, i saamange trekantede Zeller, som der ere Sideflader; derpaa bedækker man alle Diagonalvæggene paa begge Siderne med Speilglas, og forsyner enhver Zelle med

en særegen Gjenstand; nu borer man nogle Huller i Kasfens Sideflader, forat ogsaa det Indre af disse smaae Rum kan blive seet udenfra; tilsidst forsyner man Overfladerne med et tyndt Pergament, eller ogsaa med Lærred eller Gaze, ialmindelighed med et Overtræk, som ikke træder forstyrrende eller vel endog hæmmende imode for Lyset paa dets Gjennemgang til de indesluttede Rum. I hvilket Hul paa en saadan Kasse I nu endog see, stedse fremstiller der sig en Skueplads af nye Ting for Eder. — Tænker Eder for det Andet en Kasse af samme Form, men uden Diagonalvægge og blot belagt paa de indre Sideflader med Speilglas! endvidere Beregningen afstrabet der, hvor Kikhullerne ere, for at man ogsaa her kan see ind i det Indre; maa da ikke ogsaa den Dukke, Fugl, eller hvad man ellers har stillet i Midten af en saadan Kasse stedse vise sig fleerdobbelt? De sædvanlige Kikkasser oplyses ved Lys, og Billederne blive rullede paa Valser, forat de let kunne værle og synes at bevæge sig.

Ulige vigtigere end Kaleidoskopet, Tryllepersplektivet og Kikkasen ere **Speilsextanten, Krystal-Vinkelmaaleren** osv.; men disse Ting maa jeg her forbigaae.

§ 8.

Det krumme Speil.

a. Det krumme Speil ialmindelighed.

Forelobigt ville vi med Hensyn til Speile med krumme Overflader, indprege os Følgende:

1) De sædvanlige, omendog ikke bedste Speile af dette Slags, ere **smaae Kugelafsnit***). Angaaende **Regel-** og **Cylinderspeile**, som I her ikke skulle lære at kjende nøiere, bemærker jeg korteligen dette: at alle Ting i dem afbilde sig vanskabte, og at vi have egne Malerier for dem, der gaae i det Brede i samme Forhold, som de fra den polerede Overflade drages i Længden. Kun af saadanne Malerier see vi regelmæssige Billeder i Kegle- og Cylinderspeile.

2) Midtpunktet, Radien og Diametren af Kuglen, hvoraf Speilet udgjør en Deel, kaldes ogsaa Speilets **geometriske Midtpunkt**, samt dets **Radie** og **Diameter**.

3) Er et krumt Speil poleret paa dets **indre, fordybede** Flade, saa kaldes det et **konkavt** Speil, eller et **Samlespeil**, er derimod den **ydre, opbøiede** Flade, som kaster Lyset tilbage, poleret, saa kaldes det et **konvext** Speil, eller **Spredespeil**. Næsten alle Speile med krumme Overflader ligne Samle- eller Spredespeilene. Grunden til Navnene Samle- og Spredespeil ville I strax erfare, naar I ville holde den fordybede og opbøiede Flade efter hinanden mod Solen; ved hiin træffe nemlig samtlige Straaler, efter deres Tilbagekastning, sammen i et vist Punkt; ved dette derimod reflekteres de mod alle Sider, som om de kom ud fra eet Punkt bag den speilende Flade.

*) De fuldkomneste krumme Speile ere de paraboliske d. v. s. saadanne som Konfinerne have dannet efter en Parabel, en til den høiere Mathematik hørende krum Linie.

4) Foreningspunktet for alle tilbagekastede Straaler, saaledes som I nyligt have lært at kjende det ved et Samlespeil, ligger i Midten af Radien, og forer, af Grunde, som ere Eder meddeelte i Afsnittet om Varmen, Navn af **Brændpunktet.***) Dets Afstand fra Speilet kaldes **Brændvidden.** — Intet Spredespeil besidder et **virkeligt,** men kun et **indbildt** Brændpunkt.

5) Ved et krumt Speils **Axe** forstaae vi den ubegrændsede Linie, som optager i sig saavel Midtpunktet, som Brændpunktet. Ved denne bestemmes iøvrigt ogsaa det **optiske Centrum.** Det sidste er det Punkt i selve Speilet, hvorfra alle Punkter i Omkredsen ere lige vidt fjærnede.

6) Navnene **Indfalds-** og **Tilbagekastningsstraaler, Indfalds-** og **Tilbagekastningsvinklen** bruges ligesaavel ved Speile med krumme, som ved Speile med flade Overflader. Ogsaa bliver den tidligere udtalte Grundlov for Lysets Refleksion uforandret den samme for alle Arter af krumme Speile.

b. Det krumme Speil som Samlespeil.

Tage I et lille Samlespeil og sætter **ganske nær** foran det et Lys af passende Størrelse, og fæste I nu Eders Blik derpaa, saa ville I blive tydeligt vaer, at Billedet af Lyset vel staaer opret, men overgaaer det i Størrelse, og ogsaa befinder sig noget længere bagved Speilet, end Lyset er foran dette. Forer jeg for det Andet Lyset nærmere til Brændpunktet, da vil Billedet endnu beholde saavel sin oprette Stilling, som sin Standplads paa den modsatte Side; men blot et flygtigt Blik i Speilet vil lære Eder, at det har tiltaget saavel i Størrelse som i Afstand. Mærker Eder foreløbigt ogsaa dette Phænomen! Efterat jeg for det Tredie har bragt Lyset neie paa Brændpunktet, er, hvad der vist ikke lidet forundrer Eder, Billedet ganske gaaet tabt; kun et forvirret Lysskin i en uendelig Fjærnhed viser i nogen Maade tilbage derpaa. Giver jeg for det Fjerde Lyset sin Stilling udenfor Brændvidden, men dog endnu Brændpunktet temmelig nær, viser Billedet sig paany, men, hvad der i flere Henseender fortjener Eders Opmærksomhed, omvendt; og endvidere ikke mere bagved, men foran Speilet, og jo større, jo nærmere Lyset staaer ved Brændpunktet. I det geometriske Midtpunkt falde endelig Billedet og Gjenstanden sammen. Tilsidst fjærner jeg Lyset saa langt fra Speilet som muligt. Idet I nu see Billedet ganske i Nærheden af Brændpunktet, overtyde I Eder tillige om, at **Brændpunktet er intet Andet end et Billede af Solen.** Kun Billederne foran Speilet ere **sande Luftbilleder** d. v. s. saadanne, i hvilke Straalerne, som udgaae fra **samme** Punkt af Gjenstanden, virkeligen atter blive forenede i **eet** Punkt af Billedet. Bringe I et Legeme f. Ex. et Ark hvidt Papir, paa det Sted, hvor Billedet repræsenterer sig for os, saa vil det blive oplyst med alle de Farver, som gire Billedet selv.

---

*) Brændpunktet er ikke noget geometrisk Punkt; men en snart længere, snart kortere Linie, der afhænger af Speilets forskjællige Krumning (Brændlinien); dette fremgaaer allerede tilstrækkeligt af den Omstændighed, at kun saadanne Straaler, som falde ind **ganske nær** ved Axen, reflekteres efter Radiens Midte; de andre derimod, mere fjærnede fra hiin Linie, i et Punkt, som er Speilfladen nærmere.

Sædvanligt opfange vi et saadant Luftbillede (Billederne bagved Speilet kaldes geometriske Billeder), paa en Speilet modsat hvid Væg.

Til Forklaring af de Billeder, som fremstaae ved Samlespeilet skulde jeg nu vel strax udkaste ret mange Figurer for Eder; men det er raadeligt, at jeg her indskrænker mig til de to Tilfælde, hvor Gjenstanden har taget sin Standplads 1, **mellem Brændpunktet og Speilet og 2, mellem hiint Punkt og Midtpunktet.**

I Fig. 169 og 170 foresiller VW et paa sin konkave Flade poleret Speil, C det geometriske Midtpunkt, F Brændpunktet, o det optiske Centrum, og AB en Pil, som i Fig. 169 befinder sig indenfor Brændvidden, men i Fig. 170 mellem Brændpunktet og det geometriske Midtpunkt C. Vide J nemlig blot at finde det Sted, hvor A aftegner sig, saa kjende J tillige ogsaa alt Andet, som ved Billedet er af Vigtighed. Men hvorledes finde J vel dette Sted paa korteste Maade? Drager man fra C en Linie over A til Speilet, saa vil denne Linie CAn falde retvinklet derpaa, og en Lysstraale An vil blive kastet tilbage i samme Retning, hvori den ankom; Billedet af Punktet A maa altsaa nødvendig befinde sig paa Forlængelsen af An. Men en fra A parallel med Aren paa Speilet faldende Straale Ae vil som bekjendt blive reflekteret mod Brændpunktet F. Billedet af Punktet A maa altsaa ogsaa befinde sig paa Forlængelsen af Linien Fe, og følgelig er det søgte Billede der, hvor Forlængelserne af An og Fe skjære hverandre. Skjæringspunktet a af begge Linier ligger nu ved Fig 169 bag, ved Fig. 170 foran Speilet. Man behøver vel ikke her at overtrøde Eder om, at Pilen AB maa nødvendig give os de Billeder, som jeg har udkastet for Eder i mine Figurer. Idet jeg til Slutning opfordrer Eder til ogsaa at tegne Figurer for nogle andre Tilfælde, maae J især erindre to Ting: 1. Bi finde det Sted, hvor et Punkt optisk afbilder sig, allerede da, naar vi ogsaa blot kjende Retningen af to Straaler deraf, efter deres Reflektion, og 2. Billedets Beliggenhed afhænger af Gjenstandens Beliggenhed. Naar Gjenstanden ligger mellem Speilet og Brændpunktet, saa erholder man et opret forstørret Billede bag Speilet (Fig. 169); ligger det, nemlig AB, mellem Brændpunktet F og det geometriske Middelpunkt C (Fig. 170), saa er Billedet ab derimod omvendt og forstørret. Men er Gjenstanden

Fig. 169.

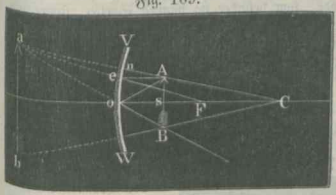
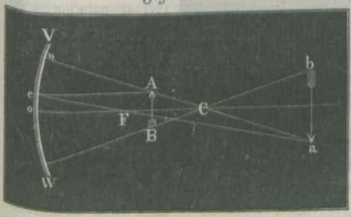


Fig. 170.



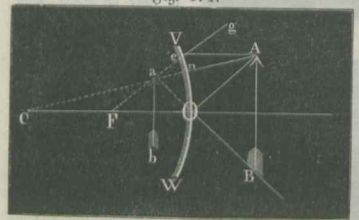
endog hinsides **C i ab**, saa vil man i **AB** erholde et formindsket omvendt Billede deraf.

c. Det krumme Speil som Spredespeil.

Jeg tager et brændende Lys og stiller det mod den ophøiede istedetfor den fordybede Flade af et Metalspeil; hvorhen jeg endog bringer Lyset, om ganske nær til det optiske Middelpunkt, ja endog hen mod Brændpunktet, om i dette Punkt selv, om mellem Brændpunktet og det geometriske Middelpunkt, stedse see vi et Billede, som befinder sig bagved Speilet, staaer opret, er mindre jend Lyset, og taber destomere i Størrelse, jo længere jeg fjærner Lyset fra Speilet. Hvor simple ere dog ikke disse Phænomener, naar vi sammenligne dem med hine, som det krumme Speil som Samlespeil fremtryller?

At det just ligefrem maa være saa og ikke kan være anderledes, vil blive Eder klart, naar J med Omhyggelighed fatte den hosstaaende Figur (171) i Øie. Ligesom ved Figurerne 169 og 170, betegner ogsaa her **VW** det krumme Speil, **C** det geometriske Middelpunkt, **F** Brændpunktet (det er naturligvis det indbildte eller negative Brændpunkt) **O** det optiske Centrum, **AB** en Pil og **ab** et Billede af sidstnævnte. Ikke mindre bekjendte for Eder ere Indfaldsstraalerne **Ae** og **AO**. For at finde Tilbagekastningsstraalen fra **Ae**, have J blot at tænke derpaa, at jo denne Indfaldsstraale gaaer parallel med Axen, og at den derfor, ankommet til Speilfladen, indslaaer en Retning, som om den kom fra det negative Brændpunkt; den bliver altsaa reflekteret i Retningen **eg**. Straalen **An** træffer retvinklet paa Speilfladen, fordi den er rettet mod Midtpunktet **C**, og den bliver altsaa reflekteret i samme Retning, som den er faldet paa Fladen. Forlænger man **eg** og **An** tilbage (bagud), saa finder man Punktet **a**, hvorfra alle fra **A** udgaaede Straaler synes efter Reflektionen at komme; **a** er altsaa Billedet af **A**. Heraf følge videre: 1, Billedet befinder sig uden Undtagelse bagved Speilfladen og 2, det blive mindre, jo større Afstanden af Pilen **AB** er fra **VW**; thi derved bliver jo ogsaa Vinkelen **ACB**, hvori Billedet **ab** falder, stedse mindre. Figuren eftervifer overhovedet Alt saa tydeligt, at selv de bedste Ord neppe ere istand til at bidføre en grundigere Indsigt.

Fig. 171.



§ 9.

Forskjællige Anvendelser af det krumme Speil.

a. Samlespeilet som Oplysningsspeil.

Hvo der i den morke Nat gaaer omkring paa Gaderne i større Stæder og eftertænkende betragter det blændende Lys, som straaler bam imøde fra Lygterne, har vel forelagt sig selv det Spørgsmaal; hvoraf komme det at denne Belysning har en saadan betydelig Styrke? Og det kan vel ei heller være bam vanskeligt at finde det rette Svar. Uden maaskee i rinegste Maade at være bekjendt med de skjønne Egenskaber ved de smukt pudsede Kobber-, Messing- eller Sølv-Stykker, som han seer opstillet bag den brændende Lampe, erklærer han disse øieblikkeligen for Aarsagen til den beregnede Virkning. Ikke blot Gader men ogsaa Ganglygter ere forsynede med saadanne Speile. Men hvad er det da, som gjør Samlespeilet saa passende til at forstærke Lysflammen? Lysstraalerne tage som bekjendt, den samme Vei frem og tilbage. Naar derfor saadanne Lysstraaler, som gaae parallel med Aren og falde paa en fordybet Speilflade, blive kastede tilbage mod Brændpunktet, saa maae aabenbar atter andre, som træffe Speilet fra dette Punkt, efter deres Afsprælning fremstille ligelobende Linier. Men reflekterede Straaler af sidste Slags udbrede sig kun lidet paa deres Vei og bære det klare Skin ud i en meget betydelig Vidde.

Nytten af Fyrtaarne ved Søkysterne og i Nærheden af Havne er bekjendt. Her maa det være nok at bemærke, at Samlespeil ogsaa bidrage meget til den flammende Lysses overordentlige Styrke.

b. Samlespeilet som Brændspeil.

Jo mere koncentrerte d. v. s. forenede Solstraalerne falde paa et Legeme, desto mere Varme frembringe de ogsaa: saaledes lyder som bekjendt den ene Lov angaaende Solens varmeopvækkende Kraft. Krydse nu, hvad der virkelig er Tilfældet, samtlige med Aren parallel indfaldende Straaler sig i samme Punkt, efterat de ere blevne reflekterede fra en poleret Flade, saa maa jo Samlespeilet ogsaa aabenbart tjene til at frembringe en i Sandhed overraskende Hede i Brændrummet. Og saaledes er det ogsaa i Virkeligheden. At ikke blot Glas og Metal, men endog Diamanten, der som bekjendt er den haardeste af alle Stene, opløses naar den bringes i Brændrummet af et saadant Speil, har jeg alt meddeelt Eder i Afsnittet om Varmen. Et Samlespeil af 4 Fods Diameter og 6 Fods Brændevidde frembringer, saa utroligt det endog klinger, en Hede, som overgaaer i Styrke den umiddelbare Opvarmen ved Solstraalerne benimod 5000 Gange.

Vi kunne ivrigt ogsaa ved flade Speile frembringe en Hede, som er stærk nok til paa 3 à 400 Fod at antænde alleslags brændbare Stoffer. I saa Henseende behøve vi ikke at gjøre Andet, end at stille et stort Antal af saadanne Speile saaledes ved hinanden, at de forenede paa en vis Maade danne et Kugelafsnit. Under saadanne Omstændigheder kaste naturligvis ogsaa disse Solstraalerne mere eller mindre nøie til eet og samme Punkt. Som man formoder betjente Archimedes, i Aaret 212 f. Kr., sig af dette Middel for at slikke den for Syrakus liggende romerske Flaade i Brand.

c. Samlespeilet som Trylleſpeil.

Naar J en mørk Nat begive Eder hen paa en Kirkegaard, og neppe ere ankomne der, før J see Skikkelser med blodige Gevanter at fremstige af Gravene, see dem at spadsere henover Gravene, gjøre alleslags skrækkelige Bevægelser, og derpaa atter at vende tilbage i Gravene, hvo i al Verden kan da vente, at J derved skulle blive frygtesløse og ligegyldige, naar J ikke kjende, og ikke engang have hørt noget om de Midler, hvorved saadanne Phænomener fremkaldes? Og endnu mere! dersom J haabe at opdage en Bedrager og maaskee ere bebjertede nok til at gaae løs paa den formeentlige Aand, medens han driver sit Væsen paa dette frygtelige Sted; men han flygter ikke, kommer maaskee endog noget nærmere til Eder, og J nu, naar J ville gribe ham, gribe lig Barnet efter Skyggen paa Væggen, i Luften. Det er da visselig ikke til at undres over, om J zittrende paa alle Lemmer løbe skyndsomt derfra og forsikkre Enhver, at J have seet en Aand! Mangen klog Mand er alt paa denne Maade bleven overtroisk. Men naar J nu senere erfare, at en Konstner i Nærheden af Kirkegaarden, maaskee i et mørkt Kammer i Graverens Huus, har ladet Aanden fremtræde ved Hjælp af sit krumme Speil, hvor ville J da alle stamme Eder!

Hvo der skulde have Lyst til at fremstille slige Aandeaabenbarelser i det Smaae, han sætte først et Samlespeil, hvis Brændvidde beløber sig omtrent 2 à 3 Fod, i en stor, indvendig overalt sort anstrøgen Kasse; derpaa anbringe han i Sidstnævnte en saadan Indretning, at nogle f. Ex. af Træudskaarne menneskelige Figurer paa 8 à 10 Tommers Længde lade sig indskyde gjennem en Aabning i Dækselet; endelig stille han to Laterner i Kassen, for at ikke den nødvendige Belysning skal mangle. Iøvrigt iagttage han vel 1, at Speilet rettes efter de Skikkelser, der skulle vise sig som Aander, og ogsaa er saa vidt fjernet fra dem, at de befinde sig bag Brændpunktet; — 2, at Laternernes Lys, ved et mindre Samlespeil bag Flammen, kastes vel paa Figurerne, men ikke ogsaa paa det større Samlespeil! Men hvorledes kommer Billedet ud af Kassen i den frie Luft? blot derved at man lader Kassen være aaben paa et vist Sted. — Har han indrettet Sagen saaledes, at han kan bevæge Øine, Arme og Been paa Figurerne, saa gjøre ogsaa Luftbillederne lignende Bevægelser, og vise sig saameget desto mere for Tilskueren, som Frygt og Skræk indjagende Aander. Hvorledes det endog bliver muligt for Konstneren at frembringe Minespil og Foldekast i Klæderne lader sig let opdage, naar man veed, at disse Aandebilleder ere levende Personer.

§ 10.

Om Lysets Brydning ialmindelighed.

Her har jeg et Kar, hvori der intet Andet er end Luft; jeg lægger nu et Pengestykke paa et Sted af dets Bund og opfordre Eder til at indtage en saadan Plads, at J derfra netop kunne see lige over Aanden. Herpaa følder jeg mit Kar sukcessivt med Vand. Medens jeg gjør dette, blive J med Forundring vaer, at Pengestykket tilsyneladende stiger iveiret, indtil det endelig, ankommet til et vist Punkt, forbliver roligt. Er et saadant Phænomen ikke ogsaa værd at undersøge?

Fig. 172.



I den her vedføiede Fig 172 er vv Karret, m det Sted, hvorpaa jeg har lagt Pengestykket, a Jagttagerens Øie, b endelig den Deel af Randen, over hvilken Pengestykket kan bemærkes. Saalænge der nu kun befinder sig Luft i Karret, gaae alle Lysstraalerne, som fra m blive sendte over b til o, frem i en ret Linie; men et andet Forhold indtræder dog strax, naar jeg fylder Karret med Vand. Da stiger m tilsyneladende ivei-ret, og et nyt Sted, n, fremstiller sig for Jagttageren. Søge I nu de Punkter hvor de Straaler, som fra m naae til vort Øie, fremtræde af Vandet, altsaa Punkterne i, saa finde I dem ikke mere som forhen i en lige Linie med m og b, og en Gjenstand f.Ex. lig Spidserne af en Cirkel, som efter hinanden følge de rette Linier io og im, lærer Eder tydeligt, idet den begge Gange skjuler Punktet m for Øiet, at den Lysstraale, som træffer Jagttagerens Øie, fortsætter, saalænge den bliver i Vandet, sin Vei fra m til i i lige Retning, men gaaer derimod ved i, Grændsen mellem Vand og Luft, over i en forandret Retning fra io. Før jeg gjør Eder nærmere bekjendte hermed, maae I indprænge Eder Følgende!

1) **Enhver Lysstraale, som gaaer skraa over fra et gjennemsigtigt Middel til et andet mere eller mindre tæt Middel, deler sig ved Skilningsfladen i 3 Dele. Den ene Deel bliver ligesom opslugt, den anden Deel kastes tilbage, den tredie træder ind i det nye gjennemsigtige Legeme og lider en med det passende Brydning.**

2) **Jo mere skraa den falder paa, desto stærkere er den tilbagekastede, desto svagere den brudte Deel.** — Forudsat at det brydende Middel overgaaer det andet i Tæthed, bliver selv endnu en saadan Straale afledet fra sin Vei, der har en næsten parallel Retning med begge Midlers Begrændsningsflade.

3) **Mere tætte Legemer bryde ialmindelighed Lyset stærkere, end mindre tætte.** — Saa uomstødelig denne Paastand ogsaa er, saa afhænger Brydningsforholdet dog ikke alene af Tætheden, men ogsaa af Legemernes kemiske Beskaffenhed. Saaledes bryde f.Ex. brændbare Legemer, Lyset stærkere end ikke brændbare. Desværre kjende vi endnu altfor lidet Sammenhængen mellem Brydningskraften og Legemernes øvrige Egenskaber, til at det skulde være mig muligt selv blot med faa Ord at antyde Eder den her fremtrædende Lov.

4) **Ved enhver Brydning foregaaer der en ganske egen Forandring med Lyset,** hvilken her blot kan blive nævnet, men neden under skal blive temmelig nøie oplyst; **jeg mener Udbredningen af dets Straaler i en lille Vinkelflade.**

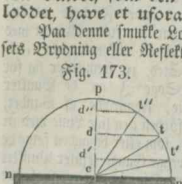
5) **Navnene Indfalds- og Brydningsstraale, Indfaldslod, Indfalds- og Brydningsvinkel have her ganske den samme Betydning, som ved Lysets Reflektion.** — Besvarer mig ligeledes følgende Spørgsmaale: hvad forstaae vi ved Indfalds- og Brydningsstraalen? ved Indfaldsloddet? ved Indfalds- og Brydningsvinklen?

6) **Loven for Lysstraalernes Brydning** er langt sværere at udtale, end den for deres Tilbagekastning, og den er vel næppe klar for dem, der mangle geometriske Kundskaber; den lyder saaledes:

Gaaer en Lysstraale fra et gjennemsigtigt Middel over i et andet gjennemsigtigt Middel, ligemeget om det er mere eller mindre tæt, saa brydes den saaledes, at Sinusserne til den Vinkel, som den danner i begge Midlerne med Indfaldsloddet, have et uforanderligt Forhold for begge Midlerne.

Paa denne smukke Lov beroer hele Dioptriken d. v. s. Læren om Lysets Brydning eller Reflektion. — Lad (i Fig. 173) c være det Sted, hvor

Fig. 173.



en Lysstraale falder paa det andet Middel; endvidere nn' den Flade, som skjærer begge Midlerne! opreiser jeg nu i c Indfaldsloddet pcp' og lægger jeg gjennem dette og Indfaldsstraalerne t''c, tc og t'c i Tankerne en Flade, saa blive ogsaa Brydningsstraalerne cr'' cr og cr', (Straaler, som høre til hverandre ere t''c, tcr og t'cr) i denne Plan eller Flade, men saaledes, at Vinklerne i det tættere Middel, her i Vandet, cr''p', crp' og cr'p' ere mindre, end Vinklerne i det tyndere Middel, her i Luften, pct'', pct og pct'. Drager jeg endvidere t''d'', td, t'd' og r''f', rf, r'f' retvinklet paa Indfaldsloddet, saa har jeg i denne Sinusserne til de forhen angivne 3 Indfalds- og Brydningsvinkler, og just disse er det, hvis Forhold til hinanden, Straalen maa saa falde paa, i hvilken Retning den vil, bliver uforanderlig det samme for hver to Midler. Brydningsforholdet bestaaer med Hensyn til vor Figur egentlig i Følgende: r'f, t'd = rf, td eller ogsaa r''f', t''d'' = rf, td osv. Trekanternes Ligedannethed godtgjør Nøiagtigheden af den opstillede Proportion.

7) **De vigtigste Brydningsforholde ere de mellem Luft og Vand paa den ene, og Luft og Glas paa den anden Side.** — Uden at sætte nærmere ud fra hinanden for Eder, hvorledes man har fundet dem, vil jeg bemærke, at Forholdet mellem Luft og Glas er omtrent som 3: 2; men mellem Luft og Vand temmelig neie som 4: 3.

At en Stok, som stikker skraa i Vandet, viser sig som brudt; at vi ikke see Fiskene paa deres virkelige Sted, men see dem omtrent ¼ nærmere Vandets Overflade, at vi see Stjernen, før dens egentlige Opgang, og endnu efter dens Nedgang*) at en Maaneformørkelse kan indtræde, medens Solen endnu staaer over Horizonten, at Gjenstande, som befinde sig i en bevæget eller ophidset Luft, synlig zittre (Luftens ulige Tæthed bevirker nem-

*) Enhver Straale, som fra et Verdenslegeme falder skraa paa vor Atmosphære, maa nødvendig, eftersom den gaaer igjennem tættere Luftlag, derved blive bøiet af fra sin Vei og beskrive en krum Linie. Alene paa denne Omstændighed beroer den astronomiske Straalebrydning. Betænke vi endvidere, at vi see enhver Gjenstand i Retningen af den Straale, som træffer vort Øie, saa maa jo f. Ex. Solen være synlig endnu kort efter at den er gaaet ned. (Tydeliggjører dette ved en Tegning, hvori de forskjællige Luftlag ere anbragte ved Cirkelbuer!)

sig at Lysstraalerne brydes snart efter den ene, snart efter den anden Side og overhovedet ikke stedse stikkes til vort Øie i samme Retning); at Fixstjernerne funkle; at samtlige Legemer, som befinde sig under Vandet, strax naar Overfladen kommer i Bevægelse, synes at bevæge sig osv. alle disse og endnu mange andre Phænomener, som beroe enten paa den **jordiske** eller astronomiske **Straalebrydning**, ville selv J nu let kunne forklare.

§ 11.

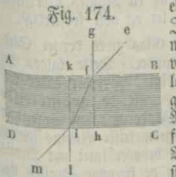
Lysets Brydning gjennem slebne Glas.

De slebne Glas, hvilke J nu have at skjænke en ganske særegen Opmærksomhed, dele sig ligesom Speilene i **flade** og **krumme**. Paa flade eller plane Glas have vi ingen Mangel; enhver Stue, viser Eder saadanne i Vinduerne, gjennem hvilke Lyset trænger ind i Stuen. Krumme Glas ere vel sjeldnere; men desuagtet fattes det os ikke paa Leilighed til ogsaa at see dem (Tænker blot paa Brændglas, Brilleglas, Lorgnetter osv.!) og anstiller Forsøg med dem!

a. De flade eller plane Glas.

De Phænomener som flade Glas, især saadanne, som besidde ligelobende Flader, frembyde, ere deels meget simple, deels Eder Alle tilstrækkeligen bekjendte. Afseet fra at Gjenstanden ved ethvert straa Gjennemblik, synligt rykker noget bort fra sin Standplads, kjende vi ingen betydelig Indflydelse, som de formaae at udøve. De forandre f. Ex. ingensinde Tingenes Størrelse og Retning. For at gjøre Eder Alt dette ret tydeligt har jeg atter udkastet en Tegning; betragter den!

Fig. 174.



Lad ABCD (Fig. 174) være Gjennemsnittet af et Glas med flade eller parallele Flader, ef en Lysstraale, og gh Indfaldsloddet som træffer f og er opreist paa Skilningsfladen. Da Straalen ef brydes, naar den vil gaae over i Glasset, og brydes mod Indfaldsloddet, saa maa fi betegne den Vei, som den følger i Glasset. Aabenbar forandrer den ved i sin Retning anden Gang. Forudsat nu, at Luften foran og bagved Glasset har samme Tæthed, maa Brydningsstraalen im være parallel med Indfaldsstraalen ef, eftersom Lyset tager samme Vei frem og tilbage. Min Figur viser Eder tillige meget tydeligt, at Gjenstandens Forrykning bliver desto mærkeligere, jo tykkere Glasset er, og jo mere paastraa vi see derigjennem. Vore Vinduesruder lade os fordetmeste see Gjenstandene, hvor de virkeligen ere.

Betragte vi Gjenstandene gjennem Glas, som vel har jævne men ikke parallele Flader, saa er det os ikke paafaldende, at finde Gjenstandene betydeligen forrykkede fra deres Plads. Særdeles stikket for herhen forende Forsøg er det **tresidige Prisma**. — Holder nu dette for Øinene og seer hen efter en bestemt Gjenstand, lader forelobigt de farvede Rande, som ville vise sig for Eder, ganske upaagtede, men prøver desto omhyggeligere, om vi gjennem Glasset virkeligt see alle Gjenstandene hvdere, og det i en desto høiere Grad, jo mere de befinde sig til Siden for Eder. Det sidste

Phænomen beroer naturligviis paa den Vei, som en Lysstraale, der gaaer igjennem et Prisma, indslaaer. Hvo som herhos med Opmærksomhed lægger Mærke til, at en saadan Straale, før den naaer til Øiet, brydes to Gange opad, og at vi endvidere see enhver Gjenstand i den Retning, som Straalen tilsidst angiver os, finder nu visselig intet mere Gaadefuldt i hint Phænomen. Men ved Forsøget selv maae I holde Øinene ubevægelige, saa ofte I bringe Prismaet hen for og bort fra dem; thi kun under denne Betingelse see I Gjenstanden ingensinde der, hvor I havde haabet at finde den. Horizontale Vindueskanter vise sig, betragtede gjennem Prismet som Buer med den ophøiede Side opad. Figurer, som oplyse alle disse Tilfælde, skal jeg senere udkaste for Eder. Prøver imidlertid om I ikke ogsaa uden min Hjælp kunne bringe dem istand!

b. Krumme Glas.

aa. Krumme Glas ialmindelighed.

Ganske anderledes end ved de flade Glas, især langt righoldigere, ere de Phænomener, som Glas med krumme Overflader frembyde. For jeg imidlertid lader Eder betragte dem, maae I være bekjendte med følgende Punkter:

1) Samtlige krumme Glas, hvor forskjællige de endog maatte være, lade sig bequemt dele i to Grupper, nemlig **Samle-** og **Spredeglas**; hine have deres største Tykkelse i Midten; disse derimod i Randen.

2) Næsten til ethvert af de Experimenter, som jeg her har tænkt at anstille, vil jeg betjene mig af **sphæriske** Glas, d. v. s. saadanne, hvis Flader ere meget ringe Dele eller Segmenter af en Kugles Overflade. Kun krumme Glas af denne Beskaffenhed lade sig let og noie forfærdige.

3) I Midten af ethvert herhen hørende Glas gives der et Sted, hvor begge Overfladerne ere parallele med hverandre. Dette kaldes det **optiske Midtpunkt**. Endvidere kalde vi den Linie, som her gaaer retvinklet gjennem begge Fladerne, **Glassets Axe**. Alt de **geometriske Midtpunkter**, d. v. s. de Midtpunkter fra hvilke Fladerne danne Segmenter og ogsaa **Brændpunkterne**, ved hvilken den geometriske Radius iøvrigt ikke stedse bliver halveret*) ligge heri (i Axen) behøver intet nyt Bevis for Eder, da I have den nødvendige Kundskab om de krumme Speiles lige benævnte Punkter og Linier. Ved Spredeglassene ere Brændpunkterne og Brændvidderne indbildte eller negative.

4) Saa forskjællige formede Samleglas der endogsaa gives, saa frembringe de dog næsten alle samme Phænomener. Det Samme gjælder om de mangfoldige Spredeglas. I den her vedføiede Figur (Fig. 175)

*) Ved Glas med krumme Overflader kommer, med Hensyn paa Beliggenheden af deres Brændpunkt, Alt an paa, om de ere forfærdigede af lige eller forskjællige Substantser; saaledes kunne de da i Form fuldkommen stemme overeens med hinanden, og Brændpunktet dog ikke befinde sig paa samme Sted.

Fig. 175.



anskueliggjør a Øder et dobbelt konvext, b et plan konvext og c et konkavt konvext Samleglas; endvidere d et dobbelt konkavt, e et plan konkavt, og f et konvext konkavt Spredeglas. Ved efterfølgende Forsøg vil jeg kun betjene mig af et dobbelt konvert og et dobbelt konkavt slebent Glas. Navnet Lindse eller Lindseglas, som vi vel tillægge alle, men dog især de mindre sfæriske Glas, er laant af det dobbelt konvere Samleglas, der ei kan fornægte sin Lindsefigur.

bb. Krumme Glas som Samleglas.

For først at finde et saadant Glasses Brændpunkt, rettere Brændrum, holder jeg det saaledes mod Solen at dens Straaler falde muligst lodret derpaa, og agter derhos vel paa, hvor Lyskeglen bag det har den mindste Radius. Saavel et blændende Lys, som ogsaa en meget betydelig Hede aabenbarer mig endnu desuden det Sted, jeg søger. Efterat jeg nu har lært at kjende Brændpunktet, bringer jeg lidt efter lidt en stærkt oplyst, eller ogsaa en selvlysende Gjenstand, f. Ex. atter et lille brændende Lys: 1, paa to forskjællige Punkter af Aren indenfor Brændvidden; 2, I Brændvidden selv, 3, paa to forskjællige muligst langt fra hinanden fjærnede Punkter af Aren udenfor Brændvidden; og jeg gjør jeg, for at overtyde Eder om, ved egen Anskuelse, at det optiske Billede, som frembringes ved Brydning af Lysstraalerne i Samleglasset, retter sig ganske efter Gjenstandens Standplads. Resultatet af disse Undersøgelser ere følgende:

1) Saalænge det brændende Lys staaer indenfor Brændvidden, er Billedet opret, paa samme Side af Glasset som Gjenstanden, og vinder desto mere i Størrelse, jo nærmere Lyset kommer Brændrummet.

2) Har det naaet Brændrummet, saa giver det os intet Billede, Alt hvad vi i dette Tilfælde kunne blive vaer, er et mat Lysskin i en uendelig Afstand.

3) Tager Lyset sin Standplads udenfor Brændvidden, saa viser Billedet sig vel for os paany; men det er nu omvendt, og svæver paa den modsatte Side af Glasset; men endnu bestemmes dog dets Størrelse ved Lysets forskjællige Afstand fra Brændpunktet; jo nærmere det nemlig staaer dette nys bestrevne Punkt, desto større viser ogsaa Billedet sig, jo fjærnere desto mindre. I det geometriske Midtpunkt er Billedet og Gjenstanden af lige Størrelse. Var det mig mulig at rykke Lyset bort i en meget betydelig Afstand, saa vilde dets Billede, ligesom Solens Billede, falde i selve Brændrummet.

I Fig. 176 og 177 betegner WV et dobbelt konvert Glas, F Brændpunkterne o det optiske Centrum, AB en Pil, som i Fig. 176 har taget sin Plads mellem Glasset og Brændpunktet, men i Fig. 177 udenfor Brændvidden. De Fordele, som begge Omstændigheder bringe mig, ere Eder allerede bekjendte af min tidligere Underviisning. Lægger med Hensyn til de tegnede Brydningsstraaler frem for Alt Mærke til 2 Punkter:

Fig. 176.

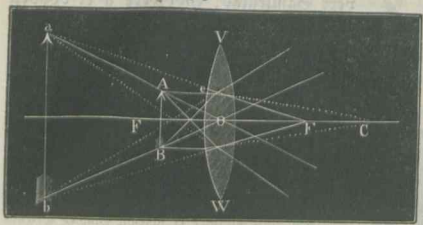
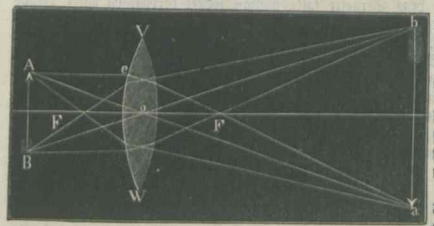


Fig. 177.



1) **Enhver det optiske Centrum berørende Lysstraale, i begge Figurerne, altsaa Ao, gaaer ubrudt igjennem;** og 2, **alle med Aren parallel indfaldende Straaler,** blandt Andre Straalerne Ae, **kastes tilbage i Brændpunktet.** Efterat I vide dette, er der i mine Figurer intet Mere, som lader Eder i Uvished angaaende Billedets Sted, Stilling og Størrelse. Befinder AB sig nøie i Glassets Brændvidde, saa gaae efter Brydningen alle Lysstraaler, som komme fra F, parallele med Aren, og endvidere samtlige som ere faldne ind fra A parallele med Hovedstraalen Ao. Der opstaaer derfor intet Billede af AB bag Glasset. Udkaster de herhen hørende Tegninger, og sammenligner til Slutningen Samleglassets Phænomener med Samlespeilets!

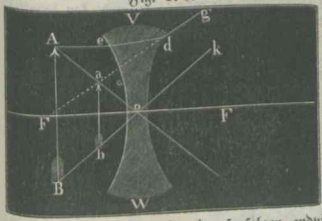
cc. De krumme Glas som Spredeglas.

Istedetfor Samlelinsen, som jeg hidtil har benyttet til mine Experimenter, giver jeg Eder nu et dobbelt-konkavt Glas i Haanden og det med den Opfordring, at I ville holde det for Øiet og paany betragte det brændende Lys derigjennem. Hvor ganske anderledes viser Billedet sig nu ikke? Hvor I ogsaa stille Øiet, inden- eller udenfor Brændvidden, i det indbildte Brændrum, eller i det geometriske Midtpunkt, eller endog udenfor dette Punkt: stedse ville I see Billedet opret, indenfor Brændvidden, mindre end Gjenstanden og paa samme Side som denne af Glasset. Disse Phæ-

nomener stemme overhovedet med dem ved Spredespeilet (hvo angiver mig den eneste Forskjæl?)

Fig. 178 foreſtiller Eder et ved et Spredeglas fremkaldt Billede. Ligesom ved Fig. 176 og 177 betegne ogsaa her VW Lindseglasset, F Brændpunkterne, der, som I vide, ved et konkavt Glas stedse ere indbildte eller negative; o det optiske Centrum; AB endelig den Ting, hvis Billede i finde angivet i den mindre Ting ab. Lysstraalen Ao gaaer ubrudt igjennem, eftersom vi ogsaa ved et konkavt Glas kunne anſee Overfladerne ved o som parallele; Straalen Ae forfølger endvidere efter sin Brydning, og det af en Grund, som I ligeledes forlængst kjende, Veien, som om den kom fra det negative Brændpunkt F. Have I iøvrigt nøie forstaaet, hvad jeg har meddeelt Eder om Figurerne 176 og 177, saa ville I ogsaa vide, hvad enhver Streg i Fig. 178 betyder. Nu vil jeg henvende Eders Opmærksomhed paa følgende Punkter.

Fig. 178.



1) Saadanne Lysstraaler, som ved konvexe Lindser ikke gaae igjennem Brændpunktet, fordi de falde paa altfor langt fra Midten, men som stjære hinanden snart mere snart mindre nær Glasset, danne en **Brændlinie**. For at gjøre denne Linie synlig, behøve vi blot at lade Lyset falde gjennem et konvert Glas i en Kasse, som er stærkt opfyldt med Røg. En Kasse af denne Art yder os ogsaa god Tjeneste ved Sandseliggjørelsen af andre Phænomener, som have deres Grund i Lysstraalernes Brydning.

2) Saavel Forstørrelsen ved konvexe, som ogsaa Formindskelsen ved konkave Lindser lader sig bestemme for en vis Afstand fra Glasset. Hertil behøves intet Videre, end at vi opstille to lige deelte Stænger i nogen Afstand ved Siden af hinanden, og medens vi med det **ene** Øie gjennem Glasset betragte et vis Antal Delingsstreger, med det andet tillige bemærke hvormange Delingsstreger af den anden Stav, der have Plads derimellem. Et Exempel maa tydeliggjøre dette. Sæt at der imellem den øverste og nederste Delingsstreg i Glasset, sees 4, med frit Øie derimod kun 2 Dele (begge de øverste Delingsstreger ligge naturligviis i lige Linie) da er Forstørrelsen aabenbar dobbelt.

De Anvendelser, vi gjøre af kugelformig slebne Glas, ere saa overordentlig mangfoldige, at de ufstridigen ogsaa fortjene vor hele Opmærksomhed. For jeg imidlertid kan tale derom med Eder, maae I have erholdt en tilstrækkelig Kundskab saavel om Farverne, som ogsaa om vort Øies konstfulde Indretning.

§ 12.

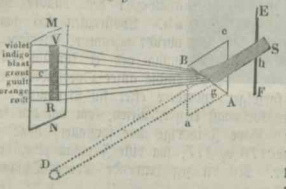
Farverne.

Den Almeensætning, som Dioptrikken opstiller, er Eder bekjendt, og I vide endvidere, hvilke forsthællige Billeder der blive fremkaldte ved forskjellige

og ophøiet slebet Glas; men endnu har jeg ikke meddeelt Eder hvorledes det forholder sig med hiin Vinkelflade, hvori en Lysstraale udbreder sig ved sin Brydning, og som i ethvert Punkt af dens Bredde lader os bemærke en anden Farve. Dette vil jeg da nu ogsaa gjøre. Foruden et sædvanligt Samleglas, i hvis Sted et sædvanligt Brændglas ret godt kan benyttes, behøver jeg blot et Prisma, som er omtrent 5 à 6 Tommer, og som har 3 lige store Sideflader, der støde til hinanden under en Vinkel af 60 Grader.

Efterat jeg paany har tilladt Solstraalerne at træde ind i et formørket Kammer blot gjennem den runde Aabning h (Fig. 179), hvilken jeg forud har boret i en Vinduesskodde ef, opfordrer jeg Eder først til nøie at betragte det Billede, som har afregnet sig paa en Skjærm D, som ligger ligeoverfor h. I see det at være hvidt, temmeligt kredsrundt og ogsaa næsten af samme Gjennemsnit som Aabningen h. Om det nu ogsaa vil forholde sig saaledes, naar jeg holder mit Glasprisma mod den Straale, som kommer fra S, skulle vi nu undersøge. Og see, hvor ganske anderledes viser Phænomenet sig nu ikke for os? Afseet fra, at Billedet, formedelst Straalernes, forandrede Retning er rykket noget bort fra sin tidligere Plads og er bleven benkastet paa Skjærmen MN, finde I det langagtigt (dets Bredde stemmer overeens med Aabningen h) og desuden smykket med allehaande Farver. Farverne selv see I i VR ordnet paa følgende Maade: **violet, indigo eller mørkeblaat, lysblaat, grønt, gulult, orange og rødt.** —

Fig. 179.



Jeg vil strax gjøre et andet Forsøg. Ligesom forhen lader jeg ogsaa nu Sollyset igjen falde paa mit Prisma; men nøder nu de brudte Straaler til at underkaste sig en ny Brydning, idet jeg nøder dem til at gaae igjennem mit store Samleglas. I hvilken Hensigt jeg gjør dette Sidste kan allerede et overfladisk Blik paa det i Samleglassets Brændpunkt opstaaede Billede lære Eder. Billedet er nemlig fuldkommen hvidt; og hvor ere nu vel de henrivende Farver blevne af? Sandelig! jo mere vi bestræbe os med Lyset, desto flere Under lære vi at kjende, desto mere finde vi os opfordrede til at trænge dybere ind ogsaa i denne Naturens Hemmelighed.

Saa stjønt endog det prismatiske Farvebillede fremstiller sig ved den forhen beskrevne Fremgangsmaade, saa erholde I et endnu mere tiltrækkende Skuespil, naar I holde Øiet umiddelbart for Eders Øie og betragter smart denne, smart hiin Gjenstand derigjennem. See I nu ikke alle Ting krandsede med en farvet Som? og vise Farverne sig ikke desto mere livlige, jo mere glindsende de Ting selv ere, som I iagttage? og ere endelig ikke især de Vinduesrammer, bag ved hvilke Himlen er at see, smykkede med glindsende Farver? Ved en noget nøiere Betragtning ville I ogsaa blive vaer, at den ene Side af Rammen viser sig rød og gulul, den anden derimod blaae og violet, og at endvidere ikke alle Farver ere samtidigen at see paa nogen Side. Paa lignende Maade forholder det sig ogsaa med andre Gjenstande. For tydeligen at kunne indsee Grunden dertil, saa tænker

Eder endnu engang at **ab** (Fig. 180) er et Vindue eller en Væg, samt at **a** er den øverste **b** den underste Rand af den nævnte Gjenstand, at **CD** endvidere er et Prisma, hvis skarpe Side **D** er vendt nedad, at ac endelig er en Lysstraale, der fra Vinduets øverste Deel falder paa **CD**, brydes her, og hvis røde Lys meddeler sig Øiet i Retningen **er**! de øvrige Farver ligge over **er** og træffe Øiets Nethud mellem **r** og **v**. **bd** forestiller ligeledes en anden Lysstraale, som gaaer hen paa Prismaet fra Vinduets underste Deel og hvis violette Deel efter Brydningen træffer Øiet efter Brydningen, rammer Nethuden mellem **r** og **v**. I dette Mellemrum blande derfor Farverne af de forskjellige Straaler sig saaledes, at Hovedfarverne atter forene sig i hiint Punkt og frembringe et hvidt Lys. Kun paa Kanterne blive paa den ene Side den gule og røde, paa den anden den blaae og violette Farve de fremherskende. Naar I derfor betragte et Vindue gjennem et Prisma i horizontal Retning, med nedad vendt Vinkel, saaledes som Figuren viser Eder det, saa viser den øverste Rand af Vinduet sig rød og gul, den nederste blaa og violet; men vende I Prismaet om, saa vise Farverne sig ogsaa i omvendt Orden.



Fig. 180.

Jeg vil nu i faa Ord meddele Eder, hvad I ellers endnu have at indprænge Eder med Hensyn til det farvede Lys.

1) Enhver farvet Straale, som vi ved en egen Indretning lade falde paa et andet Prisma, breder sig vel ikke videre ud; men den bliver smart mere, smart mindre bøiet af fra Veien, den har indslaaet. Den stærkeste Afbøining finder Sted ved den violette, den ringeste ved den røde Straale. Hvo der i nogen Maade vil forklare sig denne forskjellige Brydbarhed; han fastholde blot den Anskuelse, at Farverne efter al Sandsynlighed hidtøre fra den forskjellige Svingningsvedvarenhed af Lysbølgerne.

2) De Legemer, som tilbagekaste Lyset i den Blanding, som er Solslyset egent, kalde vi **hvide**; saadanne derimod som kun give saa yderst lidet fra sig, at det ikke gjør noget mærkeligt Indtryk paa vort Øie, kalde vi **sorte**; alle øvrige dele endelig Lyset paa en lignende Maade, som Prismaet, og tilbagesende enten blot een farvet Straale, eller dog denne formet, og tilbagesende enten blot een farvet Straale, eller dog denne formet, og tilbagesende enten blot een farvet Straale, eller dog denne form

vi ganske efter Behag kunne lade snart kun to snart flere Farver falde paa, og atter lade dem forene sig efter Brydningen. Ikke mindre egnet for den angivne Hensigt er Bulsolts **Farvetop**. Sæt jeg havde en sædvanlig Top hvorpaa var klæbet 3 Strimler af Papir, nemlig en rød, gul og blaa, eller ogsaa en rød, grøn og violet, og jeg sætter den i en saa hurtig Bevægelse som mulig; I vilde da bestemt undres over at see den næsten fuldkommen hvid under sin Dands. Bellædet blot med gult og blaat Papir viser den sig grøn; med gult og rødt orange; med grønt og violet blaa. Da nu Grønt fremstaaer ved Gult og Blaat, og Rødt, Gult og Blaat giver Hvidt, saa kalder man Grønt **Komplementar-Farven** til Rødt. Hvilken er nu vel efter ovenstaaende Exempler Komplementarfarven 1, til Gult, 2 til Orange? Til Gult dog vel Violet og til Orange Blaat. Men uagtet alle disse Phænomener bliver den Paastand, at Sollyset kun bestaaer af 3 Farver, nemlig af Rødt, Gult og Blaat dog stedse noget mislig og uforenelig med vore nuværende Kundskaber om Lyset. Allerede de andre Farvers forskjællige Brydbarhed taler derimod.

4) Som en vel beværlig Følge deraf, at en Farvespredning er forbunden med Lysstraalernes Brydning, staaer den Utydeligbed, hvormed vi see Gjenstandene gjennem sædvanlige Glaslindser, men lykkeligviis kjende vi ogsaa Glaslindser af en anden Beskaffenhed. Der gives nemlig 2 Glasarter: Kronglas og Flintglas, hvilke, eftersom de bryde Lyset næsten lige stærkt; men sprede Farverne i forskjællig Grad, gjøre det muligt for os, at forfærdige saadanne Prismaer og Lindser, ved hvilke de bekjendte farvede Kanter næsten ganske forsvinde. Slige Prismaer og Lindser kalder man **farveløse eller akromatiske Prismaer og Lindser**. Hvor særdeles nyttige især akromatiske Glaslindser ere, vide især Astronomerne meget godt, som hyppigt betjene sig deraf til Kikkerter, Speil-Teleskoper osv. Men ikke ogsaa vort Øies Krystal-Lindse skulde være sammensat paa lignende Maade, da Lysstraalerne dog brydes deri uden Farvespredning?

§ 13.

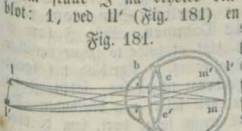
Menneskets Synsorgan.

Da Øiet er bestemt til at lede Individerne ved deres forskjællige Bevægelser, erholdt det sit Sæde paa Fordelen af Hovedet. Samtlige benede Vægge af den runde Hule, hvori det ligger, beskytte det fortræffeligt, og den bløde, fedtede, sammentrykkelige Masse, som det er omkludet med, sætter Øiet istand til punktlig at følge nogle baandformige Muskler, som med den ene Ende ere befæstede til Øiets ydre Flade, men med den anden til den indre Øiehule, uden at stade sig ved Bevægelserne. Meget vigtige ydre Dele ere endvidere **Øienlaagene** og **Øienbrynene**: hine der ligesnart aabne og lukke sig, ere besatte med Haar, som forhindre selv det ringeste Støvgran fra at komme ind i Øiets Helligdom; disse, som ere snart mere snart mindre tætte, holde især Sveden, som ikke sjælden ved Møie og Anstrængelser flyder ned af Panden, ude. Jeg kommer nu til de mere egentlige Dele af dette yderst konstigt indrettede Organ. Hvilket Øie I endog ville betragte, stedse ville I kunne adskille det Hvide, som en Hud, der ikke lader Lyset igjennem, fra Stjernen, som er i Midten sort, og forsynet med en blaalig, graa eller bruun Indfatning. Efter denne Indfatning benævne vi sædvanlig Øiets Farve. Vilde jeg nu dele et Menneskeøie

det kunde ogsaa være Øiet af en Ox, en Hest o. dl.) i Retningen af dets Axe, altsaa fra for mod bag, efterat jeg først havde ladet det fryse, saa vilde I paa dets Gjennemsnitsflader tydeligt erkjende de 3 Dele, der ere at betragte som Øiets Hoveddele. Den forreste Deel har en konvexkonkav Form, hvis ydre Overflade ligner et Uhrglas, som er lagt over en huul Kugle, er fyldt med en gjennemsigtig Flydenhed, som kaldes den **vandrige Flydenhed**. Derpaa følger **Krystal-Lindsen**, der ustridigt er Øiets vigtigste Deel. Den ligger i en huldet gjennemsigtig Sæk, **Lindsekapslen**, er fast, gjennemsigtig, mere konvex paa den bageste end den forreste Side, og har ialmindelighed næsten et Samleglasses Form. Hulens inderste Rum opfyldes af den tredie Deel. Tænker Eder en gjennemsigtig Materie, der ligner Æggehvide, eller ogsaa en saadan, som ligner smæltet Glas! og I have da ogsaa en rigtig Forestilling om denne, der bærer Navn af den **glasagtige Fugtighed**. Begge Flydenheder adskille sig, med Hensyn til deres Brydningsevne kun lidet fra Vandet. Samtlige 3 Dele ere endvidere omgivne af ligesaa mange Hude. Den første Hud (vi tælle udenfra) er den haarde **Dien- eller den hvide Horn-Hud**. Vel tyder allerede dens Navn paa dens vigtigste Egenskaber; men dette lærer Eder dog endnu ikke, at den fortrinder sig forud, og overhovedet her bliver gjennemsigtig, forat Lyset kan trænge videre igjennem. Den anden Hud udbreder sig under den forrige, er mørkfarvet og kaldes **Aarehuden**. Angaaende den tredie Hud, som de fleste Anatomer holde for nerveagtig og for det egentlige Sæde for Lysfornemmelsen, da mærker Eder blot saameget, at den er hvidgraa, synes at udspringe fra Seenerven, og kaldes **Næthuden**. Den **brogetfarvede Iris** eller **Regnbuehuden** fremtræder under den gjennemsigtige Hornhud som en Fortsættelse af Aarehuden; danner en Ring, hvis indre runde Aabning kaldes **Pupillen** eller **Lyshullet**, og besidder den forunderlige Egenskab, at kunne, uden at vi selv gjøre det Ringeste dertil, ved forstærket Lys udbrede sig hen mod Midtpunktet, ved svækket Lys dermod atter sammendrage sig.

Hvorledes Øiet virker saavel i det Enkelte som ialmindelighed, derom skulle I nu erholde den nødvendige Kundskab. Tænker Eder blot: 1, ved II' (Fig. 181) en Gjenstand, der, lige oplyst paa alle

Fig. 181.



Punkter (enten selvlysende, eller blot oplyst), kaster en Mængde Straaler mod alle Sider; 2, ved de 3 Linier, som udgaae fra l, og ved de andre 3, som udgaae fra l', de Lyskegler, som gjennem Pupillen trænge ind i det Indre af Øiet, og hvis midterste Straaler lm og l'm, uden at afvige det Ringeste fra deres Vei (de gaae, som bekjendt, gjennem Krystal-Lindsens Centrum) lobe fremad, og bestemme paa Næthuden Punkterne m og m', mellem hvilke II' skal aftegne sig. Nu vil det Øie rige da ogsaa blive Eder klart. Straalerne ls og l's' maae aabenbar lide en Brydning, da de træffe Krystal-Lindsen under en skjæv Vinkel. Saaledes komme de atter sammen med Straalerne lm og l'm' nemlig i m eller m'. Efter disse Oplysninger ligger det vist ogsaa fuldkommen klart for Eder, at et lille omvendt Billede, m, m' maa opstaae paa Næthuden af Gjenstanden II'. Mærker herved endnu Følgende:

1) At det Billede, som fremstaaer paa Nærhuden, virkelig er **omvendt**, lader sig let anskueliggjøre ved Hjælp af et Menneske- eller Øre-Øie, som vi have udtaget kort efter Døden. Fortynde vi nemlig den bageste Deel af det nævnte Organs haarde Hylster, og dette i den Grad, at Lyset kan trænge igjennem, og bringe vi da foran Hornhuden en lys Gjenstand f. Ex. et brændende Lys, saa see vi sikkerlig paa Øiets Baggrund et vel lille men meget skarpt omvendt Billede, der har samme Farve som Gjenstanden, og tiltager eller aftager i Størrelse, alt eftersom vi bringe Gjenstanden nærmere Krystal-Lindsen eller fjærner den derfra. — Endnu et mærkværdigt Experiment vil jeg lade Eder anstille. Gjennemstikker med en Naal et sædvanligt Spillekort, holder det derpaa for det ene af Eders Øine, saaledes at I see en Lysflamme gjennem det fine Hul derpaa; fører dernæst Spidsen af en Pennekniv forbi hiint Øie, og I ville da have det ganske eiendommelige Phænomen, at Spidsen af Pennekniven, dersom den vender mod den venstre Side, i hiin Aabning træder ind i Lysflammen mod den høire Side, eller nedad, naar den bevæger sig opad. Aarsagen hertil ligger i Billedets omvendte Stilling.

2) Der gives et Punkt i Øiet, hvor Billedet ikke bringer nogen Synsfornæmmelse. For at lære dette at kjende, behøve I blot paa et Stykke hvidt Papir at tegne 2 sorte Pletter, som have een Linie i Gjennemsnit og have 1½ Tommes Afstand fra hverandre; holde I dem i horizontal Stilling for Øinene, lukke det høire Øie til og rette det venstre paa det tilhøire liggende Punkt, da ville I bemærke, medens I nærme Papiret til Eders Ansigt indtil paa 6 Tommers Afstand, at nu det tilvenstre liggende Punkt bliver skjult for Øder, omendog I see det ikke blot i en større, men og betydelig mindre Afstand. Ved nøiere Udmaaling af den Beliggenhed, som Gjenstanden, følgelig ogsaa Billedet maa indtage, for paa den forklarede Maade at blive usynligt, ere vi komne til den Overtydning, at det Sted, hvor Seenerven træder ind i Øiet, og endnu ikke har dækt sig fiint nok, falder sammen med hiint saa yderst mærkværdige Punkt.

3) Erfaring lærer, at vi hverken kunne see Gjenstande, som ere altfor nær, eller altfor langt borte, skarpt nok, og at der endvidere for ethvert Øie gives en vis Afstand, hvori det seer Tingene bedst. **Denne Afstand kaldes Afstanden for det tydelige Syn, og fastsættes for et sundt Øie til 8 à 12 Tommer.** Ville I lære at kjende denne for Eders Øine, behøve I blot at holde to smaae parallele omtrent ⅔ Linie fra hinanden fjærnede Spalter af et Kortblad tæt foran et af dem, og da at rykke en Skrift saalænge til og fra, indtil I see den fuldkommen tydelig eller indtil Billedet nøie falder paa Nærhuden. De Mennesker, der maae rykke de Gjenstande meget langt bort, som de ville betragte nøie, lide af den Feil, som vi kalde Fjærnsynethed; Kortsynethed er den modsatte Feil.

4) Naar vi ville see en Gjenstand ret skarp maae vi sørge for, at Billedet deraf kommer til at ligge paa Nærhuden. Sunde Øine behøve ikke noget Instrument hertil. Efter Undersøgelser, som den engelske Læge **Home** har anstillet i Forbindelse med **Ramsden**, en lige saa sindrig Jagttager og Konstner, behøve nemlig blot de ovenfor omtalte smaae Muskler at komme snart mere, snart mindre i Virksomhed, for at opnaae hiin tilsigtede Hensigt. Anspænde vi dem f. Ex. stærkt, saa forstærke vi, idet den gjennemsigtige Hornhud forhøier sig, Lysstraalernes Brydning meget, og

bringe Billedet nærmere til Krystal-Lindsen, end det ellers vilde være Tilfældet. Ganske anderledes forholder det sig, naar vi lade de betegnede Muskler forblive slappe. Under disse Omstændigheder forlænge nemlig Øjeskleglerne sig betydeligt, fordi Hornhuden er saa flad, og forene sig derfor først i en større Afstand til et Billede. Hvad har nu vel et Menneske at gjøre, som har sunde Øine, naar han vil erholde skarpe Billeder af Gjenstande, som ikke ligge i Vidden af hans tydelige Syn? Aabenbar dette, at han skarpt anspænder hine Muskler (hvis Navn er **Stram-** eller **Slapmuskler**), naar Punktet er under 8 Tommer fjærnet fra Øiet; ligger derimod Stedet i en betydelig Afstand, maa han slappe dem saameget som muligt.

5) Ville I godt vedligeholde Eders Syn, den ædleste af alle Sanser, saa længe som muligt, saa maae I fremfor Alt vogte Eder for, at bringe Øinene hurtigt ovenpaa hinanden fra et mørkt til et lyst Sted og omvendt; i mørke Aftener at see paa Lynet, hvorved Mennesker ere blevne blinde paa Stedet osv. Ikke mindre skadeligt er det for Eders Øine, naar I 1, skrive eller læse i Dæmringen, eller det saakaldte Tusmørke; 2, bruge saadanne Lysesiærme, som gjøre en Deel af Værelset meget mørkt (kun matte, gjennemskinnelige Lysesiærme ere at anbefale) osv. Gavnligt er det at spadsere paa grønne Enge og i de behagelige Bøge- og Birkeskove; thi der er maaskee Luet, der virker saa velgjørende paa Eders Øine, som nylig fremspirede Blade og Græs i den skjønne Natur. Hvad I børe at gjøre, naar Eders Øine alt ere fordærvede, skal jeg nærmere omtale senere, nemlig hvor Talen bliver om Briller.

6) Det Spørgsmaal: **Hvoraf kommer det, at vi see Gjenstandene opreist, da de dog afbilde sig omvendt**, er ingenlunde svært at besvare. Betænker blot fremfor Alt, at Billederne indbyrdes børe have den samme Beliggenhed, som Gjenstandene, og at jo derfor ogsaa Jordens Overflade maa afbilde sig omvendt, dersom samtlige Billeder vise sig omvendt paa Nærhuden. Bogter Eder endvidere for at forklare dette gaadefulde Phænomen, som om Sjælen ligesom stod paa Nærhuden, og der betragtede Billedet! See I da ikke stedse Mennesker med Fødderne, Træerne med den nederste Deel af deres Stamme, Husene med deres Grund osv. ved Jorden? Hvorledes kunde vel nu Noget vise sig omvendt for vor Sjæl? Kun da vilde det være os tilladt at tale om noget Omvendt, naar vi f. Ex. saae Mennesker i saadanne forskjællige Stillinger med Hensyn til hverandre, at det ene havde sit Hoved der, hvor det Andet havde sine Fødder osv.

7) **Men hvorfor see vi Gjenstandene enkelt, da vi dog have to Øine?** I indsee sikkerlig, at vi kun da see Gjenstandene enkelt, naar vore Øines Axer ere rettede paa dem, eller naar de, hvad der er det Samme, have indtaget en saadan Stilling, at deres Lysstraaler bryde sig efter to overensstemmende Punkter paa begge Øinenes Nærhud. Seer blot et stjævt hen mod en Gjenstand! og det torde maaskee nok lykkes Eder, at see den dobbelt, naar nemlig Billedet ikke falder paa hine overensstemmende Punkter. Hos skelende Personer synes de betegnede Punkter at have en ganske anden Beliggenhed.

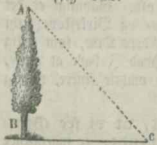
§ 14.

Synsvinklen, eller Gjenstandenes tilsyneladende Størrelse.

For atter at vække Eders Opmærksomhed ved noget Nyt, fører jeg min Lineal, efterat jeg har bragt den i lodret Stilling, stedse nærmere til Eders Øie. Nu berører den næsten Eders Ansigt. Siger nu selv: vinder Linealen ikke stedse mere i Udstrækning, jo nærmere den kommer Eders Øie? Som det iøvrigt staaer sig med den, saaledes ogsaa med alle andre Ting i Legemverdenen. Saa lille som et Taarn end synes i betydelig Afstand, saa stort viser det sig for os i en Afstand af 10 Fod. Og gives der desuden ikke Ting nok, som tilsidst ganske unddrage sig vor Synskreds, enten fordi de ere altfor smaae, eller altfor langt borte. Mærker da Følgende:

1) **Vi see enhver Ting efter sin Længde og Bredde mellem 2 Linier, som løbe ud fra ligesaa mange hinanden modsatte Endepunkter af Gjenstanden, og danne en Vinkel i Øiet, hvor de træffe hinanden. Denne Vinkel kaldes Synsvinklen, eller Gjenstandens synlige Diameter.** Naar AB (Fig. 182) forestiller f. Ex. et Træ, og c et Øie, som betragter det, saa behøve vi aabenbar blot, for at bestemme Synsvinklen, at tænke rette Linier fra A og B hen mod c. Benævner den herved fremstaaede Vinkel!

Fig. 182.



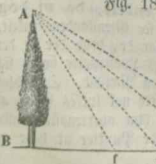
2) **Synsvinklens Størrelse retter sig ved samme eller lige Afstand fra Øiet, efter Gjenstandens Størrelse.** Erholder f. Ex. AB (Fig. 183) Høiden AD, saa er Synsvinklen ikke længere AcB, men AcD. Men at AcB og AcD forholder sig til hverandre som 1 til 2, dersom AB og BD ere lige Stykker, kunne J ogsaa indsee, om J endog bersidde kun ringe geometriske Kundskaber. Diesynet taler nemlig altfor tydelig for denne min Paastand.

Fig. 183.



3) **Jo mere Øiet fjærner sig fra en Gjenstand, desto mindre bliver Synsvinklen, jo nærmere det derimod kommer den, desto større.** Tænker Eder under AB (Fig. 184) den uforanderlige Størrelse af et Legeme, men ved ethvert af Punkterne c, d, e og f det Legemet iagttagende Øie! Er nu ikke AfB større end AeB? AeB større end AdB? og endelig AdB større end AcB? En meget simpel geometrisk Sætning bringer her det til Viished, hvad allerede Diesynet lærer.

Fig. 184



4) **Bliver Synsvinklen altfor lille, blive vi ikke længere istand til at erkjende eller adskille Tingene, eftersom Nætbudens Følsomhed har sin Grændse.** Sædvanligt op-

hører en Gjenstand at være synlig for os, naar Synsvinklen kun udgjør 30 Sekunder eller 120de Delen af en Grad.

5) **Synligheden af et Punkt eller en Gjenstand, afhænger dog ikke blot af Synsvinklens Størrelse, men ligesaa-meget af det Forhold, hvori dens eget Lys staaer til Lyset af den Baggrund, hvorpaa den bliver seet.** Saaledes kan f. Ex. en lys Gjenstand være synlig paa mørk Baggrund endog ved en Vinkel af een Sekund. Men hvorledes ogsaa omvendt en Gjenstand kan forsvinde, om-endog den viser sig under en langt større Vinkel, naar dens Lys kun lidet afviger fra Baggrunden, derom kunne I bedst overtyde Eder ved to Tav-ler, som I opstille i lige Afstande, og af hvilke den ene har erholdt en sort Ring paa en reen hvid, den anden paa en mørk Grund.

At begge Trærækker i en stor Allee stedse synes at drage sig tættere sammen, naar vi fra en af Enderne see gjennem Alleen, vagtet de i Virke-ligheden danne parallele Linier; at Taarne med deres Jtrater f. Ex. med Spidser, smaae Bitaarne o. dl. vise sig i betydelige Afstande for Øiet som platte og runde; at en Korn- eller Roemark, ligeledes betragtet fra et temmelig fjernt Standpunkt, viser sig som et forenet grønt eller gult Dække: disse og mangfoldige andre Phænomener ville de af Eder vis-ligen kunne forklarer, som ikke ere ubekjendte med Synsvinklen og Gjen-standenes tilsyneladende Størrelse.

6) **Ved alle Gjenstande, som vi blive vaer ved Synets Sands, bedomme vi Storrelsen, Beliggenheden, Formen og Afstanden efter de Erfaringer, som vi have indsamlet ber-over fra Ungdommen af.** Vi vide f. Ex. at en Mand er større end en Dreng, at begge afvige betydeligt fra hinanden med Hensyn paa Gang, Holdning osv.; see vi ned fra en høi Bygning paa Gaden, da viser Man-den sig som Barn og dette som et vorent Menneske. Er dette ikke et Be-drag? Endvidere! Vi skjælne alene ved Øiet en Tærning fra en Kugle, vi vide, hvilke Legemer der i Stuen staae os nærmest, og hvilke fjærnest. Ogsaa herved vise de talrige forudgangne Erfaringer os den bedste Tjeneste. Blindfødte, som senere vare saa lykkelige at erholde deres Syn ved en hel-dig Operation, kunne virkelig ikke strax adstille et Menneske fra et Tyr, en Hund fra en Kat, et Huus fra et Træ, en Kugle fra en Tærning o. dl. Ja de maae endog i Førstningen befole alle Gjenstandene, for at komme paa det Rene med dem, vagtet Billederne dog ganske tydeligt ligge paa deres Nøthud. Ligesaa vanskeligt er det dem i Begyndelsen at bestemme med Sikkerhed, hvilken Gjenstand der er større eller mindre. Ogsaa Af-stande vedomme de en tildang uriigtig. Efter deres egne Ord, forekomme de Ting, som de see ved og omkring sig, for de endnu have lært den rig-tige Maade at see paa, som om de laae paa en Flade, ja paa selve Die-blet. Jeg vender nu atter tilbage til Skuffelser af almindelig Slags. I gaae maaskee i Dæmringen over en Mark, og see et Menneske at komme Eder imode; men hvor stærk han end skrider fremad, kommer han dog Eder ikke nær. Endelig blive I Bedraget vaer. Hvad I holdt for et Menneske er et Taarn i betydelig Afstand, hvilket danner en lige stor Synsvinkel med et Menneske i Eders Nærhed. I gjentage følgende Dag til samme Tid Eders Spadseregang: besynderlig nok, I see denne Gang et Taarn istedetfor et Menneske, og det, som I troe en halv Miil borte fra Eder. I ile derhen; men nøppe have I imidlertid gjort nogle Skridt, saa

gaaer 'et Menneske forbi Eder og byder Eder et venlig Godaften. Saaledes er det formeentlige Taarn blevet til et Menneske i Eders Nærhed. Den Mening endelig, at Maanen ved sin Opgang er større end senere, er ikke alene almindelig udbredt, men beroer tillige paa et saa mægtigt Bedrag, at vi med Hensyn herpaa ikke kunne komme til den Overtydning, at det kun er et Bedrag.

Hvorledes det bliver en Konstner muligt at fremtrylle meget smukke Skuffelser, see vi blandt Andet ved de indre Forsiringer i Skuespilhusene, hvor ikke sjældent en lang Allee, en anseelig Gade, en betydelig Søilegang o. dl. er fremtrylket. Idet nemlig Træerne, Husene og Søilerne ere tegnede sukcessiv mindre, modtager Øiet ganske det samme Indtryk, som om en stedse større Afstand fra os havde rykket Gjenstandene nærmere sammen. — Det er vel nødvendigt, at jeg endnu føier den Bemærkning til Betragtningerne over Synsvinklen og den tilsyneladende Størrelse af Gjenstandene, at maaskee intet Kapitel om Stoffets Physik frembyder mere end dette, og at der overhovedet gives en tallos Mængde af Phænomener, som ere Virkninger af de Aarsager, jeg ovenfor har angivet temmelig vidtløftigt.

§ 15.

Nogle Instrumenter, som især beroe paa de krumme Glasses Egenskaber.

a. Briller.

Dersom vi ikke havde Briller (de gamle Græker og Romere kjendte dem ikke) hvor sørgeligt vilde det da ikke være for en stor Deel af Menneskeheden! — Jeg har medbragt to Par Briller. Jeg vil nu opfordre Eder til at besøle først Glassene paa det ene Par, og dernæst dem paa det andet; hine ville I finde at være ophøiet slebne, disse derimod fordybet. Og saaledes maa det ogsaa være. Jægerne, Forstmænd o. dl., som ere vante til kun at betragte fjærne Gjenstande, gribe gjerne efter Briller med ophøiede Glas, og glæde sig ikke lidet ved deri at besidde et Værktøi, hvorved de tydeligt kunne see ogsaa nære Gjenstande; Lærde, Uhrmagere, Kobberstikkere, og overhovedet saadanne Mænd, der sædvanligt pleie kun at betragte nære Ting, kjende derimod, naar deres Øine mangle den nødvendige Skarphed, ingen større Velgjerning, end den, som Briller med fordybede Glas bringe dem. Men hvorledes gaaer vel alt dette til?

Hos den Kortsynede, der i Regelen retter sine Øine paa meget nære Ting, er Krystal-Linsen altfor konver, og foraarsager saaledes at Billedet, fordi Straalerne bryde sig for stærkt, falde foran Nærhuden; hos den Fjærnsynede derimod, der sædvanligt er gammel, og tidligere meest betragtede kun fjærne Gjenstande, viser den sig, og det ganske særdeles ogsaa formedelst de forsvundne Sefter, altfor lidet konkav, og sender ligesom Stedet for det tydelige Billede bag Nærhuden, fordi Straalerne ikke blive tilstrækkelig stærkt brudte. Begge erholde derfor kun et utydeligt Billede paa selve Nærhuden. Naar I nu betænke, at en ophøiet slebet Glaslindse ikke blot forstørrer Billedet, men og rykker det ud i en betydelig Afstand, og lige omvendt, at et fordybet slebet vel formindsker Billedet; men ogsaa rykker det nærmere til Øiet: saa kan det umuligt endnu forekomme Eder forunderligt, at Briller med konvexe Glas yde den Fjærnsynede, Briller med konkave

Glas derimod den Kortsynede saa væsentlig Nytte. Om iøvrigt et Par Briller passer for Øinene eller ikke, beroer hovedsagelig paa den Afstand, hvori Øiet seer Gjenstandene klarest. Konstnerne forfærdige Brillerne efter Nummer, som rette sig efter Glasfenes Brændvidde. Nr. 1 er skarpere end Nr. 2, Nr. 2 skarpere end Nr. 3 osv.

For dem, som behøve konstige Instrumenter for at see tydeligt, gives der intet bedre Raad, end at gaae ret forsigtigt tilværks ved Valget af Briller; især maae de undgaae altfor skarpe Briller; de have jo alt vundet nok, naar de ved Brillerne ogsaa blot see noget tydeligere, end det er Tilfældet med de blotte Øine. Dernæst maae de endvidere kun benytte smukt polerede, nøie slebne og i Massen fuldkommen klare Glas. Saakaldte **perikopiske** eller af **Menisker bestaaende Briller** speile altfor stærkt; endmindre due saadanne, til hvilke man har taget grønt Glas. **Konservations-Briller** gives der egentlig ikke (Navnet er blot opfundet af Charletans, for bedre at anbringe deres Varer). De **Konservations-Briller**, som desværre endnu forfærdiges for sunde Øine, ere sande Uting, og give os et Bevis mere for, hvorvidt Menneskene kunne drive det i deres indbildte Klogskab. **Stærbriller** endelig, der forfærdiges for Folk, som tidligere have lidt af den graae Stær, have meget konvex slebne Glas.

b. Forstørrelsesglas eller Mikroskoper.

Jeg griber et lille Sædekorn, et Skæl af en Sommerfugle-Vinge o. dl. med en meget fiin Tang. Naar jeg nu fjerner det 10 Tommer fra Eders Øie, altsaa i den sædvanlige Afstand for det tydelige Syn, da ville I kun yderst lidt, ja maaskee slet ikke blive det vaer. Da jeg vel ved, at alene Synsvinklens Ringhed er Aarsag dertil, forer jeg det straks nærmere til Øiet, og opfordrer Eder til at sige mig, hvorledes det nu viser sig for Eder. Det har vundet, saa mene I, i synlig Storhed, men med Billedets Skarphed staaer det sig daarligt nok. Med Hensyn paa Skarpheden have I visselig ogsaa gjort den Erfaring, at den aftager i samme Grad, som Tingen kommer nærmere til Øiet (mon vel en Kortsynet vil istemme Eders Dom?) Nu tager jeg en opholet slebet Glaslindse og styder den mellem Øiet og Gjenstanden. Hvor smukt, hvor herligt! ja et saadant Glas sætter os istand til at see Tingene med den nødvendige Skarphed; og derhos ogsaa saa store, som de vise sig for Øiet i, en Afstand af 2 Tommer, 1 Tomme, ja selv en Linie. Lægger nu dernæst Mærke til Følgende!

1) **Enkelte Samleglas af 3, 2 til 1½ Tommes Brændvidde, pleie vi at kalde Louper, andre, hvis Brændvidde er endnu ringere, kalder man enkelte Mikroskoper.** Louper og egentlige Mikroskoper (ogsaa Louperne høre til Mikroskoperne) beroe alene paa den Egenskab, som Kloden har, at forstørre Billeder i opreist Stilling og i bestemte Afstande.

2) **For at kunne beregne Forstørrelsen hos en opholet Lindse, maa jeg vide, hvilken Brændvidde den har, og i hvilken Afstand mit Øie tydelig bemærker Gjenstandene.** Er f. Ex. mit Øie saaledes beskaffent, at det skarpt kan see smaae Gjenstande i

en Afstand af 10 Tommer, saa forstørrer en Samlelindse, hvis Brændvidde udgjør 1 Tomme, Diametren 10, Fladen 10. 10=100, Legemet 10. 10. 10=1000 Gange. Vi finde overhovedet Forstørrelsen af et Objekts Diameter, naar vi dividere 10 Tommer d. v. s. Vidden for det tydelige Syn, med de Tal, som udtrykke os Glaslindsens Brændvidde i Tommer. Den Kortsynede seer vel Tingene igjennem Louper osv. ligesaa store som en Anden; men Forstørrelsen maa for ham vise sig ringere, fordi han ogsaa uden Glas kan bringe Tingen nærmere til sit Øie.

3) **Ulige virksommere end det beskrevne enkelte, er det sammensatte Mikroskop.** — Konstnerne forfærdige dette sædvanligt af 3 Glas, som alle ere slebne ophoiet, og befæstede i et lodret opstillet Rør. Det underste Glas, og tillige det, som ligger den Gjenstand nærmest, vi ville betragte, hedder **Objektiv** eller **Gjenstandsglasset**; det øverste, ved hvilket vi anbringe vort Øie, **Okular-** eller **Øieglasset**; det midterste endelig, hvis Bestemmelse fornemmelig er at forstørre Synsmarken og at omdanne Objektivglassets farvede Billede til et hvidt, **Kollektiv-** eller **Samlelindsen.** Objektivglassets Brændvidde udgjør vel ingensinde over ½ Tomme; Objektet rykker naturligvis stedse lidt udover det. Ved ethvert Mikroskop, som tæller 3 Glas, lade vi ikke det Billede, som ellers Objektivlindsen vilde danne, komme til Virkelighed, men opfange det med Kollektivlindsen, hvis Brændvidde udgjor omtrent 3 Tommer, for det fremstaaer, saaledes at det først kan præsentere sig bag denne Lindse. Her bliver det nu betragtet ved den omtrent eentommede **Okularlindse**, som ved en Loupe.

4) **De Gjenstande, som vi ville betragte gjennem et sammensat Mikroskop, lægge vi sædvanligt mellem 2 gjennemsigtige Plader, eller ogsaa paa et Glas, som er tyndt afslebet, og forsynet med en skiveagtig Indfatning.** — Smaae endnu levende Dyr og lignende Ting udspænder man vel ogsaa mellem to yderst fine Tænger. Vil jeg betragte visse Smaadyr i en eller anden draabebar Flydenhed, f. Er. Infusorier, der næsten altid ere skjulte for det ubevæbnede Øie, bringe vi Vandet o. dl. enten i en lille fordybet slebet Glasplade, eller og i et tyndt Rør af samme Masse

5) **Et meget vigtigt sammensat Forstørrelsesglas er det i Aaret 1738 af Lieberkühn opfundne Solmikroskop.** — Tænker Eder: 1, et flere Tommer langt, men kun 1¼ Tomme tykt Rør indsat i den ene Vinduesskodde i et mørkt Kammer; 2, foran dette et bevægeligt Speil, ved hvilket Sollyset kan ledes hortzontal i Røret; 3, en konver Lindse af større Brændvidde; 4, i dets indre Ende en mikroskopisk Lindse, og foran denne, dog noget ud over dens Brændpunkt, den Gjenstand, som skal forstørres, og I have da en temmelig tilstrækkelig Forestilling om dette Instrument; tillige vide I ogsaa, hvorledes der i Kammeret nødvendigt maae fremstaae et omvendt optisk Billede. Betragtningen af Lampemikroskopet eller Tryllelaternen vil forskaffe Eder mere Klarhed med Hensyn til Solmikroskopet, som jeg her leilighedsvis vil bemærke er vanskeligt at bruge formedelst Solens tilsyneladende Bevægelse.

6) **Istedetfor Sollyset betjene vi os nu ved Mikroskoper fyrtaarne og til Signaler af det Drummondske Kalklys.** Dette erholde vi, naar vi bringe gloende Kalk i en Strøm af

Smurstof- og Vandstofgas. Nærmere Angivelse af alle øvrige Forholdsregler hører ikke herhen.

c. Lampemikroskopet eller Tryllelaternen.

Foruden den Blikkasse, som, med Undtagelse af de nødvendige Trækhuller, er lukket overalt, og meget ligner en egentlig Laterne, see I desuden endnu blot et aabent 3 Tommer langt Rør, der passer i et rundt Hul paa Forvæggen, og hvori der befinder sig et andet Rør, som bequemt lader sig skyde ind- og udad. Hvert Rør er desuden forsynet med en opbøiet Slebet Lindse. Jeg aabner nu endvidere Instrumentet, og I blive da strax vaer 1, et lille Huulspeil, der har sin Plads i Nærheden af Bagvæggen, samt 2, en Lampe, som giver en meget klar Flamme, og staaer i bun polerede Gjenstands Brændpunkt. Endelig ræcker jeg Eder endnu en Mængde Billeder til nærmere Betragtning. Hvorfor næsten alle disse ere Dyre- og Menneskeskikkelser vil ved Brugen af Trylleinstrumentet blive Eder tydeligt, saavelsom og hvorfor det er nødvendigt at anbringe dem paa reent hvidt Glas med gjennemsigtige Farver.

Jeg tager nu en Glasstribe af det betegnede Slags, og skyder den omvendt gjennem de lodrette Indsnit, som det første Rør har tæt ved Laternen. Herpaa antænder jeg Lampen; endelig passer jeg ogsaa omhyggeligt paa, at Kammeret er mørkt, at indvidere Glasstene ere saa vidt fjernede fra hverandre, som Billedets Tydeligbed fordrer, og at dette nøiagtigt bliver kastet paa den hvide Flade af en Væg, som naturligvis er ligeover for Kassen. Alt dette fordrer kun liden Møie og Færdighed.

Hist spadserer nu Kjæmpebilledet paa Væggen; men hvorledes er det kommet der? — Instrumentets Huulspeil tjener alene til at forstærke Lampens allerede i sig selv klare Flamme, og kaster, eftersom Lampen staaer i Speilets Brændpunkt, samtlige Lysstraaler parallele hen paa de Gjenstande, som stulle fremstilles paa den hvide Væg. Angaaende Hensigten med de ophøiet slebne Glaslindser kan ingen Tvivl være. Ligesom paa andre Steder, danner der sig ogsaa her i bestemte Afstande omvendte Billeder af saadanne Ting, som ryckes noget ud over deres Brændpunkt. Hvo kan nu sige mig, hvorfor jeg skjød Gjenstandene selv omvendte ind i Rørets Indsnit?

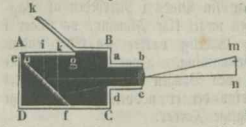
Lader jeg Billederne af smukke Figurer falde paa tyndt Mousselin (gjennemskinneligt Lærred kan ogsaa bruges), som er udspændt i det formørkede Kammer, eller idetmindste i Døraabningen deraf, saa see I Billederne paa begge Sider af det nævnte Stof. I kjende vel allerede Indretningen, og have vel ogsaa ofte studset over de her omtalte Phænomener. For at Aanderne d. v. s. de fremkaldte Billeder kunne vise sig hvide, ere Glasstriberne paa den ene Side overstrøgne med sort Farve og Figurerne indtradsede med en Gravstikker. Hvide gjennemsigtige Dele af Glasset træde følgelig her istedetfor Tegningen. For at Billederne kunne synes at stige snart mod Himlen, snart mod Jorden ofv., anbringer jeg Styredaabningen umiddelbar bag Røret saaledes at Glasstriberne kunne drages ikke frem og tilbage, men op- og nedad. At Aanderne nærme og fjerne sig er et optisk Bedrag, naar nemlig Laternen næsten berører Mousselinet, saa fremstille Billederne sig ogsaa meget formindskede og lade os troe, at de ere rykkede ret betydeligt ud i det Fjerne; men forlader Laternen atter sin Plads, saa indtræder aabenbart det omvendte Bedrag for det Øie, som iagttager Aanderne.

derne. Sat paa en lille Vogn, hvis Hjul ere beklædte med Tøi, kan den magiske Laterne skaffes fra et Sted til et andet, uden at Nogen bemærker endog blot det Ringeste dertil.

d. Det mørke Kammer, camera obscura.

Flere Gange har jeg ved mine forhen anstillede Forsøg formørket Værelset ved at lukke Skodderne; nu skulle vi betragte et vel betydeligt mindre, men dog paa lignende Maade formørket Værelse; nemlig en firkantet, overalt tilsluttet Træskasse. ABCD (Fig. 185). Den har i Midten af Forvæggen et Hul, abcd, hvori en opheiet sleben Glaslindse, bc, er befæstet lodret. Jeg lukker nu Instrumentet op. Det første som falder i Øiet er et fladt Speil ef. Dets Plads paa Bagvæggen, dets Hældning mod Bunden, under en Vinkel af 45 Grader, dets Forhold til Hullet abcd, som befinder sig ligeoverfor det: Vigtigheden af alle disse Omstændigheder vil blive Eder tydelig ved Brugen af Instrumentet. Ganske det Samme gjælder om den matslebne Glasskive og og om Kassens Dekkel kg.

Fig. 185.



Jeg retter nu Hullet abcd efter en godt oplyst Gjenstand, f. Ex. efter det af Solen smukt bestrinnede Vindue mn i Forvæggen. Og see, strax præsenterer Vinduets omvendte og formindskede Billede sig for os paa Glasskiven og, og det i ik. I ethvert Tilfælde fortjener ogsaa dette Phænomen vor Opmærksomhed. For jeg dog forklarer Eder, paa hvilken Maade Billedet er naaet til Glastavlen, vender jeg Hullet abcd med sin Lindse bc hen mod andre Gjenstande. Og hvad see I nu? Snart ligger der et Træ, snart et Huus, snart et heelt Landskab levende aftegnet for Eders Øie. Størst Interesse frembringe ufrivdigt Dyr- og Menneskeskikkelser, som ere hentryllede paa og. Ligesom Urbillederne d. v. s. de levende Skabninger selv løbe og springe, ride og kjøre, drikke spise, flyve osv., saaledes ogsaa disse. Hvo der aldrig har havt Leilighed til at see noget Saadant, vil vist blive overrasket paa det Behageligste ved disse Phænomener. — Lægger nu Mærke til Følgende:

1) **Den firekantede Tryllekasse kaldes camera obscura, eller det mørke Kammer.** — En dygtig Physiker, **Porta**, opfandt dette Instrument i Midten af det 16de Aarhundrede. Iøvrigt er ingenlunde ethvert **camera obscura** indrettet paa samme Maade som vort. Saaledes finde vi f. Ex. ofte et tyndt Blad hvidt Papir istedetfor den matslebne Glastavle.

2) **Skal den give ret tydelige Billeder paa Glastavlen og, saa maa fremfor Alt Lindsen bc være saaledes indsat, at dens Brændvidde nøie naaer hen til Speilet.** Kun under denne Betingelse forene samtlige Straaler, som udgaae fra samme Punkt af en Gjenstand, og som brydes i Lindsen bc, atter i eet Punkt. Den hoiede Stilling af Speilet ef, under en Vinkel af 45 Grader viser sig næsten af sig selv som nødvendig. Tilbagekastningsstraalerne skulle dog som bekjendt tage deres Retning nøie opad; men hvorledes var dette vel muligt, dersom ef havde en lodret, horizontal eller og blot en anden hoiet Stilling?

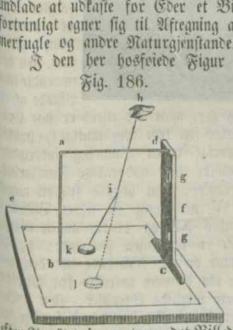
3) **Billederne vise sig omvendte paa og.** — Hvorfor dette nødvendigt maa være saa, maae J alt vide af Eder selv. For at fremstille dem oprette, behøve J blot foran Lindsen bc at opstille et Metalspeil i den Stilling, at hiin modtager Lyset af Gjenstandene fra dette, og altsaa ikke, som det er Tilfældet ved mit **camera obscura**, umiddelbart fra Huse, Træer osv.

4) **Det mørke Kammer er ikke blot et morsomt, men ogsaa et meget nyttigt Instrument.** — Ville J engang bruge det til at optage enkelte Gjenstande eller hele Landskaber, saa aftegner blot Hovedomridsene let! thi 1, Gjenstandene paa Baggrundene vise sig skarpere end Oiet umiddelbart seer dem, og 2, Maleriet skal jo fremstille enhver Gjenstand, saaledes som den frembringes paa Nærhuden, følgelig ikke i en plan, men i en sphæriſk Flade.

5) **Det mørke Kammer har især i den nyere Tid vundet særdeles Betydning,** siden nemlig Franskmanden **Daguerre** har opfundet den med Ret af hele Verden beundrede Konst, ved Hjælp af hiint Instrument, **med stor Tydelighed at fremstille vedvarende Lysbilleder.** — Fremgangsmaaden ved denne Opfindelse er dog altfor omstændelig til at jeg her kan indlade mig paa videre Forklaring deraf.

6) **Nær beslægtet med camera obscura er camera clara og camera lucida.** — Opfange vi Billedet ikke paa en Flade, men betragte vi det umiddelbart gjennem et Samleglas, ligesom gjennem en Loupe, saa bliver Instrumentet efter Reglen Mening til et **camera clara** eller et **lyst Kammer.** Men under det sidste Navn forstaae dog paa den anden Side Mange et tredie herhen hørende Instrument, nemlig **camera lucida,** der yder os en fortræffelig Tieneste ved Aftegning af Landskaber, som ogsaa af andre, dog stedse klart oplyste Gjenstande, og er en nu, ustridigt ogsaa meget sindrig Opfindelse af Englænderen **Wollaston.** Navnet „Kammer" fører det med Uret. Ved denne Leilighed kan jeg ikke undlade at udkaste for Eder et Billede af et saadant **camera,** som ganske fortrinligt egner sig til Aftegning af smaae Objekter, som Blomster, Sommerfugle og andre Naturgjenstande.

Fig. 186.



I den her hosfeiede Figur (Fig. 186) forestiller: 1, e et Tegnebræt; 2, abcd en tynd Qvadrat-Tavle, som staaer lodret paa e; 3, f en Træsøile; 4, g, g to Kiler deri (Glastavlen griber med den ene Rand i Falsen paa Søilen f og fastholdes her især ved Kilerne g, g), endelig 5, k det Punkt paa Tegnebrættet e, hvorhen man bringer de Gjenstande, som skulle aftegnes. Ville vi nu betjene os af dette Apparat, opstille vi det først saaledes, at vi have Søilen f for os, herpaa lægge vi Blomsterne Sommerfuglene osv. tilvenstre for Glasset, omtrent paa Punktet k; tilsidst rette vi Oiet h efter Glassets Midte, bestemt efter Punktet i, og tegne det Billede af, som til vor Glæde sees tydeligt og saaledes, som om det laae paa Papiret ved l. Da Søilen f er forsynet med en Fod, saa staaer det ogsaa til os at hensætte det bestrevne simple Appa-

rat, snart til dette snart til hiint Sted. Jovrigt kommer herved Alt an paa den Stilling vi indtage; er den passende, saa ville vi ogsaa stedse godt kunne kjende Billedet gjennem Glastavlen.

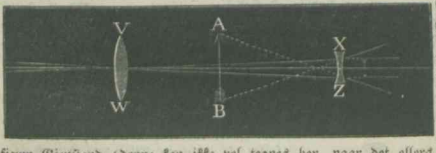
e. Kikkerter.

Mikroskopet tjener som bekjendt til at fremstille **nære** Gjenstande, som formedelst deres Lidenhed ikke skarpt nok kunne iagttages af det bevæbnede Øie, under en større Synsvinkel. Med Kikkertens Hensigt forholder det sig lige omvendt; her er det nemlig ikke nære, men **fjærne** Ting, ligemeget om paa Jorden eller i Himlen, som vi ville see tydeligt. Vi besidde iovrigt **dioptriske** og **katoptriske** Kikkerter, eller **Refraktorer** og **Reflektorer**; hine bestaae blot af Glaslindser, og underkaste derfor ogsaa Lyset blot Brydning; disse derimod indeholde Speile og Glaslindser tillige, saaledes at Lyset gjennem dem ikke blot brydes, men ogsaa først kastes tilbage. Jeg vil nu beskrive de vigtigste Kikkerter.

aa. Den galilæiske eller hollandske Kikkert.

Den galilæiske eller hollandske Kikkert bestaaer af et opbøiet For- eller Objektiv-Glas, og et fordybet Øie- eller Okularglas; begge ere befæstede i Enderne af et Rør, og saa vidt fjærnede fra hinanden, at Forglassets Brændpunkt falder sammen med Øieglassets Spredepunkt paa hiin Side. Da der endvidere ikke sjældent indtræffer saadanne Omstændigheder, som gjøre en anden Afstand af Glassene nødvendig, saa forfærdige Konstnerne næsten stedse Rørerne af flere Stykker, som lade sig slutte i hinanden, efterson man selv vil. Jeg giver her (Fig. 187) en Tegning af den hollandske Kikkert. VW forestiller det ophøiet slebne Forglas. XZ det fordybet slebne Øieglas. ba det omvendte lille Billede af en fjærn Gjenstand (denne kan ikke vel tegnes her, naar det ellers er vor Hensigt, at fremstille de forekommende Forholde saa troe som muligt), hvilket Glaslindsen VW vil udkaste, naar iovrigt ingen Hindring indtræder. Angaaende AB skulle J ogsaa strax erholde den nødvendige Forklaring. For det nemlig bliver muligt, for de Straaler, som udgaae fra en meget fjærn Gjenstand og træffe Glaslindsen VW, at forene sig til et Billede i ba, opfanges det i det fordybede Øieglas XZ og brydes anden Gang. Den egentlige Virkning af Lindsen XZ er forteligen Følgende: 1, de Straaler, som løbe hen mod a, gaae, naar de ved XZ have lidt den nye Brydning, saaledes ud fra hinanden, som om de vare udsendte fra Punktet A; 2, paa lignende Maade blive indvidere samtlige Straaler, som i Begyndelsen konvergere efter b, bøiede af fra deres Retning ved XZ, log det paa den Maade, at de vise sig for os, som om de kom fra Punktet B. Hvo der nøie har holdt fast paa, at Brændpunktet af Lindsen VW falder temmelig nøie sammen i Spredepunktet af Hulglasset XZ, behøver intet nyt

Fig. 187.



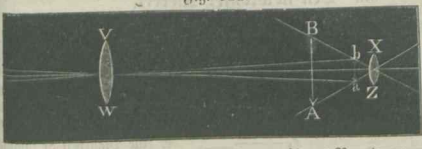
Bevis for begge mine Paastande. Istedetfor det omvendte lille Billede ba see vi nu det oprette forstørrede AB.

Den beskrevne Kikkert giver os kun en lille Synskreds, og bliver derfor nu blot anvendt der, hvor man er tilfreds med en Forstørrelse paa 3 à 4 Gange. Den blev opfunden af Galilæi i April eller Mai 1609. De bekjendte **Theaterkikkerter** ere ikke andet en galilæiske Kikkerter, hvis Øieglas have en temmelig Brede, og hvis Synskreds besidder en tilstrækkelig Størrelse.

bb. Den keplerske eller astronomiske Kikkert.

Den **keplerske** eller **astronomiske Kikkert** ligner forsaavidt meget de galilæiske, som den ogsaa bestaaer kun af 2 Glas; men dens Øieglas er ikke nogen Spredes-, men en Samle-Lindse. VW (Fig. 188) forestiller ogsaa her Forglasset og XZ Øieglasset. Begge Lindsers Brændvidde danne, som Figuren ogsaa tydeligt viser, en eneste lige Linie og stode sammen i deres Brændrum. Hvoraf det nu kommer, at et omvendt Billede af en meget fjern Gjenstand, som ei heller her er tegnet, viser sig for os i ab, vide J lige saa godt, som at et Øie, der befinder sig foran den mikroskopiske Lindse XZ, seer Billedet ba, hvor langt borte det end har taget Plads indenfor Brændvidden af XZ, forstørret i AB. Billedets omvendte Beliggenhed bryde de Stjerneknndige sig kun lidet om. Hvo der betragter Himmelen mere end Jorden, glæder sig ved, i den keplerske Kikker at besidde et Instrument, hvis Synsmark er saa stor, og hvis Lys er saa lidet svækket.

Fig. 188.



cc. Jord-Kikkerten.

Ved alle de Kikkerter, som ere bestemte til at betragte Gjenstandene paa Jorden og som derfor kaldes Jordkikkerter, er det en nødvendig Betingelse, at det Billede, som ligger Øiet nærmest, viser sig oprett. Hvorledes Kikkerten derfor maa være indrettet, vil det Følgende lære Eder.

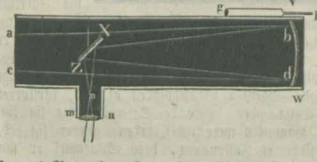
En Jordkikkert har sædvanlig en Længde af 24 Tommer. Undersøge vi dens Indre nøiere, saa finde vi i dens forreste Skuderør istedet for een fordetmeste 3 mikroskopiske Lindser, hvis gjensidige Afstand stedse bliver den samme, og som desuden ere ordnede saaledes, at det bageste Brændpunkt falder nøie sammen med den foregaaende Lindses Brændpunkt, og Brændpunktet af den foregaaende med Brændpunktet af den næstfølgende. Foruden disse, som alle fore Navn af Øieglas, bemærke vi endnu Objektiv-Lindsen, som besidder en større Brændvidde. Hvo der nogensinde har brugt en Jordkikkert, maa ogsaa vide, at Objektivlindsen, eftersom forskjællige Øine ogsaa ere forskjælligt bestaffne, kan nærmes bine 3 mikroskopiske Lindser, snart mere, snart mindre. Objektivlindsen giver et omvendt Billede af en-

hver Gjenstand, som vi betragte gjennem en saadan Kikkert. Begge de første Okularer d. v. s. de som ligge Eder nærmest, vende det om, og give det altsaa en opret Stilling. Den tredie Okularlindse endelig forstørrer det ligesom det enkelte Oieglas ved den keplerske Kikkert. Lægger herved vel Mærke til: 1, at det Billede, som Objektivlindsen har fremkaldet, ligger ganske nær foran det første Oieglas, og indenfor Brændvidden deraf; 2, at hiint Oieglas opfanger Billedets Straaler, og giver dem en konvergerende d. v. s. en mod hinanden løbende Retning; og 3, og at de, før de kunne forene sig, træffe paa det andet Oieglas, som endelig atter samler alle de Straaler, som ere udgaaede fra det samme Punkt af Billedet, i eet Punkt. Her fremstiller sig atter for Jagttageren et nyt og det et omvendt Billede af det første, og eftersom dette (det første) alt er omvendt, vil det sidste være et opret Billede af Gjenstanden.

dd. Den newtonske Kikkert.

Til de Kikkerter, hvor et Huulspeil træder istedet for Objekti lindsen, høre især 3 Slags, som benævnes efter deres Opfindere **Newton, Cassegrain** og **Gregory**. Den newtonske Kikkert, hvortil jeg her vil indskrænke mig bestaaer af: 1, Et Metal-Huulspeil, VW (Fig. 189), som er anbragt ganske i Baggrunden af et Rør; 2, af et lille Planspeil af samme Stof, XZ, der boier sig mod Kikkertens Axe under en Vinkel af 45 Grader, og har indtaget sin Plads indenfor Brændvidden af VW, 3, af en opboiet sleben Lindse, mn, som J see anbragt i et særeget Rør, som staaer i Forbindelse med Sideværggen; 4, endelig af en lille Kikkert gh, som blot tjener til lettere at kunne rette Hovedinstrumentet. Dens Virksomhed ligger vel ogsaa klar for Eder. Sæt at ab og cd ere to Straaler, som komme fra et fjærnt Punkt, træffe Speilet VW, og blive saaledes reflekterede derfra, at de, før de atter kunne forene sig, lide en anden Tilbagekastning fra Speilet XZ, maae de da ikke skjære hinanden i et Punkt, o? Og vil endvidere ikke en Lindse mn, der noie, eller dog temmelig noie har fjærnet sin Brændvidde fra o, bryde dem saaledes, at de ankomme parallele til Øiet, og derhos frembringe et tydeligt Billede paa samme Maade, som ved den astronomiske Kikkert. Angiver nu til Slutning alle Ligheder og Uligheder mellem den keplerske og newtonske Kikkert.

Fig. 189.



Cassegrains og Gregorys Kikkerter have et gjennembrudt Huulspeil af Metal; men jeg forbigaaer dem her, da de ligge temmelig fjærnt for min Plan. Hvad J imidlertid endnu behøve at vide angaaende Kikkerter, sammenfatter jeg i følgende Punkter:

1) Da en Kikkerts Virksomhed kun afhænger af Objektivets og Okularets Brændvidde, saa synes det, som om Forstørrelsen kunde drives saa vidt man vil, efter Behag. Men dette er i Virkeligheden ikke saa. Med Hensyn til de mange Hindringer, som stille sig ivejen for særdeles store For-

størrelsesglas, vil jeg blot nævne Eder især den Omstændighed, at med Billedernes Størrelse vorer ogsaa tilsidst deres Utydelighed.

2) Hvo der vil opsøge meget smaae og tillige lysstyage Gjenstande paa Himlen, han behøver aabenbar en Kikkert, der ikke blot forstørrer stærk; men som opgiver et fortrinligt oplyst Billede. Men den sidste Egenskab opnaaes stedse saa meget desto bedre, jo mere Straalerne forene sig i ethvert af dens Punkter, eller jo større Objektiv-Glasset er i de dioptriske eller Metal-Huulspeilet i de katoptriske Kikkerter. Objektiv-Glasset i en Kikkert (forfærdiget af **Frauenhofer**) i Berlin havde 9 Tommer i Diameter. Hvad allerede de smaae hirschelske Teleskoper præsterede, fortæller den berømte Konstner og Astronom selv. Hans senere, ulige fuldkommere Instrumenter af dette Slags, frembragde næsten utrolige Resultater. Saaledes saae han f. Ex. allerede længe før Sirius indtraadte i Kredsen af hans Teleskop paa 40 Fod, den Dæmring, som forkyndte Nærmelsen, og som blev stedse lysere og lysere, indtil endelig den mægtige Stjærne selv viste sig med hele den opgaaende Sols Glands, og nødte Jagttagerens forbauste og glødedrukne Øie at vende sig bort fra dette Naturens herlige Skuespil. Sammenligne vi de Afstande af Stjernerne og Stjernehærene, som et saa stærk bevæbnet Øie allerede bar opdaget, med Lysets Hurtighed, saa følger deraf, at Lyset fra de yderste Stjerner, som Teleskopet endnu lader os erkjende enkelte, naaer til os i omtrent 7000 Aar, og at 500,000 Aar maae hengaae, før Lyset fra bine Verdener, som ere altfor fjærne, til at kunne erkjendes enkelte, naaer til os. Hvilken Uendelighed oplader sig ikke for vort Blik! Og mon J nu vel skulde kunne forstaae Frelserens Ord, naar han siger: „I min Faders Huus ere mange Boliger?" —

§ 16.

Spørgsmaal og Opfordringer til Repetition.

Angiv, hvilke simple Betragtninger, der først gjorde Eder bekjendte med Lyset! Hvoraf kommer det, at Legemerne oplyses ved Solen, mange Stjerner osv.? Hvad forstaaes ved selvlysende, og hvad ved mørke eller oplyste Legemer? Hvorledes forholder det sig med de saakaldte Lysfugere, eller Lysmagneter? Hvad have J hørt om Forholdet mellem Lys og Varme? Nævn den vigtigste Lov med Hensyn til Lysets Forplantning! Ved hvilke Forsøg lærte J den at kjende? Beskriv de Forandringer, som Lyset ikke sjeldent lider paa sin Bane! Hvor hurtigt er Lyset? Sammenlign denne store Hurtighed med Hurtigheden af en udskudt Kanonkugle, af Lyden og af Jordens aarlige Bevægelse om Solen! Hvorledes er det muligt ved Formørkelsen af Jupiters Maane, at beregne Lysets Hurtighed? Hvorpaa beroer Lysets Styrke? Hvad har jeg meddeelt Eder om Photometret eller Lysmaaleren? Hvilke Legemer kalde vi Speile? Hvad forstaaes ved naturlige og konstige, hvad ved flade eller plane, og krumme Speile? Angiv Betydningen af følgende Ord: Indfalds- og Tilbagekastningsstraalen; Indfaldsloddet, Indfalds- og Tilbagekastningsvinklen! Hvorledes lyder den almindelige Sætning for Lysets Tilbagekastning? Beskriv endnu engang, hvilke Billeder der sees bag et plant Speil, som snart har en lodret, snart en bøiet, snart en vandret Stilling for en Gjenstand! Hvorledes opnaaer man

Mangfoldiggjørelsen af Billederne bag et plant Speil? Hvorledes er Kaleidoskopet indrettet? Fortæl Alt, hvad J have hørt om dette morende og nyttige Instrument! Hvorledes forholder det sig med de saalaldte Trylleperspektiver? Udkast Tegninger af de vigtigste Perspektiver, og tilføi de nødvendige Forklaringer! Meddeel mig det Væsentlige angaaende det Indre af Kik- eller Speilkasser! Angiv Betydningen af følgende Navne: sphæriske og paraboliske Speile, Kugle- og Cylinder-Speile, Samle- og Sprede-Speile virkeligt og indbildt Brændpunkt! Beskriv Samlespeilets Phænomener! Oplys dem alle ved en Tegning! Hvilke Phænomener fremkalder Spredespeilet? Hvorvidt kan Samlespeilet tjene 1, som Lys- og 2, som Brændspeil? og hvorledes lader det sig 3 benytte til at fremkalde Aander? Beskriv slige Phænomener! Hvilke simple Forsøg lærte Eder at kjende Lysstraalernes Brydning? Hvorledes lyder den saa vigtige herhen hørende Almeenfætning? Angiv hvorledes det forholder sig med Brydbarheden af de sfjællige, gjennemsigtige Legemer! Nævn Phænomener, som alene grunde sig paa Lysets Brydning! Hvorledes inddeles sædvanligt de slebne Glas? Fortæl Alt, hvad jeg har meddeelt Eder om Glas med plane eller parallele Overflader! Hvilke Forklaringer maae nødvendig gives med Hensyn til Glas med krumme Overflader? Hvorledes finde vi et Samleglasses Brændpunkt? Hvilke Phænomener frembyder det? Tydeliggjør dem ved en Tegning paa Væggetavlen! Hvilke Billeder giver et Spredeglas af en Gjenstand? Beskriv Prismaet, saavelsom ogsaa de Forsøg, hvortil det har givet os Leilighed! Hvilke Forklaringer har jeg givet over de farvede Kanter af Vinduesrammerne og andre Legemer? Hvoraf kommer det, at vi see nogle Gjenstande hvide, andre sorte, atter andre røde, blaae, gule osv.? Hvorledes forholder det sig med de saakaldte Mellemfarver? Hvorledes forholder det sig endvidere med de saakaldte akromatiske Glaslindser? Nævn mig Dietsydre og indre Dele! Tilføi Alt, hvad J vide at angive om Øiet! Hvorledes virker dette saa konstigt indrettede Organ i det Enkelte og ialmindelighed? Hvoraf kommer det, at vi see Gjenstandene oprette, da de dog afbilde sig omvendte paa Næthuden? Hvorfor see vi endvidere kun enkelt med vore to Øine? Hvor ligger det Punkt i Øiet, som slet ikke har nogen Synsfornemmelse? Hvorledes staaer det sig med Vidden af den tydelige Seen, samt med Kort- og Fjærnsynetheden? Beskriv mig Virksomheden af de saakaldte Stram- og Slapmuskler! Hvorledes skaane og hvorledes forbedre vi vore Øine? Hvad forstaae vi ved Synsvinklen, eller en Gjenstands tilsyneladende Diameter? Hvorpaa beroer denne Storrelse? Angiv de Phænomener, som kun lade sig forklare af en tilstrækkelig Kundskab om Synsvinklen? Nævn nogle saakaldte optiske Bedrag, og tilføi de vigtigste Forklaringer! Antyd hvorledes Kort- og Fjærnsynethed bliver mindre følelig ved Anvendelse af Briller? Hvilken Forsigtighed bør man at iagttage ved Valget af Briller? Hvorledes virke Forstorrelsesglas? Hvad forstaaes ved Louper, og hvad ved enkelte og sammensatte Mikroskoper? Hvad maa man kjende, naar man vil beregne Gjenstandenes Forstorrelse? Hvad har jeg meddeelt Eder, angaaende Solmikroskopet? Beskriv den magiske Laterne! Til hvilket Morskab giver den Leilighed? Forklar alle herhen hørende Phænomener! Beskriv nu ogsaa det mørke Kammer! Hvorledes fremtryller det sine Billeder paa sin mat slebne Glastavle? Hvorvidt er det et nyttigt Instrument? Aftegn det camera, som fortrinlig egner sig til Efftertegning af smaae Gjenstande! Hvad er Hensigten med Kikkerterne?

Hvorledes inddeler man dem? Angiv Indretningen af den galilæiske og keplerske Kikkert, af Jordkikkerten og det newtonske Telescop! Hvor dybt have Astronomerne ved Hjælp af dette Instrument skuet ind i Himmelrummet?

Ottende Afsnit.

Magnetismen.

§ 1.

Magnetens Tiltrækningskraft.

Magneten er et graasort Mineral, som findes paa mange Steder, f. Ex. paa Harzen, og overhovedet især rigeligt paa de nordlige Dele af Jorden f. Ex. i Norge og Siberien. — Triller jeg en Magnet om i Jern-Filspaaner, da vil den drage disse i Mængde til sig, og ikke atter lade dem los, for de med Magt rives derfra. Bringer jeg en gansk lille Jernkugle, ophængt i en sædvanlig Traad, stedse nærmere og nærmere til en Magnet, da vil Kuglen, naar den er ankommet til et vist Punkt, ile hurtigt hen mod Magneten, og blive hængende derved, uden at give noget Tegn til atter at ville stille sig derfra. Disse Phænomener fortjene vistnok en nærmere Betragtning; saa hører da nu!

1) **Næsten ethvert Mineral, som indeholder Jern i en lidt forkalket Tilstand, besidder, naar det skaffes udaf Jorden, fremfor Dagens Lys, den forunderlige Egenskab, ved en usynlig Kraft, at fastholde Jern og jernholdige Legemer, som Nødkrid, Bolus, Basalt, Messing, Blyant osv., ja vel endog paa en Afstand at drage dem til sig, naar de ikke have nogen altfor betydelig Størrelse.***)

2) **Alle Legemer, hos hvilke vi, uden først at behøve at anstille nogen fin Undersøgelse, see denne Egenskab at træde frem, kaldes Magneter**, efter Staden Magnesia i Lilleasien, hvor Tiltrækningskraften først, og det allerede 600 Aar e. Kr. skal være iagttaget. **Aarsagen til samtlige herhen hørende Phænomener kaldes Magnetismen, eller ogsaa, dog sjældnere, magnetisk Materie.**

---

*) Et Metal er stundom selv da modtagelig for Magnetismen, naar ogsaa blot en 13,000 Deel af dets Vægt indeholder Jern, altsaa i en saa yderst ringe Mængde, at ingen Kemiker kan opdage det.

3) **Kraftens Størrelse afhænger ikke, som I sandsynlig mene, af Magnetens Omfang, thi der gives store Magneter, som kun bære Lidet, og smaae, som bære Meget.** — Sædvanligt trække de Magneter bedst, som ligge frit paa Jorden, og som ganske og aldeles ere udsatte for den atmosphæriske Luft. En Magnets Styrke bestemmes iøvrigt bedst ved det Tal, som angiver os hvorofte den af Magneten baarne Vægt indeholder dens egen Vægt i sig. Magneter, som veie over 2 ℔, bære sjælden mere end deres tidobbelte Vægt. Er det iøvrigt grundet, hvad der fortælles om Newtons 3 Gran tunge Magnet (den skal nemlig have fastholdt 700 Gran), saa kan en Magnets Kraft fastholde henved det 250 Dobbelte. Men interessant bliver det altid at see en Magnet, som kan bære 100 ja maaskee 200 ℔ Jern

4) **Jernet er ikke det eneste Metal, hvorpaa Magneten virker tiltrækkende, ogsaa Nikkel og Kobolt,** især naar de ere fuldkommen rene, **tage Deel i de magnetiske Egenskaber.***) Lægger nu vel Mærke til Følgende:

Her ligger en tynd Plade af Træ. Jeg bestrøer den med fine Jernfiilspaaner, og holder min Magnet smart paa dette smart paa hiint Sted af Underfladen. Hvor jeg endog bringer den hen, stedse ville I bemærke, at Jerndelene, som befinde sig ligesover for den, komme i Bevægelse, reise sig iveiret, og søge at opnaae en Forening med den. Ved en Skive af Glas, Pap og overhovedet af enhver anden fast Masse erholder jeg under samme Betingelser et lignende Resultat. Jeg gjentager nu mit Forsøg; men bruger istedetfor Jernfiilspaaner en Synaal, og istedetfor Træpladen en Glasskive. Som I see forbliver ei heller den ulige tungere Naal paa det Sted, som jeg har anviist den, den farer meget mere omkring, ganske som Magneten synes at befale den det. En Jernplade, bragt imellem Magneten og de Smaalegemer, som skulle tiltrækkes, forringer den betegnede Virkning ualmindeligt, ja lader den endog stundom forsvinde for vore Øine. Endelig viser jeg Eder endnu, hvorledes Magnetens Indflydelse ogsaa da tager af, naar jeg sukcessiv fjærner den stedse mere fra Jernfiilspaanerne. Lærer da af disse Forsøg:

1) **Magnetens Virkninger gaae ikke blot gjennem Luften; men ogsaa gjennem Glas, Træ, Papir, Vand osv.** — Just paa denne Omstændighed beroer en Mængde Kuriositeter, som jeg senere skal omtale.

2) **Bringer jeg en Jernplade mellem Magneten og de Smaalegemer, som skulle tiltrækkes, saa udtommes næsten al Magnetens Kraft paa Jernpladen selv, og denne erholder ikke, idetmindste ikke strax, den Egenskab at virke paa Smaalegemerne som en Magnet.**

3) Forskjellige Forsøg paa at finde en Magnets tiltrækkende Kraft for ulige Afstande, have næsten uden Undtagelse ført til den Lov: **den**

---

*) **Nikkel og Kobolt** ere Metaller: dette er fordetmeste graahvidt, omtrent af samme Tyngde som Jernet, og behøver for at smælte en Hede af mere end 600 Grader efter Reaumur; hiint har en lysgraa Farve, er overmaade sast, og kan vanskeligt forkalkes selv i Ild. Til Nikkel og Kobolt slutte sig, med Hensyn paa deres magnetiske Egenskaber, endnu i visse Maader to andre Legemer, nemlig **Chrom** og **Mangan**.

magnetiske Kraft aftager i samme Forhold som Afstandens Qvadrat tiltager. Den tiltrækkende Kraft af en magnetisk Pol er i den dobbelte Afstand virkelig kun Fjerdedelen saa stærk som i den enkelte. Beviset for denne Paastand hører ikke herhen.

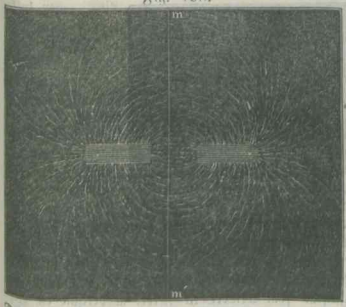
Endelig kan en Magnets Kraft let baade forstærkes og svækkes; **forstærket** bliver den, naar vi daglig give den noget mere at bære; **svækket** bliver den, naar vi lade den ligge ubeskjæftiget, udsætte den for høftige Rystninger, afrive det tiltrukne Jern ofte og pludselig osv.

§ 2.

Magnetens Polaritet.

Ligesom ved mit første Experiment dreier jeg min Magnet omkring i fine Jernspaaner, og undersøger nu i hvilken Mængde Sidstnævnte blive fastholdte af de forskjellige Punkter paa Magnetens Overflade. Allerede et flygtigt Blik siger Eder, at Tiltrækningskraften træder ikke lige frem paa alle Steder; men at der nemlig gives to ligeover for hinanden staaende Punkter, hvor den fremtræder stærkest. Disse Punkter markerer jeg nu, stryger Filspaanerne, af og forer nu en Staalnaal hen over næsten alle Punkter af Magneten. Og see! Naalen kommer til at staae lodret paa Magnetens Overflade, der hvor eet af bine to Punkter er, men paa alle øvrige Steder skraa ja vel endog vandret. Lægger jeg en Glastavle (et Kort- eller Papirblad kan ogsaa bruges) over Magneten, og lader nu Filspaanerne falde paa den gjennem en fiin Sigte, saa ville de, naar jeg lagte støder til Glastavlen, ordne sig saaledes, at de danne krumme Linier, der alle, som ogsaa hosfølede Fig. 190 viser, synes at løbe ud fra 2 indbyrdes modsatte Punkter. Endnu gjør jeg et fjerde herhen hørende Forseg. Her har jeg et lille Skib, som er gjort af tyndt Træ, og saa overordentlig let, at det selv da svømmer paa Vandet, naar jeg har betynget det med en Magnet. Jeg sætter det paa Vandet i en Skaal, lægger Magneten i Skibet, fjerner omhyggeligt fra dets Nærhed alle jernholdige Legemer, og giver vel Agt paa i hvilken Retning det bliver staaende roligt.

Fig. 190.



Denne er virkelig den samme, hvilket enhver Gjentagelse af det beskrevne Experiment paany lærer os, og ingensinde nogen anden, end omtrent Retningen fra Syd mod Nord. Og idet vi nu herbos betragte Magneten, ville I vist med Glæde blive vaer, at bine to af mig tidligere betegnede Punkter, synes at bestemme Skibets Retning. Saaledes forholder det sig

ogsaa i Virkligheden. Hvorledes jeg endog dreier og vender det lille Fartøi, stedse vender det tilbage i sin forrige Beliggenhed. Hører da nu videre!

1) **De to Punkter paa en Magnet, hvilke udmærke sig, deels ved deres betydeligere Tiltrækningskraft, deels ved deres nøie bestemte Retning, kaldes Magnetens Poler; det Punkt som vender mod Syden kaldes Sydpol, det andet Nordpol.** Vi ville iøvrigt senere see, naar nemlig Talen bliver om den store Jordmagnets Poler, at vi ikke bare os saa galt ad, om vi begyndte med at betegne en sædvanlig Magnets Poler, just paa den modsatte Maade.

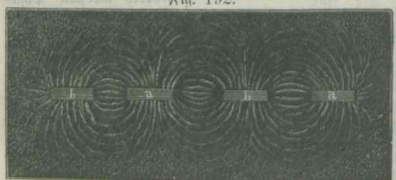
2) **Enhver Magnet har endvidere en Midtlinie mm'** (Fig. 191). **Denne drager paa ingen af sine Punkter Jernet til sig, og deler Magneten ligesom i to lige Dele.** Hvorledes nu den tiltrækkende Kraft syrer fra denne Linie af, hen mod begge Polerne e og e' kunne I see saavel paa min Magnet, som ogsaa paa den hosstaaede Tegning.

Fig. 191.



3) **Paafaldende nok finde vi undertiden Magneter, paa hvilke vi blive 3, 4 ja endog flere saadanne Poler vaer. Alle disse Poler kaldes Folgepunkter.** For at lære dem at kjende behøve vi blot enten at lade en Prøvenaal nærme sig Magneten, efter Rækken af alle dens Punkter, eller at rulle denne omkring i fine Jerndele. Bringe vi den, som tidligere, under et Kortblad, som er bestrøet med Jernfilspaaner, saa ordne disse Smaalegemer sig ganske saaledes som I see i Fig. 192. Magneter med Folgepunkter ere fuldkommen ubrugbare for

Fig. 192.



visse Tilfælde i Livet, men lykkeligvis fattes det os ikke paa Midler til at omdanne dem til Magneter, som blot have to Poler.

4) **Paa Magnetens anden Egenskab, som vi kalde Polariteten, og som maa forekomme os mere forunderlig end den første, nemlig Tiltrækningen, beroer Indretningen af Skibskompasset,** et Instrument, ved hvilket Mennesket først blev sat istand til at besøge det store Verdenshav, og at opsøge ubekjendte Lande. Desværre vide vi ikke, hvem vi skylde Opdagelsen af Magnetens Polaritet, ja vi ere endog i Tvivl om, hvilket Folk, der først har benyttet denne vigtige Egenskab som Middel til sikkert at betegne en Retning i Rummet. Men saameget tør man vel antage, at for 1300 e. Kr. har vel intet Kompas været i nogen Europæers Hænder*). At den dristige

*) Efter den sædvanlige Fortælling skal Kompasset være opfundet i Oceanien, derfra skal det være kommet til China, og til hele Orienten, og endelig tilsidst være bragt til Europa af Korsfarerne i det 13de Aarhundrede.

Søfarer, naar han i den mørke Nat, eller paa saadanne Dage, da Taage og Storm tilhylle Himlen, pløier det umaalelige Ocean, alene i Kompasset har en tro Fører, er bekjendt nok. Efter al Sandsynlighed benyttede Menneskene sig allerede i den tidligste Alderdom, som og nu tildags af Kompasset til at finde Vei i store sløvrige Strækninger, og i saadanne Sandstepper, som Asien og Afrika besidde.

Til alle de Forsøg som jeg hidtil har anstillet, har jeg betjent mig af en saadan Magnet, som Jorden i visse Lande frembyder os i Mængde. Vi besidde imidlertid Magneter af en ganske anden Art. Saaledes er f. Ex. denne besynderlige Hesteskо, ved hvis Ender, forelobigt sagt, Polerne ligge, ogsaa en Magnet; og ikke mindre hiin tynde, ved begge Ender tilspidsede Staalstrimmel, der hviler paa en fiin Spids (Fig. 193), er i Midten forsynet med en Agat (stundom hænge vi den ogsaa op ved en Traad), og kan dreie sig vandret. Saadanne Magneter kaldes **konstige**, fordi de først have erholdt deres forunderlige Kraft ved Menneskenes Hjælp; — saadanne derimod, som vi drage frem af Jordens Skjød, **naturlige**. Angaaende Forfærdigelsen af konstige Magneter skulle I senere erfare det Nødvendige. Jeg vil nu først anstille nogle Forsøg.

Fig. 193



Endnu er min rudeformige Magnet (dens sædvanlige Navn er **Magnetnaal**) i Hvile, og indtager omtrent **Retningen fra Nord til Syd**. For jeg endnu foretager mig videre derved, maae I vel lægge Mærke til ikke alene denne dens Stilling ialmindelighed, men især ogsaa til den Ende af den, som peger mod Nord. Jeg sætter den i Bevægelse. Og see! naar den atter kommer i Hvile indtager den igjen fuldkommen sin forrige Retning. Ja selv i Beliggenheden af begge Spidserne bemærke I ingen Forandring. For at I tillige kunne lære at kjende Tiltrækningen bedre, end ved en naturlig Magnet, tager jeg nu ogsaa min anden konstige Magnet, Hesteskoen, i Haanden, lægger ved begge dens Poler et Stykke blødt Jern, det saakaldt Anker (en sædvanlig Nøgle er ogsaa brugelig hertil) og betynger da dette med saa stor Vægt, som det kan holde. Ganske vist kjende I nu ogsaa, hvorfor Konstnerne saa ofte give Magneten Form af en Hesteskо; thi det foreligger jo Eder tydeligt, at en Magnet, hvis Poler kunne virke paa Jernet til samme Tid, vinder meget i Tiltrækningskraft. Ringen tjener til Magnetens Ophængning. — Jeg kommer nu endelig til det interessanteste af alle herhen hørende Forsøg.

Min frit svævende Magnet er paany ganske rolig i sin sædvanlige Beliggenhed, men idet jeg nu i Nærheden af dens Nordpol bringer den lige benævnte Pol af min hesteskoformige Magnet, begynder den en dreiende Bevægelse, og viser os overbevidet paa en mærkelig Maade, at den ikke er betrækt paa at indgaae en Forbindelse med den anden Magnets Nordpol. Ganske det samme Phænomen bringe begge Magnetens Sydpoler os. Og dog ville I endmere forundre Eder, naar jeg bringer Naalens Sydpol til den anden Magnets Nordpol, eller omvendt. Istedetfor som forhen at skye hinanden gjensidig, søge Polerne af den fritsvævende Magnet at komme

sammen med de ulige benævnte Poler af den anden Magnet, og blive ogsaa hængende derved saalænge, indtil en fremmed Kraft atter adskiller dem. Mit Experiment har saaledes gjort Eder bekjendte med en overordentlig vigtig Lov, der lyder saaledes: **lige benævnte Poler stode hinanden fra sig; ulige benævnte drage hinanden til sig.** — Medrette kalde vi derfor hine Poler, der stye hinanden som Fjender, **fjendtlige**; de derimod der ligesom Venner søge hinanden, **venskabelige** Poler. — Jeg vil nu gjøre Eder bekjendte med nogle Konststykker og Legetøi, som vi let, af hvad vi alt have hørt, maae kunne forklare.

Her har jeg to smaae **Svaner**; de ere hule, forfærdigede af Blik og overdragne med Lak. Efter at jeg nu har sat dem paa Vandet i denne Skaal, svømme de snart frem snart tilbage, snart til denne snart til hiin Side, alt eftersom jeg befaler dem det ved denne Stav. Hermed hænger det saaledes sammen: **Fødderne paa begge Svanerne bestaae af smaae Jerntraade, og Romandostaven er en Konstig Magnet.**

Som det hænger sammen med Svanerne, saaledes ogsaa med disse hule, ligeledes af lakeret Jernblik gjorte Fiste; efterat jeg nemlig har bragt en Krog, hvorpaa der istedetfor en Maddik er befæstet en Magnetsteen, i Nærheden af dem, ile de stedse hurtigere imod den, forene sig med den, ja lade sig endog med dette Værktøi rolig drage ud af deres Element.

Have I Lyst til at lade Synaale uden nogen synlig Indvirkning ligesom dandse paa et Bord med tynde Plader, saa behøve I blot at stjule en god Magnet enten i Eders Haand, eller ogsaa i Knappen af en Spadserestok, og da at bevæge den under Bordet. Hvor ofte har ikke alene dette magnetiske Konststykke forbauset Mange!

Et meget morsomt, ogsaa herhen hørende Konststykke er den **magnetiske Troldqvinde.** Ville I have et Billede af hende, der saa godt som muligt fremstiller Urbilledet, saa forestiller Eder: 1, en huul Tavle, der hviler paa 4 Fødder, og som indvendig er forsynet med en Magnet; 2, en lille af Træ eller Pap forfærdiget menneskelig Figur, der balancerer paa en Stift, som rager frem af Midten af Tavlen, har en tynd magnetisk Stav i Haanden, og kan uden at falde dreies hurtigt om, da hiin Stav passer i en Hule af Livet; endelig 3, at der paa Overfladen af hiin Tavle er angivet Dagens 12 Timer, ligesom paa et Uhr, og at det samme ogsaa finder Sted paa Underfladen. — Men hvorledes forholder det sig nu med det formeentlige Trylleri? Bringer Een af Selskabet Messing-Viseren, som er bevægelig, og fastgjort i Midten, hen paa et Timetal efter Behag, og dreier han derpa a Figuren hurtigt om paa sin Stift, saa viser denne, naar den atter er kommet i Ro, med sin Stav neie paa samme Tal. Troldqvinden farer vel ogsaa med sin Stav, efter det hende forelagte Spørgsmaal (Konststykket kan modtage forskjellige Forandringer) snart mod denne, snart mod hiin Side. Hvo der nu veed, at de lige benævnte Poler stye, de forskjellig benævnte derimod tiltrække hinanden, og at endvidere den Magnet, som er stjult i Tavlen, hænger sammen med Messingviseren, og derfor tager Deel i dens Bevægelse, vil let vide at forestille sig Hexeriet som et naturligt Phænomen. Mærker Eder endnu Følgende! Ethvert bestemt Timetal under Tavlen er ganske modsat det samme Tal paa Tavlen. I samme Forhold staae endvidere ogsaa alle Svar og Opløsninger til Spørgsmaalene og Gaaderne, som passe sig for dem. Endelig danner Enden af den Stav, som Hexedqvinden holder i Haanden, den venskabelige Pol til Enden af den Magnet,

som er skjult i Tavlen og sat i Forbindelse med Messing-Viseren. Saaledes er den formeentlige Trylleſtav, naar ivrigt ingen fremmed Kraft indvirker forſtyrrende, ſtedſe rettet mod Magnetens venſkabelige Pol. Vender derfor denne Stav, eller hvad der er det Samme, Messing-Viseren, hvorhen J ville, ſtedſe vil Troldkonen henvise paa det ſamme Tal eller paa et passende Svar.

Der gives ogſaa andre magnetiſke Morſkaber, ſom iſær ſtøtte ſig paa de lige benævnte Polers Frastødning, og de ulige benævntes Tiltrækning, ſom f. Ex. det magnetiſke Uhr, den magnetiſke Sandſigerkaſſe osv.

§ 3.

Frembringelſe af Magnetisme i Jern og Staal.

Naar vi dreie Magneten om i fine Jernfilſpaaner, ſaa blive vi ikke alene vaer, at disſe hæfte ſig ved Magneten, og at Tiltrækningskraften viſer ſig ſtærkeſt paa viſſe Steder, nemlig ved Magnetens Poler; men vi opdage ogſaa letteligen, at naar Magneten omrulles i fine Spaaner, da omgives den ikke paa ſamme Mgade deraf, ſom vi f. Ex. ſee et vaadt Legeme, der omrulles i Sand, at omgives af Sandskorn; thi iſtedetfor at hefte ſig enkelt umiddeltbart til Magneten, ſee vi mangfoldige Jerndele at hefte ſig rækkevis til hinanden, hvorved de viſe, iſær ved Polerne, at de ſelv ere blevne magnetiſke. Om denne Indſivdelſe af Magneten vil nogle Jernnaale og min heſteſkoformige Magnet endnu mere overtyde Eder. Ugtet Naalene for ſig ingen Lyſt have til at drage hinanden gjenſidigen til ſig, ſaa hænger dog en anden ſig ſtrax til den første, naar denne bæres af en god Magnet, til den anden en tredie, til den tredie en fjerde osv. Tager jeg endvidere det første Led, Magneten, bort af denne forunderlige Kjæde, ſaa falder de alle fra hinanden. Endnu gjor jeg et tredie Forſøg, og fremſtiller tillige Reſultatet i en Tegning. Lad Magneten ba (Fig. 194) bære Jerncylinderen f; der-

Fig. 194.



paa lader jeg den underſte Ende af Cylinderen nærme ſig fine Jerndele; og alt dette gjor jeg, for at viſe Eder, at Traadene af Jerndelene fra Enden af Cylinderen f, blive ſtedſe mindre; at der mod dens øverſte Ende findes et Punkt hvor Tiltrækningen er Nul; og at Jerndelene endelig over dette Punkt atter vedhæfte ſig; men i modſat Retning: kort, **at Cylinderen f er bleven en formelig Magnet med to Poler og en neutral Linie.** Sidſtnævnte falder ivrigt ikke ſammen med dens geometriſke Midte. — Gjentager nu alle Forſøg, men bruger Staal- iſtedetfor Jernfilſpaaner, og iſtedetfor Jernnaale tynde Stykker af godt hærdet Staal! Alt Magnetens Indvirkning paa Staalſpaanerne kun gaaer langſomt for ſig, og at endvidere Staalet, naar det engang er blevet magnetiſk, for ſtedſe vedbliver at være det, er det ſimple Reſultat af Eders Experiment. En ſædvanlig Synaal f. Ex. ſom vi lade være i Berøring med en Magnet ½ til ¾ Time, vedbliver, efter at den forlængſt er ſtilt fra Magneten, at drage fine Jernſpaaner til ſig, og opbængt ved en Traad at vende ſig mod Nord og Syd. Ganſke anderledes forholder det blode Jern ſig til Magneten.

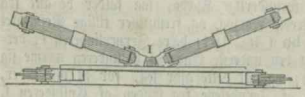
Den Erfaring, at Jern og blødt Staal kun under vedvarende Indvirkning af en Magnet viſer ſig magnetiſk, men taber atter ſin magnetiſke

Kraft, nøder os til at vælge blot hærdet Staal til Forfærdigelse af konstige Magneter. Angaaende Graden og Maaden af Hærdningen ere Konstnerne endnu stedse af forskjællig Mening. Staalnaale, som ere fuldkommen hærdede, og have erholdt straaguul Farve, eller endnu bedre fra den hvidglødende Hede ere udslukkede i sydende Linolie, have hidtil holdt sig bedst, uagtet de ikke saa let antage Magnetismen ved den blotte Berøring. Jeg vil nu omtale Forfærdigelsen af en konstig Magnet.

At denne Stribe Staal endnu er ganske umagnetisk vil strax blive Eder tydeligt, naar jeg dreier den om i fine Jernfiilspaaner. End ikke eet af disse Smaalegemer hæfter sig ved den. Jeg sætter nu paa dens Midte den ene Pol af min hesteskoformige Magnet, f. Ex. Nordpolen under en Vinkel af omtrent 10 à 12 Grader, drager den, medens jeg tillige udøver et Tryk, gjentagne Gange hen til den ene Ende, og forglemmer eiheller efter ethvert Strøg, for at den i Strimlen allerede fremkaldte Kraft, ikke atter skal tabe sig, ad en Omvei at bringe den tilbage i sin første Beliggenhed. Herpaa gjør jeg med Sydpolen paa den anden Halvdeel af Staalstriben et lige stort Antal Strøg af det bestrevne Slags. Naar jeg nu igjen omgiver Staalstriben med Jernfiilspaaner, vil jeg bemærke dens magnetiske Tiltrækningskraft; ja den vil endog ved sit større Skjøg paa begge Ender, vise sin Polaritet.

Paa en endnu hurtigere og virksommere Maade, end den anførte, som kaldes det **enkelte Strøg**, lader Staalstangen sig meddele den her omtalte Kraft ved 2 Magneter. Denne Methode kaldes det **dobbelte Strøg** og bestaaer hovedsagelig i Folgende. Først lægger man Stangen, som skal magnetiseres, saaledes mellem to stærke Magnetbundter, at de modsatte Poler ere vendte til hinanden (Fig. 195). Derpaa tager man begge Strygemagneterne, (een Magnet er iøvrigt ogsaa tilstrækkelig, naar den nemlig er krummet hesteskoformig), een i hver Haand, sætter dem som forhen paa Midten af den Stang, som skal magnetiseres, og anbringer mellem deres underste Ender, for at de stedse maae være noget fjærnede fra hverandre, et Stykke Træ, Messing eller Blye I. Nu stryger man langsomt til den ene Ende af Stangen, og atter uden at løfte Magneten op til den anden, gjentager dette oftere, og forsømmer tilsidst ikke atter at tage Magneten bort paa samme Sted, som den er paasat. Dobbeltstrøget giver vel en stærkere Magnetisme; men efterson den let giver Følgepunkter, eller dog næsten stedse foranlediger Pole af ulige Styrke, bør denne Methode neppe anvendes til at magnetisere saadanne Naale og Stænger, som skulle bruges til nøiagtige Undersøgelser. Her maae I, før vi gaae videre, foreløbigt mærke Eder Følgende:

Fig. 195.



1) **Ved enhver Maade at fremkalde den magnetiske Kraft paa, danne de Steder, som tilsidst berøre hinanden, venskabelige Poler.** Om dette blandt Andet ogsaa er Tilfældet med den Staalstribe, som jeg forhen har magnetiseret, ville vi strax søge at erfare paa en meget simpel Maade. Jeg fjender jo saavel den Halvdeel, der er bestrøget med Nordpolen, som den der er bestrøget med Sydpolen. Jeg gjør nu ikke Andet end bringer Staalstriben paa et Underlag af Træ eller

Kork, og lader den saaledes en Tid lang svømme om paa Vand. Endelig staae det lille Skib stille; og nu ville I da see, at den Ende, som er stræget med Sydpolen vender mod Norden og omvendt. Ophængt ved udreiede Silketraade giver den magnetiserede Staalstribe samme Phænomen.

2) **Magneten taber ved en regelmæssig Strygning lidet, ja sandsynligt Intet af sin oprindelige Kraft.** — I kunne derfor ogsaa, naar I besidde en naturlig Magnet, gjøre mange Staalstænger magnetiske, og saaledes forskaffe Eder en meget stærk sammensat Magnet, idet I forbinde dem med hinanden.

3) De vigtige Omstændigheder, som jeg har omtalt under § 1 og 2, lede os uvilkaarligt paa den Tanke, **at Magnetismen findes oprindelig, skjøndt i en bunden Tilstand i Jern og Staal, og at følgelig Magneten ved enhver Magnetisering kun kan ansees som en Vækker af den slumrende Kraft.** — Men da vi nu have lært to magnetiske Kræfter at kjende, saa maae vi ogsaa antage to **magnetiske Flydenheder**, af hvilke da een er fremherskende ved den ene Pol; den anden ved den modsatte. Om isvrigt denne Mening er rigtig, kunne vi maaskee ikke med fuldkommen Visshed erfare; men vi holde dog alligevel fast derpaa, fordi dette gjør os det muligt at forene alle de magnetiske Phænomener under eet Synspunkt. Den tidligere Naturforsker **Aepinus** byldede Hypothesen kun om een magnetisk Flydenhed.

4) **Ligesom de magnetiske Flydenheder ikke gaae over fra en Magnet paa Jernet, saaledes gaaer den ei heller over fra en Molekül i Jernet til en anden.** For at overtyde os herom behøve vi blot, at gjennemskjære en Jerntraad efter sin Midterlinie, medens den endnu staaer i Forbindelse med en Magnet, og vi ville da see, at det Stykke, som bliver bængende ved Magneten, ligesom forhen har enhver magnetisk Egenskab, medens derimod den anden, som er fraskilt, ikke har en eneste af en fuldstændig Magnets Egenskaber. Hvorledes var det vel herefter muligt, at en magnetisk Flydenhed kunde være ophobet i det afskaarne Traadstykke? Forbinde vi med alt dette endnu den Forestilling, **at de magnetiske Flydenheder vel ikke gaae over fra en Molekül til en anden, men at de kunne vorde adskilte i enhver Molekül for sig,** saaledes som den her vedføiede Fig. 196 viser Eder (de ligeartede magnetiske Flydenheder ere i hver Deel vendte mod den samme Side) saa kunde vel alle Modsigelser, hvori Tilsyneladelserne af den magnetiske Fordeling forvikle os, være hævede. Efter denne Anskuelse maatte vi aabenbar dele Molekülerne selv, dersom vi vilde fremstille begge de magnetiske Flydenheder isolerede.

Fig. 196.



5) I vide nu vel hvad en naturlig Magnet er, og hvad I behøve at gjøre for at forskaffe Eder en kunstig; men endnu har jeg ikke gjort Eder opmærksomme paa det Middel, **hvorved I ikke blot kunne vedligeholde Kraften i en Magnet, men ogsaa forstørre den.** Dette skal nu skee. Men for jeg gjør det, maae I mærke Eder, at alle herhen hørende Midler kaldes **Armaturer**; at Kraften af en bevæbnet Magnet i Sammenligning med en ubevæbnet er paafaldende stor, og at et hvert Stykke blødt Jern, som vi bringe i Berøring med en Magnet, for

at holde den virksom, danner en Armatur. Hvor let vi iøvrigt kunne komme til armerede eller bevæbnede Magneter vil strax være Eder klart.

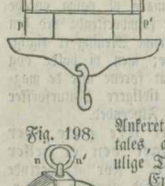
Jeg bevæbner først min naturlige Magnet d. v. s. jeg filer dens Poler jævne, lægger et Stykke blødt Jern tæt til dem, forsyner dette lige under hine med 2 Fødder og beklæder endelig det øvrige Legeme (Magneten) med noget Messingblik. Delene 1 og 1′ (Fig. 197) kaldes **Armaturens Vinger**; p og p′ dens Fødder; de første ere omtrent 1 Linie tykke, og næsten ligesaa brede som Magneten selv: de sidstes Udstrækning afhænger alene af Magnetens Styrke.

Fig. 197.



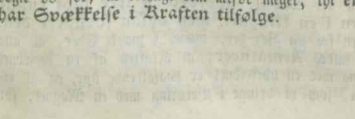
Her har jeg endvidere flere Staalstænger i Hesteskо-Form, de ere alle allerede magnetiserede, og der bliver altsaa blot tilovers for mig at lægge dem paa hinanden, saaledes som den høsfoiede Fig. 198 forlanger d. v. s. paa den Maade, at de fra den midterste Stav af, der udmærker sig ved Længde og Styrke paa begge Sider aftage trappeformig og tillige ret symetrisk. De to Skruer a og a′ maae holde dem fast sammen; jeg vil ophænge dem paa Ringen nn′, og et Stykke blødt Jern pp′ der som J alt vide, sædvanlig kaldes Ankeret, danner Armaturen. Næppe behøves det at omtales, at vi til en saadan bevæbnet Hesteskomagnet behøve et ulige Tal af Staalstænger.

Fig. 198.



Endelig forener jeg endnu disse 12 lige Staalstænger, som ogsaa allerede forhen ere blevne magnetiserede, til et saakaldet **magnetisk Magazin** d. v. s. jeg bringer dem paa hinanden og det exempelvis saaledes, at de danne tre Skifter eller Lag, og deres samtlige Nordpoler ligge paa den ene, men alle deres Sydpoler paa den modsatte Side. Aabenbar maa Tiltrækningskraften allerede derved være forstærket i en betydelig Grad; til mit magnetiske Magazin hører imidlertid paa hver Side endnu et Stykke blødt Jern f (Fig. 199) den egentlige Armatur (Messingbaandene cc have blot den Hensigt at holde Stængerne og Armaturen fast sammen.) Iøvrigt gjør man ogsaa vel i, istedetfor Stykket f at holde Enderne af Stængerne noget fra hinanden ved smaae Parallelpipider, ligeledes af blødt Jern, og som rage noget frem.

Fig. 199.



Ligesom ved de sædvanlige Magneter, maae vi ogsaa ved de bevæbnede vogte os for, at betynge dem altfor meget; thi **enhver Overladning har Svækkelse i Kraften tilfølge.**

§ 4.

Magnetnaalen.

Jeg vender nu atter tilbage til min fritsvævende Magnet. Hvor vigtig en Deel den er af Bousfoler, Skibskompasser, og lignende Instrumenter have I leilighedsvis hørt ved Forsøgene over Polariteten. Imidlertid vide I endnu ikke, hvorledes det forholder sig med dens **Opstilling, Boining mod Horizonten, Afvigelse fra Middags-Linien** og dens øvrige Beskaffenhed. At lære at kjende alt dette er selv for Eder ikke uden Interesse.

Jeg kaldte min Magnetnaal **frit svævende;** men er den vel dette i Ordets fulde Betydning? Ingenlunde; thi Agaten, som bærer den, under dens Midte, foraarsager stedse nogen Rivning paa den fine Stift, som tjener den til Underlag, om den end er nok saa nøie ombyggeligt boret, og forhindrer just derved Naalen i nøie at naae i dens eiendommelige Retning. Ved gode Magnetnaale kommer denne Rivning formedelst Finheden lykkeligvis sletikke i Betragtning. Den bedste Indretning ved Magnetnaalen bestaaer ivrigt deri, at den er ophængt ved en yderst fiin Traad, bedst ved en saadan, som vi afvikle af en Kokon. Luftens ringe Modstand, og en næsten umærkelig Dreiningskraft undtagen, ere ved denne Indretning alle Hindringer for den fri Bevægelse fuldkommen hævede.

Jeg har endvidere sagt om min frit svævende Magnet, **at den indtager Retningen fra Syd mod Nord,** og **at den, bragt ud af denne Retning, vender stedse tilbage i samme.** Ogsaa hermed forholder det sig lidt anderledes. Drager blot paa et Bord en Linie **no,** som ganske nøie viser fra Syd mod Nord (Fig. 200) og undersøger da, om Retningen af Eders Magnetnaal **ab,** falder sammen med hiin Linie! Allerede et overfladisk Blik gjør Eder bekjendte med dens vestlige Afvigelse. Prøve I nu, idet I tage en Transportør til Hjælp, Afvigelsen nærmere, saa ville I finde, at den Vinkel, som Naalen danner med den astronomiske Middagslinie udgjør omtrent 19 Grader. Men denne Afvigelse, der sædvanlig kaldes Deklinationen, er meget forskjællig

Fig. 200.



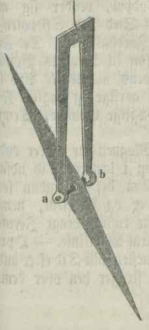
1) **Med Hensyn til Stedet.** — For hermed at komme fuldkommen paa det Rene, maa jeg opfordre Eder til i Tanken at gaae saa langt mod Vesten eller Østen, indtil en Reise om Jorden er fuldendt. Vi ville f. Ex. tage Veien mod Vesten. Da jeg ikke vil angive Eder samtlige Steder, hvor vi finde Magnetnaalens Retning mærkelig forandret, siger jeg Eder blot, at vi i Begyndelsen, idetmindste paa de første 50 til 100 Mile finde Afvigelsen i Begreb med at vore; maa da atter at aftage, sukcessivt, naar nemlig Vinklen har opnaaet en Størrelse af 19 til 20 Grader. Endelig falder for første Gang den magnetiske Meridian sammen med den astronomiske. Men før vi dog have Leilighed til at iagttage dette, maae vi være ankomne til Amerikas Fastland; thi det Strøg, hvorpaa Afvigelsen er Nul, gaaer igjennem den nordlige Halvdeel af hiin Verdensdeel, berører i sydøstlig Retning den mexikanske Havbugt og Brasilien og falder endnu længere nedad i det atlantiske Ocean.

Vi forlade nu ogsaa ~~nu ogsaa~~ dette Strøg og fortsætte vor Reise videre mod Vesten. Paafaldende nok afviger nu Magnetnaalen i østlig Retning, og dette desto mere, jo større Afstanden er mellem os og hiint Strøg. Saaledes komme vi da ogsaa der til en Afvigelses Vinkel af omtrent 19 til 20 Grader (?) Ligesom imidlertid hiin første Vinkel, efterat den havde opnaaet den høieste Grad af vestlig Afvigelse, atter blev mindre, saaledes taber ogsaa denne, naar vi fkride videre frem med vort Instrument, stedse mere af sin Størrelse, og forsvinder endelig aldeles. Det Sidste bemærke vi paa et Strøg, som gaaer næsten parallelt med det første, nemlig midt gjennem Asien og det sydlige Ocean. Uden for dette andet Strøg, indtræder paany den vestlige Afvigelse. Det behøver neppe at antydes, at den Vinkel, hvorved Afvigelsen betegnes, ligeledes gjennem en betydelig Strækning vinder i Størrelse, ja at den selv da er i Begreb med at vore, naar vi forlængst anden Gang have forladt det Sted, hvorfra vi vare udgangne. Havde vi istedetfor at gaae mod Øst eller Vest, indslaaet en Vei mod Nord med en noget vestlig, eller mod Syd med en noget østlig Retning, saa vilde næsten ingen Forandring være indtraadt med Stillingen af vor Magnetnaal. — Men Magnetnaalens Afvigelse er ogsaa forskjællig

2) **Med Hensyn til Tiden.** — Naar vi isvrigt tør troe Jagttagelser over Magnetnaalen, som ere anstillede i tidligere Aarhundreder, saa ere ingenlunde de Steder, hvor nu dette beundringsværdige Instrument viser nøie mod Syd og Nord, stedse vedblevne at være de samme. Hiint første Strøg, som gjennemskjærer den største Deel af Amerika gik f. Kr. i det 17de Aarhundrede gjennem Europa, og har siden den Tid stedse fjærnet sig fra os. Ogsaa denne anden Afvigelse fortjener vor største Opmærksomhed. Deklinationen forandrer sig isvrigt selv ved Aarstidernes Veksel; ja den er endikke ligesaa stor i een Time, som i en anden. Til Jagttagelse af alle disse Forandringer, som snart indtræde tilfældigt og pludseligt, snart regelmæssigt og periodisk, udfordres særdeles nøiagtige Instrumenter, hvis Beskrivelse dog ikke hører herhen. — Imidlertid er det nu vel paatide, at jeg lærer Eder at kjende Magnetnaalen endnu fra en anden Side.

Tænker Eder en smal Staalstribe, som før Magnetismen er fremkaldt i den, svæver fuldkommen horizontal; enddidere at jeg paa dens ene Halvdeel meddeler den nøiagtigt ligesaa mange Strøg som paa den anden; endelig at jeg atter bringer den tilbage paa sit Understøtningspunkt, den fine Stift! og see! nu har den efter sin Magnetisering tabt sin Ligevægt, saa at den nemlig i vore Egne, bøier med sin nordlige Ende langt mere mod Horizonten end med sin sydlige. Vi kalde denne ny Egenskab ved Naalen dens **Boining** eller **Inklination.** Men er det allerede vanskelig at opstille en Magnetnaal, som skal angive Afvigelsen saaledes, at næsten al Rivning forsvinder, saa vil sandsynlig de Hindringer, hvorpaa vi støde ved Brugen af en Boiningsnaal være langt større, ja der vil maaskee gives saadanne, som vi neppe formaae at overvinde. — Og saaledes forholder det sig virkelig. Bedst egnet til at fremstille Magnetnaalens Inklination er maaskee det Apparat, som I see i Fig. 201. Agter herved sær paa den let bevægelige horizontale Axe ab! Ligesom denne paa den ene Side gaaer igjennem en Magnetnaals Tyngdepunkt, saaaer den paa den anden Side i Forbindelse med en Messingramme, som er ophængt ved en Traad, og tilsteder just derved Magnetnaalen at dreie saaledes som en paa den indvirkende Kraft fordrer. Forudsat at vi besad et Apparat som det vi have beskrevet og betragtet (alle her-

Fig. 201.



hen hørende Apparater kaldes **Inklinatorier** eller **Inklinations-Bousseler**) og gik med dette først stedse længere mod Nord, saa vilde vi ogsaa næsten uafbrudt see Boiningen i Begreb med at stige, og snart fatte den Tanke, at der i Nærheden af Polen maatte gives et Punkt, hvor Naalen kom til at staae lodret paa Jord-Overfladen. Hos os udgjør Boiningsvinklen omtrent 69 Grader. For at bringe den til en Størrelse af 80 Grader, maatte vi enten reise til Spidsbergen eller til den sydlige Deel af Hudsonsbugten! Parry iagttog allerede en Boining af 88½ Grad, og befandt sig altsaa ikke langt fra det Punkt, hvor Jordoverfladen blev truffen lodret af Magnetnaalen. Dette Punkt naaede endelig **James Rosf** i Aaret 1831 paa en Reise med sin Onkel Kapitain John Rosf, og det under 70° 5, nordlig Brede og 280° 54′ østlig Længde. Paa Reisen mod Syden ere Forandringerne i Magnetnaalens Boining ulige righoldigere. Gaae vi nemlig denne Vei, saa erfare vi: 1, at Inklinationen i Begyndelsen aftager stedse mere, at der mellem Verdenkredsene findes et Belte, som løber om hele Jorden, hvor Magnetnaalen slet ingen Boinng viser; men sværer noie vandret; 2, at Magnetnaalens sydlige Boining udøver dette Belte, som man kalder den **magnetiske Æquator**, tiltager desto mere i Størrelse jo videre vi forfølge den indslagne Vei; og endelig 4, at der ogsaa paa hiin Halvdeel af Jorden maa være et Punkt, hvor Naalen staaer lodret paa Jorden. Hvorledes vi skulle forklare os alle disse Phænomener vil den følgende Paragraf lære os. Her maae J mærke Eder Følgende:

1) **Den magnetiske Æquator er ingen Kreds, men en Kurve af dobbelt Krumning og mange Boininger; den har endvidere to Gjennemsnitspunkter med Jordens Æquator. Den største sydlige Brede opnaaer den i det atlantiske Hav, omtrent 28° vestlig for Paris.**

2) **Inklinationen forandrer sig ligesom Deklinationen i Tidens Løb; hine to Gjennemsnitspunkterne rykke allerede i nogle Aarhundreder frem fra Vest mod Øst. — Desværre kjende vi endnu ingen tilstrækkelig Grund for alle disse Phænomener, hvorfor de eiheller videre her kunne paagtes.**

§ 5.

Jordklodens Magnetisme.

De Phænomener, som begge Naalene, især Boiningsnaalen, vise, nøde os til at antage, at **hele Jordkloden selv er en vistnok stor, men forholdsmæssig svag Magnet.** Kun under denne Forudsætning, ville alle de Forklaringer, som jeg har at meddele Eder, blive lette for mig. Magnetnaalens Poler vende sig aabenbar hen mod Jordmagnetens venskabelige Poler. Den Pol paa alle smaae Magneter, hvilken vi formedelst dens

Retning mod Norden, ligeledes kalde Nordpol, omendskjøndt den egentlig, som jeg forhen har antydet Eder, borde kaldes Sydpol, vender sig mod Jordmagnetens Nordpol. Ganske det samme finder Sted ved Sypolen af Naalen og alle øvrige Magneter paa den sydlige Jordhalvdeel. De Forandringer, som ere bleven Eder bekjendte, med Hensyn til Naalens Bøining og Afvigelse synes at hidrøre derfra, at Jordklodens magnetiske Axe ikke stedse beholder den samme Retning. Magnetnaalens aarlige og daglige Forandringer tilskrive de Fleste, og visselig ikke uden vægtige Grunde, Temperaturforlingens Indflydelse.

Til de mest slaaende Beviser for Jordens Magnetisme hører endnu den Erfaring, at Jernstænger, ophængte lodret, og i længere Tid udsatte for den frie Luft, blive af sig selv magnetiske. Kan det vel endnu forekomme Eder forunderligt, at alleslags Jernredskaber og Værktøi, nemlig saadanne, som ved Rivning, Stød, Kastning osv. ofte rystes, drage Jernfilspaaner til sig, erholde magnetiske Poler, og en nentral Midtlinie. — Oprettslaaende Jernstænger og Jernkors paa Huse, antage næsten alle Tid efter anden magnetiske Egenskaber, fordi Luften næsten uafbrudt strøger hen over dem.

§. 6.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Hvorledes seer en naturlig Magnet sædvanlig ud? Hvilke mærkværdige Egenskaber lærte I først at kjende ved den? Hvad har jeg meddeelt angaaende den forskjellige Størrelse af den magnetiske Kraft? Nævn og beskriv mig de Metaller, som foruden hint graasorte Mineral tage Deel i de magnetiske Egenskaber! Hvilke Forsøg overbyde Eder om, at Magnetismen ogsaa virker gjennem andre Legemer? Hvorledes lyder Loven for Magnetens tiltrækkende Kraft i ulige Afstande? Nævn den anden mærkværdige Egenskab ved Magneten! Beskriv endvidere mine Experimenter med Hensyn til Magnetens Polaritet. Hvorledes forholder det sig med Magnetens Nordpol, Sydpol, Folgepunkter og den neutrale Midtlinie? Hvad have I hørt om Skibskompasset? Angiv den Lov, som har Forholdet mellem Polerne af to Magneter, hvoraf den ene svæver fritt, til Gjenstand! Beskriv de Forsøg, som jeg har gjort med Svanerne og Fiskene af lakkeret Jernblik. Hvorledes er den magnetiske Heregvinde indrettet? Nævn den tredie Mærkværdighed med Hensyn til Magnetens Tiltrækningskraft! Hvilket Experiment overbyde Eder om Magnetismens Fremkaldelse i Jern og Staal? Hvad gjorde jeg for at forvandle min Staalstrimmel til en Magnet? Paa hvilken Maade udføres Dobbeltstroget. Hvad har jeg meddeelt Eder angaaende Polerne paa en konstig tilberedt Magnet? Hvad angaaende de to magnetiske Flydenheder? Ved hvilke Midler kunne vi ikke blot vedligeholde, men ogsaa betydelig forhøie en Magnets Kraft? Hvorledes bevægede jeg 1, min naturlige Magnet og 2, en konstig Magnet i Hestesko-Form? Hvad forstaae vi ved et magnetisk Magazin? Hvilke Hindringer træde Konstneren imøde, naar han skal opstille Magnetnaalen? Hvorledes lader det sig anstille vise, at den magnetiske Meridian ikke hos os falder sammen med den astronomiske (Middagslinien)? Fremstil endnu engang for mig, hvorledes Magnetnaalens Deklination er forskjellig 1, med Hensyn til Tiden, 2, med

Hensyn til Stedet! Paa hvilken Maade lærte Mennesterne at kjende Magnetnaalens Boining? Hvilket Instrument egner sig maaskee bedst til at fremstille Magnetnaalens Bøining eller Inklination? Hvorledes staaer det sig med denne Egenskab hos Magnetnaalen i de forskjællige Lande paa Jorden? Hvad vide J at sige om den magnetiske Pol, som James Ross har opdaget i Aaret 1831? Hvad endvidere om den anden, som endnu er ubekjendt? Hvorledes forholder det sig med den magnetiske Ækvator? Til hvilken Antagelse nøde begge Magnetnaalenes Phænomener os? Nævn til Slutning endnu nogle herhen hørende Phænomener?

Niende Afsnit.

Elektriciteten.

§. 1.

Forelobige Antydninger af Elektricitetens vigtigste Egenskaber.

Tager jeg en Stang Lak, gnider den paa Ærmet af min Klædes Frakke, og bringer den i Nærheden af smaae Legemer af forskjællig Beskaffenhed, da vil jeg see at Guldflitter, Papirstrimler, Halmstraaer og smaae Sandskorn springe hen derpaa; nogle af disse Smaalegemer blive siddende derpaa, andre derimod vende strax tilbage til deres forrige Sted. Gnider jeg et Glasrør paa et tørt Kattestind, da vil jeg see at Tiltrækning og Wortstødning verle hurtig med hverandre. Neppe har nemlig Guldflitteret, Papirstrimlerne, Sandskornene osv. berørt Røret, saa ile de atter tilbage til deres Sted, og neppe ere de ankomne der, før de ligesaa hurtigt ile hen mod Røret, og saaledes 3die, 4de, 5te Gang osv. Forelobigt ville vi mærke os Følgende:

1) Ikke blot Glas og Lak, men ogsaa alle øvrige Legemer, erholde, naar de saaledes gnides, den forunderlige Kraft at tiltrække og atter frastøde forskjællige Gjenstande. Altsaa ogsaa **Metaller, Vand og Kul?** Ja vel! Hvorfor dog imidlertid disse Legemer, naar vi have behandlet dem gandske efter Forskriften, kun lidet, ja næsten slet ikke yttre denne Kraft, vil den følgende Paragraf lære Eder tilstrækkeligt at kjende.

2) Det som J hidtil have hørt om Tiltrækning og Frastødning var allerede bekjendt 600 Aar f. Kr. Men den Gang gjorde man Experimenterne kun med **Bernsteen** (Rav), en rødgul, mere eller mindre gjennemsigtig Jordharpix, som endnu findes ved Østersøens Kyster. Men da man

ikke i ringeste Maade anede, at her var en Kraft i Virksomhed, hvis Magt viser sig i Tordenen i sin frygtelige Styrke, og hvis Virkninger overalt ere af største Vigtighed, holdt man det neppe Umagen værd, at undersøge hos andre Legemer, om de enten vare begavede med denne Navets Egenskab, eller en anden lignende. Og saaledes blev da Verden i Aartusinder fuldkommen ubekjendt med en af de vigtigste Kræfter i Naturen. Først ved Begyndelsen af det 17de Aarhundrede begyndte aandrige Mænd at hellige de betegnede Gjenstande mere Opmærksomhed, og opdagede nu ikke blot, at meget forskjællige Legemer, saasom Glas, Svovl, Ædelstene o. dl. besidde, naar de gnides, hiin Tiltrækknings- og Frastødningskraft, men ogsaa mange andre, som opvakte deres Beundring i en ligesaa høi Grad.

3) Vi kalde denne nye Kraft **Elektricitet**. Dette Navn er afledet af det græske Ord **Elektron**, som betyder Rav.

Jeg vender nu tilbage til mine Forsøg. — Efterat jeg paany har gnedet Glasrøret stærkt, eller som jeg nu sædvanligt vil udtrykke mig, har fremkaldt Elektriciteten, nærmer jeg det til Panden og prøver derved omhyggeligt, hvilken Følelse det meddeler denne Deel af mit Legeme. Vidste jeg ikke, at det virkeligt kun var det og ikke noget andet Legeme, som indvirkede paa mig, saa kunde jeg vel paastaae, at Nogen havde udbredt en Spindevæv over mit Ansigt. Ogsaa fremstaaer der en eiendommelig Svovl- eller Phosphor-Lugt, der ligesom tyder paa Tilstedeværelsen af Elektricitet. Forat I nu Alle ogsaa kunne erfare paa Eder selv, hvad J nylig have hørt, saa gjentager selv Experimentet med Glasrøret! Men endnu fattes det smukkeste Phænomen. Dersom vi ogsaa ville lære at kjende dette, er jeg nødt til at gjøre vort Kammer mørkt, og at frembringe saa høi Grad Elektricitet i Glasrøret som muligt. Er nu dette skeet, og jeg med en Kno af mine Fingre vil røre snart ved dette, snart ved hiint Punkt af Glasrøret, da vil det sprude vel matte, men dog bemærkelige Funker, som foraarsage en ubetydelig Stikken. Just i disse Funker ligger Elektricitetens vigtigste Egenskab. Have J seet en Elektricermaskine og ogsaa gjort nogle Forsøg dermed, saa ville J vide, at de elektriske Funker udstrømme fra den i en ulige større Mængde, end ved hiint simple Glasrør. Jeg henviser Eder forelsbigt til dette herlige Instrument, men lærer Eder tillige senere at gjentage samtlige de Experimenter med det, som jeg alt har gjort med Glasrøret og Lakket.

Jovrigt maae J ikke troe at vi stedse behøve at gnide to Flader paa hinanden for at fremkalde Elektriciteten; thi foruden dette Middel gives der endnu saamange andre, der kunne hjælpe os til Hensigtens Opnaaelse f. Ex. forskjælligartede Metallers Berøring, Forandring af Tryk, af Temperatur osv.

§. 2.

Ledere og Ikke-Ledere for Elektriciteten.

Vi have seet hvilke Phænomener et Glasrør frembyder, naar vi gnide det; vil jeg derimod gnide et Metalrør paa lignende Maade og venter at see samme Resultat, saa vil jeg blive skuffet; jeg vil nemlig finde Metalrøret overalt uden ringeste Spor af Elektricitet. Saaledes kunde det da synes, at de Gamle havde Ret, naar de erklærede, Metaller, Vand, Kul, det menneskelige Legeme osv. for ustikkede til at blive elektriske ved ved Nin-

ning eller et andet Middel, og som en Følge deraf delede samtlige Legemer i **elektriske** og **uelektriske** eller **idioelektriske** og **anelektriske**. Men det synes kun saa; længere hen skulle vi see, at de havde fuldkommen Uret.

Jeg farer nu fort med Forsøgene. Først vækker jeg endnu engang Elektriciteten i Glasrøret, og berører det derpaa paa flere Punkter af dets Overflade. Og see! overalt bliver jeg stikkende Funker vaer, og overtyder mig saaledes om, at et Rør af Glas kun lader Elektriciteten fare paa de Dele, som berøres umiddelbart. Jeg tager nu en Kage af Harpix, og lægger paa den en rund Skive af Metal. Skiven er alt elektrisk (hvorledes den er blevet det, skulle I lære at kjende i Paragraphen om Elektrophoren). Men i det Øieblik, da jeg berører den, forsvinder strax al Elektricitet. Ja end ikke eet Punkt af dens Overflade beholder denne underfulde Materie. Havde jeg blot gnedet eller revet Glasrøret ved den ene Ende, saa vilde det ogsaa kun der være blevet elektrisk. Aldeles omvendt forholder det sig med en Skive, et Rør osv. af Metal. Mine to Forsøg lære Eder især at der gives Legemer som 1, **mangle Evne til at fastholde Elektriciteten og** 2, **atter andre derimod, som besidde denne Evne; hine kaldes Ledere, disse Ikke-Ledere for Elektriciteten.** Alle Metaller, Vand og Vanddamp, godt udbrændte Kul, mange Dele af dyriske og menneskelige Legemer, Røg, Flamme osv. høre til den første store Klasse, og tilstede altsaa Elektriciteten en fri Gjennemgang; Rav, Harpix, Svovl, Phosphor, Lak, Glas og glaserede Ting, Silke, Uld, Haar, Fjer, tør Luft, tørret Træ, Diamanter, overhovedet samtlige Ædelstene og endnu mange andre Legemer danne den anden store Klasse, der ligesom opholder Elektriciteten i dens Lob.

Jeg vil nu sammenfatte det Vigtigste, af hvad man hidtil har udfundet angaaende Ledere og Ikke-Ledere, i følgende Punkter:

1) **Det er fuldkomment umuligt at drage en skarp Grændse mellem Ledere og Ikke-Ledere; ja det er sandsynligt, at Legemerne med Hensyn til deres elektriske Ledningsevne alene adskille sig ved en større eller mindre Modstand mod Elektricitetens Bevægelse.** Jo svagere denne Modstand er desto bedre Ledere; jo større desto slettere. Absolute Ledere og Ikke-Ledere for Elektriciteten gives der ikke. **Meget gode Ledere** ere: Metaller, Vand, Kul og Graphit; **mindre gode:** Planter og Dyr; **næsten slette eller saakaldte Halvledere:** Træ, Papir, Knogler, Marmor, Alabast osv.

2) **Blandt flere andre Aarsager er det især Varmen, der fremkalder betydelige Forandringer i de faste Legemers Ledningsevne.** Saaledes opholder f. Ex. Glas, Harpix, Voy, Sæbe osv. saalænge de endnu ere faste, Elektriciteten paa sin Fortgang; blive de derimod gjorte flydende, hvilket som bekjendt kun kan bevirkes ved en større eller mindre Varme, indtræde de i Rækken af de bedste Ledere.

3) **Staaer der to Veie aabne for Elektriciteten, hvilket ofte forekommer, saa indslaaer den hver Gang sikkerlig den Vei, som enten frembyder den den bedste eller den korteste Ledning.** Forsøg, som senere skulle blive anstillede, ville bekræfte denne min Paastand for Eder. Det smukkeste Bevis herfor leverer iøvrigt Luftelektriciteten.

4) **Om en Gjenstand, der kun ved Ikke-Ledere er forbunden med den synlige Legemverden, siges vi, at den er isoleret.** — Den sædvanlige Maade at isolere et Legeme paa, bestaaer deri, at vi give det et Underlag af Glas eller Harpix, eller ophænge det i Traade eller Snore af Silke. Det sædvanlige Isoleerinstrument, hvoraf vi senere ofte og paa mange Maader ville betjene os, ligner en lav Skammel uden Rygstød; Sædet derpaa er af tørt Træ, og har et Fernisanstrøg; Fødderne derimod ere tykke og af stærkt Glas. Glas, Schellak, Silke o. dl. ere fortræffelige Isolatorer.

At et Stykke Metal, som staaer i Forbindelse med ledende Legemer, ingensinde selv viser elektriske Virkninger, om det endog bliver gnedet eller slaaet nok saa bakkert; at det endvidere holder meget haardt ved blot Berøring at berøve et Legeme af Glas eller Harpix al den i det fremkaldte Elektricitet; at endelig et elektrisk Forsøg sjældent ret lykkes, naar Luften er meget fugtig, eller den Stue, hvori der bliver experimenteret, er opfyldt med mange Mennesker: angaaende disse og endnu mange andre Phænomener, som I især ville lære at kjende ved Forklaringen af Tordenen, meddeler Legemernes forskjællige Ledningsevne Eder tilstrækkelig Forklaring. Men kunne I vel ogsaa forklare, hvorfor en Korkkugle, som hænger ved en lineD Traad, fastholdes af ethvert elektrisk Legeme, medens den dog, naar den er bunden i en Silketraad, strax efter Berøringen farer tilbage? Og hvorledes ville I føre Bevis for, at tør atmosphærisk Luft hører til Klassen af Ikke-Ledere eller Isolatorer?

§ 3.

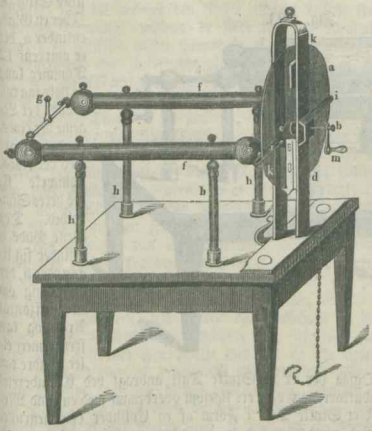
Elektricæermaskinen.

Blandt de talrige Instrumenter, hvoraf vi betjene os ved de elektriske Forsøg, gives der især tre, hvorpaa vi især maae rette vor Opmærksomhed. Jeg mener nemlig **Elektricæermaskinen, Elektrophoren** og den **galvaniske Søile.** I see her (Fig. 202) en Afbildning af **Elektricæermaskinen;** og denne skulle vi da nu nærmere lære at kjende.

Det første vigtige Stykke af en Elektricæermaskine er det Legeme, som skal gnides, her **Glasskiven** a. Det behøver neppe at omtales, at dens Virkning vorer med dens Størrelse, og at det derfor er meget ønskværdigt, at besidde Glasskiver hvis Diameter er idetmindste 20 Tommer. Med Hensyn herpaa og Manges knappe Kaar vil jeg siden med et Par Ord vise Eder, hvorledes I selv kunne forskaffe Eder en Elektricæermaskine for godt Kjøb, ja endog selv forfærdige den. Bestemmelsen af den Axe, som gaaer igjennem Skivens Midte, af Haandgrebet bm ved den ene Ende, som ogsaa af begge Støtterne d, der bære Skiven og saameget Andet, sees tydeligt af Figuren (Hensigten af Aren er nemlig Skivens Omdreining), ogsaa indsee I lettelig, at Aren maa være en god Isolator, dersom den ikke skal bortlede Elektriciteten fra Skiven.

Den anden nødvendige Deel ere de to **Puder** e og e' paa begge Sider af Skiven. Hvor forskjælligt de endog maatte være indrettede, stedse slutte de nøie til hiin første Hoveddeel, for at bevirke en god, vedvarende Rivning og berøre den i en stor Mængde Punkter. Undersøge vi den nøiere, bemærke vi 1, at den bestaaer af en Metalgrundflade, en Mængde Haar og et Overtræk af fiint Læder; 2, at det Sidste, for at bevirke saamegen

Fig. 202.

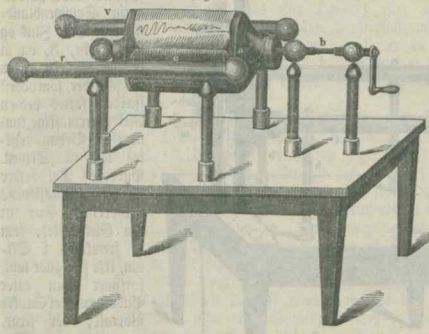


Elektricitet som muligt, i Skiven, er overstrøget med en tør, pulveragtig Sammenblanding af Tin, Zink og Qvægsølv, 3, og at de ved Hjælp af en Metalfjeder, som yderst sjældent fattes ved en Elektriceermaskine, kunne efter Behag trykkes tæt til Skiven. Pudernes Tal retter sig efter Glasskivens Størrelse. For at den Elektricitet, som er fremkaldt i Skiven, ikke skal gaae tabt, forsyner man atter Puderne med et Stykke Vortaft, der strax, naar vi bevæge Maskinen, næsten øieblikkelig lægger sig paa Skiven, og beskytter den for al skadelig Berøring. Hensigten af Metalgrundsladerne vil først senere blive Eder klar.

Som den tredie Hoveddel nævner jeg **de to Metalcylindre f**, hvis gjensidige Forbindelser er iværksat ved g. Deres Navn er **Konduktor og første Leder**. Ligesom Glassøilerne, h, have til Hensigt at isolere dem, saaledes de to Bjælker i, som ved Enden af det horizontale Diameter af Skiven gribe om denne, at tilføre Konduktoren den fremkaldte Elektricitet. Som jeg senere skal anstueliggjøre Eder, ere de to Bjælker i, og det for visse Experimenters Skyld, saaledes indrettede, at de kunne tages bort og atter skrues paa. — Endnu see I en lang **Metalkjæde** at hænge fra Pillerne d til Jorden. Om denne skulle vi senere tale. Endelig maa enhver Elektriceermaskine, som skal virke ret kraftig, være fuldkommen tør; man bør derfor, før man bruger Maskinen, gnide Skiven og samtlige Glasfødder dygtigt med varme uldne Klude.

Her see J (Fig. 203) en anden Elektriceermaskine.

Fig. 203.



Istedetfor den store Stive see J her en Glascylinder a, der er omtrent 12 Tommer lang og halv saa tyk. Baade det Legeme der rives, og det, hvormed det rives, udmærke sig ved deres Simpelhed. Den eneste Pude e befinder sig lige under a, der dreier sig om en horizontal Axe, og kan strues meer eller mindre tæt til Glascylinderen. Ogsaa her er et Stykke Taft anbragt ved Cylinderens øverste Halvdeel. Konduktorerne v og r ere ligesom overdragne med en tynd Metalklædning. Tage J et Stykke Træ i Form af en Cylinder (sammenrullet Pap gjør samme Tjeneste), runde det ved begge Ender, og belægge det overalt med Stanniol (Blade-Tin), saa have J et Legeme, der ligner denne Maskines Konduktorer i alle Stykker. Søilerne, hvorpaa v og r hvile, saavelsom de andre, der understøtte Dreiningsindretningen, bestaae af tørret Træ, og ere overstrøgne med en god Gummilak-Fernis, for at de ret fuldkommen kunne isolere Konduktoren og ikke saa let stulle blive fugtige. Lægger iøvrigt vel Mærke til, at Konduktoren r er forbunden med Puden e, medens Konduktoren v derimod paa den Side, som vender mod Glascylinderen, er besat med Spidser!

Opfinderen af Elektriceermaskinen, dette uundværlige Instrument, er **Otto Guerikke**, som i Midten af det 17de Aarhundrede ogsaa opfandt Luftpumpen. Hans Elektriceermaskine var imidlertid endnu langt simplere, end den jeg nys har beskrevet. Hvo der ret klart kan forestille sig, hvorledes en stor Svovlkugle staaer i Forbindelse med et Trægestell, hvorledes den dreies ved et Haandgreb og tillige bliver revet af Uldlapper, som En holder i Haanden, har et tro Billede af det Instrument, som blev brugt af den berømte Borgermester i Magdeburg, og som er blevet et Urbillede for alle andre Maskiner af lignende Slags.

§ 4.

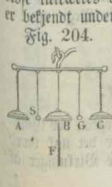
Nogle Forsøg, som ere lette at anstille med Elektriceermaskinen.

Tager jeg et **Bundt Bomuld** og bringer det i Nærheden af Konduktoren, saa vil det i Begyndelsen strække sine samtlige Traade hen

mod Konduktoren; senere flyver det den derimod, men bliver ogsaa strax i samme Øieblik, som det berører den, kastet tilbage; tilsidst frastøde ogsaa Traadene hinanden gjensidig, medens de sidde fast ved Konduktoren. — Tager jeg noget i en Blikskee endnu flammende **Lak** og bringer det i Nærheden af Konduktoren; men flukker det pludselig, naar det er ankommet dertil, da vil jeg see **en Mængde Spidser at danne sig** paa det, medens det endnu ryger. **Kampfer**, behandlet paa samme Maade, giver ulige finere Spidser, og begge Ting vise os saaledes, hvorledes et elektriceret Legeme virker tiltrækkende ogsaa paa slige Ting. — Gyder jeg for det Tredie noget **Spiritus** i en Blikskee, varmer den til en vis Grad ved en Lysflamme, befæster Skeen paa Konduktoren, dreier Maskinen, og holder een af mine Fingre nær over Flydenheden, uden dog at dyppe den deri, saa ville Funker strax fare ud af Skeen og under deres Gjennemgang antænde Spiritussen. Hvo der vil gjøre sig den Fornøielse at antænde Noget, uden at bruge Ild dertil, han stille sig paa en Isoleerstol, gribe med den ene Haand Konduktoren selv eller en fra den udgaaende Kjæde, og nærme derpaa den anden til en Skee med Spiritus, som holdes af en frit paa Gulvet hosstaaende Person. Forudsat, at Maskinen bliver dreiet, ville nu Funker lige omvendt fare ud af Fingrene mod Skeen og frembringe en Flamme. De Phænomener, som Konduktoren frembyder os, gjentage sig med alle Personer, som staae i ledende Forbindelse med den og ikke ogsaa med andre Legemer. For at Sandheden af denne min Paastand ikke skal kunne drages det ringeste i Tvivl, vil jeg bestige Isoleerstolen, omfatte Konduktoren med den ene Haand, og lade Eder berøre mig snart paa den ene, snart paa den anden Deel af mit Legeme; og I ville da see Funken overalt at strømme ud af mig, som om jeg selv var Konduktoren. Jeg kan ogsaa meddele Andre Funker eller smaae Slag; jeg har nemlig blot nødig for at vise Eder dette i en ret fuldkommen Grad, at berøre saadanne Dele af Eders Legeme som ligge blottede, med en Jernstav. — Endelig vil jeg endnu vise Eder tre interessante Konster.

Efterat jeg forendeel har fyldt en Tintallerken med flere Stykker Bladguld, forendeel med nogle Dukker af Papir og Hyldemarv, sætter jeg den paa min Maskines Konduktor, og holder neie over den, i en Afstand af 6 til 8 Tommer, en anden Tallerken af samme Bestaffenhed. Samtlige Blade og Figurer ligge rolige paa deres Sted, indtil jeg begynder at sætte Maskinen i Bevægelse; men naar dette skeer, reise hine Legemer sig iveiret efter hinanden, hoppe til den øverste Tallerken, komme atter tilbage til den underste, stige atter iveiret osv. Vi kalde dette interessante Spog **den elektriske Dukkedands.** Havde jeg istedet for Papirbladene og Dukkerne bragt tørre Sandskorn paa den underste Tallerken, saa vilde I, efterfom disse tiltrækkes og frastødes paa lignende Maade, haft det Phænomen, som er bekjendt under Navn af **elektrisk Regn.** — Eftergjører nu selv alle disse lette Forsøg, forandrer dem noget, og godtgjører tillige med et Par Ord, at I ikke ere ubekjendte med Aarsagerne til den elektriske Dukkedans!

Fig. 204.



Endnu morsommere end Dukkedansen er det **elektriske Cymbel- eller Klokkespil.** I see (Fig. 204) først 3 smaae Klokker paa en smal Strimmel af Messingblik, de mangle alle Knevler, og blot i den midterste befinder der sig en Hage, hvori Et eller Andet kan befæstes. Begge de yderste

Fig. 204.



Klokker ere befæstede til Messingstriben med fine Kjæder, den midterste derimod ved en stærk Silketraad. Endelig befinder der sig mellem hver to Klokker en lille Metalkugle, ligeledes tilknyttet ved Silketraade. Hænger jeg nu Instrumentet paa Konduktoren, befæster til Hagen i den midterste Klokke en lille Kjæde, som naaer til Gulvet, og begynder at sætte Maskinen langsomt i Bevægelse, da ville de smaae Metalkugler allerede efter nogle Omsvingninger fare los paa de ydre Klokker, slaae paa dem, frastødes af dem, komme atter tilbage til dem osv. hvorved I ville fornemme en snurrig Klingklang. Enhver der kjender de elektriske Legemers Tiltrækkings- og Frastødningskraft, ville ogsaa her let kunne finde Forklaringen til Phænomenet. — Kun Noget maa endnu nøiere oplyses. Sæt at den midterste Klokke var, ligesom de to andre, befæstet ved en Metalkjæde, vilde den da ikke ogsaa, naar Maskinen sattes i Bevægelse, vorde elektrisk og søge at drage de smaae Kugler til sig? I indsee nu vel, at det er meget vigtig, at den hænger ved en Silketraad, og at selv den ringeste Grad af Elektricitet, som den senere modtager ved de to imellem de tre Klokker hængende Knevler, strax atter afgives til den ledende Kjæde. Denne Forbindelse med Gulvet er derfor ligeledes en nødvendig Fordring. Kun naar alle de angivne Omstændigheder nøie blive paagtede, kunne vi glæde os ved en næsten uafbrudt Klang.

Endelig tager jeg et lille Metalkar, fylder det med en Blanding af Vandstofgas og atmosphærisk Luft og tilslutter det oventil med en Korkprop. Derpaa lader jeg en elektrisk Funke falde paa den lille Kugle **b** (Fig. 205), som er anbragt ved den underste Deel og ved en Metaltraad forbundet dermed; og see! I det Øieblik da jeg gjør det, høre vi et temmeligt stærkt Knald, og see at Proppen stødes af. Vi kalde dette Apparat **den elektriske Pistol.** Hvo der vil lære at kjende, paa hvilken Maade denne virker, maa erindre: 1, at Metaltraaden rækker langt ind i Karret, og har paa hver Ende en lille Kugle **b**, **b'**; 2, at den med Segllak er indkittet i et Glasrør **t**, **t'** og dette atter i en Aabning paa Sideveggen; og 3, at enhver elektrisk Funke, som blive ledet igjennem Traaden, slaaer fra Kuglen **b'** over paa den modsatte Væg og derved antænder Knaldgassen, ligesom ved mit tidligere Forsøg en anden elektrisk Funke antændte Spiritussen i Blikskeen.

Fig. 205.



Prøver til Slutning selv, om da en Dunfjer, naar den bringes i ledende Forbindelse med Konduktoren, svulmer op; om Haarene paa et Menneske, der staaer paa en Isoleerstol, reise sig; om Røgen af et udblæst Lys deels tiltrækkes, deels frastødes af Konduktoren; om Elektriciteten kan sprede Vandet, som flyder igjennem et snævert Rør, i en fiin Regn osv.!

§. 5.

Elektroskopet eller Elektrometret.

Da vi i mange Tilfælde ikke strax kunne afgjøre, om et Legeme ved Gnidning, eller et andet Middel er blevet elektrisk eller ei, saa er det nok værd at besidde Instrumenter, som aabenbare os selv de svageste Virkninger af

Elektriciteten. De kaldes alle uden Undtagelse snart **Elektroskoper** snart **Elektrometre** d. v. s. **Elektricitetsmaalere.** Paa nogle af disse vil jeg her henvende Eders Opmærksomhed.

Som I erindre bar jeg allerede flere Gange brugt en lille, ved fine Silketraade befæstet Kugle af Hyldemarv; denne dannier ustridigt det simpleste Elektroskop, og kaldes sædvanligt den **elektriske Pendul.** Vil jeg bruge denne, saa hænger jeg den først saaledes op, som I her (Fig. 206) see, og nærmer den til det Legeme, hvis elektriske Tilstand jeg vil lære at kjende. Jo tidligere den tiltrækkes af Legemet, desto større er aabenbar den Elektricitet, som skal undersøges. Tager en linned Traad, og bevnger dens Ender med en lignende Kugle af Kork eller Hyldemarv, og I ere da i Besiddelse af et andet Elektroskop, der ligeledes gjør en ringe Quantitet af Elektricitet bemærkelig for Eder. Kaster det blot naar I bruge det, saaledes over det Legeme, hvis Elektricitet, I skulle prøve, at Kuglerne komme til at ligge nær ved hinanden, og slutter da af den Grad, hvori de sive hinanden, naar de ere blevne elektriske, til Mængden af den dem meddeelte Elektricitet.

Fig. 206.



Endnu følsommere end den elektriske Pendul er den **elektriske Naal.** I see den i hosstaaende Fig. 207. Som I see bestaaer den af en Messingtraad, der ender sig med to smaae Kugler, og i hvis Midte befinder sig en Agat. Begge Kugler ere udhulede for at blive ret lette. Agaten hviler paa en fin Spids, for at allerede en yderst ringe elektrisk Kraft kan sætte Naalen i Bevægelse. Hvorledes I skulle bære Eder ad ved Prøvningen selv behøver ingen Forklaring, da dette tydeligt foreligger Eder.

Fig. 207.



Som et særdeles vigtigt ogsaa herhen hørende Instrument nævner jeg Eder for det Tredie **Henleys Quadrant-Elektrometer.** Fatter nu det hosstaaende Billede (Fig. 208) ret skarpt i Øie. Dets Hoveddele ere: 1, en Halvkreds, der er forfærdiget af Glas eller Elfenbeen, og afdeelt i Grader; 2, en rund Metalsøile, som staae lodret, fastholder hiin Halvkreds, og som kan strues paa Konduktoren og atter tages af; 3, en let bevægelig fordetmeste af Fiskebeen forfærdiget Pendul, som har sit Ophængningspunkt i Midten af hin Søile, og forneden bærer en lille Kugle af Kork eller Hyldemarv. Jo stærkere Ladningen bliver, desto mere stiger naturligviis ogsaa Pendulen ibeiret. Naar den iøvrigt, som vi senere skulle see, bliver staaende ved et vist Punkt, saa giver den os et nyt Bevis for den Paastand, at Legemerne efterhaanden atter tabe den Elektricitet, som vi have meddeelt dem. Ved fugtig Luft er dette Tab meget betydeligt. Vi skulle senere høre noget Mere om Nytten af Henlys's Quadrant-Elektrometer.

Fig. 208.



Endnu vil jeg omtale det meget sindrigt udtænkte **Bennetske Elektrometer.** Det bestaaer af to tynde

Guldstriber (Fig. 209), der ere omtrent 2 Tommer lange, og sædvanligt klistrede med Æggehvide til et kileformig Metalstykke. Det afsluttede Rum, hvori hine Striber hænge, har Vægge af Speilglas, og i Midten af Bunden en Aabning, hvorigjennem en Kasse med nogle Stykker Klorkalcium kan indstødes fra Siden af. Glaspladerne ere lufttæt tilkittede, og ogsaa Skydekassen slutter lufttæt. Klorkalciet, som stedse bliver skaffet ind i det indre Rum, tjener alene til at holde Luften tør i Apparatet. Gradeburne bestemme ogsaa her Elektricitetens Styrke.

Fig. 209.



§ 6.

Elektricitetens to Arter.

Foruden Glasrøret og Lakstangen bruger jeg idag to simple elektriske Penduler, for atter at henvende Eders Opmærksomhed paa noget Nyt. Glasrørets Elektricitet er vakt. Jeg meddeler den nu til den ene Penduls Korkkugler, og Alt, hvad J tidligere have seet, følger ogsaa nu: efterat Pendulen nemlig er bleven elektrisk, styver den Glasrøret paa den meest afgjørende Maade. Ligesaa fjendtlig forholder min anden, med Sgllakkets Elektricitet begavede, Pendul sig til dette Lak. Men hvor ganske anderledes ere ikke derimod Phænomenerne, naar jeg nu lader den Korkkugle, som er mættet med Glasrørets Elektricitet, nærme sig til Lakket; den anden derimod, som jeg har meddeelt denne Masses Elektricitet, til det gnedne Glasrør! Istedetfor som forhen, fjendtlig at skye iler derimod megetmere enhver, saa burtigt den kan, hen mod det Legeme, som befinder sig i dens Nærhed. De elektriske Penduler fare aabenbart under disse Omstændigheder mod hinanden. Gjentager de anstillede Forsøg saa ofte J ville, og J ville stedse paany gjøre den Erfaring, at Virkningerne blive sig lige, saalænge som J bringe Pendulen i Nærheden af det Legeme, hvorfra det har modtaget Elektricteten; men at det Modsatte vil øieblikkelig blive Tilfældet, naar J bærer Eder saaledes ad med Pendulen, som ved mit sidste Forsøg. — Mærker Eder forelobigt Følgende:

1) **Man antager, støttende sig paa de Eder nu bekjendte Phænomener med Hensyn til Tiltrækning og Frastødning, to forskjællige Elektriciteter, som betragtede hver for sig, vise den største Ligbed, men derimod, sammenlignede med hverandre den største Forskjæl.** Du Fay, en fransk Naturforsker, henviste i Aaret 1733 dertil, og kaldte den ene **Glas-** og den anden **Harpixelektricitet.** Først **Franklin,** hin berømte Nordamerikaner, optog atter du Fays fine Undersøgelser, og beviste paa det meest Slaaende Tilstedeværelsen af 2 Elektriciteter, og indførte istedetfor Navnene: Glas- og Harpixelektriciteten, de idetmindste ligesaa gode, omendskjøndt paa ingen

saadanne Kjendsgjerninger beroende Navne: **positiv** og **negativ** Elektricitet +E og —E.

2) **Begge Elektriciteter staae i det særegne Forhold til hverandre, at en Tilføren af den ene Elektricitet bevirker en Formindskelse af den anden.** Hvo der vil lære dette at kjende paa en anskuelig Maade, han gjøre de forhen anstillede Experimenter endnu engang, og undersøge da omhyggeligt, naar den gjensidige Berørelse har fundet Sted, hvorledes det staaer sig med Pendulens elektriske Tilstand. Resultaterne ere simple og lette at beholde. Besidde nemlig Pendulerne lige megen, men forskjællig Elektricitet, da neutraliserer det ene Elektroskop fuldstændigt Virkningerne af det andet d. v. s. Pendulerne vende tilbage i deres forrige uelektriske Tilstand; ere de endvidere begavede med modsat Elektricitet i ulige Grad, saa forsvinder den ringere ganske efter Berøringen, og Overskuddet af den stærkere fordeler sig ligelig paa Pendulerne. Da altsaa begge Arter Elektricitet som modsatte Størrelser ophæve hinanden, saa kaldte Franklin ikke uden Grund den ene positiv, den anden negativ.

3) **Mange ifær i den nyere Tid anstillede Forsøg have lært, at de modsatte Elektriciteter, selv naar de fremkaldes ad de forskjælligste Veie, stedse fremstaae samtidigen. Giver nemlig det gnedne Legeme den positive, saa bemærke vi den negative hos det, hvormed det gnides, og omvendt.** For ogsaa at bekræfte denne Lov ved et Experiment, isolerer jeg først to Skiver af forskjællige Masser f. Gr. en af Glas og en af Træ (den sidste er som enhver Pude paa en Elektricermaskine, overdragen med Læder, og bestreget med noget Almalgam) ved et Glasrør, eller en Stang Segllak, og river dem gjentagne Gange paa hinanden. Den her vedfoiede Fig. 210 anskueliggjør Fig. 210. tilstrækkelig min Fremgangsmaade. Som I see, vise begge



Skiverne, saalænge de endnu berøre hinanden gjensidig, sig fuldkommen uelektriske; men naar vi adstille dem fra hinanden, aabenbarer Glasskiven os straks den positive, Træskiven den negative Elektricitet. Naar I iøvrigt ved alle mine tidligere Forsøg kun have bemærket den ene Slags Elektricitet, saa ligger Aarsagen alene deri, at Rivningstøiet stod i ledende Forbindelse, og at derfor ogsaa dets Elektricitet atter kunde strømme bort i samme Øieblik, da den opstod.

4) **Elektricitetens Arter bestemmes ved Beskaffenheden af det gnedne og gnidende Legeme.** Glat Glas f. Gr. antager, gnedet med uldent Tøi, positiv, med et Katteskind derimod negativ Elektricitet; endvidere bliver Silke negativ eller positiv elektrisk alt efterdi den gnides med Harpix eller glat Glas. For nøie at betegne begge Elektriciteter maae vi altsaa sige +E er den, som frembringes i Glas ved Rivning med Uld eller Silke; derimod —E den anden, som Harpixen antager, naar den gnides med Uld, Silke eller ogsaa med et Katteskind. Dersom I skulde have Lyst til at anstille endnu flere herhen hørende Forsøg, saa mærker Eder blot, at i efterstaaende Række ere Legemerne saaledes opstillede, at ethvert, gnedet med et af de foregaaende Legemer, bliver negativt; med et af de efterfølgende positivt elektrisk: Katteskind, Diamant, Kaninskind, Hareskind, Turmalin, Glas, Uld, Papir, hvid Silke, sort Silke, Segllak, Kolophonium, Rav, Svovl! Denne Anordning er dog ikke fuldkommen faststaaende, den forandrer sig d. v. s. den byder Legemerne at rykke længere op eller ned,

naar en Forandring i deres Overflader indtræder, med Hensyn til Temperatur, Politur o. dl.

5) **For at erfare om et Legeme besidder positiv eller negativ Elektricitet, behove vi blot at see hen til hvilken Virkning det yttrer paa et Elektroskop, som er ladet med en bekjendt Elektricitet.** Lad f. Ex. positiv Elektricitet være meddeelt en Pendul; befindes det nu, at den forstodes af et Legeme, som vi ville prove, saa har dette ligeartet Elektricitet med Pendulen, d. v. s. positiv; — i modsat Tilfælde derimod uligeartet eller negativ Elektricitet.

6) **De vigtigste Love, som have Hensyn paa de modsatte Elektriciteter, lyde saaledes: ligeartede Elektriciteter stode hverandre fra sig, uligeartede drage hverandre til sig; og begge Elektriciteter tilintetgjøre hinanden gjensidigen, naar de ere af lige Styrke.**

Jeg gaaer nu videre med mine Forsøg. — Her staaer to Isoleerstole; jeg bestiger den ene af dem, tager et vet tort Katteskind i min Haand, og slaaer med det paa Klædeme af en anden Person, som har stillet sig paa den anden; naar I nu berøre os snart paa den ene, snart paa den anden Deel af Legemet, vise de Funker, som udspringe af os, at vi begge ere blevne elektriske, og alle Elektrophorer, som I have meddeelt en bekjendt Elektricitet, at min Elektricitet er positiv, den Andens derimod negativ.

Istedetfor som forhen, at lade den Kjæde, som er befæstet ved min Maskines Gnidningsværktøi, hænge ned paa Jorden, bringer jeg den nu i Forbindelse med Konduktoren, og søger paa sædvanlig Maade, at fremkalde Elektricitet i Skiven. Jeg erholder imidlertid yderst liden ja endog slet ingen Elektricitet i Konduktoren. Aarsagen hertil ville I lære at kjende, naar I blot 1, tænker paa Aarsagen til enhver samtidig Fremstaaen af begge Elektriciteter, og 2, paa deres gjensidige Ophævelse. At, naar Gnidningsredskabet er isoleret, Konduktoren vel i Begyndelsen lader Funker udstrømme, senere derimod slet ikke, saa flittig I endog sætte Skiven i Bevægelse, kunne I selv prove paa Maskinen, og derved tillige vel angive, hvilken Aarsag, der ligger til Grund for dette Phænomen!

Lad atter Gnidningsapparatet være sat i ledende Forbindelse med Jorden! Efter at jeg nu har meddeelt Konduktoren en rigelig Gave af positiv Elektricitet, fører jeg en Metalspids alt nærmere og nærmere til den. Uagtet jeg nu med min Metalspids befinder mig en betydelig Strækning fra det elektriske Legeme, bemærke vi dog allerede en lysende Stjerne ved den. Jeg bringer den nærmere, og see! Stjernen tiltager vel ikke i Storrelse; men i indre Kraft, og glæder os i en stedse høiere Grad ved sin Lysstraale. Tilsidst befæster jeg Metalspidsen ved Konduktoren. Medens jeg nu ogsaa i denne Beliggenhed bringer en Leder nærmere til den, see I istedetfor den forrige Stjerne en divergerende, d. v. s. en fra hinanden farende Straalebusk. Jeg gjentager mit Forsøg; men meddeler først Konduktoren negativ Elektricitet. Det Sidste bevirker jeg forendeel ved at tage Konduktorarmene af, forendeel ved en Kjæde, som naaer fra Gnidningsredskabet til Konduktoren; og er det ikke nu beundringsværdigt, at den divergerende Straalebusk, gaaer i Forveien for Stjernen, istedetfor som forhen at følge den efter; et smukkere Bevis for Modsætningen mellem begge Elektriciteter gives der ikke. — Hvorledes det forholder sig med de saakaldte **lichtenbergsche Figurer**, der ligeledes fremstille Forskjellen

mellem den negative og positive Elektricitet paa en anskuelig Maade, kan jeg først senere meddele Eder, nemlig naar Talen bliver om Elektrophorens Brug.

Det elektriske Lys tager sig særdeles smukt ud i et fortyndet Rum. For at overtyde Eder herom behøver jeg et eget Apparat, et saadant omtrent, som I her see (Fig. 211). Det bestaaer af et eliptisk hvælvet Glas.

Fig. 211.



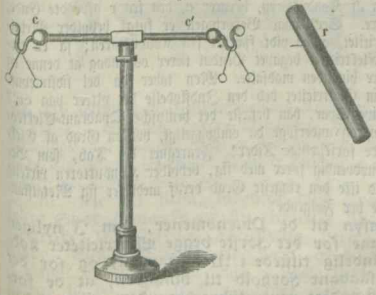
Den ene af de to Metalindfatninger, som ere befæstede ved Enderne, er forsynet med en Hane og kan let skrues paa Tallerkenen af en Luftpumpe; den anden derimod er saaledes indrettet, at vi kunne bringe Knoppen b', som ender en Messingtraad, der gaaer igjennem en Læderbøsning, snart mere snart mindre nær til Knoppen b. Antaget nu at Apparatet er gjort muligst lufttomt, saa behøve vi blot, for at see Elektriciteten strømme over og fylde hele Karret med et livligt Lys, at sætte Maskinens Konduktor i Forbindelse med Messingtraaden. Det beskrevne Instrument tilsteder iøvrigt mange Forandringer: Nærme vi f. Ex. Glaskarret til et ledende Legeme, saa hendrages Lyset henimod denne Side, og bliver her tillige klarere; tillade vi endvidere, at nogen Luft indstrømmer gjennem Hanen, saa danner der sig mellem b og b' Buer af purpurfarvet Lys; lade vi endelig stedse mere Luft træde ind i det indre Rum, saa gaaer det smukke Lys successiv over i en sædvanlig elektrisk Funkes Form.

§ 7.

Den fordeelte Elektricitet.

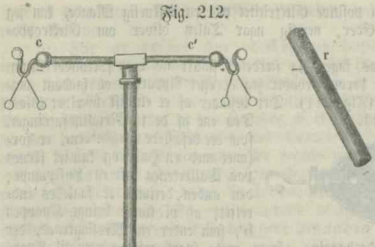
Den vigtigste Deel af det Apparat, som jeg idag vil betjene mig af, for atter at gjøre Eder bekjendte med nye elektriske Phænomener, er Metalstaven cc' (Fig. 212), der hviler horizontal paa en Glasfoile, og som

Fig. 212.



bærer et Par Penduler paa enhver af sine hageformig bøiede Ender. Korkkuglerne ere iøvrigt her knyttede til linnede Traade, for at den ledende Forbindelse mellem dem og Metalstaven ikke skal mangle. Endnu er cc' uden ringeste Spor af Elektricitet. Jeg griber nu Glasfoilen og bærer hele Apparatet hen til Konduktoren r, som er gjort

Fig. 212.



elektrisk; men vogter mig omhyggeligt for, at bringe Apparatet saa nær, at Konduktoren kan meddele det sin Elektricitet. Herpaa vender jeg mit Blik til Elektroskoper; og jeg bemærker da nu, at Korkkuglerne paa ethvert af de to Elektroskoper flye hinanden; at de derimod forblive næsten fuldkommen i Ro paa det tredie, som jeg har ophængt i Nærheden af Glassøilen. Jeg drager nu atter mit Apparat tilbage. Hvad jeg derved tilsigter ligger tydelig for Dagen for Eder; eller er det maaskee ikke paafaldende for Eder, at nu ogsaa Korkkuglerne paa Endeelektroskoperne mangle ethvert Tegn paa Elektricitet? Alle disse Phænomener ere virkelig altfor gaadefulde til at jeg ikke skulde gjøre endnu flere herhen hørende Forsøg. — Saaledes bringer jeg da nu anden Gang mit Instrument i Nærheden af r, og undersøger, medens det befinder sig her, Metalstangens (cc') Elektricitet. Og hvad er nu Resultatet? Saa ofte jeg fuldfører min Prøvningsforretning, stedse bliver jeg vaer, at Stangen cc' viser ved sine Ender modsatte Elektriciteter, og at den Ende, som er bortvendt fra Konduktoren r, altsaa c, har en med den ligeartet Elektricitet; den anden derimod c' en med den uligeartet. Men endnu er jeg ikke færdig med mine Experimenter. Da jeg første Gang havde rykket mit Apparat tilbage fra r, var Metalstangens Elektricitet ganske borte; lader os nu undersøge, hvorledes det staaer dermed, naar jeg, medens jeg dvæler med Apparatet i Nærheden af Konduktoren, berører c, den fra r afvendte Ende, med en af mine Fingre. See! naar Berøringen er fulgt beholder Metalstangen cc' sin Elektricitet, ogsaa vidt fjernet fra Konduktoren; ja en tredie, med en befjendt Elektricitet begavet Pendul lærer os endog at denne og Elektriciteten hos r ere hinanden modsatte. Men taber da det sidstnævnte Legeme Sletintet af sin Elektricitet ved den Indflydelse det yttrer paa cc'? Hvo der herpaa vil give Svar, han besørge det benlysche Quadrant-Elektrometer paa Konduktoren, og undersøge da omhyggeligt, hvilken Grad af Elektricitet det angiver i de forskjællige Tider! Fraregnet det Tab, som Berøringen med Luften nødvendig fører med sig, beholder Konduktoren virkelig al Elektricitet, ja end ikke den ringeste Grad deraf meddeler sig Metalstangen cc'. Vi bemærke her Følgende:

1) **Med Hensyn til de Phænomener, som I nyligen have anskuet, maae for det Første begge Elektriciteter nødvendig være oprindelig tilstede i Metalstangen, og for det Andet staae i et saadant Forhold til hinanden, at de forbinde sig og fuldstændigt neutralisere hinanden, eller at den**

ene ganske ophæver Virkningerne af den anden, og omvendt. — Konduktorens (r) + E drager Metalstangens (cc') — E til sig, og frastøder dens + E. Men derved blive de Elektriciteter hos cc', som indtil den Tid have været forbundne, adskilte; — E ophober sig paa c', den mod Konduktoren r vendte Ende; + E derimod paa c, altsaa den anden fra r vendte Ende. Naar Konduktorens fordelende Indflydelse ophører, forbinde de to Elektriciteter sig atter **fuldstændigt**, og Metalstangen cc' træder tilbage i sin uelektriske Tilstand. Gribe vi Metalstangen, medens den endnu er udsat for Konduktorens fordelende Virkning, saa bliver den frastødte + E fuldkommen afledet, og i cc' bliver blot den af r tiltrukne — E tilbage.

2) **Alt hvad I have iagttaget ved Metalstangen cc' findes mere eller mindre tydeligt ogsaa ved enhver anden Leder, som paa en lignende Maade, nemlig isoleret, bringes i Nærheden af et elektrisk Legeme.**

3) **Som en Følge af ovenstaaende Phænomener antage vi en naturlig elektrisk Tilstand hos samtlige Ledere d. v. s. en saadan, som ingen Virkninger viser, uagtet begge Elektriciteter ere tilstede.** Sædvanlig kaldes den saaledes skjulte Elektricitet den **bundne**, ± E. Forhaabentlig have I imidlertid lært at indsee, at den Gnidning, som hidtil viste sig for os som et Middel til at fremkalde begge Elektriciteter, blot tjener til at adskille dem, og lade os iagttage enhver af dem. Men vide I da nu ogsaa, hvorfor hinanden modsatte Elektriciteter stedse maae fremtræde hos det gnedne og gnidende Legeme?

4) **Et Legeme, der**, som Metalstangen cc' ved mit Apparat, **er blevet elektrisk ved Fordeling, virker fra sin Side igjen fordelende paa et andet, som vi have bragt tilstrækkeligt nær til det; kort saaledes som et flygtigt Blik paa de her vedfoiede Figurer** (Fig. 213, 214, 215 og 216) **kan lære Eder at kjende det.**

Fig. 213. Fig. 214. Fig. 215. Fig. 216.

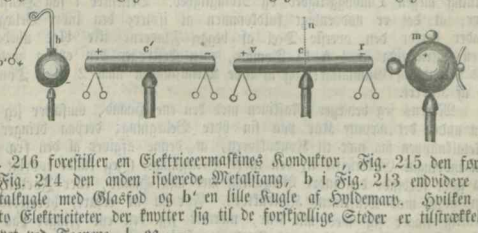


Fig. 216 forestiller en Elektriceermaskines Konduktor, Fig. 215 den første og Fig. 214 den anden isolerede Metalstang, b i Fig. 213 endvidere en Metalkugle med Glasfod og b' en lille Kugle af Hyldemarv. Hvilken af de to Elektriciteter der knytter sig til de forskjellige Steder er tilstrækkelig angivet ved Tegnene + og —.

5) **Hele det Rum, indenfor hvis Grændser et Legeme lader Spor bemærke af sin elektriske Kraft, kalde vi dets elektriske Virkekreds. Forskjællig herfra er dets Slagvidde.** Sidstnævnte betegner intet Andet, end det ulige mindre Rum om et elektrisk Legeme, inden for hvilket en Funke føres imod en Leder, som nærmes til det. En Elektriceermaskines Godhed bestemmes efter dens

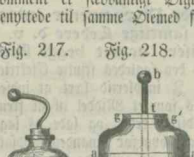
Slagvidde. Jo større den Afstand er, hvori Konduktoren lader sine Funker udstrømme, desto bedre er den ogsaa. Hvad sige I vel dertil, at der gives Maskiner, ved hvilke Funkerne sprudle imod den tilnærmede Leder paa en Afstand af 24 Tommer? En saadan Kjæmpemaskine besidder f. Ex. Naturforskeren **van Marum** i Holland.

§ 8.

Den forstærkede Elektricitet.

Efterat jeg først endnu engang har vist Eder, med hvilken Styrke Funkerne af min Elektricermaskines Konduktor fremspringe, tager jeg dette simple Kar i min Haand, og lader det først nøie betragte af enhver af Eder. Med Hensyn til Størrelsen, Formen og Stoffet ligner det fuldkomment et sædvanligt Olglas. Af to andre Kar, som hyppigt blive benyttede til samme Øiemed finde I her en Tegning vedføiet (Fig. 217 og 218). De vække vor Opmærksomhed ved den sølvfarvede Klædning, der tjener dem til Dække, idetmindste paa den ydre, men ogsaa fordetmeste paa den indre Flade (istedetfor det indre Overtræk folder man dem undertiden med Jernfiilspaaner) og den runde Metalstang, som ender sig oventil i en Knap, gaaer dybt ind i dem, og staaer i en ledende Forbindelse med den indre Belægning. Have I lært den Konst, at overdrage en af Træ eller Pap forfærdiget Konduktor med Stanniol, saa ville I ogsaa kunne belægge et Olglas med en lignende Klædning, uden at det koster Eder nogen Møie. Dog udfordrer denne ellers saa simple Forretning megen Ombyggelighed og Nøiagtighed. Betænker i saa Henseende især, at det er nødvendigt fuldkommen at isolere den indre Belægning (lader derfor den øverste Deel af begge Fladerne ikke blot ubedækket i en Strækning af 1 à 1½ Tomme, men bestryger den endog med en god Fernis af Gummilak!) og at lade Metalstangen naae 2 til 3 Tommer ud af Karret.

Fig. 217. Fig. 218.

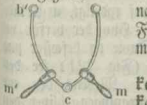


Medens jeg bevæger Maskinen med den ene Haand, omfatter jeg med den anden det nævnte Kar paa sin ydre Belægning; derpaa bringer jeg Metalknappen saa nær til Konduktoren, at denne afgiver al den fra Skiven modtagne Elektricitet til den indre Belægning. (Jeg kunde iøvrigt ligesaa godt forbinde den indre Belægning med min Haand, eller Jorden, og den ydre med Maskinens Konduktor). For nu at erfare, hvorledes det egentlig staaer sig med mit Kar, nærmer jeg den ene Finger paa min anden Haand til Metalstangens Knap, og see! en Funke, ulige kraftigere, end Konduktoren nogensinde har givet eller kan give, farer ud af Karret, og giver mig et meget følsomt Slag. Jeg gjentager Experimentet, men bruger istedetfor hiint Kar denne Glastavle, som I her see afbildet (Fig. 219), der sædvanlig kaldes den **franklinske Glastavle**. Hvorfor man har belagt begge dens Sider med Stanniol, og overstroget Randen med Fernis, vide I vist ligesaa godt, som at jeg, for at fremlokke en lignende

Fig. 219.



Fig. 220.



Funke og lydelig Knittren, maae sætte den ene Belægning f. Ex. den forreste i ledende Forbindelse med Konduktoren, den anden med Jorden og derhos flittigt omdreie Maskinens Skive. Begge Dele ere nu slete. Da jeg befrygter, at Tavlens Udladning, foretaget paa forrige Maade kunde medføre Skade, griber jeg efter et Instrument, hvoraf jeg fra nu af vil betjene mig, som fører Navn af **Udladeren**, og hvis Indretning lader sig let overse. Foruden det isolerende Haandgreb m og m' (Fig. 220) bestaaer det nemlig endnu blot af to nogenlunde stærke, buede Metaltraade bc og b'c, som ende sig i to Messingkugler b og b' og ved c ere forbundne ved en Charnier. Jeg lægger nu den ene Kugle f. Ex. b paa Tavlens forreste Belægning, og har saaledes den Glæde, idet jeg stedse mere nærmer den anden b' til den bageste Side, at see stærke Funker at sprudle frem. — For vi gaae videre maae I mærke Eder Følgende:

1) **Den Elektricitet, hvis strækopvækkende Virkninger I nu to Gange have seet, kaldes den forstærkede, og blev næsten paa een Tid opdaget af Domherren von Kleist i Camin og Cunæus og Muschenbroek i London.** — Da Førstnævnte havde besluttet et elektricere nogle Jernfiilspaaner, kom han disse i et Glasbæger, meddeelte dem ved Hjælp af en Naal, den forunderlige Materie og erholdt, da han tilfældigviis berørte Naalen med den anden Haand, et ubehageligt Slag. Ganske lignende Forsøg og Erfaringer gjorde Cunæus og Muschenbroek nogle Uger senere. At de Funker, som gik over i sidstnævnte Naturforsker, maae have været særdeles kraftige, bevise de beljendte Ord af ham: „Jeg vilde ikke udsætte mig anden Gang derfor, om ogsaa Frankrigs Krone blev mig tilbudet." Man kalder dette Apparat **Forstærkningsflasken** og **Forstærkningsapparatet**.

2) **Af Grunde, som jeg ikke nu kan meddele Eder her, tør vi ikke lade Flasken eller Tavlen altfor stærkt med Elektricitet.** — Værer derfor forsigtige, medens I lade, og tæller flittigt de Funker, som I meddele dem! Kun paa denne Maade lader der sig af eet Forsøg drage en Slutning til det andet. Ville I vide om Instrumentet endnu tør modtage mere Elektricitet, eller ikke, saa seer blot til, hvorledes det staaer sig med Funkerne, som fra Konduktoren springe over deri! Matte Funker ere stedse sikkre Kjendetegn paa at Flasken eller Tavlen er ligesom tilfredsstillet, og vil udlades. Griber derfor, naar I bemærke disse, Udladeren og gaaer frem med denne og Nedskabet paa den ovenfor beskrevne Maade! — Før jeg imidlertid forklarer Eder Aarsagen til dette nye Phænomen, vil jeg experimentere videre.

Da jeg første Gang mættede mit Kar med Elektricitet, bragte jeg med Billie dets Overtræk i ledende Forbindelse med Jorden (af hvilket Middel betjente jeg mig derved?); nu stiller jeg det paa en Glastallerken, for at isolere hiin Deel, og bestræber mig for, ganske som forhen, at lade det med Elektricitet. Følgen svarer imidlertid bestemt ikke til Eders Forventning.

Saa flittig jeg endog har dreiet Skiven, saa blive Funkerne af min Flaske dog særdeles matte, og lære mig, at et Kar af dette Slags, ingen Ladning tillader, naar jeg isolerer dens ydre Belægning. Beholder forelobigt dette Resultat! — Endnu staaer Flasken paa Glastallerkenen, og endnu er endvidere dens indre Belægning nærmet Konduktoren. Jeg vil nu forsøge en tredie Ladning; men ad en ganske eiendommelig Vei; jeg leder nemlig en Kjæde fra det ydre Overtræk hen til Gnidningsapparatet, og bringer Sidstnævnte udaf enhver anden Forbindelse med Ledere for Elektriciteten; og i det Øieblik, da nu den ene Arm af Udladeren berører Metalstangens Knap, medens den anden hviler paa den ydre Belægning, overraskes I ved en Funke, der idetmindste har en ligesaa stor Styrke, som I have seet efter min første Ladning. — Jeg lader Flasken fjerde Gang, og sætter den, efter fuldendt Forretning paa den der isolerende Glastallerken, og berører verelvis snart Knappen, snart den ydre Stanniolkladning. Kun matte Funker godtgjøre under saadanne Omstændigheder dens elektriske Virksomhed. Da vaagtet det, at Elektriciteten er forbudt enhver videre Tiltraeden, en Mængde saadanne Funker strømmer over i min Finger, saa fremlyser jo heraf tydeligt, at Udladningen kan ligesaa godt skee suksessiv som pludselig. Hvo der herfor vil føre et endnu smukkere Bevis, lader den frankliniske Tavle og befæster paa hver Side en let elektrisk Pendul omtrent som I her (Fig. 221) see den (Tavlen er fremstillet i Gjennemsnit). Medens den ene Pendul hænger lige ned og berører Belægningen, bliver den anden bortstødt, eftersom der nemlig paa den modsatte Ende af Tavlen forefindes et Overskud af Elektricitet. Berører vi nu denne Side, saa begiver den første Pendul sig iveiret; men den anden vender tilbage i den lodrette Beliggenhed. I indsee nu vel, at vi ikke behøve at gjøre Videre, for at faae Pendulerne afvexlende til at stige og falde, ved at berøre Tavlen snart paa den ene, snart paa den anden Side. — Jeg vil nu lade Flasken femte Gang; men sporger Eder om, med hvilken Slags Elektricitet jeg skal lade den. Er Svaret med den positive, saa bringer jeg Gnidnings-Apparatet atter i ledende Forbindelse med Jorden, skrider derpaa til Ladningen selv, og sætter tilsidst Flasken paa et den isolerende Underlag. Men istedetfor at lade de matte Funker, som enhver Belægning for sig alene giver, gaae over i min Haand, kalder jeg dem efter hverandre over i denne fra alle Ledere fjernede lille Metalstkive og prøver dens Elektricitet. Og hvad er Resultatet af min Undersøgelse? samtlige Funker, som fremsprudle af Metalstavens Knap, ere positive; alle de øvrige derimod, som den ydre Belægning lader fare, ere negativ elektriske. — Jeg afbryder nu for anden Gang Experimenterne med Forstærkningsflasken, og gjør Eder bekjendte med de Forklaringer, som lærde Folk allerede for længe siden have opstillet over disse Phænomener.

Fig. 221.



Meddeler jeg den indre Belægning et Slags Elektricitet, f. Ex. den positive, saa danner der sig øieblikkelig i Glassets Maase en Virkningskreds, der næsten ligesaa hurtigt naaer den ydre Belægnings bundne Elektriciteter (Tegnene for disse ere + E) og udøver en fordelende Indflydelse paa dem. Paa hvad Maade dette iøvrigt skeer, har jeg allerede forhen gjort Eder tydeligt ved Forsøg. Er nu den ydre Belægning ikke isoleret, saaledes som dette var Tilfældet ved mit første, fjerde og femte Experiment, saa strømmer

dens + E over i Jorden og — E udbreder sig over hele Fladen. Men den sidste Elektricitet virker bindende paa den indre Belægnings + E. Alene herved bliver det muligt ligesom at tvinge den indre Belægning til paany at modtage Elektricitet af Maskinens Konduktor. Saaledes er da nu Aarsagen til at Flasken kan modtage en stor Mængde Elektricitet Eder bekjendt; men endnu vide I ikke, hvorfor Ladningen kun tør forsættes til en vis Grad. Hører da nu! Ligesom den indre Belægnings Elektricitet har sin Virkekreds, saa har den ogsaa sin Slagvidde. Den sidste udvider sig aabenbar med enhver Funke, som strømmer i Flasken, og naaer den ydre Belægning, naar Ladningen forsættes altfor længe. En strækkopvækkende Selvudladning, som sædvanlig er forbunden med Flaskens Sprængning, er ved Indtrædelsen af den sidste Omstændighed Straffen for en saadan Uforsigtighed. I saae endvidere, at Forstærkningsflasken, medens den stod paa Glastallerkenen modtog ualmindelig lidt Elektricitet (andet Forsøg); men at derimod Ladningen senere, naar nemlig Gnidningsapparatet blev sat i ledende Forbindelse med den ydre Belægning, lykkedes fortræffeligt (tredie Forsøg). — Hvorledes lade disse Phænomener sig forklare? Er Flaskens ydre Belægning fuldkommen isoleret, og hænger den altsaa ikke engang ved Kjæden sammen med Gnidningsapparatet, saa kan aabenbar hverken dens + E strømme bort, eller dens — E træde i gjensidig Forbindelse med den indre Belægnings + E. Men ligesom al Pumpning ved et Luftfortyndningsapparat er forgjæves, naar den indre Luft ikke mere kan hæve Klappen, saa vil ogsaa enhver Dreining af Skiven være en unyttig Forretning ved en Elektricearmaskine, hvis Forstærkningsflaske ikke mere binder de modsatte Elektriciteter. — Finder der en ledende Forbindelse Sted mellem Flasken og Gnidningsapparatet (tredie Forsøg) saa strømmer al fra den ydre Belægning fordreven + E til Puderne; men disse meddeler den umiddelbar til Skiven, og middelbar til den indre Belægning af Forstærkningsflasken. Saaledes træde da begge vort Kars Belægninger stedse mere i en sig indbyrdes modsat, elektrisk Tilstand. Ligesaa let og utvungent forklares alle øvrige Phænomener ved Flasken. Stiller jeg den f. Ex., efter at jeg har ladet den, paa en Glastallerken, og nærmer jeg da blot en af mine Fingre til Knappen, saa erholder jeg blot Overskuddet, d. v. s. den frie Elektricitet, af den indre Belægning. Men herved svækker jeg nu Bindingen hos den ydre Belægning saa at ogsaa paa denne Side en lille Funke vil sprudle mig imøde, dersom jeg kommer Siden nær. Men ligesom hiin første Funke virker paa Bindingen af den ydre Belægning, saaledes ogsaa denne omvendt paa Bindingen af den indre, og Knappen viser da paany Elektricitet. **Denne gjensidige Svækning gaaer vel langsomt, men uafbrudt for sig, og ophører først, naar Flasken næsten ganske har tabt Elektriciteten.** — Jeg vender nu tilbage til mine Forsøg.

Hvormange Mennesker, der end ere i en Stue, saa turde de dog alle modtage det elektriske Slag i samme Øieblik. Hertil udfordres nemlig blot, at de stille sig i en Kreds, tage hinanden i Haanden, samt at den ene Flokmand berører den ydre Belægning, den anden Metalknappen. Experimentet lykkes selv da, naar den ene Halvdeel af Menneskemassen staaer paa denne den anden paa hiin Side af en Flod. Man nedrammer da en Pæl i Jorden paa hver Side af Floden, og udspænder mellem dem en Jerntraad, der dog ei maa berøre Vandet; lader alle Personerne paa den ene Flodbredbanne en Række, tage fat paa hverandre, og giver den første af dem Jerntraaden, men den sidste en Sabelklinge, som maa dykke sig i Vandet, i Haan-

den. Ganske paa samme Maade opstiller man nu ogsaa Personerne paa den anden Flodbredde. Have I nu tilsidst sat den ydre Belægning af en stærk ladet Forstærkningsflaske i ledende Forbindelse med Jerntraaden, holder ogsaa den sidste Person af denne Række en Sabelklinge i Haanden, og berører den første Metalknappen efter ovenstaaende Forskrift, saa føler fikkerlig alle Personer paa begge Sider af Floden et elektrisk Slag til samme Tid. Jeg forandrer nu mit Forsøg saaledes, at jeg lader Eder, alene med Undtagelse af begge Floimændene, der paa forrige Maade maae forbinde sig med Flaskens begge Metalbelægninger, berøre hverandre gjensidigen med Fodderne, og dette gjør jeg for at vise Eder, at enhver Mellemperson fornemmer kun Nystningen i Fødderne; men enhver Endeperson baade i Arme og Fødder; kort der hvor Elektriciteten træder ind og ud. Ved det første Forsøg gik den forunderlige Materie fra Haand til Haand, gjennem Armene, og hvis Ladningen var stærk nok, vel ogsaa tværs over Brystet. Jeg afbryder nu Forbindningskjæden paa nogle Steder, og iagttager blot, at I som nu ikke længere staae i nogen umiddelbar Berøring med hverandre, dog ikke staae altfor langt fra hverandre. Berøringen af den ladede Flaske skeer paa sædvanlig Maade, og mærkværdig nok! I bekomme atter uden Undtagelse Slaget; ogsaa have I tydeligt seet, at ved ethvert Mellemrum gik Elektriciteten over i en Funke. Ganske anderledes bliver Udfaldet, naar som ved forrige Forsøg, Mellempersonerne berøre hverandre med Fødderne, og naar disse Legemsdele idetmindste ved den ene Person ere desuden forbundne ved en lang Metalstribe. I saa Tilfælde lader Elektriciteten sædvanlig samtlige Personer, som staae hinsides Metalstrimlen, uantastede, og forfølger hellere den Vei, som er den angivet ved denne Strimmel. — Før jeg anstiller det smukkeste af alle de Experimenter, som Forstærkningsflasken giver Anledning til, maae I besee dette af Pap, smukt udarbeidede lille Huus; men bliver ikke staaende ved de nydelige Taarne og Vinduer, ved Skorstenen og lignende Ting; men undersøger ogsaa, hvilke tilsyneladende fremmede Dele, der ere anbragte ved det! Fortrinlig vigtige ere: 1, Stanniolstkabene paa Husets Grund; — 2, Messingtraaden, som fremrager over Taget, løber nedad bag paa Væggen og ender sig i ringe Afstand fra hiin Elektricitets Leder, i en lille glat Kugle af samme Stof; — 3, de mangeslags antændelige Ting, som Bomuld, Kolophonium osv. hvis Sted falder temmelig nøie sammen med Stanniolstribens og Kuglens Beliggenhed paa Messingtraaden. — Jeg lader nu først min Flaske, derpaa bringer jeg dens ydre Beklædning og Staniolstriben i ledende Forbindelse, tilsidst sætter jeg begge Udladernes Knappe paa de øverste Punkter af Metaltraadene, af hvilke den ene fører i Flasken, den anden i Huset. Og see! Funkerne flaae ned paa Husets Metaltraad, og antænde de brændbare Materialier. Hvo forklarer mig vel dette Phænomen? og er der da ikke Nogen, som veed at angive nogle Forandringer til dette smukke Experiment? Der hvor de antændelige Stoffe laae, var Ledningen afbrudt; her sprang altsaa Funkerne over og frembragde Ilden.

Endelig vil jeg endnu vise Eder en i en Træramme indfattet Glastavle. Den er omtrent en Fod lang, ligesaa bred og deelt i 4 smaa Qvadrater, den første er bestrøet med Kobber-, den anden med Messing-, den tredie med Tin- og den fjerde med Jernspaaner. (Ordenen af disse Spaaner, som ere fastheftede paa Tavlen ved en god Lim, kunde ogsaa være en

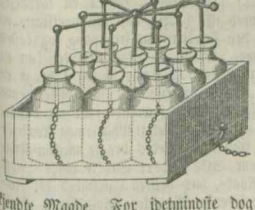
anden.) Jeg bemærker endvidere paa den to Staniolstriber, som løbe hen over Rammen, og temmelig nær til Qvadraterne. Idet jeg nu forbinder den ene af disse Striber med en Leder, den anden med min Maskines Konduktor, springer øieblikkelig en Funke fra Spaan til Spaan, og oplyser hele Tavlen smukt. Vi kalde derfor medrette denne Tavle en **Lyntavle**. En anden Lyntavle har Staniolstykkerne i Zikzal, og angiver derved Funken nøie den Vei, den skal følge. Da Funken hver Gang viser sig der, hvor den elektriske Strøm i en Leder bliver afbrudt, saa kunne vi aabenbar frembringe en brillant Illumination paa forskjællig Maade (saaledes gives der f. Ex. ogsaa Lynsøiler).

b. Det elektriske Batteri.

Jo større den belagte Overflade af en Forstærkningsflaske er, desto mere virke ogsaa Funkerne, som ved Udladningen sprudle en Leder imøde. For Sandheden af denne Paastand tale selv mine egne med Flasker af forskjællig Størrelse anstillede Forsøg; at nu Kraften aabenbar maa blive frygteligere, naar Funkerne fra 2, 3 og flere Flasker, blive ligesom forenede til een Funke, er vel af sig selv tydeligt Men hvorledes tilveiebringe vi en saadan Forbindelse?

Her see I en Kasse med 9 Forstærkningsflasker. Jeg tager først samtlige Flasker ud, blot for at overtyde Eder om, at deres Underlag er belagt med Staniol. I see endvidere en Kjæde vundet om de 9 Metaltraade. Som nu hiint Dække ledende forbinder Flaskernes ydre Beklædning, saaledes forbinder denne Kjæde det Indre af dem. Bringer jeg derfor atter Flaskerne paa det for dem bestemte Sted, og overlader jeg dem Kjæden, saa er det aabenbart ligesaa godt, som om jeg havde kun een Flaske, hvis ledende Overtræk var i Størrelse lig Belægningen af alle Flaskerne. Hvorledes den ledende Forbindelse saavel mellem den ydre som ogsaa mellem den indre Belægning ogsaa kan iværksættes paa en anden Maade viser den hosføiede Figur (Fig. 222) Eder; den behøver neppe nogen Forklaring. Mærker herved: **Enhver Forbindelse af Forstærkningsflasker, som den beskrevne, danner et elektrisk Batteri.**

Fig. 222.



Vil jeg lade mit Batteri, saa bringer jeg den frie Ende af den Kjæde, som omslynger Flaskernes Metalstave i ledende Forbindelse med Konduktoren; men en anden Kjæde, som udgaaer fra Kasséens Metaloverstræk i Forbindelse med Jorden. Ladningen selv tilveiebringer jeg paa den Eder forlængst bekjendte Maade. For ihvemindste dog i nogen Maade at kunne bestemme hvorvidt der er fremskredet med Ladningen, retter jeg mig punktlig efter følgende Forholdsregler: 1, tæller jeg ved ethvert Forsøg, for at jeg kan gøre en Regel for de efterfølgende, Skivens Omdreininger; 2, stiller jeg Qvadrant-Elektrometret paa Konduktoren, og passer vel paa hvilken Grad af Mættelse det successivt angiver mig Lyed Ladningen af et Batteri stiger

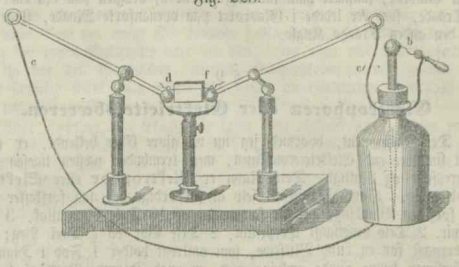
det meget langsommere, end om jeg blot elektriserede Konduktoren, men jeg kan af dets Stand ved mit første Forsøg danne mig en Regel for det andet, tredie osv.); 3, lægger jeg over den Trand, som ledende sammenknytter de indre Belægninger, en Metalstang, der paa sin ene Ende bærer en Kugle af $\frac{1}{4}$ Tommes Diameter, og som paa begge Sider rager idetmindste 2 Tommer udover Batteriet, og prøver nu fra Tid til anden, i hvilken Afstand den knistrende Funke af en af Metalstangens Kugler imodefarer Knappen paa en isoleret Udlader; — endelig 4, hører jeg nøie til, om jeg maaskee kan bemærke en Knittren mellem Flaskerne, og udlader nu øieblikkeligt Batteriet (en saadan Knittren er nemlig et sikkert Kjendetegn enten paa en altfor stærk Ladning, eller paa en bestadiget Flaske.)

Jeg vil nu gjøre 2 Forsøg, som kunne anstilles selv med et lille Batteri. — Her er 2 Striber af ægte Guldpapir, og endvidere 3 noget smallere af Vinduesglas (enhver af de sidste er omtrent 3 Tommer lang og 1 Tomme bred). Efterat jeg nu har lagt disse 5 Ting saaledes paa hinanden, at Guldbladene omgive den midterste Glasstribe, og fremrage noget over dens Kanter, tilleier jeg Batteriet meget rigelig Elektricitet, og leder derpaa de mægtige Funker hen til begge de yderste Striber. Slaget følger, og vi see med Forundring at, 1, begge de yderste Glasstriber gaae itu (undertiden blive de dog ogsaa hele); men at den midterste derimod har paa begge Sider faaet en uudslettelig Metalplet; og at 2, der kun ber og der, med Undtagelse af hiin Metalplet, viser sig noget Spor af Guldbladene. Sidstnævnte ere nemlig smeltede ved den elektriske Funke, og drevne ind i Glassets Overflader. — Lader Batteriet være ladet paany! jeg tager nu disse faae Kortblade, presser dem sammen, lægger dem paa Metalknappen af en Forstærkningsflaske, og bevæger den ene Arm af Udladeren over dem, medens den anden allerede hviler paa et Punkt af den ydre Belægning. Som jeg gjør dette, bane de kraftfulde Funker sig en Vei gjennem samtlige Kortblade, og bevirke et Hul, som bar en til begge Sider opkastet Rand, Noget der sikkert fortjener vor Opmærksomhed.

Endnu blot nogle Exempler paa den store Kraft som Funkerne af store Batteriet besidde! — Forbinder man Kuglerne d og f (Fig. 223)*) ved en Jerntraad, og lader man da Funkerne af et Batteri af 20 til 30 Qvadratfods Belægning gaae igjennem denne, saa ophedes den i en betydelig Grad, eftersom den formedelst sin Tyndhed ikke hurtig nok kan bortstaffe en saa stor Mængde elektrisk Materie; ja den smælter maaskee endog, og kaster sine gloende Draaber ben mod alle Sider. Et svagt Slag bevirker kun en middelmaadig Opvarmning. Havde jeg mellem Kuglerne d og f bragt en smal ogsaa blot 3 til 4 Tommer lang Stribe af Bladtin, saa vilde denne have forflygtiget sig, Dampen ordbert sig, og længe svævende i Luften dannet Traade ikke ulige en Spindelvæv. Et ret eiendommeligt Phænomen frembyde endvidere Silketraade, overspundne med Guld. Ligeledes bragte mellem Kuglerne d og f, og berørte langs den ene Side med et Stykke hvidt Papir vise de os paa den meest overraskende Maade, med hvilken Hurtighed det elektriske Slag forplanter sig gjennem den ledende Materies Molekuler. Gul-

*) Figuren fremstiller den benlyste almindelige Udlader: den ene Kjæde c forbinder den ene Arm med den ydre Belægning; den anden e hænger ved den anden Arm og ender med den isolerede Kugle b.

Fig. 223.



det bliver nemlig forflygtiget og ordnet, Papiret erholder en ledende Stribe af brunn Farve; Silken er imidlertid heel som forhen, som om Intet havde tildraget sig med den. Bedre Ledere ophede sig ved alle disse Forsøg ulige bedre end slettere. For at gjennemslaae en Glasplade, tager man to Knappenaale, vender deres Spidse mod hinanden, befæster dem ved Hjælp af Lor paa begge Siderne af Glaspladen og indeslutter det Hele saaledes i den henlyste Ublader, at Naalenes Hoveder komme i Berøreise med Kuglerne d og f. Der hvor Funken træffer Glasset, lader den ingen Beskadigelse tilbage paa Overfladerne.

2) Fugle, Harer og lignende smaae Dyr dræbes øieblikkelig ved Slaget af et Batteri af middelmaadig Størrelse. Alene paa Larver er dets Indflydelse meget ringe. Fiskraasen udholder endog Slaget af Luftelektriciteten, og kryber undertiden munter op og ned af Træer, der ere trufne af Lynilden. Iøvrigt have vi hidtil ikke kunnet opdage nogen Beskadigelse af Organerne hos de Dyr, hvis Liv er blevet endt ved et elektrisk Slag.

Fig. 224.



3) Den berømte hollandske Physiker van Marum, som jeg forhen har omtalt, tog en 4 Tommer høi, og ligesaa tyk Cylinder af Buxbomtræ, og trykkede Metaltraade ind i dens Axe. Naar han nu lod Funkerne slaae paa disse Traade, altsaa ogsaa gjennem Træets Masse, blev Cylinderen spaltet. Hertil behøvedes, ganske oversladisk regnet, en Kraft af idetmindste 9000 ℔.

4) Naar Funkerne springe over i Luften, udvides denne saa betydeligt, at den vel kan bortkaste en lille Kugle, eller og naar to Traade gaae ind i en Glascylinder og Funkerne slaae over mellem de to Kugler b og b' (Fig. 224), drive en farvet Flydenhed i Sideroret tt', der naturligviis staaer i Forbindelse med Glascylinderen, tveiret. Det hele Apparat, hvorpaa jeg herved støtter mig, fører Navn af **Rinnersleys elektriske Thermometer.** — Jo mere den farvede Flydenhed hæved sig i Sideroret tt', desto kraftigere var naturligviis de Funker, som bevirkede Luftens Udvidelse i Glasset. Som det forholder sig med Luften saaledes ogsaa med Vandet. Ifølge de Forsøg, som man har anstillet herover, sprænges de stærkeste med Vand

fyldte Glasrør, saasnart man lader Funkerne af Kuglen paa den ene af de to Traade, som ere ledede i Glasrøret paa ovenanførte Maade, slaae over paa den anden Traads Kugle.

§ 9.

Elektrophoren eller Elektricitetsbæreren.

Det Instrument, hvormed jeg nu vil gjøre Eder bekjendt, er endnu langt simplere end Elektriceermaskinen, men frembyder næsten ligesaa meget Interessant og Nyttigt. Dets Navn er **Elektrophor** eller **Elektricitetsbærer**. Have I Lyst til selv at forfærdige det, saa forskaffer Eder kun først en Blanding, der er sammensat af 10 Dele Gummilak, 3 Dele Harpix, 2 Dele venetianſk Terpentin, 2 Dele Vox og ½ Deel Beg; sørger dernæst for en rund Blikskive, som omtrent holder 1 Fod i Diameter, og forsyner denne rundt omkring med en opad staaende Rand af 1 til 2 Fjerdedeels Tommes Høide. Kaster nu endvidere samtlige harpixagtige Legemer i en Digel, gjører dem flydende, gyder dem paa Skiven, og bevæger et gloende Pladejern derover snart mod denne, snart mod hiin Side, medens Massen vender tilbage til den faste Tilstand. Er iøvrigt den første Halvdeel af Eders Arbeide lykket saaledes, som en feilfri Elektrophor fordrer, saa ville I see Harpixblandingen, godt forenet med Skiven, som vi fra nu af ville kalde **Formen**, og en jævn, næsten speilglat Overflade, uden Spalter og Blærer. Endelig behøve I endnu en Metalplade, eller istedet derfor, en med Stanniol overdragen, af Træ eller tykt Pap forfærdiget Tallerken. Med Hensyn paa denne anden Hoveddeel af en Elektrophor som kaldes **Dækkel** eller **Overlag**, maae I mærke Eder, at den 1, sat paa Midten af Harpixpladen, maa være temmelig fjærnet fra Formens Rand (dens Diameter maa forholde sig til Formens omtrent som 7 til 8); 2, at den maa være befriet for alle Spidser og skarpe Kanter, der saa let foranledige en Udstrømning af Elektriciteten; og 3, maa for at kunne isoleres, være forsynet med 3 ret rene, fuldkommen tørre Silkesnore, eller, hvad der i ethvert Tilfælde er at foretrække for disse, med et Glashaandtag. **Alexander Volta**, engang en af Elektricitetens største Kjendere, og forhenværende Professor i Physik, i Pavia, opfandt det bestrevne Instrument i Aaret 1775. For at fremvække Elektricitet i en Elektrophor, behøve I blot enten at gnide Harpixpladen med et Katteskind eller at slaae den med en ret tør Ræverhale. Jeg kommer nu til de mangeslags Forsøg og Phænomener, som Elektrophoren forskaffer os.

1ste Forsøg. — Harpixpladen er gjort elektrisk. Jeg sætter altsaa Dækkelen isoleret paa den, og berører den med en Knø af en af mine Fingre. Og see! i det Øieblik, da jeg gjør dette, erholder jeg en Funke, der, saa ringe og uanseelig den end er, dog kan frembringe en stikkende Fornemmelse. Jeg gjentager mit Forsøg, men istedetfor som forhen at lade Funken overstrømme i min Finger, meddeler jeg den til et Elektrometer og prøver den Elektricitet, hvoraf den bestaaer; den er ligeartet med Massens Elektricitet, følgelig lig —E.

2det Forsøg. — Efterat jeg paany har fremkaldt Elektriciteten i Massen, bringer jeg Dækkelen, ligesom ved mit første Forsøg paa sin oprindelige Plads, lader den ligge rolig i nogle Sekunder, og hæver den da

atter iveiret, men uden at have uddraget nogle Funker. Hvorledes staaer det sig nu vel med dens elektriske Tilstand? Hvor god endog den Leder maa være, som ved denne Tid kommer i Nærheden, saa blive vi dog sædvanlig slet ingen Elektricitet vaer ved den. Jeg siger med Villie „sædvanlig" thi har den Ujævnheder, eller er Harpixpladen bleven gneden eller slaaet særdeles stærk, saa yttrer den ogsaa nu Elektricitet, omendog kun i en meget ringe Grad.

3die Forsøg. — Massen er igjen gjort elektrisk og Dækkelen paasat. Mine senere Forretninger bestaaer nu i 1, at lade hine svage Funker (tænker tilbage til mine første Forsøg!) springe over i en Finger; 2, at hæve Dækkelen isoleret iveiret; og 3, at bringe en Leder i dens Nærhed, ganske saaledes, som ved mit første Forsøg. Kun saaledes har jeg den Glæde, at see nogle temmelig stærke Funker at sprudle frem. Men disse Funker indeholde ikke, som hine svagere, negativ, men positiv Elektricitet +E.

4de Forsøg. — Hidtil har jeg stedse alene berørt Dækkelen; ved mit nye Forsøg stemmer jeg, efterat Elektriciteten fjerde Gang er fremkaldet i Harpixpladen, den ene Finger paa Formen, medens en anden berører Elektrophorens Overlag. Og hvad følger nu herpaa? Nu, jeg føler et let, hurtigt overgaaende Slag, som ryster mig noget.

5te Forsøg. — Endelig pidsker jeg endnu engang Harpixpladen med en tør Ræverhale, og bedækker den da saa nøie som muligt med det den tilhørende Overlag. Forudsat at intet Fremmedartet, især ingen Fugtighed indvirker forstyrrende, kunde J den følgende Dag, otte Dage derefter, ja endog, hvis Elektrophoren er meget god, en Maaned derefter komme igjen, og J ville dog stedse endnu finde Massen og Dækkelen elektrisk. Det sidste Phænomen er utvivlsigt det vigtigste af alle, og beretter dette nye Instrument til Navnet **Elektrophor** eller **Elektricitetsbærer.**

Ved alle Experimenter havde jeg Dækkelen saaledes iveiret, at den stedse blev parallel med Harpixpladen. Og kun saaledes bør det stedse skee; thi ved en bøiet Stilling gaaer Elektriciteten over paa den ene Side og strømmer af.

Have J nu tro opfattet Alt, hvad der tidligere er sagt Eder om den fordeelte og bundne Elektricitet, saa kan det ei heller falde Eder vanskeligt at forstaae de følgende, herhen hørende Forklaringer.

Tænker Eder først Harpixpladen endnu engang gjort elektrisk! Naar jeg nu atter bringer Dækkelen paa den, virker denne aabenbar fordelende paa de hidtil forbundne Elektriciteter i denne ledende Masse; +E bliver tiltrukken; —E bliver frastødt. Er det vel endnu skjult for Eder, hvorfor der af Dækkelen, naar den ligger paa Harpixpladen, maa springe en mat Funke imod en Leder, og hvorfor denne maa være —E? Hiint Forhold ophører naturligviis atter, naar jeg hæver Dækkelen iveiret, d. v. s. unddrager den den elektriske Hapixplades Virkningskreds. Ganske vist indsee J nu ogsaa Aarsagerne til det andet og tredie af ovenstaaende Phænomener. Er nemlig Dækkelen, medens den befinder sig paa den elektriske Harpixplade, bleven berøvet den lille Funke, saa maa den aabenbar være positiv elektrisk, naar hiin Binding ophører. Forbliver derimod dens negative Elektricitet i den, saa træder denne til samme Tid tilbage i sit tidligere Forhold, og ligesom meddeler Dækkelen atter den bundne eller naturlige Elektricitet ±E. Ogsaa det fjerde Phænomen er let at forklare.

Ville I vide, paa hvilken Maade det fremstaaer, saa betragter Fig. 225, der viser Eder, hvorledes Elektriciteterne ere fordelte i Elektrophoren!

Fig. 225.



Dækkelens øverste Flade — E
Den nederste, som ligger paa Harpixpladen + E
Harpixpladens øverste Flade — E
Sammes nedre Flade + E
Formens yderste ikke isolerede Flade ± E.

Isolerer jeg Basis, og elektricerer derpaa Harpixpladen, saa bliver den negativ elektrisk, hvilket let lader sig anskueliggjøre ved et Elektroskop, og stemmer saaledes overeens med Elektriciteten i den øverste Dækkeflade. Spørge I mig nu endelig, hvorledes I have at forklare Eder det Phænomen, hvoraf vort Instrument har sit Navn, saa kan jeg blot svare Eder, at det har gjort os bekjendte med en ny Lov for Elektriciteten Meddelelse. Denne lyder saaledes: **mellem to brede Flader, hvoraf den ene er ledende, den anden ikke ledende, finder ingen mærkelig Meddelelse Sted.**

For endnu at vise Eder, hvorledes Elektrophoren i visse Tilfælde kan træde istedetfor en Elektricermaskine, og er, engang gjort elektrisk, en uudtørrelig Kilde for denne vigtige Materie, stiller jeg to Forstærkningsflasker ved Siden af den, og drager med den ene, hvis ydre Belægning staaer i ledende Forbindelse med Formen, Funker af Dækkelen, medens denne ligger paa Harpixpladen; med den anden gjør jeg det Samme, men først naar jeg har draget den ud af hiint Legemes elektriske Virkningskreds. Aabenbar erholder herved den første Flaske negativ den anden positiv Elektricitet. Hvor ringe denne Meddelelse isvrigt er, selv ved en god Elektrophor, kunne I overtyde Eder om, naar I atter udlade begge Flasker paa sædvanlig Maade. — Langt smukkere end dette Forsøg er et andet, som jeg alt tidligere har antydet, og som anskueligt viser Eder en Hovedforskjæl mellem den positive og negative Elektricitet. Jeg lader ogsaa her den ene Flaske med positiv, den anden med negativ Elektricitet. Efterat jeg derpaa har overtydet Eder om, at ingen af de to Elektrophorer, som I ber see for Eder, viser elektriske Virkninger, griber jeg hiin første Flaske paa dens ydre Belægning, og fører dens afrundede Metalknap om paa den ene Harpixplade. Ganske det Samme gjør jeg med den anden Flaske og den anden Elektrophor. Tilsidst tager jeg et let Pulver, som er tilberedet af et ikke ledende Stof f. Ex. af fint stødt Kolophonium og strøer det paa begge Harpixpladerne. De smaae Legemer, hvormed den første Elektrophor er bleven besaaet, danne talrige, ikke ganske lige, fra Midtpunktet mod alle Sider udlobende Straaler, der atter forgrene sig; de andre derimod, som ere komne til at ligge paa den anden Harpixplade med negativ Elektricitet, have mere eller mindre tydeligt forenet sig til concentriske Kredse, straaleløse Ringe eller Bælter. Disse boist interessante Forsøg, der isvrigt tillade mange Forandringer, skylde vi den tydske Lærde, **Lichtenberg**; derfor kaldes ogsaa de bestrevne Figurer de **lichtenbergske Figurer.**

For i nogen Maade at forebygge Massens Itusspringning, der desværre altfor hyppigt indtræffer ved hurtig Veirforandring, eftersom metal- og harpixagtige Masser udvide sig ulige, indeslutter man ikke Kagen i en Form men lægger den feit paa en Metalplade.

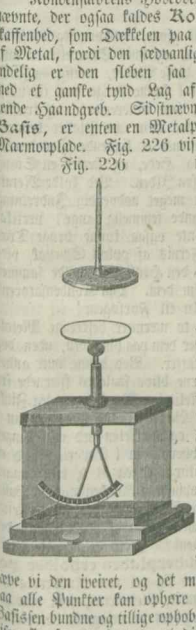
§ 10.

Kondensatoren eller Elektricitetssamleren.

Ligesom Elektrophoren længe opbevarer den Elektricitet, som er bleven fremkaldt i dens Harpixplade, saaledes samler atter et andet Instrument, der meget ligner det forstnævnte, den underfulde Materie og aabenbarer os selv den fineste Grad deraf, der findes snart i dette snart i hint Legeme. Med rette kalde vi derfor dette Instrument **Kondensator** eller **Electricitetssamler**.

Kondensatorens Hoveddele ere **Dækkelen** og **Underlaget**. Forstnævnte, der ogsaa kaldes **Kollektor**, har ialmindelighed ganske samme Beskaffenhed, som Dækkelen paa en Elektrophor; den er endvidere stedse gjort af Metal, fordi den sædvanlig har en Diameter af kun 2 til 4 Tommer; endelig er den sleben saa jævn som muligt, og endvidere overdraget med et ganske tynd Lag af Fernis, og forsynet oventil med et isolerende Haandgreb. Sidstnævnte, som fordetmeste forekommer under Navnet **Basis**, er enten en Metalplade, eller og en ret tør og godt opvarmet Marmorplade. Fig. 226 viser begge Hoveddele; og denne anskueliggjør os tillige, hvorledes Basis kan skrues paa det af mig tidligere beskrevne Guldblad-Elektrometer, eller hvorledes overhovedet Kondensatoren kan sættes i Forbindelse med dette Instrument. Ligheden mellem Kondensatoren paa den ene og den franklinske Tavle eller Forstærkningsflasken paa den anden Side er umiskjendelig. Dækkelen og Underlaget træde ifstedetfor den ydre og indre Belægning; det sørdeles tynde Harpixlag svarer fuldkomment til det isolerende Glas, eftersom det naturligviis ikke leder Elektriciteten. Forskjællen mellem begge Instrumenter ligger især i deres Brug. Ved Elektrophoren fremkalde vi Elektriciteten i Kagen; ved Kondensatoren derimod bringes sædvanlig Basis i Forbindelse med en svag Elektricitetsfilde, medens Dækkelen hviler paa den og ved en af vore Fingre er i ledende Forbindelse med Jorden. Herved bevirkes aabenbar en ringe Fordeling i Dækkelen, men i Basis en Bindning af de modsatte Elektriciteter. Saalænge vi lade Dækkelen forblive paa sit oprindelige Sted, viser Basis ingen Elektricitet; men høve vi den iveiret, og det muligst vertikalt, for at begge Fladers Berøring paa alle Punkter kan ophøre i samme Øieblik, saa bliver den indtil da i Basissen bundne og tillige ophobede Elektricitet fri, gaaer bort i Guldbladene, og viser sig for os derved, at disse afgjort flye eller frastede den. Uden Kondensatoren vare maaskee hine ringe Grader af Elektriciteten for stedse forblevne skjulte for os, som saa mange Mineraler vise ved Tryk (herhen høre, Topas, Flußspath, et Stykke Kalkspath med jævne og parallele Flader osv.)

Fig. 226



ved **Opvarming** (som Exempel kan her især Turmalinen tjene, som ved den ene Ende bliver positiv; men ved den anden negativ elektrisk), eller og ved **gjensidig Berøring** (med Hensyn paa denne yderst vigtige Fremkaldelse af Electriciteten skulle I strax lære at kjende det Nødvendigste). Dette maa nu forelobigt være nok om Kondensatoren, der er opfunden af Italieneren **Volta** og forbedret af **Lichtenberg**.

§ 11.

Den galvaniske Elektricitet eller den saakaldte Galvanisme.

Til de forskjellige Forsøg, som jeg nu vil gjøre, behøver jeg først en Mængde Plader, deels af Zink deels af Kobber, og hvis Størrelse er omtrent som en Sølvrigsdaler. Idetmindste 2 af disse Plader, nemlig en Zink- og en Kobberplade maae endvidere, for at jeg skal kunne bruge dem til visse Experimenter, være forsynede med en lille Seile, som isolerer dem, og træffer Midten af deres Overflader lodret. Seilen paa mine to Plader bestaaer af Segllak. Hvo der vil forsyne sine Plader med et lignende Haandgreb, han kaste dem i Ilden, give dem en ret betydelig Hede, og sætter en Stang Segllak paa dem, strax, naar han fjerne dem fra Ilden. Ved kolde Metalplader lykkes nemlig Tilsmæltningen ikke. En meget nødvendig Indretning er endelig ogsaa Trærunderlaget med sine 3 tynde temmelig lange, vertikal staaende Glasrør. At vi istedetfor Sidstnævnte ogsaa kunne bruge Træstave, som ere blevne overstrøgne med en god Fernis af opløst Schellak, vide I sandsynligviis ligesaagodt, som at disse have den Hensigt at holde sammen paa samtlige Metalplader, som befinde sig mellem dem. Om Kondensatorens Uundværlighed har der forhen været Tale. Nu til Forsøgene!

1ste Forsøg. — Jeg griber først hine to nærmere beskrevne Metalplader, paa deres dem isolerende Søiler, og lægger dem paa hinanden, uden dog at berøre dem selv. Derpaa adskiller jeg dem atter. Ved denne min anden Forretning har jeg især at agte paa, at Pladerne blive saaledes fjærnede fra hinanden, at Overfladerne ikke tabe deres Parallelitet. Nu bringer jeg Zinkpladerne i Forbindelse med min Kondensators Basis (denne staaer endnu i ledende Forbindelse med Guldblad-Elektrometret, og Dækkelen med min Finger altsaa ogsaa med Jorden) og strax derpaa Kobberpladen i Berøring med en fugtig Finger. Forudsat at Luften er meget tør, er en 8 à 10 Ganges Gjentagelse af mit Forsøg tilstrækkeligt til at ophobe i Kondensatorens Basis saamegen Elektricitet, at jeg i Guldbladenes gjensidige Frastøden kan erkjende ikke blot dennes Tilstedeværen ialmindelighed, men ogsaa af hvad Slags den er. — Hvad lære vi nu vel af dette Experiment? Især dette, at **Zinkpladen ber ved sin Berøring med Kobberpladen erholder positiv Elektricitet**. Men hvorledes staaer det sig vel med Kobberpladens Elektricitet? Den besidder i samme Grad negativ Elektricitet, som hin positiv. For anskueligt at bevise dette, behøver jeg blot at bringe Kobberpladen, ligesom forhen Zinkpladen, altsaa 8 a 10 Gange paa den foreskrevne Maade, i Berøring med min Kondensators Basis. Forøvrigt kan jeg ogsaa eftervise den i Zink- og Kobberplader fremkaldte Elektricitet, uden at være i Besiddelse af et Guldblads Elektrometer.

2det Forsøg. — Istedet for de forrige Metalplader tager jeg nu to

andre, dog forskjællige artede, men som ingen Sviler have, i Haanden, lægger Kobberstykket **paa**, Zinkstykket **under** den vaade Tungespids og bringer da de fremragende Dele af Pladerne i ledende Forbindelse, og see! jeg fornemmer derved en syrlig Smag. Gjentager jeg dette simple Experiment, men lader begge Metalpladerne bytte Plads, saa har mærkeligt nok, den forhen syrlige Smag forvandlet sig til en stikkende og brændende.

3die Forsøg. — Jeg befugter nu efter hverandre den ene af Eders indre Øievinkler, og indsætter f. Ex. en af Zink tilberedet Plade; derpaa stemmer jeg denne vel smalle, men lange Kobberstribe, mellem Eders Underlæber og Kjæbebeen; bringer derpaa begge Vinkelstykkerne, ganske, som ved mit andet Forsøg, i gjensidig Berørelse; og da have J et Lysskin for Eders Øine, som meget ligner Gjenskinnet af et fjernt Lyn. Jovrigt viser der sig ogsaa ved dette Phænomen nogen Forskjællighed, naar jeg forbytter Zinkpladen og Metalstriben med hinanden. Trykker jeg endvidere det ene af Metalstykkerne til Tandkjødet paa den høire Side, men det andet til Tandkjødet paa den venstre Side af Munden, saa bemærke J, i samme Øieblik, da de fremragende Dele berøre dem, det samme lynlignende Phænomen.

4de Forsøg. — Her have J et Vinbæger, fyldt med reent Vand, stiller det paa en stor Solvment, og berører da med Eders Tungespids, som forhen den draabebare Flydenhed. Endnu er denne uden ringeste Smag; men naar J nu bringe Eders vaade Hænder paa Sølvstykket og Tungespidsen i Vandet, saa modtage J paany den Eder bekjendte syrlige Smag. — Vistnok kunde jeg endnu anstille mange herhen hørende Forsøg; men jeg vil bryde af her, for strax i muligste Kortbed at meddele Eder Følgende:

1) **Da Aloysius Galvani**, medicinsk Professor i Bologne, en Aften i Aaret 1789 anstillede forskjællige Forsøg i sit Kammer, søede Tilfældet det saaledes, at flere slaate Frøer, der skulde steges til hans syge Kone, befandt sig paa samme Bord som en Electricecermaskine. Uden at have den ringeste Hensigt dermed, tog den ene af hans Hjelpere en fiin Kniv, berørte med Spidsen deraf, Laaret paa en af Frøerne og saae med Forbauselse, at Musklerne trak sig krampagtig sammen. Dette gaadefulde Phænomeen vendte dog ikke tilbage ved enhver Berøring paa den angivne Maade. Endelig opdagede en tredie Person, at Konvulsionerne indtraadte kun da, naar en Funke blev draget af den fjærnstaaende Konduktor, i det Øieblik, da Knivspidsen stod i Forbindelse med Nerverne. For Eder, der ere bekjendte med Lovene for Elektricitetens Fordeling, kan dette Phænomen være saameget mindre paafaldende, som just Amphibierne beholde den Følsomhed, hvorpaa Musklernes trækkende Bevægelser beroer, endog længe efter Døden, ja selv efter enkelte Deles Adstillelse fra Legemet. Men anderledes forholdt det sig med Galvani, og enhver anden Physiker paa den Tid. Han bestræbte sig ivrigt for at lære at kjende Aarsagen til Phænomenet, experimenterede daglig med uovervindelig Taalmodighed, og nød en Dag, da han havde ophængt de præparerede Frølaar ved smaae Kobberbøger paa et Jerngelænder, den Glæde at see de nævnte Legemsdele at komme i Trækninger, naar hine Hager berørte ikke blot Rygmarven, men ogsaa kom i Forbindelse med Jerngelænderet. Just denne eiendommelige Metalpirning er det, som til Vore for sin Opdager har faaet Navn af Galvanismus. Jeg kan her ikke gjøre Eder bekjendte med Galvanismens Historie, jeg vil blot bemærke, at der blandt alle Physikere paa den Tid kun fandtes een, der søgte at tilbagefore dette nye Phænomen til den sædvanlige Elektricitet, og som

det og endelig lykkedes, at iagttage denne beundringsværdige Materie ved to Metallers gjensidige Berøring. Denne Naturforsker var den for Eder allerede to Gange nævnte **Alexander Volta**. Hvorledes han isprigt anstillede sine første vigtige Forsøg kunne I see af vedføiede Figur (Fig. 227). De præparerede Frølaar behøve ingen videre Forklaring; de andre ved z og k betegnede Dele forestille de Buer, som ledende forbinde Nerverne og Musklerne, og som bestaae af forskjellige Metaller, nemlig af Zink z og Kobber k. Begge Metaller maae have en fuldkommen metallisk Overflade, idetmindste paa 2 Steder, nemlig der, hvor de berøre Frølaarene og sig selv. Dette Forseg er vel simpelt nok, men det ledede dog Volta til den vigtige Opdagelse, at den Flydenhed, som virker her, hverken udvikles i Nerverne, eller i Frølaarenes Muskler, men alene ved begge Metallers Berøring, og at den er fuldkommen overeensstemmende med den sædvanlige Elektricitet. Voltas Mening blev endelig almindelig antaget som den rigtige, saameget endog Galvani og hans Tilhængere bekjæmpede den. Det Lyn lignende Phænomen, hvorom det Nødvendigste forekommer ved mit tredie Forsøg, havde allerede en Todster ved Navn **Sulzer** iagttaget i A. 1767. Men man fandt det dengang ingen videre Undersøgelse værd.

Fig. 227.



2) Alle Metaller, ved hvilke de ovenanførte Phænomener fremkaldes, kaldes **den galvaniske Elektricitets Vækkere** eller **Elektromotore**. Zink i Forbindelse med Kobber, Guld eller Sølv gjælde endnu stedse for de bedste Elektromotore. Næst Metallerne er Kuld den virksomste Elektromotor. At Elektricitet ogsaa fremstaaer, naar visse faste og flydende Legemer berøre hinanden, kunne i see paa en Zink- eller Kobberstang, der for en Deel staaer i en Syre; den er nemlig negativ elektrisk paa sin fremragende Ende, hvilket ethvert Elektroskop kan lære. Hvo der imidlertid troer, at nødvendig to Metaller af forskjelligt Slags behøves, for at Elektricitet kan komme tilsyne ved Kontakt eller Berøring, tager mærkeligt feil; den fremkaldes ogsaa ved ligeartede Metaller, vistnok forudsat at de adskille sig fra hinanden i deres Form, Haardhed, Varme eller Politur osv.

3) Erfaring lærer, at saadanne Metalplader, som med Hensyn til deres Slægtskab med Suurstof, staae hverandre fjærnt, danne den stærke elektriske Spænding, og at endvidere de Metalplader, som forbinde sig bedre med Oxygen, ved gjensidig Berøring stedse erholde positiv, de andre og det i samme Grad, negativ Elektricitet. Følgende Elektromotorer ere saaledes ordnede, at enhver af de foregaaende, naar den berører en af de efterfølgende bliver positiv elektrisk, den efterfølgende derimod negativ elektrisk: (+) **Zink, Bly, Tin, Jern, Kobber, Sølv, Guld, Platina, Kuld** (−). Jo videre disse Elektromotorer i denne Række staae fra hinanden, desto stærkere viser ogsaa den elektriske Spænding sig ved dem.

Forbinde I Zinken og Kobberet ved en Traad, eller og ved en anden Leder saa have I den saakaldte **sluttede enkelte voltaske eller galvaniske Kjæde**. Paafaldende nok er det, at en saadan Kjæde ikke ophører med at frembringe Elektricitet. Vi antage desuden ogsaa, at ved hiin Leder, som fører Navn af den **galvaniske Konduktor**, finder en uafbrudt Strømning af begge Elektriciteter Sted. Denne ganske eiendommelige Be-

vægelse kaldes den **galvaniske Strøm**, og Veien, den følger, **den galvaniske Kjædes Kreds.** — Som der ivrigt gives en **sluttet** Kjæde, saa gives der ogsaa en **aaben**. Ved den sidste sættes Elektromotorerne blot i Forbindelse med hverandre ved en eller anden Flydenhed.

5) Den Kraft, som er i Virksomhed ved det her under Omtale værende Phænomen, kaldes den **elektromotoriske Kraft**. Den bar endvidere sit Sæde paa de Steder, hvor Metallerne gjensidigt berøre hinanden, og virker der ogsaa bestandig adskillende paa begge de to Elektriciteter, som bidtil vare forbundne med hinanden. Strømmer f. Ex. Kobberets positive E til Zinkpladen og forener sig med dens + E, saa tager Zinkens — E derimod lige omvendt Veien til Kobberpladen for ligesom at forstærke dens — E. **Vi tale derfor baade om en positiv og en negativ Elektricitets Strøm; hiin tager sin Retning fra det negative til det positive Metal; denne fra det positive til det negative.**

Efterat jeg nu er færdig med de Forklaringer, som mine første Forsøg over Galvanismen eller Kontakt-Elektricieteten have gjort nødvendige, skrider jeg til et nyt Foretagende. Før jeg dog kan begynde det, maae J vide, at jeg dertil bruger ikke blot de Zink- og Kobberplader, som jeg bar, men ogsaa endnu disse Skiver Tøi, der ere gjennemtrukne med en meget fortyndet Syre (Vand blandet med Kogesalt yder ligeledes en god Tjeneste).

Paa mit Træunderlag med dets 3 Glasfødder, et Apparat, som jeg forben bar forevist Eder, lægger jeg nu samtlige Metalplader og Tøistiver (Fig. 228) saaledes 1) at paa en Zinkplade kommer en Kobberplade og omvendt; 2) at hver to og to saadanne Pladepar adskilles fra hverandre ved en Tøistive; og 3) at Endepladerne ere af forskjællig Beskaffenhed d. v. s. at Søilen, naar den begynder med en Kobberplade, slutter med en Zinkplade. Forøvrigt finde J ogsaa den underste og øverste Plade lagt dobbelt. Havde jeg ikke gjort dette, saa vilde det heller ikke have været mig muligt at befæste de nødvendige Metaltraade ved begge Enderne af Søilen. Sidstnævnte lade sig vistnok ogsaa anbringe endnu paa en anden Maade. For dem, der endnu ikke have seet en lignende Opbygning, kan den her vedføiede Figur 128 tjene; J andre agte fremdeles med største Omhyggelighed paa de interessante Forsøg, hvortil den frembyder mig en saa fortræffelig Leilighed.

Fig. 228.



1ste Forsøg. — Jeg holder først den nederste Traad med den venstre, den øverste med den høire Haand, og jeg fornæmmer ikke blot i det Øieblik, da jeg slutter Kjæden, men ogsaa senere, en vedvarende elektrisk Rystning. Et lignende Slag, men dog af ringere Styrke, erholder jeg, naar jeg atter aabner Kjæden. Herpaa gjør jeg begge Hænder baade og gjentager mit Forsøg. Og see! hvad jeg havde ventet, følger; den eiendommelige brændende Rystning gaaer nemlig videre end forben, ja udbreder sig endog næsten til Haandleddet. Tager jeg nu en Sølvnøgle, som jeg forben bar dyppet i en Saltopløsning, i hver Haand, og berører jeg dermed Søilens Traade, saa fremtræder Virkningen endnu i høiere Grad, og forstaaner ikke engang mine Underarme.

Leder jeg Traadene i et Kar med Vand, og lægger jeg da min Haand fladt paa denne Flydenhed, saa fornyer den bekjendte elektriske Følelse sig hos mig, og ryster mig ret belydeligt. — Undersøger nu om I vel 1) ogsaa hos Eder fornemme alt Dette, og 2) og om I kunne bringe Søilen dertil, at den, idet I gribe hinanden med vaade Hænder og danne en Række, kan meddele Eder alle en Rystning i samme Moment! Naturligviis maa begge Fløimændene holde paa Søilens Metaltraade.

2det Forsøg. — Efterat jeg har sat den ene Ende af Søilen (f. Ex. Kobberenden) i ledende Forbindelse med Jorden, viser den anden mig, naar jeg bringer et ret følsomt Elektroskop i dens Nærhed, at den besidder Elektricitet. Ved nøiere Undersøgelse finder jeg at den er positiv elektrisk. Ved Kobberenden vise Kuglerne negativ Elektricitet, naar en Metalplade hænger ned fra Zinkenden til Jorden. Lad det derfor ikke forundre Eder, at **Zinkenden kaldes den positive, Kobberenden den negative Pol!** og betænker derhos ogsaa endvidere, at jeg ved Hjælp af mit nye Instrument, og ret gode Kondensatorer, kunne lade Forstærkningsflasker, tegne Lichtenbergske Figurer, kort frembringe alle Virkninger af den ad Gnidningens Vei frembragte Elektricitet.

3die Forsøg. — Forberedelserne til mit tredie Forsøg ere meget simple; jeg behøver nemlig ikke at gjøre Andet, end at omhylle den ene Ende af Søilens ene Traad med Bladguld. Idet jeg derpaa nærmer denne Traad til Hagerne paa den anden Pol, springer en lille Funke frem, og fortærer Bladguldet, der, hvor den har truffet det. Ved Hjælp af denne Funke lader der sig endnu mange andre Phænomener fremkalde.

4de Forsøg. — Her har jeg to fiint tilspidsede Stykker Kuld, det Første, som jeg foretager mig med dem, er, at jeg befæster dem ved Søilens Ledningstraade; herpaa nærmer jeg dem til hverandre, saa at de næsten umiddelbart berøre hinanden; som I nu see, viser der sig et smukt Lys paa begge Kuldspidserne, ja det er saa overordentlig glindsende, som I maaskee ingensinde forhen erholdt det. Tilsidst bringer jeg Kuldstykkerne til Overfladen af en brændbar Flydenhed, f. Ex. Vinaand, som staaer i et Kar for Eder; og I blive da strax vaer, at Vinaanden antænder sig og forvandles til en smuk Flamme. Da **Davy**, en høist berømt engelsk Physiker, havde bragt Kuldstykker af 1 Tommes Længde og $1\frac{1}{2}$ Tommes Tykkelse i Nærheden af hinanden paa $\frac{1}{10}$ Tommes Afstand, viste der sig livlige Funker forhen, og mere end det Halve af dem, bleve øieblikkelig hvidglødende. Særdeles pragtfuld var ogsaa senere den Lysstrøm, som kom tilsyne mellem begge Kuldspidserne, da de endnu havde en gjensidig Afstand af 4 Tommer. Ethvert Legeme som bragtes deri blev stærkt ophedet. Platina f. Ex. smeltede som Vox; ogsaa Ovarz, Guld, Saphir og andre Stene bleve flydende. Diamant, Guldstykker og Blyant forsvandt øieblikkeligen, og syntes at have forflygtiget sig i den stærke Ild, uden forhen at være smeltede. Selv ved ulige svagere Søiler end dem **Davy** besad, kan en Platintraad af 20 Tommers Længde og $\frac{1}{20}$ Tommers Tykkelse, blev gjort saa lys hvidglødende, at Øiet næsten ikke formaaer at taale Glandsen, og saa at Metallet efter faa Sekunder nedfalder draabeviis.

5te Forsøg. — I see her 1) et Glas; 2) to Platintraadte, f og f' (Fig. 229), som gaae ned til Bunden af Glasset, ere temmelig tynde, og til-

Fig. 229.



spidsede paa deres indre Ender og desuden kun fjærnede nogle Linier fra hinanden; 3) to Rør ligeledes af Glas, o g h, hvilke jeg, ligesaavel som Bægeret har fyldt med destilleret Vand og derpaa stillet dem omvendte i det større Kar saaledes, at der over begge Traadene f f' befinder sig et Glasrør. Naar jeg nu ledende forbinder den underste Metalstav af min gaadefulde Søile, med den ene den øverste med den anden Traad, saa udvikler der sig bestandig Glasblærer, som ophobe sig i Glasklokken til en stedse større Luftmængde. Glasblærerne i o, som fører hen til Zinksøilen ere reent Suurstof; men de i h, som føre hen til Kobbersøilen, reent Vandstofgas. Hvor skjønt er ikke dette Forsøg! viser det Eder ikke paa den meest slaaende Maade Vandets Opløselighed. Gasdannelsen vilde iøvrigt have fulgt endnu livligere, dersom jeg havde opløst nogle Korn Salt i Vandet, eller blandet denne Flydenhed med nogle Draaber af en Syre. Men paa hvilken Maade jeg endog vil anstille dette Forsøg, stedse forholder det udviklede Suurstof, med Hensyn til Volumenet sig til Vandstoffet, som 1 til 2. Kort begge Gasserne ville adstille sig saaledes, som de ogsaa atter forbinde sig til Vand. Bestaae Traadene f og f' ikke af Platina eller Guld, men af Sølv, eller maaskee endog et af uædelt Metal, saa lykkes Experimentet næppe halvt; vi see nemlig da ved den nedre Ende af den Stav, som fører hen til Søilens Zinkpol, istedetfor Suurstofgasset kun en Metalkalk. — Det er nu vel imidlertid paa Tiden at jeg lader følge nogle Forklaringer af mine smukke Forsøg. Saa hører da nu!

1) Det nye Instrument fører til Ære for dets Opfinder, **Volta**, Navn af den **voltaske Søile**, men kaldes ogsaa undertiden **galvanisk Batteri**, fordi det meget forstærker den galvaniske Elektricitet. Ethvert af dets mange Pladepar, danner et **Led** eller **Element**. Angaaende Benævnelserne **Zink-** eller **Kobber-Pol, positiv og negativ Pol**, har jeg allerede leilighedsviis meddeelt Eder det Nødvendige ved mit andet Experiment.

2) Godheden af en voltask Søile, især en saadan, som jeg har opbygget for Eder, beroer især paa den Flydenhed, hvori Linned-, Filt- eller Papskiverne ere dyppede. En Opløsning af Kogesalt i Eddike er især at anbefale. Men næst Flydenheden er ogsaa **Antallet** og **Størrelsen** af Metalpladerne af særdeles Indflydelse. Nogle Phænomener f. Ex. Nystninger, Søilens Virkning paa Elektroskopet, tiltage med Tallet, andre derimod med Størrelsen af Metalpladerne. Af Pladernes Størrelse, synes Elektricitetens Mængde, af deres Antal dens Styrke at afhænge.

3) Enhver af de enkelte Kjæder hvoraf Søilen bestaaer, blive, som vi bel tør antage, *) sat i elektrisk Bevægelse, ved Flydenhedens chemiske Indvirkning. Een Deel af begge Elektricieterne forbinder sig øieblikkelig atter, en anden derimod, hvorpaa J især have at agte, bliver fri. 1) Zinkpladens positive Elektricitet gaaer nu gjennem Flydenheden til den negative hos Kobberpladen af det foregaaende Par, og neutraliserer den; 2) lige-

*) Alt hvad jeg her meddeler Eder er naturligviis kun en Hypothese, men dog en saadan, som nærsten har erhvert at være en Hypothes, eftersom alle Phænomener, saa let lade sig tilbageføre til den. Den hidrører fra de la Rive.

ledes gaaer Kobberpladens negative Elektricitet gjennem Flydenheden til den positive Elektricitet i Zinkpladen i Spilens næstfølgende Element, og udover der en lignende Indflydelse. Men saaledes bliver der da fri positive Elektricitet i det foregaaende, og fri negative Elektricitet i det efterfølgende Pladepar. Uden endnu videre at have beskrevet Eder, hvad der foregaaer, indsee I vist, at fra Midten af Spilen, forudsat at den er isoleret, **tiltager den fri positive Elektricitet med Zinkpolen, den negative derimod mod Kobberpolen i arithmetisk Progression.** Anderledes forholder det sig aabenbart med Spilen, naar dens ene Pol staaer i ledende Forbindelse med Jorden; i saa Fald viser denne Pol nemlig ingen Elektricitet; men den anden besidder den i dobbelt Styrke, da den stedse har været i Tiltagen gjennem hele Spilen. Spilen lader sig iøvrigt af sig selv efter ethvert fremkaldt Slag.

4) Ikke blot Vand, men ogsaa Oxyder, Salte, ja selv Alkalier, hvilke man næsten lige til den nyeste Tid har holdt for enkelte Stoffe, adskilles ved det voltaiske Batteri. Jeg vil her indskrænke mig til et Forsøg, som synligt viser os Saltets Adskillelse. Jeg fylder da først dette Rør, som ligner et V (Fig. 230) med en blaafarvet Saltopløsning, og dykker derpaa,

Fig. 230.



paa den ene Side af Røret den positive, og paa den anden Side den negative Poltraad af min Spile i den nævnte Flydenheb. I det Øieblik, da jeg nu gjør dette, farver Saltopløsningen ved den positive Pol sig rød, ved den negative derimod grøn. Ombytter jeg Poltraadene, saa bemærker vi dobbelt Virkning: 1, den oprindelige blaae Farve indfinder sig igjen; 2, den røde viser sig strax efter der, hvor tidligere, nemlig for Traadens Ombytning, den grønne befandt sig og omvendt; 5, den smukkeste Anvendelse af Kjædens kemiske Virksomhed er **Galvanoplastikken.** For jeg imidlertid kan meddele Eder det Nødvendigste herom, maae I idetmindste være bekjendte med nogle andre Former af den galvaniske Kjæde. Lægger da Mærke til Følgende:

Den Spile, som jeg har opbygget for Eder, lider af flere Mangler. Affect fra, at de nederste fugtige Skiver, let, idet de sammentrykkes stærkt af de øverste, blive tørre (sædvanligen rinder ogsaa Flydenheden nedad og ved Siden af Spilen) belægge Zink- og Kobberpladerne sig der, hvor de fugtige Ledere berøre dem, rigeligt med en Rand af Salt og Metalkalk, og nøde os derfor til først at underkaste den en Rensning, dersom den skulle give nye Virkninger. For denne Mangel ere de saakaldte **konstante** eller **uforanderlige Batterier** frie. Her maa det være tilstrækkeligt at gjøre opmærksom paa eet af dem, nemlig paa **Bunsens Zink-Kul-Batteri.** Som Opfinder af de konstante Batterier nævnes iøvrigt en vis **Becquerel.**

Fig. 231.

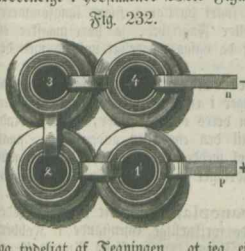


Hosstaaende Figur 231 kan tjene til at give Eder nærmere Kjendskab til det bunsenske Batteri, som med meget ringe Omkostninger (da nemlig her det ellers brugelige dyre Platin erstattes ved det billige Kul) frembringer ualmindelige stærke Virkninger. — Hovedkarret bestaaer af Glas. Deri har man bragt en Kulcylinder, som er huul, aaben for-

neden, har en Høide af 5 til 6 Tommer, er halv saa bred og har meget tynde Vægge. Som I endvidere see af Tegningen, bliver Glaskarret snævrere oventil, saaledes at der mellem det og Kulcylinderen intet mærkeligt Rum blive frit. Netop denne Omstændighed betinger Kulcylinderens faste Stand i Glasset. Den tredie Hoveddeel er en huul, forneden tilsluttet Cylinder af porøst Leer, som paa en Høide af 4 til 5 Tommer har en saadan Diameter, at der, naar den sættes i Kulcylinderen, ogsaa mellem disse Cylindere kun bliver et ganske lille uopfuldt Rum. Med Hensyn paa Kulcylinderen have I endnu vel at mærke, at den øverste af Glasset fremragende Ende er afdreiet lidt kegleformig, hvorved det bliver muligt for os derpaa at fastsætte en ligeledes konisk, men af Zink tilberedet Ring, a. Sidstnævnte bærer, som Figuren viser, ved Hjælp af en Bøile b af samme Metal, en huul Zinkcylinder c, hvis Høide er omtrent 3 a 4 og hvis Diameter er omtrent 2 Tommer, og som, hvilket I især have at lægge Mærke til, hænger i det følgende Glasses Leercelle. Enhver Celle i det bunsenske Batterie fyldes iøvrigt med fortyndet Svovlsyre; men hvert Glas, og navnlig dette ved den indsatte Leercylinder, indtil den snævre Hals med koncentreret Salpetersyre.

Da jeg befrygter, at det endnu ikke er blevet Eder ret klart, hvorledes Zink-Kul-Parrene hænge sammen med hverandre, saa har jeg anseet det for nødvendigt i hosstaaende 232te Figur at fremstille 4 saadanne Par i deres Grundrids. Samtlige Kulcylindre ere antydede ved fine vandrette Streger. Af de to hvide Ringe, som I see inden i enhver Kulcylinder, forestiller den indre Zink, den ydre derimod den ogsaa ovenfra seete Leercylinder. Hvorledes endelig det første Glasses Zinkcylinder er ved en Bøile forbunden med den Zinkring, som omfatter det andet Glasses Kulcylinder; hvorledes paa samme Maade en Zinkbøile forbinder det andet Glasses Zinkcylinder med det tredie Glasses Zinkring osv. kunne I see saa tydeligt af Tegningen, at jeg ei behøver at sige noget derom. Zinkstriben p, hvori den Ring ender sig, som sidder paa den første Kulcylinder, tjener som Batteriets positive Pol; Zinkstriben n derimod, hvori Zinkcylinderen i 4de Glas løber ud, som dets negative Pol.

Fig. 232.



Alle de galvaniske Batterier, som I hidtil have lært at kjende, kaldes **vaade** Søiler eller Batterier, fordi en Flydenbed bringes i Anvendelse ved dem; modsatte dem ere de **tørre** Søiler. Sidstnævnte bestidde, ganske saaledes som forstnævnte, Elektromotore af metalliske Substanser; men Lederen, som her skiller hver to Par fra hinanden, er ingen Flydenbed, men et snart fuldkommen tørt, snart med en ringe Fugtighed begavet fast Legeme. Maaskee virker ingen tør Søile bedre, end den som er foreslaaet og gjentagne Gange opbygget af **Zamboni**, Professor i Physik i Verona. Den bestaaer 1) af 2 til 4 Tusinde Papirskiver af $1\frac{1}{2}$ til 2 Tommers Gjennemsnit; 2) enhver af disse Skiver er paa den ene Side forgyldt eller forsølvet (fordetmeste har man ved Hjælp af Gummi eller Stivelse paaklæbet ægte Sølvpapir) paa den anden derimod forsynet eller belagt med fiint pulveriseret Bernsteen, som man har indgnedet ved Hjælp af en Korktold;

3) de samme Metalflader i Spilen ligge henimod den samme Egn; endelig 4) endelig ere stærke Metalplader, og overhovedet godt passende Midler tilstede ved begge Ender af denne eiendommelige Opbygning, for at kunne bevirke en fuldstændig gjensidig Berøring af Papirstriverne. Hvilken tør Spile vi endog ville oprette, stedse ville vi naae til det Resultat, at den, ligesom en voltaisk Spile, **lader sig af sig selv, virker meget svagt, ja næsten slet ikke i kemisk, derimod meget stærkt i mekanisk Henseende**, selv om endog Pladeparrene blot udgjøre 5 a 6 Hundrede.

Til de vigtigste Anvendelser, som man hidtil har gjort af de tørre Spiler, høre:

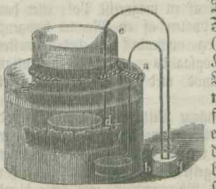
a) **Et Slags perpetuum mobile.** — Sæt I havde to zamboniske Spiler, hvoraf enhver havde idetmindste 2000 Skivepar, og vare stillede saaledes ved Siden af hinanden, at deres underste Poler vare uligebenævnte og ledende forbundne ved en Metalstribe, maatte da ikke en ganske let Metalnaal, ophængt nøie midt mellem begge de øverste, naturligviis ligeledes forstjællige Poler, komme i en uafbrudt Bevægelse, i det Øieblik, da jeg lod dem berøre den ene Pol? I besvare maaskee mit Spørgsmaal med Ja, idet I derved tænke paa det elektriske Klokkespil; men Svingningerne følge ingenlunde saa regelmæssigt som man skulde have formodet, naar Apparatet iøvrigt er feilfrit, eftersom foruden Naalen ogsaa Luften borttager Elektricitet fra Polerne; de blive meget mere snart hurtigere, snart langsommere, alt eftersom Luften tiltager i Tørhed eller Fugtighed, ja høre maaskee en Tid lang ganske op. Saaledes seer det da ogsaa maadeligt nok ud med det **elektriske perpetuum mobile.**

b) **Det bohnenbergerske Elektroskop** er ustrideligt det fuldkomneste af sit Slags. Ved dette hænger i en Glasklokke, mellem to zamboniske Spiler, og i lige Afstand mellem deres øverste Poler, et Guldblad, som aabenbart strax maa bevæge sig til den ene eller anden Side, naar enten den positive eller den negative Pol meddeles ogsaa blot den ringeste Gave Elektricitet. Mangeslags Forandringer ved dette fine Instrument forbigaaer jeg her.

Jeg vender endelig tilbage til **galvanoplastikken**, det letteste Middel til uden sønderlig Møie at fremstille de forstjællige Gjenstande i Kobber, saasom Mynter, Træsnit, Gibsaftryk. Denne den smukkeste Anvendelse af Kjædens kemiske Virkning er først meddeelt af **Jacobi**, og noget senere af **Spencer**. Som jeg forhen har antydet grunder den sig paa den mærkværdige Omstændighed, at den galvaniske Strøm ikkestedse fuldkommen udstiller en Saltopløsning f. Ex. en Opløsning af Kobbervitriol kun paa den Maade, at Kobberet udstiller sig ved den negative Pol; men Suurstoffet derimod paa den anden Side træder ud af sin bidtilværende Forbindelse. Paa hint metalliske Bundfald af Kobberet have I herved især at agte. Maatte det blot lykkes en dygtig Tekniker ret snart fuldkomment at løse den Opgave, **at gjøre Galvanoplastiken til et fælleds Gode for Industrien!**

Ville vi paa denne Maade efterdanne Mynter, Medailler osv. i Kobber, saa maae vi først forskaffe os et Apparat, som mere eller mindre ligner dette, som I her see afbildet (Fig. 233). Lægger her vel Mærke til: 1) **det større Glaskar a b**, som holder 6 til 8 Tommer i Gjennemsnit, og ikke er tilsluttet i sin øverste Ende; 2) **det mindre Glaskar c d**, paa hvis underste Aabning en Dyreblære er anbragt, og om hvilket lidt over Midten, en Traad er vunden, hvis 3 Arme ligge paa Randen af a b, og bære det indre Kar

Fig. 233.



(Dyreblæren er sædvanlig fjærnet 1½ til 2 Tommer fra Karrets Bund); — 3) **Zinkblokken ved d i det mindre Kar** (den hviler paa et af Træstaver forfærdiget Kors; — 4) **Skaalen q** hvori der ved Brugen bliver gydt Qvægsølv; — 5) **Formen i det større Kar** (Formen viser sig for Eder noget tilvenstre for Bogstavet b); — endelig 6) **to Robbertraade**, af hvilke den ene forbinder Formen den anden Zinkblokken, hvortil den er loddet, med Qvægsølvskaalen. — I det indre Kar befinder sig meget fortyndet Svovlsyre, i Rummet mellem det og det ydre Kar, en Opløsning af Kobbervitriol. For at erholde en smuk Form smælter man sædvanlig Vox og Stearin sammen med fint stødt Graphit, og gyder nu den nævnte Flydenhed paa Menten, efterat man først har forsynet den med en Papirrand; for endvidere at gjøre den ledende, giver man dem ved Hjælp af en blød Pensel, et meget tyndt Lag af hiin pulveriserede Graphitmasse. Sidstnævnte Omstændighed berover den iøvrigt ikke det Ringeste af dens Skarphed og Reenhed. Aabenbar maa den Flade af Formen, som har faaet det ledende Overdrag, være vendt opad i Kobbervitrioloplosningen. For at der ikke ogsaa skal afsætte sig metallisk Kobber paa den Deel af Traaden, som dykker i Kobbervitriol-Opløsningen, maa man endelig ikke forglemme, at overdrage den — allene med Undtagelse af de Steder, som berøre Formen — med Segllak eller Schellak, overhovedet med Noget som ikke leder Elektriciteten.

Alt eftersom den elektriske Strøm, der circulerer i Apparatet, er stærkere eller svagere, afsætter ogsaa Kobberet sig burtigere eller langsommere paa Graphitfladen, ligesom ogsaa endvidere Vitrioloplosningen der fremstaaer, som en Virkning af hiin metalliske Bundfældning, bliver mere eller mindre lys. — Kun saameget her om denne Gjenstand, hvorom vi sandsynligviis endnu tør vente Meget.

§ 12.

Elektro-Magnetismen.

Selv det Lidet, som jeg har meddeelt Eder over Magnetismen og Elektriciteten, maa være tilstrækkeligt til at angive nogle Ligheder mellem disse to beundringsværdige Kræfter.

Ved Elektriciteten erklærede jeg først dens Tiltrækningskraft for en meget vigtig Egenskab. Ogsaa ved Magnetismen erkjendte vi først denne Egenskab. Da vi senere opsøgte Forskjellen mellem den positive og negative Elektricitet, fandt vi f. Ex. at Korkkugler opfyldte med ligeartet Elektricitet, frastøde hinanden, medens derimod de, der vare fyldte med uligeartet Elektricitet, drage hinanden til sig. Ganske samme Forhold have I lært at kjende mellem Magnetens to Poler. Der mangler i Sandhed ikke Andet, naar nemlig de Love, som have Hensyn paa disse Phænomener, skulle lyde fuldkommen eens, end at vi kalde den ene magnetiske Pol den positive, den anden den negative. Men disse Navne have dog for liden eller ingen Betydning. Jeg minder Eder endvidere om, at enhver isoleret Leder har paa den Ende, som vender til et elektrisk Legeme, f. Ex. en Elektricearmaskines ledende Konduktor, den modsatte Elektricitet, men paa den anden Ende

den samme Elektricitet, som hiint Legeme viser. Ogsaa det samme Phænomen viser et Stykke Jern os i Nærheden af en magnetisk Pol; eller have I maaskee ikke seet, at f. Ex. den ved Nordpolen af en Magnet hængende Deel af en Staalnaal blive til Sydpol, og omvendt? Ligheden mellem Elektriciteten og Magnetismen fremtræder ogsaa da, naar vi sammenligne blodt Jern med Ledere, hærdet Staal derimod med Ikke-Ledere for Elektriciteten.

Alle disse Ligheder, især de, som angaae Tiltrækningen og Frastødningen, ere virkelig altfor store til at ikke Physikerne forlængst skulde have formodet en mærkelig Sammenhæng mellem Elektriciteten og Magnetismen. Desværre bleve nu samtlige tidligere Undersøgelser, som her skulde have ført Visbed, uden noget ret gunstigt Resultat. Phænomener som dette blandt Andet, at Kompasnaalen paa Skibe, som blive trufne af Lynild, taber den Egenskab sikkert at bestemme Skibets Vei, fremkaldte man vel i visse Maader ved Udladningen af elektriske Forstærkningsflasker; men om regelmæssige Resultater var derved ikke Tale, saaledes at man ogsaa maatte lade sig noie med den Undtagelse: **Det elektriske Slag virker omtrent paa Magnetnaalen som Slaget af en Hammer.** Først i Aaret 1820 opdagede lykkeligviis den danske Naturforsker **Ørsted**, den alt af Saamange ahnede Sammenhæng. Just bestjæftiget med at lære at kjende den elektriske Strøms Indvirkning paa de Magnetnaale, som bleve nærmede Metaltraaden, fremstillede de gaadefuldeste Phænomener sig for ham til hans store Glæde og Forundring. Alle disse Phænomener kaldes nu **elektro-magnetiske** Phænomener, og Indbegrebet af dem **Elektromagnetisme.** De ere iøvrigt altfor talrige og mangfoldige, til at det vilde være mig muligt, at udtale mig fuldstændigt om dem; kun paa nogle af dem vil jeg henlede Eders Opmærksomhed.

For at fremstille Fundamentalforsøget over en elektrisk Strøms Indvirk paa Magneten, behøver jeg 1) en sædvanlig Kompasnaal; — 2) et galvanisk Batterie, med store Overflader f. Ex. et saadant som Bunsen har givet os i sit Zink-Kul-Batteri (betragter endnu engang Fig. 231 og 232!); og 3) en stærk Kobbertraad, der er bøiet saaledes, at den danner en Qvadrat med 8 a 10 Tommer lange Sider, og at den falder i Planen af den af den magnetiske Meridian. Begge Traadens Ender **b a** og **f g** (Fig. 234) dykker jeg i mit Batteries Qvægsølvskaal; men Kompasnaalen holder jeg efter hverandre lige **over** og **under** Traadstykket **c d** og **e f**. Forudsat nu, at Enden **b a** staaer i Forbindelse med den positive Qvægsølvskaal antyde Pilene i Figuren paa det Noieste, hvorledes den elektriske Strøm cirkulerer: fra **b** til **c** stiger den iveiret; fra **c** til **d** løber den horizontal, og det i Retningen fra Syd mod Nord i den magnetiske Meridian; fra **d** til **e** gaaer den tilbage; fra **e** til **f** endelig bevæger den sig anden Gang vanddret, men nu i modsat Retning af **c** til **d**, fra Nord til Syd. Der spørges nu: Hvilken Indflydelse udøver den paa Magnetnaalen. Befinder denne sig 1) **over c d** saa vier dens Nordpol (jeg mener her den virkelige mod Norden rettede Pol, som Nogle kalde Sydpolen) af mod Østen; 2) **under c d**, da kommer den til at ligge vestlig for den magnetiske Meridian. Ved Traadstykket **e f** indtræde endvidere de betegnede Phænomener i omvendt Orden, d. v. s. vi blive først en vestlig, men derpaa naar vi holde Naalen **under e f**, en

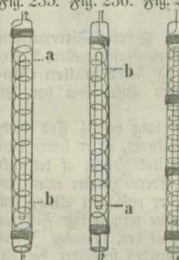


Fig. 234.

østlig Afvigelse vaer. Ogsaa den vertikal rettede Strøm **i b c** og **d e** frembringer en forandret Retning af Naalen. Den drager nemlig snart dens Nordpol til sig, snart sloder den den atter fra sig, alt eftersom dens Pol befinder sig paa den ene eller den anden Side af Traaden. For at erholde et ret klart Begreb om alle de forskjellige Forholde, som finde Sted mellem Retningen af den elektriske Strøm og Retningen af den ved Strømmen afbøiede Naal, saa tænker Eder blot en lille menneskelig Figur saaledes indsat i Ledningstraaden, at den positive Strøm træder ind ved Fødderne og ud ved Hovedet, og mærker Eder da den simple Regel: **Vender Figuren sit Ansigt til Naalen, saa er Nordpolen stedse bøiet af hen mod den venstre Side.** Alabenbar indtager ogsaa Figuren en forskjellig Stilling ved Ledningstraadens forskjellige Retninger. Gaaer Strømmen horizontal som **i c d** og **e f**, da lægger den sig alt eftersom vi holde Naalen over eller under Ledningstraaden, enten paa Ryggen, eller Bugen; stiger den, som **i b c**, iveiret, eller bevæger den sig som **i d e** tilbage, da have vi at tænke os den i hiint Tilfælde i sædvanlig Stilling; men i denne staaende paa Hovedet.

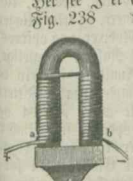
Betragter nu Figurerne 235, 236 og 237! de forestille Glasrør, hvori man har lagt en Staalnaal, og hvorom man har vundet en Kobbertraad skrueformig; det Mærkværdige herved bestaaer deri, at Staalnaalen, i det Øieblik, da den elektriske Strøm begynder at cirkulere, bliver magnetisk og det saa vedvarende magnetisk, som det er muligt. Men hvorfor vinder man Traaden snart tilhøire, (Fig. 235) snart tilvenstre (Fig. 236) snart baade tilhøire og venstre (Fig. 237)? blot for at vise, at Naalens Sydpol danner sig i første Tilfælde ved Strømmens Indtrædelse, i andet Tilfælde ved dens Udtrædelse; og at der endvidere fremstaaer Følgepunkter, naar begge Vendinger ere anbragte paa samme Glasrør. I samtlige Figurer betegner **a** Sydpolen og **b** Nordpolen. Hvorledes cirkulerer nu vel den positive Strøm i hiint Apparat med Hensyn paa denne Angivelse?

Fig. 235. Fig. 236. Fig. 237.



Her see I et anseeligt Stykke blødt Jern. (Fig. 238). Det er af muligt lige Sammenføining, krummet i Lighed med en Hesteskо, filet fladt paa begge Ender, omviklet med en tyk Kobbertraad og ved begge Armene, **a** og **b**, sat i Forbindelse med Polerne af en simpel Kjæde; jeg har endvidere ved den ikke forsømt at overspinde den betegnede Traad med Silke, for at Strømmen kan gjennemløbe den efter dens hele Længde, og altsaa ikke til Siden gaae over fra en Vinding til en anden i Jernet, og for at den ogsaa ved begge Enderne kan danne ulige benævnte Poler har jeg bevikket Hesteskoens venstre Been tilhøire, det høire derimod tilvenstre. Hensigten med en særegen Deel, nemlig Ankeret, have I alt lært at kjende af min Undervisning om den sædvanlige Magnet. Forudsat nu, at Traaden er tilstrækkelig tyk ethvert

Fig. 238



Been af Hesteskoen omtrent 1 til 1½ Fod lang, og den elektriske Strøm af en ret betydelig Styrke, kunne vi have den Fornøielse at see 800 til 1000 ℔ hængende ved Ankeret, uden at disse to Dele stille sig fra hinanden. Da der gives Elektromagneter, som have en Bærekraft af over 2000 ℔, saa ville I vistnok finde Mekanikernes Bestræbelse for at benytte denne udmærkede Tiltrækning til at drive Maskiner med, for meget priselig, skjøndt vistnok med Hensyn til Dampmaskiner alle herhen hørende Maskiner træde i Baggrunden. Naar iøvrigt den elektriske Strøm ophører, er ogsaa Elektro-Magnetens Bærekraft forbi.

Efterat I have lært at kjende, hvorledes Magnetismen vækkes ved den elektriske Strøm, skulde jeg nu ogsaa endvidere vise Eder, hvorledes lige omvendt **Magneten kan fremkalde elektriske Strømme**; dette maa jeg imidlertid her forbigaae ligesom saameget Andet, der henhører under Elektricitetens saa righoldige Kapital. Kun vil jeg endnu tale om de elektriske Fiske og Elektricitetens Indflydelse paa det menneskelige Liv.

§ 13.

De elektriske Fiske.

Tallet paa de elektriske Fiske er meget ringe. Foruden **Zitteraalen (Gymnotus electricus)**, **Zitterrokken** (hvor vi skjælne mellem 2 Arter **Torpedo narke** og **Torpedo galvanii**) og **Zittermallen (Malapterurus electricus)** gives der maaskee ingen Fiske, som har den Kraft at kunne uddele elektriske Slag.

Zitterrokken, som idethøieste er 4 Fod lang og 3½ Fod bred, lever især i Middelhavet, var allerede de Gamle bekjendt, og er senere mere end nogen anden elektrisk Fisk bleven benyttet til Undersøgelse af det elektriske Organ. Alt eftersom I berøre den med Eders Hænder enten blot paa den ene Side eller samtidig paa begge Sider, er ogsaa det Slag, som rammer Eder, mattere eller stærkere, og ligger denne forunderlige Fisk paa en Metolstaal, saa have I Intet mere at befrygte af den, saalænge I blot berøre den med den ene Haand; men ganske anderledes forholder det sig, naar I nu tillige lægge Eders anden Haand paa dens Ryg. I sidste Tilfælde modtage I virkelig et ret føleligt Slag. Slagets Styrke afhænger iøvrigt af Giverens Villaar og Lidenskab. Det første Slag f. Ex. af en Zitteraal, som lever i Landsøerne i det sydlige Amerika og er 5 à 6 Fod lang, uddeler, kan næsten kaldes svagt; men de Slag, som senere følge, føle I mere, og dette tiltager ogsaa i samme Grad, som Fisktene bevæger sig, sætter sig til Modværge og opirres. Endelig ere de Slag, som den uddeler i fuldkommen Raseri, frygtelige, bedøve næsten øieblikkelig andre Fiske, og kaste Heste, Muuldyr, ja selv de stærkeste Mennesker til Jorden. Ja der fattes ikke Exempler paa at Zitteraal have lammet Arme og Been. Uden at ville omtale andre Forsøg og Phænomener, vil jeg blot bemærke, at de Lærde have opdaget stor Lighed mellem den egentlige Elektricitet og den Kraft, som boer i de ovennævnte Fiske. Vand, Metaller og overhovedet alle Ledere for Elektriciteten forplante ogsaa Sidstnævnte; det er endvidere muligt at fremkalde Funker af de elektriske Fiske, idetmindste af Zitterrokken, naar vi af 2 metalliske Armaturer anbringe den ene paa Ryggen, den anden paa Bugen af dem osv.

Med Hensyn paa Indretningen af det Organ, hvorved de elektriske

Fiskes Kraft betinges, da er dette i de væsentligste Stykker overensstemmende hos alle elektriske Fiske, saa forskjælligt det end ellers med Hensyn til Størrelse, Form og Anordning kan være, og det er derfor fuldkomment tilstrækkeligt at vi gjøre os bekjendte med Organet hos eet af disse Dyr.

Betragter Fig. 239!

Fig. 239.



Fig. 240.



Fig. 241.



Omstændighed, Udstrækning.

Jitterrokken, som dette skal fremstille, er aabnet paa den ene Side, og fremstillet saaledes, at I have dens elektriske Organ tydeligt for Øder. Det strækker sig lige til Forranden af Hovedet, støder i sin øverste Flade til Ryg- i sin underste til Bughuden, og erholder især derved et fast Leie, at dets yderste Flade hviler paa Sidefinnens Brusk, dets indre paa Hovedets og den tilgrændsende Krops Muskulatur. Fire stærke Nervebundter, d, e, f og g fortabe sig i det i Sandhed underfulde Apparat. De idetmindste 8 til 9 Hundrede Dele, hvoraf det bestaaer, vise sig fra oven eller neden betragtede, som lodrette, meest prismatiske, sjældent rundagtige Zeller, kort omtrent som I see dem tegnede i Fig. 240. For det til Siden rettede Blik vise de sig derimod, som tæt ved hverandre liggende, ligeløbende Striber (Fig. 241). Alle de Rum, som disse Zeller eller Flasker lade imellem sig, og som atter ere udfilte i mindre Zeller, ere gjennemdragne med Blodkar og udfyldte med et geleagtigt Slim. Hvilken Lighed mellem det hele Organ og en med et elektrist Batteri forbundet Spile! Den noget tykkere, senede Hud, som udgjør enhver Zelles Randbegrændsning, svarer mere eller mindre til de Glasstænger, hvormellem jeg blandt Andet har opbygget mit galvaniske Batteri.

Det Apparat, hvorved Jitteraalen uddeler sine Slag, ligger under og paa begge Sider af den meget lange Hale, og bestaaer af 4 paalangsliggende Bundter, som ere sammensatte af mange horizontale, ved lodrette Vægge afsondrede, huddede Plader, og ogsaa udfyldte med en geleagtig Masse. Talrige Nerver, som drage sig hen til hine Bundter, lade og forstærke sandsynligviis dette besynderlige elektriskgalvaniske Batteri. Ved Jitterrokken gaaer den positive Strøm fra Ryggen til Bugen; men ved Jitteraalen i Retningen fra Hovedet til Halen. Den overordentlige Styrke, som Jitteraalen viser i sine Slag, maa alene tilskrives den at det elektriske Apparat hos den har faaet en saa betydelig

§ 14.

Elektricitetens Nytte alene med Hensyn til det menneskelige Legeme.

Med Undtagelse af forskjællige Febre, torde der maaskee kun gives faa Sygdomme, ved hvilke Elektriciteten ikke har været benyttet som Helbredelsesmiddel, og tillige fordetmeste vist sig virksom. Især viser den sig virksom ved Rheumatisme, Lamhed, Inflamation og en Mængde Onder af lignende Slags. Naar Lægen anvender den sædvanlige ved Gnidning frembragte Elektricitet i det betegnede Øiemed, lader han næsten altid den Syge bestige en Isoleerskammel, og lader ham berøre Elektriceermaskinens Konduktor enten med den ene Haand eller med en Messingstang. Aabenbar gjennemtrænger nu den forunderlige Materie hans Legeme; men han selv befinder sig, som man pleier at sige, i et **elektrisk Bad**. For at udsætte den lidende Deel for den saakaldte **elektriske Vind**, træffer Lægen saadanne Anstalter, at Elektriciteten ved fine Spidser strømmer ind derpaa. Sædvanlig betjener han sig dertil af et Instrument, som I her see aftegnet (Fig. 242). Som I see, er der paa en ledende Spids, ep, som Fig. 242. staaer i Forbindelse med Maskinens Konduktor, paasat en tilspidset, mod begge Ender i modsatte Retninger ombøiet Metalstang, tt' saaledes at den befinder sig i Ligevægt, og særdeles let lader sig omdreie i en horizontal Plan. Saasnart Maskinen kommer i Virksomhed, begynder den ogsaa at gjøre sin kredsformige Bevægelse, og viser os tillige, naar vi isvrigt anstille Forsøget i Mørket, stjønne Lysbundter, der udstrømme af begge dens Spidser. Men ingen af de Anvendelsesmaader, som høre herhen, udfordrer isvrigt mere Forsigtighed og Omhyggelighed, end den, hvorved de syge Lemmer bringes i Slagkredsen af en elektrisk Forstærkningsflaske.



Da Lægerne vel vide, hvor særdeles meget den galvaniske Elektricitet pirrer Nerver og Muskler, have de ogsaa paa mange Maader forsøgt paa at anvende den til Gjenoplivelse af Druknede, Qvalte, og Saadanne, som ere rammede af Lynilden, og ikke sjældent bleve, deres roesværdige Anstrængelse kronede med de heldigste Følger. Skulde ogsaa I engang blive opfordrede til at gjøre et saadant Experiment, saa sætter blot Galvanismens Leder paa Læberne, Øinene, Panden, det indre Øre, Hjertegruben osv. overhovedet paa saadanne Steder, hvor de fleste Nerver ere samlede. Ad denne Vei vender nemlig først Følelsen og Blodomløbet tilbage i den Skindøde. Saalænge den elektriske Strøm endnu frembringer Trækninger i Legemet, saalænge er ikke al Livskraft uddød; først da tør vi antage, at et Legeme er fuldkommen dødt, naar dets Dele ikke i ringeste Maade ere modtagelige for Galvanismen.*)

*) Forsøgene over **Trækninger** paa Lig af Mennesker og store varmblodige Dyr ere overhovedet meget mærkværdige. Saaledes bemærkede man engang paa En, som havde været hængt i flere Timer, da Kjædens Poler bleve anbragte paa meget følsomme Steder, en frygtelig Virksomhed hos Musklerne, saaledes at Ansigtet udtrykte ester hverandre, Angest, Raseri, Fortvivlelse og en skrækkelig Latter, ja der indtraadte endog en dyb og anstrængt Aandning.

§. 15.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Hvilke vigtige Phænomener viste en Stang Lak og et Glasrør Eder i Begyndelsen af dette Afsnit? Findes denne vidunderlige Kraft til at tiltrække og igjen frastøde forskjællige Gjenstande ogsaa hos andre Legemer? Angiv det Historiske, som jeg herom har meddeelt Eder! Hvilke Forsøg lærte Eder at kjende Ledere og Ikke-Ledere for Elektriciteten? Nævn alle de Aarsager, hvorved Legemernes Ledningsevne forhøies og forringes! Hvad vil det sige at isolere et Legeme? Beskriv Elektricermaskinen og dens Virksomhed i alle dens Dele? Hvorledes kunne I paa en temmelig billig Maade komme i Besiddelse af et saadant Instrument? Fortæl mig det Vigtigste om den elektriske Dukkedands, Klokkespillet, den elektriske Pistol, og nogle andre Forsøg som ere let at anstille med en Elektricermaskine! Hvortil benyttes Elektrometret eller Elektroskopet? Beskriv Indretningen af den elektriske Pendul, den elektriske Naal, samt Henlys og Bennets Elektrometer! Hvorledes førte jeg Eder ind paa de modsatte Elektriciteters Gebet? Hvilke historiske Oplysninger har jeg meddeelt Eder herom? Angiv alle de Forskjælligheder, som I have lært at kjende mellem den positive og negative Elektricitet! Hvorledes lyder den Lov, som har Hensyn til begge Elektriciteter? Hvorledes forholder det sig til enhver Tid med Udviklingen af den positive og negative Elektricitet? Angiv de Forsøg, som have henledet Eder paa den fordeelte og bundne Elektricitet? Beskriv især delseheden de herhen hørende Apparater! Hvad forstaae I ved den elektriske Virkekreds, og hvad ved den elektriske Slagvidde? Beskriv nøie hvorledes en elektrisk Forstærkningsflaske sædvanlig er indrettet! Hvorledes den lades og udlades! Hvilke Experimenter har jeg strax i Begyndelsen anstillet dermed? Hvad foranledigede Opdagelsen af den forstærkede Elektricitet? Hvorledes hænger det sammen med den franklinske Tavle? Hvorledes er den henlyske Udlader beskaffen. Forklar mig nu ogsaa de Phænomener, som kunne fremkaldes ved Forstærkningsflasken! Til hvilke andre interessante Forsøg giver dette Instrument os endvidere Leilighed? Beskriv især endnu engang det smukke Experiment, som jeg har anstillet med mit smukke af Papirberedte Huus! Hvorledes er en Lyntavle indrettet, og hvilke Phænomener frembyder den os? Hvad har vel ledet til Opfindelsen af det elektriske Batteri? Hvorledes bliver det opstillet, hvorledes ladet og udladet? Nævn de vigtigste Forsigtighedsregler, som vi stedse maae iagttage ved Ladningen af store Batterier! Hvilke Forsøg har jeg selv anstillet med et lille Batteri? Angiv Exempler paa den overordentlige Styrke, som Funker af større Batterier besidde! Hvo har opfundet Elektrophoren? Hvorledes indretter man dette simple, men yderst nyttige Instrument? Hvilke ere dets Hoveddele? Hvad have I især at mærke Eder med Hensyn til Dækkelen eller Overlaget? Beskriv saa udførligt som muligt de fem Forsøg, som jeg har gjort med Elektrophoren! Angiv mig endvidere hvorledes de ogsaa af Eder sete Phænomener let lade sig forklare! Hvilken ny Lov for Meddelelse af Elektriciteten har Elektrophoren lært os at kjende? Hvorledes forholder det sig med de saakaldte lichtenbergske Figurer? Hvortil tjener Kondensatoren? Hvorledes ere dens væsentlige Dele, nemlig

Basis eller Underlaget, Dækkelen eller Samlepladen bestaane? Paa hvilken Maade bruger man dette fine Instrument? Af hvem er det opfundet og af hvem forbedret? Beskriv det Forsøg, som jeg gjorde med to Metalplader, hvoraf enhver var forsynet med et den isolerende Haandgreb! Angiv ligesaa nøie de følgende Phænomener, som forendeel angaae Smagen forendeel Følelsen! Hvad vide I at sige mig om Professor Galvanis vigtige Opdagelse? Hvilken Orden og Ombyggelighed have vi at anvende ved Bygningen af en voltask Søile? Beskriv Nystningsforsøgene dermed! Hvad have vi at gjøre for at adskille Vandet i sine Bestanddele ved Hjælp af den voltaske Søile? Hvorvidt har ogsaa Volta gjort sig berømt med Hensyn paa Kontakt-Elektriciteten? Hvorledes forholder det sig med denne Elektricitets Vækkere og Ledere? Hvorledes finde vi at Zinkpolen har positiv, Kobberpolen negativ Elektricitet? Beskriv de Antændnings-Forsøg som kunne anstilles med Søilen! Hvoraf især afhænger Godheden af en voltask Søile? Hvilke Forklaringer har jeg ladet følge paa mine saa herhen hørende Experimenter? Hvad vide I at sige mig angaaende Opløseligheden af Oxyd-Alkalier, men især Saltets? Hvilke Mangler har den voltaske Støtte? Beskriv Bunsens konstante Zink-Kul-Batteri! Sæt især ud fra hinanden, paa hvilken Maade Zink-Kulparrene ere gjensidigen forbundne! Hvorledes er Professor Jambonis tørre Søile bestaffen? Angiv Indretningen af a, det elektriske perpetuum mobile og b, det bonenbergerske Elektroskop! Angiv mig endvidere Alt hvad I have lært at kjende om Galvanoplastikken, den smukkeste Anvendelse af den kemiske Kjædes Virksomhed! Hvilke ere de væsentligste Lighedspunkter mellem Galvanismen og Elektriciteten? Hvilke vigtige Opdagelser har Ørsted i denne Henseende gjort i Aaret 1820? Hvad behøve vi for at kunne anstille Fundamentalforsøgene over en elektrisk Stroms Indvirkning paa Magneten? Sæt alle herhen hørende Experimenter ud fra hinanden! Hvilken ny Kundskab erholdt I ved Forsøget med de 3 Glasrør og det store Stykke blødt Jern i Hesteskoform? Hvad har jeg meddeelt Eder om de elektriske Fiske ialmindelighed, og hvad især deleshed om det forunderlige Organ hos Zitterrokken? Til hvad Nytte er Elektriciteten alene med Hensyn paa det menneskelige Legeme?

Tiende Afsnit.

Luftphænomenerne.

§. 1.

Om Luftphænomenerne ialmindelighed.

Saa stort endog Tallet er paa de Phænomener, som ere blevne omtalte i det Foregaaende, saa ere dog langtfra alle bleven nævnte, som henhøre til Physikkens Gebet, og som her nødvendig maae vorde forklarede. Det bedste Bevis for denne min Paastand levere **Dug og Riim, Taage og Skyer, Regn, Snee og overhovedet samtlige Luftbegivenheder.** Men hvor mægtigt de gribe ind i vort Liv, og hvorledes det især er dem, som ikke sjeldent betinge Menneskets Lykke, Ro og Tilfredshed, er vel Eder tildeels allerede bekjendt, deels skulle de efterfølgende Betragtninger lære Eder dette udførligere:

1) Vi henføre sædvanlig Luftphænomenerne til 3 Grupper, nemlig **Vandphænomenerne**, saasom Dug, Riim, Taage, Skyer, Snee osv.; **Ildphænomenerne**, Torden, St. Elmilden, Lygtemænd osv.; — 3, de **glindsende** eller **lysende** Phænomener: Regnbuen, Sol- og Maane-Ringe, Bisole, Vimaaner osv.

2) Jo mere vi beskjæftige os med disse Naturphænomener, desto mere lære vi ogsaa at indsee, hvor sjældent det lykkes vor Aands Svaghed med Vished at angive de Aarsager, hvoraf de fremstaae. Med Hensyn til Hagel og Nordlys, Stjerneskud og Ildkugler, Skypumperne og flyvende Drager tumle vi desværre endnu stedse i Mørket. Jeg meddeler Eder nu fremdeles det Nødvendigste om ethvert enkelt Phænomen.

§ 2.

Duggen.

Naar den hede, klare Sommerdag er forbi, og vi gaae ud i det Frie for at vedergvæge os i den kjølige og behagelige Aftenluft, da ville vi ikke have opholdt os der ret længe, før vi blive vaer, at alle Gjenstandene i vor Nærhed ere blevne fugtige, og at Vanddraaber i rigelig Mængde sidde paa deres Under- og Overflader. Hverken Planternes Blomster eller Blade eller Stene, Bræder og Bjælker blive forskaanede for denne Vædske, og det ligemeget om de befinde sig i en større eller ringere Høide. Hvad I med Hensyn herpaa have videre at mærke, sammenfatter jeg i følgende Punkter:

1) Vi kalde dette vandrige Luftphænomen **Dug.**

2) Duggen begynder sædvanligt paa skyggefulde Steder allerede før, paa ubeskyggede derimod først efter Solens Nedgang, varer derpaa hele Natten igjennem, og taber sig først successiv, naar Morgenen atter bryder frem. Den træder endvidere stærkest frem strax efterat den har begyndt, og

ved Solens Opgang; svagest derimod ved Midnatstid. Den bedste Aarstid for den er Sommeren.

3) Nogle Gjenstande antage den Vaadhed, som den fører med sig, i en større, andre derimod i en ringere Grad; hvormegen Dug viser sig saaledes ikke paa Græs, hvorliden paa Sandpletter; hvormegen paa sædvanligt Glas, hvorliden paa polerede Metalplader; hvormegen paa dybe og aabne, hvorliden paa høit og tildækket liggende Legemer?

4) Dug er ikke andet end Vand, og dertil Vand af samme Beskaffenhed, som Naturen leverer os det i Regn og Snee. Søger derfor ikke, som Saamange endnu gjøre, dens Udspring under Stjernerne, tillægger den ei heller nogle særegne Egenskaber og Kræfter! mener endelig ikke at vi kunne vinde Penge af den, eller i den finde Stoffet til de Vises Steen! Angaaende dens Fremtræden og Forsvinden bersker nu saa temmelig Lys og Klarhed. Paa en hed Dag fordunster aabenbar Vandet i Mængde, ja hele Luften opfyldes da Tid efter anden med Dunster. Vedbliver nu ogsaa Himlen ved den indtrædende Nat at være klar, saa tabe især de faste Legemer, som befinde sig i Nærheden af Jordoverfladen, megen Varme ved den Eder bekjendte Varmestraaling, afkjøle de lavere Luftlag, og bevirke just derved Duggen, dette almindelige Vandnedslag. Ved skyet Himmel derimod, indtræder Duggen ikke. Aarsagen dertil ligger nær. Skydækket forhindrer nemlig bine Legemer fra at udstraale deres Varme. Eftersom endelig Varmestraalingen ogsaa forekommer i forskjællig Grad ved de forskjællige Legemer, saa maae vi ogsaa see Duggen i større og mindre Mængde. Luften overtræffer det beduggede Græs ikke sjælden med 4 til 5, beduggede Uldflokke og Fjer endog stundom med 8 til 9 Graders Varme, efter den 100delelige Skala. Aftager Varmeforskjællen mellem Luft og Græs, hvilket f. Ex. altid steer, naar Himlen bliver skyfuld, saa taber ogsaa Duggen sig lidt efter lidt, og ophører ganske, naar Differensen er sjunken ned til Nul. Vide J da nu ogsaa, hvorfor Duggen er stærkest ved Solens Op- og Nedgang, og svagest ved Midnat? Og hvoraf kommer vel endvidere dens Inddeling i **Aften-** og **Morgendug**?

5) Duggen er særdeles nyttig i Naturens Husholdning, ja endog uundværlig for Planterne i mange Egne, hvor den træder istedetfor Regnen. En beduget Eng frembyder et smukt Syn, naar Solens Straaler brydes i de smaae Perledraaber; Duggen synes ligesom at give Planteverdenen nyt Liv og udbreder en forfriskende Duft og en behagelig Kjøling om os.

6) Der gives endelig et Phænomen, som vel har nogen Lighed med Dug; men som dog i Virkeligheden er meget forskjællig derfra. Jeg mener **Honningduggen**, eller den klæberige Fugtighed, hvormed visse Træers og Buskes Blade blive ganske overdragne, men hvorfra andre Legemer f. Ex. Stene, Bjælker, Bræder, Metaller osv. stedse ere frie. Ifølge nøiagtige Jagttagelser frembringe Planterne selv Honningduggen, idetmindste tor denne ikke ansees for en Frembringelse af Luften. Dette Sidste gjælder ogsaa om **Meelduggen**, der bestaaer i en klæbrig meelagtig Masse, indstrænker sig til visse Plantearter, og synes at antyde en sygelig Tilstand hos dem; hos Sæden er den sandsynligviis Aarsag til **Brand**. Da vi imidlertid kunne forebygge Sædbranden ved at vi med Omhyggelighed udvælge Sædkornet, og tilberede Ageren med al mulig Flid, saa tor vi ei heller holde Meelduggen for noget Produkt af Atmosphæren. Den viser sig isvrigt for os stedse som hvide Pletter paa Planternes Blade. Nogle Insekter udgyde

en sukkersød Flydenhed paa Planterne, hvilken begjærlig bliver søgt af Myrerne; ogsaa dette saaer undertiden Navn af Honningdug.

7) Ingensinde ere de unge Planter mere udsatte for at fryse ind i en klar, kold Foraarsnat. Gartneren tildækker dem da mod Aftenen med et let Dække for at sikkre dem mod Døden, og derved opnaaer han ogsaa nætten altid sin Hensigt. Under saadanne Omstændigheder beholde nemlig Planterne hele Varmen af den dem omgivende Luft. Havde de staaet frit for Himlens Indvirken, saa vilde de naturligvis have udstraalet en Deel af deres Varme, og derved have blevet 3 til 4 Grader koldere, ligesom f. Ex. det Græs, hvormed de maaskee ere bedækkede. — Ville I endvidere forklare Eder, hvorfor Natfrosten om Foraaret sædvanlig virker mindre skadelig paa Høie end paa Sletter, saa tager blot det bekjendte Phænomen til Hjælp, at i en klar Nat blive de Luftlag, som hvile paa Jordens Overflade, betydeligt afkjølede, medens de høiere vedblive at være temmelig varme. Selv den **Konstige Frembringelse af Jis i Ostindien** harmonerer med Duggens Fremstaaen. Efter at nemlig hint Lands Folk have paa en Slette gravet nogle Fordybninger, hvoraf enhver er omtrent 3 Fod bred og omtrent ½ Fod dyb, belægge de dem med Sukkerrør eller Straa og sætte tilsidst et fladt uglaseret Kar af Pottemagerleer, som er fyldt med Vand, ovenpaa. Dette Kar tillader vel ikke nogen Gjennemfyldning af Vandet, men dog en saadan Udsvedning, at dets ydre Flade stedse er fugtig. Saaledes fryser da Vandet i en klar Nat ved en Luftvarme af 4 til 5 Grader efter det 100delelige Thermometer. Hvoraf kommer det nu vel, at et koldt Glas, som vi bringe i et vandtæt Kammer anløber, og at ogsaa et Vindue, som tilhører et ophedet Værelse, viser det samme Phænomen?

§. 3.

Riim eller Riimfrost.

Duggen fører os naturligt til at betragte **Rimen**, et Naturphænomen, der ogsaa er Eder tilstrækkelig bekjendt.

1) **Rimen er ikke andet end frossen Dug.** — Ere nemlig de Legemer, hvorpaa Vanddampene slaae ned, afkjølede under det naturlige Frysepunkt, saa forvandle Dampene sig, i det Øieblik, da de berøre hine Legemer, til Jis. Forundrer det vel Eder nu længere ikke sjældent at see Træer, Tage, Træbroer, aabne Græspladse osv. ganske hvide, medens dog slet ingen Riim er at bemærke paa Gader, Kjøreveie, den lave ubevoxede Jord osv.? Men hvoraf kommer det vel at denne sædvaalig viser sig i større Mængde paa Planterne og andre Legemer, end Duggen? Det kommer deraf, at Dugdraaberne falde strax ned til Jorden, naar de have opnaaet en vis Tyngde; Jisnaalene hæfte sig derimod fast, ja de kunne endog forbinde sig 3, 4 ja flere sammen. Paa denne Maade kan nu vistnok Riimen, som successiv fætter sig paa Træerne, ogsaa opnaae en betydelig Tyngde, saaledes at Spirer og Grene ja selv stærkere Stammer derved kunne knækkes. Herpaa frembyde især Naaletræ-Skove Exempler. Kommer der nu Snee til Riimen, saa kan Skaden paa Træerne derved blive betydelig.

2) **Efteraaret, især det sildige Efteraar, og Begyndelsen af Foraaret ere de Tider, da Rimen hyppigst viser sig; om Vinteren see vi den kun undertiden, naar nemlig Jorden ei**

er bedækket med Snee. Aarsagen hertil ligger saa tydeligt for os, at jeg ei behøver nærmere at omtale den.

3) **Vogter Eder for at forverle Rimen med Sneen, som den i de fleste Stykker ligner meget!** Den første bestaaer af fine Isnaale, og sidder fast paa Græsstraaerne, Træernes Grene osv.; den sidste viser sig stedse i en anden Skikkelse, ligger løs, og ligner meget Pudder (Om Sneen skulle I iøvrigt snart høre noget nærmere).

4) **I Forbindelse med Rimen staaer Frost paa Væggene, Is paa Vinduerne og Jisslag.** — Beskriver nu selv først disse tre Naturbegivenheder! Angaaende Aarsagerne dertil, da mærker Eder Følgende:

Naar Luften bliver pludselig mild efter en længe vedholdende Frost, erholde vel ogsaa de Dampe, som svømme deri, en høiere Temperatur; men de kolde Vægge ere ingenlunde saa modtagelige for den nye indtrædende Varme, og bringe derfor endnu en Tid lang alle de Vanddele til at fryse, som lægge sig paa dem. Jo tykkere Væggene iøvrigt ere, desto vanskeligere afgive de om Foraaret den Kulde, som den forudgangne Vinter har meddelt dem. Hvorledes forholder det sig nu vel med det Udtryk: Kulden slaaer ud? Troer dog ikke at dette Phænomen hidrører fra en Kulde i Bygningen, som gaaer ud i Luften! Det kommer meget mere af Vanddampens Varme, som forener sig med de kolde Gjenstande. — Ifsn paa Vinduerne fremkommer paa samme Maade. Tænker Eder en Stue som er stærk opheded, og at Kulden i den frie Natur har opnaaet en temmelig høi Grad! maae da ikke ogsaa under saadanne Omstændigheder Dampene i det indesluttede varme Rum fryse, naar de berøre det til Frysepunktet afkjølede Vindue. Ligenede Frost paa Vinduets ydre Flade kan aabenbar kun indtræde i det Tilfælde, at et mildt Foraarsveir pludselig følger paa stærk Kulde. — Endnu vil jeg her bringe Eder en meget vigtig Gjenstand i Erindring. Som bekjendt danner der sig, naar Dampene gaae over i en fast Tilstand, allesslags smukke Figurer paa Vinduesruderne, der snart ligner Træblade, Blomster o. s. v. Spørge I mig nu, hvorved dette bliver bevirket, saa maa jeg desværre tilstaae for Eder, at jeg ikke ved det, og at endnu Ingen har givet tilfredsstillende Svar herpaa. Efter al Sandsynlighed afhænger dette af Luftelektricitetens Stromning? — Hvorledes forholder det sig endelig med Jisslaget? Da I vide, at Jorden ved Vinterens Ende er sædvanlig meget kold, saa kan det ei heller undre Eder, at den Regn, som paa denne Tid falder paa Jorden, bliver til Is.

§ 4.

Taage.

Ligesom Rimfrosten og Duggen, saaledes er ogsaa Taagen en Naturbegivenhed, der er Eder Alle vel bekjendt. Hvo har f. Ex. ikke paa hede Sommerdages Aftener, ja undertiden endog om Natten, eller endog til andre Tider, men vistnok i sidste Tilfælde kun ved pludselig indtrædende Kulde, seet den at danne sig over Floder, Agre, Søer osv.? Hvo har endvidere ikke seet den efter Regn i Skove og paa høie Steder, hvor den høiere Luft har fri Tilgang? Alene Taagen i Polaregnene, hvilken i Forbigaaende sagt,

viser sig meget hyppigt, og besidder en overraskende Tæthed er Eder naturligviis ubekjendt. Lægger nu Mærke til Følgende:

1) Ved Kogning gaaer, som Afsnittet om Varmen har lært os, enhver draabebar Flydenhed over i en luftformig Tilstand, eller, hvilket siger det Samme, forvandler sig til en elastisk Damp. Sidstnævnte skjuler sig sædvanlig for Øiet, og viser sig overhovedet kun da, naar den som meget fine Vanddele atter drives ned af den kolde Luft, hvori den er opstegen. Den i saadanne Tilfælde frembragte Damp have I vist ogsaa gjentagne Gange seet. Fjærnet videre fra sin Kilde er den paany usynlig, fordi den her kan udbrede sig i et større Rum, og derved kan omdanne sig til en for den lavere Temperatur passende, mindre tæt elastisk Damp. Enhver i kold Luft udstødt Udaanding frembyder os et lignende Phænomen. At slutte efter det, som jeg har meddeelt Eder om Dampens Fortætning, maa Taagen nødvendig fremstaae i 2 Tilfælde: 1) **Naar Dampe fra et Sted gaae over i en koldere Luft**; — 2) **Naar en med Dampe opfyldt Luft berører Overfladen af et koldere Legeme**. Hvilken Taage skylder nu den første Aarsag sin Tilværelse? Aabenbar den af mig først betegnede. Medens den over Jorden affjølede Luft føres ganske nær henover Vandet træffer den her paa en mættet d. v. s. en saadan Damp, hvis Tæthed svarer til Vandoverfladens Varme. Denne affjøler sig nu og frembringer til samme Tid Taagen. Paa lignende Maade fremstaaer næsten al den Taage, som I saa ofte kunne see i Skove; ja den Taage, som danner sig paa Havet, har forenlevel samme Oprindelse. Men at ogsaa Taagen da maa fremstaae, naar en med Dampe rigelig begavet Luft bliver stærkt affjølet paa Overfladen af et Legeme, viser Taagen i Polaregnene os, ved hvilken de Dampe, som komme fra varmere Egne, pludseligen ved Havets Jisoverflade forvandle sig til fine Vanddele.

2) Indeholder Taagen, som Tilfældet sædvanligt er, kun vandagtige Dele, saa kan den idethøieste indvirke skadeligt paa Sundheden, hvis den altfor hyppigt vender tilbage, og derved paany undtrager os Solens velgjørende Lys. Taagede Tage opklare just ei synderlig vort Gemyt. For ubetinget skadelig er kun saaden Taage at erklære, som fører allehaande fremmede Stoffer med sig, undertiden udbreder en ubehagelig Lugt, og undertiden give sig tilkjende ved en ubehagelig Pirring paa Lungen, der foraarsager Høste.

3) En ganske eiendommelig Taage er bekjendt under forskjællige Navne saasom: **tør Taage, Sol-, Høide-, Mark-Rog** o. s. v. Har Atmosphæren ikke sin sædvanlige Tæthed, vise endvidere fjærnt liggende Gjenstande sig ligesom bedækkede med et tyndt Slør, erholder endelig Solen, naar den viser sig over Horizonten, et mørkerødt Udseende, ja bliver den, uden at dog nogen egentlig Skye skjuler den, usynlig, endog før den naaer Horizonten, saa viser Naturen os hiin særegne Taage, der ei, som sædvanlig er fugtig, men tør. En saadan Taage saae man især i Aaret 1783. Den varede fra Mai til August, udbredte sig over en stor Deel af Europa og det atlantiske Hav, og syntes at staae i Forbindelse med de heftige Jordskjælv i Kalabrien og med Jordbranden paa Island.

§ 5.

Skyer.

Den vigtigste ja næsten eneste Forskjæl mellem Taage og Skyer, er Forskjellen mellem Afstanden fra Jordens Overflade. Drage de usynlige Dampe sig allerede sammen i de lavere Luftlag, saa tale vi som bekjendt om Taage, men gjøre de det først i de høiere, mere eller mindre fjærnt fra Jorden, saa tale vi om Skyer. Bestige vi et høit Bjerg, hvorpaa en Sky har leiret sig, saa ville vi blive en lignende Fugtighed vaer paa Haar, Klæder o. s. v., som naar vi befinde os i sædvanlig Taage. Selv i Dunsternes Tæthed, hersker den største Overensstemmelse.

1) Saa ofte en Blanding af to Luftmasser, der ere betydeligt forskjællige i Varme, og ikke ere aldfor langt borte fra det største Fugtighedspunkt finder Sted, slaaer Dampen ned, som vi ovenfor have bort; og saa ofte endvidere Luftmasser, som ikke fattes Fugtighed, gaae forbi et høit liggende Legeme, fremstaae Skyer. Dannelsen af saadanne Skyer, som henimod Aften i Begyndelsen vise sig blot ved Spidsen, men senere ogsaa ved de underste Dele af et Bjerg, har sandsynligvis blot sin Grund i det sidst Angivne. Idet nemlig Bjergets Overflade afkjøler sig mere end det Luftlag, som svæver i samme Høide dermed, maae naturligvis Dampene i dette Luftlag, naar de svæve hen derover, sammendrage sig, og blive synlige for Øiet som Skyer. Ganske det Samme indtræder ikke sjældent, endog om Dagen. Er nu endvidere ved den bestreyne Art af Skydannelse det i samme Høide værende Luftlag endnu varmt nok for atter at kunne optage Dampen i elastisk Skikkelse, saa lægger der sig sædvanlig paa den Side af Bjerget, som er udsat for Vinden, nye Skyer, som successiv forene sig opad til med den store Sky. Et saadant Phænomen frembyde de modsatte Sider af Bjerget ingensinde for det iagttagende Øie. Her losriver der sig meget mere en Deel efter den anden fra Hovedskyen, og næsten enhver af dem henflyder atter i en elastisk Damp. Hvorfor endelig Skyer ved og paa Bjerge, næsten altid give Regn, er let at forklare; de danne sig jo kun ved stor Fugtighed i Luften.

2) Snee- og Jishjerge bedække sig især gjerne med et Skyklæde; og tillige bemærke vi, naar Veiret er meget foranderligt, at Himlen ikke sjælden igjen hurtig bliver ligesaa klar, som den forhen var indhyllet af Skyer. En saa hurtigt indtrædende Værling forklares bedst ved en kold Luftstrøm, der saalænge den formedelst sin betydelige Høide ikke finder Vanddele nok, ikke kan danne nogen Sky; men som strax, naar den sænker sig og til samme Tid sædvanlig berører varme og meget fugtige Luftlag, nedslaaer snart større snart mindre Skyer. De bekjendte **Isaareskyer**, hvide, ganske tynde Skyer, som befinde sig i en betydelig Høide, og ofte blive flere Timer uforandrede, ere sandsynligvis Virkninger af en varmere Luftstrøm, som udgyder sig over en koldere. I Reglen antyde de varmt Veir. Om de virkelig, som allerede ældre Naturforskere have formodet, bestaae af fine Sneenaale, som formedelst deres Lethed kunne svømme der, ville vi vel ingensinde med Visshed faae at vide. Hvad der især har foranlediget denne Mening er den Omstændighed, at der heri ikke sjældent viser sig Bisole.

3) Alle Skyer opstaae indenfor Luftkredsen, gaae ingensinde høiere end denne, ja hæve sig ei engang til dens Grændse. Den bedste Maale-

stok for deres Høide ere Bjergene. Her leire de sig snart paa Siderne, snart paa Toppen, snart drage de endog bort over dem. Jo mørkere de see ud, desto nærmere, jo lysere desto fjærnere ere de os. De fleste Skyer have vel ingensinde en større Høide fra os end 6000 Fod. At der dog ogsaa maae gives Skyer, hvis Afstand fra Jorden er idetmindste en geographisk Miil, lære de høieste Bjerge i Asien og Amerika os, som Aar ud og Aar ind ere bedækkede med Snee og Is. Aarsagen til at Luften, en saa tynd, udvidelig Flydenhed, kan bære samtlige Dunster, maa vel blot være at søge i den Omstændighed, at de Vandblærer, hvoraf Skyerne bestaae, indeslutte Luft af de høiere Egne i sig, hvilken Luft overgaaer den lavere i Lethed.

§ 6.

Regn.

Hvorfra Regnen kommer vide I Alle meget vel. Regnens Inddelinger, saasom **Strøg-** og **Landregn**, **Støv-** og **Pladsregn** forbigaaer jeg her; jeg vil derimod lære Eder at kjende, hvorledes Regnen opstaaer, og hvilke forunderlige Stoffe der ikke sjælden blande sig med den.

1) Ganske de samme Aarsager, som frembringe Taage og Skyer, frembringe ogsaa Regn, naar de nemlig ere virksomme i en endnu høiere Grad. Efter Naturens sædvanlige Gang danner der sig først en lille Sky, denne forstørrer sig da Tid efter anden, og antager tillige en stedse mørkere Farve; tilsidst falde, formedelst visse Omstændigheder, da virkelige Vanddraaber til Jorden. Noget Lignende finder ikke sjældent Sted med Taage. Tiltager nemlig Fugtigheden, som findes deri, fra Minut til Minut, saa blive vi ogsaa smaae Vanddraaber vaer, som i Mængde falde ned paa Jordens Overflade. En saadan Regn adskiller sig blot fra en sædvanlig Regn deri, at den danner sig i de lavere Luftlag, saa at vi bevarge os midt i Skyen; ligesom den almindelige Regn skylder ogsaa denne Vanddampenes Udskillelse i Luften sin Fremstaaen. Draaberne danne sig sandsynligvis allerede der, hvor Skymassens Bevægelse fremad træffer en eller anden Hindring. Regner det f. Ex. ikke meget byppigt ved Vinde, som komme fra Havet, eller som overhovedet ere rigelig opfyldte med Dampe, paa de Bjerge, hvorimod Skyerne stode an? Og forklares ikke ved denne Betragtning, saamangen periodisk Regn ligesom af sig selv? Med Undtagelse af **Tordenregn**, **Pladsregn**, **Skybrud**, hvorved Elektriciteten spiller en betydelig Rolle, er maaskee den simple Forklaring tilstrækkelig for alle Arter af Regn: **to ulige varme Luftmasser, som ikke ere altfor vidt fjærnede fra Mættelsestilstanden, give strax et Nedslag, naar de blande sig med hinanden.**

2) Det Vand, som Regnen giver, er vel sædvanligt af reen Beskaffenhed; men der forekommer dog ogsaa Tilfælde, hvori det fører mange fremmedartede Stoffe med sig. Som Bevis for den sidste Paastand, kan blandt Andet den saakaldte Underregn gjælde. Herover vil jeg tale noget Nærmere med Eder.

a) **Blodregn.** — Hvo der er vant til at betragte Alt omkring sig med Opmærksomhed, har vistnok seet enkelte røde Draaber paa Træernes Blade, paa Husenes Vægge, ja selv paa fine egne Klæder; ja, hvad der

endnu er mere, i staaende Vand store Flader af samme Farve. Hvilket rigt Stof til nye Latterligheder frembyder blot dette Phænomen den Overtroiske! Ak! hedder det da, det har regnet Blod; der vil opstaae en Krig, hvori tusinde Mennesker ville finde deres Grav o. s. v. Og dog gaaer ogsaa her Alt naturligt til. Som bekjendt naae Larverne kun gjennem Puppetilstanden til deres Fuldkommenhed. Naar nu den unge Sommerfugl, sønderriver det Hylster, som en tidlang har omsluttet den, saa efterlader den sig sædvanlig paa det Sted, hvor den for boede, nogle blodrøde Draaber. Ogsaa Farven i staaende Vand, især i Grøfter er en Virkning af forlængst bekjendte Aarsager. Foruden Plantearter, hvis røde Rodsaft let kan blande sig i Vandet, ere der forunderligt farvede Smaadyr, som ved deres røde Farve, fordi de ere saa smaae, at de kun kunne sees ved Mikroskoper, og deres uhyre Mængde, have hos Overtroiske frembragt den Mening, at det har regnet Blod. Imidlertid har man ogsaa Exempler paa at **selv den nedfaldende Regn har været farvet.** Et saadant Tilfælde indtraf blandt andet **i Aaret** 1646 i Brüssel, og gjorde der en saameget desto større Opsigt, som det først blev bemærket i et Kapuciner-kloster, og frembragde de besynderligste Forestillinger i nogle Munkes Hoveder. Men da man nu dog ved nærmere Undersøgelse fandt, at denne Mirakelregn havde rammet ikke blot Klosteret, men ogsaa saamange andre Huse, kom man snart paa den ene rigtige Tanke, at hidlede dette forunderlige Phænomen fra Stoffe paa Jorden, hvilke havde forflygtiget sig i den forudgangne hede Sommer, havde hævet sig op i Luften og der blandet sig med Regnen. — Et lignende Exempel afgiver vor Tids Historie os fra samme Egn. **Den 2den November** 1819 om Eftermiddagen imellem Kl. 2 og 3 faldt der nemlig ved Blankenberg i Flandern i omtrent et Qvarteers Tid en temmelig stærk Regn af blodrød Farve. Som sædvanlig blev denne ogsaa af mange Indbyggere der paa Stedet holdt for en virkelig Blodregn, og anseet for et ulykkeligt Varsel; men en nøiere Undersøgelse viste, at Regnen isædetfor Blod indeholdt Saltsyre og Koboltmetal. — Et endnu mærkeligere Tilfælde indtraf paa nogle Steder i Nederitalien, **den 14de Marts** 1813. Paa den betegnede Dag bleve Folk satte i en ikke ringe Skræk ved en mørk Sky, som tilsidst foraarsagede et saadant Mørke, at man allerede om Eftermiddagen Kl. 4 maatte tænde Lys. Denne frygtelige Sky var i Begyndelsen blodrød, men siden ildrød, lig gloende Jern. Endelig nedfaldt der, ledsaget af Lyn og Torden, en rødlig Regn i store Draaber. Talrige Undersøgelser, som lærde Folk anstillede med Blodvandet, godtgjorde, at dette var blandet med Leerjord, Kalk, Jern og Kulsyre.

b) **Svovlregn.** — Hvo iblandt Eder, som ei har seet denne Metalregn, han lægge om Foraaret efter en Plads- eller Tordenregn vel Mærke til, om der ikke paa de Steder, hvor Vandet har samlet sig, undertiden sees en gulvi Masse at svømme. Denne holde mange Uvidende for Svovl, og tale derfor ogsaa ganske alvorligt om en Svovlregn. For at overtyde Eder om, at den omtalte Masse er Intet mindre end Svovl, behøve I blot at tørre og antænde den, og I ville da forundre Eder over, hverken at finde nogen livlig eller blaa Farve, eller nogen heftig og gjennemtrængende Lugt. Hvorfra dette iøvrigt kommer er ikke ubekjendt for nogen opmærksom Jagttager af Naturen. Der gives nemlig mange Planter f. Ex. Fyr-, Gran-, Elle-, Hasel- og Enebærtræer, som have et rigt,

gult Blomsterstov, som naar det slaaes af ved en Pladsregn, adskredes og af Vandet føres hen til visse Steder, kan foranledige den indbildte Svovlregn.

c) **Sæd- eller Kornregn.** Afseet fra at Korn virkelig ved Hvirvelvinde kan føres iveiret, og atter falde ned til Jorden, behøve I blot, for at finde Aarsagen ogsaa til denne Mirakelregn, at rette Eders Øine paa nogle smaae Planter, som i Marts og April udfolde deres Ser til nibladede Kroner, og som under Benævnelsen Skjørbugsurter (og andre Navne) træffes overalt i Haver, ved Sobredderne, paa sumpige Enge osv. i stor Mængde. Deres Rødder ere næsten ganske blottede for Jord, og ligne sædvanlig Byggkorn ligesameget som det ene Æg det andet. — Afskyllede ved en Pladsregn, eller tørrede ved Solskin, og ved en Hvirvelvind drevne op i Luften, give de, naar de atter falde ned til Jorden, den Regn, som ikke sjælden fører det indbildte Mirakelkorn skjæppevis med sig.

d) **Steenregn.** — Det Vigtigste om denne Regn vil blive Eder meddeelt under Forklaringen om Ildkugler.

Hvorledes det staaer sig med Blod-, Svovl- og Kornregnen vide I nu; men endnu vide I ikke, hvad I have at forestille Eder ved Ild-, Frø- og saamange andre lignende Slags Regn. Saa hører da nu: Det gaaer med alt dette uden Undtagelse ogsaa meget naturligt til. Dersom der med Vandet ogsaa nedkommer saamegen elektrisk Materie, at Draaberne lyse, saa have I de Phænomener, som de efter Under jagende Mennesker kalde Ildregn. — Enhver kjender endvidere den brune Græsfrø, som saa lystig hopper om i Skove, Haver og paa Markerne. Netop disse Dyr forlade især efter en varm Tordenregn deres Smuthuller i stor Mængde, og naar de saaledes vise sig i stor Mængde, saae de Folk til at troe, at de ere nedfaldne fra Himlen. — Saaledes finde vi da overalt, naar vi blot med trolig Flid søge, Aarsagerne til saadanne Phænomener, som i første Øieblik have mere eller mindre af det Underfulde ved sig.

§ 7.

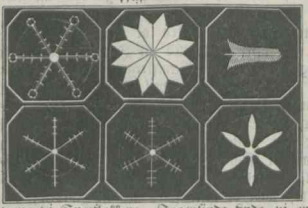
Snee.

Ligesom Regnen saaledes er ogsaa Sneen et Eder alle velbekjendt Luftphænomen. Den falder ned fra en Sky, som fuldkommen ligner Regnskyen, og viser os allerede ved det Sted, hvor den fremstaaer, sit nære Slægtskab med Regnen. Men endnu mere gjør den det, naar den gaaer over i sin draabebare Tilstand. Alt hvad I hidtil have hørt om Vandet ialmindelighed, gjælder ogsaa om Vandet, som fremkommer af Snee; dette kan derfor, ligesom Regnvandet, benyttes paa den forskjelligste Maade. Ivrigt findes der hos dette ingen Salt- eller Saltpeterdele.

1) Saa utallige Sneeflokkene ere, saa meget Mærkværdigt frembyde de ogsaa. Ville I lære at kjende deres forskjellige, men stedse regelmæssige Former, behøve I blot ved streng Kulde, da de ikke besidde nogen betydelig Størrelse, at opfange dem paa fort Papir eller Taft. Allerede et overstadigt Blik vil da gjøre Eder bekjendte med deres straaleagtige Væsen. Undersøge I dem ombyggeligere, saa kan den Eiendommelighed neppe undgaae Eder, at de i Reglen bestaae af 6 Straaler, saaledes som i her see dem

afbildede (Fig. 244), som alle ligge i samme Plan, stode til hinanden under ligestore Vinkler, og danne en smuk Stjerne, som vi ikke nok kunne beundre. Kun sjælden forekomme de i en Form, der afviger fra denne. Den Stjernehed og uendelig Mangfoldighed af mikroskopiske Gjenstande, som Dyre- og Planteriget frembyder, opveies maaskee fuldkomment, om den ikke overtræffes, af de overordentlige forskjællige nette Former, som Naturen har udpræget i Sneeflokkene. Ingensinde finde vi endog blot en eneste Figur, hvori Iisnaalene hæve sig borsteagtigt iveiret; her er meget mere endog de fine Spidser paa begge Sider af de større Naale stillede ved Siden af hinanden under lige Vinkler med samme Regelmæssighed som de enkelte smaae Dele af Fanen paa en Fjer. Men hvoraf kommer vel det Serstraalede og Serstidige, som under alle de forskjællige Former stedse træder frem? Efter Formodning (thi Vished hersker eiheller heri) fremkaldes det ved Elektriciteten. Om iøvrigt de forskjællige Former, hvori den nys faldne Snees smaae Krystaller vise sig, afhænge af Forskjælligheden mellem den positive og negative Elektricitet, som vi tænke os sat i Virksomhed ved Smaaflokkenes Dannelse, har man hidtil kun lidet undersøgt; og det vil maaskee ingensinde blive udfundet, efterdi man ikke forstaaer paa en kunstig Maade at frembringe Snee, saaledes som dette er Tilfældet med Iis.

Fig. 244.



2) Ligesom Regnen saaledes viser ogsaa Sneen sig undertiden rød farvet, ja paa Alperne har Sidstnævnte næsten stedse denne Farve. Men I vilde tage meget feil, om I vilde antage at Alpernes Snee havde det bestrevne Udseende lige ned til Jordfladen; allerede i en ringe Dybde af 2 til 3 Tommer er den ligesaa hvid, som den i Reglen er det hos os. Ogsaa Polarhavets Iis er ikke sjælden bedækket med rødlig Snee. Naar vi nu betænke, at Vinden let kan henblæse forskjællige røde Stoffe paa høie Bjerge, og at der gives en Art Maager, der give rødligt Skarn fra sig, og som især leve i uhyre Mængde paa Polarhavet, saa ere I paa god Vei til at tilbagesøre denne Alpernes og Polaregnenes Undersnee til naturlige Aarsager.

3) Det Velgjørende ved Sneen have I allerede i nogen Maade lært at kjende i Kapitlet om Varmen. Ja allerede dengang meddeelte jeg Eder, hvilket fortræffeligt Middel den er til at kurere frosne Lemmer, men især til at sikkre Jordskorpen og saamange Vexter derpaa for Kuldens skadelige Indflydelse. Dens Nytte beroer næsten alene paa dens slette Varme og Kulde-Ledning. At, hvor ulykkelige vare ikke Beboerne af saadanne Lande, som have en ualmindelig lang og haard Vinter, dersom Skaberen havde forsynet dem mindre rigeligt med Snee! Kun under denne søge de næsten stedse den nødvendige Beskyttelse mod den strænge Kulde. Eskimoernes Hytter i Grønland have vel en Indfatning af Steen og Jord, og ere ogsaa oventil bedækkede med Steen; men den bedste erholde de fra Sneemasserne hvori de ere indhyllede. De Indianeres Boliger, som leve i de nordlige Egne af Amerikas Fastland, bestaae blot af Hvælvinger af Sneen.

§ 8.

Hagel.

Sammenligne I de zürlige Sneeflokke med de regelmæssige Iiskorn, som Hagelveir bringer til os, saa komme I visseligen snart til den Overtydning, at Snee og Hagel ere to fra hinanden forskjællige Naturphænomener. Ikke uden Grund kalde Nogle Sidstnævnte **frossen Regn**. Iisstykkerne som undertiden i faa Minutter ødelægge de frugtbare Marker og Haver, ituslaae Vinduer og Tage, samt saare og dræbe Dyr, ja selv Mennesker, kunne undertiden opnaae en Hasselnøds Størrelse; ja stundom kunde de endog blive saa store som Due- og Hønseæg; Mængden af dem, som undertiden falde i et Hagelveir og den frygtelige Forstyrrelse, som de derved anrette overstige enhver Foreistilling, som vi ere vante til at gjøre os derom. Jeg skal herpaa fortælle et Par Exempler.

Den 3die September 1792 blev Byen Beverungen i det Paderbornske hjemsøgt af et frygteligt Hagelveir. Det varede en heel Time, forvandlede Dag til Nat, og gav en saadan Mængde Hagl fra sig, at disse paa mange Steder laae nogle Fod høit. Endnu nogle Dage efter saae man nogle Hagelkorn af en Valdnøds Størrelse. Den Vandflod som fulgte paa dette Hagelveir, trængte ind i Husene og gjennembrød bist og ber Mure og Vægge. Paa Marken bortrev den en med Hø ladet Vogn. Ikke alene Rudderne, men Vinduets Bly og Træ blev slaaet itu, og mange Skiferplader faldt styrkeviis ned fra Taget paa Gaderne. Byens Ulykke var endnu bleven større, dersom ikke en Mængde Hagel havde tilstoppet Porten og derved i nogen Maade spærret Indgangen for Vandfloden.

Ikke ringere var det Hagelveir, som traf Omegnen af Göttingen den 29de April 1800. Ogsaa her forenede Vandfloden sig med Hagelen for at ødelægge Marker, Haver og Huse. Foruden mange Dyr mistede ogsaa adskillige Mennesker Livet. I Stalden ved Mariengartens Amtshuus ophobede Hagelen sig i en saadan Mængde, at 58 Køer og 8 Kalve bleve næsten bedækkede deraf, saa at de kun kunde blive befriede igjen med stor Umage. Den 5te Mai, altsaa 7 Dage senere, saae man endnu Hagelkorn af Størrelse som en sædvanlig Bøssefugle, og endnu andre 7 Dage derefter gaves der endnu Steder nok, som ved deres Iis erindrede om dette frygtelige Hagelveir.

Angaaende Hagelens Fremstaaen befinde vi os endnu stedse i Uvidenhed; selv de lærdeste Physikere kjende ikke de Aarsager, som pludseligen kunne frembringe en saadan stærk Kulde i Luften, at selv Iismasser kunne dannes. Sin fulde Størrelse synes imidlertid Hagelen først at naae i de lavere Egne af Atmosphæren. Idet nemlig Vand ved Hagelen udstilles af den varmere Luft, som er rigelig opfyldt med Dampe, fryser ogsaa dette Vand, og gjør saaledes Hagelkornene større, end de forhen vare. Herfor taler maaskee Intet saameget, som den Lynild og Torden, der næsten stedse ledsager de frygteligste Hagelveir. Og gives der ikke ogsaa Exempler nok paa, at en daglang vedholdende Regn strax har forvandlet sig til Hagel, naar det har begyndt at lyne?

Hagelen virker ingensinde velgjørende paa Planteriget; den høre meget mere til de forstyrrende Naturbegivenheder, der lig andre Onder i Verden, hænge sammen med velgjørende Frembringelser, og for hvis

Skyld de ikke ere at undgaae. Saaledes har man da allerede forlængst været betænkt paa at udfinde Midler til at sætte en kraftig Dæmning for Hagelens Udbrud; men desværre have alle disse Bestræbelser været mere eller mindre frugtesløse. Ogsaa den saakaldte Hagelafleder svarer ikke i ringeste Maade til sin Hensigt. Saaledes bleve f. Ex. i Natten mellem den 22de og 23de Juli 1816 just de Vinbjerge i Waadtlandet ødelagte ved Hagel, som paa det Bedste vare forsynede med hiin Afleder, medens dog andre, som ingen Afleder havde og befandt sig i Nærheden deraf, bleve ubeskadigede. Hagelafflederen bestaaer af opreiste Stænger, hvorpaa Straareb ere knyttede. Om man endnu søger at forjage og forde.e Hagelveiret ved svært Skyts, saaledes som man gjorde paa nogle Steder i Frankrig i den sidste Halvdeel af forrige Aarhundrede, veed jeg ligesaaldet, som jeg kjender Virkningen af dette Middel, der meget ofte er med Held blevet anvendt mod Tordenskyer. — Det bedste Middel til at sikkre sig mod Hagelskade bliver vel saaledes Assurancefelskaber.

§ 9.

Skypumpen eller Veirtrompeten.

Jeg har her afbildet en Skypumpe (Fig. 245) for at I kunne danne Eder en rigtig Forestilling herom, da Leilighed til at see den ikke frembyder sig ofte; dernæst vil jeg beskrive den Skypumpe, som den berømte Sofarer **Forster** saae at fremstaae, uddanne sig og atter at forsvinde, mellem de nyseelandske Øer.

Fig. 245.



Efter en meget stormfuld Nat, saa lyder hans Beretning, fulgte der henimod Morgen et næsten fuldkomment Vindstille; kun her og der steg der endnu Bolger iveiret, og i nogen Afstand fra Land syntes det at regne noget. Strax derpaa udviklede der sig paa et vist Sted af Havet en hvidagtig Skjold. Traadene eller Soilerne, som opstege derfra, forene sig med et lignende Vandlegeme, som af Skyen kom dem imøde. Efter at en kort Tid var gaaet, dannede der sig atter 3 andre Soiler, den nærmeste af disse kunde være omtrent ½ tydst Miil borte fra Skibet; dens Gjennemsnit ved Basis anslog For-

ster til 70 à 80 Favne. Havet susede heftigt og Dunsterne stege iveiret i Form af en Støvregn. Oventil, nemlig ganske nær ved Skyen, var Diametren ligeledes anseeligere, end i Midten, hvor den maaskee neppe havde en Længde af 2 à 3 Fod. Vandet blev sædvanlig drevet opad i en Sneglegang. Derved at Skyen ikke stedse rykkede fremad med samme Hurtighed, som den Deel af Seilen, der havde leiret sig paa Havet, erholde Seilen en skraa Retning, og krummende sig endog undertiden paa en særsom Maade. Jo mere den nærmede sig Skibet, destomere bevægede Havet sig ogsaa, desto kraftigere brød det sig i korte, ubetydelige Bølger. Seilernes Bedvaren var forstjællig. Iøvrigt hørte man under hele Phænomenet en Larm som Forster lignede ved et Vandfalds Brusen i en dyb Dal; ogsaa faldt da Hagelkorn paa Dækket af Skibet; endelig regnede det gjentagne Gange, og ligeledes lynede det, uden at man dog fik nogen Torden at høre.

De vigtigste Erfaringer om Skypumpen vil jeg her sammenfatte i følgende 7 Punkter. 1, den fremstaaer fordetmeste kun i Nærheden af de Lande, hvor der ofte herster ubestandige Vinde og en foranderlig Temperatur; — 2, den ledsages vel ingensinde af almindelig udbredt Uveir, men dog af Uveir paa Stedet; — 3, man bemærker stedse et overraskende Vindstille i Nærheden; — 4, den fører alle Gjenstande, som gribes af den, hvirvlende iveiret; — 5, den fremstaaer snart ovenfra af Skyerne, snart nedenfra af Vandet; — 6, dens Masse er ikke tæt Vand, men blot Vanddunst; — 7, med Hensyn til Størrelsen da er dens Gjennemsnit fra 1 til 200 Fod, dens Høide fra 30 til 1500 Fod. —

Uagtet det med stor Sandsynlighed kan antages, at der til Grund for Skypumpens Fremstaaen ligger et Spil af elektriske Kræfter*), saa gives der dog endnu Saameget ved denne Naturbegivenhed, som selv ved en saadan Forudsætning ikke kan tilstrækkeligt opklares. Paa hvilken Maade danner f. Ex. den hvirvlende eller spiralformige Bevægelse sig, som Meteorets Vand- eller rettere Dunstmasse følger i sin Op- og Nedstigen? Mærkværdig bliver tilsidst endnu den Omstændighed, at Kanonkugler, som affyres derimod, have Kraft til at dele Skypumpen.

De saakaldte **Landpumper** eller **Landhvirvler** ligne Skypumpen over Have eller Søer. I Aaret 1680 blev et heelt Klokketaarn bortført hele 100 Skridt af en saadan Landpumpe. En anden ligesaa skrækkelig viste sig i Morgenstunden den 13de Oktober 1787 i Nærheden af Bordeaux. Himlen var tæt besat med Skyer, Luften rolig og Vinden foranderlig; Barometret viste, idet Overgivet afværlende steg og faldt betydeligt, et Oprør i Naturen. Pludselig optaarnede Skyerne sig fra alle Sider som Bjerge paa hinanden, bleve af Stormen sammendragne paa et Punkt, og styrtede sig nu, blot en Ubetydelighed fjærnede fra dette, lynsnart til Jorden i Form af en fortil tilspidset Sæk. Først nu blev man den Hvirvel vaer, der ligesom beherskede

*) Befinder en stærk elektrisk Sky sig i en passende Afstand fra Jorden saa kan den modsatte Elektricitet anholde sig paa det lige overfor liggende Sted, og have Sand, Støv og blandt Andet vel ogsaa Vand iveiret, indtil Udladningen finder Sted. Hvor let forklarer sig nu ikke Dannelsen af Skypumpen og Landpumpen!

den hele Skymasse. Egnens Indbyggere, som forendeel arbeidede paa deres Vinbjerge, holdt sig allerede for fortabte, da de fornam den dumpe Larm, Tagenes Raslen og Træernes Bragen. Et mægtigt Egetræ blev revet op med Roden og bortkastet nogle Fod. Endelig deelte Pumpen sig paa samme Side som den opstod. Den hele omliggende Eng havde Intet bemærket til den.

En tredie næsten kun i **Saharas** øvre Sandorken forekommende Naturbegivenhed ere de **Sandhvirvler** eller **Sandsøiler**, som stige op af Sletten, og undertiden, naar nemlig deres Tal er bleven ret betydeligt, spærre Solens Straaler Gjennemgang. Mange Sandhvirvler række med deres Spidse til Skyerne. Hvor frygtelig de kunne blive, viser den Omstændighed Eder tilstrækkeligt, at ikke sjælden hele Reiseselskaber finde tilligemed deres Kameler deres Grav i dem.

§ 10.

Torden.

Om Aarsagen til Tordenveiret, hersker der nu, efterat Atmosphæren er bleven mangfoldig undersøgt, ingen Tvivl mere. Saaledes stod det sig ikke med denne frygtelige Naturbegivenhed i tidligere Tid; saalænge nemlig endnu Ingen havde lært at kjende den elektriske Funke, saalænge kunde aabenbar Ingen tænke paa nogen Overeensstemmelse mellem Lynet og hiint underfulde Lys. Jovrigt førte først Opdagelsen af Forstærkningsflasken og Batteriet til høist interessante Forsøg over Luftelektriciteten. **Franklin**, hvis skarpe Alt gjennemtrængende Forstand ogsaa viste sig paa det Skjønneste ved denne Leilighed, var den Første, som, efterat han tilstrækkeligt havde udforsket Metalspidsens Kraft til paa Afstand at udlade elektriske Legemer, tænkte paa Muligheden af at gjøre Virkningerne af den atmosphæriske Elektricitet fornemmelig. Stottende sig paa sine grundige Jagttagelse og Resultaterne af mange interessante Experimenter paastod han alt i Aaret 1747, **at Lynet var en elektrisk Funke, og at det, naar det slog ned, gik ganske som denne fremad ved gode Ledere, uden at efterlade skadelige Virkninger; men at den derimod ved Overslag fra en Leder til en anden frembragde odelæggende Virkninger, især Smældninger og tændende Funker.** Samtlige disse den store Mands Paastande ere i den følgende Tid stedse paany blevne bekræftede som sande. I Mangel af meget høie Bygninger kom han paa den lykkelige Tanke at lede Skyens Elektricitet ned til Jorden langs med en Snor ved en flyvende Drage; men tænkte formodentlig ikke derved paa den overordentlige Fare, han derved selv udsatte sig for. Hans Drage steg. Uagtet den svævede temmelig nær ved en Sky, som syntes at være temmelig mættet med Torden, saa viste Snoren, som han stedse holdt i Haanden, dog intet Spor af Elektricitet, saa at han alt befrygtede, han skulde have taget feil i sine Formodninger. Men kort efter blev Følgen en anden. Efterat nemlig en fin Regn havde gjort Snoren noget vaad, og derved betydeligt forstærket dens Ledningsevne, lykkedes det den udholdende Jagttager, at aflokke den nogle Funker. Hans Glæde ved denne Leilighed kjendte ingen Grændser. Var Snoren iovrigt blevet ganske

vaad, eller havde den blot bestaaet af bedre ledende Stof, saa kunde Franklin let have kommet til at bøde for sin Dristighed med Livet, ligesom den fortjente Professor **Richmann** i Petersborg, som den 6te August 1753 i sin Studerestue anstillede lignende Forsøg over Luftelektriciteten. Hiint Forsøg, hvorved den elektriske Drage spillede Hovedrollen, gjentog senere en Franskmand ved Navn **de Romas** med langt større Fuldkommenhed. Han bandt sin Drage ved en Snor, som var gjennemflettet med en Metaltraad, men lod den, for at sikkre sig mod Fare, siden forneden gaae over i en 8 à 10 Fod lang Snor af reen Silke. Ifsedetfor at fremkalde Funkerne med Fingeren, hvorved, som I vide, Jagttageren selv erholder Udladningen, brugte han en Metalleder, som stod i Forbindelse med Jorden ved en Jernstæde, og som kunde holdes ved et isolerende Haandgreb. De Romas's Drage steg 550 Fod høit, og trængte derfor langt ind i mangen Tordensky. Da jeg her ikke vil angive alle Resultaterne af hiint Experiment, bemærker jeg blot, at de Romas i een Time erholdt 30 Funker, hvis Længde var 9 til 10 Fod og som havde en Tykkelse af en Tomme, og at endvidere det Buldet, som de lode høre, lignede Knaldet af en Pistol. Kunde man nu vel efter saa glimrende Forsøg tvivle paa, at Lynet var en Virkning af den elektriske Materie?

Foran Tordenveiret gaaer en Dannelse af visse Skyer, og det enten paa Stedet selv, hvor det kommer til Udbrud, eller ogsaa paa et andet, hvorfra det drives hen dertil. Alle disse Skyer ere i Førstningen meget smaae, men antage successiv vel ogsaa pludselig en betydelig Størrelse. Hvad der ivrigt gjør dem kjendelige for os, er forendeel deres Figur, idet de nemlig fra en langagtig Form hurtigt gaae over i en afrundet; deels ogsaa deres Belysning, som sædvanlig danner en stærk Modsætning til andre Skyers Farve. Talmindelighed tilhøre Tordenskyerne de lavere Egne af Atmosphæren. Den Form, som Lynet efter Udseendet har, bidrører blot fra dets hurtige Bevægelse. Paa de Steder, hvor det forbliver roligt, ligner det aabenbart en Ildkugle. Dets zikzakformige Bane forklares af den mægtige Sammentrykning af den Luft, som Lynet driver foran sig, og som nøder det, fordi Trykket er altfor stærk, til gjentagne Gange at springe af sin Vei.

Med Lynets Udbrud er Tordenens Fremstaaen forbunden, hvilken, skjøndt den i og for sig er uskadelig, just foraarsager os den største Skræk ved et Tordenveir. Lynets Indtryk taber sig øieblikkeligt; ved Tordenen forkynder Uveiret sig derimod alt fra det Fjerne. Uden at see os om efter det, høre vi, hvorledes det kommer os nærmere, og fra Minut til Minut vorder stærkere, og stedse alvorligere erindrer os om den Fare, som truer os. Tilligemed Lynet følger det første Tordenslag. Aarsagen til at dette naaer vort Øre senere end hiint vort Syn ligger paa den ene Side i Uveirets Afstand, paa den anden Side i den Tid, som et Skrald bruger for at naae fra et Sted til et andet. Mange erklære Tordenen for et Ekko i Luften; Regle antage imidlertid, at den fremstaaer, naar Luften ved Lynets Overspringen afverlende udvider og sammendrager sig. I Bjerge hvor der stedse forener sig et stærkt Ekko dermed, bliver Tordenen langt skrækkeligere end paa det flade Land. Alt vi kunne beregne, hvor langt Uveiret er borte, naar vi sammenligne Tordenen og Lynilden, har jeg meddeelt Eder i Afsnittet om Lyden.

Ved Hjælp af tilspidsede Jernstænger, som ere 24 til 30 Fod lange, godt isolerede, opreiste paa en Bygning, og ved en Traad satte i Forbindelse med et meget følsomt Elektroskop (Fig. 246), har man fundet, at Luften ved klart Veir stedse er positiv elektrisk, saavelsom at Elektriciteten tiltager i Styrke med Høiden; ved Tordenveir, ved Regn og Sneeveir derimod snart positiv, snart negativ; men stedse modsat Jordens elektriske Tilstand. Ved den gjensidige Tiltrækning af uligeartede elektriske Skyer, opstaaer deres Bevægelse og Forandring af Form. Vel lod der sig endnu sige Meget om Aarsagen til Tordenveir; men jeg vil her afholde mig derfra, fordi det næsten Alt henhører til Hypothesernes Gebeet.

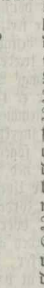


Fig. 246.

Efterat I nu vide, hvad Tordenveiret er, troe I vist ikke mere, at en Steen, en saakaldet **Tordenkile** kastes til Jorden med Lynilden. Allerede det Ydre af et saadant Legeme modsiger en saadan Antagelse. Dersom Spaltningen af saadanne Træer, som træffes af Lynilden, var foraarsaget af en saadan Steen, hvor forslaaet maatte da ikke et Mennesse see ud, som blev ramt af en lignende Stjebne. Men vi have endnu aldrig opdaget noget Spor, endog ikke det ringeste af noget Saadant hos Mennesker, som ere blevne dræbte af Lynilden. At et Huus, hvori en saadan Tordenkile er opbevaret, er sikkert for Lynilden; at en Ko, hvis Iver er bestroget med en saadan Tordenkile, atter skulde faae sin Mælk, som den antages at have mistet ved Hexeri: at antage Sligt for sandt, vidner ligesaa meget om Overtro, som at Nogen opbrænder paa sin Skorsteen noget Træ, hvori Lynilden engang har slaaet ned, for at beskytte sit Huus mod Tordenveiret. Mange af de saakaldte Tordenstene ere med temmelig Sikkerhed at ansee for Vaaben fra en ældgammel Tid; nogle lignende finde vi nemlig ikke sjælden i Gravhoiene. — Mange tale ogsaa om et koldt Slag; og paastaae, at dette atter kan udslukke den Ild, som en anden Lynstraale kort iforveien har antændt. Er en saadan Tale ikke ligesaa taabelig, som om Nogen vilde forsikkre at der gaves varme og kolde Pistolskud? Enhver Lynstraale er altid et heftigt Udbrud af den elektriske Materie, hvad enten den tænder eller ikke tænder. Naar nu Ilden i en Skorsteen kan blive slukket derved, at man i dette snævre og indesluttede Rum affyrder en Pistol eller et Gevær, hvorfor skulde da ikke ogsaa en anden Lynstraale have en lignende Kraft? Forer Lynet hen mod en Muur eller over et Metal, saa kan det aabenbart ikke tænde; ja selv naar det træffer Træ paa sin Vei, kommer det endnu meget an paa, om dette er haardt eller blødt, vaadt eller tørt, raaddent eller frisk, om Lynet enten blot berører Overfladen, eller trænger ind i det Indre af det nævnte Brændmaterial.

Jeg kommer nu til at tale om **Tordenlederen**. Det kan ikke sættes Nogen paa Leilighed til at see den; thi der findes ikke faa Bygninger, hvorpaa den er opreist. Tordenlederen maa bestaae af en Jernstang, som fra Grundfladen bliver smallere opad og ender sig i en Kobberstang. Spidsen paa Enden af Kobberstangen maa være meget skarp, for at den kan virke paa den elektricerede Sky endog i en temmelig stor Afstand. Den maa endvidere bestaae af et Metal, som ikke let lader sig smælte eller oxydere. Til den Ende tager man sædvanligt Platina dertil, og lodder til Enden af Kobberstangen en Platinnaal af omtrent 2 Tommers Længde (Fig. 247). — Jernstangen maa befæstes paa den Bygning, man vil be-

Fig. 247.



skytte; dens Høide maa være fra 21 til 27 Fod, og dens Brede omtrent een Tomme. Erfaring lærer, at en Tordenlederstang beskytter et kredsformigt Rum der har til Radius det Dobbelte af dens Længde. En Stang paa 30 Fod kan saaledes beskytte en Bygning af 120 Fods Længde; og en Bygning af 60 Fods Længde vilde saaledes kun behøve en Tordenleder af 15 Fods Høide. Kondukteren som sætter Tordenlederstangen i Forbindelse med Jorden, maa bestaae af flere Jerntraade, med et Gjennemsnit af 15 til 16 Millimetre, og som ere forbundne med hinanden i et Bundt. Det er raadeligt at overdrage dem med et Lag af Tjære, for at forebygge Oxyderingen. Paa Lederen maa der slet ikke findes noget Hul eller Afbrydning; den maa gaae ned langs med Taget eller Muren, og ende sig i en Hule eller et fugtigt Sted af 12 til 15 Fods Dybde. I ethvert Tilfælde er det raadeligt, at den Ende af Kondukteren, som gaaer ned i Jorden, deler sig i flere Grene, for at Forbindelsen med Jorden kan vorde saa stor som mulig.

Nytten af Tordenlederen har godtgjort sig gjennem en lang Række af Aar. Drager nemlig en elektrisk Sky saa nær over min Tordenleder at den kan udøve en bemærkelig Indflydelse derpaa, saa adskiller den dens naturlige eller bundne Elektricitet; driver den ligebenævnte ned i Jorden og drager den uligebenævnte til sig. Sidstnævnte begiver sig derfor til den høieste Ende af Spidsen og opnaaer der en saameget betydeligere Styrke jo kraftigere Virkningen af Skyen er. Ifølge heraf slaae de fugtige Luftdele, som befinde sig mellem Skyen og Afleder en, ned paa denne med største Hurtighed, tabe saaledes den Elektricitet, som Skyen har meddeelt dem, og lade sig strax atter med en meget kraftig modsat Elektricitet, som er taget fra Metalspidsen. Aabenbar flye de nu ligesaa hurtig den nye, som forhen den gamle Giver, ile op til Skyen og blive paa denne Maade atter elektriske anden Gang. Saaledes følge Ladning og Udladning hurtigt og uafbrudt paa hinanden. Hvo der erindrer Almeensætningen for de modsatte Elektriciteter (hvorledes lyder den?), ham maa det ogsaa være klart, hvorledes Udladningen under saadanne Omstændigheder i Reglen følger uden Explosion, og hvorledes Tordenlederen maa vise sig som et fortræffeligt Beskyttelsesmiddel for alle Legemer, som befinde sig i en ringe Afstand derfra. Strækker Elektricitetens hurtige Afgang ikke til, hvad meget ofte skeer, og følger virkelig et Udladningsslag (den sukkessive Udladning af Tordenskyen ved Spidsen af en Afleder drages i Tvivl af Mange); saa maa dette aabenbar falde paa Spidsen, fordi just her den gjensidige Tiltrækning af de uligeartede Elektriciteter er kraftigst. Alt dette har Erfaringen isvrigt ogsaa fuldkommen bekræftet. Kort efter den første Anvendelse af Tordenlederen foreviste man Spidsen af dette Instrument, og denne var bleven smeltet, ganske saaledes som en Jerntraad ved Funkerne af et stort Batteri; men i Huset sel havde dette frygtelige Slag ikke efterladt noget Spor. Franklin er Tordenlederens Opfinder.

Er et Huus ikke forsynet med Tordenleder, saa maa man tage andre Forsigtighedsregler, som sikkre os for Slaget. Jeg vil her nævne nogle af de vigtigste af saadanne. For det Første vælge man det Sted i Stuen til sit Ophold, som er meest fjernet fra alle gode Ledere for Elektriciteten

(det bedste Sted bliver ustridigt Stuens Midte). At sætte sig i Nærheden af et Vindue, en Varg, eller vel endog ved Kakkelovnen er en høist farlig Sædvane; thi Lynet følger fortrinsvis Væggen, og vi have ofte seet, hvorledes det især smælter Blyet i Vinduerne, og det Metal, som befinder sig ved Dørre og Vægge. At vedligeholde Ild paa Ildstedet, at træde hen i Skorstenen, Husets høieste Gjenstand, at være sammen med mange Mennesker i en lille Stue, er ikke mindre farligt, naar et Tordenveir er i Nærheden, og maa derfor ombyggeligt undgaaes. Træk derimod bestemmer efter al Sandsynlighed ikke Lynets Vei. Ere vi paa Marken i et stærkt Tordenveir, saa er Faren for at blive ramte meget stor; thi Lynet søger langt hellere de høieste Gjenstande, end at den skulde ved Luften fare ned i Jorden. Vi kunne derfor i et saadant Tilfælde, det vil sige, naar Uveiret er os ganske nær, ikke gjøre noget bedre end lægge os ned paa Jorden, og hellere udsætte os for den stærkeste Regn, end for den Frygt, hvert Øieblik at blive ramte af Lynilden. Farligst er Stederne i Nærheden af eller under Træer. En ligesaa aandfuld som menneskekjærlig Physiker, nemlig den afdøde Lichtenberg i Göttingen, gjorde engang det Forslag, at hefte en Tavle paa ethvert Træ, som stod midt paa Marken, med den Indskrift: **her rammes man af Tordenen!** Egetræerne ere sandsynligt de bedste Ledere blandt alle Træer. Træder nu et Menneske, naar Tordenveiret er nær, under et saadant Træ, saa er Tiltrækningen af den elektriske Materie aabenbar desto stærkere og Faren for at blive truffet desto større. Det er maaskee ikke overflødigt at bemærke, at man, naar man er tilhest, er udsat for en større Fare end naar man er tilfods, og at det derfor er klogt at staae af Hesten naar Tordenveiret er nær, og fjærne sig idetmindste 10 Fod fra Hesten. Paa fri Mark er en Hule et meget sikkert Tilflugtssted; dog har man herved at vogte sig for, at man ei udsætter sig for maaskee at blive begravet under de fremstaaende Jordlag, som let kunne løsnes, om det regner stærkt. Træffer det sig endeligt at vi under et Tordenveir befinde os i en Skov, saa kunne vi uden Betænkelighed fortsætte vor Vei; thi her ere vi paa alle Sider omgivne af Træer, og Tiltrækningen har ingen Overvægt i nogen Retning.

En særegen Opmærksomhed fortjener Virkningen af Lynet, som det stærkeste Udladningsslag, paa det menneskelige Legeme. Ifølge nøiagtige Undersøgelser ere følgende Omstændigheder de vigtigste: 1, samtlige synlige Beskadigelser, som Lynet frembringer, udstrække sig hovedsagelig til Overfladen, og langt mindre til det Indre af Legemet; — 2, altid vise der sig plet- eller stribeagtige Fordybninger paa Huden og den indre Side af Beklædningen; — 3, den Vane, som derved betegnes, retter sig hverken efter Knoglernes, Aarenes eller Nervernes Løb, men er i det Hele taget, nogle uregelmæssige Fordelinger og Udbredninger fraregnede, rettet mod Jorden ad den korteste Vei, eller ogsaa efter en Gjenstand af Metal; — 4, med Undtagelse af de Steder, hvor Elektriciteten er sprungen til eller fra, ere Beskadigelserne stærkest, hvor Hindringer have stillet sig iveien for den frie Udbredelse under Klæderne; — 5, Beskadigelsens Grad aftager udenfra indad; — 6, om man endog undertiden træffer Beskadigelser af de med Hud bedækkede Dele og Udgydelser af Blod, saa ere dog de fine indre Dele ubeskadigede.

Med Hensyn til de forskjællige Midler som ere blevne anbefalede til Oplivelse og Helbredelse af dem, som ere blevne truffne af Lynild, vil jeg

blot bemærke, at selve Elektriciteten har ved grundigt anstillede Undersøgelser viist sig som det virksomste.

Af de mangfoldige Forsøg, som ikke blot godtgjøre stor Mangfoldighed men ogsaa meget Underfuldt i Lynets Virkninger, vil jeg her anføre følgende:

I **Sprachendorf**, en By i Schlesien, slog Lynet ned i en Kirke, Søndagen den 7de August 1803. Paa den Tid var der i Kirken en Forsamling af 1000 Mennester; disse bleve næsten alle bedøvede og kastede til Jorden; Lynilden traf og strøifede omtrent 50, og kun en 17aarig Pige, som havde baaret en Sølvkjæde om Halsen, som nu befandtes at være smeltet, blev dræbt. Iøvrigt flagrede der en Mængde losrevet Guldstads omkring i Kirken. Men besynderlig nok! netop den Mand, som sad i Nærheden af det Vindue, hvorigjennem Lynilden foer ind, var ganske ubeskadiget; derimod vare Benene og Klæderne paa begge hans Naboer svedne.

Den 13de Mai samme Aar blev en Hyrde, hans Hund og 40 Faar ramte af Lynilden, ved **Drechtow**, en lille By i Mittelmark. Faarene laae adspredte omkring deres dræbte Hyrde, og vare aldeles skaldede, uagtet man intet Spor kunde opdage af Ulden. Ogsaa Hyrden var blottet for selv den ringeste Bedækning. Bel vare hans Beenklæder ganske forrevne; men de hang dog saaledes sammen, at den Maade hvorpaa de vare adskilte fra Legemet, maatte synes aldeles uforklarlig. Under den dræbte Mands Hals bemærkede man to Huller; hans Stav, Tobakspibe og Hyrdetaske, kort Alt var ødelagt og laae nogle Skridt fra ham paa et ihjelslaaet Faar.

§ 11.

St. Elmsild og Kornmod.

Et ganske eiendommeligt elektrisk Phænomen, ere de Veirlys, som nu sædvanligt kaldes **St. Elmsild**, men af de Gamle kaldtes **Castor og Pollux**. De bestaae enten af en Lysbusk (ved positiv Elektricitet), eller af Lysknopper (ved negativ Elektricitet, vise sig kun om Aften og Nat paa de høieste Steder af forskjællige Gjenstande, især paa Spidsen af Taarne og Mastetræer, og have den største Lighed med den Elektricitet, som udstrømmer i Luften af Metalspidser. Intet begunstiger deres Fremstaaen saameget som naar den lavere Luft er ret stærk mættet med Elektricitet. Da en hurtig Tiltagen af Elektriciteten, der som bekjendt fremkalder Lynet, kun sjælden, ja maaskee aldrig finder Sted, naar de vise sig, saa holder man dem for et sikkert Tegn paa, at Tordenen vil gaae over uden at slaae ned. Et lignende elektrisk Lys udgaaer undertiden fra Haarene og Klæderne paa Personer, som under et Tordenveir befinde sig i det Frie.

Den saakaldte **Kornmod**, hører ligesom Tordenen til Sommeren; men forekommer dog hyppigere end denne om Foraaret, Efteraaret og Vinteren. Den er et Lyn uden Torden. Efter flere for den lovende Aarstid særdeles varme Dage bemærke vi ikke sjælden et Lysskin, som oftest opstaaer i Nærheden af Horizonten, vender gjentagne Gange tilbage, men gjennemstrømmer ikke Luften saafarmig som Lynilden. Kornmoden er i ethvert Tilfælde en eiendommelig fra Tordenveiret forskjællig Naturbegivenhed; men angaaende Aarsagerne dertil er man endnu ikke enig.

§ 12.

Stjerneskud og Ildkugler.

Enhver af Eder kjender de smukke hurtigt forsvindende Lysphænomener paa Himlen, som vi kalde **Stjerneskud**; jeg vil derfor her blot henvende Eders Opmærksomhed paa Følgende: Stjerneskuddene vise sig vel til enhver Tid paa Aaret, men især hyppigst i Natten til den 10de August, og endnu mere i Nætterne til den 11te, 12te og 13de November. Den 12te November 1799 viste de sig f. Ex. i saadan Mængde, at man kunde bemærke deres klare Skin i Værelserne. Og dette var ikke blot Tilfældet i Tydskland og andre Lande i Europa, men selv i Afrika og Amerika. Særdeles mange Stjerneskud bleve ogsaa bemærkede i Aaret 1836. — Ifølge Jagttagelser, som nogle Lærde i den nyere Tid have anstillet over Stjerneskud, er deres Skueplads i forskjellige, men dog i meget større Høider, end de, hvor Skyerne og andre med dem sammenhængende Naturbegivenheder have hjemme. Man ansætter endog deres ringeste Høide til een geographisk Miil. For vi iøvrigt troe de Lærdes Angivelser, saa tilbagelægge Stjerneskuddene 3 til 5 Miil i eet Sekund. — At Stjerneskud ere Phænomener, som ere afhængige af Klimaets, Veirligets, ja selv af Jordens Beskaffenhed, ere neppe mere at betvivle; men dog ere vi endnu stedse uvidende om, hvori de bestaae, hvilke Stoffe det er, som hæve sig i Atmosphæren og antænde sig i den betegnede Høide. Sædvanlig tabe alle Stjerneskud sig atter i Luften. Den geleagtige Materie, som man undertiden har opdaget, naar de falde til Jorden, har vistnok noget gaadefuldt ved sig, hvad dens Oprindelse angaaer; men den kan dog ikke ansees for en Frembringelse af Atmosphæren, og som Stjerneskuddenes virkelige Substants, eftersom den, som nøiere Undersøgelser have lært, bestaaer af dyriske Substanser. Den lysende Hale, som Stjerneskuddene ikke sjælden føre efter sig, er i ethvert Tilfælde blot en Følge af det blivende Lysindtryk.

Med **Ildkugler**, som ogsaa af Nogle kaldes store Stjerneskud, har det en lignende Sammenhæng, som med Stjerneskud; uden vi vide deraf opstaae de i Luften, flyve en Strækning igjennem den, lade en lysende Hale efter sig og forsvinde snart aldeles lydløst, snart med et stort Knald. Med Hensyn til deres Omfang ere de meget forskjellige. Nogle besidde f. Ex. efter troværdige Mænds Vidnesbyrd et Gjennemsnit af 1000 Fod og derover, andre derimod ere neppe saa store som et Menneskehoved. En Ildkugle af sidste Slags saae man den 13de November 1829 i Nærheden af Prag. Den faldt endnu brændende til Jorden, bristede uden Knald, bedækkede nu en temmelig betydelig Strækning af Marken og kastede i flere Timer Funker af temmelig stærk Glands fra sig. Den følgende Morgen forundrede Folkene sig ikke lidet over at finde Jorden brændt lidet over en Linie dybt. Da Ildkuglerne komme pludselig tilsyne og ligesaa hurtigt forsvinde, saa har man kun kort Tid til at iagttage dem; derfor har der ogsaa dannet sig mange Slutninger om dem; men man har ingen Vished.

Ildkugler føre mig iøvrigt hen paa den Mirakkelregn, som forhen da Talen var om Blod-, Svovl-, Jldregn osv., kun kunde blive antydet. Jeg vil nu nærmere beskrive og saavidt muligt forklare den. Jeg mener nemlig

Steenregnen. Her er især to Spørgsmaal, som vi have at besvare, nemlig: 1, **Er det sandt at Steen undertiden falde ned af Luften?** og 2, **hvilke ere de vigtigste Formodninger,** (thi om Visshed kan eiheller her være Tale) **som man nærer med Hensyn til Steenregnens Oprindelse?**

Steenregnen er intet Hjernespind; men en velbegrundet Kjendsgjerning. — Den 26de April 1803 om Eftermiddagen henimod Kl. 1 faldt der i Egnen af l'Aigle i Departementet de l'Orne paa en Fladestrækning af omtrent 2 franske Qvadratmile, en saa stor Mængde Stene ned, at man anslog deres Antal til omtrent 2000. Den største af dem alle veiede endog over 17 ℔. Her vare Beboerne af mere end 20 Landsteder Øievidner til Phænomenet og deres Udsagn stemte i det Væsentlige overeens med hinanden. Mange Stene, som dog alle vare meget smaae, faldt ned i Nærheden af de forstrækkede og forbauste Tilskuere; ja en Mand var endog nær bleven ramt af dem. Men da han derefter tog Stenen, som havde streifet ham benad Armen, i Haanden, fandt han den brændende hed, og kastede den atter paa Jorden. — En Steen, som den 13de December 1745 om Eftermiddagen mellem Kl. 3 og 4 faldt ned i England, veiede, hvad vistnok overstiger enhver Forventning, 56 ℔, og var endnu varm, da man atter havde gravet den ud af det 18 Tommer dybe Hul, som den havde slaaet. — En 3die Steenregn fandt Sted om Aftenen den 16de Januar 1794 i Nærheden af Siena i Storhertugdømmet Toskana. Ogsaa her vare mange Personer Øienvidner til denne underfulde Begivenhed. De nedfaldne Stene, af hvilke kun faa havde en Vægt af et Pund, bleve flittigt opsøgte, og betalte dyrt især af Englændere. En af disse Stene slog Hatten ned over Øinene paa en Dreng.

Afseet fra Tyngden, som fra nogle Lod stiger til flere Zentner, ligne disse Stene, som paa en saa forunderlig Maade sendes os, hinanden indbyrdes nærsten i enhver Henseende, men ikke nogensomhelst Steen paa Jorden. Heraf følge nu to Ting: 1) **at de alle maae have samme Oprindelse,** og 2) **at de ikke først kunne være hævede ieveiret fra Jordens Overflade, eller være udkastede fra nogensomhelst Vulkan.** — Men hvorfra komme de da: Maaskee fra Vulkaner paa Maanen? Dette kunne vi ikke antage; thi endda blive endnu meget vigtige Omstændigheder uforklarede. Fremfor Alt maatte jo da paa Maanen findes Kræfter store nok til at kaste dem udover Maanens Tiltrækningssphære d. v. s. flere tusinde Mile. Men saadanne Kræfter kjende vi ikke Noget til. Og hvad skulde vi da vel ved en saadan Antagelse sige om Stjerneskuddene, som ganske ligne hine? — Den Mening, at disse gaadefulde Stene danne sig i Atmosphæren. og det af Stoffe, som ere opstegne af Jorden, er ikke blot usandsynligt (mange Physikere holde den iøvrigt endnu for den rigtige), men endog umulig; thi vi kjende ingen Proces, som vilde være istand til øieblikkelig at forene de fine i Luften opløste Stoffe, og sammenhobe dem til endog centnertunge Masser. Men naar de nu hverken ere Maane- eller Luftstene, hvorfra komme de da? Vi gjøre da vel bedst i at antage dem for Smaalegemer, som høre til Verdensrummet, der vel bevæge sig efter bestemte Love, men som ere blevne tiltrukne af Jorden, naar de ad os ubekjendte Veie ere komne i dens Nærhed.

§ 13

Den flyvende Drage

Den flyvende Drage, som her skal omtales (Naturhistorien omtaler nemlig en anden) er eiheller andet end en ildagtig Naturbegivenhed, sandsynligviis en sig antændende Gasart, som i en Kugles eller Bjælkes Skikkelse drager med største Hurtighed gjennem Luften, og lader see en lang glindsende Hale efter sig; den forsvinder endvidere ikke saa hurtigt som et Stjerneskud, men bevæger sig i den Skikkelse, som den tilfældigviis har erholdt nogle Minutter. Dette Phænomen har faaet sit Navn af overtroiske Folk, som ansaae det for en ond Aand, der bragde saadanne Mennesker, som havde affluttet en Kontrakt med ham, Penge, Smør, Æg og lignende Ting. Lad endog en flyvende Dage nærme sig en Skorsteen, ja maaskee endog fare ned i den: den er dog kun en Naturbegivenhed, og ingenlunde et selvvirkende Væsen. Naar Dragen imellemstunder tager sin Vei benimod en Skorsteen, beroer det paa en vis Aarsag, der forlængst er os Alle bekjendt. Ilden i Kaminen, Ovnen eller paa Skorstenen osv. udvider, som I vide, Luften i Skorstenen; den ydre Luft strømmer da hurtig til for atter at tilveiebringe den tabte Ligevægt, og fører da den flyvende Drage med sig.

§ 14.

Lygtemænd.

Ogsaa paa Jorden see vi undertiden Lys, som ere vel egnede til at indjage den Overtroiske Frygt og Skræk. Herhen høre da især de saakaldte **Lygtemænd**. Disse ligne langt borte fra brændende Lys, som ikke forblive roligt paa eet Sted; men som meget mere fare hid og did. Man seer dem sædvanligviis paa Kirkegaarde, Valdpladse, Nakkerkugler, sumpige Steder o. s. v. Hvor uendelig Meget baade Sandt og Falskt fortælles ikke om dem! saasom at de fore Mennesker, som gaae efter dem, i Sumpe og Moradser; at de sine for dem, som modigen forfølge dem; men følge efter de Mennesker, som flye for dem: alt dette er ligesaa sandt, som det er usandt, at Lygtemændene ere Spøgelser og natlige Aander, at deres største Fornøielse bestaaer i at drille og plage Folk osv. Aarsagerne til de først omtalte Kjendsgjerninger ligge i Beskaffenheden af Phænomenet selv. Lygtemændene ere ikke Andet end Phosphor-Vandstofgas, der, som I Alle vide af min tidligere Underviisning, antænder sig selv i Luften. Men nu faae vi Phosfor, denne gjennemskinnelige, bleggule, let smæltelige Masse, af Knokler og andre dyriske Stoffe; og det maa da være Eder klart, hvorfor Lygtemænd saa gjerne opholde sig paa de nævnte Steder. At endvidere selv det ringeste Vindstød er tilstrækkeligt til at drive Lygtemændene bort fra os, eller føre dem til os, er en Følge af Phosphor-Vandstofgassens yderst ringe specifiske Tyngde. — Forøvrigt danner ikke enhver lys Flamme, som vi blive vaer i det Fjerne, en Lygtemand; eller have I maaskee ikke seet, hvorledes f. Ex. vor lille St. Hansorm, der findes i vore Have og Skove i Slutningen af Juni og Begyndelsen af Juli, glindser og lyser paa lignende Maade? Efter de Fortællinger, som Historien opbevarer os, maae Lygtemændene have været langt talrigere i tidligere Tid end nu, sandsyn-

ligviis fordi Skovene da vare tættere og Sumpene hyppigere og af større Omfang. En renset Luft begunstiger slet ikke Lygtemændene.

Endnu maa jeg med et Par Ord omtale den Ildstikkelse, der undertiden indtager et Rum af 2 til 4 Fod, og hvorom det hedder, at **det brænder for eller over Penge.** — Ogsaa dette har sin Oprindelse af Phosphor-Vandstofgas. Overtroiske, som see dette, troe for fuld Alvor, at det er Penge, som brænde, ja fortælle vel endog, at Nogle forstaae at bringe Skatten frem ved at henkaste deres venstre Sko, eller et andet Legeme paa det underfulde Sted. Falde slige Mennesker i Hænderne paa Folk, der udgive sig for Skattegravere, saa faae de naturligviis Intet; men blive endog narrede for deres faa Penge, som de maaskee med stor Møie have sammensparet.

§ 15.

Nordlys.

Dette Phænomen har især, som og dets Navn antyder, hjemme i de nordlige Lande saasom Norge, Sverrig, Lapland, Sibirien og Nordamerika; og ogsaa denne Indretning vidner om Skaberens Viisdom og Herlighed. I de nordlige Lande bersker om Vinteren en næsten uafbrudt Nat, da — naar Jorden er øde ogdens Udseende sørgelig — straaler pludselig Himmelen i en ubeskrivelig Pragt og Herlighed; ligesom indhyllet i Ild, udbreder den en mægtig Glands om sig, og forvandler idetmindste i nogle Timer den mørke Nat til en temmelig klar oplyst Dag. Ved det Nordlys, som den 27de August 1817 saaes paa de skotlandske Øer, saae man først i Nordost en smal Lysstribe, som hævede sig lidt over Horizonten, stod derpaa en Tidlang rolig, og udsluktes da atter. 2½ Time derefter viste det sig i den samme Himmelegn; men denne Gang langt stærkere, mere glindsende og ogsaa i større Udstrækning end første Gang. Man bemærkede kun en ubetydelig Bevægelse deri mod Sydost. Disse lysende Straaler hvis forskjællige Skikkelser og Farve ikke beskjæftigede Aanden mindre end Øiet, gjennemkrydsede uophørligt det hele Himmelrum, som begrændsede den store Bue, der i Form lignede Regnbuen, mod Nordvest i alle Retninger. I Begyndelsen var næsten enhver Straale blot en hvidlig Lysstribe; men snart tiltog det i Størrelse og Skjønhed; tilsidst forvandlede det sig atter til tynde ligelinede Traade, hvis i Reglen yderst livlige og glindsende Lys havde en bestemt rød Farve. Saaledes forholdt det sig med dette, og saaledes forholder det ogsaa omtrent med ethvert Nordlys. —

Disse omtalte Lysphænomener, bare i lang Tid de Eneste, man havde bemærket ved Nordlyset; men i Aaret 1740 bemærkede to Svenskere endnu ganske særegne Omstændigheder derved; de saae nemlig til deres Forundring, at medens Nordlyset varede, kom den frit svævende Magnetnaal næsten stedse i Svingninger, som iøvrigt vare uregelmæssige, og stedse fremtraadte desto stærkere, jo livligere og mere udbredt Nordlyset var. Desværre førte selv denne smukke Opdagelse ikke til nogen tilstrækkelig Forklaring. Man havde vel før troet, at Nordlysets sande Sæde, jeg mener det Sted, hvor det opstaaer, laae udenfor Atmosphæren; men nyere Jagttagelser lære, at det befinder sig indenfor og at vi maaskee ikke maae søge det i en altfor

betydelig Høide. Allerede dets Indflydelse paa Magnetnaalen tyder derpaa*). De nyeste Jagttagelser vise endvidere, at Straalerne, saavelsom de lysende Kredse, hvoraf det er sammensat, have deres fælleds Midtpunkt i Retningen af den magnetiske Meridian. Som det synes, dannes Nordlyset af eiendommelige Skyer, som drage hid fra Norden, bestaae af et fint Støf, glindse under visse Betingelser, og holde sig, eftersom de ere saa lette, en Tid lang svævende i Luften. Mærkværdig er endvidere Nordlysets store Lighed, med de Phænomener, som Elektricieten frembyder, naar den fremstrømmer af Rum med fortyndet Luft. Portugal og Italien ere iøvrigt de sidste Lande paa den nordlige Halvkugle, hvor man kun iagttage denne pragtfulde Naturbegivenhed. — Et gandske lignende Phænomen viser sig paa den sydlige Halvkugel, og kaldes **Sydlys**.

§ 16.

Regnbuen.

Regnbuen er ikke blot et af de meest overraskende, men ogsaa et af de smukkeste Phænomener i Naturen. Fremkaldet ligesom ved et Tryllestag staaer den der for vort Øie, for bi ahne det, smykket med alle Farver, og danner en dristig Bue, som med sine Fødder berører Jorden, og med sin Top Himlen. — Vi ville her forelobigt mærke Følgende:

1) **Den viser sig kun for os, naar vi have Regn og Solskin paa samme Tid; naar Solen og Skyen ere paa den modsatte Side af Himlen, og naar endelig den Linie, som vi tænke os dragen fra Solen, gjennem det betragtende Øie, træffer Buens Midtpunkt.**

2) **Dens Størrelse afhænger af Solens Stand over Horizonten.** — Anseeligst viser den sig ved Solens Op- og Nedgang; ja kun paa denne Tid danner den en fuldkommen Halvkreds, og stiger næsten til en Høide af 45 Grader d. v. s. til Halvdelen af Afstanden mellem Horizonten og Toppunktet. Ukyndige tillægge den i Reglen en langt betydeligere Høide. Bedraget kommer deraf, at Himmelhvælvingen viser sig for os Alle, ikke kugelrund som den virkelig er, men flad.

3) **Vi see den snart fuldstændig eller heel, snart kun deelviis, snart enkelt, snart dobbelt;** i sidste Tilfælde tale vi om en **Hoved-** og en **Biregnbue**: hiin viser os de prismatiske Farver i den Orden, at det Violette danner den indre, det Røde den ydre Begrændsning; denne, som er parallel med Hovedregnbuen, men langt fra besidder dens Livlighed, vender Forholdet om, idet den nemlig viser os det Violette yderst og det Røde inderst. Begge Buer ligge omtrent 10 Grader fra hinanden; Hovedregnbuen indtager det lavere, Biregnbuen det høiere Standpunkt.

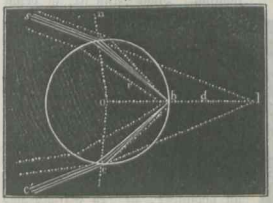
Med Hensyn til den først angivne Jagttagelse have Physikerne allerede forlængst antaget **Regnbuen for en Virkning af de i Regndraa-**

*) Fra den store Udstrækning af det Rum, indenfor hvilket mange Nordlys ere blevne sete til samme Tid, har man sluttet sig til deres Afstand fra Jordens Overflade. Nogle Lærde antage 15 tydske Mile, d. v. s. en saadan Høide, hvori Luftens Tæthed er 1,400,000 Gange ringere end ved Jordens Overflade.

berne brudte Lysstraaler; — og saaledes forholder det sig ogsaa i Virkeligheden. Hvo der paa en ret simpel Maade vil overtyde sig herom, han tage blot en lille Haandsprøite, sprøite dermed noget Vand iveiret, og indtage derved et saadant Standpunkt, at Solstraalerne kunne bryde sig i Draaberne, naar de falde ned. Selv et Glas Vand, udsat paa lignende for Solstraalerne, giver os allerede hiint smukke Farvespil.

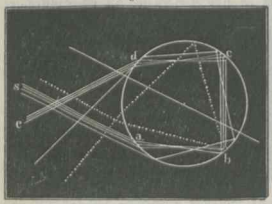
Hosstaaende Figur (Fig. 249) giver Eder en tilstrækkelig Forklaring over Solstraalernes Gang i saadanne Draaber. Kredsen abca forestiller en lille Vandkugle, sa en Solstraale, som træffer den. Sidstnævnte lider, naar den naaer til a, Skilningsrlanen for det herværende gjennemsigtige Middel, en Brydning saaledes, at den berører Rygvæggen, eller Bagsiden af Draaben ved b. Her reflekteres den forendeel mod c, forendeel gaaer den efter en ny Brydning tilbage i Luften. Hiin første Deel forlader ved c, efterat den har lidt en anden Brydning, Vandkuglen og indslaaer fremdeles den ved cc' betegnede Retning osv. Men ved alt dette have vi endnu meget at betænke saasom: 1, Alle de Solstraaler, som træffe Regndraaberne, ere af Grunde, som I have lært at kjende ved Betragtningen af det krumme Speil, at ansee som indbyrdes parallele; men de følge forskjellige Retninger, naar de forlade den lille Vandkugle (Sammenligner herved Veien af de punkterede Straaler med de uddragne); 2, formedelst den anden Brydning, som de lide i Regndraaben, deles de paa samme Maade, som ved Glasprismaet; derfor er det Lys som falder i Øiet stedse farvet, nemlig snart rødt, snart blaat, gualt osv; — 3, ingensinde virker **en enkelt** udtrædende Straale saa stærk, at den for sig kan frembringe et mærkeligt Indtryk; dette fremstaaer meget mere kun ved en Samling af parallele Straaler. Men nu gives der blandt de utallige Straaler, som sendes til os fra den lille Vandkugle, stedse en Mængde af saadanne, hvis Divergens er yderst ringe, saa at de danne ligesom et Bundt, og virke som med hinanden fuldkommen ligelydende Straaler; — 4, just denne parallel udtrædende Straalesamling tilveiebringe i vort Øie det bekjendte Indtryk, og danner endvidere med de indfaldende Straaler en Vinkel af omtrent 42 Grader. Hvo der aabner en Passer under en saadan Vinkel, holder Toppunktet tæt for sit Øie, og den ene af begge Benene hen mod Regnbuens Centrum, vil stedse komme til det Resultat, at det andet Been er rettet mod Regnbuen selv; hvo der endvidere vil, medens han gjør dette Experiment, omdreie Passerne saaledes, som om han med de andet Been vilde tegne en Cirkel (det første maa naturligviis ikke forandre sin Stilling det Ringeste), angiver derved hele Regnbuens Stilling i Skyen (men ikke enhver Passer egner sig til dette Forsøg). Kun dette Lidet behøve vi at kjende for til enhver Tid hurtigt at kunne beregne den Høide, hvortil Regnbuen ved en vis Solstand kan hæve sig over Horizonten. Forskjellen mellem 42° paa den ene Side, og Solhøiden paa den anden Side bestemmer altid Regnbuens høieste Punkt. Hvor stor er nu vel egsaa Høiden af en saadan Bue, naar Solen staae 10, 20, 30° osv. høit? og hvorfor

Fig. 248.



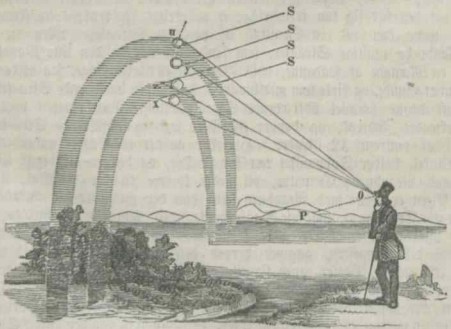
see vi endvidere ikke nogen Regnbue, naar Solen allerede har opnaaet en Høide af 42° og derover. Da og Solen om Sommeren hurtigere naaer den betegnede Høide, end om Vinteren (hvor den sjeldom slet ikke naaer den), saa vil der være en kortere eller længere Tid midt paa Dagen, da I om Sommeren ikke ville kunne see nogen Regnbue, medens I derimod om Vinteren ville kunne see den undertiden selv ved Middagstid. Birregnbuen bevirkes af høiere liggende Draaber. Den Vei, som Straalerne her følge kan paa det Tydeligste erkjendes af Fig. 249. sa forestiller ogsaa her en Straalesamling. Naar I nu see, at denne i a, hvor den træffer Regnbuen abcd, lider den første Brydning, i b den første Tilbagekastning, i c den anden Tilbagekastning, og i d, den anden Brydning, saa maa Forstjællen mellem hvad der foregaaer her, og hist, hvilket I have lært at kjende ved Dannelsen af Hovedregnbuen, staae klart for Eder. Ved Hjælp af geometriske Sætninger lader det sig nu godtgjøre, at den Straalesamling, som ved b atter gaaer over i Luften, naaer med hiin Linie, som tager sin Retning imod Buens Midtpunkt, til Øiet under en Vinkel af omtrent 52°.

Fig. 249.



Men hvorfor viser vel ved Hovedregnbuen den indre Rand sig rød, den ydre violet? og hvorfor er just lige det Modsatte Tilfældet med Birregnbuen? deels som Svar herpaa, deels som Gjentagelse af alt det, som I alt vide at angive om Regnbuen, bidsætter jeg her en smuk Figur, over hvis Anskuelighed I idetmindste ikke skal have at beklage Eder. Fig. 250

Fig. 250.



der viser Eder 1, en Mand, som fra O af betragter en stor af en Mængde Vandkugler bestaaende Sky; — 2, Linien OP, som angiver Veien

fra hans Øie til Midten af Solen, saavelsom ogsaa den, som den, udfaldende Straale følger. Vinklerne xOP, zOP, yOP og uOP, under hvilke Radien af den stedfindende Regnbue viser sig for Jagttagerens Øie, og som ere lige de dem tilhørende Verelvinkler SxO, SzO, SyO eller SuO, da OP og Sx, Sz osv. gjelde for parallele Linier. Sæt nu, at Vinklen OP udgjorde 40 Grader og 7 Minutter, og man lod xO dreie sig saaledes om OP, at den beskrev en Kugles Overflade, saa vilde ogsaa alle Vandkugler, som befinde sig paa Forlængelsen af denne Overflade, nøie have den Beliggenhed, som udfordres for at nemlig de violette, som de meest brydbare Straaler, kunne, efterat de to Gange ere blevne brudte, og mellem Brydningerne ere kastede een Gang tilbage, fremtræde parallele af Draaberne og naae til Øiet i O. I indsee da vel, hvorledes Jagttageren under saadanne Omstændigheder seer en violet Bue paa Skyen, men han vil ogsaa iagttage en uendelig Mængde andre Buer, af hvilke enhver opstaaer ved en eneste Slags enkelte Straaler, og har en saameget større Diameter, jo mindre disse Straaler ere Brydning underkastede. Den yderste Bue, danne just nu det yderste Røde, og giver en Vinkel zOP paa 42 Grader 2 Minutter. Hele Breden af den farvede, bueformige Stribe vil tillige udgjøre 42° 2′ — 40° 17′ = 1° 45′ og i denne det Røde ligge udad, det Violette indad. Hvo denne Forklaring skulde falde for svær, han betænke blot, at de forskjællige farvede Straaler ogsaa brydes under forskjællige Vinkler, og at mange Regndraaber komme til at ligge over og under hverandre i ethvert Øieblik af den Tid, da vi fryde os ved det smukke Naturspil. Havde f. Ex. Øiet en saadan Beliggenhed, at det bliver truffet af det meest brydbare, da gaae de andre farvede Straaler uvirksomme bort under det, medens det af nogle høiere liggende, maaskee kan erholde de grønne Straaler (i dette Tilfælde gaae de violette, indigo og blaae Straaler, som de stærkere brudte, bort **over** de gule, røde, orange derimod som de svagere brudte bort **under** det) osv: kort det er muligt, at det paa den angivne Maade af en stærk over hinanden liggende Straale seer alle prismatiske Farver.

Betragter nu endvidere Linierne Oy og Ou, som med OP danne Vinkler af 50° 59′ og 45° 9′ og lader da begge dreie sig om OP som Axe under disse Bøininger! maa da ikke Oy træffe alle de Kugler, fra hvilke de yderste røde Straaler, efter at de have lidt en dobbelt Brydning og Tilbagekastning, kunne sendes parallele tilbage til Øiet, og vil ikke da u, den anden af bine Linier, angive Grændsen for de yderste violette Straaler? Ogsaa her see vi fremdeles alle prismatiske Farver mellem begge de tiltagende Buer, kort atter en Farvestribe, der dog har til sin Brede 54° 9′ — 50° 59′ = 3° 10′. I denne Stribe ligger aabenbar det Røde indvendig, det Violette udvendigt, altsaa i omvendt Orden med Hensyn til den første Stribe. Afstanden mellem begge farvede bueformige Kredse er = 50° 59 — 42° 2′ — 8° 57′. Den Korrektur, som bliver nødvendig derved, at Solen ikke er noget Punkt, men besidder en tilsyneladende Diameter af 30′ forbigaaer jeg her. Aarsagen til at Biregnbuens Farver ere langt svagere end de i Hovedregnbuen, ligger i den større Spredning, som Straalerne lide paa den længere Vei.

Undertiden slutter der sig til den indre Side af Hovedregnbuen, endnu en anden Række af Farver, til denne maaskee endnu en tredie, ja maaskee endog en fjerde, og dette stedse i samme Orden, saaledes at Buen viser sig

dobbelt, tredobbelt, ja endog firedobbelt. Sædvanligt bemærker man kun dette ved den yderste Deel af Buen. Hvoraf denne Mangfoldiggjørelse kommer lader sig ikke med Vished angive. Maaskee bidrører den af en forandret Form af Regndraaberne, eller fra deres forstjællige Tæthed.

§ 17.

Ringe om Sol og Maane.

Som bekjendt er Maanen, naar dens Lys bryder igjennem Skyerne, omgiven snart af en lys, snart af en mat Ring, snart atter af 1, 2, 3 eller flere saadanne Striber. Noget Lignende viser sig undertiden for os med Hensyn til Solen. Have disse Ringe fuldkommen uddannet sig, saa glindse de undertiden i al Pragt og benvise os næsten til Regnbuens yndige Farver. Den rene hvide Stribe blive f. Ex. i nogen Afstand begrændset af en blaahvid, denne af en gmul og endnu længere hen af en rød Kreds; sidstnævnte atter successiv af violette, blaae, grønne, gule og røde Striber, som af en anden Farvefølge osv.

Men dersom I nu troe, at hine Ringe virkelig befinde sig i Nærheden af Solen og Maanen, saa betænke I ikke, at de da maatte vorde bemærkede af Alle, som have disse Legemer over deres Synskreds. Men dette er ingenlunde Tilfældet. Var der et Legeme mellem Solen og Maanen paa den ene, og de beskrevne farvede Kredse paa den anden Side, ved hvis Hjælp vi kunne maale begges gjensidige Afstand, saa vilde neppe Nogen lade sig forlede af dette optiske Bedrag.

Physikerne ere endnu ikke enige om Aarsagen til disse Ringe om Solen og Maanen. Mange angive Tilstedeværelsen af smaae Dunsthlærer som Aarsagen dertil. At denne Mening ikke just er forkastelig, derom kunne I allerede overbevises, naar I ville aande paa en Skive af reent Glas, og derpaa gjennem den see paa et meget fjærnt Lys. I ville da see, at ogsaa dette Lys har en Ring, som i Lysets Nærhed er hvid, men i en Afstand derfra gmul og rød. Ved at gjentage dette Forsøg endnu een Gang, komme vi til den Erkjendelse, at Ringen viser sig desto større og smukkere, jo finere de paaaandede Dunsthdele have lagt sig derpaa, og at endvidere de farvede Striber ved en ret stærk Paaaandning gaae over i kun blegt opløste Kredse. Ualmindeligt godt efterligne de dette Phænomen, som strøe Bjørneklofrø (semen lycopodii) paa en Skive af reent Glas, og da ligeledes see et Lys derigjennem.

Paa samme Maade forklare vi ogsaa de Ringe, vi undertiden see om Hovedet paa vor egen Skygge, naar nemlig denne falder i en Taage.

§ 18.

Bisole og Bimaaner.

Disse høre ustridigt blandt de mærkværdigste Naturphænomener. Vi see nemlig undertiden ikke een Sol eller Maane; men i dens Sted 3, 4, 5, 6 ja endog 7 Sole. 6 eller 7 Bisole eller Bimaaner see vi imidlertid sjældent; men desto oftere 2 eller 3. Alle uden Undtagelse vise sig smykkede med saadanne Kredse, som I have lært at kjende ved Ringene om Sol og Maane og give selv Regnbuen lidet efter i Skjønhed og Farveglands.

I Reglen forsvinde de allerede efter nogle Minutter. De ere ligeledes ikke Andet end Billeder af Solen og Maanen, som tilbagekastes i Dunsterne, som fra et Speil.

§. 19.

Ganske korte Antydninger om endnu nogle andre Naturphænomener.

Omendogsaa Tallet paa de Naturphænomener, som hidtil ere blevne omtalte, er stort nok, saa maae vi dog, naar vi tænke paa saamange andre, tilstaae, at de endnu kunne forhøies meget betydeligt. Jeg vil blot bringe i Erindring, Dagklarheden, den blaae Himmel, Morgen- og Aftenrøden, Morgen- og Aftendæmringen og Zodiakal-Lyset.

Dagklarheden er som bekjendt en Virkning af Sollyset. I vilde dog tage meget feil, om I vilde antage, at denne blot opstaaer ved det umiddelbart til os naaende, eller fra forstjællige Legemer paa Jorden reflekterede Sollys; thi ere da vel saadanne Legemer, som ligge i Skyggen, fuldkommen mørke? og finde vi just ikke heri det mest slaaende Bevis for, at ogsaa dette maa bidrøre fra det Sollys, som bliver tilkastet af den atmosphæriske Luft?

Den blaae Himmel, dette saa smukke Syn, forklare vi os bedst derved, at den atmosphæriske Luft deler Sollyset, og derpaa tilbagekaster det stærkere brydbare blaae Lys, men derimod lader enhver anden svagere brydbar Straale ubindret gaae igjennem. Den reflekterer jo dog ogsaa hvidt d. v. s. udelt Sollys. Jo mere blaat og jo mindre hvidt Lys den isvrigt kaster tilbage, i et desto mørkere Graat viser Himlen sig ogsaa indhyllet.

Med **Morgen-** og **Aftenroden** har det en lignende Sammenhæng; den opstaaer nemlig efter al Sandsynlighed ved de ikke reflekterede Straaler af Sollyset i de tættere Lag af den nederste Luft. Er Atmosphæren saavidt muligt fri for Dunster, saa glædes vi om Dagen ved en smuk blaa Himmel og ved en deilig Aftenrøde endog kort efter Solens Nedgang; er derimod Atmosphæren rigelig opfyldt med Dunster, saa finde vi Himlen til samme Tid hvidagtig, og den Eng i hvilken Solen unddrog sig vort Øie, farvet hvidgunl. Medrette slutte vi derfor fra en herlig Aftenrøde til en smuk, klar Dag.

Ganske forskjællig fra Morgen- og Aftenroden er **Morgen- og Aftendæmringen**; saaledes hedder nemlig de for vort Øie saa velgjørende Overgange fra Mørke til Lys, eller fra Lys til Mørke. Men hvorledes fremstaaer nu denne? og hvorledes lader den sig forklare? — Solen oplyser allerede, før den kan lade sit Lys komme umiddelbart til os, den østlige Horizonts øverste Luftlag; men disse kaste en Deel af det Lys, som de have erholdt, tilbage, og fremkalde derved det Phænomen, som vi kalde **Morgendæmringen**; — og ganske paa samme Maade danner **Aftendæmringen** sig.

Zodiakallyset, som næsten ene sees af det tropiske Jones Beboere, bestaaer i en klar Stribe, som viser sig før Solens Opgang paa den østlige, men efter Nedgangen paa den vestlige Horizont. Mange anse det for en Virkning af Sol-Atmosphæren.

I Sandhed! jo mere vi søge at udforske de Aarsager, som foranledige

de talløse Naturphænomener, desto før komme vi til den oprigtige Bekjendelse: **vor Viden er og bliver stykkevis**, saavelsom ogsaa til den gavnlige Indsigt: **Jordbeboerne ere svage og ringe Væsener; de ere Intet mod hans ophøiede Majestæt, ved hvis mægtige Skaberord alle disse Ting ere kaldede tillive.**

§. 20.

Spørgsmaal og Opfordring til Repetition.

Nævn alle de Naturphænomener, hvorom der især har været Tale i sidste Afsnit! Angiv endvidere hvor og naar hvert enkelt sædvanligt forekommer! Til hvilke af disse Phænomener kjende vi tilstrækkeligt Aarsagerne, til hvilke andre kun til en vis Grad, eller maaskee slet ikke? Hvorledes inddeles Luftphænomenerne ialmindelighed? Hvad forstaaer vi ved Dug? Hvorvidt er Duggen et meget nyttigt og i Naturens store Husholdning vist beregnet Phænomen? Hvorledes hænger det sammen med Honning- og Meeldug? Nævn Phænomener, som staae i den inderste Sammenhæng med Duggen, og tilføi tillige de nødvendigste Forklaringer! Hvorledes danner Rimen sig? Angiv den vigtigste Forskjæl mellem denne og Sneen! Hvoraf kommer det, at den sædvanlig betynger Planter og andre Legemer mere end Duggen? Hvad vide I at sige mig om Tisudslag paa Væggene, Isen paa Vinduerne og Jisslag? Ved hvilken simpel Betragtning af et Ildsted naaede I til Taagens Fremstaaen? Hvilken Taage skylder sin Tilværelse den Aarsag, at Dampe fra et Sted gaae over i Luften? Gives der ogsaa Taage af et andet Slags, og hvorledes opstaaer denne? Hvori ligger den vigtigste ja næsten eneste Forskjæl mellem Taage og Skyer? Hvorledes danne de Skyer sig høist sandsynligt, som vi om Aftenen see i Begyndelsen blot paa Bjergets Top, men senere ogsaa paa de nederste Dele af Bjerget? Hvorfor tilsende Skyerne ved og paa Bjergene os næsten stedse Regn? Hvori har vel den undertiden saa pludselig indtrædende Værel af klar og skyfuld Himmel sin Grund? Forklar Fremstaaningen af de Eder ogsaa bekjendte Faareskyer! Hvor høit ere Skyerne iveiret? Hvorledes er det muligt, at Luften, en saa tynd, udvidelig Flydenhed kan bære samtlige Dunster? Hvorledes fremstaaer Regn? Udtal endmu engang den simple Sætning, som angaaer Dannelsen af næsten al Regn? Hvorpaa grunder sig ialmindelighed den saakaldte Mirakelregn? Beskriv Blod-, Svovl-, Korn-, Frø- og Ildregn osv., og tilføi ogsaa de nødvendige Forklaringer! Hvad Historisk har jeg især meddeelt Eder om Blodregn? Hvorledes skeer sandsynligvis Sneens Dannelse? Hvad Mærkværdigt frembyder Sneeflokken for den opmærksomme Jagttager? Tegn nogle af dens Former paa Eders Tavle! Hvilke Omstændigheder ere vel ikke klart nok afhyllede med Hensyn til disse Former? Hvorledes hænger det sammen med den røde Snee paa Alperne og i Polaregnene? Sammensat Sneens Nytte i enkelte Punkter! Hvori viser der sig for os en vigtig Forskjæl mellem Hagel og Snee? Beskriv det Hagelveir, som hjemsøgte Byen Beverungen den 29de April 1800! Hvorledes staaer det sig med vor Kundskab om Hagelens Dannelse? Hvilke Beskyttelsesmidler have Folk hidtil anvendt mod Virkningerne af denne Naturbegivenhed? Beskriv den Skypumpe, som Forster havde Leilighed til at see mellem

de nyseelandske Oer? Hvilke ere vore vigtigste Erfaringer desangaaende? Udkast Billedet af en saadan Naturbegivenhed? Hvad vide I at sige mig om Landhvirvler og Sandhvirvler? Ved hvilke Forsøg overtydede Franklin sig om Atmosphærens Elektricitet? Beskriv Franskmanden de Romas's herhen hørende Experimenter! Hvorledes forholder det sig med Sagnet om Tordenkilen? Beskriv Indretningen af en Tordenafleder, og eftervils ogsaa dens Nytte! Angiv de Forsigtighedsregler, som vi have at iagttage paa Marken, tilfods og tilhest, naar Tordenveiret er nær! Hvorpaa kjendes de af Elektricitet mættede Skyer? Hvorfor farer Lynet næsten stedse zikzakformigt gjennem Luften? Hvad vide I at sige mig om Tordenen? Nævn de vigtigste Phænomener, som et af Tordenen ramt Menneske frembyder! Hvorledes forholder det sig med St. Elmsilden og Lygtemændene? Angiv de Jagttagelser, som vi hidtil have gjort over Stjerneskuddene! Hvilke Formodninger nære de Lærde om Steenregnen? Angiv enkelte Exempler paa at Stene virkelig gjentagne Gange ere faldne ned fra Luften! Hvad Sandt og Falsk fortæller man om flyvende Drager? Hvad holder man Lygtemænd for? Hvorledes staaer det sig med Sagnet om, at det brænder for Penge? Beskriv de Nordlys, som viste sig paa de schetlandske Oer den 27de April 1817! Udkast endvidere et Billede af en saadan pragtfuld Naturbegivenhed! Hvilke Formodninger have vi om Nordlysets Oprindelse? Under hvilke Betingelser er det alene muligt at see en Regnbue? Hvoraf afhænger dens Storrelse? Hvad har jeg meddeelt om Regnbuens Afstand fra dens Midtpunkt? Hvad bidrager idethele til denne pragtfulde Naturbegivenheds Fremstaaen? Hvorledes forholder det sig med de Tegninger, som skulle tjene Eder til Anstueliggjørelse? Beskriv Biregnbuen og angiv, hvorledes den danner sig! Hvilke Phænomener tillægges Navn af Ringe om Sol og Maane? Hvad forstaae vi ved Bisole og Bimaaner? Hvorledes staaer det sig med vor Kundskab om Dannelsen af disse to Luftphænomener? Hvad har jeg til Slutning meddeelt Eder om Dagklarheden, den blaae Himmel, Morgen- og Aftenrøden, Morgen- og Aftendæmringen og Zodiakallyset?

Trykfeil og Rettelser.

Side 3. Linie 26. f. o. betegnende læs betegnede — S. 7. Tilføi: 1 Meter er nøiagtigt udtrykt 443,296 Par. Fod; 16 M. = 51 Fod — S. 9. L. 9. f. o. Sandbanke l. Sandbunke — S. 9. L. 10 og 9. f. n. Første fra det Sidste l. Sidste fra det Første — S. 11. L. 19. f. n. Meel l. Staal — S. 15. L. 7. f. o. Ander l. Ender — S. 21. L. 3. f. n. finder l. finder ud — S. 23. L. 19. f. o. udhøst l. opløst — S. 25. L. 2. f. o. gjennemsinnende l. gjennemsinnelige — S. 27. L. 18. f. o. ved l. som ved — S. 29. L. 13. f. o. meget l. noget — S. 33. L. 9. f. o. multiblicere l. multiplicere — S. 33. L. 25. f. o. akcelleret l. akcelereret — S. 40. Anmodste l. Atmodste — S. 42. L. 6 og 7. f. o. Rummet, Qvadratet l. Rummene, Qvadraterne — S. 51. L. 4. f. n. af l. nx — S. 58. L. 4. f. o. ved deraf l. ved Hiælp deraf — S. 58. L. 22. f. o. dim widerette Kugle l. de widerette Kugler — S. 69. L. 7. f. n. forlades l. forlader — S. 78. L. 3. f. o. Stuen l. Struen — S. 78. L. 12. f. n. kaldes l. kalder jeg — S. 78. L. 4. f. n. $\frac{P}{Q}$ l. $\frac{Q}{P}$ — S. 81. L. 13. f. n. det har l. den har — S. 86. L. 1. f. o. Overfladerne l. Overfladen — S. 87. L. 11. f. n. det l. den — S. 99. L. 20. f. o. tomme l. famme — S. 113. L. 8. f. n. indtager l. antager — S. 114. L. 8. f. n. Slindpumpen l. Slindpungen — S. 125. L. 3. f. n. faa l. for — S. 130. L. 24 og 23. f. n. og l. Heronkugler — „ved" gaaer ud — S. 144. L. 14. f. n. Cavandisch l. Cayendisch — S. 147. Jeffris l. Jeffries — S. 149. L. 10. f. o. Garnerin l. Garnerin — S. 170. L. 8. f. o. lige Stribet l. lige Stiver — S. 170. L. 6. f. o. forst l. næst — S. 170. L. 15. f. n. Skivertavle l. Skivetavle — S. 172. L. 2. f. o. faa er l. ere ire forbanden, faa er — S. 188. L. 14. f. n. ingen l. en — S. 189. L. 1. f. n. den med l. den anden med — S. 195. L. 6. f. o. ved de l. de — S. 197. Dvargsolvbraaderne l. Dvargsolvbraaden — S. 208. L. 16. f. n. Phanommer l. Phænomener — S. 208. L. 2. f. n. tapeterede l. tapetserede — S. 209. L. 12. f. n. brandende l. brandbart — S. 215. L. 1. f. n. Glas l. Pas. Hond — S. 223. Ved Fig. 134 mangler Bogstavet Z ved Figurens yderste Kant, tilvenstre for Bogstavet e — S. 229. L. 11. f. n. og Bi- l. eller Bi- — S. 230. L. 11. f. o. henhører l. henhøre her — S. 230. L. 13. f. n. Eder at flere l. Eder flere — S. 240. L. 8. f. o. det betegnede Spell l. de betegnede Spelle — S. 247. L. 15. f. o. Cirkel l. Passer — S. 248. L. 10. f. o. Reflektion l. Refraktion — S. 250. L. 13. f. n. hvilken l. hvilke — S. 266. L. 6. f. n. forene l. forenes — S. 268. L. 1. f. n. i l. med — S. 290. L. 3. f. n. den l. dem — S. 290. L. 2. f. n. den bestaaer l. de bestaae — S. 312. L. 26. f. n. den l. Dukkelen — S. 316. L. 25. f. n. Kuld l. Kul — S. 319. L. 2. f. o. o g h l. o g h — S. 320. L. 7. f. o. med l. mod.

Paa Fred. Frolund & Flinchs Forlag er udkommet:

De vigtigste af Astronomiens Hovedlærdomme, populært fremsatte af C. A. v. Schumacher. Med 56 Træsnit. Indb. 1 Rbd. 16 ß.