Danskernes Historie Online
Danske Slægtsforskeres Bibliotek

Dette værk er downloadet fra Danskernes Historie Online

Danskernes Historie Online er Danmarks største digitaliseringsprojekt af litteratur inden for emner som personalhistorie, lokalhistorie og slægtsforskning. Biblioteket hører under den almennyttige forening Danske Slægtsforskere. Vi bevarer vores fælles kulturarv, digitaliserer den og stiller den til rådighed for alle interesserede.

Støt vores arbejde – Bliv sponsor

Som sponsor i biblioteket opnår du en række fordele. Læs mere om fordele og sponsorat her: https://slaegtsbibliotek.dk/sponsorat

Ophavsret

Biblioteket indeholder værker både med og uden ophavsret. For værker, som er omfattet af ophavsret, må PDF-filen kun benyttes til personligt brug.

Links

Slægtsforskernes Bibliotek: https://slaegtsbibliotek.dk
Danske Slægtsforskere: https://slaegt.dk

NATUREN OG DENS KRÆFTER

H. O. G. ELLINGER

NATUREN OG DENS KRÆFTER

ANDEN UDGAVE

KØBENHAVN OG KRISTIANIA
GYLDENDALSKE BOGHANDEL
NORDISK FORLAG
FR. BAGGES KGL. HOF-BOGTRYKKERI
1909

Mennesket er født Naturforsker. Naar vi tænker paa, hvorledes Dyrene ejer deres naturlige Beklædning, finder Føden i den Skikkelse, som egner sig for dem, indretter sig Boliger uden Hjælp af Redskaber og fra Naturens Haand er forsynede med passende Vaaben til Forsvar o. s. v., saa er i Modsætning dertil Mennesket henvist til ved sine aandelige Evner at skaffe sig alt dette og mere til af Naturen, som denne ikke af sig selv giver det. Men af den Grund har Mennesket været tvunget til at lære Naturen og dens Kræfter at kende.

Ser vi saa videre og gennemgaar i Tanken den lange Række af fysiske Opdagelser og Opfindelser, som skyldes den menneskelige Aand, og som forøges Aar for Aar — vi vil blot nævne Dampmaskinen, Gasmaskinen, Jærnbanen, Telegrafen (med og uden Traadforbindelse), Telefonen, Fotografien, Kikkert og Mikroskop, Fyrvæsenet, Lynafledereu, elektrisk Belysning og Sporvejsdrift o. s. v. —, gaar det straks op for os, hvilken mægtig Betydning dette Studium af Naturen og dens Kræfter har haft for Menneskeheden og dens Udvikling. Dertil kommer yderligere, at der er en Mængde andre Videnskaber og Virksomheder, som i større eller mindre Grad bygger paa, hvad Fysiken har lært os; dette gælder saaledes Landbruget, en Masse tekniske Fag, Lægevidenskaben o. s. v.

Hvorledes lærer man da Naturen og dens Kræfter at kende? Ad to Veje: enten ved at studere de Fænomener, der viser sig for os i Naturen uden vor Medvirkning, eller ved at an-

stille Forsøg, Eksperimenter, og det er navnlig ved Hjælp af denne sidste Metode, man har lært saa meget.

Her skal nu i det følgende blive givet en populær Fremstilling af Fysiken, og det vil blive gjort saaledes, at der bliver givet en Mængde Anvisninger til selv at anstille Forsøg; derved lærer Læseren bedst Sagerne at kende, især naar han selv har lavet sig de Apparater, der skal benyttes, og det vil i mange Tilfælde være muligt.

Vi begynder med *Magnetismen* (Jordens Magnetisme, Kompasset og dets Historie m. m.); efter det følger *Elektriciteten* (Gnidningselektriciteten, Lynafleder, elektriske Strømme, elektrisk Belysning, Galvanoplastik, Telegraf og Telefon m. m.); saa *Mekanik* og *Akustik* (Lydlære), *Lys* og *Varme* (derunder Opvarmning af Huse, Dampmaskinen og beslægtede Maskiner).

MAGNETISME

Ved meget simple og billige Midler kan man faa noget at vide om Magneternes Egenskaber.

For 50 Øre — ja for endnu mindre — kan man hos en Isenkræmmer købe en af de velbekendte, smaa Magneter, der er lavede af Staal og formede som et U eller, om man vil, som en lille Hestesko, idet dog de to Grene er forholdsvis lange. Der er rødt Lak paa den største Del af Magneten, for at Staalet ikke skal ruste, naar der stadig tages paa det med mere eller mindre fugtige Fingre; men de to Grenes Ender er blankt Staal. Enten staar der paa den ene Gren indridset et *N* og paa den anden et *S*, eller der er ridset en Streg eller et lille Hul paa den ene Gren; hvad dette skal betyde, skal vi straks faa at høre. Paa Enderne af de to Grene sidder der et løst Stykke Jærn, som man faar med i Købet; hvorledes man end holder Magneten, bliver dette Jærnstykke, som man kalder *Ankeret*, siddende fast. Man mærker, at der maa lidt Kraft til at faa Ankeret bort fra Magneten, og lægger man det igen hen til Enderne, giver Magneten atter nødig slip paa det; den drager Jærnstykket til sig. Naar man ikke bruger Magneten, bør man altid lade Ankeret sidde for dens Ender; thi den bevarer da bedre sine Egenskaber i Tidernes Løb.

Nogle Jærnfilspaaner kan man let skaffe sig: købe dem eller faa dem fra et Maskinværksted, hvor der arbejdes i Jærn. Dypper man Magnetens to Ender ned i dem og tager

Magneten op igen, hænger Jærnspaanerne paa, saaledes som Figuren viser. Men paa Kobberspaaner, Høvlspaaner o. s. v. viser der sig ingen Virkning; Spaanerne maa være af Jærn.

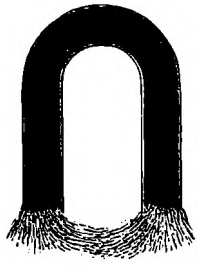


Fig. 1.

Selv om man ryster Magneten med Spaanerne nok saa stærkt, falder de dog ikke af; men med Fingrene kan de pilles væk.

Vi tager nu to tynde Staalstænger i Brug, f. Eks. to Strikkepinde. Dem kan man „magnetisere", d. v. s. gøre dem til Magneter, paa følgende Maade (Fig. 2). Man lægger Strikkepinden paa Bordet og holder den fast med den ene Haand; med den anden Haand tager man sin Magnet og stryger den i raske Tag henad Strikkepinden fra den ene Ende til den anden, stadigt i samme Retning og med samme Magnetgren (f. Eks. den, der er mærket med *S*) i Berøring med Pinden. Naar man har gjort en hel Del Strygninger og helst, medens dette staar paa, har drejet Strikkepinden lidt omkring sig selv, saa at den er bleven strøget paa alle Sider, er den bleven til en Magnet. Og med hvilke Egenskaber?

1. Stikker man den magnetiserede Strikkepinds Ender ned i Jærnspaanerne, vil disse hænge paa som smaa Duske, der nødigt igen skilles fra Pinden. Man kan faa Staalpenne, Synaale og andre lette Jærngenstande til at hænge fast ved Enderne. Men paa den midterste og største Del af Pinden er der ingen af den Slags Virkninger. Andre lette Ting end af Jærn og Staal kan man dog ikke faa til at hænge paa.

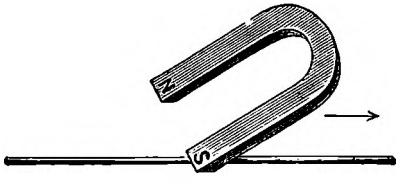


Fig. 2.

Det synes altsaa, som om der ved Strygningen med vor Magnet er kommet noget ind i Strikkepinden, som ikke var der i Forvejen. Man kunde da maaske mene, at det er noget, som er gaaet fra Magneten, vi strøg med, over i Strikkepinden; saaledes er det dog ikke. Thi man kan magnetisere saa mange Strikkepinde, det skal være, med den samme Magnet, uden at denne derved mister noget af sin Evne i saa

Henseende. Dette Noget, som synes at være kommen ind i Strikkepinden under Strygningen, har ingen Vægt. Hvis man paa en fin Vægt havde vejet Strikkepinden, før den blev strøget med Magneten, og vejer den igen bagefter, saa vil man finde, at Pindens Vægt er ganske uforandret.

Dette ubekendte, som synes at være kommet ind i Strikkepinden, og som man kalder *Magnetisme*, sidder i Enderne af Pinden og giver disse Ender Evnen til at tiltrække Jærn; derimod synes den øvrige Del af Pinden at være fri for Magnetisme, siden der intet Jærn kan hænge fast der. Senere (S. 11—12) skal vi dog vende tilbage til dette Spørgsmaal.

2. Vi søger nu at faa vor magnetiserede Strikkepind til at hænge vandret (horisontalt), saaledes at den kan dreje sig

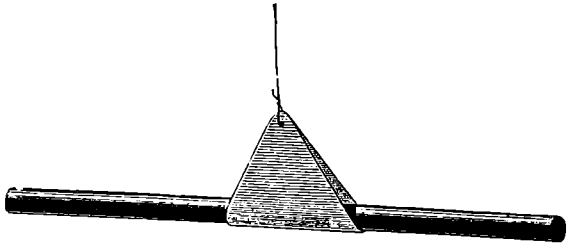


Fig. 3.

frit rundt til Siden. Man gør det lettest ved at bøje et Stykke Papir omkring, saaledes som Fig. 3 viser det, stikke to fine Huller i det, hvor Berøringen er, binde en Traadende fast i det sammenbøjede Papir og binde den anden Ende af Traaden fast til noget. Den Traad, man bruger, maa være meget fin og ikke bestaa af flere sammensnoede Traade; bedst er et Silkespind. Saa stikker man Strikkepinden saa langt ind i Papiret, at den balancerer, og overlader den til sig selv; til en Begyndelse gør den da nogle store Svingninger; men Svingningerne bliver efterhaanden mindre, — med Fingrene kan man ogsaa dæmpe dem lidt —, og tilsidst kommer Pinden til Ro. Og da viser det sig, at den har omtrent Retningen Nord til Syd.

Tager man fat paa Strikkepinden, drejer den bort fra sin Ligevægtsstilling og derpaa slipper den, giver den sig til

at svinge og faar ikke Ro, før den Ende, der før pegede mod Nord, gør det igen, og den, der pegede mod Syd, atter kommer til at pege mod Syd. Vor lange Magnet har altsaa en Nord-søgende og en Syd-søgende Ende; man kalder dem henholdsvis *Nordende* eller *Nordpol* og *Sydende* eller *Sydpol*. Og det har alle Magneter, ogsaa den U-formede; Bogstaverne *N* og *S*, der ofte er indridsede paa Grenene, tilkendegiver, hvilken Ende der er Nordpol og hvilken Sydpol; er der ingen Bogstaver, men et Mærke, saa er dette Mærke altid anbragt paa Nordenden.

Begge Ender af vor Magnet trak en Dusk af Jærnspaaner til sig, og dette sker for alle Magneters Vedkommende; Fig. 4 viser dette for en tykkere Stangmagnets Vedkommende. Man vilde efter dette anse de to Ender for at være ganske ens; men at der er Forskel paa dem, ser man deraf, at den ene

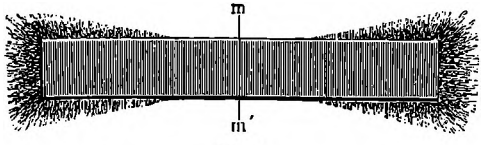


Fig. 4.

søger mod Nord, og den anden imod Syd, og man siger derfor, at der er *to Slags Magnetisme* i en Magnet: Nord-Magnetisme og Syd-Magnetisme. En Magnet har altid begge Slags; det er umuligt at skaffe sig en Magnet, som ene og alene har Nordmagnetisme eller ene og alene Sydmagnetisme.

Lad os nu for det følgende Forsøgs Skyld antage, at vi har magnetiseret begge vore Strikkepinde, og at vi har fundet deres Nordende og Sydende ved skiftevis at lægge dem op i Papiret og lade dem komme til Ro. Det er da bedst at sætte et Mærke paa Pindene ved en bestemt af Enderne, f. Eks. ved Nordenden; man kan mærke Nordenderne lidt med Kridt eller fæste Papir, Traad eller lignende paa dem, saa ved man altid, hvor man har dem; den Ende, der intet Mærke har, er da en Sydende.

3. Den ene magnetiserede Strikkepind lægger vi op i Papiret og lader den komme til Ro i Retningen Nord—Syd. Den anden tager vi i Haanden og holder den i Begyndelsen langt fra den ophængte; men saa fører vi Nordenden af den, vi har i Haanden, langsomt hen til den ophængtes Nordende, og vi

vil da faa at se, at denne gaar sin Vej; den synes ikke at ville have noget med den anden at gøre, og endskønt den hængende Strikkepind aabenbart holdtes i sin Hvilestilling af en vis Kraft, saa er denne Kraft dog ikke stor nok til at forhindre, at Pinden gaar bort fra Hvilestillingen.

Ganske det samme gaar for sig, naar man nærmer Sydenden af den Pind, man holder i Haanden, til Sydenden af den svævende Pind; de to Sydender synes heller ikke at ville have noget med hinanden at gøre.

Men hvis man nærmer Nordenden af Pinden i Haanden til Sydenden af den ophængte Pind, eller omvendt: Sydenden af Pinden i Haanden til Nordenden af den ophængte Magnet, saa ser man, at Pindene gaar henimod hinanden, ja de vil endogsaa meget gerne berøre hinanden, og lader man dem gøre det, saa skilles de nødig ad igen.

Disse Forsøg lærer os, *at de to Nordender frastøder hinanden, to Sydender frastøder ogsaa hinanden; men en Nordende og en Sydende tiltrækker hinanden.*

4. Naar vi nu har anstillet disse Eksperimenter og har set, at det gaar saaledes til, som det her er beskrevet, saa vil vi ofre den ene Strikkepind; lad os da *knække den over paa Midten.* Man skulde da tro, at man nu har to Stykker, af hvike den ene har en Nordpol i den ene Ende, den anden en Sydpol i den ene Ende, og at de to Ender, som før var sammen, er blottede for Magnetisme, er umagnetiske. Saaledes forholder det sig dog ikke.

Dyp Stykkernes begge Ender ned i Jærnfilspaaner, og det vil ses, at der kommer til at hænge Duske *paa dem begge.*

Læg et af Stykkerne op i Papiret, saa at det kan dreje sig frit til Siden; det vil da vise sig, at det søger hen til den samme Hvilestilling, som den hele Strikkepind gjorde.

Hvert Stykke har altsaa en Nord- og en Sydende. Det Stykke, som har Mærket paa sig, og altsaa her har en Nordende, har faaet en Sydpol i den Ende, hvor Bruddet skete. Og det andet Stykke, som havde en Sydpol i Forvejen, har faaet en Nordpol ved Brudstedet.

Ogsaa de under 3 omtalte Frastødnings- og Tiltræknings-

forsøg gaar lige saa godt for sig med de delte som med de hele Strikkepinde.

Vi deler nu et af Stykkerne igen i to Dele, og det samme hænder paa ny; atter har vi faaet mindre Magneter frem, hver med to Poler. Og dette kan vi blive ved med, saa længe vi vil; stadigt er Stumperne smaa Magneter med modsatte Poler i de to Ender.

Det vil derfor forstaas, at man ganske naturligt har tænkt sig, at en Magnet er sammensat af en overordentlig stor Mængde Smaamagneter; hver lille Del af Magneten er en selvstændig lille Magnet med en Nordpol og en Sydpol. Hvorledes, vil man nu spørge, kommer disse Masser af Magnetpoler ind i Jærnet? Kan det, at vi stryger en Staalstang eller Staalnaal med den ene Pol af en Magnet, som vist i Fig. 2, bevirke, at hver enkelt lille Smaadel i dette Staal pludselig faar to Poler? Nej, Polerne er i Forvejen tilstede i Staalet; men vi vil for Øjeblikket ikke trænge dybere ind i denne Sag; vi vil først ad Eksperimentets Vej undersøge Magnetismen lidt nærmere, og saa vil vi bagefter vende tilbage til dette Spørgsmaal (se S. 17).

Fig. 5 viser os den almindelige Form for en Magnetnaal, der kan dreje sig rundt i et vandret Plan. Naalen er bredest paa Midten og bliver spids i begge Ender. Paa Midten er der et Hul, og over det er anbragt en Hætte af haardt Staal eller Agat, som er en haard Stenart, og ved Hjælp af denne Hætte bæres Naalen af en Opstander, der løber spidst til foroven.

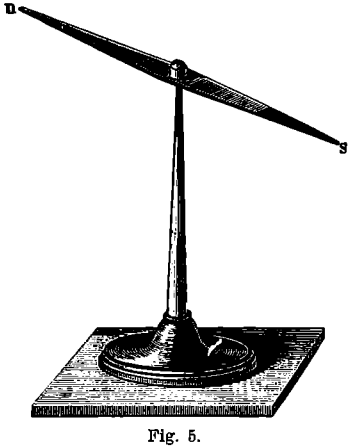


Fig. 5.

Man kan ogsaa skaffe sig en let bevægelig Magnet ved at lægge Magneten ned paa et Stykke Kork eller Træ, som flyder paa Vand; det hele drejer

sig da hen til en saadan Stilling, at Magneten kommer i Retningen Nord—Syd, og med denne Magnet kan man da gøre lignende Forsøg som med den magnetiserede Strikkepind (Fig. 3) eller med den i Fig. 5 afbildede Magnetnaal. At den Kraft, som drager Nordenden imod Nord, er lige saa stor som den Kraft, der drager Sydenden imod Syd, fremgaar deraf, at Korkstykket med sin Magnet ikke bevæger sig hen over Vandet; blev Sydpolen f. Eks. draget stærkere imod Syd end Nordpolen imod Nord, saa maatte hele Korkstykket glide imod Syd, indtil det stødte imod Karret, som indeholder Vandet; men noget saadant sker ikke.

Vi har set, at et Stykke Jærn, som kommer i Berøring med en Magnets Poler, bindes med en vis Kraft til disse, saa at Jærnet, naar det ikke er for tungt, endog kan bæres af Magneten, naar denne holdes frit ud i Luften. Dette gælder baade om stangformede og om hesteskoformede Magneter; en let Nøgle kan løftes med vor Hesteskomagnet. Vi behøver imidlertid ikke at bringe Jærnet i Berøring med Magneten, for at vi skal kunne mærke den dragende Kraft; ogsaa i en lille Afstand er den mærkbar. Nærmer man en Magnet langsomt til en Synaal, der ligger paa Bordet, saa farer Naalen hen til Magneten, naar den en kommen tilstrækkelig nær ved den.

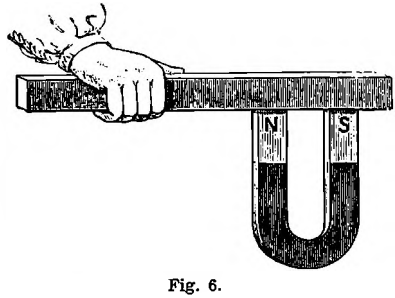


Fig. 6.

Vi vil nu her tilføje, at hvis Magneten er let, og vi bringer dens Poler (eller en af dem) i Berøring med et større Stykke Jærn, saa *kan Jærnet ogsaa bære Magneten* (Fig. 6). Ligesom Magneten tiltrækker Jærn, saaledes tiltrækker Jærn ogsaa Magneten. Hvis man nærmer et Stykke Jærn, som ikke er magnetisk, til en af Polerne paa en ophængt Magnetnaal, saa ser man Naalen dreje sig hen imod Jærnet, hvad enten det er Nordenden eller Sydenden, som Jærnet bringes hen til.

Og en Magnet trækker i et Stykke Jærn med en Kraft, der er akkurat lige saa stor som den Kraft, hvormed Jærnet trækker i Magneten! Dette gensidige Forhold har vi overalt i Naturen. Sætter jeg mig ned i en Sofa med Fjedre, saa trykkes Fjedrene sammen, og disse sammenpressede Fjedre søger at rette sig ud igen; de trykker derved opefter paa mig med en Kraft, der er lige saa stor som den, hvormed jeg trykker ned paa dem.

Hvis en Magnet trak stærkere i et Stykke Jærn, end dette trækker igen i Magneten, saa vilde man kunne lave sig en lille Sejler, der saa at sige sejlede af sig selv: paa et Stykke Træ lægger man en Magnet og i en lille Afstand derfra et Stykke Jærn; det hele lægges saa paa Vand (Fig. 7). Træstykket maatte da glide tilhøjre hvis Magneten trak Jærnet stærkere tilhøjre, end Jærnet trækker Magneten tilvenstre; men en saadan Sejlads mærker man intet til, naar man gør Forsøget — og vel at mærke passer paa, at der ikke er andre Indvirkninger, som kan bringe Træstykket til at sejle i en bestemt Retning.

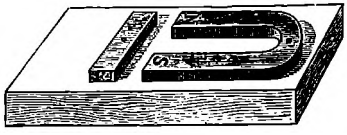


Fig. 7.

Hvorfor kan da en Magnet ved sine Poler tiltrække og bære kun Jærn og Staal, men ikke andre Stoffer? Fordi disse andre Stoffer ikke kan blive til Magneter selv; men det kan baade Jærn og Staal!

Naar nemlig en lille Jærnstang blot med sin ene Ende kommer i Nærheden af en Magnetnaal, bliver den selv til en Magnet; nogen Berøring er ikke en Gang nødvendig. I Fig. 8 er en Jærnstang spændt fast i et Stativ i lodret Stilling, og lige ovenover holdes en Pol paa en stærk Magnet. Naar man saa sætter en Æske eller et Stykke Papir med Jærnfilspaaner op til Stangens nederste Ende, ser man, der hænger Spaaner fast paa Stangen; den maa altsaa være bleven magnetisk. Men tager man saa Magneten foroven væk fra Stangens Nærhed, falder Spaanerne fra igen, hvilket viser os, at Jærnet er blevet umagnetisk igen, har mistet sin Magnetisme. Havde det været en Stang af Staal, saa havde der ogsaa hængt Jærn-

spaaner paa, men færre; disse vilde imidlertid blive hængende, naar Magneten foroven fjernes. Jærn er altsaa vel lettere at magnetisere paa denne Maade end Staal, men Staalet kan beholde sin Magnetisme, hvad Jærnet ikke kan; en varig Magnet er derfor altid af Staal.

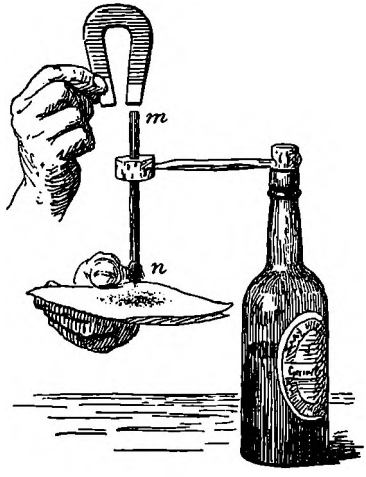


Fig. 8.
(En Halvflaske forsynet med en stor Prop, som med en Pind forbindes med en anden Prop, hvorigennem Jærnstangen anbringes).

Der kunde nu spørges: hvorledes er det da med Jærnstangen *mn*'s Poler (Fig. 8)? Ja, det afhænger af, hvad det er for en Pol, der er ovenover. Hvis dette er en Nordpol, saa vil der i Stangen komme en Sydpol foroven ved *m* og en Nordpol forneden ved *n*. Hvorledes kan vi vise det? Jo, vi tager en ophængt Magnetnaal, f. Eks. den i Fig. 3 eller 5 afbildede Magnetnaal, og flytter den saaledes hen i Stangen *mn*'s Nærhed, at Naalens Nordende kommer nærmest ved *n*; man ser saa, at den støtes væk fra *n*, hvorimod *n* gerne vil have noget med Naalens Sydende at bestille; *n* maa altsaa aabenbart have Nordmagnetisme i sig, fordi vi har lært, at to Nordpoler frastøder hinanden, men en Nordpol trækker en Sydpol til sig.

Havde der været en stærk Sydpol lige ovenover *m*, saa vilde *m* derved have faaet Nordmagnetisme og *n* Sydmagnetisme.

Tager man *mn* ud af Stativet (Fig. 8) og bringer den op til Berøring med Magnetpolen ovenover, hænger den jo fast ved denne, naar man slipper den, og den ikke er for tung. Hvorfor? Fordi Magnetens Pol tiltrækker den modsatte Pol, som den har skabt i Stangens øverste Ende, og denne Tiltrækning er da saa stærk, at den overvinder Stangens Vægt, der vilde bringe Stangen til at falde. Ganske vist vil den Magnetisme, som er opstaaet i *mn*'s nederste Ende være saa-

ledes, at den stødes bort af Magnetpolen foroven, men denne Virkning er saa svag paa Grund af den store Afstand imellem dem, at det ingen Betydning faar.

Hvorledes skal det nu gaa en Jærnstang, naar der nærved dens ene Ende er baade er Nordpol og en Sydpol? Hver af disse Poler vil jo saa søge at magnetisere Stangen paa *sin* Maade! Ja, det kommer da an paa, hvilken af dem, der virker stærkest, derefter retter det sig; og virker de to Poler lige stærkt, saa faar Stangen slet ingen Magnetisme, thi den kan ikke i hver af Enderne have baade Nord- og Sydmagnetisme; men naar Stangen ikke er magnetisk, saa kan den heller ikke komme til at hænge fast ved Polerne. I Fig. 9 har et Jærnstykke først hængt fast ved Sydenden *S* af den nederste Magnet, men der skydes saa en Magnet med Nordenden *N* foran hen over denne Magnet, saa at *N* nærmer sig *S*; under dette bliver Kraften, der bandt Jærnet, svagere og svagere, og tilsidst falder Jærnet af.

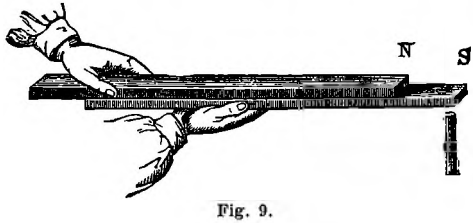


Fig. 9.

Dette sidste Forsøg har lært os, at naar en Nordpol og en lige saa kraftig Sydpol lægges sammen, saa er det, ligesom om der ingen Magnetisme var mere tilstede, thi de to sammenlagte Poler kan ikke bære et Jærnstykke. Skiller man Polerne ad igen, saa er der ikke noget i Vejen, saa kan hver af dem bære Jærnstykket. Magnetismerne var altsaa ikke forsvundne, men de var, som man siger, kun *bundne*; en Nordpol kan ikke „røre sig frit", naar den er lagt sammen med en lige saa kraftig Sydpol, og omvendt. Men hvis den ene af de to Poler var meget stærkere end den anden, saa kunde det nok hændes, at Jærnet kan bæres af de sammenlagte Poler; det, der saa bærer, er det Overskud af Styrke, som den ene Pol har frem for den anden; kun en Del af den stærke Pols Magnetisme er da bunden af den anden Pol, men Resten er *fri*.

Tager man derfor to lige stærke Magneter og lægger dem

sammen, saaledes som man kan se det i Fig. 10 — den enes Sydende støder til den andens Nordende — saa gør det hele Tjeneste som en Magnet med fri Magnetisme i Enderne, men ingen saadan i Midten.



Fig. 10.

Og nu kan vi forklare noget, der er omtalt før, nemlig at naar en magnetiseret Strikkepind brækkes over i nok saa smaa Stykker, saa er hvert lille Stykke en Magnet for sig selv med en Pol i hver Ende. Hver enkelt Smaadel i Magneten har nemlig to Poler, er altsaa en lille Magnet for sig selv; den hele Magnet er ligesom en Samling af smaa bitte Magneter, der alle vender Nordenden til den ene Side og Sydenden til den anden Side. Overalt i det indre støder en Nordende og en Sydende sammen, og det ser da ud, som om der slet ingen Magnetisme var i det indre, men kun ved Enderne; i det indre *binder* Magnetismerne hinanden. Knækkes en Magnet over, saa bliver en Del Nordender skilt fra de Sydender, de laa op til, og man faar da *fri* Magnetisme paa Brudstederne.

En og anden vil nu stille det Spørgsmaal, som blev berørt før, men hvis Besvarelse blev opsat: Hvad vil det sige at magnetisere et Stykke Staal eller Jærn? hvad gaar der for sig? Var Smaadelene umagnetiske først, og faar de saa pludselig ved Indvirkninger udefra hver en Nord- og en Sydende? Nej, de har dem i Forvejen! I alt Jærn og Staal er alle Smaadele smaa Magneter; men naar man ikke mærker noget til alle disse Magnetpoler, saa ligger det deri, at de overalt i Jærnet eller Staalet binder hinanden; de har ikke disse velordnede Stillinger, som er tegnede paa Fig. 11. Magnetiseringen bestaar da i, at Smaadelene drejes, indtil de har faaet disse ordnede Stillinger, og i Jærn gaar saadan en Drejning let for sig, i Staal vanskeligere. Her var det rart at have et Eksperiment, der ligesom bankede denne Forklaring ind i Hovedet paa os; og et saadant Eksperiment er følgende. Man fylder et Glasrør, som er lukket i den ene Ende (med en Prop f. Eks.), helt med Filspaaner af *Staal* og lukker til med en Prop. Dette Glasrør lægger man paa Bordet og behandler det som Strikkepindene i Fig. 2; Resultatet bliver

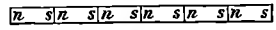


Fig. 11.

da ogsaa det samme, nemlig at Glasrøret bliver en Magnet med en Nordpol der, hvor vi løfter Sydpolen af.

Det er naturligvis Spaanerne, der har de magnetiske Egenskaber, og ikke selve Glasset. Men tager man saa Proppen af, ryster Røret, saa at Spaanerne faar nye Stillinger til hverandre, og sætter Proppen paa igen, er der ingen Virkning mere. Det er altsaa de ordnede Stillinger af Smaadelene, som gør Udslaget.

Vi forstaar nu, hvad der foregaar med Strikkepinden i Fig. 2; ved at man stryger den fra venstre mod højre med en Sydpol, drejes dens magnetiske Smaadele, fordi Sydpolen, der farer hen over dem, virker tiltrækkende paa deres Nordender, og alle disse kommer da til at vende til højre, Sydenderne følgelig til venstre.

Ja, man kunde endnu nævne, at Staal bliver hurtigere magnetisk, naar man banker paa det under Magnetiseringen; det giver en Rystelse i det indre, hvorved Drejningen af Smaadelene lettes, og Magnetiseringen fremmes.

Vi kan nu forlade alle disse Spekulationer og vil gaa over til at beskrive en Del smukke magnetiske Forsøg, som er overmaade lette at anstille. Man skal bruge Magneter, fine Jærnfilspaaner og et Stykke Musselin, hvori man lægger disse Spaaner, og hvorfra man kan drysse dem ud som Peber af en Peberbøsse; endvidere skal man bruge en tynd Pap- eller Kartonflade, tynd Glasplade eller lign. Lad os, for at vælge noget, tage Pap.

Man lægger en eller flere Magneter paa Bordet og dækker dem med Pappet; i nogen Højde over Pappet holder man Musselinsposen med Jærnspaanerne og drysser dem som en Regn ned over Pappet. Man ser da, at de lægger sig i smukke, regelmæssige Linier, lige eller buede efter Omstændighederne. Det fremmer Regelmæssigheden, naar man slaar lidt paa Pappet med en Finger.

Man kalder disse Linier for Kraftlinier. Hvis man i længere Tid banker paa Papstykket med en Finger, ser man Spaa-

nerne glide hen mod Polerne paa den Maade, at de følger Kraftlinierne.

Fig. 12 viser Kraftliniebilledet, naar en Hesteskomagnet med runde Polflader er stillet lodret med Polerne opad; man ser, at det navnlig er i Endefladernes Kanter, at Magnetismen har samlet sig.

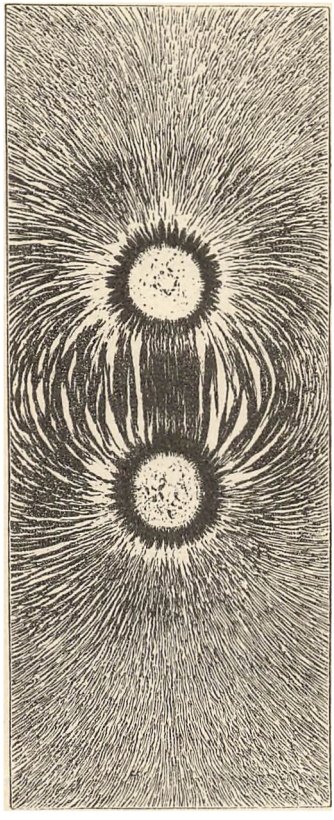


Fig. 12.

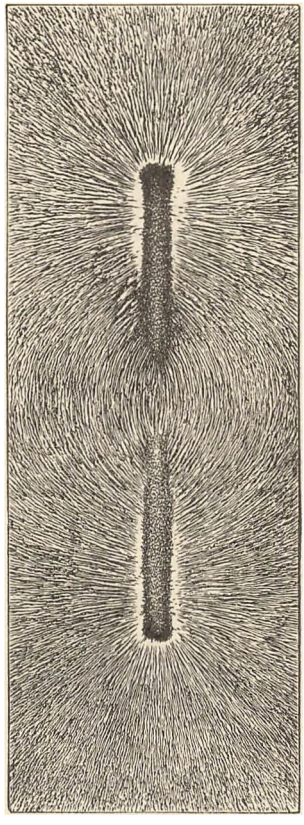


Fig. 13.

Fig. 13 viser Kraftliniebilledet for en Stangmagnet; Kraftlinierne gaar fra Pol til Pol i mindre og større Buer. Har man flere Magneter, kan man let danne sig andre Kraftliniebilleder.

Hvorledes opstaar nu disse Kraftliniebilleder? Det gaar for sig saaledes, at de enkelte Jærnspaaner bliver til smaa Mag-

neter i Magneternes Nærhed, og disse smaa Magneter kæder sig sammen, saaledes at en Nordpol forener sig med en Sydpol i den næste.

Vi har her set, at Magnetkraften virker igennem Pap, Papir o. s. v., ganske som om det var Luft. En Magnets ene Pol eller en hesteskoformet Magnets to Poler kan godt bære et lidet Stykke Jærn, om der ogsaa er et Stykke Papir skudt ind imellem dem. Prøv det ved Forsøg! Man har en Slags Legetøj, hvor dette kommer til Anvendelse: En Æske indeholder smaa Fiske, Svaner, Baade o. s. v., der kan flyde paa Vand, og alle har en lille Jærnnaal i sig; man bringer dem til at flyde paa Vand i en dyb Tallerken eller et Vandfad, og bringer man en Magnet (som i Reglen følger med i Æsken, men stundom er vel svag) i deres Nærhed, følger de efter den; ligger en af Genstandene ind til Karrets Væg, og man bevæger Magneten langsomt lige udenfor det Sted paa Porcellænet, hvor den svømmende Genstand er, faar man den ogsaa til at flytte sig.

Man kan, som det tidligere er sagt, ikke have Magneter med mindre end to Poler; derimod kan man nok have Magneter med mere end to Poler. Dersom man stryger en Staalstang, f. Eks. en Strikkepind, paa den Maade, at man stryger



Fig. 14.

paa eet Stykke af den med en Magnetpol i en vis Retning, paa det næste Stykke med den modsatte Pol i samme Retning, paa det tredie Stykke atter som paa det første Stykke o. s. v., saa kommer der en ny Magnetpol for hvert nyt Stykke, og Tilstedeværelsen af disse Poler ser man bedst ved at dyppe hele Stangen ned i Jærnfilspaaner; thi de hænger da fast paa flere Steder (Fig. 14).

Jærn, som magnetiseres ved, at der er Magnetpoler i dets Nærhed, kan ogsaa faa saadanne Ekstrapoler. Naar et Jærn-

stykke lægges med sine Ender til to Nordpoler, vil disse magnetisere Jærnet saaledes, at det faar Sydpol i begge Ender og en Nordpol i Midten. Derfor kan Jærnet ogsaa paa Midten bære et lille Jærnsøm.

Vi vil nu nærmere undersøge en ophængt Magnetnaals Stilling.

Vi bestemmer da først ad astronomisk Vej den virkelige Nord-Syd-Retning; det kan gøres paa følgende Maade en Dag, hvor det er Solskin:

Man tegner i Vindueskarmen eller paa et Bord, hvor Solskinnet falder, nogle Cirkler med samme Centrum, og i dette Punkt stiller man en Naal lodret.

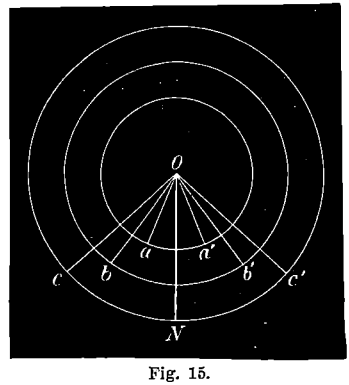


Fig. 15.

Efter som Solen nu i Løbet af Formiddagen kommer højere og højere paa Himmelen, bliver Skyggen kortere, og efter som Solen om Eftermiddagen daler paa Himmelen, bliver Skyggerne længere. I Tiden fra 9 til 11 om Formiddagen passer man nu paa, naar Naaleskyggens Spids akkurat berører en af Cirklerne, og paa disse Steder sætter man Mærkerne *a*, *b*, *c*; om Eftermiddagen imellem 1 og 3 gør man det samme igen og faar paa den Maade to Mærker paa hver Cirkel. Paa hver Cirkel finder man Midtpunktet imellem de to Mærker, og den rette Linie, man saa kan tegne fra Naalen igennem alle disse Midtpunkter, bliver da Retningen fra Syd til Nord (*ON* i Fig. 15.).

Lader man nu en Magnetnaal, der kan dreje sig rundt i vandret Retning (Fig. 3 eller 5) svinge lidt ovenover den tegnede Linie fra Nord til Syd og tilsidst komme i Ro, vil vi faa at se, at den ikke stiller sig lige i Nord-Syd-Retningen: *Nordenden har en lille Sideafvigelse til Vest, Sydenden til Øst.* Man siger, at Magnetnaalen har en vestlig Afvigelse

eller *vestlig Misvisning*, idet man nemlig er bleven enig om at lade det være Nordendens Stilling, der afgør, om Misvisningen er vestlig eller østlig.

Nord-Syd Retningen og Øst-Vest Retningen staar tværs paa hinanden eller, som Matematiken kalder det, danner rette Vinkler med hinanden; een ret Vinkel har vi f. Eks. mellem Linierne til Nord og til Vest fra Naalens Midtpunkt i Fig. 16. En ret Vinkel deles i 90 lige store Dele, som man kalder Grader. Misvisningen i København er for Tiden 10 Grader vestlig, altsaa noget mindre end den Misvisning, Fig. 16 viser, men rejser man vesterpaa til Fyn og Jylland, bliver den større (i Thisted er den c. 13 Grader), og omvendt.

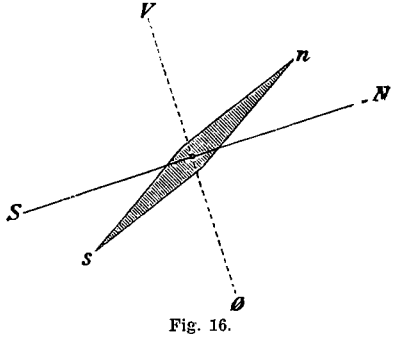


Fig. 16.

Den østligste Del af Danmark er Bornholm ude i Østersøen, og der er Misvisningen mindre end i København, men der er dog noget mærkeligt ved Bornholm i magnetisk Henseende, hvilket afd. Direktør Adam Paulsen for det meteorologiske Institut i København har fundet, og det er det, at medens man efter det sagte skulde vente, at der paa Bornholms Østkyst var en mindre Misvisning end paa dens Vestkyst, saa er det modsatte Tilfælde. Denne Afvigelse fra det regelmæssige maa hidrøre fra, at Bornholm er et Klippeland, dannet af Granit, og denne Granit maa indeholde Jærn, som indvirker paa Magnetnaalene, der opstilles derovre.

Tænker vi os, at vi rejste endnu længere mod Øst og landede i Rusland, saa finder vi straks en grumme lille Misvisning, og vi behøver kun at rejse en forholdsvis kort Strækning ind i Rusland, nemlig omtrent til Hovedstaden St. Petersborg, for at faa en Misvisning, der er Nul, d. v. s. en ophængt Magnetnaal peger der lige i Nord—Syd. Rejser man saa videre østerpaa, gaar Magnetnaalen om paa den mod-

satte Side af Nord—Syd-Linien; det bliver da mod Øst, at Nordenden afviger; og vi har *østlig* Misvisning. — Ogsaa naar man rejser vesterpaa fra Danmark, forefinder man Forandringer i Misvisningen, men vi vil ikke fordybe os mere i disse Forhold.

Naar det er blevet sagt, at Misvisningen *for Tiden* (1908) i København er 10 Grader, saa trænger dette „for Tiden" til en nærmere Forklaring. En Magnetnaal, der er ophængt og fuldstændig beskyttet mod Rystelser og selv de allersvageste Strømninger i Luften, hænger ikke helt stille, selv om det synes saa, men dens Bevægelser er ganske vist saa svage, at de ikke kan ses, med mindre man indretter sig paa særlige Maader for at opdage dem. Ved saadanne fine Undersøgelser viser det sig, at Misvisningen i Danmark langsomt bliver mindre og mindre Aar for Aar, altsaa Naalen nærmer sig stadigt til Nord—Syd-Retningen, og det har den gjort i de sidste Hundrede Aar. At det gaar langsomt for sig, forstaar man, naar man hører, at der skal godt en halv Snes Aar til, for at Misvisningen skal blive 1 Grad mindre, og 1 Grad er, som det vil erindres, kun $^1/_{90}$ af Vinklen imellem to Retninger, der gaar tværs paa hinanden. Før det 19de Aarhundredes Begyndelse var Misvisningen stadigt tiltagende i København, og det havde den været siden Midten af det syttende Aarhundrede; før denne Tid var Misvisningen østlig.

Naar Misvisningen formindskes saa langsomt, som det nylig er sagt, saa skulde man ikke tro, at der var nogen Bevægelse at opdage i Løbet af et Døgn; men fine Undersøgelser viser os dog, at Magnetnaalen forholder sig paa en underlig Maade, den *svinger* lidt i Døgnets Løb: fra Kl. 8 om Morgenen gaar Nordenden lidt mod Vest indtil lidt efter Middag, saa at Misvisningen altsaa i Formiddagstimerne vokser lidt; om Eftermiddagen gaar Nordenden igen lidt imod Øst, og om Natten er der ogsaa nogle svage Bevægelser. Ved disse daglige Svingninger er der nu det at bemærke, at de ikke altid er lige store; men i det hele er de meget smaa, c. $^1/_7$ Grad. Og man har fundet, at der i dette Forhold gør sig en 11-aarig Periode gældende: naar de daglige Svingninger i en Tid har været særlig stærke, saa bliver de i de følgende $7^1/_2$ Aar

stedse svagere, men giver sig saa derpaa til at vokse igen i $3^1/_2$ Aar, aftager saa i $7^1/_2$ Aar o. s. v.

Vi vilde ikke have dvælet saa længe ved disse Ting, maaske slet ikke omtalt dem, dersom der ikke var en særlig Mærkelighed til Stede, som lader os ane en Forbindelse i Naturen imellem Fænomener, der foregaar langt fra hinanden, og som ikke synes at kunne have nogetsomhelst med hinanden at gøre. Vi vil da gøre et langt Spring bort fra Magnetismen for at tale lidt om Solen.

Solen viser sig for os, naar vi ser paa den med det blotte Øje eller igennem en svagt forstørrende Kikkert — man bør holde et farvet Glas for Øjnene — som en ensformig lysende Skive. Men betragtes den igennem en stærkt forstørrende Kikkert, saa opdager man, at der er en Del mørke Partier, de saakaldte *Pletter,* paa den, og disse Pletter forandres i Antal og i Udseende; Pletter kan opstaa pludseligt, holde sig en kortere eller længere Tid og forsvinde saa igen; til enkelte Tider er der mange, til andre Tider færre Pletter.

Og nu kommer det mærkelige: Paa den Tid, da Pletternes Antal er særlig stort, er ogsaa vor ophængte Magnetnaals daglige Svingninger meget store; saa aftager de begge, og $7^1/_2$ Aar senere, naar de daglige Svingninger er særlig svage, er Solpletternes Antal det mindst mulige; derefter bliver de begge større i de følgende $3^1/_2$ Aar. Fænomenerne, som her er omtalte, er af højst forskellig Natur, og de forefindes paa to Himmellegemer, Jorden og Solen, som er fjærnede 20 Millioner Mile fra hinanden, og dog følges Fænomenerne ad paa den Maade, som er omtalt!

Fine magnetiske Undersøgelser af den Art, som nys er omtalte, foregaar i *magnetiske Observatorier,* og siden 1890 har der været et saadant magnetisk Observatorium i Virksomhed i København; dets Ledelse er henlagt under Bestyreren af meteorologisk Institut. Observatoriets Hovedafdeling fandtes først i et hvælvet Rum, som var muret op inde i den Bastion ved Hjørnet af Nørrevold og Sølvgade, hvorpaa det astronomiske Observatorium ligger; Rummet laa en god Meter ind i Volden, for at den daglige Forandring i Temperaturen i Luften ude ikke skal give sig tilkende derinde; naar Temperaturen nemlig

veksler, saa forandres Magnetnaalenes Længder — næsten alle Ting udvider sig ved Opvarmning og trækker sig sammen ved Afkøling — og det vilde vanskeliggøre nøjagtige Undersøgelser, hvis saadanne Forandringer gik for sig fra Time til Time. Da vi fik den elektriske Sporvognskørsel, blev det dog nødvendigt at flytte det magnetiske Observatorium, og det ligger nu ude i Rude Skov.

Kompasset. Som det er fortalt i det foregaaende, vil en Magnetnaal, der uhindret kan dreje sig rundt i vandret Retning, indstille sig saaledes, at den *omtrent* peger i Nord og Syd; vi har lært, hvad Misvisningen er, og hørt noget om, hvor stor den er paa nogle Steder, og det vil let forstaas, at naar man ved, hvor stor Misvisningen er paa det Sted af Jorden, hvor man har Magnetnaalen hængende (og ved, om Misvisningen er østlig eller vestlig), saa kan man let af Naalens Stilling finde, i hvad Retning man har Nord og Syd. En saadan Bestemmelse af, hvor man har Nord og Syd og dermed Vest og Øst, har sin Betydning, naar man rejser i ukendte Egne, og navnlig er det af Betydning for Sømanden, thi han kan da nemt faa at vide, i hvilken Retning han bør styre for at naa det Maal, han sætter sig. Den Magnetnaal, der da bruges, er anbragt i et særligt lille Apparat; det hele hedder et *Kompas*, og Naalen kalder man en Kompasnaal. Mange kender de smaa Kompasser, som Rejsende jævnlig fører med sig; man har det undertiden hængende ved Urkæden, saa at det baade „gavner og fornøjer". Sømandens Kompas er mere kompliceret indrettet, thi der maa sørges for, at Skibets Bevægelser paa det gyngende Hav ikke indvirker forstyrrende paa Kompasnaalens Stilling.

Naar vi ser ned i Kompashuset, der er anbragt foran Rorgængeren, ser vi en stor inddelt Skive, den saakaldte „Vindrose". Paa denne findes Verdenshjørnernes Navne angivne med Bogstaverne *N*, *S*, *W* og *E*, svarende til Nord, Syd, Vest og Øst. Vest hedder nemlig paa Engelsk West, og Øst hedder East (udtales iist), og da den engelske Krigs- og Handelsflaade er den største i Verden, har man overalt antaget de engelske Kompasmærker.

Hver af Skivens Fjerdeparter deles ved Mærker i 8 lige store Dele; disse 32 Delingsstreger ved Skivens Rand kaldes *Kompasstregerne*. En Streg midt imellem to Kompasstreger er en „Halvstreg", og en Streg midt imellem en Kompasstreg og en Halvstreg hedder en „Kvartstreg". Som vort Billede Fig. 17. viser, gør man Stregerne og Inddelingerne tydeligere ved at male Figurer og sætte Bogstaver paa, som angiver Retningen. Den midt mellem Syd og Øst hedder Sydost og be-

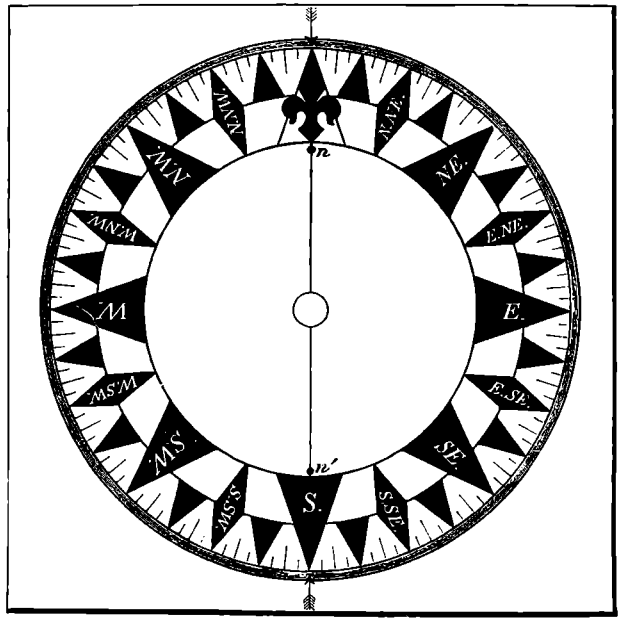


Fig. 17.

tegnes ved *SE*; Retningen midt mellem Sydost og Øst kaldes Ostsydost og betegnes ved *ESE*; den mellem Sydost og Syd hedder Sydsydost og betegnes ved *SSE*, og saa fremdeles.

Under denne Skive, der, som nævnt, kaldes „Vindrosen", er fastgjort en eller flere Magneter, og Skiven balancerer i sit Midtpunkt paa en lodret, spids Stift, saa at den er let drejelig i sit eget Plan. For at imidlertid denne Stift skal kunne holde sig i lodret Retning upaavirket af Skibets Slingringer, er den Daase *A* (Fig. 18), som har denne Stift fastgjort paa

Midten af Bunden, forsynet med en *Cardansk Ophængning*, som vi nu kortelig skal beskrive. Daasen *A* er forsynet med to Tapper *c* og *d*, af hvilke kun *c* er synlig i Figuren; disse Tapper gaar ind gennem en Messingring *R*, og denne Messingring har de to Tapper *f* og *g*, som hviler i to faste Støtter, der staar paa Skibet. Forbindelseslinien imellem *f* og *g* gaar nøjagtigt tværs paa Forbindelseslinien imellem *c* og *d*, og vi ser da, at Daasen *A* kan vugge om to vandrette Akser, der gaar tværs paa hinanden. Slingrer Skibet, saa vil dog Daasen *A* derfor hele Tiden have en Stilling, hvor dens Bund er vandret, og Bærestiften altsaa lodret. (Kahytslamper har ogsaa ofte en saadan Cardansk Ophængning).

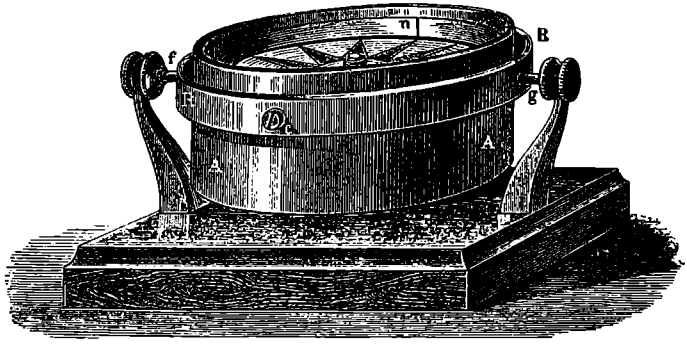


Fig. 18.

Kompasset er anbragt saaledes ombord, at Forbindelseslinien igennem Tappene *c* og *d* gaar i Kølens Retning, og der er paa Daasen *A*'s Inderside, som er hvid, malet en sort, lodret Streg *n* lige indenfor Tappen *d*. Naar derfor Skibets Køl ligger i Retning af magnetisk Nord-Syd, saa ligger Magnetnaalene i Kølretningen, og saa viser Vindrosens Nordpunkt lige paa Mærket *n*; men har Kølen en anden Retning, saa er det et andet Sted paa Vindrosen, der ligger ud for Mærket *n*, og man kan ved at se paa, hvad det er for et Sted, faa at vide, i hvad Retning Skibet sejler, — naar man kender Misvisningen.

Hver Gang altsaa Rorgængeren drejer paa „Rattet" og derved forandrer Rorets Stilling og dermed giver Skibet og dets Køllinie en anden Retning, vil den sorte, lodrette Streg

inde i Kompashuset flytte sig hen udfor en ny Streg paa Vindrosen. Denne bliver nemlig liggende ubevægelig, bestandig afhængig af Magnetens Stilling i Nord til Syd.

Lad os nu høre lidt om Magnetismens Historie.

De første Magneter, man lærte at kende, var Stykker af en Jærnerts, der i visse Egne danner store Partier af Klipper, og Magnetismen fandtes i saadan Magnetjærnsten som en Egenskab til at binde Jærnspaaner til sig. Det siges, at *Thales* fra Milet, en af Grækenlands berømte syv Vise, skal have kendt saadanne Magneter c. 600 Aar før Chr. Samme Thales var den største Fysiker i Grækenland paa den Tid og tillige en meget lærd Filosof. I en meget høj Alder — han blev 90 Aar gammel — rejste han til Ægypten for at sætte sig ind i den ægyptiske Visdom, og han døde af Alderdomssvaghed paa Tilskuerpladsen ved de olympiske Lege.

I mange Aarhundreder efter den Tid hører man kun saare lidt om Magneter. Kompasset skal først have være kendt af Kineserne, idet en Efterretning fra Aar 121 e. Chr. siger, at man med en Magnetsten kan give en Naal en bestemt Retning, og i en kinesisk Naturlære fra Aar 1111—1117 staar der, at Naalen, som er strøget med Magnetstenen, ikke peger lige imod Syd, men afviger omtrent 15^0 derfra imod Øst; her har vi det første Kendskab til Misvisningen. Men før den Tid var Naalen benyttet til Søs til at angive Retningen, og endnu tidligere skal kinesiske Kejsere have benyttet den til Lands for at finde Vej igennem Højasiens vidtstrakte Stepper.

Det første, man hører om Arabernes Kendskab til Magnetnaalen, er fra Aaret 1242; det hedder i en arabisk Beretning fra dette Aar, at syriske Søfolk i mørke Nætter lavede et Trækors og lagde dette paa Vand, og paa Korset anbragtes en Magnetsten, som med sine Spidser angav Retningen. I et fransk Digt fra 1181 er der en Omtale af Magnetnaalen som Retningsangiver for Søfarende.

Tidligere ansaa man en Italiener Flavio Gioja for Opfinder af Kompasset i Aaret 1302, og han er i den Anledning hædret

med et Monument paa Børsen i Neapel, men kan han end have bidraget meget til at udbrede Kendskab til det, opfundet det har han, som det kan ses af de ovennævnte Oplysninger, ikke.

Columbus's Rejse i 1492 over Atlanterhavet, ved hvilken han opdagede Amerika, var betydningsfuld for Kendskabet til Magnetismen. Paa den Tid var Misvisningen i Middelhavslandene østlig, men Columbus fandt om Aftenen den 13de September, da han var fjærnet over et Par Hundrede Sømil fra Spanien, at Naalen i hans Kompas viste en vestlig Misvisning, og denne Misvisning blev stedse større, efterhaanden som han kom længere og længere mod Vest. Heri laa der den meget vigtige Opdagelse, at Misvisningen er forskellig paa forskellige Steder af Jorden.

Overalt paa Jorden søger en ophængt Magnetnaal, som vi har set, at indtage en bestemt Stilling, og det maa have en Grund. Grunden er den, at Jorden selv bærer sig ad, som om den var en stor Magnet, og det er dens Magnetpoler, som indvirker paa en ophængt Magnetnaal, saa at denne derved tvinges hen imod en vis Stilling. Da vi kalder den Ende af en Magnetnaal, som søger imod Nord, for en Nordende eller Nordpol, og da vi ved, at Nord- og Sydmagnetisme tiltrækker hinanden, saa kan vi heraf slutte, at den magnetiske Jord maa have sin Sydpol langt imod Nord og sin Nordpol langt imod Syd.

Sydpolen langt imod Nord er i det nordlige Nordamerika (Halvøen Boothia Felix); Nordpolen paa den sydlige Del af Jorden er ude i Havet Sydvest for Australien. Det er naturligvis ikke paa Overfladen, at disse Poler befinder sig, men i Jordmassens Indre lige under de to nævnte Steder.

Hvis man fører en Kompasnaal op i Nærheden af Boothia Felix, hvor Jordmagnetismen har sin Sydpol, saa vil den, hvis den er i Syd derfor, stille sig med Nordenden imod Nord; men er den østenfor, vender Nordenden imod Vest; nordenfor vender Nordenden imod Syd, og vestenfor vender Nordenden imod Øst (Fig. 19). Det er altsaa *ikke overalt* paa Jorden, at en Magnetnaals Hvilestilling er omtrent i Nord—Syd-Retningen, men ganske vist paa de allerfleste Steder, hvor Mennesker stadigt

færdes. Jordens Magnetkraft giver sig ikke alene tilkende derved, at den indstiller drejelige Magnetnaale paa Jordens Overflade i en bestemt Stilling, men ogsaa derved, at den kan magnetisere Jærnmasser. Lodret stillede eller hængende Jærnstykker viser sig i Reglen ved nærmere Undersøgelse at være magnetiske, Kakkelovne f. Eks., Vindushængsler, Ildtænger o. s. v., og alle har de her i vore Egne en Nordende nedad og en Sydende opad. Tag en Kompasnaal eller en anden vandret hængende Magnetnaal og nærm den langsomt fra Nordsiden af en Kakkelovn til dennes øverste Ende; det er da Naalens Sydende, som er nærmest ved Ovnen, og man ser, at den bøjes bort fra Ovnen — den frastødes. Nærm fra Kakkelovnens modsatte Side en svævende Magnetnaal langsomt til Ovnens nederste Ende; det er da Nordenden, som er Ovnen nærmest, og man ser, at Nordenden stødes bort. Ovnen har følgelig en Nordende nederst, en Sydende øverst. — Lignende Forsøg kan gøres med en Ildtang. som holdes i Haanden i lodret Stilling; før Naalen nærmes til den — eller den til Naalen — giver man den et Par Slag. Men saa vender man Ildtangen om, saa at det, der før var øverst, nu kommer nederst, og omvendt; et Par Slag paa Ildtangen, og Forsøget gentages; atter er der en Nordende nederst og en Sydende øverst, og man ser altsaa, at der fandt en Ommagnetisering Sted, da Tangen blev vendt, og denne Ommagnetisering lettedes ved den Rystelse, som Slagene fremkaldte.

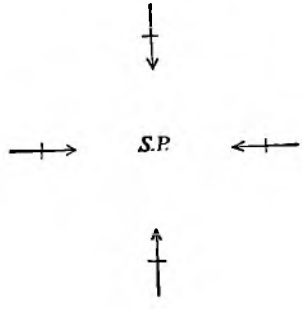


Fig. 19.

Magnetiske Storme eller *Uvejr* kaldes de Forstyrrelser, som af og til iagttages i en Magnetnaals Stilling, idet den pludselig giver sig til at svinge; dette Fænomen indtræder paa samme Tid over en større Del af Jordkloden og hyppigst samtidig med, at der ses Nordlys.

Et Skibskompas kan i Reglen ikke tages i Brug, medmindre der er taget særlige Forsigtighedsregler. I Skibe er

der hyppigt Jærn, og dette virker forstyrrende paa Kompassets Magnetnaal, saa at denne ikke stiller sig, saaledes som den skulde — og ogsaa vilde gøre, hvis dette Jærn ikke var der. Dette haarde Jærn kan være bleven magnetisk under Skibets Bygning, idet Jordens Magnetisme indvirkede paa det, medens det blev snoet, hamret o. s. v., og hvorledes Magnetismen er fordelt i dette haarde Jærn, det afhænger af Stillingen, medens Bygningen stod paa. Ogsaa det bløde Jærn magnetiseres af Jordmagnetismen; men forandres dets Stilling, saa forandres ogsaa Magnetismens Fordeling deri. Særlig forstyrrende er Forholdene naturligvis, naar Skibet er et Jærnskib. — Fejlen rettes bedst derved, at man i Kompassets Nærhed anbringer Jærnmasser i saadanne Stillinger, at Indflydelsen ophæves, saa at det bliver, som om Magnetnaalen var helt fri for Jærn i sin Nærhed. Fra Tid til anden maa dette „at rette Kompasset" gentages. — Et Dampskib, der en Gang sejlede til Bornholm med en Dampkedel ombord, kom helt ud af Kurs paa Grund af Kedeljærnets Indvirkning paa Kompasnaalen, og man blev først opmærksom herpaa et Par Timer efter, at Skibet havde passeret langt udenom Bornholm.

Varmens Indflydelse paa en Magnet. Naar en Magnet bliver ophedet, vil det vise sig, at den efter Afkøling er svagere, end den var før. Jo stærkere man opheder den, desto mere svækkes den; og ophedes den til Rødglødhede, d. v. s. 6—700 Graders Varme, saa mister den al sin Magnetisme; derfor mister den dog ikke sin Evne til at kunne blive magnetisk paany. Ved den nævnte høje Temperatur er Jærn og Staal uimodtagelige for magnetiske Paavirkninger.

Herpaa beror et morsomt lille Apparat, hvor man faar et Hjul til at løbe rundt foran en Magnet. Det ser ud som Fig. 20 viser det, og vi skal nu forklare, hvad Figuren forestiller.

Hjulet laves saaledes: i et Stykke Korkprop stikker man fire tykke Kobbertraade, som gaar ud til Siden og skal danne Hjulets Eger; i Enderne af disse Traade er der med en Fil lavet vandrette Indsnit, i hvilke man kan lægge en tynd Jærntraad, der kommer til at danne Hjulkransen. Dette Hjul sættes paa en Strikkepind, som stikkes op i Proppen tværs paa Hjulets

Plan, og nu skal man have denne Strikkepind til at være lodret og dreje sig rundt om sig selv, saa at Hjulet faar en vandret Stilling. Dette kan f. Eks. opnaas paa følgende Maade.

Paa et Stykke Pap lakker man en Prop, og paa Oversiden af denne Prop lakker man en Porcellænsknap og derpaa en stor Glasperle. Saa former man en stiv Traad saaledes, at den faar et Øje i Midten, og Enderne stikkes fast ned i Proppen paa to modsatte Steder; Figuren viser det tydeligt.

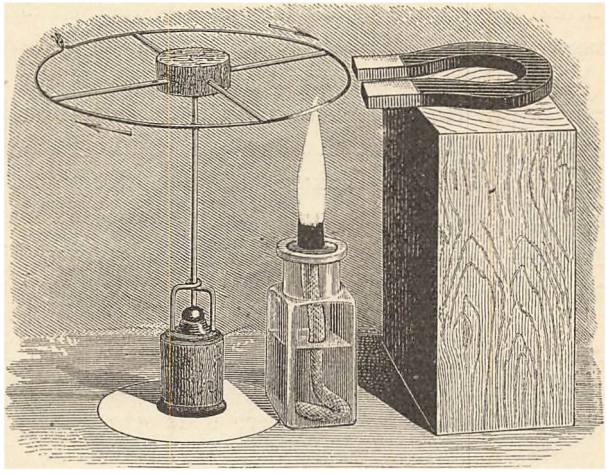


Fig. 20.

Naar man saa stikker Strikkepinden igennem dette Øje og ned i Perlens Hul, saa har den tilstrækkelig Støtte, og ved at trykke Traaden lidt til den ene eller anden Side kan vi let faa Strikkepinden til at staa fuldstændig lodret.

Derpaa lægges en Hesteskomagnet paa et eller andet Underlag vandret lige ud for Hjulkransen; denne magnetiseres da af Magneten og staar stille. Men saa stiller man en eller anden Flamme, f. Eks. en tændt Spritlampe, under Hjulkransen paa Magnetens ene Side; dette Jærntraadsstykke bliver derved glødende, og straks giver Hjulet sig til at gaa langsomt rundt i en Retning, hvorved den glødende Del fjærner sig fra Mag-

neten. Dette ligger ganske simpelt deri, at Magneten virker tiltrækkende paa koldt Jærn, men ikke paa det ophedede. Det Traadstykke, der blev ophedet, kommer da ud af Flammen og bliver koldt igen, før det atter efter en Omdrejning kommer hen til Magneten, og nyt koldt Jærn gaar ind i Flammen.

Denne Maskine til at skaffe sig Bevægelse med er dog ikke synderlig økonomisk.

Kan ikke andre Ting end Jærn og Staal gøres magnetiske? Jo. En nærmere Undersøgelse viser, at ogsaa Metallerne Kobolt, Nikkel og Krom er lidt modtagelige for magnetiske Paavirkninger, ja at egentlig alle Stoffer har en om end meget lille Modtagelighed derfor, men den er saa vanskelig at opdage og spiller saa ringe praktisk Rolle, at vi efter blot at have nævnt dette ikke vil gaa dybere ind paa denne Sag; derimod har den saakaldte dyriske Magnetisme, som flere Gange i Tidernes Løb har spøgt i Folks Hjerner, hjemme i Fantasiens Verden og er altsaa os uvedkommende.

Inden vi forlader Omtalen af de magnetiske Fænomener, skal det nævnes, at man ved Hjælp af en elektrisk Strøm kan frembringe Magneter, baade større og kraftigere end dem, vi hidtil har stiftet Bekendtskab med. Disse saakaldte Elektromagneter skal nærmere omtales i Elektricitetslæren.

ELEKTRICITET

Elektricitet ved Gnidning. Elektrisk Fordeling.

Naar vi undersøger de historiske Kilder, saa viser det sig, at de første Spor til det, vi kalder Elektricitet, findes hos Grækeren *Thales*, c. 600 Aar f. Chr., den samme som efter alt at dømme ogsaa var den første, der kendte noget til Magnetisme; han fandt, at man ved at gnide Rav, hvis græske Navn er Elektron, med en tør ulden Klud skaffer Ravet Evnen til at trække smaa, lette Ting som Avner, Uldtotter, Haar o. s. v. til sig, men denne Evne gaar hurtigt tabt igen. Ved fornyet Gnidning fremkaldes denne Tiltrækningsevne paany for en kort Tid o. s. fr. Ravet siges ved Gnidningen at være gjort elektrisk, at besidde Elektricitet (efter Ordet Elektron).

I over to Tusinde Aar kom man ikke videre; først den engelske Dronning Elisabeths († 1603) Livlæge Gilbert tog fat paa disse Fænomener igen og førte dem videre frem, og nu gik det hurtigere fremad, men det er dog først fra Begyndelsen af det 19de Aarhundrede ved Opdagelsen af de elektriske Strømme, at Elektricitetslærens Udvikling tager Kæmpeskridt.

Vi behøver blot at minde om elektriske Ringeapparater, elektriske Ure, elektrisk Belysning, Telegrafen, Telefonen, Forgyldning, Forsølvning, Fornikling etc., billig Fremstilling af Aluminium, elektriske Baade, Jærnbaner og Sporvogne o. s. v. o. s. v., for at det kan staa klart, at det er en enestaaende Udvikling, der er gaaet for sig, og en Udvikling, der viser, til hvor stor Nytte Videnskaben kan være Menneskeheden. Naar der foreligger en ny videnskabelig Opdagelse, saa er der

grumme mange, der straks styrter til med Spørgsmaalet om, hvad Nytte den kan gøre; i mange Tilfælde springer Nytten straks i Øjnene, i andre Tilfælde kan man ikke opdage den, men derfor kan den godt være til Stede, og der er utallige Eksempler paa, at „mange Bække smaa gør en stor Aa". Hvem tænkte vel egentlig paa, da den første, ufuldkomne Telefon kom frem i Halvfjerdserne, at Telefonnet ti Aar senere vilde være spændte ud over Byernes Tage, forene By med By, Land med Land og gøre det muligt nye ti Aar senere at staa i København og tale med Folk i Stockholm? Men Enden er ikke endda: Naar Kullagene i Jorden efterhaanden svinder væk, og Dampmaskinen maa trække sig tilbage, fordi det er for dyrt at fyre med Kul, saa maa Vindens og det rindende Vands Arbejdsevne udnyttes i mange Gange stærkere Grad end nu, og her kommer Elektriciteten os til Hjælp som den, der kan gøre det muligt at flytte de store Arbejdskræfter fra de Steder, hvor de stiller sig til Menneskenes Tjeneste, og hen til de Steder, hvor vi kan udnytte dem.

Med alle disse Ting kommer vi til at beskæftige os i det følgende, men vi maa gaa langsomt fremad, naar vi vil have den fulde Forstaaelse af Fænomenerne, og foreløbig holder vi os til simple elektriske Forsøg, som vel kan kaldes Snurrepiberier i en vis Forstand, men sem bidrager til at aabne vore Øjne for Naturens Kræfter og skærpe Appetitten efter mere.

Der er naturligvis udtænkt en Mængde simple Forsøg over Elektricitetsfrembringelse ved Gnidning; i det følgende vil vi nævne en Række saadanne Forsøg, som enhver let kan anstille.

1. Man lægger et Stykke Papir eller et Brevkort imod en varm Kakkelovn eller holder det over en Lampe, lægger det saa paa et Bord eller imod en Væg og stryger det nogle Gange med den tørre Haand eller endnu bedre med et Stykke Pelsværk, og det hefter da ved Bordet eller ved Væggen, og i sidste Fald bliver det hængende af sig selv ved Væggen i

nogen Tid, men falder saa til sidst ned. Trækker man det nylig strøgne Papir forsigtigt bort fra Underlaget, hører man en svag Knitren.

Opvarmningen tjener til at udtørre Papiret; men det varer ikke længe, saa har det igen suget Fugtighed til sig fra Luften og maa tørres igen paa Ovnen, naar man vil gøre et nyt Forsøg.

2. Stryges et Stykke tørret Papir paa den omtalte Maade i Mørke, kan man, naar man nærmer en Finger til Papiret, se smaa Gnister springe over imellem Papiret og Fingeren. Man kan ogsaa tage et Knivsblad i Haanden og nærme dets Spids til Papiret; en lille Gnist viser sig da.

3. Naar man har trukket det nylig gnedne Papir fra Væggen og atter nærmer det hen dertil, drages det imod Væggen og kan hænge sig fast til den. Nærmer vi Papiret op imod vor Haand, som vendes med Oversiden nedad, gaar det til Haanden og bliver hængende ved den, som om det ingen Vægt havde.

4. Fører vi det varmede og gnedne Papir henimod lange Haar paa Hovedet, rejser disse Haar sig og strækker sig imod Papiret.

5. Nærmes Papiret til smaa Papirstumper, der ligger paa Bordet, kommer disse i livlig Bevægelse imod Papiret og danner som en Bro imellem dette og Bordet. Særlig tages smaa Silkepapirsstykker, der kan være klippet ud som smaa Mænd paa et Par Centimeters Længde. Smaa Totter Vat flyver imod det elektriske Papir i ret stor Afstand.

6. Vi bringer en Spadserestok eller en Ildtang til at balancere let over Ryggen paa en Stol; nærmes et elektriseret Brevkort eller Papir til Stokkens eller Tangens ene Ende, ser man, at denne gaar henimod Papiret, og man kan saaledes faa Stokken til at svinge op og ned, ja til at falde af, skøndt man ikke har rørt ved den.

7. En endnu bevægeligere Balance skaffer man sig saaledes. Af et Brevkort eller et andet Stykke tykt Papir skærer man en Strimmel paa en halv Centimeters Bredde og borer et Hul i Midten med en tyk Naal; derpaa lader man en lille Klat Lak falde ned over Hullet, og fra den anden Side trykker

man en lille Fordybning op i Lakken, førend den er bleven haard, ved Hjælp af en Strikkepind, som er befugtet med lidt Olie. Strimlen sætter man saa ned paa en Synaal eller Stoppenaal, der er stukket fast i et Brædt, idet den bringes til at hvile derpaa med den lille Lakhætte; ved at klippe af i den ene Ende faar man let Strimlen til at svæve i vandret Stilling paa Naalespidsen. Dette er et meget fintmærkende lille Apparat, et *Elektroskop;* med dette Navn betegner man nemlig de Apparater, simple saa vel som mere sammensatte, ved Hjælp af hvilke man kan paavise Tilstedeværelsen af Elektricitet. Paa Grund af vort lille Apparats Form kalder man det ogsaa for den *elektriske Naal.* Mest fintmærkende er den, naar Papirstrimlen, „Naalen", laves af to Stykker uægte Guldpapir, der er klistrede sammen med de ubelagte Sider mod hinanden.

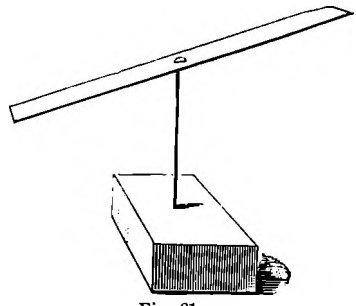


Fig. 21.

8. Blot man trækker en tynd Strimmel Papir een Gang imellem en tør Pege- og Tommelfinger og saa nærmer den hen til den ene Ende af den svævende Strimmel (Fig. 21), kommer denne i Bevægelse. Det samme sker, naar man nærmer et Stykke opvarmet Papir, som man har slaaet et Par Gange med et Stykke Pelsværk. Ja endog naar man trykker den flade Haand paa et godt opvarmet Papir, der ligger paa Bordet, bliver det saa elektrisk, at det faar Elektroskopets Strimmel til at bevæge sig. Ikke alene ved Gnidning, men ogsaa ved Tryk og Slag kan man altsaa gøre Papiret elektrisk.

9. Varm en Lakstang lidt og gnid den med et Stykke varmt Skind; den bliver da stærkt elektrisk; den trækker Uldtotter, Papirstumper o. s. v. til sig, og den sætter, naar den nærmes til Elektroskopet, der er vist i Fig. 21, den balancerende Papirstrimmel i livlig Bevægelse.

10. Varm en Glasstang eller et Glasrør og gnid det med et Stykke varmt Uldtøj, og det samme viser sig.

Føres en Kno langs en stærkt elektriseret Glasstang i meget lille Afstand derfra, høres der en Knitren, og i Mørke

kan man se smaa Gnister springe over. Fører vi en elektrisk Glasstang tæt hen over Ansigtet, er det, som om man fik Spindelvæv i det; denne Fornemmelse hidrører fra, at de fine Haar paa Huden bevæger sig, fordi de drages imod Glasstangen.

Til saadanne elektriske Forsøg er almindelig grønt Glas det bedste; af hvidt Glas er navnlig det bøhmiske godt; et Lampeglas *kan* bruges.

Til Gnidning af Glas egner et Stykke blødt Læder med et Amalgam paa sig bedre end Uld. Et Amalgam er en Blanding af Kviksølv og et eller flere andre Metaller; et almindeligt Glasspejl er ofte belagt med Tinamalgam, og dette egner sig godt til elektriske Forsøg; bedre er et Amalgam, som gaar i Handelen netop til elektrisk Brug; det bestaar af 1 Vægtdel Zink, 1 Vægtdel Tin og 2 Vægtdele Kviksølv.

Naar Amalgamet skal smøres paa Læderet, overtrækkes eller indgnides dette først med en lille Smule Tælle eller Olie, og da strøs det fine Amalgam paa og gnides ind med en Korkprop.

Af disse 10 Forsøg ser vi, at et elektrisk Legeme kan tiltrække lette Ting uden Hensyn til, hvad de er af (kunde Magneten det?), samt at den elektriske Virkning kan ledsages af Lyd- og Lysfænomener.

11. Vi gnider et Stykke varmt Papir med Haanden og deler det hurtigt i to Dele med en skarp Kniv; derpaa tager vi de to Stykker op, og tager med to Fingre fat paa dem ved de sammenlagte Hjørner (Fig. 22). De gaar da fra hinanden og bliver fra hinanden, selv om de føres frem og tilbage i Luften; men gradvis nærmer de sig dog til hinanden og falder tilsidst helt sammen.

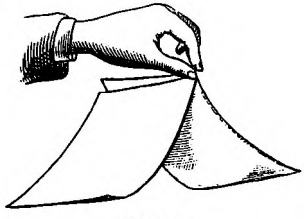


Fig. 22.

12. Vi klipper et Stykke Papir itu i en Mængde smalle Strimler, der dog hænger sammen ved den ene Ende; vi varmer dem og trækker dem igennem Haanden; de vil da frastøde hinanden og stritte ud fra hinanden.

Forsøgene 11 og 12 lærer os, at Papirblade, som er elektriserede ganske paa samme Maade, frastøder hinanden.

At *Elektriciteten kan ledes igennem* visse Stoffer, men ikke igennem andre, fremgaar af følgende Forsøg.

13. Vi hænger en Papirsdusk som den nylig omtalte, uden at varme den, paa et Stykke Papir, som er varmet, og som nu gnides; man ser da, at de enkelte Striber i Dusken langsomt gaar ud fra hinanden; de er altsaa blevne elektriske, det er Papirbladets Elektricitet, som er gaaet over i Dusken; fugtigt Papir lader altsaa Elektriciteten langsomt trænge ind i sig.

14. Hvis Papirsdusken hænger i en fin *Metaltraad* paa et Papirsblad eller Brevkort, som elektriseres (Fig. 23), saa ser man ogsaa, at Dusken kommer til at stritte ud, saa at Elektriciteten har kunnet trænge fra Bladet eller Kortet igennem Traaden ned til Dusken.

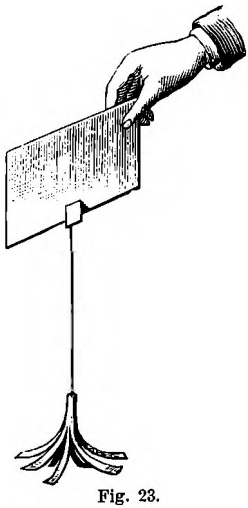


Fig. 23.

Gøres det samme Forsøg med en *Silketraad* eller et langt *Haar* i Stedet for Metaltraaden, kommer Strimlerne ikke til at stritte ud fra hinanden, saa at Silketraaden og Haaret ikke har kunnet føre Elektriciteten til dem.

15. De nylig under 14 omtalte Forsøg gør vi igen, men med den Forskel, at der i Metaltraadens, Silketraadens og Haarets nederste Ende er befæstet en Metalknap, og det viser sig da, at Knappen, som hænger i *Metal*traaden, faar Evne til at trække lette Smaalegemer til sig eller virke paa den elektriske Naal i Fig. 21, medens Knappen i de andre to Tilfælde ikke kan gøre det.

16. Naar Silketraaden i de under 14 og 15 nævnte Forsøg gøres vaad, saa bærer den sig ad, som Metaltraaden gør, d. v. s. den leder Elektriciteten. Vand hører altsaa til Lederne.

Til *Lederne* for Elektriciteten hører fremfor alt Metallerne, dernæst Vand, Syrer, Saltopløsninger, levende Planter og Dyr.

Til *Ikke-Lederne* hører Parafin, Glas, Lak, Ebonit (vulkaniseret Kautschuck, d. v. s. Kautschuck med en Tilsætning af Svovl; sorte Penneskafter og Kamme laves f. Eks. deraf), tørret Papir, Silke, Haar o. s. v. Men saa er der nogle Stoffer, som ligger imellem disse to Grupper, Stoffer, som leder Elektriciteten langsomt og ikke pludseligt igennem sig; saadanne Stoffer, siger man, er *Halvledere;* det er tørt Træ, Papir, som ikke er særlig tørret o. a. fl. Dog er Grænsen ingenlunde skarp imellem disse tre Grupper. Glas er saaledes jo nok en Ikke-Leder, men alt Glas beslaar sig i Luften med en tynd Hinde af Fugtighed, og denne Fugtighedshinde leder Elektriciteten; først naar vi ved Opvarmning og Gnidning har faaet denne Hinde væk, er Glasset en Ikke-Leder. Smører man Fernis paa Glasset, kommer der ikke nogen synderlig Fugtighedshinde paa det, og ferniseret Glas er derfor en særlig god Ikke-Leder. Stoffer, som ikke leder Elektriciteten, naar deres Overflade er blank, bliver til Halvledere, ja kan endog komme i Klasse med Ledere, naar Overfladen er gjort mat. Glas bliver til en ret god Leder, naar det ophedes saa stærkt, at det bliver blødt.

Ikke-Ledere kalder man ogsaa *Isolatorer,* fordi naar en Leder er elektrisk, og Elektriciteten ikke skal gaa sin Vej fra den, maa den omgives af Ikke-Ledere, den maa *isoleres,* altsaa f. Eks. bæres af en ferniseret Glasfod. Elektriciteten kan da ikke gaa ad den Vej ned i Jorden, derimod kunde den jo maaske nok gaa tabt i Luften; det gør den ogsaa gradvis.

Flammer og Røgsøjler er Ledere for Elektriciteten.

Naar vi ser paa ovenstaaende Fortegnelse over de Stoffer, der er Ledere og Isolatorer, saa ser vi straks, at det er Isolatorer, som ved Gnidning bliver elektriske, tørret Papir f. Eks., men ikke fugtigt; Glas, Lak o. s. v. Dog bliver, som vi straks skal se, *alle Stoffer elektriske ved Gnidning,* ogsaa Ledere, men en Leder, som skal bibeholde den Elektricitet, der frembringes i den ved Gnidning, maa være isoleret, og maa altsaa ikke holdes uden videre i Haanden, thi Elektriciteten forsvinder da straks i samme Øjeblik, da den er kaldt til Live, igennem Kroppen ned i Jorden.

17. Man befæster en blank Metalknap til den ene Ende af en Lakstang og stryger den saa, medens man holder Lakket

i Haanden, nogle Gange frem og tilbage imod et Stykke Pelsværk; nærmes Knappen saa til den elektriske Naal (Fig. 21), kommer denne i Bevægelse, og et Stykke Papir, der hænger i en Silketraad, bliver tiltrukket og derefter frastødt af Knappen.

Hvis man rører ved Knappen, naar den er bleven gnedet med Pelsværket, med en Finger og saa nærmer den til den elektriske Naal eller et andet let Legeme, er der ikke Spor af Virkning, hvilket hidrører fra, at dens Elektricitet er gaaet igennem Finger og Krop ned i Jorden. Hvis man berører et elektriseret Stykke Papir eller Brevkort med en Finger, saa gaar kun Elektriciteten ved Berøringsstedet sin Vej, men ikke Resten, fordi Elektriciteten i dette Stof ikke har sin frie Bevægelighed.

Til saadanne elektriske Grundforsøg, som vi her beskæftiger os med, egner foruden den elektriske Naal ogsaa det *elektriske Pendul* sig godt. Det er en Hyldemarvskugle, som er hængt op i en Silketraad, der er bunden til en stiv Metaltraad eller en bøjet Glasstang, der tjener som Stativ, f. Eks. derved, at den er sat fast i Proppen paa en Flaske; er der Vand i denne, staar den bedre fast. Et Glasrør, som er gnedet med en varmet Uldklud eller med et Stykke amalgameret Skind og derpaa bringes hen i Hyldemarvskuglens Nærhed, bringer denne til at slaa ud til Siden henimod Glasset, og naar den har rørt ved dette og forladt det, saa frastødes den af Glasset; følger vi efter med Glasset, viger Kuglen stadigt til Siden. Og saaledes bærer Kuglen sig altid ad overfor elektriske Legemer. Rører man ved Kuglen, saa holder Frastødningen op; den drages igen mod det elektriske Glas eller hvad det nu er for et Legeme, men har der saa igen været Berøring imellem dem, faar vi Frastødningen paany.

Hyldemarv faar man om Vinteren af de et Aar gamle Skud paa Hylden, idet man spalter Træet fra i Striber med en god Kniv. Man skærer Kuglerne ud med en Kniv og ruller dem imellem Hænderne. I Stedet for Hyldemarv kan man ogsaa bruge Kork, som først skæres groft til Kugler og saa files af; det kommer ikke saa meget an paa, at de er nøjagtige Kugler,

som paa at de ikke har Hjørner og Kanter. — Man kan endelig ogsaa bekvemt benytte de lette, blanke Juletræskugler eller de runde, hule Balloner, som er lavede af fint engelsk Silkepapir; de er nogle Centimeter store og hænges op i Silketraade.

18. Lad os nu benytte en Glasstang og dertil hørende Gnidetøj, enten Uld eller amalgameret Læder, samt en Lakstang med et Stykke Handskeskind som Gnidetøj. Vi vil da erfare, at der gives to Slags Elektricitet.

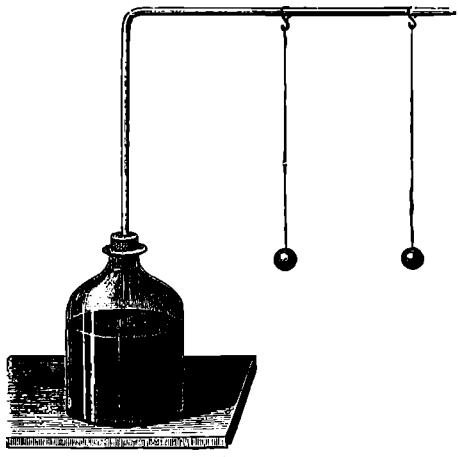


Fig. 24.

19. Vi vil benytte to elektriske Penduler; de to Hyldemarvskugler kan hænge i Silketraade, der er bundne foroven til smaa bøjede Metaltraadsøjne, som kan skydes hen ad en vandret Stang (Fig. 24).

Vi nærmer en gneden Glasstang til begge Kuglerne og faar dem begge frastødte af Glasset; naar vi saa fjerner Glasset og skyder Traadene sammen foroven, saa gaar Kuglerne *ikke* sammen forneden, men viger ud fra hinanden; de er elektriserede paa samme Maade og frastøder hinanden i Overensstemmelse med det, vi har set af Forsøgene 11, 12 og 13.

Vi berører Kuglerne med en Finger, og de falder sammen.

Vi skiller Kuglerne fra hinanden ved at skyde Traadene fra hinanden foroven, og gør samme Forsøg igen, men med den gnedne Lakstang; det hele gaar da som før.

Kuglerne berøres igen med en Finger og fjernes foroven.

Vi bringer saa den ene i Berøring med den gnedne Glasstang og den anden med den gnedne Lakstang, saa at hver nu frastødes af sin Stang. Flytter vi saa Traadene langsomt sammen foroven, ser vi, at Kuglerne gaar sammen, før Traa-

dene foroven er komne tæt til hinanden; Kuglerne tiltrækker nu hinanden.

Det, at vi nu faar en Tiltrækning, viser os, at det maa være en forskellig Elektricitet, der sidder i det gnedne Glas og i det gnedne Lak; var det den samme, maatte der komme en Frastødning.

Dersom vi bringer den ene af Kuglerne i Berøring med en med Skind gneden Lakstang og den anden med en med Skind gneden Ebonitstang, og saa nærmer Traadene til hinanden foroven, gaar de ikke sammen forneden, de frastøder hinanden; altsaa maa Lakket og Eboniten have samme Slags Elektricitet.

Vi kan, som det nu let forstaas, benytte vort i Fig. 24 afbildede Apparat til at afgøre, om to gnedne Legemer har ens eller forskellig Slags Elektricitet. Fremgangsmaaden er

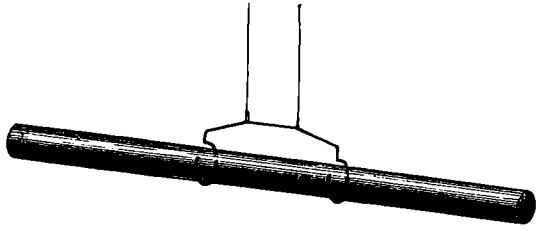


Fig. 25.

altid den, at hver Kugle bringes i Berøring med sit af de to Legemer, og faar vi da, naar Kuglerne nærmes til hinanden, en Tiltrækning imellem dem at se, har Legemerne forskellig Slags Elektricitet, og ser vi en Frastødning, har de samme Slags Elektricitet.

20. Vi vil nu have de to gnedne Legemer til at virke direkte paa hinanden.

Vi bøjer da først et Stykke stiv Metaltraad i en Form som den, der er vist i Fig. 25, saa at Glasrøret eller Lakstangen kan faa Leje deri paa den angivne Maade, og Metaltraaden hænges op i to fine parallele Traade tæt ved hinanden.

Vi gnider saa en Glasstang over det hele og lægger den i Traadbøjlen, saa at den ligger vandret. Nærmer man en Haand eller f. Eks. en Ske, der holdes i Haanden, til en af

Stangens Ender, tiltrækkes Stangen. — Ogsaa en gneden Lakstang, der er lagt op i Bøjlen, viser denne Tiltrækning.

Men nærmer man en anden gneden Glasstang til en af Enderne paa den Glasstang, som hviler i Traadbøjlen, saa stødes denne Ende bort. Nærmes en gneden Lakstang til en af Enderne paa en anden, gneden Lakstang, der er lagt op i Bøjlen, sker der ogsaa en Frastødning. — Nærmes derimod en gneden Lakstang til den ene Ende af en ophængt, gneden Glasstang, eller omvendt: en gneden Glasstang til den ene af Enderne paa en ophængt, gneden Lakstang, saa er der Tiltrækning imellem dem.

De Forsøg, som nylig er omtalte, og som er overmaade lette at anstille, har altsaa vist os, at der er to Slags Elektricitet til. Den Elektricitet, som Glas faar ved Gnidning med Uld, er forskellig fra den, som Lak faar ved Gnidning med Skind. Alle andre Legemer faar ved Gnidning enten den Slags Elektricitet, som Glasset fik, eller den, som Lakket fik. Man har kaldt de to Elektriciteter for henholdsvis *Glaselektricitet* og *Lakelektricitet,* men bedre og hyppigere er Navnene *positiv* (+, hvilket betyder „plus“) og *negativ* (÷ eller —, hvilket betyder „minus“) *Elektricitet*; hvilken af de to Elektriciteter, man vil kalde det ene, og hvilken det andet, er i og for sig ligegyldigt; Alle maa blot være enige i saa Henseende, og man er da bleven enig om, at *Glassets Elektricitet skal være den positive, Lakkets den negative.* Hvorledes er man falden paa at betegne Elektriciteterne paa den Maade? En Mand, der har en positiv Formue, han har en Formue, men den, om hvem det kan siges, at han har en negativ Formue, han har Gæld. En Mand, der har en Formue paa 2000 Kr. og tillige en Gæld paa 2000 Kr., ejer i Virkeligheden intet; en positiv Størrelse og en lige saa stor negativ Størrelse *ophæver* hinanden. Og nu er det saa, hvad vi senere kommer til at tale nærmere om, at naar et og samme Legeme optager lige store Mængder af Glas- og af Lakelektricitet, som blander sig sammen i Legemet, saa forholder det sig ganske, som om det ingen Elektricitet havde i sig, som om det var uelektrisk. Derfor er Navnene positiv og negativ Elektricitet vel beretti-

gede, men fordi Gæld ikke er saa behagelig at have som Formue, maa man ikke regne den Elektricitet, man kalder negativ, for at være af lavere Rang end den, man er bleven enig om at kade positiv.

21. Naar to Stykker tørt Papir er gnedne, det ene med Haanden og det andet med et Stykke Vidskelæder, og de saa nærmes til hinanden, udøver de en kraftig Tiltrækning paa hinanden.

En Undersøgelse med det elektriske Dobbeltpendul (Fig. 24) viser, at det første har negativ, det sidste positiv Elektricitet.

22. Nu efter at man har lært at fremstille det lette Metal Aluminium billigt, kan man let faa noget Bladaluminium — meget tyndt Aluminium ligesom Bladguld — tilkøbs. Man kaster en Del Stykker deraf op i Luften og holder en gneden Glasstang ind imellem dem; de farer da imod Stangen og støedes derpaa atter væk fra den, og følger man efter med Stangen, jages Bladene videre paa Flugt. Det samme sker, naar man benytter en gneden Lakstang. Men tager man baade en gneden Glasstang og en gneden Lakstang, kaster de lette, flagrende Metalblade op i Luften og holder de to Stænger parallelt med hinanden ind imellem dem, saa ser man, at begge Stænger trækker Blade til sig og støder dem bort igen, og de Blade, som har rørt ved den ene Stang, drages over imod den anden. Bladene støder let undervejs imod hinanden, og enten følges de saa ad den ene eller den anden Vej, eller preller af fra hinanden og gaar begge tilbage, hvor de kom fra. Virkningen varer dog ikke længe.

Til Gnidning hører der to Legemer: et, som gnides, og et, hvormed der gnides. Nu er det saa, at hvad enten f. Eks. en Lakstang gnides med et Stykke Skind, eller man har Skindet liggende stille og gnider det med Lakstangen, bliver Lakken altid elektrisk. Det ligger da nær at antage, at begge de Ting, der er med til Gnidningen — baade Skindet og Lakken — bliver elektriske, og saaledes er det ogsaa; og det er saa, at *det ene af dem altid bliver positivt, det andet negativt elektrisk.* De faar tilmed lige store Mængder af disse to Elektricitetsarter. Det er altsaa umuligt at frembringe en vis Mængde positiv Elektricitet ved Gnidning, uden at man

samtidig frembringer en ligesaa stor Mængde negativ Elektricitet; hver Slags kommer i sit af de to Legemer. Naar man ikke altid mærker noget til Elektriciteterne i begge de Ting, som deltager i Gnidningen, saa ligger det i, at vi i Reglen holder dem i Hænderne, og hvis nu Elektriciteten kan bevæge sig i en af Tingene, hvis denne med andre Ord er en Leder eller blot en Halvleder for Elektricitet, saa gaar den fremkaldte Elektricitet øjeblikkelig eller næsten øjeblikkelig ned i Jorden igennem Haand og Krop, og vi faar da slet ikke at vide, om den overhovedet har været til Stede.

23. Gnider man en Glasstang med et tykt Stykke Gummi, saa vil en Hyldemarvskugle, der har været i Berøring med Glasstangen og nu frastødes af den, tiltrækkes af Gummien, og naar den har rørt herved og er bleven stødt tilbage, tiltrækkes den af Glasstangen o. s. v. Glasset og Gummien har altsaa modsatte Elektricitets-Arter og er begge meget slette Ledere.

Hvilken Slags Elektricitet en Ting faar ved Gnidning, det beror ikke alene paa Tingen selv, men ogsaa paa Beskaffenheden af det, den gnides med, og som Hovedregel har man fundet, at man kan opstille Legemerne i en Række, om hvilken det gælder, at et af Leddene i Rækken bliver positiv elektrisk ved at gnides med et, der staar længere nede i Rækken — og altsaa negativ elektrisk ved at gnides med et af de foregaaende. En saadan Række er:

Pelsværk, Uld, Elfenben, Glas, Metallerne, Svovl, Lak.

Men Forholdene er dog i høj Grad usikre, og navnlig vil en noget forskellig Beskaffenhed af Overfladen kunne bringe helt andre Forhold frem, end man skulde have ventet. Saaledes bliver vel blankt Glas positiv elektrisk, naar det gnides med Uld, men mat Glas bliver negativt; Glas bliver negativt ved at gnides med Katteskind, naar man benytter Skind fra Ryggen, men positivt, hvis Skindet er taget fra Hals eller Poter.

Naar to ganske ens Legemer har forskellig Varmegrad, og de saa gnides imod hinanden, bliver det varmeste i Reglen negativt, det koldeste positivt elektrisk. Gnidemaaden har Betydning, thi naar to ens Silkebaand gnides imod hinanden paa

samme Maade, som man stryger en Violin med en Bue — altsaa paa det ene er det hele Tiden de samme Steder, der deltager i Gnidningen, paa det andet er det altid nye Steder — saa bliver det Baand, der er som Violinen, negativt, og det, der er som Buen, positivt elektrisk. Ogsaa Farven spiller en Rolle; i gamle Dage gik rige, lærde Folk med Silkestrømper; en saadan Mand gik til daglig med hvide Silkestrømper, men en Gang, han fik Sorg, maatte han have de sorte paa; da det imidlertid var koldt i Vejret, trak han de sorte ovenpaa de hvide, og da viste det sig en Aften, da han rask trak de sorte af, at der imellem dem og de hvide kom en lille Gnist frem, som tyder paa Udvikling af Elektricitet.

Vi vil nu omtale et Fænomen nærmere, som hedder *den elektriske Fordeling*, og som den, der har anstillet en Del af de omtalte Forsøg, allerede har haft med at gøre. Vi vil straks nævne, hvad man forstaar ved den elektriske Fordeling. De nedenfor nævnte Forsøg viser, at naar et Legeme er uelektrisk, saa har det i Virkeligheden baade positiv og negativ Elektricitet i sig, men de er til Stede i lige store Mængder og blandede sammen igennem hele Legemet; der bliver da ingen elektrisk Virkning udadtil fra Legemet. For at blive i et tidligere Billede: En Mand, der hverken har Formue eller Gæld, er stillet paa samme Maade som en, der har en vis Formue, men en lige saa stor Gæld. — Men disse to sammenblandede Elektriciteter kan man faa skilt ud fra hinanden, og det er det, man mener med en elektrisk Fordeling; denne forudsætter, at Elektriciteterne kan flytte sig i Legemet, og dette maa derfor være en *Leder*.

Vi gaar nu over til Forsøgene.

24. En svær Metaltraad opvarmes paa Midten og trykkes saa ned i et Stykke Lak, som derefter fastsmeltes til et vandret Brædt, der tjener som Fod.

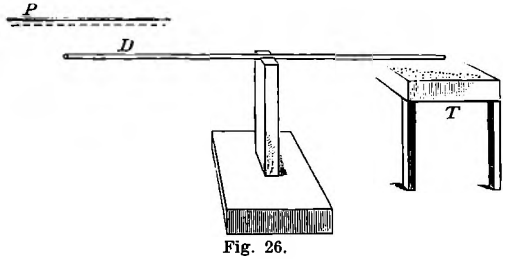


Fig. 26.

Til Traadens ene Ende *D* (Fig. 26) nærmer man et gnedet Kortblad eller Papir *P*, der, hvis det er gnedet med Haanden, er negativ elektrisk; *P* maa ikke røre ved Traaden og heller ikke komme den saa nær, at der springer en Gnist over imellem dem. Man erfarer da, at saalænge det elektriske *P* holdes nær Stangens ene Ende, har den anden Ende Evnen til at trække lette Smaalegemer som Uld- og Vattotter til sig, saa at den altsaa maa være elektrisk. Men tager man *P* bort igen, saa er der ingen Tiltrækning mere at spore.

Forklaringen herpaa er følgende: det negativ elektriske *P* *virker fordelende, adskillende* paa de to Elektriciteter, positiv og negativ, som den uelektriske Metaltraad indeholder; den trækker af disse to den positive hen i sin Nærhed (ved *D*), men støder den negative bort fra sig, d. e. hen til Stangens anden Ende, og det er da denne negative Elektricitet, som drager de lette Smaalegemer til sig. Fjernes nu *P*, saa er der ingen Grund til, at Traadens positive og negative Elektricitet skal blive siddende hver i sin Ende af Traaden; tværtimod: de tiltrækker hinanden og blandes derfor straks igen, og Traaden bliver atter uelektrisk, hvoraf ses, at der ved Fordelingen som ved Gnidningen opstaar lige store Elektricitetsmængder af hver Slags.

Vi vil nu vise, at der, naar Papiret er negativ elektrisk, kommer positiv Elektricitet i det fordelte Legemes nærmeste og negativ i dets fjerneste Ende. Vi benytter to store Soldaterknapper, som efter at være opvarmede i den lille Øsken er trykkede fast i Enden af et Stykke Lak (Fig. 27); disse Lakstykker kan for at staa lodrette være smeltede fast til et lille Fodstykke af Træ, som dog ikke maa være større end, at Knapperne kan bringes til at røre ved hinanden, naar Fodstykkerne flyttes hen til hinanden.

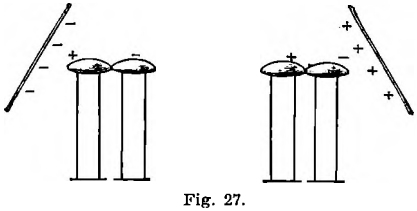


Fig. 27.

Metalknapperne bringes til at røre hinanden, og vi kommer med et elektrisk Legeme i Nærheden af den ene Knap; denne nærmeste Knap kommer saa til at indeholde den tiltrukne,

medens den fjerneste Knap kommer til at indeholde den frastødte Elektricitet. Altsaa: hvis det elektriske Legeme har negativ (—) Elektricitet, faar den nærmeste Knap positiv (+) og den fjerneste negativ (—) Elektricitet.

Pendulet (Fig. 24) viser os det paa følgende Maade.

Vi flytter Metalknapperne bort fra hinanden, imedens det elektriske Legeme bliver paa sin Plads i den ene Knaps Nærhed; men efter at Knapperne er fjernede fra hinanden, kan vi føre det elektriske Legeme bort.

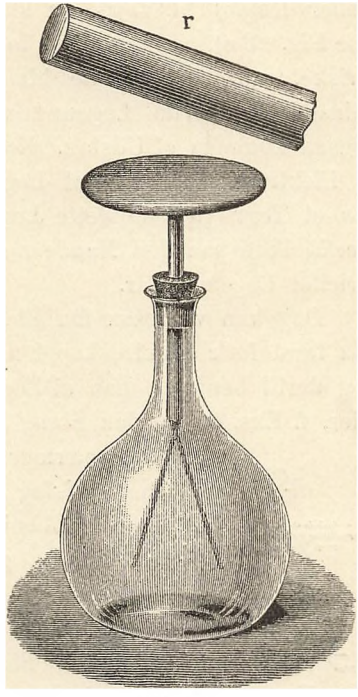


Fig. 28.

Vi lader den ene Hyldemarvskugle røre ved det elektriske Legeme, den anden ved den Knap, der var det elektriske Legeme nærmest, da Fordelingen foregik; vi rykker de to Kugler sammen og ser, at de tiltrækker hinanden. Dernæst gør vi Kuglerne uelektriske ved Berøring med Haanden og lader atter den ene Hyldemarvskugle røre ved det elektriske Legeme, den anden ved den Knap, der var længst borte under Fordelingen; nærmer vi nu Kuglerne til hinanden, ser vi, at de frastøder hinanden. Fordelingen er altsaa foregaaet paa den i Fig. 27 viste Maade.

Ved Undervisning i Elektricitetslæren bruger man i Reglen et Elektroskop som det i Fig. 28 afbildede.

Det bestaar ganske simpelt af en Glasflaske med Prop i; i denne Prop sidder der en lodret Metalstang, som foroven bærer en Metalplade med afrundede Kanter eller endnu oftere en Metalkugle, og forneden to lette Metalblade (Bladguld eller endnu bedre Bladaluminium).

Naar et elektrisk Legeme nærmes til Pladen eller Kuglen foroven (som *r* i Figuren), saa slaar de to lette Smaablade ud fra hinanden — desto mere, jo stærkere elektrisk Legemet er, og jo nærmere det kommer. Føres Legemet atter væk, falder Bladene sammen. Hvad er nu her gaaet for sig? En elektrisk Fordeling! Hvis Legemet havde været negativ elektrisk, saa vilde denne negative Elektricitet drage positiv i Stang og Plade (eller Kugle) til Vejrs og støde negativ nedefter til Bladene (se Fig. 28 a), og naar disse to Blade begge bliver negativ elektriske, saa frastøder de hinanden og stritter derved ud fra hinanden. Havde Legemet været positiv elektrisk, var der ogsaa kommen et Udslag. Kommer der altsaa et Udslag frem i Elektroskopet, naar et Legeme nærmes til det, saa er det os et Tegn paa, at dette Legeme er elektrisk. Vi faar imidlertid ikke paa den Maade noget at vide om, hvad Slags Elektricitet Legemet har.

Dog kan vi ogsaa faa Elektricitets-Arten at vide. Vi maa da først *lade* Elektroskopet med en bestemt Slags Elektricitet, og dertil benytter man et Legeme, hvis Elektricitet man kender, f. Eks. en gneden Stang Ebonit, der er negativ elektrisk.

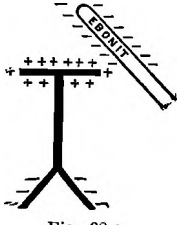


Fig. 28 a.

Den nærmer vi til Elektroskopet, saa at vi faar Udslag (se Fig. 28 a). Medens vi nu holder Ebonitten paa sin Plads, lægger vi en Finger paa Elektroskopets Plade eller Kugle; mindst 9 af 10 vil nu paa Forhaand sige, at derved gaar den positive Elektricitet fra Plade eller Kugle ned i Jorden. Men det sker ikke; det er den negative forneden i Bladene, som forsvinder, og det ser man klart deraf, at Bladene straks falder sammen, naar Fingeren lægges paa. Sagen er den, at den positive Elektricitet sidder øverst i Apparatet, fordi den er bleven tiltrukken og nu fastholdes af den negative paa Eboniten; denne Tiltrækning holder jo ikke op, fordi der lægges en Finger paa, og den bliver derfor ganske roligt siddende. Nej, den negative er det, som bliver stødt bort, og den gaar derfor saa langt bort som muligt; før satte den sig i Metalbladene, men nu, naar Fingeren er lagt

paa, kan den komme endnu længere bort, nemlig ned i Jorden, og dertil gaar den saa. Bladene faldt altsaa sammen! Vi tager saa først Fingeren bort igen, hvorved der intet sker, og bagefter Eboniten; og naar Eboniten fjernes, slaar Bladene atter ud; thi den positive, som var bunden foroven, bliver da fri og udbreder sig i alt Metal i Apparatet; den gaar altsaa ogsaa ned i Bladene og bringer dem til at gøre Udslag. Elektroskopet kan staa meget længe med dette Udslag; langsomt taber det sig dog, hvortil navnlig Luftens Støv er Aarsagen, thi Støvfnuggene drages til Elektroskopet og stødes derpaa bort med noget af dets Elektricitet.

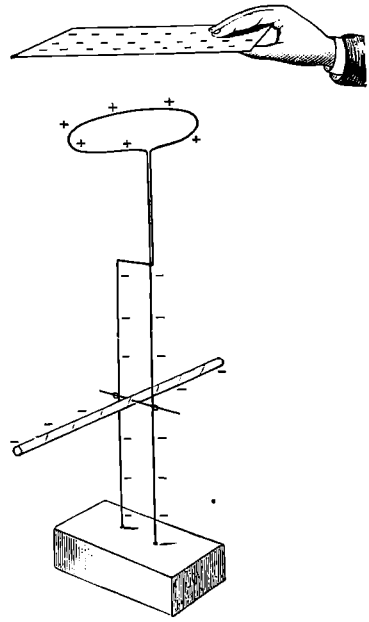


Fig. 29.

Vi skal nu benytte det ladede Elektroskop.

Har man et elektrisk Legeme, og man ikke ved, hvad Slags Elektricitet det indeholder, nærmer man det til det ladede Elektroskop med de strittende Blade; man vil da se, at disse enten slaar stærkere ud eller nærmer sig til hinanden. Hvis Elektroskopet f. Eks. er ladet med positiv Elektricitet, da er det Legeme, vi undersøger, i det første Tilfælde positiv elektrisk, — thi dets Elektricitet maa have stødt Elektroskopets positive Elektricitet mere nedad og derved fremkaldt det større Udslag —, og i det andet Tilfælde er det negativ elektrisk.

Glasflasken gør i dette Apparat den Nytte, at den for det første tjener til at bære og isolere Elektroskopets Metal, og for det andet beskytter den de fine Metalblade imod Luftstrømninger; uden en saadan Beskyttelse vilde de nemlig ellers let gaa itu.

Et andet, udmærket bekvemt og billigt Elektroskop viser Fig. 29. Paa en Fod af Parafin staar der to stive Metaltraade lodret, oventil dannende en Ring, som man kan udfylde med et Stykke Blyfolie; de to Traade har paa Midten Øjne, der lettest dannes ved, at man bøjer dem om en Strikkepind, og disse to Øjne, der skal være lige højt oppe, er Lejer for en Knappenaal, som udgør Akse for et forgyldt Halmstraa. Dette hænger lodret, naar Apparatet er uelektrisk, men bliver det elektrisk, vil Halmstraaet gaa ud i en skraa Stilling, idet dets Elektricitet frastødes af Elektriciteten i Traadene. Man kan operere med dette Elektroskop ganske paa samme Maade som med det foran nævnte.

Hvorledes sætter Elektriciteten sig i en Leder?

Elektricitetens Plads i en Leder. Paa en ladet elektrisk Leder sidder al Elektriciteten paa Overfladen, naar Elektriciteten er i Hvile paa Lederen; af den Grund er det ligegyldigt, om den Leder, man benytter, er massiv eller hul: den kan optage lige megen Elektricitet; og da de hule Metallegemer baade er de letteste og de billigste, saa benytter man dem, naar man skal bruge metalliske Ledere af en nogenlunde ordentlig Størrelse.

Dette tilsyneladende mærkelige Forhold, at hvilende Elektricitet kun har Plads paa Overfladen, er let at forklare. Dersom vi nemlig tænkte os, at der i en f. Eks. negativ elektrisk, massiv Metalkugle sad Elektricitet paa forskellige Steder i Kuglens Indre, saa vilde disse Elektriciteter jo frastøde hinanden, og da de kan bevæge sig i Metallet, saa maatte de gaa saa langt væk fra hinanden som muligt, og dette Maal er naaet, naar de er komne ud til Overfladen. Her hober Elektriciteten sig derfor op, og den har en Tilbøjelighed til at gaa videre ud, altsaa til at forlade Overfladen og gaa over i dens Omgivelser.

Der en mange Maader at vise den Ting paa ved Forsøg; her skal nævnes nogle.

1. Stiller man et Fuglebur med Metalbund isoleret op paa 4 godt tørrede Glas og giver det en elektrisk Ladning f. Eks. fra Elektrisermaskinen, som omtales S. 64 og 65, vil intet af denne Ladning løbe ned i et Elektroskop, som staar inde i Buret i ledende Forbindelse med dette; hvis vi afbryder Ledningen mellem Elektroskop og Bur, vil heller ingen Virkning kunne mærkes paa Elektroskopet. Elektriciteten sidder altsaa paa Overfladen af en god Leder og virker slet ikke i det indre.

En berømt engelsk Fysiker *Faraday* (udtales Faradæi) anstillede først dette Forsøg, men i langt større Stil: Han lavede sig nemlig et Bur saa stort, at han selv kunde være derinde med et fint Elektroskop. Buret blev elektriseret fra en meget kraftig Elektrisermaskine, men der var ikke Spor af Virkning at se paa Elektroskopet.

2. Til en Metalring er befæstet en Pose af Bomuldsgaze; i Posens Spids er der fastsyet en Silketraad ved Traadens Midte, saa at man ved at holde de to Traadender i Hænderne let kan vrænge Posen. Baade til Inder- og til Ydersiden af Posen er der fastbundet to Bomuldstraade, som bærer Hyldemarvskugler. Naar man nu fører Elektriciteten til Metalringen og dermed til Posen, og har det indrettet saaledes, at denne Elektricitet ikke kan faa Afløb til Jorden, saa ser man, at de to Hyldemarvskugler udenpaa Posen stritter ud fra hinanden i stive Traade, men de to inde i Posen hænger roligt ned. Nu vrænges Posen, og den tidligere Inderside bliver da til Yderside og omvendt; man ser da de Hyldemarvskugler stritte ud, som før hang roligt ned, og de to er komne til Ro inde i Posen, som før strittede ud; Elektriciteten er nemlig gaaet igennem Gazen fra den ene Side til den anden.

Selv om Lederen som denne Pose ikke er helt lukket, ser vi, at Elektriciteten søger ud til Ydersiden.

Har man en firkantet Metalplade og bøjer den som et S, hvor vil saa Elektriciteten særligt samle sig?

Elektricitetens Udbredelse paa en Leders Overflade. Vi har nylig hørt om Elektricitetens Plads paa en Leder og er-

faret, at den kun er paa Overfladen, paa Ydersiden af Lederen. Vi skal nu høre lidt om, hvorledes Elektriciteten da nu udbreder sig paa Overfladen.

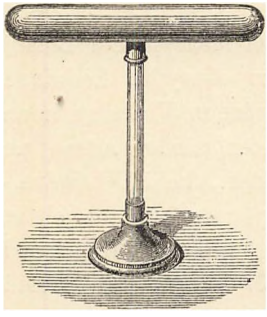
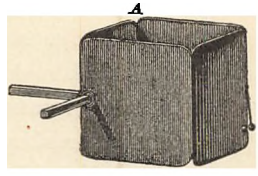
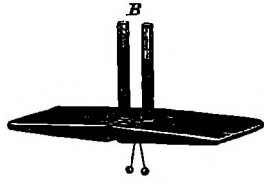


Fig. 30.

Hvis Lederen er en Metalkugle, som er isoleret og langt fjernet fra andre Ledere, saa er det jo rimeligt nok, at naar der bliver ført Elektricitet til den, denne Elektricitet da udbreder sig paa Kuglen ganske regelmæssigt og jævnt, thi Kuglen er ens paa alle Punkter, har samme Krumning overalt, og der er derfor ingen Grund til, at der skulde hobe sig mere Elektricitet op eet Sted end et andet. Man siger, at Elektriciteten faar samme *Tæthed* overalt.





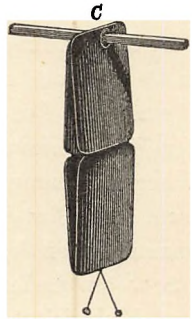


Fig 31.

Men har Lederen en anden Form end Kugleformen, saa er den elektriske Tæthed forskellig paa forskellige Steder; den er størst der, hvor Lederen er krummest, og omvendt. Har man f. Eks. en aflang Metalcylinder med afrundede Ender som den, der er afbildet i Fig. 30, saa samler Elektriciteten sig særlig stærkt i disse Ender, hvorimod der sidder mindre paa den øvrige Del af Cylinderen. Er der skarpe Kanter paa Lederen, søger Elektriciteten derhen, og navnlig naar der er skarpe Spidser paa en Leder, strømmer saa at sige al Elektriciteten ud i dem, men derfra gaar den rigtignok straks ud i Luften og gaar saaledes tabt. Vil man derfor have Elektriciteten til at blive paa en Leder, saa maa denne ingen skarpe Kanter eller Spidser have.

Vi vil gøre et lille Forsøg. Fig. 31 forestiller fire Papstykker, som er paaklistrede med Sølvpapir (Tinfolie, Stanniol) og satte sammen til en bevægelig Ramme; paa to af Pladerne er der smeltet et Stykke Stanglak, der tjener som Haandtag. Til Midten af en af Kanterne er der befæstet to fine Metal- eller Linnedtraade med Hyldemarvskugler i Enderne.

Elektriserer man nu Rammen, slaar disse Kugler ud fra hinanden, men Udslaget taber sig, naar man gør Vinklen imellem de to her sammenstødende Plader stumpere (*B*), hvorimod det stiger, naar man gør den spids (*C*).

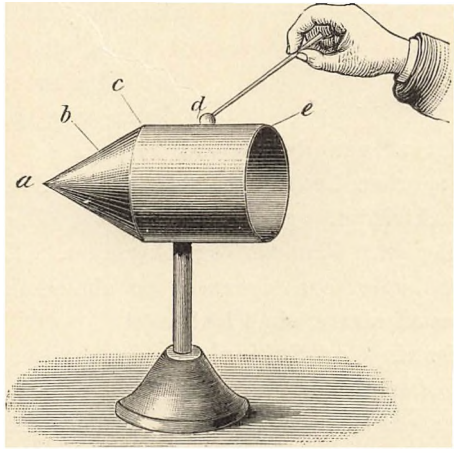


Fig. 32.

Fig. 32 viser en hul Metalleder, der bestaar af en Cylinder, til hvis to Mundinger der er loddet Metaltragte, af hvilke den ene rager udenfor Cylinderen, medens den anden er stukket ind i Cylinderen. Fig. 33 viser et Gennemsnit af Lederen. Naar man fører Elektricitet til denne Leder, efter at den er isoleret paa en Glasfod, samler Elektriciteten sig fornemlig i den ene Ende af Lederen, som er tilspidset (*a*), i noget ringere Grad i den cirkelbuede Kant, som er i Lederens anden Ende (*e*), og i endnu ringere Grad paa de øvrige Steder af Lederen. Og disse Forhold kan man undersøge ved Hjælp af følgende lille Indretning, som er antydet paa Fig. 33. Det er en lille Metalkugle til hvilken der er befæstet en lille lodret Metal-

traad, hvorfra der hænger ned et Par tynde Silkepapirstrimler; Metalkuglen bæres af en tynd Lak- eller Glaspind, der gaar ud til Siden og tjener som Haandtag. Man tager da denne lille Indretning i Haanden og holder Kuglen tæt op til den elektriske Metalleder; af Størrelsen af det Udslag til Siden, som Papirstrimlerne gør, kan man slutte sig til, hvor stor den elektriske Tæthed er paa de forskellige Steder. — Paa den Tragt, der er inde i Cylinderen, er der ikke Spor af Elektricitet.

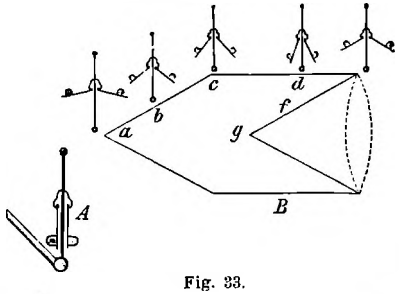


Fig. 33.

Naa, der er mange andre Maader at undersøge denne Sag paa; men det er unødvendigt at gaa dybere ind herpaa.

Som sagt: er en Leder forsynet med en Spids, taber den hurtigt sin Elektricitet, og vi vil straks her tilføje, at en lignende Virkning har Flammer og Røgsøjler. Naar en liden elektrisk Metalkugle føres igennem en almindelig Gasflamme, taber den herved straks sin Elektricitet.

Denne *Virkning af Spidser* var det maaske bedst straks at se ved et simpelt Forsøg.

Vi bruger da her vor S. 48 omtalte Metalknap paa Enden af et lodret stillet Stykke Lak og desuden en Synaal, som er sat fast tværs paa Enden af en tynd Lakpind (denne Lakpind er ikke tegnet i Figuren). Med den ene Haand tager vi fat paa et elektrisk Legeme og nærmer det til Metalknappen, men holder saa ved Hjælp af den anden Haand Synaalen hen til Knappen paa den Maade, som er antydet paa Fig. 34. Øjet hviler imod Knappen, og Spidsen vender imod det elektriske Legeme. Det viser sig da, naar man først tager Naalen bort og derpaa fjerner det elektriske Legeme, at Metalknappen er elektrisk. Nærm den til den elektriske Naal (Fig. 21, S. 37) eller til lette Smaating! Den Elektricitetsart, som det elektriske Legeme drager til sig fra Knappen, er nemlig gaaet ud

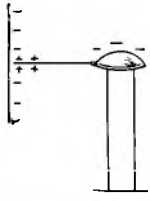


Fig. 34.

i Spidsen, og den er herfra strømmet ud i Luften; derimod sidder den frastødte Elektricitet tilbage i Knappen.

Flytter vi det elektriske Legeme til den modsatte Side af Knappen, strømmer den frastødte Elektricitet ud af Spidsen, og Knappen beholder den tiltrukne.

Elektrisk Spænding.

Vi har talt om, at Elektriciteten sætter sig paa en Leders Overflade og i Reglen lejrer sig paa Overfladen saaledes, at der paa forskellige Steder sidder ulige Mængder af den, — det var det, vi udtrykte ved, at den elektriske Tæthed paa en Leder i Reglen er forskellig paa forskellige Steder.

Vi skal nu tale lidt om et andet, meget vigtigt Begreb i Elektricitetslæren, nemlig den *elektriske Spænding*.

Vi gør et Forsøg, hvortil vi benytter en eller anden Leder paa Glasfod, et Elektroskop og en lang fin Metaltraad, som i sin ene Ende har en lille Metalkugle befæstet til en Glaspind som Haandtag, og hvis anden Ende kan gøres fast til Elektroskopet. Lad os tænke os, at Lederen paa Glasfod er den Metalcylinder med paaloddede Tragte, som blev omtalt S. 55 og afbildet paa Fig. 32 og 33. Vi har set, at Elektricitet, som blev ført hen paa denne Leder, udbredte sig paa en ret uregelmæssig Maade paa Overfladen, og navnlig sad der slet ingen Elektricitet paa den Tragt, som gik ind i Cylinderen.

Vi stiller nu Elektroskopet langt borte fra denne Leder og befæster vor tynde Metaltraads ene Ende til Elektroskopet. Vi elektriserer Lederen, og derpaa tager vi den nævnte Glaspind i Haanden og lægger den lille, til Traaden befæstede Metalkugle an imod Lederen (Fig. 35). Vi faar da et Udslag at se i Elektroskopet. Men ved dette Udslag er der det mærkelige, at det *altid er det samme*, hvor paa Lederen vi saa lægger Kuglen an, ja selv om vi fører den ind i den hule, tragtformige Ende af Lederen, hvor der ingen Elektricitet sidder.

Det er af dette Forsøg indlysende, at Elektroskopets Udslag i dette Tilfælde ikke giver os noget Maal for det, vi kaldte den elektriske Tæthed, thi hvor ulige Elektriciteten kan have bredt sig paa Overfladen, er Udslaget dog altid det samme.

Det er *Lederens elektriske Spænding*, som vi faar et Maal for i det nævnte Udslag, og *den elektriske Spænding paa en Leder er ens overalt*, naar Elektriciteten er i Ro paa Lederen.

Lad os nu dernæst antage, at vi har med to isolerede Ledere at gøre; de kan have ens eller forskellig Form, det er os ligegyldigt. Vi vil for Nemheds Skyld kalde dem noget — lad os kalde dem *A* og *B*.

Vi gør dem begge *positivt* elektriske. Vi lægger altsaa vor lille, paa Glaspinden siddende Kugle an imod et af Lederen *A*'s Punkter (det er, som vi har set, ligegyldigt, hvor den lægges an), og Elektroskopet, som staar i Forbindelse med den lille Kugle ved Hjælp af den fine Metaltraad, gør da et Udslag. Naar vi har bedømt, hvor stort dette Udslag er, gør vi det samme Forsøg med den anden Leder *B*; lad os antage, at vi saa faar et mindre Udslag. *Da har A en større elektrisk Spænding end B!*

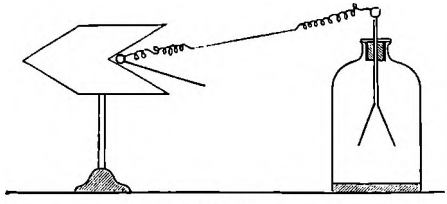


Fig. 35.

Naar vi nu har gjort dette, fører vi de to Ledere sammen, saa at *de rører ved hinanden*, og derpaa skiller vi dem fra hinanden igen. Vi vil saa gentage Forsøget med at finde deres elektriske Spændinger ved at se paa Elektroskopets Udslag; dette Udslag vil da vise sig at være det samme, hvad enten det er Lederen *A* eller Lederen *B*, vi eksperimenterer med, og Udslaget er mindre end det, vi før fik fra *A*, men større end det, vi fik fra *B*.

Hvad skete der da, den Gang de to Ledere bragtes til at røre ved hinanden? *Der gik positiv Elektricitet fra A over paa B*, og saa meget, at de kunde faa *samme elektriske Spænding!* Derfor behøver de ingenlunde nu at indeholde lige

store *Mængder* af Elektricitet. Eet er elektrisk Spænding, et andet er Elektricitetsmængde. Hvis man har to isolerede Metalkugler, den ene stor og den anden lille, saa maa man tilføre den store en større Mængde af Elektricitet, end man behøver at tilføre den lille, naar man vil opnaa at give dem den samme elektriske Spænding; eller vi kan sige det samme saaledes: hvis man vil tilføre den store Kugle samme Mængde af Elektricitet som den lille, saa faar den store en mindre Spænding end den lille.

Vi har tilsvarende Forhold i Varmelæren. Naar jeg vil skaffe et stort og et lille Jærnstykke en og samme høje Varmegrad eller Temperatur, saa maa jeg tilføre det store Jærnstykke mere Varme end det lille. Og hvis jeg fører lige saa megen Varme ind i det store som i det lille, stiger Temperaturen stærkest i det lille Jærnstykke.

Temperatur (Varmegrad) i Varmelæren svarer altsaa til *elektrisk Spænding i Elektricitetslæren.*

Bringer jeg to Legemer, der har forskellig Temperatur, i Berøring med hinanden, saa gaar der Varme fra det, der har den højeste Temperatur, over i det, der har den laveste Temperatur, og dette bliver ved, *til de har samme Temperatur — ikke,* til de indeholder samme Varme*mængde!* Har man en Blykugle saa stor som en Kroketkugle, og den er f. Eks. 50^0 varm, og et Blyhagl, der er 54^0 varmt, saa er der aabenbart en større Varme*mængde* samlet i den første end i den sidste Kugle, men dog gaar der Varme fra den sidste til den første, naar de bringes til at røre ved hinanden, og dette ligger i, at den sidste har den højeste Varme*grad.*

Det gaar nu saa rart nemt med Varmen, fordi der er kun een Slags Varme; men vi har to Slags Elektricitet! Lad os nu se lidt nærmere paa det.

Vi talte om to Ledere, der begge var positiv elektriske; paa hver enkelt af dem er der overalt samme elektriske Spænding, og vi saa, hvorledes man maaler denne. Sattes de to Ledere i Forbindelse med hinanden, strømmede Elektriciteten fra Lederen med størst Spænding over i den med mindre Spænding, og denne Strømning holder op, naar Spændingen er ens i dem begge.

Hvis nu de to Ledere begge er *negativ* elektriske, vil de ogsaa fremkalde Udslag i et fjernt staaende Elektroskop, som de sættes i Forbindelse med ved Hjælp af en fin Metaltraad, og lad os antage, at dette Udslag er større for den ene Leders Vedkommende end for den andens. Vi kalder de to Ledere for Nemheds Skyld *C* og *D*, og antager, at *C* frembringer større Udslag i Elektroskopet end *D*. Hvis disse to Ledere saa sættes i Forbindelse med hinanden, vil der gaa negativ Elektricitet over fra *C* til *D*. Man vilde saa være tilbøjelig til at sige, at *C* har større Spænding end *D*, men saaledes regner man dog ikke. Man regner nemlig altid, efter hvilken Retning den *positive* Elektricitet gaar: der gik positiv Elektricitet fra *A* til *B*, da disse to forbandtes, og *A* havde større Spænding end *B*. Nu vil man straks sige: jo, men *C* og *D* ere begge negativ elektriske. og der er jo saa heller slet ikke Tale om positiv Elektricitet! Aa jo, det kan der let blive. Vi har nemlig omtalt, at en Ting, der er uelektrisk, indeholder lige meget af positiv og negativ Elektricitet blandet sammen; en Ting, der er positiv elektrisk, har ogsaa baade positiv og negativ Elektricitet, men Overskud af positiv; og en Ting, der er negativ elektrisk, har ogsaa baade positiv og negativ Elektricitet i sig, men Overskud af den sidste. Naar nu f. Eks. et positivt elektrisk Legeme bliver stærkere elektrisk, saa kan dette ske enten derved, at der kommer mere positiv Elektricitet ind i det, eller ogsaa derved, at der gaar negativ Elektricitet fra det; begge Opfattelser er lige gode. Lad os blot som før sammenligne den positive Elektricitet med Formue, den negative med Gæld, saa er Sagen saa let at huske. En Mand, der ejer Noget, han har større Formue, end han har Gæld; han kan nu blive mere velstaaende (faa større Spænding!), enten derved at man forøger hans Formue, eller ogsaa derved, at man tager (ɔ: kvitter) noget af hans Gæld. Det negativt elektriske Legeme sammenligner vi med en Mand, der er i den omvendte Situation: Gælden er større end Formuen; han kommer til at sidde endnu værre i det (svarende til at det negativt elektriske Legeme bliver endnu stærkere elektrisk), enten derved at han faar sin Gæld forøget, eller derved at han faar sin Formue formindsket.

Og nu tilbage til *C* og *D*! Naar *C* og *D* forbandtes med hinanden, gik der, sagde vi, *negativ* Elektricitet *fra C til D*; derved bliver *C* mindre og *D* mere negativt elektriske. Men vi kan lige saa godt sige, at der gaar *positiv* Elektricitet *fra D til C*, thi ogsaa derved bliver *C*'s Overskud af negativ Elektricitet mindre og *D*'s større. Da det altsaa er, som gik der *positiv* Elektricitet *fra D*, saa siges *D* at have større elektrisk Spænding end *C*. Til Sammenligning: to Mennesker har begge større Gæld end Formue, men *den* sidder bedst i det (har størst Spænding!), hvis Gælds Overskud over Formue er mindst.

Hvis vi har et *positivt* elektrisk Legeme *E* og et *uelektrisk* Legeme *F*, og de forbindes, gaar der positiv Elektricitet fra *E* til *F*; *E* har størst elektrisk Spænding.

Hvis vi har et *negativt* elektrisk Legeme *G* og et *uelektrisk* Legeme *H*, og de forbindes, gaar der *negativ* Elektricitet fra *G* til *H*, hvorved *H* bliver negativt elektrisk, og *G* svagere end før. Dette vilde ogsaa ske, hvis man tænker sig, at der i Stedet for gaar *positiv* Elektricitet fra *H* til *G*, thi da maa *G* blive svagere negativ end før, og *H*, som var uelektrisk, d. v. s. indeholdt lige store Mængder af positiv og negativ Elektricitet, faar ved denne Bortgang af positiv Elektricitet et Overskud af negativ. *H* har altsaa størst elektrisk Spænding. *Et uelektrisk Legeme har større elektrisk Spænding end et negativt elektrisk Legeme*, — ligesom en Mand, der intet ejer og intet skylder, eller som har lige saa stor Formue som Gæld, *sidder bedre i det* end den, hvis Gæld er større end hans Formue.

Det vil nu ikke komme overraskende, at man har fremsat den Teori, at der kun gives een Slags Elektricitet, men at denne kan have forskellige Grader. Et uelektrisk Legeme er et, som har en ganske bestemt Elektricitetsgrad (Spænding); alle Legemer, der har en højere Elektricitetsgrad, siges at være positivt elektriske, og alle, der have en lavere Elektricitetsgrad, er negativt elektriske. Ganske som i Varmelæren: et 0 Grader varmt Legeme er ikke et Legeme, der ingen Varme indeholder; det har Varme i en ganske bestemt Grad, som man er enig om at kalde 0, men som man forresten

kunde kalde, hvad det skulde være, (ja Fahrenheit kalder den jo forresten ogsaa 32). Alle Ting, som har en højere Varmegrad end det 0^0 varme Legeme, har en positiv Temperatur, og alle, der har en lavere Varmegrad, en negativ Temperatur.

Saa længe vi har med Gnidningselektriciteten at gøre, er det dog simplest for Forstaaelsen at opfatte Forholdene, som om der gives to Slags Elektricitet, men kommer vi senere til den elektriske Strøm, saa er det unægtelig dér ofte simplest at fastholde Tanken om kun een Slags Elektricitet.

Elektroforet. Elektrisermaskinen. Elektrisk Gnist.

Et Elektrofor er en simpel Elektrisermaskine; det er let at lave, og man kan frembringe store Mængder af Elektricitet med det.

Elektroforet bestaar af to Dele: 1) en rund Ebonitplade, befæstet til en rund Metalplade og 2) en med et Glashaandtag

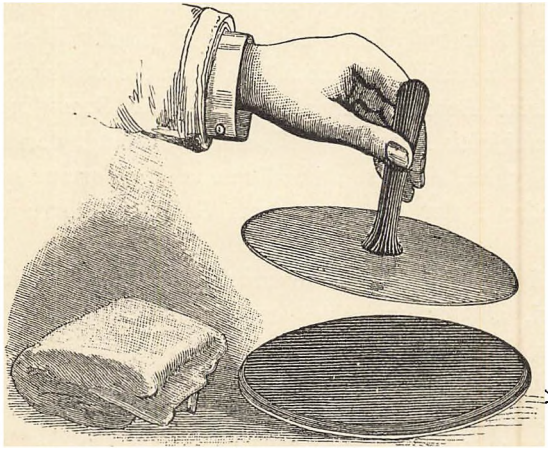


Fig. 36.

forsynet Metalskive med afrundet Kant (en Pap- eller Træplade, overalt paaklistret med Sølvpapir, er ogsaa god). Fig. 36 viser disse to Dele, til Venstre ses et Stykke Skind eller Flonel.

Naar man skal bruge Elektroforet, maa man først tørre det godt af og derpaa varme det i nogen Tid, saa at det bliver tørt. Fig. 37 er en skematisk Tegning.

Man gnider saa Ebonitpladen med Skindet (en gammel Regel siger: „og banker det med en Rævehale") eller Flonellet, hvorved den faar negativ Elektricitet. Metalpladen med Haandtaget — *Skjoldet*, som man kalder denne anden Del af Apparatet, — sættes saa ned paa Pladen; vi ved da, at der i Metallet sker en Adskillelse (Fordeling af de positive og negative Elektriciteter; positiv drages nedefter imod Ebonitten, medens negativ skydes op til Oversiden af Metalpladen. Hvis man nu løftede Skjoldet op, vilde det være uelektrisk; thi de adskilte Elektriciteter vil da løbe sammen igen; gør man det, er der heller ingen Virkning at spore. Men vi lader det blive lidt dernede og sætter en Finger et Øjeblik paa Metallet; derved skaffer man den negative Elektricitet paa dets Overside Afløb til Jorden. Fingeren tages saa bort igen. Naar man derpaa løfter Skjoldet op, saa vil den positive Elektricitet, som nylig alene sad paa Undersiden, brede sig ud over hele Pladen, og at der er Elektricitet i Pladen, det kan man naturligvis vise paa en Mangfoldighed af Maader, som der er givet Anvisning nok paa i det Foregaaende: Skjoldet trækker smaa lette Ting til sig, det fremkalder Udslag i et Elektroskop, som det nærmes til; bringer man en Finger hen i Nærheden af det, slaar der en lille Gnist over imellem Skjold og Finger, og man hører en lille Knitren o. s. v. o. s. v.

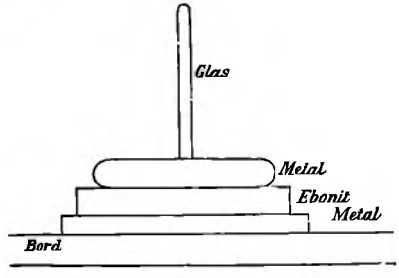


Fig. 37.

Har man paa den nys nævnte Maade faaet en Gnist fra Skjoldet, saa har det ingen Elektricitet mere i sig; men det kan let faa noget igen, naar vi gentager, hvad vi før gjorde. Der er jo nemlig stadig negativ Elektricitet i Ebonitten. Vi sætter derfor igen Skjoldet ned derpaa — lægger en Finger paa Skjoldet — tager Fingeren væk — løfter Skjoldet op; det er

da atter positiv elektrisk. Og det kan man blive ved med at gøre grumme mange Gange: efterhaanden gaar dog Ebonittens Elektricitet tabt for os, men ved Gnidning kan man skaffe ny frem.

Man har givet Elektroforet lidt andre Former. I Stedet for en Ebonitplade paa et Metalunderlag kan man i en Metalform som en Tallerken eller flad Pande støbe en „Kage" af en isolerende Masse, der træder i Ebonittens Sted; Massen kan f. Eks. bestaa af 5 Dele Schellak og 1 Del Voks eller Terpentin.

En og Anden vil maaske spørge: hvad Nytte gør Metalunderlaget for Ebonitten eller for Kagen? Svaret herpaa er følgende: derved forøges i høj Grad Virkningen, og dette ligger deri, at den negative Elektricitet, som vi ved Gnidning har frembragt i Ebonitten eller Kagen, straks fremkalder en elektrisk Fordeling i dette Metalunderlag: positiv Elektricitet trækkes op efter til Kagens Underside, medens negativ stødes bort til Jorden; og denne positive Elektricitet i Metallet vil igen drage Kagens negative Elektricitet ned i Kagens Indre, saa at man ved fortsat Gnidning kan forøge dens Mængde; men tillige forhindres det, at Kagen let taber sin Elektricitet til Luften.

En Elektrisermaskine, saaledes som man hyppigst ser den, ser ud, som Fig. 38 viser.

En stor Glasskive bliver gnedet med Læder, som er indgnedet med et Amalgam; det nærmere herom er omtalt S. 38. Paa Glasskiven er sat en Aksel i Midten, og denne Aksel bæres af to Lejer, eet foran og eet bagved Skiven; disse Lejer bæres hvert af to Glasstænger, som er ferniserede og fastgjorte paa et Bræt eller Træstel forneden, hvilket bærer hele Maskinen. Paa Aksen sidder et Haandtag, hvorved man kan dreje Skiven rundt. Ved Siderne af Glasskiven, ud for dens Rand, findes der de saakaldte *Konduktorer, B* og *C*; det er hule Messingcylindre med afrundede Kanter og baarne af ferniserede Glasstænger. Den ene af disse Konduktorer (*B*) bærer *Gnidetøjet*: der sidder paa Konduktoren to Metalplader, een paa hver Side af Glasskiven, og paa den Side, som vender ind imod Glasset, sidder en Læderpude, foret med Krølhaar

og indgnedet med det omtalte Amalgam; med en Skrue kan man klemme Puderne mer eller mindre stærkt ind imod Glasset. Den anden Konduktor (*C*) bærer to Metalgrene, der gaar hen, hver paa sin Side af Glasskiven; paa den Side af disse Stænger, som vender ind imod Glasset, sidder der spidse Naale med Spidserne vendte imod Glasset, dog uden at de røre derved; man kalder dette lille Apparat paa *C* for *Indsugeren*, om end dette Navn ikke giver den rette Forestilling om, hvad der gaar for sig. Endnu skal nævnes, at der paa Gnidetøjet sidder en Bue af ferniseret Træ, hvortil der er fastgjort to

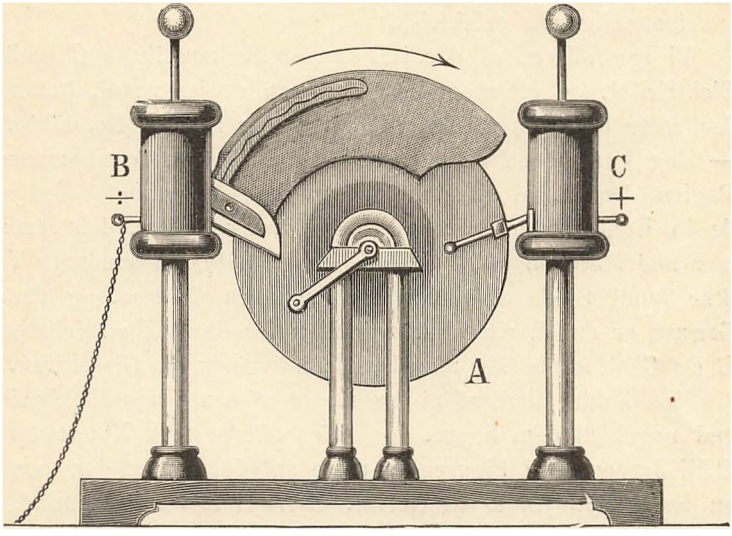


Fig. 38.

Stykker ferniseret Tøj, som hænger ned for Overdelen af Skivens to Sider; disse Stykker Tøj er ikke nødvendige Dele af Maskinen, men de gør Maskinens Virkning kraftigere derigennem, at de hindrer Elektriciteten, som kommer til at sidde paa Glassets øverste Halvdel, fra saa let at gaa ud i Luften.

Vi drejer nu Skiven rundt, — den skal her drejes i Retning med Viseren paa et Uhr. Glasset, som gaar ind imellem Gnidetøjets Puder, bliver ved denne Gnidning positiv elektrisk, medens Puderne og med dem Konduktoren *B* bliver negativ elektrisk. Glassets positive Elektricitet bliver siddende paa

Glasset, naar dette nu drejes videre ind imellem de to Stykker ferniseret Tøj, og den kommer derved ind imellem de to Indsugerkamme paa *C*; den fordeler da Konduktoren *C*'s Elektricitet saaledes, at den trækker negativ til sig ud i Spidserne og støder positiv tilbage til selve Cylindren *C*; men den negative, som drages ud i Spidserne, strømmer herfra igennem Luften over paa Glasset, hvilken Udstrømning man kan se, naar Maskinen drejes rundt i et fuldstændig mørkt Værelse, thi da lyser Spidserne. Og nu mødes altsaa den negative fra Spidserne med den positive, som sidder paa Glasset, og de ophæver hinanden. Den nederste Halvdel af Glasskiven er altsaa temmelig nær uelektrisk.

Vi saa altsaa, at der i *B* samler sig negativ, i *C* positiv Elektricitet, og efterhaanden som man drejer rundt, kommer der mere og mere af disse Elektriciteter i de to Konduktorer — dog kun til en vis Grænse; denne Grænse fremkommer i Reglen derved, at Elektriciteterne ikke kan holde sig paa de to Konduktorer, men dels gaar over i Luften, dels strømmer ned i Jorden langs Glasstøtterne. Selv om saadanne Tab ikke fandt Sted, vilde der dog være en Grænse, og denne Grænse er naaet, naar det er muligt for de to Elektriciteter i *B* og *C* at forene sig med hinanden tværs over Glasskiven.

Man holder mere af at faa meget af een Slags Elektricitet end noget af dem begge, og derfor afleder man Konduktoren *B* til Jorden, — i Figuren er dette antydet ved, at der hænger en Kæde ned fra *B* til Gulvet. Derved bliver det muligt at faa dobbelt saa megen positiv Elektricitet opsamlet i *C* som før. Og det er denne i *C* opsamlede positive Elektricitet, som man kan bruge til en hel Række Forsøg.

Undertiden indretter man ogsaa Maskinen saaledes, at den kun har een Konduktor, idet Gnidetøjet bæres af en Metalstang, der er i Forbindelse med Jorden.

Naar man vil have, at Elektrisermaskinen skal virke godt, maa man befri den for Støv og Fugtighed. Baade Glasset og Gnidepuderne maa opvarmes godt for at blive af med Fugtigheden. Naar Maskinen ikke har været brugt i flere Maaneder, er det bedst at anbringe nyt Amalgam paa Gnidepuderne; disse renses da først, opvarmes og oversmøres dernæst med

et tyndt Lag Tælle, og paa dette Fedtlag drysses saa det pulveriserede Amalgam ved Hjælp af en Sigte, og gnides godt ind, idet Puderne gnides imod hinanden, indtil deres Overflader har faaet et metallisk Udseende.

Paa begge Konduktorer i den i Fig. 38 afbildede Elektrisermaskine sidder der tyndere Metalstænger med smaa Kugler paa; Kuglen paa den positive Kugle kan ofte skrues fra sin Stang, og paa Enden af denne Stang kan man da anbringe forskellige Biapparater (se det følgende), som man vil eksperimentere med; Stangen har ofte et Hul ned i sig foroven, saa at man kan anbringe Apparatet paa den ved at stikke en tyndere Stang paa Apparatet noget ned i Hullet.

Og nu til Forsøgene!

1. For det første kan man ved at nærme en Fingerspids eller Kno til den positive Konduktor (altsaa *C* i Fig. 38) „trække Gnister" fra Konduktoren; man hører samtidig et svagt Smæld og mærker som et Stik i Fingeren. Naar man har trukket en Gnist, maa man vente lidt, før man kan trække en til, thi Konduktoren mistede sin Elektricitet i Gnisten og maa derfor først have ny igen.

2. Man kan dernæst tage tørre Galoscher paa Fødderne og lægge en Haand paa Konduktoren, medens der drejes rundt; man kommer derved selv til at udgøre en Del af Konduktoren, og Kroppen bliver positiv elektrisk. De fine Haar paa Hovedet stritter ud fra hinanden. En Anden, der staar paa Gulvet, kan med sin Finger trække Gnister ud af Næsen, Læggene o. s. v. hvor han vil, paa den elektriske Person. Men denne kan iøvrigt ligesaa godt med sin Finger trække Gnister ud af den Anden, som staar paa Gulvet. — Finere end Galoscher er det at have en „Isolerskammel" at staa paa: det er en Skammel, hvis Fødder er af ferniseret Glas. Men lettest laver man sig en Isolerskammel ved at stille 4 tørre Vandglas i en Firkant paa Gulvet og lægge et Brædt over dem.

3. Naar man paa Konduktoren sætter en tilspidset Naal, saa mærker man ikke noget til, at der kommer Elektricitet i Konduktoren, og det ligger i, at Elektriciteten straks gaar fra Spidsen ud i Luften. De nærmeste Luftdele stødes derved bort fra Spidsen, der kommer hvad man kalder en „elektrisk

Vind" i Stand, og den kan være saa stærk, at den bringer en Lysflamme til at bøje helt til Siden.

4) Denne Vind er istand til at sætte „den elektriske Mølle" i Bevægelse.

En saadan lille Mølle laver man sig lettest saaledes: af et Stykke Karton, 8—10 cm i Kvadrat, udskærer man et Kors og beklæder det med Staniol; i de fire Ender stikkes Sy- eller Stoppenaale ind saaledes, at alle Spidser vender i samme Retning (Fig. 39). I Korsets Midte limes en lille Stump Blik, i hvilket man med en Syl har slaaet en Fordybning. Det saaledes dannede Kors lægger man saa op paa en lodret Naal, som man har sat fast paa Konduktoren, og det saaledes, at Fordybningen lægges paa Naalespidsen; Korset faar man til at holde Balance paa Spidsen ved at klistre lidt Papir under den letteste Side.

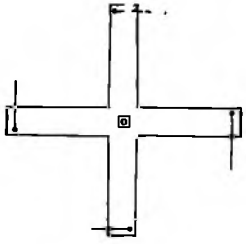


Fig. 39.

Drejes nu Maskinen rundt, bevæges Møllen (Fig. 39) mod Viserne paa et Ur. I Mørke lyser Spidserne. Ogsaa en Spiral som (Fig. 40) løber rundt, naar den anbringes paa Naalen i Stedet for Møllen. Spiralen kan let klippes ud af et rundt Stykke stanniolbelagt Karton.



Fig. 40.

5. Holder man en fin Metalspids tæt hen mod den ladede Konduktor, taber den sin Elektricitet, samlg. Fig. 34.

6. *Korkkugledansen* vises ved Apparatet Fig. 41. I et Glasrør, hvis Bund og Laag er af Metal, anbringes nogle Kork- eller Hyldemarvskugler; Laaget sættes i Forbindelse med den ladede Konduktor og „Dansen" begynder. Glasset forhindrer de dansende i at falde paa Gulvet.

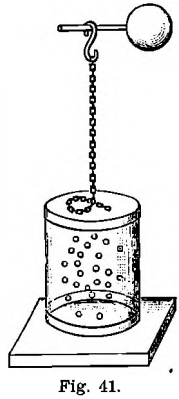


Fig. 41.

7. Paa Konduktoren sættes en lang, stiv Metaltraad, fra hvis øverste Ende der hænger lange Papirstrimler ned. Drejes Maskinens Skive rundt, stritter Strimlerne ud fra hverandre,

da de alle lades med positiv Elektricitet og derfor frastøder hinanden; nærmes en Kno hen til dem, bøjes de henimod denne, fordi de trækker negativ Elektricitet til sig i Knoen, og denne negative trækker atter Strimlernes positive og dermed ogsaa de lette Strimler selv hen til sig.

8. *Klokkespillet.* Paa Konduktoren hænges en stiv, vandret Metaltraad *abc*, og i dens ene Ende *c* en Klokke i en Metaltraad, i dens anden Ende *a* en Klokke i en Silketraad; fra denne sidste Klokke fører en Metalkæde til Jorden. Midt imellem de to Klokker hænger en let Metalkugle i en Silketraad.

Drejes Glasskiven i Elektrisermaskinen rundt, giver den lille Kugle sig til at slaa frem og tilbage imellem de to Klokker.

9. *Lynildsrøret.* Paa et Glasrør, som er lukket med Metal i begge Ender, er der i Form af en Skruelinie opklæbet en Række smaa, firkantede Stykker Stanniol, følgende efter hinanden saaledes som Fig. 42 og 43 viser det; Rækken begynder og ender ved Metalindfatninger i Rørets Ender.



Fig. 42.

Røret bruges saaledes: Man tager fat med Haanden om Metallet i Rørets ene Ende og holder Røret saaledes, at dets anden Ende er i en lille Afstand fra Elektrisermaskinens Konduktor. Naar der da springer en Gnist over fra Konduktoren til Røret. saa lyser hele Skruelinien i samme Øjeblik, hvilket selvfølgelig ses bedst og smukkest i Mørke; der dannes nemlig Gnister overalt imellem to paa hinanden følgende Stanniolstykker.

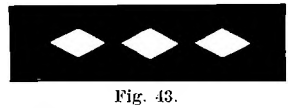


Fig. 43.

I Stedet for at klæbe Stanniolstykkerne op paa et Glasrør, kan man naturligvis ogsaa klæbe dem op paa en Glasplade og give den hele Række hvilken Form, man ønsker.

Endnu maa her nævnes, at Forsøgene over Elektricitetens Plads og Udbredelse let anstilles, naar man har en Elektrisermaskine.

Der har saa ofte i det Foregaaende været Tale om en

elektrisk Gnist, at det kan være naturligt at se lidt nærmere paa dette Fænomen.

En elektrisk Gnist opstaar, naar to modsat elektriske Legemer kommer hinanden saa nær, at Tiltrækning mellem de to Ladninger kan gennembryde det Stof, der adskiller dem, i Reglen Luften; Gnisten danner en Ledning mellem de to Legemer, og gennem denne strømmer de modsatte Elektriciteter og ophæver eller neutraliserer hinanden. Skønt Gnisten kun varer en forsvindende kort Tid, vil dog for de gode Lederes Vedkommende Spændingsforskellen helt udjævnes, hvorimod kun en lille Del af en slet Leders Ladning kan blive nevtraliseret i den korte Tid, Gnisten varer. Det er Grunden til, at man kun faar kraftige Gnister mellem gode Ledere. Lyset, man ser, er ikke Elektriciteten selv, men hidrører fra den

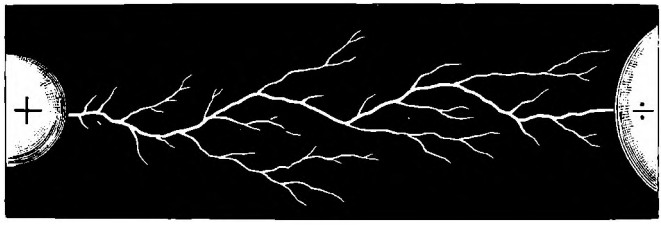


Fig. 44.

Varme, der udvikles ved, at de modsatte Elektriciteter forener sig; det, der gløder, er dels Luften, dels Dampe af de Stoffer, Gnisten dannes imellem. At Luften spiller en Rolle, ses af, at Gnisten har forskellig Farve i forskellige Luftarter; i Ilt er den hvid, i Brint rødviolet o. s. v. Lederens Indflydelse ses blandt andet ved at danne Gnisten mellem en Sølv- og en Kobberkugle; man vil da kunne paavise Sølvpartikler paa Kobberkuglen og omvendt.

Korte Gnister er retlinede, men lange Gnister har Zigzagformen og kan tilmed have Forgreninger ud til Siden, saa at Gnisten ser ud som en Slags Vegetation, der har Roden paa den positive Leder.

Dersom man lader to modsatte Elektriciteter forenes i Luft, som er stærkt fortyndet, skifter Udladningen ganske Karakter; der dannes ikke enkelte Gnister, men den fortyndede Luft

lyser over det hele. Omtalen af de her henhørende overordentlg smukke Foreteelser maa vi imidlertid vente med, til vi har lært andre Elektricitetskilder at kende.

Fortætning af Elektricitet. Leydner-Flasken. Elektriske Udladninger.

Vi har set, at man med Elektrofor og navnlig med Elektrisermaskine kan frembringe Elektricitet i større Stil og derpaa føre den over paa en Leder, som er isoleret fra Jorden. Men der er Grænser for, hvor megen Elektricitet en saadan Leder kan optage, thi jo mere Ladning den faar, desto mere taber den ogsaa, dels til Luften, dels langs de isolerende Støtter, som bærer Lederen, men som aldrig er fuldkomne Isolatorer; Grænsen er da naaet, naar Elektricitetstabet, der lides ad de omtalte Veje, er ligesaa stort som Tilførslen af ny Elektricitet.

Jo større en Leder er, desto mere Elektricitet kan der ophobes i den, men det har selvfølgelig sine Ulemper at bruge meget store Ledere; heldigvis gives der imidlertid i den elektriske Fordeling et Middel til at opsamle megen Elektricitet paa en forholdsvis lille Leder; Apparatet hedder et *Ladningsapparat,* Opsamlerapparat, elektrisk Fortætningsapparat o. lign., og *Leydnerflasken* hører til dem. Vi skal nu se, hvorledes dette gaar for sig.

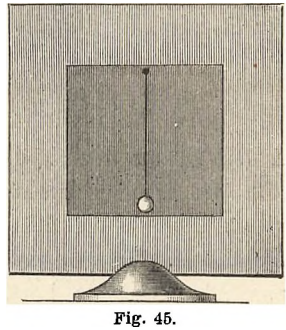


Fig. 45.

Et godt Ladningsapparat er den saakaldte *Franklinstavle,* som det er grumme nemt at lave. En firkantet Glasplade beklæbes paa begge Sider med firkantede Stykker Tinfolie (Stanniol), saa at der bliver Glas frit helt rundt, og dette Glas ferniserer man; Pladen fastgøres saa i lodret Stilling ned i en Revne i en Træfod.

Naar man nu vil føre en stor Mængde Elektricitet til det ene af de to Stanniolblade („Metalbelægninger"), saa skal man blot sætte det i Forbindelse med Elektrisermaskinen (f. Eks. lade den røre ved Konduktoren) og samtidig „aflede" det andet til Jorden, d. v. s. f. Eks. sætte en Finger paa det. Drejes Maskinen rundt, vil der i Løbet af kort Tid hobe sig en stor Mængde Elektricitet op i Apparatet. Hvad gaar her da for sig?

I Fig. 46 er Franklinstavlen afbildet, set fra Kanten; de to Stanniolbelægninger, *A* og *B*, er tegnede unaturlig tykke; til Venstre i Figuren ses Konduktoren (+) paa Elektrisermaskinen, og med den er *A* forbundet ved en Kæde. Og saa er der yderligere tegnet to Hyldemarvskugler, hængende i Traade; det er fine Metaltraade, som er lette at anbringe, og disse Kugler tjener til at gøre det synligt for os, hvad der gaar for sig.

Fra Konduktoren gaar der positiv Elektricitet over paa *A*; dersom nu *A* var ganske alene, og *B* ikke i dens Nærhed, saa vilde *A* hurtigt faa al den Elektricitet, den kan optage, og den optager jo saa meget, at den faar samme elektriske Spænding som Konduktoren har; men naar *B* er der, saa kan den optage meget mere Elektricitet, før den faar denne Spænding. *A*'s positive Elektricitet virker nemlig fordelende paa Elektriciteterne i *B*; der trækkes negativ henimod *A*, altsaa ind til Glasset, som skiller *A* fra *B*, og der skydes positiv bort til *B*'s Yderside; saavel *A*'s som *B*'s Hyldemarvskugler gør da Udslag. Men nu lægger vi en Finger paa *B*, og ikke alene falder da *B*'s, men ogsaa *A*'s Kugle tilbage; med Fingeren tog vi nemlig den positive paa *B*'s Yderside bort, saa at den negative nu kan give sig helt hen til den Tiltrækning, som *A*'s positive udøver paa den, og omvendt vil *A*'s positive trækkes ind mod Glasset af den negative paa *B*; der bliver saa kun lidt *fri* positiv Elektricitet tilbage paa *A*'s Yderside, Hyldemarvskuglen falder ind; den elektriske Spænding paa *A* er bleven formindsket, og ved

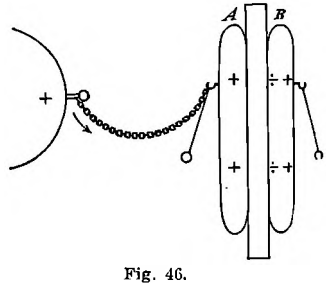


Fig. 46.

fortsat Drejning af Maskinen vil der gaa mere positiv Elektricitet over paa *A*.

Lad os for den fulde Forstaaelses Skyld tage et nemt lille Tal-Eksempel.

Vi tænker os først, at *B* ikke er der, og der vil saa gaa en vis Mængde Elektricitet fra Konduktoren over paa *A*, for at *A* skal faa samme Spænding som Konduktoren. Tænkte vi os nu, at *B* derefter blev anbragt paa sin Plads paa den anden Side af Glaspladen og afledet til Jorden, saa vil der jo i *B* blive draget negativ Elektricitet ind imod Glasset, men det vil være i en Mængde, der er lidt mindre end Mængden af positiv i *A*; lad os sige f. Eks. $^{19}/_{20}$ af den Mængde, der er paa *A*. Men disse $^{19}/_{20}$ vil saa drage en stor Del af *A*'s Elektricitet ind til Glasset, og hvor stor en Brøkdel? Ja det bliver en Mængde, som er $^{19}/_{20}$ af den Mængde, som findes i *B*, og af den hele Elektricitetsmængde, som findes paa *A*, bliver der altsaa en Brøkdel, som er $^{19}/_{20} \times {}^{19}/_{20}$, draget ind til Glasset, d. e. $^{361}/_{400}$ eller omtrent $^{9}/_{10}$. *Kun een Tiendedel* af den Mængde Elektricitet, som vi har ført til *A*, bliver da siddende paa *A*'s Yderside, de ni Tiendedele er gaaet ind paa Indersiden, som støder op til Glasset. Derfor kan *A*, inden den har naaet en Spænding som Konduktorens, optage ti Gange saa megen Elektricitet som før, d. v. s. som hvis *B* ikke var der.

Vi tog som Eksempel, at den Mængde Elektricitet, der findes paa *A*, kan drage til sig ovre i *B* en Mængde, der er $^{19}/_{20}$ af sin egen Mængde. Om det nu er $^{19}/_{20}$ eller en anden saadan Brøk, der er lidt mindre end 1, det beror dels paa, hvor tynd Glaspladen er, dels paa, om man maaske i Stedet for Glas vil tage en anden Isolatorplade og klæbe Stanniolstykkerne paa. Lige tykke Plader af forskellige isolerende Substanser virker ikke ens. Den nævnte Brøk er størst, naar Pladen er tynd, og en tynd Plade bliver derfor bedst, men man maa dog passe paa, at Pladen ikke bliver saa tynd, at den store Mængde positiv Elektricitet paa *A* og den store Mængde negativ paa *B* stræber med saadan Kraft imod hinanden, at de slaar Hul i Glasset og forenes; thi da bliver Apparatet ubrugeligt.

Naar vi er færdige med at „lade“ Ladningstavlen, og Kæden Fig. 46 er fjernet med en tør Glaspind, saa hænger Hyldemarvskuglerne, hvis vi har anbragt saadanne paa vort Apparat, i de Stillinger, som Fig. 47 viser det; i hvert Fald giver denne Figur et Billede af Forholdene. *A* har nogen *fri* Elektricitet (pos.); lidt deraf er gaaet over paa Kuglen, og den stødes derfor bort fra *A*; *B* derimod har været afledet til Jorden; al den Elektricitet (neg.), som den indeholder, har Plads inde ved Glasset, men der er ingen Ting paa Ydersiden, og Kuglen hænger derfor ned.

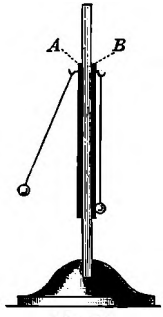


Fig. 47.

Naar man saa lægger den ene Haand paa *B* og samtidigt den anden paa *A*, føler man et Stød i Haand og Arme, ja er det stærkt, endog i Brystet. Flere kan tage hinanden i Haanden; den ene Fløjmand lægger sin frie Haand paa den ene Belægning *B*, og den anden Fløjmand derefter *sin* frie Haand paa den anden Belægning: alle føler de da et Stød. Stødet hidrører fra den pludselige Udladning af de store Elektricitetsmængder.

Lidt efter kan man for Resten tage et lille Stød igen fra Tavlen og saa maaske atter igen et svagt Stød; dette ligger i, at meget af Elektriciteterne i *A* og *B* ikke alene gik ind til, men endog over paa Glasset, og herfra træder de efterhaanden atter ud paa *A* og *B*, naar disse har mistet deres Elektriciteter ved en Udladning.

En stor, tynd Glasplade med Stanniolbelægninger kan dog let gaa itu ved Uforsigtighed, og *Leydnerflasken* er derfor en heldigere Form for et Ladningsapparat: En Glasflaske (uden Luftblærer) er indvendig og udvendig beklædt med Stanniol (ikke alene paa Siden, men ogsaa paa Bunden), og dette Stanniol naar op til et Stykke fra Halsen; det sættes fast med Gummi eller Klister. I Halsen sidder en Prop med en Metalstang i, og denne Stang bærer foroven en Kugle, forneden en Kæde, som hænger ned paa Bunden af Flasken. Flasken forniseres paa det Stykke foroven, hvor der intet Stanniol sidder.

I Principet er Leydnerflasken ganske det samme som Franklinstavlen; naar man skal lade Flasken, staar den enten paa Bordet, eller man holder den i Haanden; i begge Tilfælde er Belægningen paa Ydersiden afledet til Jorden, saa at den svarer til det, vi før kaldte *B*; og enten lægges Kuglen foroven direkte til Elektrisermaskinens Konduktor, eller man forbinder disse to ved en Metalkæde: Kuglen er jo forbunden med den indre Belægning, saa at Konduktorens Elektricitet

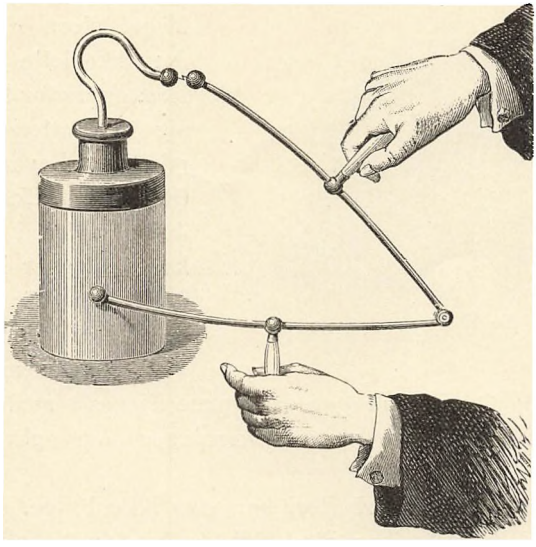


Fig. 48.

gaar ned i Flasken til denne, og den indre Belægning svarer altsaa til *A*.

Naar man saa vil tage Stød af Flasken, sætter man den paa Bordet, lægger den ydre Haandflade om den ydre Belægning paa Flasken og den anden Haandflade ned paa Kuglen.

I Stedet for at udlade Leydnerflasken med sin Krop, kan man ogsaa bruge en *Udladertang*, d. e. en af to Metalstænger dannet Tang med Kugler for Enderne og i Reglen med Glashaandtag paa Stængerne. Fig. 48 viser en Leydnerflaske, og hvorledes Tangen bruges: den ene Gren lægges an imod den ydre Belægning, og den anden nærmes godt ind til Kuglen og

dermed til den indre Belægning, der dannes da en kort, kraftig, stærkt lysende Gnist, ledsaget af et Knald. *I denne Gnist svinger Elektriciteten umaadelig hurtig mange Gange frem og tilbage* i den meget korte Tid, Gnisten varer.

Man kan for Resten nok nøjes med en mindre fin Udladertang, nemlig en bøjet Metaltraad, stukket ind i et Stykke Træ som Haandtag og med Kugler for Enderne.

Jo større en Leydnerflaske er, desto større er dens Stanniolbelægninger, og desto mere Elektricitet kan der opsamles.

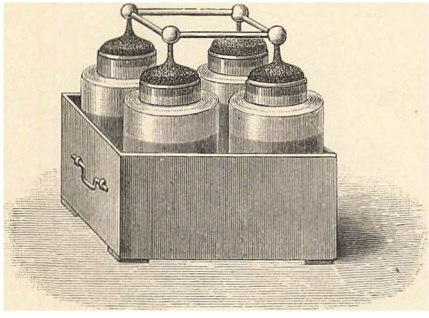


Fig. 49.

Meget store Flasker er dog ikke lette at haandtere, og derfor laver man sig et Batteri af flere mindre Leydnerflasker (Fig. 49), f. Eks. af fire; disse stilles i en Trækasse, som er indvendig foret med Stanniol, og de fire Kugler forenes ved Metalstænger eller -kæder. De fire Flasker gør da samme Tjeneste som een, der havde fire Gange saa store Belægninger som enhver af de fire.

Et saadant Leydnerbatteri bør man ikke bruge, naar man vil give Folk elektriske Stød, thi de kan da let blive bedøvede, ja endog dræbte af Stødet, naar Batteriet er stort, og Ladningen kraftig; man bør til Stød nøjes med en Leydner*flaske*. Stødet virker især kraftigt, naar man faar det igennem Hovedet.

Hvis man ikke har nogen Elektrisermaskine til sin Raadighed, men kun et Elektrofor (se S. 62), kan man ogsaa meget godt benytte det til Ladning af en Leydnerflaske. Man skal da blive ved med mange Gange at føre det elektriske Skjold hen til Flaskens Kugle eller Stang; hver Gang gaar Skjoldets Elektricitet da over i Flasken.

Leydnerflasken er opfunden af en Biskop *Kleist* i Pommern 1745 og samme Aar af *Musschenbrock* og *Cunæus* i Leyden, heraf Navnet; deres „Forstærkningsflaske" bestaar gansk sim-

pelt af et Glas med Kviksølv eller Vand, hvori en Metalstang bliver nedsat. Glasset holdes i Haanden, medens Elektriciteten føres til Metalstangen. Haanden danner da den ydre, Vædsken den indre Belægning, og naar Ladningen er tilendebragt, faar man ved at nærme den anden Haands Kno til Metalstangen en Gnist at se og et Stød at føle; navnlig dette sidste Udslag af Elektricitetens hemmelighedsfulde Kraft gjorde et dybt Ind-

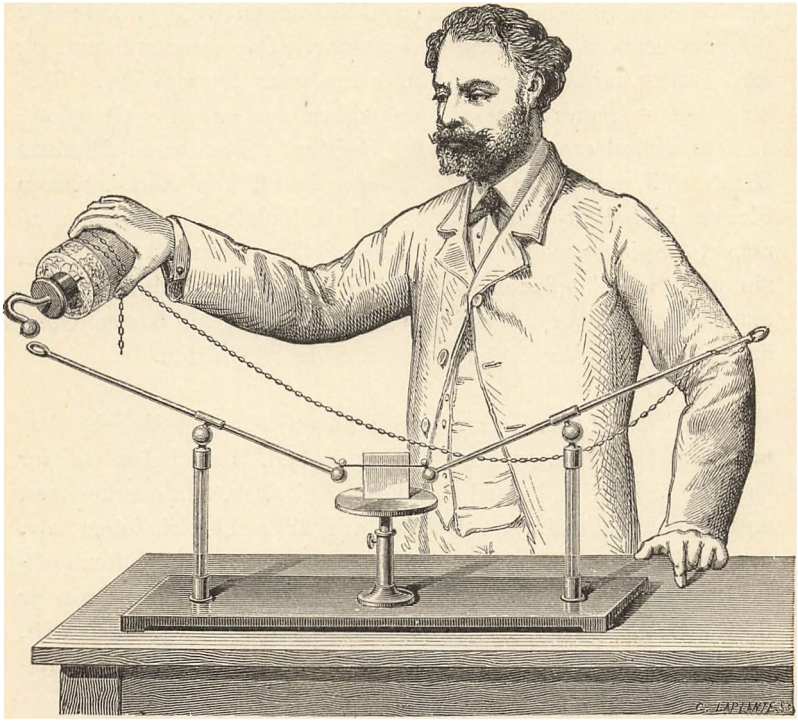


Fig. 50.

tryk paa disse Mennesker. Musschenbrock skriver derom til Reaumur, at han ikke for Frankrigs Krone endnu engang vil udsætte sig for en saa skrækkelig Rystelse.

Naar man vil undersøge den Virkning, som en Udladning fra en Leydnerflaske eller fra et Leydnerbatteri har paa forskellige Ting, saa betjener man sig i Reglen af et særligt Udladerapparat (Fig. 50). Paa et Brædt er der to forniserede

Glasstøtter med Messingindfatninger foroven; i disse sidder der to Messingstænger saaledes, at de kan skydes frem og tilbage og drejes op og ned; disse Stænger har enten Kugler eller Spidser i de Ender, som vender imod hinanden.

Anbringer man en fin Metaltraad mellem Messingstængerne og lader Udladningen gaa gennem den, bliver den opvarmet; lader man Gnisten slaa gennem Bomuld, indgnedet med Harpikspulver, kommer det i Brand. Krudt spredes blot, medmindre man ligesom forsinker Udladningen ved at lade den foregaa gennem en fugtig Hampesnor. Pap gennembores, og tørt Træ splintres, naar Udladningen gaar gennem det. Glas kan ogsaa gennembores; men anbringes en lille Glasplade mellem Udladerens Kugler, vil Gnisten gaa udenom Pladens Rand. Vil man have Pladen gennemboret, kan man anbringe Pladen i et Petroleumsbad og lade Udladningen foregaa gennem to Spidser, som holdes lige ud for hinanden, hver paa sin Side af Glaspladen, saa tæt til den, som muligt. Sætter man Udladestængerne ned i Vand, kan man let faa en Gnist dannet der, og Vandet slynges til Side af Gnisten.

Elektrisk Lugt. Naar man i nogen Tid i et Værelse har haft en Elektrisermaskine i Virksomhed, har ladet Gnister dannes, f. Eks. ved Hjælp af Leydnerflasken, saa mærker man en ejendommelig Lugt. Det er dog ikke Elektriciteten selv, der lugter, men Lugten hidrører fra, at noget af Luftens Iltbestand bliver af Elektriciteten omformet til *Ozon;* Ozon er ikke noget nyt Stof, men kun en Omdannelse af Luftarten Ilt, der imidlertid virker kemisk langt kraftigere, end Ilt i almindelig Form gør.

Lyn og Torden.

Det er mægtige Kræfter, der er i Virksomhed, naar det lyner og tordner, og det er intet Under, at man i en hedensk og uvidende Tid mente, at Guderne da var paa Spil; efter

Nordboernes Forestillinger hidrørte Tordenen fra, at Thor kørte med sin Vogn henover Himmelen, samtidig med at han slyngede den glødende Stenhammer Mjølner imod Bjergene og de gamle Grækere og Romere saa i Lynet Guden Zeus' (Jupiters) Vaaben, naar han svang det i sin Vrede. Utvivlsomt har disse store, tilsyneladende vilkaarligt indtræffende Naturfænomener bidraget til at styrke og vedligeholde den gamle Gudetro; de viste, hvor hjælpeløse Menneskene var, hvor afhængige af højere Magter; man kunde slet ikke forklare sig disse Fænomener; husk blot paa, at man jo egentlig først i de tre sidste Hundrede Aar har kendt noget til Elektricitet; men ganske vist varede det saa heller ikke længe efter, at man havde set en elektrisk Gnist, at man begyndte med at sætte dennes Lys og Smæld i Forbindelse med Lyn og Torden. Nu er det ganske vist saa, at vi ogsaa nu om Stunder føler, at vi er smaa og svage overfor disse store Naturfænomener, men vi søger dog at studere dem, deres Forløb, deres Natur og ders Oprindelse, saa at de ikke staar for os som rene Vilkaarligheder, om de end indgyder os Respekt og delvis Frygt.

Om *Benjamin Franklin*, den berømte Forkæmper for de nordamerikanske Staters Uafhængighed, nu end ikke er den første, som har anstillet Sammenligning imellem Lynet og den elektriske Gnist, saa er han dog den første, som har udtænkt praktiske Forsøg til at paavise en saadan Sammenhæng, og han har opfundet Lynaflederen. De første Forsøg, som skulde vise, at der er Elektricitet i Luften, blev anstillede for godt halvandet Hundrede Aar siden i Frankrig efter Opfordring af Franklin. Der blev oprejst en ca. 25 Meter høj Jernstang, anbragt igennem Taget paa en lille Bygning; da en Tordensky gik hen over Huset, kunde man trække elektriske Gnister med Haanden ud af Stangens nederste Ende. Franklin gjorde senere Forsøget paa en lidt anden Maade: han sendte i et Tordenvejr en Drage til Vejrs, som var bunden i en Snor, der af Regnen blev gjort ledende for Elektriciteten; Snoren endte forneden i en Silketraad, der holdtes i Haanden; naar dette var sket, kunde han virkelig trække Gnister ud af Snorens nederste Ende. Andre har gjort Snoren af Metal, som leder langt

bedre, og der faas da meterlange Gnister; naar de da har ladet Gnisterne slaa over til andet Metal, har Gnisterne ingen Skadeg jort, men da i nogle Tilfælde Haanden modtog Gnisten, virkede den dræbende eller i alt Fald bedøvende.



Fig. 51. Franklins Forsøg (efter et gammelt Billede).

Man har tre Slags Lyn: *Gnistlynet* eller *Zigzaglynet*, *Fladelynet* og *Kuglelynet*.

Det første af disse Lyn ligner de Gnister, vi kan frembringe med Elektrisermaskiner; undersøgt med Øjebliksfotogra-

fier viser de lysende Zigzaglinier sig ofte at have Forgreninger ud til Siden. Hvad lyser her? En nærmere Undersøgelse viser os, at det er Luftens Hovedbestanddel Kvælstof, som lyser, og tildels tillige Ilt og Brint; disse to Luftarter udgør Vandets Bestanddele, og da der altid er Vanddamp i Luften, er det jo ret naturligt, at disse Luftarters Tilstedeværelse gør sig gældende, naar der finder en elektrisk Udladning Sted igennem Luften (Vand er sammensat af Ilt og Brint!).

Det er en nærmere Undersøgelse af Lysets Farve, der giver os disse Oplysninger. I Fyrværkerier ser man jo bengalske Flammer af forskellig Farve, og dette opnaar Fyrværkeren ved at bringe forskellige Stoffer til at fordampe i Ilden. Har man en Spritflamme eller en saakaldt Bunsensk Gasflamme, der lyser med en meget svag Flamme (Blusset paa Kogegas-Apparater), kan man ved at bringe noget Køkkensalt (der i sig indeholder Metallet Natrium) deri faa den til at lyse kraftig gult, Metallerne Strontium og Lithium giver den to forskellige Nuancer af rødt, Metallet Baryum gør den grøn osv. Luftarter kan man faa til at lyse ved at lade elektriske Udladninger gaa igennem dem, naar de er indesluttede i fortyndet Tilstand i Glasrør, og det med Farver, der retter sig efter Luftartens Natur. Kort sagt: hvert enkelt Grundstof lyser med sin ejendommelige Farve, — om end som Regel Øjet behøver nogle særegne Hjælpemidler til at skelne dem rigtigt fra hverandre, — og det er ved saadanne Undersøgelser, man har faaet at vide, hvad det er, der lyser i Lynet.

Fladelynet er en Lysning af en større Skyflade. En saadan Lysning kan vel ofte hidrøre fra, at der dannes et almindeligt Zigzaglyn bag en Sky, saa at vi ikke kan se det direkte, og Lyset fra dette Lyn falder da paa Skyer, som derved lyser for os; men hyppigt skyldes Fladelynet en samtidig Udstrømning af en Mængde smaa Gnister paa mange Steder af en Skyflade.

Kuglelynet forekommer sjældnest og er et højst aparte og meget omtvistet Fænomen; men der synes ingen Tvivl at være om dets Eksistens. Kuglelynet er en lysende Masse paa indtil en halv Meters Størrelse og med nogle højst uregelmæssige Bevægelser.

Hvad nu Tordenen angaar, saa forstaar man jo derved den Lyd, som følger paa Lynet, og som fremkommer ved, at der opstaar en pludselig Ophedning af Luften. Derved drives Luften udenom tilbage, der dannes en Fortætning; men straks efter drives Luften herfra saa tilbage til Eksplosionsstedet, hvorfra den for lidt siden strømmede bort, og da maa den efterlade bag sig en Fortynding o. s. v. Der fremkommer altsaa en Række skiftende Fortætninger og Fortyndinger, som ikke holder sig paa samme Sted alene, men breder sig videre ud efter i Rummet med en Fart paa ca. 333 Meter i Sekundet, og det er saadanne svingende Bevægelser, der fremkalder det, vi kalder Lyd, naar de træffer paa et Øre.

Fremkomsten af en Lyd, naar det lyner, er dermed forklaret; men Tordenen *ruller*. Det er navnlig ved Fladelynet, at Tordenen er rullende, i ringere Grad ved Gnistlynet. Aarsagen er i hvert Fald fornemmelig den, at Lynet ikke opstaar i eet Punkt, men langs en længere Bane eller en større Flade. Naar da disse forskellige Punkter ligger i forskellig Afstand fra Øret, saa maa Lyden naa Øret ikke i eet bestemt Øjeblik, men i en Række paa hinanden følgende Øjeblikke, altsaa i Løbet af en vis Tid, skønt selve Lynet kun varer en lille Brøkdel af et Sekund. At en Tordenrullen skiftevis er stærkere og svagere, ligger først deri, at den elektriske Udladning eller Udstrømning ikke paa alle Steder af Lynets Bane er lige stærk, men tillige deri, at Lyden breder sig ud til alle Sider, og den Lyd, som ikke oprindeligt var rettet imod Øret, kan maaske dog naa derhen ad Omveje, nemlig efter Tilbagekastning fra Skyer, Klippevægge, Skovrande o. s. v.

Hvor langt Lynet er borte, regner man jo ud ved at tælle, hvor mange Sekunder der forløber fra, at man ser Lynet, til man hører Tordenen, og for hver tre Sekunder er Lynet 1000 Meter borte; denne Regning beror paa, at Lyd forplanter sig ca. 333 Meter fremefter i Luften i hvert Sekund (Lyset derimod 40000 Mil = 300000 Kilometer).

Man skelner mellem to Slags Tordenvejr: Varme-Tordenvejr og Hvirvel-Tordenvejr. Den første Slags er det Tordenvejr, som kan fremkomme paa hede Sommerdage, og som

vel frembringer en kortvarig Afkøling, men som dog ikke i væsentlig Grad forandrer Vejrets hele Karakter. Den anden Slags Tordenvejr hænger sammen med Hvirvelstorme eller udpræget lave Lufttryk (Minima), og med den følger i Reglen Forandringer i Vejrliget over større Egne. Grænsen mellem de to Slags Tordenvejr er dog ikke skarp.

Efter at vi nu har beskæftiget os med, hvad Lyn og Torden er, skal vi høre lidt om, hvorledes de opstaar. Herom er de Lærde imidlertid meget uenige, og en Forklaring, der tilfredsstiller Alle, er endnu ikke opstillet.

En Forklaring af Varmetordenvejrets Opstaaen grunder sig paa den Kendsgerning, at naar Is gnides med Vand, opstaar der Elektricitet, saaledes at Isen bliver positiv, Vandet negativ; har det nu i nogen Tid været stærkt Solskin, vil Luften nærved Jorden blive varm og optage en stor Mængde Vanddamp i sig, den varme dampfyldte Luft stiger til Vejrs og udvider sig, hvorved den afkøles; denne Afkøling bevirker, at Vanddampene i den fortættes til smaa Vandkugler, og der dannes en Sky (Klodesky). Paa Grund af den ved Fortætningen udviklede Varme (se Varmelæren) holder Skyen sig varmere end den omgivende Luft. Fra Ballonfarter og Bjergbestigninger er det bekendt, at i $^1/_4$—$^1/_2$ Mils Højde er Luften afkølet til under Frysepunktet; naar derfor Skyen sender Vanddampe ud til sine iskolde Omgivelser, fryser disse Dampe til Is, og de tynde hvide Fjerskyer dannes. Vi har nu Is som Sne og Hagl og smaa Vanddraaber i stor Mængde i hverandres Nærhed, og falder der nu Is ned gennem en af Vanddraaber bestaaende Sky, udvikles der ved Gnidningen Elektricitet; muligvis har man her Kilden til den Elektricitet, som betinger Lynet.

Det har ogsaa vist sig, at opsamlede Haglkorn er elektriske. Men tilbunds i Sagen er vi dog ikke komne, hverken med denne Teori eller med nogen af de andre, der er opstillede. Antagelig har det dog sin Interesse for Mange at faa et Indblik i, hvorledes der forskes og tænkes for at komme ind til den sande Virkelighed.

Hvorledes det nu end forholder sig med Aarsagen: sikkert er det, at Skyerne kan være meget stærkt elektriske.

Naar Lynet *slaar ned*, saa har en elektrisk Sky fremkaldt en Fordeling af Jordens Elektricitet; Fig. 52 viser hvorledes. Den negative Sky trækker i Jorden positiv Elektricitet til sig og støder negativ længere bort; den tiltrukne positive Elektricitet søger saa nær hen til Skyen som muligt, og er Afstanden imellem Sky og Jord tilstrækkelig lille i Forhold til den tilstedeværende Forskel i elektrisk Spænding, springer der en kraftig Gnist over.

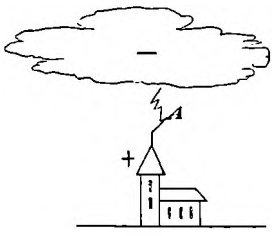


Fig. 52.

Lynnedslaget kan imidlertid ogsaa gaa saaledes for sig, at den elektriske Sky først virker fordelende paa en anden Sky, og den Elektricitet, som i denne Sky er bortstødt af den elektriske Sky, virker saa fordelende paa Jorden; der dannes da de to Lyn, først mellem de to Skyer, dernæst mellem den sidste Sky og Jorden.

Foruden at selve Lynet, der slaar ned, kan være farligt, antænde, bedøve, ja dræbe, saa er ogsaa den i Jorden bortstødte Elektricitet stundom ret farlig; dens kraftige Virkning hidrører fra, at naar Nedslaget har fundet Sted, strømmer den frastødte Elektricitet med stor Kraft tilbage og udjævnes i Jorden. Man kalder dette for *Bagslag*.

Lynet søger altid den korteste Vej.

Hvor Lynet slaar ned i Jorden, dannes der et eller flere Huller; i Sand dannes der indvendig glasserede, forgrenede Rør af smeltet og sammensintret Sand. Slaar det ned i gode Ledere for Elektriciteten, beskadiges disse ikke, naar de er tykke nok, men ellers bliver de glødende, smelter og fordamper; gaar Lynet igennem slette Ledere, bliver disse sønderslaaede, og er de brændbare og tørre, antændes de i Reglen; naar en saadan Antændelse af brændbare Ting ikke finder Sted, siger man, det er et *koldt Lyn*.

Med Hensyn til Antallet af Udladninger i et Tordenvejr, da kan det blive overordentlig stort. Saaledes talte man under et Tordenvejr i London i 1889 ikke mindre end 1244 Lyn i

Løbet af to Timer, og i Margate under samme Uvejr 131 Lyn i et Minut.

Naar man vil værge sig imod Lynet, skal man passe paa, at man ikke med sin Krop frembringer en ledende Bane for Elektriciteten, hvor der ellers er en Afbrydelse. Er der et Røgfang over Komfuret i Køkkenet, bør man ikke stille sig der hen; heller ikke under Lysekroner, der er ophængte i Metalkæder; man bør holde sig borte fra store Metalmasser. Træk drager ikke Lynilden til sig, saa at det snarere maa fraraades end tilraades at lukke Vinduerne i Værelser, hvor der er mange Mennesker samlet. Det synes, som om Antallet af Lynnedslag er i stadig Stigning.

Faren ved Lynnedslag søger man at undgaa ved *Lynafle-derен*, hvis Indretning skyldes Franklin. Hans Lynafleder er en lang Metalledning, der med sin nederste Ende staar i Forbindelse med fugtige Jordlag, helst Grundvandet, og med sin Top, der er spids, rager op over Bygningens højeste Parti. Dens Virkemaade er følgende: Naar en elektrisk Sky kommer i dens Nærhed, vil den drage den modsatte Art af Elektricitet til sig fra Jorden og trække den saa nær til sig som muligt, altsaa, da Lynaflederen er en god Leder for Elektriciteten, op i denne og ud til dens Spids; saa har man ment, at Elektriciteten kunde strømme langsomt ud i Luften over til Skyen og ophæve dennes Elektricitet, saa at Skyen bliver uskadeliggjort, men det er dog ret tvivlsomt, om noget saadant sker; forenes Elektriciteterne i Skyen og i Lynaflederen, foregaar det ved en pludselig Udladning, d. v. s. Lynet slaar fra Skyen ned i Lynaflederen, følger denne og forsvinder nede i Jorden uden at anrette nogen Skade.

En ganske anderledes god Beskyttelse opnaas dog ved *Netsystemet*.

Det blev S. 53 omtalt, at det, som befinder sig inde i en Metalbeholder eller et Metaltraadsbur, er beskyttet mod elektriske Virkninger udefra, og dette kan man drage sig til Nytte her. Naar en Bygning er omgivet af et Metalnet, som er i Forbindelse med Jordfugtigheden, da er den godt beskyttet imod Lynnedslagets ødelæggende Virkninger, og da

dette Nets Masker godt kan være paa 10—15 Meters Vidde, er det ikke nogen generende eller nogen meget bekostelig Indretning. Fig. 53 viser os et Hus med en saadan Lynafleder. Hen over Bygningens Tagryg lægges et Jærntraadskabel, og fra dette gaar der tilstrækkelig mange Traade ned ad Bygningen, endende nede i Jorden, hvor Kablet bredes saa meget ud og navnlig der, hvor der er godt med Fugtighed, saa at Lynet let kan blive afledet til Jorden. Smeltninger ved Nedslag undgaar man, naar der paa nogle Steder af Ledningen paa Tagryggen er anbragt smaa ca. $^1/_2$ Meter høje Opstandere, og saadanne bør ogsaa anbringes ved Skorstene og andre Partier, der rager op over Bygningen.

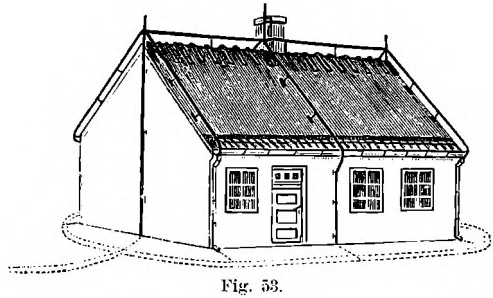


Fig. 53.

Paa sin Vej til Jorden vælger Lynet saa mange Veje som muligt, og især vil det følge de i Bygningen værende Metaldele; hvis nu disse ikke er indbyrdes forbundne og forbundne med Lynafledernettet, saa springer Lynet let over til dem, gennem Mure m. m., og anretter derved Skade; det er derfor meget vigtigt, at alle saadanne Metaldele — Jærnbjælker og -søjler, Tagrender og altsaa ogsaa Gas- og Vandrør, hvis saadanne findes i Huset, — er metallisk forbundne med Lynaflederen; derimod maa Lynaflederen ikke sættes i Forbindelse med elektriske Anlæg, Telegraf- og Telefonledninger.

De Lysninger, man kalder *Kornmod* og *Sildeglimt*, er kun Genskin paa Himlen af Lyn paa Dele af Himmelhvælvingen, som ligger under Synskredsen.

Med Navnet *St. Elmsild* betegner man de Lysduske, som under et Uvejr kan vise sig i Enderne af Taarnspir, Mastetoppe, Spidserne af Bladene i en Skov, over hvilken det har regnet, Hesteøren, ja selv paa Menneskers Fingre. Lysningerne

opstaar ved gradvis Udstrømning af Elektricitet; strømmer der negativ Elektricitet ud, er St. Elmsilden blaalig, for positiv er den mere rødlig.

Den elektriske Strøm.

En jævnt flydende, elektrisk Strøm i en Metaltraad har man først faaet tilvejebragt ved Hjælp af et *galvanisk Apparat*, og det var i det 19de Aarhundredes Begyndelse; indtil omkring 1870 havde man her den vigtigste Kilde til saadanne Strømme; men fra den Tid af har man lavet de saakaldte Dynamomaskiner eller Dynamoer, som kan frembringe meget kraftige Strømme paa en mere økonomisk Maade, og Strømfrembringelsen sker i dem ved Hjælp af kraftige Magneter. Disse Maskiner vil vi nu foreløbig gemme, holde os til de galvaniske Apparater og straks give os til at beskrive et nemt Forsøg, hvor vi har med en elektrisk Strøm at gøre og har synlige Virkninger af den.

Vi skal til vor Raadighed have en Magnetnaal, som kan dreje sig rundt i vandret Retning (en Kompasnaal), og endvidere et Glaskar eller en Glasflaske med vid Hals, lidt Svovlsyre, en Kobber- og en Zinkplade og noget Kobbertraad.

Vi hælder Glasset omtrent halvt fuldt med Vand, mærker os, hvor højt Vandet staar, og hælder da lidt af Svovlsyren ned deri, ikke mere end at Vandets Højde derved højst forøges med en Tiendedel. Tager man med Haanden paa Glasset, føler man, at det er blevet varmt, og det kan være godt at vente, til det er blevet koldt igen.

Man stikker saa Zink- og Kobberpladen ned i Glasset; de maa, medens de er dernede, ikke røre ved hinanden, og dette kan man f. Eks. opnaa paa den Maade, som er vist i Fig. 55; de smalle Stykker, som kan have nogle Huller foroven, klemmes ind i en Prop, hvor man med en Kniv har skaaret Snit til dem. Hullerne skal tjene til at indklemme Kobbertraaden, saa at den sidder fast til Pladerne, men en saadan Fastgøren sker lettere, hvis man har en Klemskrue, som den Fig. 54 viser;



Fig. 54.

den skrues fast til Pladen, og der er et Hul, hvor man kan skyde Traaden ind og klemme den fast med en Skrue. Overalt, hvor Metaller skal berøre hinanden, maa man sørge for, at Berøringsfladerne er blanke.

Naar man saa tager denne Traad i Hænderne og fører den langs med og ind under en stille hængende Magnetnaal (Fig. 55), uden at Traaden rører ved den, saa gør Magnetnaalen et Slag ud til Siden og svinger noget frem og tilbage, men kommer sluttelig i Ro; dog ikke i den Stilling, den før havde; nej, dens Hvilestilling er nu noget skraa imod den gamle. Flytter vi derpaa Traaden langt bort fra Magneten, saa giver

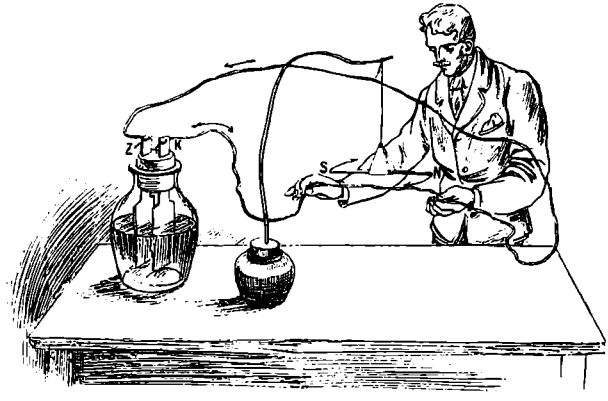


Fig. 55.

denne sig til at svinge tilbage til den oprindelige Hvilestilling. Holder vi Traaden ovenover Magnetnaalen, slaar denne ud til den modsatte Side og kommer snart til Ro i en Skraastilling her.

Aabenbart har altsaa vor Traad udøvet en Virkning paa Naalen.

Der er en Tendens hos Traaden til at dreje Magnetnaalen om, saa at den kommer til at staa tværs paa Traaden, men helt lykkes dette dog ikke, thi den modarbejdes af Jordmagnetismens Kraft, som søger at holde Magnetnaalen i dens gamle Stilling. Løsner vi Traadens Ender fra Metalpladerne, blot den ene, saa er der ingen Virkning fra Traaden paa Magnetnaalen; aabenbart var der altsaa *noget* i Traaden, naar

den er anbragt paa den ovenfor beskrevne Maade, noget, som frembringer Drejningen af Magnetnaalen, men som forsvinder igen fra Traaden, naar dens Forbindelse med Metalpladerne i Vædsken afbrydes.

Traaden gennemløbes af en elektrisk Strøm, og den strømmende Elektricitet i Traaden indvirker paa en Magnetnaal i dens Nærhed.

Vi har altsaa her ikke alene en elektrisk Strøm, men vi har ogsaa dens Virkning paa en Magnetnaal. Denne Virkning paa en Magnetnaal er Danskeren *Hans Christian Ørsteds* store Opdagelse i Aaret 1820.

Naar Elektriciteten kan strømme afsted i en Ledning, og det kan den, naar der er Ledere til Stede overalt, saa at der er et helt Kredsløb af dem, saa siger man, at Ledningen er *sluttet*; men tager man en af Traadenderne væk fra Pladen i det galvaniske Apparat, eller hvis man knækker Traaden over et Sted, saa er Ledningen *afbrudt*, og der kommer ingen Strøm.

Vi vil nu beskæftige os lidt mere med Enkelthederne.

Naar Metalpladerne er nede i Vædsken, og en Metaltraads to Ender er fæstede til Pladerne, saa gaar der *en elektrisk Strøm* rundt i det hele; Strømmens Retning regnes at gaa fra Kobberpladen gennem Traaden til Zinkpladen og inde i Glasset fra Zinket gennem Vædsken til Kobberpladen; thi i den Retning gaar den positive Elektricitet.

Naar nemlig Zinkpladen og Kobberpladen er nede i Vædsken, bliver de elektriske; Zinket viser sig at have negativ og Kobberet positiv Elektricitet, men rigtignok er Spændingerne af disse Elektriciteter saa svage, at man maa bruge overordentlige fine Apparater for at paavise, at de overhovedet findes der; det maa vi derfor her opgive. Sættes der saa en Metaltraad fast med sine Ender i disse to Plader, ja saa har denne Traad altsaa positiv Elektricitet i sin ene Ende (ved Kobberet), negativ i den anden (ved Zinket), og da disse Elektriciteter jo tiltrækker hinanden, saa løber de igennem

Traaden hen til hinanden og ophæver hinanden. Derved er dog det hele ingenlunde bleven uelektrisk, thi den Kraft nede i Karret, som gjorde Kobberpladen positiv og Zinkpladen negativ elektrisk, den er vedblivende til Stede, og lige saa saare der gaar noget af disse Elektriciteter bort fra Pladerne, sørger denne Kraft straks for Erstatning. Derfor sker der en stadig Bortstrømning af Elektricitet fra de to Plader igennem Traaden og en stadig Fornyelse af de bortstrømmende Elektriciteter.

De Steder, hvor Strømmen træder ud i Ledningstraaden, og hvor den forlader denne igen, kalder man Apparatets *Poler*, og den Pol, hvor Strømmen træder ud i Ledningen, siges at være den positive, altsaa Kobberpladen, medens Zinkpladen er den negative Pol.

Paa Traaden selv er der intet at se, naar den bliver gennemstrømmet af Elektricitet; en nærmere Undersøgelse viser os dog, at *Traaden bliver noget opvarmet.* Dette er een Virkning af den elektriske Strøm; en anden Virkning af Strømmen er den, som ovenfor blev beskrevet, nemlig *Virkningen paa en i Nærheden værende Magnet.* Begge disse Virkninger er af den allerstørste praktiske Betydning, og det samme gælder en tredie Virkning, som vi ogsaa i det følgende kommer til at beskæftige os nærmere med, nemlig *Strømmens kemiske Virkning*, d. e. dens Evne til at skille sammensatte Stoffer ad i deres Bestanddele. Hvad Elektriciteten egentlig er; hvad det er, som „strømmer“ afsted igennem Ledningen, det ved man rent ud sagt ikke noget synderligt om; vi kan ikke faa fat paa den strømmende Elektricitet selv, men alene iagttage dens Virkninger.

Lad os da se lidt paa vort galvaniske Apparat. Det bestod af en Zinkplade og en Kobberplade, begge stukne ned i fortyndet Svovlsyre; vi behøvede blot at forbinde de to Plader ved en Metaltraad, saa havde vi den elektriske Strøm gaaende.

Hvad er nu her Kilden til al denne Elektricitet, som i Timevis kan gennemstrømme Ledningen? En Kilde maa der være, thi det er noget, der altid gentager sig i Naturen: „man faar ingen Ting gratis“, d. v. s. faar man et Sted et

Udbytte, saa maa der være Udlæg derfor; det gælder ogsaa for den elektriske Strøm.

Har man vejet Zinkpladen og Kobberpladen nøjagtigt, før man stak dem ned i Vædsken, og vejer man dem igen, naar den elektriske Strøm har været i Gang i længere Tid, saa finder man, at Kobberpladens Vægt er ganske uforandret, men Zinkpladen er lettere end før; og jo længere Tid Strømmen har været i Gang, desto mere er Zinkets Vægt bleven formindsket. Man har altsaa betalt for Strømmen med Zink; det er umuligt at skaffe sig en elektrisk Strøm ad denne Vej, d. v. s. ved Hjælp af to forskellige Metalplader og en Vædske, uden at den ene af dem fortæres efterhaanden.

Naar man ikke har Brug for sit galvaniske Apparat, tager man Pladerne op af Syrevædsken og skyller dem godt af. Lod man dem blive i Vædsken, saa vilde Zinket staa og opløse sig til ingen Verdens Nytte, selv om man havde afbrudt Ledningen, dog kan man ved at *amalgamere* Zinket forhindre, at det opløser sig, naar ikke netop Strømmen er sluttet; thi er den sluttet, er der ingen Redning. At amalgamere Zinket er at danne paa dets Overflade en Legering af Zink og Kviksølv (Kviksølvets Legeringer med Metaller kalder man for *Amalgamer*); dette sker saaledes: Zinket dyppes kort Tid i fortyndet Svovlsyre og, medens man holder det over en Skaal, hælder man nogle Draaber Kviksølv ned paa det; Kviksølvet udbreder sig saa af sig selv paa Zinket, eller man kan gnide det ind med en lille Lap, der er dyppet i fortyndet Svovlsyre. Det amalgamerede Zink er straks skinnende blankt, men mister dog efterhaanden Glansen.

Naar den elektriske Strøm gaar rundt i en Ledning, er der Modstand for Strømmen at overvinde saavel ude i Traaden som inde i det galvaniske Apparats Vædske. Apparatet har en vis Kraft, en vis Spænding (elektromotorisk Kraft, d. v. s. Kraft til at bevæge Elektriciteten), og det kan man nok forstaa, at jo større denne Kraft er, desto stærkere Strøm faar man i Ledningen. Men Modstanden, som Ledningen byder Kraften, faar ogsaa Indflydelse paa Strømmens Styrke; jo større Modstand, desto svagere Strøm. Lange og tynde Traade byder Strømmen større Modstand end korte og tykke. Naar

man derfor een Gang forener Zink- og Kobberpladen i vort Apparat med en lang og tynd Traad, men en anden Gang med en kort og tyk Traad, saa er i første Tilfælde Strømmen svagere end i sidste Tilfælde, og dette viser sig derved, at vor Magnetnaal, i hvis Nærhed vi fører Strømmen, viger mindre ud til Siden i det første end i det sidste Tilfælde, forudsat at Ledningstraaden i de to Tilfælde er lige langt fra Magnetnaalen. Endelig retter Modstanden sig efter det Stof, Lederen er lavet af; en Kobbertraad gør 6 Gange mindre Modstand end en Jærntraad, og denne 10 Gange mindre Modstand end en Kviksølvsøjle af samme Længde og Tykkelse.

Hvis man skal sende Strøm igennem en lang og tynd Traad, og man vil have en forholdsvis stærk Strøm i den, saa maa man se at gøre Kraften, som driver Elektriciteten afsted,

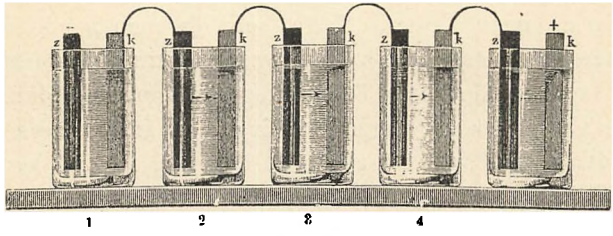


Fig. 56.

større. Dette kan ske derved, at man i Stedet for eet Glas med Vædske og Plader — et *Element*, som man kalder det — bruger flere; man siger da, at man laver et *Batteri* af de enkelte Elementer. Elementerne skal da forbindes med hinanden saaledes, at en kort, tyk Metalledning forbinder Zinket i det ene Element med Kobberet i det næste; har man paa den Maade sat 5 Elementer sammen til et Batteri, saa har man til sin Raadighed en Elektricitet-drivende Kraft, der er 5 Gange saa stor, som hvis man kun tog eet Element i sin Tjeneste (Fig. 56).

Det ovenfor omtalte galvaniske Element holder sig imidlertid ikke længe; det svækkes ret hurtigt. Bedre er det at have hvert Metal i sin Vædske og saa lade de to Vædsker støde sammen i en porøs Skillevæg. Saaledes er f. Eks. *Bunsens* Element indrettet (Fig. 57). I et Glas- eller Porcel-

lænskar staar der en ombøjet Zinkplade (amalgameret) i fortyndet Svovlsyre; indenfor Zinket staar der et cylindrisk Kar af porøst Ler (svagt brændt), og i dette Kar er der hældt raa (koncentreret) Salpetersyre og stukket en Stang (*K*) af en særlig Kulmasse. Zinket har en Klemme, hvori der kan skrues en Ledningstraad fast, og til Kullet er der skruet et Stykke Messing, som ogsaa bærer en Klemme til Fastskruning af Ledningstraaden.

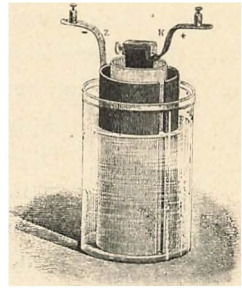


Fig. 57. Bunsens Element.

I Væggen paa det porøse Kar støder de to Vædsker sammen, og der er da ledende Vej for Elektriciteten fra Zinket og ind til Kullet. Man har erstattet Kobberet, som vi havde før, med Kul, fordi Salpetersyren vilde æde Kobberet op. Man maa i det hele være forsigtig ved Brug af Salpetersyren. Man maa have den paa Glasflaske, og hældes den ned i Lercylinderen — eller fra denne tilbage til Flasken — maa man bruge Glastragt og hælde langsomt. Faar man Salpetersyre paa sine Klæder, kommer der en gulrød Plet og snart efter et Hul; Syren ødelægger ogsaa Fingrenes Hud. En Ulempe ved Brug af Salpetersyre er det, at den opsender højst ubehagelige Dampe, der dels er skadelige for Lungerne og dels ødelægger Metalgenstande i Værelset. Elementer med denne Syre bør derfor helst stilles udenfor Vinduet eller paa et Sted, hvor der er stærkt Lufttræk. Men Bunsens Apparat er kraftigt og holder sig længe.

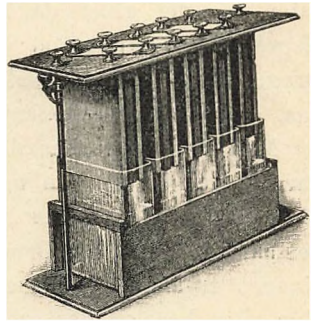


Fig. 58.
Kromsyrebatteri paa 5 Elementer.

Bekvemt at bruge er Kromsyre-Elementer; et Apparat med 5 saadanne ses i Fig. 58; det koster godt en Snes Kroner. I hvert Element er der to Zinkplader og en Kulplade eller

omvendt; Vædsken bestaar af 20 Rumdele Vand, 1 Rumdel tvekromsur Kali og 2 Rumdele koncentreret Svovlsyre.

Pladerne sidder fast foroven i en Træramme, der kan hæves og sænkes; naar man er færdig med at bruge Apparatet, løftes Rammen saa højt, at Pladerne kommer op af Vædsken. Ved Strimler af Metal kan Zinket i det ene Element sættes i Forbindelse med Kullet i det næste o. s. fr.

I de Huse, hvor man har elektrisk Ringeapparat, drives dette af Léclanché'ske Elementer (udtales Leklangsje). Her (Fig. 59) kan der ogsaa være et porøst Lerkar som i Bunsens Apparat, men uden om Lerkarret er der en Opløsning af Salmiak (et fast hvidt Stof; ikke Salmiakspiritus!) i Vand, og i denne Vædske staar Zink; inde i Lerkarret staar en Stang Kul, om hvilken der er pakket Brunsten i smaa Stykker, og det hele er gennemvædet med Salmiakopløsning. Dette Element er ikke særlig stærkt, men det har den gode Egenskab, at det kan bruges meget længe, naar man kun bruger det lidt ad Gangen, og det finder netop Sted, naar man benytter det til Ringeapparater, thi det giver da kun Strøm fra sig, hver Gang der ringes. Naar Apparatet har mistet sin Kraft efter lang Tids Brug, kan man atter kalde den til Live ved at hælde Vand paa, eventuelt forny Salmiakopløsningen.



Fig. 59.
Léclanché's Element.

Man indretter ogsaa de Léclanché'ske Elementer uden Lerkarret; der er saa en temmelig tynd Kulplade, og paa hver af dens to Sider er der lagt en tyk Plade af en Masse, som bestaar af Kulpulver, Brunsten og lidt Gummilakharpiks; Zinkstangen er skilt fra den ene af disse Plader ved en Klods af Træ eller Ler, og der er lagt et Par Kautschukbaand om det hele, og dette hele staar i et Kar med Salmiakopløsning.

De saakaldte *tørre Elementer* staar i Indretning det sidst omtalte Apparat nær; der er en Masse, som er gennemfugtet med Vædsken, og Elementet faar derved den Fordel, at der ingen Vædske flyder ud, hvis man skulde komme til at vælte det.

Svovlsyre (20 Øre pr. Kilo), Salpetersyre (50 Øre pr. Kilo), tvekromsur Kali, Salmiak o. s. v. kan man faa at købe hos en Materialist eller en Apoteker.

Den elektriske Strøms magnetiske Virkninger.

Ved Ordet *Elektromagnetisme* forstaar man Læren om de magnetiske Virkninger af den elektriske Strøm.

Vi har allerede været ved dem, thi det første Forsøg, vi har gjort over den elektriske Strøm, gjaldt netop den Virkning af Strømmen, at den, ført i Nærheden af en Magnetnaal, drejede denne bort fra sin Hvilestilling. Ved at se paa de Retninger, i hvilke Naalen slaar ud til Siden, naar Strømmen føres enten over eller under Naalen, enten i den ene Retning eller i den modsatte, er man kommen til en simpel Regel, som dette Fænomen følger; Reglen er denne: man skal føre sin udstrakte *højre* Haand (med Tommelen tværs paa de andre Fingre) (Fig. 60) hen til Strømledningen og lægge den saaledes langs Ledningen, at Strømmen gaar i den Retning, hvori Fingerspidserne peger (ind ved Haandroden og ud ved Fingerspidserne), og endvidere saaledes, at den indre Haandflade vender henimod Magneten; da vil Magneten altid dreje sig saaledes, at Nordenden slaar ud til den Side, hvor Tommelfingeren peger, — Sydenden altsaa til den modsatte Side.

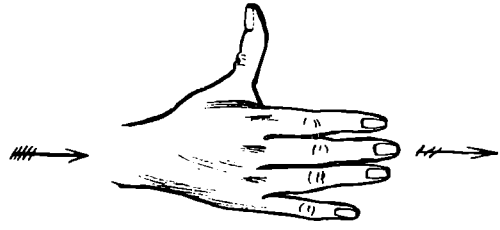


Fig. 60.

Af Fig. 61 ses, at Strømmen, ledet under Naalen i een Retning og over Naalen i den modsatte Retning, frembringer Udslag til samme Side.

Vi har i den magnetiske Virkning af den elektriske Strøm

et Middel til at se, om der i en Ledning er en Strøm til Stede, eller der ingen er; føres Ledningen nemlig hen i en Magnetnaals Nærhed, og denne kommer i Udsving derved, saa er dette os et Bevis for, at Ledningen fører Strøm; men kommer der intet Udslag, ja saa vil vi sige, at der ingen Strøm er i Traaden. Dog skal man i dette Tilfælde være lidt varsom med at dømme; hvis der er en svag Strøm til Stede i Ledningen, kunde det nok hænde, at den ikke formaaede at fremkalde en synderlig Bevægelse af Naalen, især naar denne ikke er ophængt meget let drejelig. Naalen holdes jo i sin Stilling med en vis Kraft fra Jordmagnetismens Side. Hvad skal man da gøre for at paavise Tilstedeværelsen af saadanne meget svage Strømme?

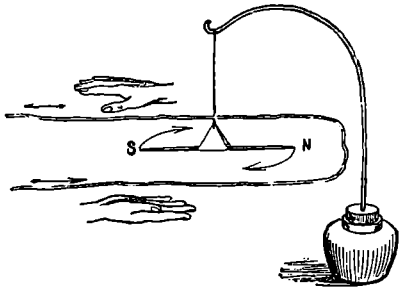


Fig. 61. Reglen om højre Haand.

Man kan for det første føre Strømmen flere Gange omkring Magnetnaalen, thi føres den samme Strøm 20 Gange omkring Naalen, kommer den til at virke 20 Gange stærkere derpaa, end hvis den kun gik een Gang omkring den. Man faar altsaa Virkningen paa denne Maade multipliceret, og derfra hidrører Navnet *Multiplikator* for den Indretning, hvorved denne flerdobbelte Ledning iværksættes. Men dernæst bør man svække Jordmagnetismens Virkning for at gøre Naalen mere modtagelig for Strømmens Paavirkning; dog kan dette ikke ske ved, at man tager en svag Magnetnaal i Stedet for en stærk, thi derved vilde ikke alene Jordmagnetismens, men ogsaa Strømmens Virkning paa Naalen blive ringere, og saa vilde vi være lige vidt. Nej, Jordmagnetismens Indstillingskraft svækker man ved at benytte to med hinanden fast for-

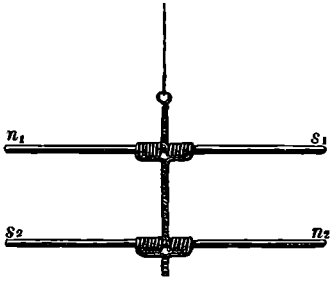


Fig. 62. En magnetisk Dobbeltnaal.

bundne, parallele Magnetnaale, hvilke har de ensartede Poler til modsatte Sider. Fig. 62 viser de to Naale $n_1 s_1$ og $n_2 s_2$: n_1 vender til samme Side som s_2, s_1 som n_2. Det er f. Eks. to magnetiserede Stykker Strikkepind, der ved at omvikles med en Kobbertraad er bragt i en uforanderlig Parallelstillling til hinanden. Denne *Dobbeltnaal* hænges op i et Silkespind, og den vil da indstille sig i Retningen Nord—Syd med ringe Kraft; saavel n_1 som n_2 søger jo imod Nord, men hvilken af dem, der kommer til at pege imod Nord, det beror paa, hvilken der er den stærkeste. Er Naalen $n_2 s_2$ stærkere end $n_1 s_1$, saa kommer n_2 og s_1 til at pege imod Nord, men hvis der ikke er grumme stor Forskel paa deres Styrker, saa sker Indstillingen ikke med synderlig stor Kraft, og Dobbeltnaalen er forholdsvis let at faa ud i en anden Stilling.

Dermed er det os nu klart, hvorledes et Apparat til Paavisning af svage Strømme skal være indrettet, og Fig. 63 viser os et saadant Apparat, en *Multiplikator*. Paa et Brædt er der to Klemskruer, og fra dem udgaar der en stiv, overspunden Kobbertraad, der er bøjet gentagne Gange om, saa at den danner 10 lodrette Vindinger med en saa stor Aabning imellem de fem og fem, at den underste Naal i vor Dobbeltnaal kan føres ned derimellem. Traaden maa være overspunden, — og en saadan Overspinding sker i Reglen med Bomulds- eller Silketraad —, for at to Nabovindingers Metal ikke skal komme til at røre ved hinanden, thi gjorde de det, vilde man ikke faa Strømmen ledet 10 Gange omkring Naalen.

I Reglen er Kobbertraaden ikke stiv nok til at den saaledes kan staa af sig selv, og i hvert Fald er det vanskeligt at faa den til det; derfor vikler man den i Reglen op paa en Ramme af tyndt Træ, hvilken Ramme da paa Oversiden maa have en saa bred og lang Revne, at man kan fire Magnetnaalen ned derigennem. Et meget stort Antal Vindinger af fin Traad kan være viklet op paa Rammen.

Dobbeltnaalen hænger som sagt i et fint Silkespind, og dette kan f. Eks., som Fig. 63 viser det, gaa igennem to Ringe paa en lang, stiv Messingtraad, der tjener til Bærer for Naalen, og Silkespindet er saa endelig viklet flere Gange om den lille Krog w, der sidder i et Hul i Brædtet. Drejer man

w til den ene eller den anden Side, saa vikler man noget af Traaden enten af eller op paa *w* og derved sænkes eller hæves Dobbeltnaalen, saa at man paa den Maade kan give den den rigtige Stilling.

For at undgaa Luftstrømningers Indvirkning paa den meget let bevægelige Dobbeltnaal sætter men gerne en Glasklokke

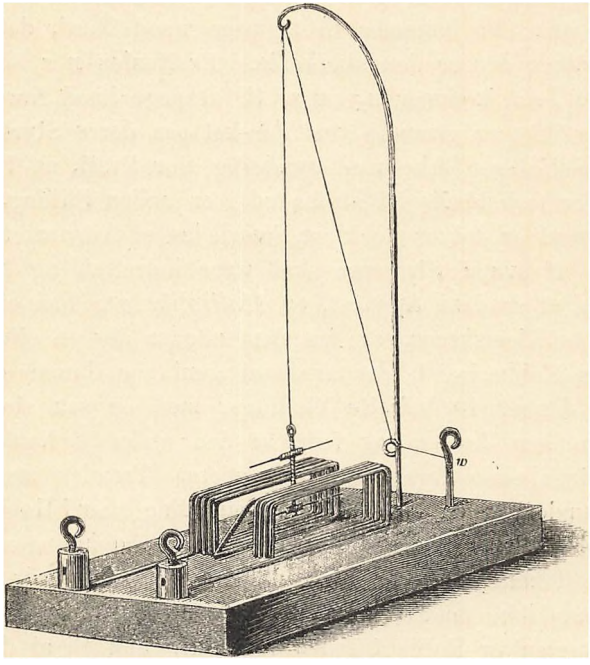


Fig. 63. Multiplikatoren.

eller Glaskasse (sammenklæbede Vinduesglas) over det hele, saa at kun Klemskruerne er udenfor.

Naar Instrumentet skal bruges, drejer man Brædtet med hvad derpaa er hen i en saadan Stilling, at Traadvindingerne er parallele med Magnetnaalene; under denne Drejning bliver Dobbeltnaalen hængende i sin Stilling Nord—Syd (magnetisk), hvis man da ikke ved Smaastød faar den til at svinge ud.

Fører man da f. Eks. Traade fra et Elements to Polplader hen til de to Klemskruer, saa gør Dobbeltnaalen et rask Ud-

sving til Siden og stiller sig meget nær tværs paa Traadvindingernes Retning, altsaa i Vest—Øst (magnetisk).

Ørsteds Opdagelse har lært os, at en elektrisk Strøm indvirker paa en Magnet i dens Nærhed; men saa maa Magneten ogsaa virke tilbage paa den elektriske Strøm! Al Virkning i Naturen er nemlig gensidig. Ørsted paaviste ogsaa selv, at denne Gensidighed var til Stede i dette Forhold.

Man maa, naar man ved Forsøg vil paavise denne Side af Sagen, skaffe sig en let bevægelig Strømleder, og Magneten kan man saa tage i Haanden, medens vi i det egentlige Ørsted'ske Forsøg havde det omvendte: en let bevægelig Magnet og en elektrisk Strømledning, som vi med Haanden førte hen til Magneten.

Den allernemmeste Maade at gøre dette Forsøg paa er følgende (Fig. 64). I en stor, flad Korkprop laver man to parallele Snit og klemmer ind i dem en lille Kobber- og en lille Zinkblikplade, saaledes f. Eks. at det, der rager nedenfor Proppen, er et Par Centimeter paa hver Led. Til disse to Plader lodder man — ovenover Proppen — en ret stiv Kobbertraad, der er formet til en Firkant; Figuren viser det hele. Saa sætter man Proppen ud at flyde paa Vand, hvortil der er sat Svovlsyre i en Mængde, der er omtrent $^1/_{10}$ af Vandmængden. Man har jo saa et flydende galvanisk Element med Ledningstraad; der gaar en elektrisk Strøm op igennem det Traadstykke, som er forbundet med Kobberet, og ned igennem det, der er forbundet med Zinket.

Naar Flyderen er kommen i Ro midt i Karret, fører man en Magnetpol ind imod den ene af de lodrette Traadstykker; Flyderen kommer da i Bevægelse, idet den nemlig giver sig til at dreje rundt. Magnetpolen maa altsaa paavirke Strømmen i Traaden med en Kraft, der fører Traaden til Siden. Bytter man Magnetpolen om med den modsatte Pol, saa gaar Omdrejningen for sig i den modsatte Retning, hvis det vel at mærke er det samme lodrette Traadstykke, vi beskæftiger os med. Efter at vi har set, i hvilken Retning Omdrejningen sker, naar f. Eks. Nordpolen holdes ud for den Traad, der gaar op fra Kobberet, og vi saa fører Nordpolen hen ud for den Traad, der gaar op fra Zinket, saa faar vi Drejning i

modsat Retning. Disse Forsøg er saa lette at anstille, at enhver bør gøre det!

Hvorledes skal man nu finde Omdrejningsretningen? thi det er selvfølgelig ikke nogen Tilfældighed, hvilken Vej det gaar. Lad os betragte det Tilfælde, som er afbildet i Fig. 64: En Nordpol er ført hen ud for den Traad, der gaar til Vejrs fra Kobberet. Vender man det om og spørger, i hvilken Retning Strømmen i Traaden paavirker Nordpolen, da har man at anvende Reglen om den højre Haand: Man holder højre Haand saaledes tæt op til Traaden, at de fire samlede Fingre peger opefter, og Haandfladen vender ud imod Nordpolen. Nordpolen maa da paavirkes i vandret Retning indefter; thi i

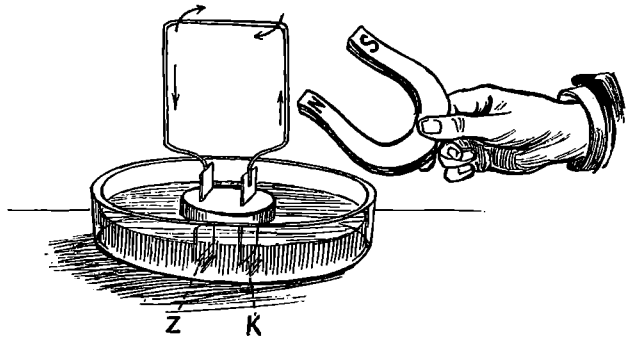


Fig. 64. En Magnet indvirker paa en Strøm.

den Retning kommer Tommelfingeren til at pege! Ja saa maa Nordpolen virke paa Strømmen med en modsat rettet Kraft, og de krumme Pile foroven paa Figuren angiver da Omdrejningsretningen.

Nu vil vi lave os en Flyder til af lignende Art, men med den Forskel, at Traaden, som forbinder det lille Zink- og Kobberblik, er viklet til en Spiral paa en halv Snes Vindinger; Vindingerne maa gerne ligge godt nær ved hinanden, men hvis det ikke er overspunden Traad, man bruger, maa Vindingerne dog ikke røre ved hinanden. Der løber saa Strøm rundt i denne Spiral, og det viser sig, at *Strømspiralen optræder ganske som en Magnet* med modsatte Poler i de to Ender. En Magnets Poler vil nemlig tiltrække eller frastøde Spiralens Ender, ganske som om Spiralen var en Magnet. Og

hvor har da Strømspiralen sin Nordpol og sin Sydpol? Man omslutter Spiralen med højre Haand, saa at Strømmen løber i Retning fra Haandrod til Fingerspids; da ligger Nordpolen i den Ende, imod hvilken Tommelen peger (Fig. 66).

Vi har altsaa her set det mærkelige, at en Metalspiral, som gennemløbes af en Strøm, forholder sig, som var den en Magnet, og det er ligegyldigt, af hvad Metal Spiralen er lavet.

Paavirker Jordmagnetismen da ogsaa en saadan Spiral? Jordmagnetismen indstiller jo, som vi ved, en Magnet, der kan dreje sig frit i vandret Retning, i en bestemt Stilling! Ja ogsaa i den Henseende har Strømspiralen en Magnets

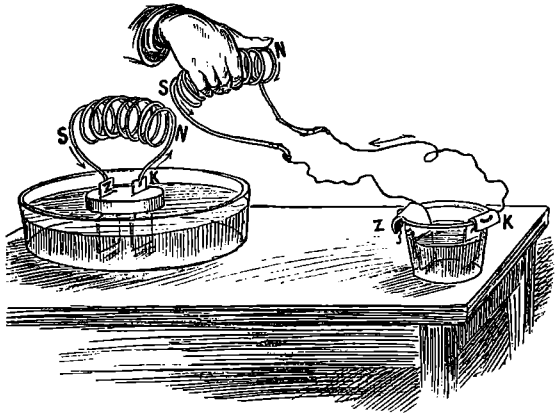


Fig. 66. To Strømspiraler virker paa hinanden som to Magneter.

Egenskaber. Overlader vi vor Flyder med Spiraltraaden til sig selv, saa drejer den sig ganske langsomt hen til en bestemt Stilling, i en bestemt Retning, altid den samme, og vi kommer let paa det rene med, at Retningen er den samme, som den, hvori en Magnetnaal stiller sig. — Vi tilføjer, at denne Indstilling af Spiralen i Retning af magnetisk Nord og Syd lettes meget, naar man lægger en fin Jærnstang ind i Spiralen; dette vil vi kunne forstaa, naar vi har læst Begyndelsen af det næste Afsnit.

Vi har set, at en Strømspiral optræder som en Magnet, og vi ved, at to Magneter virker ind paa hinanden; det ligger da nær at prøve paa, om to Strømspiraler paavirker hinanden,

naar en Ende af een Strømspiral føres hen til en Ende af en anden. Ja, det gaar ganske simpelt (Fig. 65), og Virkningerne er netop dem, vi kunde vente. Vi kan jo ved Hjælp af højre Haand let gøre os Rede for, hvor Spiralerne har deres Nord- og Sydender, og det viser sig, at ensartede Ender frastøder hinanden, uensartede tiltrækker hinanden. De to Ender, som i Fig. 65 er nær hinanden, vil altsaa tiltrække hinanden.

Men vi gaar videre: naar to Strøm*spiraler* kan tiltrække eller frastøde hinanden, saa er det jo rimeligt, at to Strømme hver i sin Traad, virker paa hinanden, selv om Traadene ikke

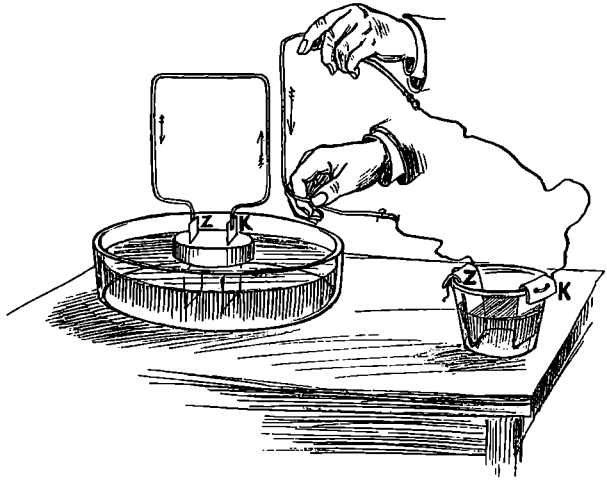


Fig. 66. To parallele Strømme tiltrækker eller frastøder hinanden.

er spiralformede, og dette viser sig ogsaa ganske rigtigt at være Tilfældet. Enhver kan selv prøve det.

Vi bruger Flyderen fra Fig. 64, og saa fører vi med de to Hænder en Strækning af Traaden fra et lille, faststaaende Element hen i Nærheden af Flyderens Traad, saaledes som Fig. 66 viser. Da viser det sig, at de to Traade, som er i hinandens Nærhed, enten tiltrækker eller frastøder hinanden, og dette kan man se af Flyderens Bevægelser; *løber de to lodrette Strømme samme Vej, saa tiltrækker de hinanden, men løber de i modsatte Retninger,* saaledes som i Figuren, *saa frastøder de hinanden.*

Elektromagneter.

Man skaffer sig en Jærnstang og noget tyk, overspunden Kobbertraad, hvilket man kan faa til Købs hos en Instrumentmager eller en Mekanikus, der giver sig af med at lægge Ringeledninger ind i Huse; et Par Meter Traad koster nogle faa Øre. Man vikler Traaden op i Vindinger paa Jærnet og binder den f. Eks. med Sejlgarn fast ved Stangens Ender. Man har saa en *Elektromagnet.*

Sender man en elektrisk Strøm igennem Traadspiralen, — og dette sker simplest ved at forbinde Enderne af den med en Zink- og en Kobberplade, som stikkes ned i fortyndet Svovlsyre (se Fig. 67) —, saa viser det sig, at Jærnstangen er bleven til en Magnet, og den er en ret kraftig Magnet; dette viser sig ved dens Virkning paa en vandret svævende Magnetnaal (Fig. 68) og ved, at den kan bære store Jærnstykker ved sine Ender. Da Magnetismen i Stangen er vakt til Live af en elektrisk Strøm, hedder Stangen en Elektromagnet.

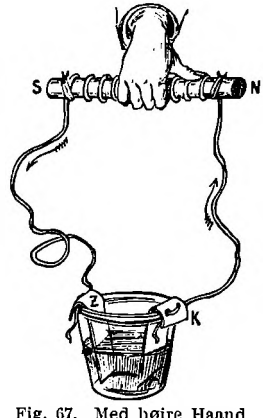


Fig. 67. Med højre Haand findes Elektromagnetens Poler

Hvor har Elektromagneten sin Nord- og sin Sydende? Det beror paa Strømretningen; man kan for at finde Polernes Pladser *tage om Jærnstangen med sin højre Haand* saaledes, at Stømmen løber i Retning med de fire Fingre fra Haandrod til Fingerspidser; Tommelfingeren holdes tværs paa de fire andre Fingre, og den vil da være rettet imod en af Stangens Ender; denne Ende er da altid den fremkaldte Magnets *Nordpol;* Stangens anden Ende er en Sydpol. Er Ordningen saaledes, som den ses i Fig. 67, kommer Nordpolen til at ligge i Stangens højre Ende (set fra Læseren).

Naar man saaledes vil manøvrere med Elektromagneten, bør de Traade, som fører hen til det galvaniske Element, være bøjelige; man kan gøre Brug af tyndere Traade paa dette Stykke.

Afbryder man Strømmen, forsvinder Magnetismen straks igen, hvis Magneten er af blødt Jærn, og det er netop denne Egenskab, der betinger Elektromagnetens store Anvendelighed



Fig. 68. Elektromagneten virker paa en ophængt Magnetnaal.

i Praksis; er Magneten af Staal, bliver den mindre stærkt magnetisk, men Magnetismen forbliver i Staalet efter Strømmens Afbrydelse.

Elektromagneterne former man ofte som Hestesko (Fig. 69), thi da kan begge Polerne komme til et virke tiltrækkende og fastholdende paa det samme Stykke Jærn. Et saadant lille Jærnstykke kalder man for et Anker. Afbryder man Strømmen, vil Ankeret, selv om Magneten er af blødt Jærn, næppe af sig selv falde fra, men rives det af, vil det ikke paany hænge fast; vil man have, at Magneten skal slippe Ankeret i samme Nu, Strømmen afbrydes, maa man forhindre Ankeret i at komme helt hen til Magneten, f. Eks. ved at lægge et Stykke Papir imellem Ankeret og Polerne. Store Elektromagneter kan bære mange Kilogram.

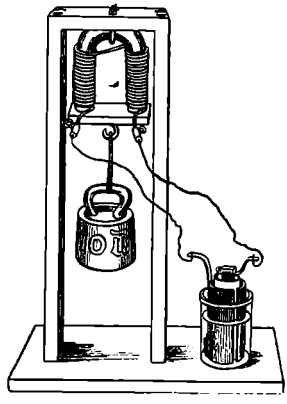


Fig. 69. En Elektromagnet bærer et Jærnanker med et tungt Vægtlod.

Elekrisk Ringeapparat. Dette er en ret hyppigt forekommende Anvendelse af Elektromagneter, og Fig. 70 viser os den nærmere Indretning. Paa et Brædt er der befæstet forskellige Ting: en Metalklokke, som en Hammer *H* skal slaa imod, en hesteskoformet Elektromagnet *E* med et Jærnanker lidt ud for Enderne, hvilket Jærnanker bæres af en ret stiv Fjeder, der er skruet fast ved sin ene Ende til Brædtet, og som fortsættes ud i Hammeren *H*; endvidere en lille Metalskrue *C*, hvis Spids støder til Ankerets Fjeder, og endelig et Par Klemskruer, hvilke i Figuren ses øverst paa Brædtet. Fra den ene af disse Klemskruer udgaar Elektromagnetens Traad, og denne fortsættes hen til den ovenfor nævnte Fjeder,

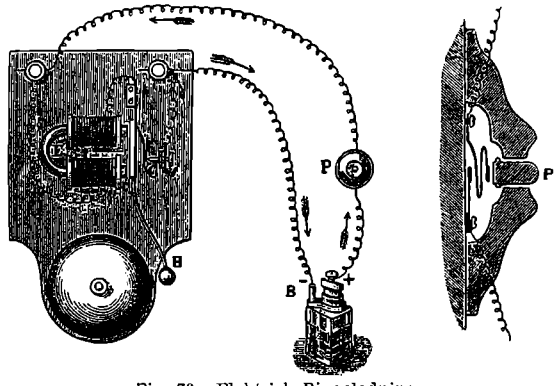


Fig. 70. Elektrisk Ringeledning.

der bærer Ankeret; fra den anden Klemskrue gaar en Traad hen til Skruen *C*. Der er altsaa metallisk Ledning fra Klemme til Klemme, thi Skruen rører ved Fjederen.

Ringeledningen, som fører til Klokken, klemmes ind i de to Klemskruer, og i denne Ringeledning er der et Sted — paa en dertil egnet Plads i Huset — indskudt eet eller et Par Léclanchés Elementer (se Side 94), og endvidere en saakaldt *Kontakt*, den Indretning, ved Hjælp af hvilken man frembringer Ringningen, naar man ønsker det, og atter faar den til at høre op. Kontakten er kaldt *P* i Figuren, og dens Indretning ses nærmere i det særskilte Billede til højre. Det er den „Knap", man trykker paa, naar man vil ringe. Det er en rund Kapsel af Træ eller Porcellæn, og i dens Midte stik-

ker en lille Ben- eller Porcellænsdup frem; denne Dup sidder løst i et Hul i Kapslen, og naar den trykkes ind, tvinger den en lille Metalfjeder i Kapslens Indre hen til Berøring med en anden Metalfjeder derindre. Begge disse smaa Fjedre sidder fast paa Kapselens Bund, og de to Traadender af Ringeledningen er klemte fast til Fjedrene.

Det forstaas nu, at Ledningen er „sluttet" overalt undtagen paa eet Sted, nemlig i Trykknappen, thi her rører Fjeder ikke ved Fjeder, naar man ikke trykker; men trykker man de to Fjedre til Berøring, saa er Ledningen ogsaa sluttet paa dette Sted, og saa ringer det. Hvorfor? Jo, saa bliver Strømmen

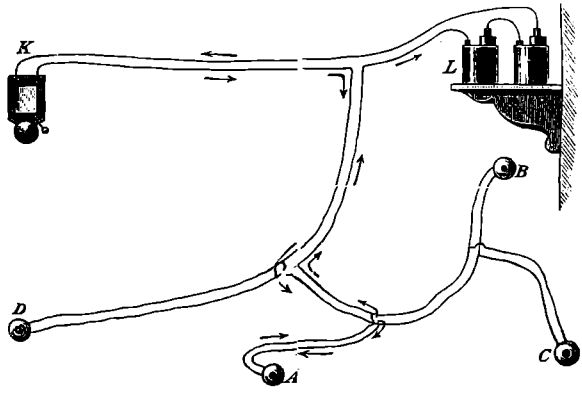


Fig. 71. En forgrenet elektrisk Ringeledning.

skiftevis i hurtig Rækkefølge afbrudt og sluttet et andet Sted, nemlig i Ringeapparatet. Dette sker saaledes: naar Ledningen er sluttet overalt, saa gennemløber den elektriske Strøm fra det galvaniske Apparat det hele, altsaa ogsaa Traaden om Elektromagneten *E*; denne bliver da magnetisk og trækker Ankeret, som sidder for Polenderne, til sig, idet den derved kommer til at bøje Fjederen lidt, som bærer Ankeret; men ved denne Bevægelse af Ankeret kommer Fjederen væk fra Skruen *C*'s Spids, og da holder Strømningen af Elektricitet op, thi der er opstaaet en Afbrydelse paa Ledningen. Dette varer dog kun et ganske lille Øjeblik, thi naar Strømmen er borte, saa mister Elektromagneten sin Magnetisme; Ankeret svinges da af sin Fjeder bort fra Elektromagneten; der kom-

mer atter Berøring frem med Skruen *C*. Strømmen sluttes atter et Øjeblik, afbrydes derpaa ved Ankerets Tiltrækning til *E*, og saa fremdeles saa længe man trykker paa Duppen. Ved Ankerets Svingninger ud og ind slaar Hammeren *H* mange Gange imod Klokken, og derved skabes Ringningen.

I Huse, hvor man har elektrisk Klokke, er det oftest indrettet saa, at man kan ringe paa en og samme Klokke fra forskellige Steder; Klokken sidder f. Eks. ude i Køkkenet, og der er i flere af Værelserne Knapper, som man kan trykke paa. Fig. 71 giver et skematisk Billede af, hvorledes dette kan lade sig gøre. Et Batteri paa et Par Elementer (*L*) er anbragt paa en Hylde eller et andet dertil egnet Sted, og fra Batteriet gaar der en Ledningstraad direkte hen til den elektriske Klokke (*K*). Fra Batteriets anden Pol udgaar der en Ledningstraad, og fra Klokken gaar der en Ledningstraad; disse to Traade følges ad, og fra dem gaar der Forgreninger ud til de forskellige Værelser; disse Forgreninger ender i Knapper som dem, der er afbildet til højre i Fig. 70. Traadene er isolerede ved Hjælp af omspunden Bomuldstraad eller et andet Isolationsmateriale, og de kan derfor overalt lægges tæt op til hinanden. Knapper er i Figuren tænkt ved *D*, *A*, *C* og *B*.

Naar man nu fra Batteriet følger Ledningen rundt, saa vil man se, at naar der ikke trykkes paa nogen af Knapperne, er der intet sluttet Kredsløb til Stede, som Elektriciteten fra Batteriet kan gennemstrømme; men trykkes en af Knapperne til, f. Eks. *A*, saa at de to Fjedre her inde i Kapslen kommer til at røre ved hinanden, saa ringer det. Naar man nemlig fra Batteriet *L* følger Ledningen, saaledes som Pilene viser det, ser vi, at der er en sluttet Ledning over *A*, og i dette Kredsløb er Klokken altid indskudt, saa at den kommer i Virksomhed. Prøv det samme, naar en af de andre Knapper tænkes trykket til!

Skulde Isolationsmaterialet et Sted være slidt af, saa at Metaltraadene kom til at røre ved hinanden, saa er der dannet et Kredsløb, og Klokken bliver ved med at ringe, til man tager en af Traadene ved Klokken ud.

Elektriske Ure. Ved Indretningen af elektriske Ure kan Formaalet være det, at man vil have en Mængde Ure med

simpel Mekanisme til at gaa ganske ens, idet de alle holdes i Gang ved Hjælp af en elektrisk Strøm, der udsendes fra et Normalur.

Fig. 72 giver nærmere Oplysning om, hvorledes dette kan lade sig gøre. Paa Hovedstationen er der et Normalur, hvis Gang reguleres af et Metal-Pendul (*P*), som svinger frem og tilbage og er 1 Sekund om en Svingning. Det er ophængt foroven i et Stykke Metal, som bærer en Klemskrue, og lige under dets Ophængningssted staar der et Jærnrør (*R*), som er fyldt med Kviksølv og ligeledes bærer en Klemskrue. Kviksølvet fylder Røret helt, og dets Overflade hvælver sig opad.

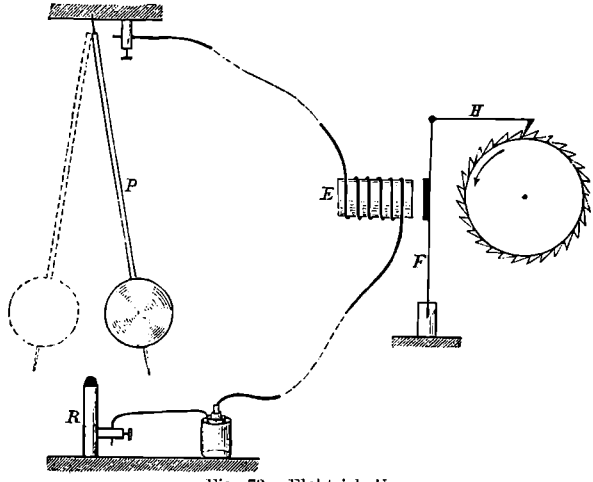


Fig. 72. Elektrisk Ur.

saaledes at Pendulets nederste, fine Spids stryger igennem dette Kviksølv, naar Pendulet er lodret, d. e. naar det passerer den Stilling, som det vilde have, naar det hang stille. Fra de to Klemskruer gaar nu Ledningstraadene ud i Byen til de Steder, hvor Klokkeslettet skal kunne ses, idet der dog i den ene Ledningstraad er indskudt et galvanisk Apparat, som skal levere den til Urenes Drift fornødne Strøm.

Det egentlige „elektriske Ur" har en meget simpel Mekanisme, hvis Hoveddele ses i Figuren tilhøjre. Ledningen føres ind i Uret omkring en Elektromagnet *E*. Lige overfor den sidder der et Jærnanker fast paa en ret stiv Fjeder *F*; denne

er gjort fast i sin ene (nederste) Ende, og fra dens anden, frie Ende gaar der en Stang (*H*) ud til Siden, som bærer en Hage, der falder ned paa et Tandhjul med savtakkede Tænder. Lad os antage, der er 60 Tænder.

Naar nu Pendulet i Hoveduret passerer sin Hvilestilling, naar altsaa dets Spids et Øjeblik er inde i Kviksølvet, saa er Kredsløbet sluttet; det galvaniske Apparat sender en Strøm igennem Pendulstangen og hele Ledningen. Derved bliver Elektromagneten *E* magnetisk, trækker Ankeret til sig; Fjederen *F* bøjer sig lidt (til venstre), og Hagen paa *H* trækker Tandhjulet lidt i den Retning, som Pilen paa Figuren viser. Men Strømmen varer jo kun et Øjeblik. Straks efter mister *E* sin Magnetisme igen, *F* retter sig ud og tager Ankeret væk fra *E*, og Hagen paa *H* glider til højre og falder ned bag den næste Tand paa Tandhjulet. — Et Sekund senere gentager akkurat det samme sig, og saaledes fremdeles, altid med et Sekunds Mellemrum. Naar derfor Tandhjulet ude i det elektriske Ur har 60 Tænder, bliver det drejet een Gang rundt i Løbet af 1 Minut, og til dette Hjul kan derfor den saakaldte Minutviser befæstes. Ved Hjælp af Tandhjul af forskellig Størrelse kan man let faa denne Bevægelse overført til andre Akser, hvorpaa de andre Urvisere kan befæstes. Og saa er dette Ur dermed i Orden.

Det forstaas let, at der i Ledningen kan indskydes mange Elektromagneter som *E*; de bliver alle et Øjeblik magnetiske i Takt, med 1 Sekunds Mellemrum. Og det samme Normalur kan altsaa drive en Mængde elektriske Ure.

Rigtigt er disse Ure nu ikke trængte igennem, fordi der let kan komme Kludder i dem. Anløber Spidsen paa Pendulet lidt, eller bliver Kviksølvet i Tidens Løb urent, saa kan der være saa stor Modstand her for Elektriciteten at overvinde, at Strømmen helt udebliver en, ja maaske mange Gange, eller den bliver i alt Fald saa svag, at Elektromagneterne ude i de elektriske Ure ikke faar Kraft nok til at bøje Fjederen saa meget, at Tandhjulet bliver drejet en hel Tand frem, men for hver Gang en saadan Bevægelse af Hjulet udebliver, taber Uret et Sekund. Men ogsaa i disse Ure selv kan der være Ufuldkommenheder eller i Tidernes Løb komme saadanne, der bevirker, at Urene taber.

Et andet Princip for Elektricitetens Anvendelse i Ure er det, at hvert af de ved en elektrisk Ledning forbundne Ure har sit selvstændige Urværk, og den elektriske Strøm fra Centralstationen bruges da kun til at *stille* Urene ved Hjælp af et af dem, som da maa være Normalur. Det sker f. Eks. saaledes, at Strømmen bliver sluttet med f. Eks. 4 Timers Mellemrum, og den ganske kortvarige Strøm, som da sendes ud i Ledningen, bliver i Urene benyttet til at føre deres store Visere hen til XII, hvis de ikke er der i Forvejen. Skulde her Strømmen blive borte en eller flere Gange, saa er Ulykken, hvis de enkelte Ure ellers er nogenlunde ordentlige, ikke større; man gaar kun glip af nogle Ganges Stillen. Desuden kan Urene trækkes op ved Elektricitet: i Urkassen staar et lille Batteri, hvis Strøm sluttes et Øjeblik hvert 5te Minut og ved at virke paa en Elektromagnet frembringer en saadan Bevægelse af dennes Anker, at Optrækket sker. Efter dette Princip er de af „Dansk Normal Tid" i København og Omegn installerede Ure byggede.

Den elektriske Telegrafering er den mest betydningsfulde af Anvendelserne af Elektromagneter; den vil blive omtalt nu i et særligt Afsnit.

Den elektriske Telegrafering.

Den Omstændighed, at den elektriske Strøm næsten øjeblikkeligt er til Stede overalt i en Ledning, naar Forbindelsen imellem Ledningen og et galvanisk Apparat tilvejebringes, selv om Ledningen er Mile lang, bevirker, at man hurtigt kan sende elektriske Signaler fra et Sted til et andet uden noget videre Forbrug af Tid, og dette har Anvendelse i den elektriske Telegrafering.

Man har udtænkt mange forskellige Maader at telegrafere paa; af dem er det System, der skyldes Amerikaneren *Morse*, det mest udbredte; her gengives Bogstaver og Tal ved Sammensætninger af Prikker og Streger. Men man har desuden af andre bekendte Systemer en Typetelegraf, hvor det, der telegraferes til en Station, fremtræder paa Papiret med alminde-

lige Typer, saaledes som dem, en af de nu saa almindelig anvendte Skrivemaskiner giver; Enhver kan altsaa læse et saadant Telegram straks, men Apparaternes Indretning er saa sammensat, at vi ikke vil gaa nærmere ind derpaa. Morse's Telegrammer maa derimod først omskrives, inden den uindviede kan læse dem; men til Gengæld er Apparaternes Indretning, som vi nu skal se, ret simpel. Inden vi beskriver dem, vil vi dog gøre en Bemærkning angaaende en meget vigtig Sag ved Telegrafering paa større Afstande. Traad af saa enorme Længder, som der kan blive Tale om, er dyr, og de to Stationer skulde være forbundne ved 2 Traade. En stor

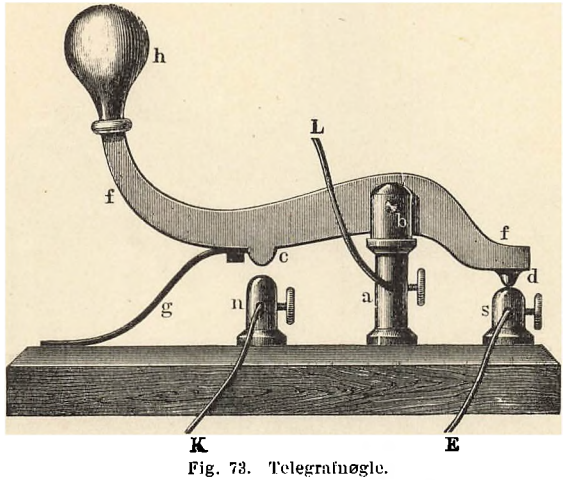


Fig. 73. Telegrafnøgle.

Gevinst vilde det være at undvære den ene, og det kan ogsaa gøres. En Strøm fra et galvanisk Apparat er nemlig ikke alene sluttet, naar der er en Metaltraad, som forener de to Polplader med hinanden, men *ogsaa naar begge Polplader er afledede til Jorden*, og en saadan Afledning sker bedst derved, at Traadene føres ned i Jorden hver til sin Metalplade; Afstanden imellem disse Plader, „Jordplader", nede i Jorden er ligegyldig; de kan ligge saavel faa Fod som mange, mange Mil fra hinanden. Vil man altsaa indrette sig saa, at der kan telegraferes imellem to Stationer, er det nok, at disse Stationer er forbundne ved een Telegraftraad, men Ledningen maa saa paa begge Stationer føres ned til en Plade i Jorden.

Morses System er udtænkt 1832, men blev først prøvet i 1842.

Naar man paa de to Stationer vil kunne afsende og modtage Telegrammer, saa maa der paa hver af dem være baade et Afsenderapparat, en saakaldt „Nøgle“, og et Modtager- eller Skriveapparat.

Nøglen er afbildet i Fig. 73. Messingvægtstangen *ff* har ved *b* sin Omdrejningsakse hvilende i en lille Messingsøjle *a* med en Klemskrue, hvorfra Telegraftraaden *L* udgaar; lige under de to smaa Fremspring *c* og *d* paa *ff* er der paa Tele-

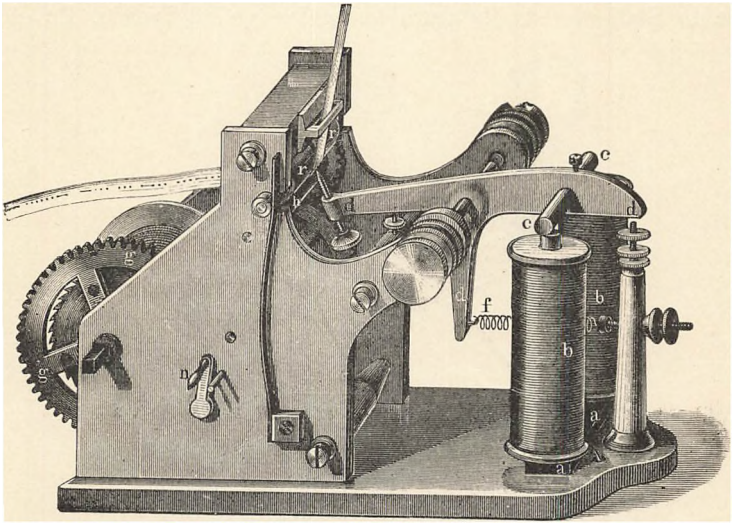


Fig. 74. Morses Skriveapparat.

grafbordet to smaa Messingsøjler *n* og *s*, begge med Klemskruer; fra *n* gaar en Traad *K* hen til den ene Pol paa et galvanisk Batteri, fra *s* en Traad *E* hen til Skriveapparatet. En Staalfjeder *g* trykker op paa Messingvægtstangens ene Ende, saaledes at der altid er Berøring imellem *d* og *s* og ikke imellem *c* og *n*, med mindre man trykker ned paa Benknappen *h*, thi da løftes *d* op fra *s*, og *c* kommer til at berøre *n*. Dette sidste gør man, naar man skal afsende et Telegram; derom straks mere.

Skriveapparatet bestaar for det første af en Elektromagnet *bab*, og lige over dennes to opad vendte Poler er der en

Jærnstang *cc* (Ankeret) anbragt tværs paa Vægtstangen *dd*, som har en Udløber nedefter, der trækkes til højre ved Hjælp af en Spiralfjeder *f*. Det forstaas let, at *cc* derved holdes op over Elektromagneten, med mindre denne er magnetisk, thi saa gaar *cc* det lille Stykke ned til den, og derved føres Vægtstangen *dd*'s anden Ende med den der siddende Spids lidt til Vejrs. Denne Spids kommer da til at trykkes ind imod en Papirstrimmel *rr*, som ved Hjælp af et Urværk føres med regelmæssig, langsom Fart fremefter (til venstre i Fig. 74).

Fig. 75 giver os nu et Billede af to Telegrafstationer med den Telegraftraad, som forbinder dem. Paa hver Station er der en Nøgle (*s* og *s'*) som den ovenfor beskrevne og et

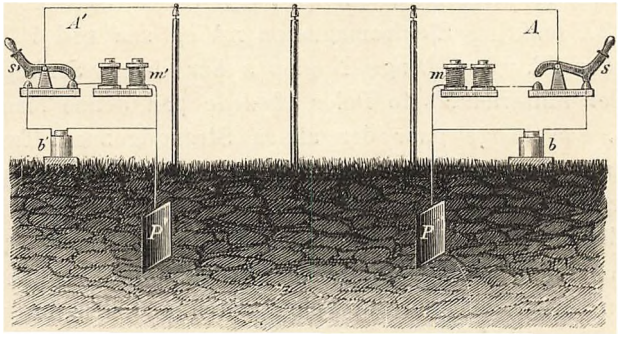


Fig. 75. To Telegrafstationer forbundne.

Skriveapparat, af hvilket der her kun er tegnet den hesteskoformede Elektromagnet *m* og *m'*, medens Resten maa underforstaas. Af de to Ender af Elektromagnetens Traad gaar den ene hen til Nøglen (det er Traaden *E* i Fig. 73), og den anden fører til en Kobberplade *P*, som er nedgravet i et vandførende Jordlag. Paa hver Station er der endvidere et galvanisk Apparat *b* og *b'*, hvis ene Pol er sat i Forbindelse med den samme Jordplade, som Traaden fra Skriveapparatet er ført ned til, medens den anden Poltraad føres hen til Nøglen (det er Traaden *K* i Fig. 73). — Telegraftraaden *AA'* har sine to Ender førte hen til Nøglerne (det er Traaden *L* i Fig. 73).

Naar man skal telegrafere, trykker man ned paa Nøgleknappen paa den ene Station, og i samme Øjeblik trækker

paa den anden Station Skriveapparatets Elektromagnet sit Anker ned imod sig, og Spidsen (se Fig. 74) farer op imod Papirstrimlen. Holder man atter op med at trykke paa den første Stations Nøgle, saa giver paa den anden Station Elektromagneten slip paa sit Anker, og Spidsen gaar tilbage fra Papirstrimlen. Hvorledes kan nu dette være?

I Fig. 75 er det tænkt, at man telegraferer fra Stationen længst til højre. Vi ser da, at Apparatet *b* paa denne Station sender Strøm ud i Telegrafledningen, thi begge dens Poler er da afledede til Jorden: den ene er jo altid afledet til Jordpladen paa selve Stedet (*P*), men den anden er nu ogsaa bleven afledet til Jorden, om end igennem en lang Vej, nemlig fra *b* over *s*, Telegraftraaden *AA'*, den anden Stations Nøgle *s'*, derfra omkring Elektromagneten *m'* og saa ned i Jorden til Pladen *P'*. Saa længe Nøglen *s* har denne Stilling, saa længe er Batteriet *b*'s to Poler afledede paa denne Maade til Jorden, saa længe gaar der altsaa Strøm igennem Traaden, saa længe bliver *m'* magnetisk, og saa længe trykkes Spidsen paa denne anden Stations Skriveapparat op imod Papirstrimlen. Naar denne altsaa føres langsomt fremad, saa ridser Spidsen en Fordybning i Papiret; denne Fordybning bliver en Prik eller en Streg, alt eftersom Telegrafisten paa den første Station trykker Nøgleknappen et kortere eller et længere Øjeblik ned. Og nu forstaas det altsaa, at man kan telegrafere paa den Maade, at man har lavet sig et Alfabet af Prikker og Streger. Skal Ordet „frem" telegraferes, saa bliver der paa Modtagerstationens Papirstrimmel skrevet:

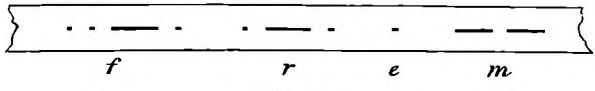


Fig. 76.

Den Telegraferende sørger for, at der kommer saa stor Afstand imellem de Tegn, der hører til de enkelte Bogstaver, at ikke det hele løber ud i eet.

I Stedet for en Spids, som ridser en Fordybning, kan man ogsaa have en Pen, der med en Sværte skriver Tegnene paa Papiret.

Telegraftraaden er, naar den er anbragt som „Luftledning" paa Telegrafpæle, af galvaniseret Jærntraad; dermed menes Jærntraad, som ved at være dyppet ned i smeltet Zink har faaet et Overtræk af Zink, der beskytter Jærnet imod at ruste op. Paa Telegrafpælen er Traaden befæstet til en Porcellænsklokke, der bæres af en Jærnarm, som gaar op i Klokkens Hulrum; derved opnaar man, at Regnen driver af fra Klokken uden at tilvejebringe nogen ledende Forbindelse imellem Traad og Pæl.

Skal Telegraftraaden føres igennem Vand, saa maa man forhindre Afledning af Elektricitet fra Traaden til Vandet ved et isolerende Materiale, og desuden maa den forsynes med en stærk Beklædning af Hamp og Jærntraade for at være i Stand til at modstaa ydre Paavirkninger saasom Ujævnheder paa Bunden, Gnidning imod Klipper og Sten, Skibsankre, Fiskeredskaber osv.

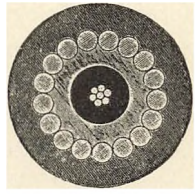


Fig. 77.

Fig. 77 viser Kablet i Tværsnit. Inderst ses selve Ledningen dannet af 7 sammensnoede Kobbertraade, derudenom ligger et isolerende Lag af Guttaperka eller Kautschuk; det næste Lag dannes af tjæret Jutegarn, som danner et blødt Underlag for de tykke, spiralformede galvaniserede Jærn- eller Staaltraade, der gør Kablet stærkt. Yderst findes atter et Lag tjæret Jute eller Hamp. I samme Kabel kan der ogsaa ligge 2 eller flere Ledninger, hver omgiven af sin Guttaperka-Isolation.

I Stedet for det Morse'ske Skrive- eller Modtagerapparat benyttes, naar Telegraferingen foregaar imellem undersøiske Kabler, et Modtagerapparat, hvor en Pen hele Tiden er i Berøring med Strimlen og derfor, naar Urværket fører denne afsted, skriver en lige Linie, saa længe der ingen Strøm kommer fra Afsenderstationen; men sender Telegrafisten her nu en Strøm ind i Kablet, gaar Pennen ud til Siden og bliver der, saa længe Strømmen varer; den tegner derved en længere eller kortere Bugt paa Linien, eftersom Strømmen varer længe eller kort. Saaledes skriver den engelske Fysiker Sir William Thomsons (Lord Kelvin) saakaldte *Recorder* og ligeledes den af den danske Ingeniør Lauritzen konstruerede *Undulator* eller

„Slangeskriver", der benyttes af det store nordiske Telegrafselskab (se nedenfor) paa dets kortere Kabler; dette Apparat kan paa et 500 eng. Sømil (en Sømil er omtrent $^1/_4$ geografisk Mil) langt Kabel præstere indtil 100 Ord pr. Minut.

De ældste undersøiske Kabler, der kun bestod af Kobbertraad, isoleret med Gummi, gik meget hurtigt itu; først da man fik den Idé at beskytte Kablet med et Hylster af Jærntraad, lykkedes det at faa det til at holde. Det ældste Kabel af denne Slags blev lagt over Kanalen mellem England og Frankrig 1851, og det eksisterer den Dag i Dag. 1857 forsøgte man for første Gang at lægge Kablet over Atlanterhavet, hvilket ikke lykkedes; det første varige Kabel blev nedlagt 1866, 30 Aar senere fandtes der saadanne 15 Kabler, og der nedlægges stadigt flere. I Danmark blev den første Telegraflinie aabnet 1. Februar 1854, og 1869 dannedes det Store Nordiske Telegrafselskab; det har Hovedsæde i København og har siden spillet en afgørende Rolle i Nordens telegrafiske Forbindelse med de omliggende Stater og navnlig med Østasien. I Selskabets europæiske Afdeling er Fredericia og Göteborg Hovedstationerne, og paa Selskabets Linier befordres der over $1^1/_2$ Million Telegrammer aarligt, under den østasiatiske Krig steg Tallet endog til næsten det dobbelte.

Til Slut skal endnu som en særlig Form af den elektriske Telegraf nævnes Gnisttelegrafen, Radiotelegrafen eller den traadløse Telegraf, der i den seneste Tid har fundet en ret stor Anvendelse; den nærmere Omtale af den vil vi imidlertid vente med, til vi har lært de Apparater at kende, som man benytter dertil.

Kemiske Virkninger af den elektriske Strøm. Galvanoplastik. Akkumulatorer.

Kemi er Navnet paa den Naturvidenskab, der beskæftiger sig med de Fænomener, som forandrer Stoffernes *indre* Natur.

Man kan strække og bøje en Jærnstang, man kan ophede den, hvorved den bliver lidt længere, ja den kan ophedes saa

stærkt, at den bliver flydende, bliver en tyk, glødende Vædske; den kan gøres magnetisk eller elektrisk o. s. v. o. s. v., men vi har ved disse Forandringer dog stadigt med *Jærn* at gøre; alle disse Forandringer er *fysiske*, fordi Stoffets Natur ikke undergaar nogen Forandring. Men ruster Jærn, saa er dette en *kemisk* Forandring, thi Rusten er et nyt Stof, forskelligt fra Jærn og med andre Egenskaber end Jærn; Rust indeholder vel Jærn, men tillige andet, som det har optaget i sig fra den fugtige Luft. Naar Jærn angribes af Syrer, saa dannes derved ligeledes nye Stoffer. Her er vi inde paa Kemiens Omraade; to eller flere Stoffer kan forene sig til et nyt Stof med andre Egenskaber end de oprindelige, og et sammensat Stof kan adskilles i disse Bestanddele; det er Kemiens Opgave at beskæftige sig med de utallige Fænomener, der her kan optræde. Som et Par Eksempler paa, at et sammensat Stof kan spaltes i sine Bestanddele, skal her nævnes, at Køkkensalt kan spaltes i sine to Bestanddele: Luftarten Klor og Metallet Natrium; Vand i sine to Bestanddele: Luftarterne Ilt og Brint.

Den elektriske Strøms kemiske Virkninger bestaar nu deri, at Strømmen formaar at adskille et sammensat Stof, som den løber igennem, i dets Bestanddele. Det sammensatte Stof maa være flydende; hvis det under almindelige Forhold er et fast Stof, kan man gøre det flydende enten ved at smelte det eller hyppigere ved at opløse det i en eller anden Vædske, f. Eks. Vand. Noget Køkkensalt kan saaledes opløses i Vand, og sender man saa en elektrisk Strøm igennem denne Saltopløsning, skilles Saltet ad i sine to ovennævnte Bestanddele: Klor og Natrium.

Hvorledes faar man da en elektrisk Strøm ledet igennem en Vædske? Derved at man stikker to Metalplader ned i Vædsken og klemmer Enderne af to Kobbertraade til disse Metalplader, af hvilke den ene Traad fører hen til et galvanisk Batteris ene Pol, og den anden Traad til den anden Pol. I samme Øjeblik disse Forbindelser er tilvejebragte, er der et elektrisk Kredsløb til Stede: Elektriciteten kan strømme fra Batteriets positive Pol (Kulpolen) igennem Traaden hen til den ene Plade i Vædsken, derfra igennem Vædsken over til den

anden Plade, og derfra tilbage igennem Traad til Batteriets negative Pol (Zinkpolen). Her kan det nu hænde, at Vædsken byder Elektriciteten en saa stor Modstand, at den slet ikke kan komme igennem; der kommer da ingen elektrisk Strøm i Gang, og Vædsken skilles heller ikke ad i sine Bestanddele; dette gælder saaledes for fuldstændig rent Vands (destilleret Vand) og Sprits Vedkommende. Men „leder" Vædsken Elektriciteten, saa at en Strøm kommer i Gang, saa skilles Vædsken ogsaa samtidigt i sine Bestanddele. Syrevædsker og Metalopløsninger leder Strømmen og sønderdeles (dekomponeres) af den, hvorpaa der nedenfor skal nævnes en Del Eksempler.

Først vil vi indskyde, at man kalder denne Sønderdeling ved Hjælp af den elektriske Strøm for *Elektrolyse*; det Stof, der sønderdeles, er en *Elektrolyt*; de to Metalplader, som fører den elektriske Strøm ind i og ud af Vædsken, kaldes *Elektroder*, henholdsvis den positive Elektrode eller Anoden og den negative Elektrode eller Katoden.

Vi gaar nu over til Eksempler.

Den kemiske Virkning af den elektriske Strøm, som har været kendt længst, er den saakaldte *Vanddekomposition*, *Sønderdelingen af Vand*. Den har man kendt siden Aaret 1800. Det blev rigtignok nylig sagt, at Vand, naar dette er fuldkommen rent, ikke leder og derfor heller ikke sønderdeles i sine Bestanddele af en elektrisk Strøm, og dette er ogsaa rigtigt; thi den Proces, som har faaet Navnet *Vands*ønderdeling, bærer med Urette dette Navn; det er man imidlertid først i de senere Tider kommen under Vejr med, og vi skal om lidt se, hvorledes Tingen egentlig forholder sig.

Et Apparat til en „Vandsønderdeling" kan se saaledes ud, som Fig. 78 viser. Det forestiller et fladt Kar, f. Eks. en Glasklokke, der er vendt om, og hvor der i et Hul i Midten er klemt en Gummiprop ind, hvorigennem der er stukket to Platintraade, som inde i Klokken ender med Platinplader; forneden sidder der paa Traaden to Klemskruer *f* og *f'*, hvori de to Traadledninger fra Batteriet, som skal levere Strømmen, kan skrues fast. I Skaalen hældes Vand, saa at det naar op over Platinpladerne. Man fylder saa to Reagensglas (Glas, der er lukkede i den ene Ende og i Reglen er 15—20 cm.

lange) helt til Randen med Vand, sætter Tommelfingeren over, vender om og stikker den med Fingeren lukkede Ende ned i Vandet; tages Fingeren saa fra, løber Vandet ikke ud af Rørene. Rørene hænges op i Kroge, saaledes at hvert hænger lige over sin af de to Platinplader. „Slutter" man nu Strømmen, d. v. s. klemmes Batteritraadene fast i *f* og *f'*, saa sker der, hvis man har brugt rent Vand, intet; men saa snart man hælder lidt Svovlsyre ned i Vandet, ser man, at der udvikles en Mængde fine Luftbobler nede i Vandet tæt op ad de to Platinplader, og disse Luftbobler stiger til Vejrs

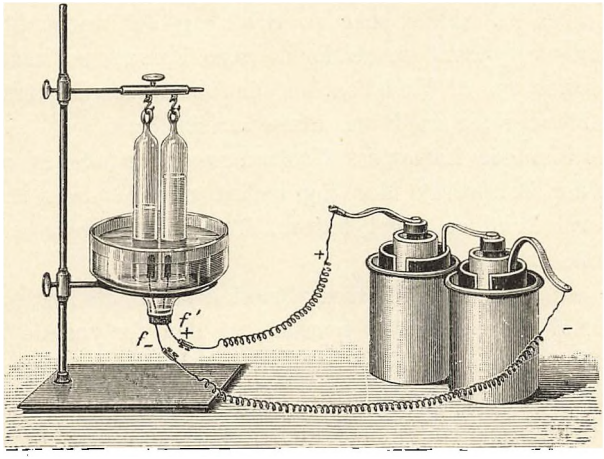


Fig. 78. Vandsønderdelings-Apparat i Virksomhed.

op i de to Glasrør. Luften, som samles der oppe, skal have Plads og trykker Vandet lidt ned, desto mere, jo længere Tid Eksperimentet varer. Men man ser, at Vandet i det ene Rør falder dobbelt saa stærkt som i det andet; hvis Strømmen føres ind ved *f'* og ud ved *f*, saa synker Vandet stærkest i det Rør, som er ovenover *f*. Der opsamles altsaa her et Rumfang Luft, som er dobbelt saa stort, som det, der opsamles i det andet.

Vi vil nu lade det hele gaa, indtil alt Vandet er drevet ud af Rørene, saa at disse er helt fyldte med Luft; dette opnaas jo først med Røret tilvenstre. Naar et Rør er fyldt helt med Luft, saa undviger Luftboblerne uden om Røret. Man kan da

paa forskellig Maade godtgøre, at Røret t. v. indeholder Brint, og det andet Ilt; lettest som følger. Brint har den Egenskab, at den kan brænde der, hvor den strømmer ud i atmosfærisk Luft, hvorimod den ikke „nærer" en Forbrænding; stikker man straks en brændende Træspaan hen til Mundingen af Røret med Brint, saa antændes denne her, men stikkes Spaanen helt op i Røret, slukkes Spaanen. Ilt derimod nærer en Forbrænding; en brændende Træspaan, som føres ind i Ilt, brænder videre med stærkere Glans, ja er Spaanen slukket lige forinden, saa at den endnu er glødende, naar den stikkes ind i Iltluften, da bryder den ud i lys Lue. Ved Hjælp heraf kan man let se, at det ene er Brint og det andet Ilt, men man maa være parat til straks at gøre Forsøgene, naar Glasrørene løftes op af Vædsken, da de opsamlede Luftarter ret hurtigt blander sig med den atmosfæriske Luft.

De opsamlede Luftarters Udstrømmen formindskes ved, at man holder Brintrørets Munding nedad, men Iltrørets Munding opad, fordi Brint er noget lettere, Ilten lidt tungere end den omgivende Luft.

Der er ved dette Forsøg brugt Plader af Platin, fordi dette Metal ikke angribes hverken af den fortyndede Svovlsyre eller af de udviklede Luftarter Ilt og Brint; det er lige saa rent efter som før Forsøget. Men Platin er dyrt, mange Gange dyrere end Sølv; man kan dog ved Forsøget nøjes med temmelig tynde Platinblade, lad os sige 1 Kvadratcentimeter i Areal, og de kan faas for mindre end en Krones Penge.

Vi fik som omtalt udviklet Ilt og Brint i de to Rør, og de er netop det rene Vands to Bestanddele; vi fik dobbelt saa stort et Rumfang Brint som Ilt, og det er netop det Forhold, hvori disse to Luftarter findes i Vandet. Det ser altsaa ganske ud, som om Strømmen havde skilt Vandets Bestanddele fra hinanden og ladet dem træde frem i fri Tilstand ved de to Elektroder. Ganske saaledes er det dog ikke gaaet til. Uden Svovlsyren i Vandet kom der ingen Luftudvikling, og det er da rimeligt at antage — hvad ogsaa mange Forsøg bekræfter — at det er Svovlsyren, som Strømmen har sønderdelt. Svovlsyrens Bestanddele er Svovl, Ilt og Brint, og Strømmen

indvirker saaledes paa Syren, at Brinten optræder ved den negative Elektrode, Svovlet i Forening med Ilten ved den positive. Men idet Svovl—Ilt træder ud af Svovlsyren, sker der en Omsætning med Bestanddelene af det tilstedeværende Vand; dettes Brint forener sig med det udskilte Svovl—Ilt, og der foregaar herved en Nydannelse af Svovlsyre; der bliver da af Vandet Ilt fri, og den bobler til Vejrs.

Dersom vi foretog den Forandring med Vandsønderdelingsapparatet, at den Metalplade, hvor Strømmen ledes ind i Vædsken, var af Kobber, saa fik man ingen Ilt at se ved denne Plade, thi da vil den Svovl—Ilt, som skulde vise sig, i Stedet for at sønderdele Vandet forene sig kemisk med noget af Kobberpladen. Kobberet bliver derved langsomt opløst i Vædsken, saa at Vædsken ligesom faar Erstatning i Kobber for den Brint, den mister henne ved den negative Elektrode.

I Stedet for to Glasrør kunde man have brugt eet, men saa vidt, at begge Platinpladerne var indenfor dets Munding. I saa Fald vilde der samles baade Ilt og Brint i Røret, og Luftarterne vilde blandes sammen; denne Blanding kaldes Knaldluft. Hvis man, naar Røret er fyldt med denne Luftblanding, tager det op af Vædsken og stikker en brændende Tændstik hen til Rørets Munding, hører man et voldsomt Knald; Glasrøret kan herved blive sprængt itu. Ved Antændelsen forener Brinten og Ilten sig til Vand, men den Smule Vand, som derved dannes, har et mange, mange Gange mindre Rumfang, end Luftblandingen havde.

Brinten optræder altsaa ved den negative Elektrode. Da den elektriske Strøm gaar fra den positive Elektrode igennem Vædsken over til den negative Elektrode, saa kan man for Nemheds Skyld sige, at *Brinten føres med Strømmen*; det er da let at huske, hvor Brinten udvikles.

Jo stærkere den elektriske Strøm er, desto mere Ilt og Brint udvikles der i samme Tidsrum, og man kan ved at maale de udviklede Luftmængder faa at vide, hvor stærk Strømmen er. Er Vandsønderdelingsapparatet indrettet til en saadan Maaling, kaldes det et *Voltameter*.

En Mængde Metalforbindelser kan opløses i Vand; som

Eksempler skal foruden Køkkensalt blot nævnes Helvedesten, der indeholder Sølv, Blaasten, der indeholder Kobber, Glaubersalt, der ligesom Køkkensalt indeholder Metallet Natrium o. s. v. Man kan danne en Mængde flydende Metalforbindelser ved at opløse Metal i en Syre. Kort sagt: det er let at tilvejebringe Vædsker, som indeholder Metal i opløst Tilstand; de kan være vandklare eller farvede, og alle disse Metalforbindelser kan sønderdeles af den elektriske Strøm. Ved disse Sønderdelinger er der det Fællespræg, at *Metallet udskiller sig af Vædsken ved den negative Elektrode*, d. e. der, hvor Strømmen træder ud af Vædsken; der gælder altsaa om Metal det samme som om Brint: det *føres med Strømmen*. Resten af Forbindelsen udskilles ved den positive Elektrode, men om man faar denne Rest at se eller noget andet, det beror paa Omstændighederne; vi har talt om disse Forhold ovenfor og kommer igen tilbage dertil i det følgende.

Vi vil f. Eks. udskille eller, som man siger, *udfælde* Kobber. Man anskaffer sig da (hos en Materialist eller en Apoteker) lidt Blaasten (Kemikerne kalder det Kobbersulfat eller Kobbervitriol) og kommer nogle Stykker deraf ned i et Glas med varmt Vand; man rører godt rundt, og Vandet farves blaat. Der er da blevet opløst en Del af Blaastenen i Vandet, og Vædsken er nu kobberholdig. Hvis den paa Grund af Blaastenens Urenhed ikke er ganske klar, kan man opnaa dette, om det ønskes, ved at filtrere den. Hertil bruger man bedst en Glastragt og et Stykke Filtrerpapir; dette Papir lægger man først een Gang sammen med skarpe Ombøjninger og saa en Gang til. Af det store Papirblad *A B C D* kommer der da det firdobbelte Lag *O B* frem; med en Saks klipper man efter den punkterede Cirkel-

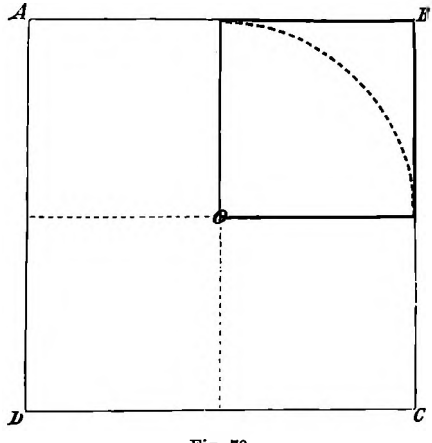


Fig. 79.

bue det yderste Papir bort. Af Resten, der er formet som en Kvartcirkel (eller hvis man foldede det ud igen, som en Helcirkel), danner man en Tragt ved at stikke Fingrene saaledes ind imellem de fire Lag, at der kommer tre Lag paa den ene Side og kun eet paa den anden Side, og dette tragtformige Papir stikker man ned i Glastragten, saa at det slutter tæt til denne. Papiret maa helst ikke rage op over Glasset. Et Glas eller en Medicinflaske stilles under Tragten, og ned paa Papiret i Tragten hældes den blaa Kobbervædske. Ud af Tragten forneden løber der da en klar, blaa Vædske, medens Urenhederne bliver liggende tilbage paa Filtrerpapiret.

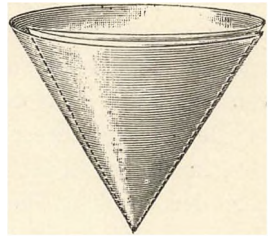


Fig. 80.

Man kan nu for paa en bekvem Maade at lede en Strøm ind i og ud af en Vædske benytte et lille Hjælpeapparat som det, der tegnet til højre i Fig. 81. En Opstander bærer paa en Sidearm, der kan skydes op og

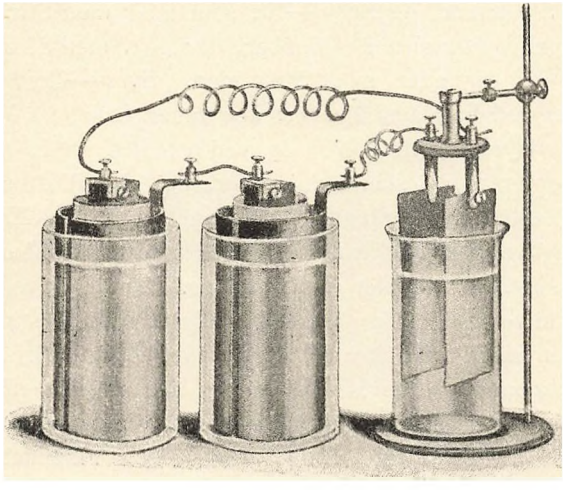


Fig. 81.

ned, en Træplade, hvori der sidder to smaa runde Messingstænger fast; disse er forsynede med en Klemskrue foroven og forneden skaarne op saaledes, at man kan stikke Elektrodepladerne op i Revnen og klemme dem fast med en Skrue.

Figuren behøver næppe nærmere Forklaring. Elektrodepladerne, som til en Begyndelse antages at være af Platin, anbringes saaledes, at de dypper et godt Stykke ned i Vædsken, som skal sønderdeles.

Vi bruger til Forsøget et Batteri paa mindst to Elementer. Naar saa Strømmen sluttes, stiger der smaa Luftblærer op ved den positive Elektrode, det er Ilt; løfter man den anden Plade op af den blaa Vædske efter faa Minutters Forløb, ser man, at det Stykke af den, som var nede i Vædsken, er bleven rødt; det er Kobber, som har afsat sig paa Platinet.

Det, der er foregaaet, er følgende:

Blaastenen (Kobbervitriolen) bestaar af Svovl, Ilt og Kobber; der er altsaa den Forskel paa Blaastenens og Svovlsyrens Sammensætning, at der er Brint i den sidste, men Kobber i den første; Svovl og Ilt er til Stede i det samme Mængdeforhold i dem begge. Man kan altsaa sige, at Blaasten er Svovlsyre, hvis Brint er ombyttet med Kobber!

Ligesom Svovlsyre sønderdeles af Strømmen i Brint, som gaar med Strømmen, og Svovl—Ilt, som gaar mod Strømmen, saaledes spaltes Blaastenen i Kobber, der gaar med Strømmen, og Svovl—It, der gaar mod Strømmen. Svovl—Ilten bærer sig ad som ved Vandadskillelsen: den tager Brint fra Vandet, danner Svovlsyre, og Ilt bobler op ved den positive Elektrode; Kobberet opfører sig som Brinten før, det udskilles ved den negative Elektrode. Gentager vi Forsøget med den Ændring, at den positive Platinelektrode erstattes med en Kobberplade, viser der sig ikke Iltbobler ved den, men den negative Platinelektrode bliver som før forkobret. Dette forklares ved, at Svovl—Ilten nu foretrækker Kobberet for Vandets Brint; ved Vejning kan man overbevise sig om, at den positive Kobberelektrode taber ligesaa meget i Vægt, som den negative Platinelektrode tiltager; det samme vilde være Tilfældet, hvis begge Elektroder var af Kobber. Dette har fundet Anvendelse til at skaffe sig rent Kobber af urent. Det urene Kobber anbringes i en Opløsning af Blaasten som positiv Elektrode, og som negativ Elektrode bruger man et tyndt Stykke Kobberblik. Sendes nu Strømmen igennem Vædsken — altsaa ind ved det urene Kobber og ud ved Kobberblikket — saa skiller

der sig fuldstændig rent Kobber ud paa Blikket, samtidig med at det urene Kobber gaar i Opløsning.

Paa ganske lignende Maade kan man foretage andre Metaludfældninger: Man skaffer sig en Opløsning, der indeholder det Metal, man vil have udfældet og tager den positive Elektrode af samme Metal, medens Genstanden, som Metallet skal udfældes paa, danner den negative Elektrode. Ledes Strømmen gennem Vædsken, udskilles Metallet paa den negative Elektrode, medens den positive Elektrode opløses, og Vædskens Sammensætning bliver uforandret.

Inden vi gaar over til Elektrolysens praktiske Anvendelser, Galvanisation og Galvanoplastik, skal vi blot omtale nogle andre Metaludfældninger, der er lette at foretage, og som tilsyneladende ser anderledes ud end ovenfor beskrevet. Opløses Tinforklor i Vand, og ledes Strømmen igennem blot ved at dyppe de to Traadender fra et 2 Elementers Batteri ned i et Glas med Opløsningen, udskilles Tinnet ikke som et Lag, men som en smuk, bladet Vegetation paa den negative Elektrode; et lignende Forsøg kan gøres med eddikesurt Blyilte eller Blynistrat.

Elektrolyserer vi en vandig Opløsning af en Natriumforbindelse som Køkkensalt eller Glaubersalt, faar vi slet ikke udfældet Metal ved den negative Elektrode, men kun Brint. Dette hænger saaledes sammen: Kommer Metallet Natrium i Berøring med Vand, spaltes noget af Vandet, idet Natrium forbinder sig med Vandets Ilt og det halve af dets Brint, medens Resten af Brinten bliver fri som Luft. Forbindelsen af Natrium, Ilt og Brint kaldes Natron; dette Stof holdes opløst i Vandet, men vi kan paavise dets Tilstedeværelse ved f. Eks. at bruge en Vædske, som hedder Fenolfthalein. Sættes et Par Draaber af denne til almindeligt Vand, bliver det lidt mælket; men er der Natron i Vandet faar det en smuk rød Farve.

Vi leder nu en Strøm gennem en vandig Opløsning af Glaubersalt, der bestar af Natrium, Svovl og Ilt. Et Apparat, der kan bruges til denne Sønderdeling, viser Fig. 82. Det er ganske simpelt et U-formet Rør, der er stukket ind igennem et Stykke af en stor Korkprop, som derpaa kan limes fast paa et Brædt, saa at det faar Fodstykke. I dette

Glas hældes den vændige Opløsning af Glaubersalt, og som Elektroder kan benyttes to tynde Platinstrimler.

Man ser da, at der udvikles fine Luftblærer paa begge Strimler. Dette hidrører fra følgende: Glaubersalt sønderdeles saaledes af Strømmen, at der udskilles Svovl—Ilt ved den positive, Natrium ved den negative Elektrode, men ingen af disse Dele faar man at se, da der ved begge Elektroder sker nye Virkninger. Ved den positive forener Svovl—Ilt sig med Vandets Brint til Svovlsyre, medens Vandets Ilt frigøres og bobler op langs Elektroden; det er jo omtalt før. Ved den negative indvirker det Natrium, som udskilles, straks i samme Øjeblik, det udskilles, paa Vandet: der frigøres Brint, som bobler op langs Elektroden, og der bliver tilbage i Vædsken noget Natron. At dette Natron er blevet dannet her, kan man vise ved at hælde en Draabe Fenolfthalein ned i den Gren, hvori den negative Elektrode hænger, og der viser sig da straks den røde Farve, men hælder man en Draabe ned i den anden Gren paa Apparatet, kommer der ingen rød Farve frem.

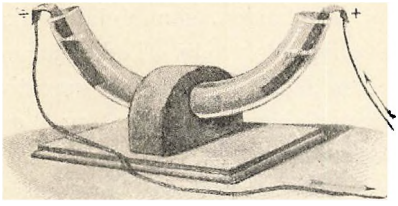


Fig. 89. Sønderdeling af Glaubersalt.

Og saa gaar vi over til at omtale de praktiske Anvendelser af Elektrolysen.

Disse beror paa, at det Metal, der udfældes i et Sønderdelingsapparat, alt som Processen fortsættes, vokser til en fast, sammenhængende Masse; denne Metalskals Overflade er formet som Elektrodens Overflade; Skallen kan efter Omstændighederne hænge fast paa Elektroden, saa at den udgør et Hele med denne ɔ: Galvanisation, eller den kan skilles fra den, saa at man har faaet udfældet et Metallag af Elektrodens Form. Den Kunst, der her er Tale om, kaldes *Galvanoplastiken*, og den er først bragt i Anvendelse i 1837.

Eksempler paa, at det udfældede Metal hænger fast ved den Elektrode, paa hvilken det er udfældet, har man i den galvaniske Fornikling, Forsølvning, Forgyldning o. s. v. Et

Nikkelbad til Fornikling kan man f. Eks. faa ved at opløse 1 Del Nikkelvitriol i 10 Dele rent varmt Vand og røre rundt, til Vædsken faar en lysegrøn Farve. Et Sølvbad faas f. Eks. saaledes: 25 Gram Cyankalium opløses i c. 1 Liter Vand, og 15 Gram Helvedessten (Sølvnitrat) i en Deciliter Vand; de to Opløsninger blandes. En Guldvædske kan laves saaledes: I 1 Liter Vand opløses 40 Gram Cyankalium og 3 Gram Ammoniak; 25 Gram Guldklorid opløses i Vand, og de to Opløsninger hældes sammen. Lidt Tilsætning af Svovlkulstof forøger i høj Grad Glansen. Ved alle den Slags Arbejder gælder det, at de Genstande, der skal overtrækkes med Metal, er rensede meget omhyggeligt paa Overfladen, ellers vil det udskilte Metallag være tilbøjeligt til at falde af. Det giver den bedste Udfældning af Sølv og Guld, naar Vædsken under Udfældningen er opvarmet til 60°—70° Celcius; Genstande, der er forsølvede paa den Maade, kaldes Elektropletvarer, jo tykkere Sølvlaget er, desto dyrere er Genstanden. Man kan ogsaa overtrække en Genstand med en Blanding af to Metaller f. Eks. Bronce eller Messing.

Bronce er en Blanding af Kobber og Tin. Vil man broncere en Genstand ved Elektrolyse, saa maa Vædsken indeholde baade Kobber og Tin, og den Plade, som fører Strømmen ind i Vædsken, helst ogsaa. Man bruger derfor hertil en Bronceplade. Vædsken er for øvrigt en Blanding af Blaastensopløsning og en Opløsning af Tinklorid i Kalilud.

Vil man danne sig et galvanoplastisk Aftryk af en Medallie el. lgn., skal man altsaa kunne skille det udfældede Metallag fra Genstanden, den saakaldte Matrice, hvorpaa det er dannet. Matricen kan være af Træ, Gibs, Guttaperka eller Voks med Tilsætning af Stearin og lignende; man aftrykker saa først Medalliens ene Side i f. Eks. varmt Guttaperka, som gøres ledende ved at overstryges med Grafit- eller Metalpulver ved Hjælp af en med Tælle fedtet Børste. Grafitten hænger let paa, og den leder Elektriciteten. Denne Matrice anbringes i Metalbadet som negativ Elektrode. Traaden, der skal forbinde den med det galvaniske Batteris Zinkpol, bringes til Berøring med Grafitten og er for øvrigt der, hvor den dyppes ned i Badet, omgivet af Glas- eller Gummirør, for at der ikke skal udfældes

Metal paa den, hvad der jo ingen Nytte er til. Det er i Reglen Kobberudfældning, der er Tale om.

Den allersimpleste Maade, paa hvilken man uden noget særligt galvanisk Batteri kan skaffe sig et Kobberaftryk, er følgende: Et i begge Ender aabent Glasrør, helst med en Krave for hver Ende, og mindst et Par cm. i Vidde, overbindes for den ene Ende med et Stykke af en Svineblære; ved Hjælp af et Stel, som man let kan lave af lidt stiv Metaltraad, hænger man Glasset op indenfor et større Glas (Fig. 83). Paa Bunden af dette Glas lægges den metalliserede Matrice og derpaa en Ring af stiv Kobbertraad, der fortsætter sig med et langt lodret Stykke, foroven bærende en Stang af Zink, der hænger ned i Glasrøret, som har Svineblæren til Bund.

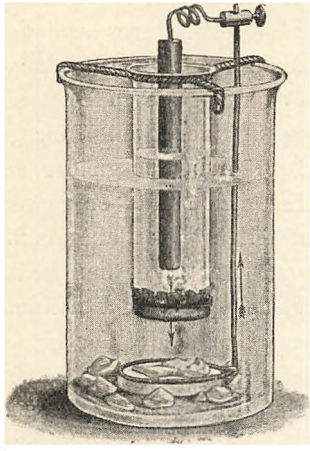


Fig. 83. Kobberudfældningsapparat.

I det store Glas hælder man en Blaastensopløsning og lægger Blaastensstykker, og i Glasset med Zinkstangen hældes fortyndet Svovlsyre. Det hele udgør da et galvanisk Element, som er sluttet. Der gaar Strøm fra Zinken nedad igennem de to Vædsker til Matricen, derfra op igennem Kobbertraaden tilbage til Zinken. Zinken opløser sig i Svovlsyren, idet den driver Brinten ud af denne, men Brinten gaar ved Svineblæren ind i Kobbervædsken og jager Kobberet ud, og denne Udskillelse foregaar paa Matricen. Denne bedækkes altsaa med et Lag af Kobber, og efter nogen Tids Forløb er Kobberlaget saa tykt, at det kan skilles fra Matricen som en Skal, der gengiver Matricens Form til de mindste Enkeltheder.

Ogsaa større Genstande som Buster, Statuer o. lgn. kan fremstilles ad galvanoplastisk Vej; men at komme ind derpaa vilde føre os for vidt. Endnu skal kun nævnes en meget vigtig Anvendelse af Elektrolysen, nemlig den, hvorved man skaffer sig Aluminium. Dette smukke og lette Metal var tidligere meget kostbart, fordi det var saa vanskeligt at frem-

stille det af dets Forbindelser, der iøvrigt er overordentligt udbredt, idet Ler er en Aluminiumforbindelse. Vanskeligheden ved at faa Aluminium frem i ren, metallisk Tilstand blev besejret af den elektriske Strøm. De Substanser, som indeholder Aluminium, smeltes først paa den Maade, at man udsætter dem for den stærke Hede, der udgaar fra den elektriske Flammebue (S. 135); dette sker i den „elektriske Ovn", dannet af ildfast Materiale, i hvilken Ovn Buen frembringes imellem Kulstænger ved Hjælp af en kraftig Strøm. Dernæst elektrolyseres den flydende Masse, og Aluminiummetallet udskilles ved den negative Elektrode. Da denne Metode først var opfunden og bragt i Anvendelse, faldt Aluminium umaadeligt i Pris og kunde faa praktisk Betydning.

Akkumulatorer. Vi vil lave os et meget simpelt „Vandsønderdelingsapparat" af et Glas med fortyndet Svovlsyre og to Blyplader (Fig. 84); vi fører Ledningstraade til disse Plader fra et Batteri, og da udskilles der Ilt paa den ene Plade *A*,

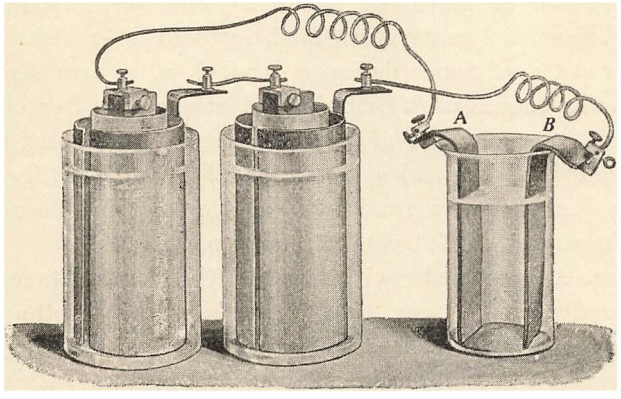


Fig. 84.

Brint paa den anden Plade *B*. Brinten bobler op langs sin Plade, men til Iltblærer ser man ikke noget. Sagen er den, at Ilten gaar i kemisk Forbindelse med sin Blyplade, og man ser ogsaa, naar man efter nogle Minutters Forløb tager Blypladen *A* op af Vædsken, at den er bleven brun paa det Stykke, som havde været nede i den. Man sætter Pladen ned

igen, og naar man saa løsner de to Ledningstraade fra Batteriets Poler og i Stedet for sætter dem fast i en Multiplikators Klemskruer (se Fig. 63), ser man Naalen i dette Instrument slaa ud til Siden, og dette viser os, at vort Sønderdelingsapparat nu gør Tjeneste som galvanisk Element, og det kan det, fordi de to Plader, der nu staar ned i Vædsken, er forskellige: den ene er rent Bly, den anden en Forbindelse af Bly og Ilt. Det viser sig, at Strømmens Retning er saaledes, at den fra *A* gaar ud i Ledningstraaden, hen til *B* og inde i Vædsken fra *B* til *A*; den har altsaa en Retning, der er modsat den forrige. Men Strømmen, som nu gennemløber Vædsken i Karret, „fører Brint med sig" (se Side 121), d. v. s. den udskiller Brint ved *A* og Ilt ved *B*. Nu bliver saaledes *B* iltet, medens Brinten, som kommer frem ved *A*, forener sig med noget af den Ilt, som var gaaet i Forbindelse med *A*, og danner Vand dermed, saa at *A* bliver svagere iltet. Naar paa den Maade de to Plader er blevne lige iltrige, kan Apparatet ikke give Strøm mere; thi to ens Plader i en Vædske kan ikke udgøre et galvanisk Element. Men vort Apparat kan atter bringes i tjenstdygtig Stand, og dette sker ved, at man bruger det som Sønderdelingsapparat, d. v. s. man sender en Strøm fra et galvanisk Batteri ned igennem det. Der udskilles jo saa Ilt paa den ene af Pladerne, saa at den bliver iltrigere, og Brint paa den anden, som derved bliver iltfattigere, thi Brinten trækker Ilten fra Pladen og danner Vand dermed. Nu kan Apparatet en Tid give Strøm igen, o. s. fr.

Vort Apparat lader vi altsaa en Tid lang modtage Strøm og derefter en Tid lang give Strøm fra sig, og dette skifter. Man kan derfor i en vis Forstand sige, at man kan hengemme Elektricitet i det; det kan ophobe, „akkumulere", Elektricitet i sig og kan bagefter, naar det ønskes, give den fra sig igen. Et saadant Apparat hedder en *Akkumulator*; man „lader" Apparatet, og det bliver derved i Stand til at „udlade" sig.

Jo mere Ilt man kan faa den ene Plade til at forbinde sig med, naar der ledes Strøm ind i Apparatet, desto mere Strøm kan det bagefter give fra sig. Bedst var det, om hele Blymassen i den ene Plade, ogsaa alt det indre, kunde komme i Lag med Ilten. Dette kan opnaas ved til en Begyndelse at

lede en Strøm igennem Apparatet, først nogen Tid i een Retning, saa i den modsatte, saa atter i den første Retning og saaledes fremdeles en hel Del Gange; derved bliver Blypladerne ligesom porøse eller svampede, og da sker Iltningen, naar den endelige Ladning finder Sted, igennem hele den ene Blyplades Masse.

Akkumulatorerne, saaledes som de nu praktisk anvendes, bestaar af firkantede Kasser af Glas eller Fajance, hvori der er anbragt en Mængde parallele Blyplader i et ulige Antal, f. Eks. 15, i ringe Afstand fra hinanden; det ene Sæt af hver-

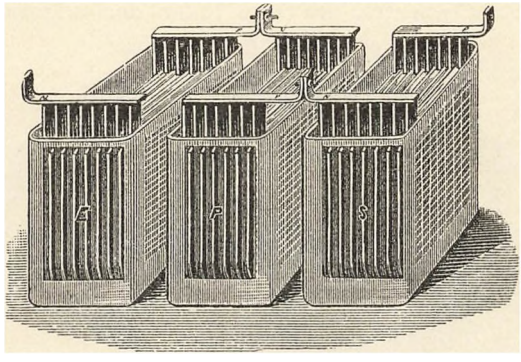


Fig. 85. Batteri af 3 Akkumulatorer.

anden Plade er indbyrdes forbundne med hinanden, og ligesaa det andet Sæt; det hele gør da Tjeneste, som om der var to meget store Blyplader i ringe Afstand fra hinanden. Fig. 85 viser 3 Akkumulatorer, hver med 15 Plader, af hvilke 8 er samlede for sig ved Karrets ene Ende, 7 for sig ved den anden; de tre Akkumulatorer er samlede til et Batteri.

Det er en Ulempe ved Akkumulatorerne, at Blypladerne er meget tunge, og hele Apparatet derfor faar en betydelig Vægt.

Alle i dette Afsnit nævnte Stoffer kan faas paa et Apotek eller en Materialhandel; kun vil Cyankalium paa Grund af dets uhyre Giftighed næppe blive udleveret uden en Læges Hjælp.

Varme og Lys frembragt af den elektriske Strøm.

Den, der har eksperimenteret lidt med elektriske Strømme, vil sikkert have lagt Mærke til, at Traaden, hvorigennem Strømmen gik, stundom var varm at føle paa; Varmen forsvinder ret hurtigt igen, naar Strømmen bliver afbrudt. Varmen optræder vel overalt i Strømledningen, men man har dog Midler til at koncentrere den til enkelte Steder af Ledningen, og det beror paa, at Varmeudviklingen i et Stykke Traad vokser i samme Forhold som den Modstand, Traaden byder Strømmen.

Vi tager da, for at vise dette, et Element eller et Batteri paa et Par Elementer, fra hvis Poler der udgaar to tykke

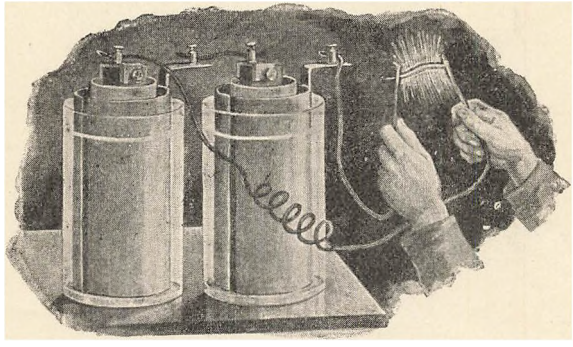


Fig. 86. Varmeudvikling fra den elektriske Strøm.

Kobbertraade; om den ene af disse vikler man Enden af en meget fin Jærntraad eller Platintraad og lægger denne an imod den anden af de to Kobbertraade, saa at der bliver frembragt metallisk Berøring imellem dem. Strømmen er da sluttet, idet den gaar fra den ene tykke Kobbertraad over til den anden igennem den fine Traad. Ved nu at nærme eller fjerne de to Kobbertraade til eller fra hinanden, faar man et mindre eller større Stykke af den fine Traad indskudt i Ledningen, og det viser sig, at jo kortere dette Stykke er, desto varmere bliver det; ved at gøre det stadigt kortere, kan man faa det til at gløde, og Glødningen er desto stærkere, jo kortere det er; det kan endog smelte over, og da er Strømmen afbrudt.

I de to tykke Kobbertraade mærkede man ikke til nogen

kendelig Opvarmning; de byder Strømmen saa ringe Modstand i Sammenligning med den fine Traad. At Glødningen lettere indtræder, naar den fine Traad er kort end lang, har sin Grund i, at Strømmen bliver stærkere i det første end i det sidste Tilfælde (jo mere Modstand der bydes Strømmen, desto svagere bliver den jo), og Strømstyrken er naturligvis af Betydning for Varmeudviklingen, tilmed af meget stor Betydning: en 4 Gange saa stærk Strøm i et og samme Traadstykke frembringer en 4×4 eller 16 Gange saa stærk Udvikling af Varme.

Der udvikles Varme i Traaden, saa længe der gaar Strøm igennem den, men derfor bliver Varmegraden dog ikke ved med at stige; den naar hurtigt en vis Størrelse og holder sig saa der. naar Forholdene ellers forbliver uforandrede. Dette ligger i, at den varme, maaske glødende Traad stadigvæk taber Varme til Luften; den opvarmer den nærmest liggende Luft, som da udvider sig og stiger til Vejrs; ny kold Luft kommer til, opvarmes af Traaden o. s. fr. Det er da indlysende, at naar Traaden paa denne Maade og ved Udstraaling mister lige saa megen Varme til Luften, som den i samme Tid faar fra Strømmen, saa kan Traadens Temperatur ikke stige højere.

En Jærntraads Glødning kunde man ikke bruge til Belysning, thi Traaden smelter, før den har høj Temperatur nok til at kunne gløde stærkt; saa er Platin bedre, thi det smelter først ved ca. 1800° Celsius. Men praktisk Anvendelse til Belysning fik Traadglødningen dog først, da man lærte at lave meget fine Kultraade ved at forkulle Plantetrevler; Kul er nemlig for det første usmelteligt, saa at det kan taale anderledes høje Temperaturer end Platin, og for det andet saa er Kul vel en Leder for den elektriske Strøm, men den byder Strømmen en langt større Modstand end en Platintraad af samme Længde og Tykkelse, og altsaa kan man faa Varmen ganske anderledes samlet i en Kul- end i en Platintraad.

Glødning af en saadan Kultraad finder Sted i den elektriske Glødelampe.

Selv om *Edison* maaske ikke først har faaet Ideen hertil, saa har han dog Æren af først at have konstrueret en praktisk anvendelig Glødelampe, og det varede ikke mange Aar,

før denne Maade at skaffe sig Lys paa fik en enorm Udbredelse, og Aar for Aar ser vi jo, hvorledes denne Belysning tager mægtigt til.

En *Glødelampe* er i al sin Simpelhed en pæreformig Glasbeholder, hvori der er indsmeltet to Platintraade, som rager ind i og udenfor Glasset; til Enderne inde i Glaspæren er der loddet Enderne af en meget fin Kultraad, medens Enderne udenfor fører dels til en lille Messingplade, dels til et Messinggevind, se Fig. 87; skrues Lampen fast i Lampeholderen, forbindes Pladen og Gevindet med Elektricitetskildens to Poler, og Lampen tændes. Glasbeholderen er pumpet saa nær lufttom som vel muligt; Udpumpningen skete tidligere altid ved Hjælp af Kviksølvpumper, i den senere Tid anvendes ogsaa særlige, til dette Øjemed konstruerede Stempelpumper.

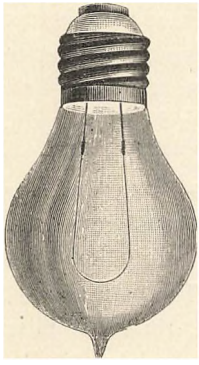


Fig. 87.

Hvis der var Luft i Glasset, saa vilde det gaa med den glødende Kultraad, som det gaar med glødende Kul i en Ovn: den vilde hurtigt brænde op, idet Kullet forener sig med Luftens Ilt og danner Luftarten Kulsyre. Men heller ikke andre Luftarter bør være derinde, altsaa f. Eks. ikke Brint, fordi de vilde lede Varmen bort fra Traaden ud til Glasset og derfra ud i Omgivelserne, og da vilde Traaden gløde langt svagere for samme Strøm, end naar Glasset er lufttomt.

De almindeligst anvendte Glødelamper lyser omtrent som almindelige Gasblus uden Auer-Net, men de har den Fordel, at de ikke varmer noget videre, de forurener ikke Luften, de kan haandteres langt lettere, og man er langt friere stillet med Hensyn til deres Anbringelse, da de ikke er nær saa brandfarlige.

I Fiskeriet har man anvendt smaa Glødelamper for at fange Fisk og andre Havdyr; Lampen er anbragt nede i Vandet og paa en saadan Maade i Forhold til et Fiskenet, at Dyrene paa Vejen hen til Lampen fanges i Nettet.

I de senere Aar er der kommen *Metaltraads-Glødelamper*

i Brug i Stedet for Kultraads-Glødelamper. Tantal, Wolfram, Osmium osv. ere sjeldnere forekommende Metaller, der har et højt Smeltepunkt, flere Hundrede Grader over 2000 °, og da nu Erfaringen har vist, at Traade af disse Metaller for samme Elektricitetsforbrug giver kraftigere Lys end Kultraade, saa har man lavet Glødelamper, i hvilke fine Traade af saadanne Metaller bringes til Glødning. Er disse Lamper nu end i Driften billigere end Kultraadslamperne, saa er de dog dyrere i Anskaffelsen, og det er da afhængigt af deres Varighed, om det kan betale sig at bruge dem. I alle Glødelamper taber Lysstyrken sig gradvis med Tiden.

En anden elektrisk Belysning har man i *Buelyset*, der har været kendt langt tidligere (fra 1821) end Glødelampen; først efter at man havde lært at konstruere de saakaldte Dynamomaskiner, hvorom der vil blive berettet i et følgende Afsnit, Maskiner, som paa en langt mere økonomisk og bekvem Maade end galvaniske Batterier kan levere stærke Strømme med høj Spænding, kom der Fart i Arbejdet for Belysning ad elektrisk Vej.

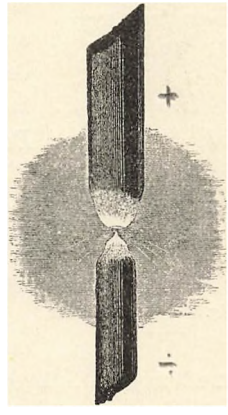


Fig. 88.

Til Frembringelsen af Buelys hører der to Kulstænger, som anbringes i Flugt med hinanden med tilspidsede Ender der, hvor de mødes. Den ene Stang, den tykkeste i Fig. 88, forbindes med den positive, den anden med den negative Pol paa en Elektricitetskilde; er denne et Batteri af galvaniske Elementer, bør der bruges en 30—40 saadanne. Naar Kulspidserne da ikke rører ved hinanden, flyder der ingen Strøm igennem Ledningen, men bringes de til at røre ved hinanden, saa kan Strømmen komme afsted. Naar nu Strømmen har en tilstrækkelig Styrke, bliver de sammenstødende Spidser glødende; her er Ledningens Tværsnit jo meget lille, og der bydes da Strømmen en stor Modstand. Naar denne Glødning er indtraadt, kan man fjerne Kullene lidt fra hinanden, og dog holdes Strømmen i Gang.

Det, der da leder Elektriciteten fra Kul til Kul, er den glødende Luft, som fremkommer mellem dem ved Kullenes Fordampning. Begge Kulstængers Ender gløder, men især lyser den positive Kulspids stærkt; dens Temperatur er maalt til at være omtrent halvfjerde Tusinde Grader. Medens Lyset brænder, fortæres Kullene langsomt, og den positive Stang bliver efterhaanden udhulet. Naar man derfor vil have et Buelys til at kaste sine Straaler nedefter, f. Eks. paa Gader, Torve, Gulve o. s. v. — og det er jo hyppigst Tilfældet — saa stilles Kulstængerne lodret med den positive øverst; Strømmen gaar da igennem Stængerne fra oven og ned efter.

Da Kullene fortæres, mens Lyset brænder, bliver Afstanden mellem Spidserne stadigt forøget, hvad der vilde medføre, at Lyset brændte uregelmæssigt og snart slukkedes. Man har derfor indrettet Mekanismer, der tjener til gradvis at nærme Kullene til hinanden, saaledes at Afstanden stadigvæk bliver meget nær uforandret; det sker fuldstændig automatisk: den Strøm, som føder Lyset, besørger det selv. Paa Indretningen vil vi ikke her komme nærmere ind; Mekanismen kaldes en *Buelampe.*



Fig. 89. En elektrisk Buelampe.

Buelyset er i Reglen indesluttet i en større Beholder af mælkehvidt Glas (Fig. 89), og i Metalstellet foroven findes selve Lampemekanismen.

Effektkul er Kul, som er gennemtrængte med en Metalopløsning; naar Lyset er tændt imellem dem, fordamper Metallet i Lysbuen, farver denne og bringer den til at lyse kraftigt; Farvetonen beror paa, hvad det er for et Metal, der er anvendt.

Buelyset er det kraftigste Lys, vi formaar at frembringe; det kan „forvandle Nat til Dag". En enkelt Buelampe, højt anbragt, kaster en stærk Belysning over et større Areal; en Gêne kan det stundom være, at Skyggerne bliver meget sorte i Forhold til Lyset udenom.

Foruden til Belysning af Torve, Gader, Jærnbanepladser, Anløbssteder for Skibe og store Rum, anvendes Buelampen

ogsaa meget i Butikker i større Byer. Det har bl. a. den gode Egenskab, som kommer til Nytte, hvor det gælder om at skønne Farver, at Farver viser sig ganske som i Dagslyset, saa at man undgaar de Forvekslinger, som det gule Gaslys kan give Anledning til; den Egenskab har jo imidlertid ogsaa Auer-Lyset.

I Fyrtaarne, der skal sende kraftigt Lys ud i stor Afstand, anvendes ogsaa Buelyset; til at samle Lyset omgives det af Linser, der er slebne paa en særlig Maade.

Desværre synes Buelyset at have mindre Evne til at gennemtrænge Taage end Gaslys. Af elektriske Fyr i Danmark skal nævnes Hanstholm. Fra Hals til Aalborg er Limfjorden belyst med elektriske Buelamper, medens Nordostseekanalen fra Holtenau ved Kielerfjord til Brunsbüttel ved Elben, c. 20 Mil, er oplyst af Glødelamper. I Hæren og Marinen anvendes kraftige Buelamper, de saakaldte Projektører; ved Hjælp af et Hulspejl, som stilles bag Lampen, kan der pludseligt udkastes et kraftigt Lys i en bestemt Retning, og fjendtlige Afdelinger, Torpedoer og lg. derved opdages. Paa det berømte „Finsens Lysinstitut“ anvendes mægtige Buelamper, hvis Lys skal erstatte Sollyset, der i vort Klima ikke er til at stole paa. Ved Behandlingen af Lupuspatienterne er det Lyset, man benytter, men paa andre lægevidenskabelige Omraader har man draget Nytte af Varmen ved den elektriske Strøm, f. Eks. ved flere Næse- og Halsoperationer, hvor man i Stedet for en Kniv benytter en Platintraad, der gøres glødende ved Hjælp af den elektriske Strøm.

Volt, Ohm og Ampere. Hvorledes betaler man for Elektriciteten?

Naar man skal angive Størrelsen eller Mængden af noget, saa maa man have en Enhed af samme Art, hvori man udtrykker den. En Stangs Længde opgives f. Eks. i Alen eller Meter, et Legemes Vægt f. Eks. i Pund eller Kilo, et Tidsrum

f. Eks. i Timer eller Sekunder, Penge f. Eks. i Kroner og Ører o. s. fr., idet man engang for alle er bleven enig om, hvad man skal forstaa herved.

Paa samme Maade har man valgt sig visse Enheder for de Størrelser, som forekommer i Elektricitetslæren: for Mængde af Elektricitet, for elektrisk Spænding og elektromotorisk Kraft (se Side 57 og 91), for elektrisk Ledningsmodstand, for Strømstyrke o. s. v. Og disse Enheder er internationale; de gælder overalt, hvad desværre ikke kan siges om de før nævnte Enheder for Længde, Vægt og Penge.

Vi begynder med Strømstyrken. Styrken af en elektrisk Strøm angives i en Enhed, man har kaldt *Ampere* (udtales angpær) til Ære for en Franskmand af dette Navn, der i den første Halvdel af det 19de Aarhundrede i væsentlig Grad bidrog til at udvide vort Kendskab til den elektriske Strøms Egenskaber. Altsaa en elektrisk Strøm siges at være saa og saa mange Ampere stærk. Man maa da være paa det rene med, hvad der menes med, at en Strøm er paa 1 Amperes Styrke.

Ligesom Træet skal kendes paa dets Frugter, saaledes skal ogsaa en Strøms Styrke bedømmes efter dens Virkninger; man kan jo saa her se paa dens magnetiske eller paa dens kemiske Virkninger eller paa dens Varmevirkninger. I Praksis maales Strømmen næsten altid ved dens magnetiske Virkninger, men stundom ogsaa ved dens kemiske Virkninger. Hvad kan da en Strøm paa 1 Ampere udrette? Ja, ledes den igennem et Kobberudfældningsapparat (jfr. Side 122 og flg. og Fig. 81), saa udfælder den $1^1/_6$ Gram Kobber i 1 Time. Den samme Strøm kan i Løbet af 1 Døgn udfælde 24 Gange saa meget, altsaa 28 Gram Kobber. Hvis en elektrisk Strøm, der gennemløber et saadant Apparat, udfælder 7 Gram Kobber i een Time, er Strømmens Styrke 6 Ampere stærk, thi det er en Kobbermængde, der er 6 Gange saa stor som $1^1/_6$ Gram.

En Strøm paa 1 Ampere kan som sagt udfælde i 1 Time $1^1/_6$ Gram Kobber, naar den ledes igennem en Kobbervædske; den samme Strøm kan i 1 Time udfælde $^1/_3$ Gram Aluminium, $2^1/_3$ Gram Guld, 1 Gram Jærn, 4 Gram Sølv o. s. fr. ved at ledes igennem Vædsker, som indeholder disse Metaller i Opløsning.

Det var altsaa Strømstyrken!

Saa kommer Enheden for den elektriske Spænding eller for den elektromotoriske Kraft, hvorved jo forstaas den Kraft, med hvilken en Elektricitetskilde formaar at sende Elektriciteten afsted i en Ledning. Den maales i *Volt* til Ære for den italienske Fysiker Volta, der for noget over 100 Aar siden lavede det første galvaniske Element og saaledes har grundlagt Læren om de elektriske Strømme. Hvad er da 1 Volt?

De forskellige galvaniske Elementer, man i Tidernes Løb har lavet, og hvoraf nogle af de vigtigere er blevne beskrevne tidligere (Side 92—94), har noget forskellig elektromotorisk Kraft; men alle Elementer af samme Slags har samme elektromotoriske Kraft, Bunsens Element f. Eks. $1^4/_5$ Volt, Léclanchés Element $1^1/_2$ Volt. En Volt er altsaa $^5/_9$ af den elektromotoriske Kraft, et Bunsens Element er i Besiddelse af.

Saa kommer den elektriske Ledningsmodstand!

Det er omtalt Side 91 og 92, at jo længere en elektrisk Ledning er, jo tyndere den er, og jo daarligere Stoffet er til at lede Elektriciteten, desto større Modstand byder den Strømmen. Enheden for Modstand kaldes *Ohm* efter den tyske Fysiker Ohm. En Jærntraad, der er 1 Millimeter tyk eg 8 Meter lang, har en Modstand paa 1 Ohm, en lige saa tyk Kobbertraad paa 48 Meter har samme Modstand, medens den fine Kultraad i en almindelig Glødelampe under Brugen har en Modstand paa 880 Ohm.

De tre omtalte Enheder staar i en saadan Afhængighed til hinanden, at man, naar man kender Antallet af de to i en Ledning, da let kan finde den tredie, idet Antallet af Volt altid er lige stort med Antallet af Ampere Gange Antallet af Ohm; denne Lov er først opstillet af Tyskeren Ohm og kaldes derfor *Ohms Lov*. En af de i København almindeligst brugte Glødelamper bruger en Strøm paa $^1/_4$ Amp., dens Modstand er som sagt 880 Ohm, dens Spænding findes $= {}^1/_4 \cdot 880 = 220$ Volt. En almindelig Gadebuelampe har en Spænding paa 55 Volt og bruger 12 Amp. Modstanden findes ved Ohms Lov $= 55 : 12 = 4^1/_2$ Ohm.

Ligesom man paa en Gasmaaler kan aflæse Gasforbruget i en vis Tid, og man saa betaler for dette til Gasværket, der

har sendt En Gassen igennem sine Ledninger, saaledes kan man ogsaa i de Byer, som har Elektricitetsværker — elektriske Centralstationer, som de kaldes —, maale Elektricitetsforbruget i et Hus ved Hjælp af en Elektricitetsmaaler.

Naar man skal betale for Elektricitet, saa er der to Ting, der bestemmer Prisen, nemlig Elektricitetens Mængde og dens Spænding. En bestemt Mængde Elektricitet kan nemlig udrette desto mere, jo større Spænding den har. Hvad nu først Mængden angaar, saa er det den, der bestemmer Strømmens Styrke. Naar en Strøm er paa 1 Ampere, saa gaar der en ganske bestemt Mængde Elektricitet igennem Ledningen i hvert Minut, og i en Time gaar der 60 Gange saa meget; denne sidste Mængde har man kaldt en Amperetime.

Er Strømmens Styrke 5 Amp., saa gennemløbes Ledningen i hver Time af en Elektricitetsmængde paa 5 Amperetimer. Hvis nu den Elektricitet, som Centralstationen leverer En, har en Spænding paa 220 Volt — og dette er ofte Tilfældet — saa er Prisen afhængig saavel af disse 220 som ogsaa af Elektricitetsmængden, altsaa i det nysnævnte Eksempel af 5 Amperetimer. Man siger, at der er at betale for 1100 Volt-Ampere-Timer eller, som man ogsaa kalder det, 1100 Watt-Timer; Tallet 1100 kommer frem ved at multiplicere 220 med 5. Lad os endvidere antage, at dette Strømforbrug fortsættes i 4 Timer, saa skal der i alt betales for $1100 . 4 = 4400$ Volt-Ampere-Timer. I København, hvis Centralstationer leverer Elektricitet med en Spænding af 220 Volt, betales der for Tiden $3^1/_2$ Øre for 100 Watt-Timer, naar Elektriciteten bruges til Belysning. Den Side 139 nævnte Glødelampe bruger 55 Watt-Timer og koster altsaa pr. Time $3^1/_2 . \frac{55}{100}$, altsaa omtrent 2 Øre, medens en af Finsens Buelamper bruger 80 Amp. og c. 50 Volt, altsaa 4000 Watt-Timer og koster 1 Kr. 40 Ø. pr. Time, hvoraf ses, at Lysbehandlingen maa være temmelig kostbar. Man kunde ogsaa tænke paa at bruge Elektriciteten til at varme med, og man har ogsaa Gryder, i hvis Emaljelag er indlagt en fin Ledningstraad for Strømmen til Grydens Opvarmning; men da det for Tiden er omtrent 200 Gange saa dyrt at koge sin Grød ved Belysningselektricitet som ved Kul, foretrækkes i Almindelighed det sidste.

Naar en Ledning, der fører Strøm, ikke skal blive ophedet saa stærkt, at den virker antændende, eller at den smelter, maa der være Grænse for, hvor megen Strøm den maa føre. Imidlertid kunde det ved et Uheld hænde, at der kom for meget Elektricitet ind i Ens Ledninger, og herimod sikrer man sig ved en „Blysikring“: Strømmen gaar igennem en Blytraad af bestemte Dimensioner; naar Strømmen overskrider det tilladelige, smelter Blytraaden, og Strømmen er afbrudt. Man kan saa ganske vist ikke faa Elektricitet ind i Ledningerne, før der er indsat en ny Blysikring, men der er ellers ingen Skade sket.

Induktion. Geislerske Rør. Røntgenske Straaler.

Man tager en Rulle *B* (Fig. 90) af fin Traad i mange Vindinger og en Rulle *A* af tyk Traad i faa Vindinger; al Traad er overspunden, og den sidste Rulle er saa tynd, at den kan stikkes ned i den første. Fra et galvanisk Apparat sender man Strøm ind i Rullen med tyk Traad, og Traadenderne fra Rullen med den fine Traad fører man hen til en Multiplikator.

Naar man nu stikker Rullen med Strøm rask ned i Hulrummet paa den anden Rulle, saa ser man, at Naalen i Multiplikatoren slaar ud til Siden, men den kommer dog snart i Ro igen i sin gamle Stilling, naar Bevægelsen holder op. Der kom altsaa en kortvarig Strøm tilstede i Rullen med den fine Traad, og ved at se efter den Retning, i hvilken Naalen slog ud, viser det sig, at Strømmen, som fremkom, har en Retning, der er modsat den, som Strømmen har i Rullen med tyk Traad. Pilene paa Fig. 90 viser Forholdene. Man siger, at Strømmen i den ene Rulle („Hovedrullen“) har ved sin Bevægelse *induceret* en Strøm i den anden Rulle („Induktionsrullen“); denne Strøm er en *Induktionsstrøm*.

Nu ved vi af det, vi lærte Side 100—102 og saa i Fig. 66, at to Ruller med Strøm virker paa hinanden, som om vi havde med Magneter at gøre. Ved at anvende „Reglen med

højre Haand" ser vi, at den øverste Rulle i Fig. 90, der jo faar Strøm fra Apparatet, forholder sig som en Magnet med Nordenden nedad, og at en Strøm i den nederste Rulle i den angivne Retning forholder sig, som var Rullen en Magnet med en Nordende opefter; to Nordender frastøder hinanden, og altsaa gaar Induktionsstrømmen i en saadan Retning rundt i sin Rulle, at den virker frastødende paa den Strøm, som har skabt den ved at nærmes dertil.

Naar man trækker den indre, strømførende Rulle rask ud igen af Induktionsrullen, saa slaar Naalen i Multiplikatoren lidt ud til den modsatte Side; der er altsaa igen opstaaet en

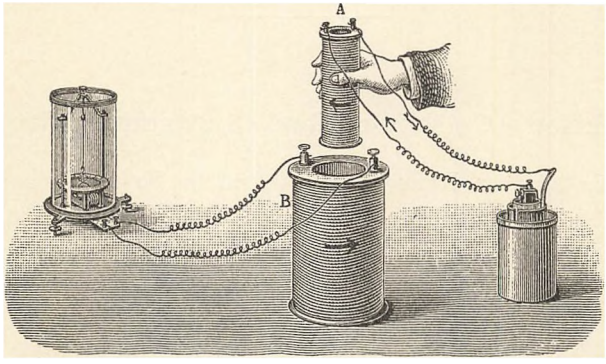


Fig. 90. Frembringelse af Induktionsstrømme i en Rulle ved Hjælp af en Strøm i en anden Rulle.

kortvarig Strøm i Induktionsrullen, og denne gaar nu i en Retning, der er den samme som Strømretningen i den øverste Rulle. Nu gaar altsaa Induktionsstrømmen en saadan Retning, at den virker tiltrækkende paa den Spiralstrøm, som har skabt den ved at fjerne sig fra Induktionsrullen.

Af det foregaaende forstaas, at Traadrullen med Strømmen fra det galvaniske Element kan ombyttes med en Magnet, som Fig. 91 viser; stikkes Magneten ned i Traadrullen, opstaar i denne en kortvarig Strøm, der søger at støde Magneten tilbage. Fjernes Magneten fra Rullen, opstaar en Strøm i modsat Retning, og den søger altsaa nu at holde paa Magneten.

Disse Strømme, opdagede af den engelske Fysiker *Faraday*

1831, kaldes Induktionsstrømme; deres Retning bestemmes ved, *at de modarbejder de Bevægelser, der fremkalder dem*; de varer kun, saa længe Bevægelsen varer, og jo hurtigere Bevægelsen foregaar, desto stærkere Strøm opstaar der.

I Stedet for at frembringe Induktionsstrømme i Traadrullen *B* i Fig. 90 ved at nærme og fjerne Rullen *A*, kan vi lade Rullen *A* hele Tiden ligge stille inden i *B* og skiftevis slutte

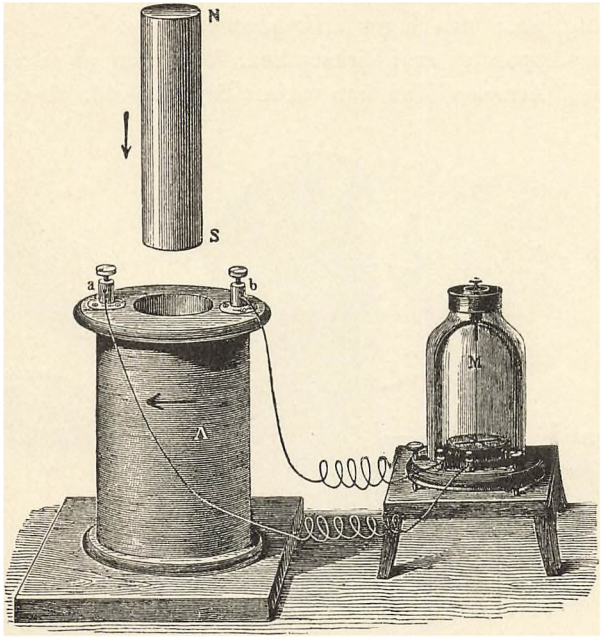


Fig. 91. Frembringelse af Induktionsstrømme i en Rulle ved Hjælp af en Magnet.

og afbryde dens Strøm. Strømslutningen i *A* virker paa samme Maade som Nærmelsen, Afbrydelsen som Fjernelsen. Induktionsvirkningen forøges i høj Grad, hvis man inde i Rullen *A* lægger en eller flere Jærnstænger, hvis Magnetisme altsaa kommer eller forsvinder med Strømmen.

Saaledes er *Induktionsmaskinerne* eller Induktorerne indrettede: en Jærnkærne inderst, udenom en Rulle af tyk Traad i forholdsvis faa Vindinger, og udenom den en Rulle af fin Traad i mange Vindinger; til den indre Rulle sendes Strøm fra et galvanisk Apparat, og ved en lignende Mekanisme som

den, man har i et elektrisk Ringeapparat (Side 105), slutter og afbryder Strømmen sig selv. Induktionen er altid kraftigst, naar Strømmen afbrydes.

Hvad bruger man nu saadanne Induktionsapparater til? De smaa kan f. Eks. bruges til at elektrisere Mennesker med (Fig. 92): Enderne af Induktionsrullen fører hen til to Klemskruer, og imellem dem indskyder man det, som Induktionsstødene skal gaa igennem; Traade kan f. Eks. føre hen til to Haandtag, som man tager i Hænderne.

Naar Apparatet er i Virksomhed, føler man en sitrende Bevægelse i Armene. Man kan variere Styrken ved, at den indre

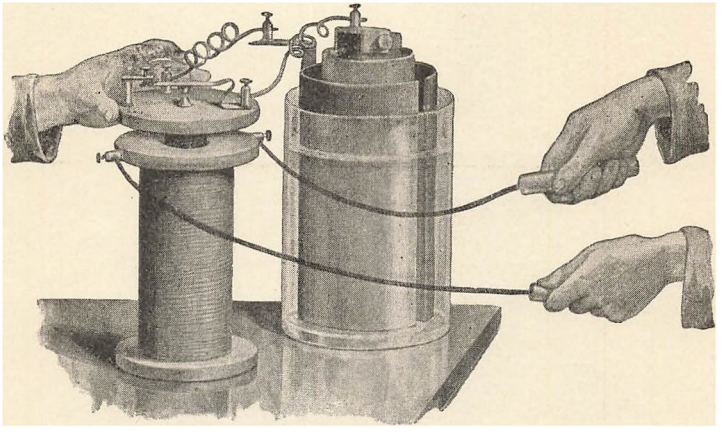


Fig. 92. Et lille Induktionsapparat i Virksomhed.

Rulle med dens Jærnkærne ikke er sat fast inde i den ydre Rulle, men kan skydes mer eller mindre langt ind i den; jo længere den kommer ind, desto kraftigere er Induktionen.

Induktions-Elektriciteten, som den Slags Maskiner giver, har en høj Spænding; den kan være saa stor, at Elektriciteten kan gennembryde Luften som en kraftig Gnist. Dette gælder dog kun om den Induktions-Elektricitet, som fremkommer, naar den indre Rulles Strøm afbrydes, ikke naar den sluttes. Jo større Maskinen er, desto stærkere Virkninger; store Maskiner kaldes *Ruhmkorffere*, opkaldt efter en Mekaniker, der først byggede dem i meget store Dimensioner og fik kraftige Virkninger frem; i en Ruhmkorffer er den fine

Traad i Induktionsrullen flere Mile lang, og den maa være omhyggeligt isoleret.

Fig. 93 viser en Ruhmkorffers ydre Skikkelse; Indmaden er af samme Art som den, der ovenfor er omtalt for de min-

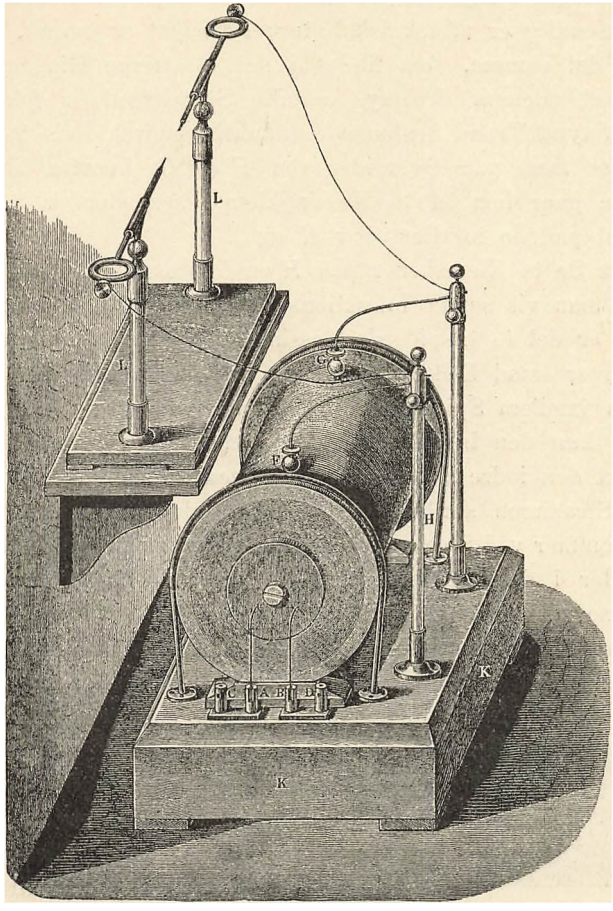


Fig. 93.

dre Induktionsmaskiner. Inderst en Jærnkærne i hele Cylinderens Længde; uden om den er viklet en tykkere, isoleret Traad i nogle faa Lag af Vindinger, hvilken Traads Ender kommer frem paa Forsiden og gaar ned til de to Klemskruer *A* og *B*, der staar i Forbindelse med Skruerne *C* og *D*, til

hvilke sidste man fører Traadene fra et galvanisk Batteri paa 3—8 Elementer, alt efter Maskinens Størrelse og Fordringerne til, hvad den skal præstere. Paa Vejen fra Batteriet til Skruerne *C* og *D* er der indskudt en selvvirkende Afbryder, der ikke er medtaget i Figuren for ikke at overlæsse den med Ting, der væsentlig er af teknisk Natur; Princípet er omtalt, og det er jo det samme, som findes i det elektriske Ringeapparat. Rummet udenom den nys omtalte Spiraltraad er fyldt med den af tynd Traad bestaaende Induktionsspiral, hvis to Ender kommer frem paa Oversiden ved *F* og *G*, hvorfra to tykke Traade gaar hen til to Messingklemskruer, der er anbragte isoleret paa de to Glassøjler *H* og *I*.

Fra de to Klemskruer paa *H* og *I* føres Traade hen til de Ting, man vil sende Induktions-Elektriciteten igennem; i Figuren er det to tilspidsede Messingstænger paa Glassøjlerne *L*, der tager imod Elektriciteten, og den skal da springe over i Luften imellem Spidserne. Dette kan imidlertid som ovenfor nævnt kun den Induktions-Elektricitet gøre, som fremkommer ved, at den indre Strøm afbrydes, men ikke den, der opstaar, naar Strømmen sluttes, og da alle Induktionsstrømme, som fremkommer ved Strømafbrydelsen, gaar samme Vej, saa kommer der i dette Tilfælde altid kun positiv Elektricitet ud af den ene og kun negativ ud af den anden Klemskrue.

Naar Spidserne er i en Afstand af en Centimeter eller saa fra hinanden, saa kan man tydelig skelne imellem to Dele af Udladningen, nemlig en Lysstribe, som er den egentlige Gnist, og en svagere Lysning udenom, som er lysende Luft, og denne bevirker, at det hele ser ud som en lysende Orm. Puster man stærkt imod Gnisten, viger den lyse Luft ud til Siden, men den egentlige Gnist ikke. Holder man en meget kraftig Magnetpol hen til Gnisten, saa viger den lysende Luft ud til Siden, og det ganske, som en elektrisk Strøm vilde gøre (se Fig. 64 paa Side 100), der gik fra den Spids *s* (Fig. 94), som modtager den positive Induktions-Elektricitet, til den Spids *t*, som faar den negative.

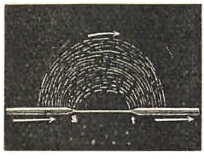


Fig. 94.

Man har med saadanne Ruhmkorffere faaet Gnister paa

indtil 1 Meters Længde; længst Gnister faar man altid ved at lade den positive Elektricitet træde ud af en Metalspids *s*, den negative ud af en lodret stillet Metalplade paa *t*.

Induktions-Gnisterne er af samme Art som de Gnister, Leydnerflasken giver, men de frembyder den Fordel, at der kan dannes mange af dem i kort Tid, hvorimod en Leydnerflaske kun kan give en Gnist eller to og saa maa lades paany. Anbringes der lidt Krudt imellem de Spidser, hvor Gnisten dannes, antændes det.

Naar man arbejder med store Induktionsapparater, maa man være meget forsigtig, hvis man vil fingerere ved Maskinen eller Traadene fra den; faar man de modsatte Induktions-Elektriciteter igennem sig, giver det et Slag, der kan virke bedøvende, ja dræbende. En god Regel er det at afbryde Maskinens Gang fuldstændig, før man rører ved den; men er en Berøring nødvendig under Gangen, bør man have vænnet sig til altid at holde den ene Haand i Lommen eller ind til Kroppen et andet Sted og saa kun røre ved Maskinen med den anden Haand.

En særlig Interesse frembyder en Induktionsmaskines Udladninger igennem Glasbeholdere med stærkt fortyndet Luft, de saakaldte *Geisslerske Rør*, opkaldt efter en afdød tysk Glastekniker Geissler, der først gav sig af med Forfærdigelsen af den Slags Rør i meget forskellige Former. I Hovedsagen er det en Glasbeholder af en eller anden Form, hvor der paa to Steder langt fra hinanden er indsmeltet en Platintraad; dette sker derved, at Glasset her omkring gøres blødt ved Ophedning, og to korte Platintraade stikkes da ind igennem Glasset og kommer til at sidde fast, naar Glasset atter ved Afkøling bliver haardt. Gennem en Aabning et Sted paa Glasset pumpes Luften ud, saa at der kun bliver omkring $^1/_{500}$ Del tilbage, og saa smeltes Røret til; eller man pumper den helt ud og slipper noget af en anden Luftart ind, dog ikke mere, end at dens Tryk er ca. $^1/_{500}$ af almindeligt Lufttryk. Naar man da fører de to Traade fra Induktionsapparatet hen til de to Platintraade og sætter Apparatet i Gang, viser det sig, at den egentlige Gnist ikke mere er der, men den fortyndede Luft lyser næsten over det hele.

Fig. 95 viser et saadant Geisslersk Rør med atmosfærisk Luft, hvor Platintraadene er smeltede ind ved de to Ender; fra den positive Traad strækker der sig et rødt Lys igennem den største Del af Røret; lige omkring den negative Traad er der et violet Lys, skilt fra det røde ved et mørkt Rum. Det røde Lys er særlig kraftigt og smukt lagdelt omtrent som Perler i den snevre, midterste Del af Røret.

De Geisslerske Rør kan vise overordentlig smukke Farvefænomener. Forskellige Luftarter i Rørene giver forskellig farvede Lysninger, men tillige varierer Farven med Induktionsstrømmens Styrke. Lyset i de Geisslerske Rør har den Egenskab, at det frembringer Fluorescens, d. v s. det bringer visse Stoffer til at udsende Lys med en ejendommelig Farve. De

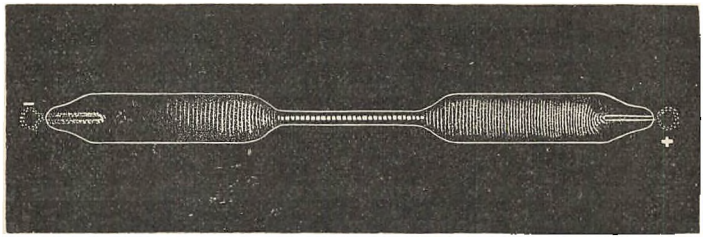


Fig. 95. Geisslersk Rør.

Fleste har vist set Petroleum fluorescere blaat: naar Solskin falder paa en Glasbeholder med Petroleum, viser denne Vædske sig med blaat Skær. En Flødekande af Uranglas er vandklar i almindeligt Dagslys, men er grøn, naar den belyses af en elektrisk Buelampe, thi denne udsender Straaler, som let fremkalder Fluorescens, og som her ved at falde paa Uranglasset bringer dette til at lyse med grønt Skær. Naar derfor Dele af den Glasbeholder, som udgør det „geisslerske Rør", er af Uranglas, saa kommer, naar Udladningen sendes igennem Røret, disse Dele til at lyse smukt grønt, hvad der meget forhøjer Effekten.

Ved tillige at blæse Glassene i smukke Former faar man Lysfænomener frem, der er overordentlig kønne.

Luften i de Geisslerske Rør er som sagt fortyndet omtrent til $^1/_{500}$, men med Nutidens Kviksølv-Luftpumper kan man drive

Fortyndingen langt videre. I de saakaldte *Crookeske* eller *Hittorfske Rør* er den bragt ned til en Milliontedel, og da tager Fænomenerne sig ganske anderledes ud. Lysning i hele Rørets Indre er der ikke videre af, men selve Glasmassen, hvoraf Røret er lavet, fluorescerer med en af Glassorten afhængig Farve, ofte grønt. Det viser sig, at der fra den Traad, hvortil vi fører den negative Elektricitet, hvilken Traad kaldes *Katoden* (se Side 118), udgaar Straaler, de saakaldte *Katodestraaler*, som ved at træffe Glasset, bringer dette til at lyse. Følgende Forsøg gør os dette klart.

Fig. 96 viser en aflang Glasbeholder, hvor der i den ene Ende er indsmeltet en Platintraad, som ender i en lille, rund,

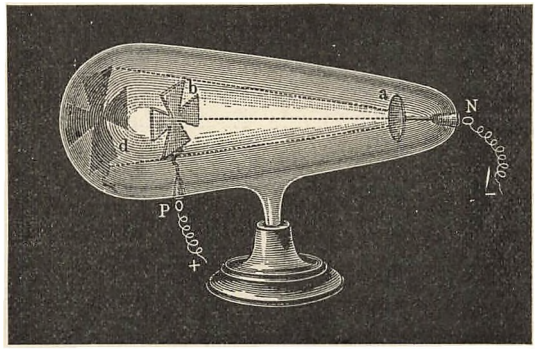


Fig. 96. Crookesk Rør med Aluminiumskors.

lodret stillet Aluminiumplade (*a*), og hertil skal den negative Induktions-Elektricitet føres; et andet Sted er der indsmeltet en anden Platintraad, hvortil den positive Elektricitet føres. Luften i Røret er fortyndet til omtrent en Milliontedel. Under Maskinens Gang udgaar der da Katodestraaler fra Aluminiumpladen, især tværs paa denne, men tillige svagt i andre Retninger. Man ser, at Glasbeholderen fluorescerer stærkt i den Ende (til venstre), der ligger lige overfor Pladen, men svagt over den øvrige Del. Og det er her ganske ligegyldigt, hvor den positive Platintraad findes; dennes Plads har ingen Indflydelse paa Katodestraalernes Retning. Men for nu klart at se, at vi har med *Straaler* fra Katodepladen at gøre, findes der inde i Røret et Kors af tykt Aluminium (*b*), og man har for Nemheds

Skyld lavet det saa, at Korset er befæstet til den positive Traad; det er forøvrigt leddet dertil saaledes, at man ved at hælde Røret kan faa det til at vælte. Staar Korset nu lodret, saa kommer der en Skygge (*d*) deraf paa den lyse Rørende; de Straaler, der rammer Korset, standses nemlig af dette, og de Partier af Glassets Ende, som paa denne Maade ikke rammes af Straaler, de kommer ikke til at fluorescere. Denne Skygge vilde jo ikke kunne komme frem, hvis ikke den negative Plade sendte retlinede Straaler frem igennem Røret. Naar man nu under Maskinens Gang vælter Korset, faar man ofte i kort Tid et særlig lyst Kors at se paa lidt mindre lys Grund; det er, som om de Steder, der før ikke lyste, nu pludseligt kommer til at lyse særlig kraftigt, naar Katodestraalerne falder paa dem, altsaa som om de andre Steder var blevne lidt „trætte" ved den stadige Bestraaling; dette lyse Kors gaar dog hurtigt bort.

Katodestraalerne har nogle Egenskaber til, som vi ikke vil forbigaa: de paavirkes af Magneter, de frembringer Opvarmning, og de udøver et mekanisk Tryk.

Det første vises let, naar man, mens Korset er stillet lodret, nærmer en Magnet udefra hen til Siden af Glasset, thi da flytter Skyggen af Korset sig lidt, hvad der kun kan hidrøre fra, at Straalerne er blevne krummede noget, og ved at føre Magneten rundt omkring Røret faar man Skyggen til at vandre lidt rundt paa Glassets lyse Endeflade. Den Side, Korset flyttes til, giver os nogen Oplysning om disse Straalers Natur. Holdes en Magnets Nordpol foran Papiret, vil Korset flytte sig opad, holdes Nordpolen i Papiret over Korset, vil dette flytte sig indad; sammenlignes dette med, hvad vi saa Fig. 64 om en Magnets Indvirkning paa en elektrisk Strøm, ser vi, at Katodestraalerne forholder sig som en elektrisk Strøm, der gaar hen imod Katoden, eller, om man vil, som om der udgaar en Strøm af negativ Elektricitet fra Katoden.

Katodestraalernes opvarmende Egenskab kan man mærke ved at føle paa Glasset, men særlig stærkt kan den paavises, naar den negative Plade er ombyttet med en lille Skaal af Aluminium (Fig. 97), og der anbringes en lille Platinplade (*b*) inde i Glasset der, hvor denne Skaal har sit Kuglecentrum;

Katodestraalerne udgaar tværs paa Skaalen, d. v. s. de stiler ind imod Centrum, og det viser sig, at det lille Stykke Platin kommer til at gløde ved den stærke Koncentration af Straalerne til et bestemt Punkt.



Fig. 97. Katodestraaler frembringer Ophedning.

Et mekanisk Tryk fra Katodestraalernes Side paaviser man med et Rør (Fig. 98), i hvis Indre der ligger to parallele Glasstænger, der gør Tjeneste som Skinner, og paa dem kan en let Akse med Glimmervinger paa rulle frem og tilbage. I den øverste Del af Glasset er der i de to Ender indsmeltet Traade med smaa lodrette Plader, saaledes at, naar Røret forbindes med Induktionsapparatet ved Hjælp af disse Traade, da Katodestraalerne fra den negative af dem kun

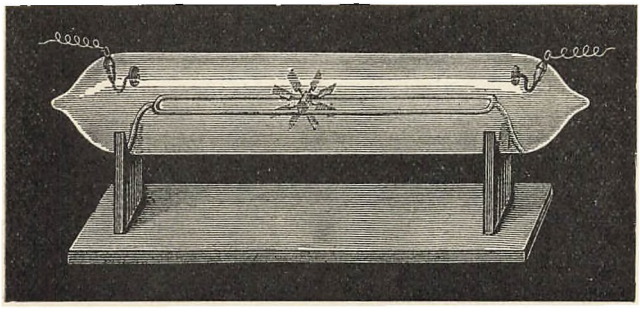


Fig. 98. Katodestraaler frembringer mekanisk Tryk.

falder paa de øverste Vinger paa Hjulet; dette giver sig da til at rulle hen imod den positive Traad.

Disse mærkelige Forsøg er først foretagne af den engelske Fysiker *Crookes* og af ham selv offentliggjorte ved et Naturforskermøde 1884. De vakte betydelig Opmærksomhed og blev gentagne, og nye Forsøg med Katodestraaler foretoges Verden

over i de følgende Aar; vi skal kun nævne et Par af de Fysikere, som har bidraget mest til Udviklingen af vort Kendskab til de elektriske Straaler, nemlig *Lenard* og *Røntgen*, begge Tyskere og begge for deres herhen hørende Fortjenester hædrede med Nobelprisen for Fysik, Lenard 1905 og Røntgen 1901.

Lenard viste, at Katodestraalerne indsuges meget stærkt af Luften, og i det almindelige Geisslerske Rør findes de derfor kun ganske tæt ved Katoden; naar Fortyndingen i Røret drives videre, bliver Straalerne længere, men samtidigt bliver det vanskeligere at faa Udladningen til at gaa gennem Røret. Ved tilstrækkelig Fortynding kan Straalerne naa helt ud til Glasset, hvor de standses; de kan altsaa ikke som Lysstraaler gaa gennem Glas eller Glimmer og andre gennemsigtige Legemer; derimod kan de, som ogsaa Lenard har vist, gaa gennem Metaller, bedst gennem de lette f. Eks. Aluminium, jo tyndere Metallaget er, des flere Straaler gaar der gennem det, og heraf benytter Lenard sig til at faa Straalerne ud i Luften. Han anbringer i sit Rør ligeoverfor Katoden et lille „Vindue" af Aluminium; rammes nu dette af Katodestraaler, gaar Straalerne gennem Aluminiumbladet og ud i Luften, og et fluorescerende Legeme kan lyse, naar det holdes tæt hen til Vinduet, men i et Par Centimeters Afstand spores ingen Virkning, fordi Straalerne indsuges stærkt af Luften.

Et andet Rør tildanner Lenard saaledes, at det ved en Aluminiumvæg, der staar lige ud for Katoden, deles i 2 Rum, som han altsaa kan udpumpe hvert for sig; det viser sig da, at Rummet, hvori Katodestraalerne dannes, maa indeholde lidt Luft; han kan pumpe Røret saa tomt, at Maskinen ikke kan drive Strømmen gennem det. De frembragte Katodestraaler rammer nu Aluminiumsvæggen, gaar gennem den ind i det andet Rum, og jo mere fortyndet Luften her er, desto længere naar Straalerne ind. Af disse Forsøg synes det altsaa at fremgaa, at Katodestraaler ikke kan frembringes i et tomt Rum, men meget godt forplante sig gennem et saadant.

Hvor interessante end disse Forsøg er, var det dog væsentlig indenfor Fysikernes snævre Kreds, at de vakte Beundring; anderledes gik det, da Professor W. C. Røntgen i Slutningen

af 1895 offentliggjorde en Meddelelse om en ny Slags Straaler, han havde fundet. Han kaldte dem X-Straaler, nu kaldes de almindeligvis Røntgenstraaler. De vakte næsten mere Opsigt hos den store Almenhed end hos Fysikerne, der gennem Lenards Forsøg paa en Maade var forberedte paa deres Komme.

Røntgen arbejdede i et fuldstændig mørkt Værelse med et Crookes-Rør, hvori Luften var fortyndet saa stærkt, at Katodestraalerne naaede helt ud til Glasset, hvor de standsedes; dette Rør var pakket ind i sort, lystæt Papir og anbragt i en Papæske med Laag. Gennem 2 smaa Huller føres Tilledningstraadene til Røret fra Ruhmkorfferen; sættes denne i Virksomhed, vil Glasset fluorescere ved at rammes af Katodestraalerne. Til dette Lys ser man intet paa Grund af Indpakningen, men Røntgen fandt, at naar visse Stoffer, der har den Egenskab at kunne fluorescere, bragtes hen i Æskens Nærhed paa det Sted, indenfor hvilket den af Katodestraalerne stærkest ramte Del af Glasset ligger, da udsendte de Lys. Især var Lysningen god af et Stof, der hedder Baryum-Platin-Cyanur; dette Stof kan laves ad kemisk Vej som smaa Krystaller; disse pulveriseres og indgnides som en ensartet Masse over et Stykke Pap. Vi kalder da dette en Fluorescens-Skærm eller en Røntgenskærm. Lysningen af en saadan Skærm varer kun saa længe, Røret inde i Æsken lyser.

Lysningen kan kun opstaa derved, at der udgaar noget, en Virksomhed, inde fra Røret, ud igennem Æsken, igennem Luften hen til Skærmen og igennem denne frem til Krystalkornene paa Forsiden, saa at disse derved kommer til at fluorescere; da Fluorescens ellers fremkaldes ved Bestraaling, maa vi ogsaa her have med Straaler at gøre: fra det Crookeske Rørs lysende, fluorescerende Del udgaar der X-Straaler, som formaar at trænge igennem Luft, hvad der nu ikke er noget særlig mærkeligt ved, og Pap, hvad der er mere interessant. Men paa Øjet virker disse Straaler ikke; det er, som man siger, „usynlige Straaler"; de fremkalder imidlertid som sagt Fluorescens, og Fluorescenslyset virker paa Øjet.

Hvis man lægger f. Eks. en Portemonnæ paa vor fluorescerende Skærms Bagside, saa opdages det, naar Eksperimentet anstilles, at de Røntgenske Straaler ret let kan trænge

igennem Portemonnæens Læder, men ikke igennem Metalmønterne, Urnøgle o. s. v., som ligger i den. Straalerne skal jo nemlig da for at kunne komme frem til det fluorescerende Lag paa Skærmens Forside trænge igennem Portemonnæen; at de standses af Mønterne, men for en stor Del gaar igennem Læderet, viser sig ved, at der paa Skærmen tegner sig et svagt Skyggebillede af Portemonnæen og indenfor dette mørke Skygger af Mønterne.

Røntgen prøvede ogsaa Straalernes Evne til at gennemtrænge andre Stoffer og fandt den almindelige Regel, at jo tungere Stoffet er, desto vanskeligere trænger Straalerne gennem det, medens Beskaffenheden iøvrigt ikke spiller nogen videre Rolle. Da nu Kødet er betydelig lettere end Knoklerne, vil Straalerne standses mere af dem end af Kødet, og Knoglerne kan altsaa ses paa en Røntgenskærm ligesom Mønterne i Portemonnæen. Det var navnlig denne Egenskab ved Røntgenstraalerne, der gjorde, at de vakte en saa uhyre Opsigt, og det er ogsaa den, der har vist sig at have saa stor praktisk Betydning, f. Eks. i Lægevidenskaben. Det skal dog her bemærkes, at man i vore Dage ved meget kraftige Ruhmkorffere og meget stærkt udpumpede Rør kan frembringe Straaler, som omtrent lige let gennemtrænger Kød og Knogler, — saadanne Straaler kaldes „haarde", i Modsætning til de af mindre stærkt udpumpede Rør frembragte „bløde" Straaler, som selv Muskelvævet er uigennemtrængeligt for. Røntgen fandt ogsaa, hvorledes man kunde skaffe sig varige Billeder ved X-Straalernes Hjælp, idet han opdagede, at de har Indvirkning paa en fotografisk Plade. Hvorledes en saadan Fotografering foregaar, ses af Fig. 99. Røret anbringes i et Stativ med Katoden opad, og fra dets Bund udgaar saa Røntgenstraaler; den lysfølsomme Plade indesluttes i et lystæt sort Papir eller som paa Figuren i en almindelig Kassette. Skal en Haand fotograferes, lægges den, som Fig. udviser, Straalerne gaar gennem den og Omslaget ned til den lysfølsomme Hinde, der naturligvis bør vende opad for ikke at svække Straalernes Virkning ved at lade dem trænge gennem Glaspladen, som bærer Hinden. Man lader Bestraalingen fortsættes et Minut eller længere efter Omstændighederne, og en Fotograf faar saa Pladen til Be-

handling og tager Aftryk af den. Disse Fotografier er langt skarpere end de almindelige Skyggebilleder, man ser paa Røntgenskærmen, og det er derfor ikke underligt, at de har fundet udstrakt Anvendelse ved alle kirurgiske Hospitaler og Kliniker. Fig. 100 viser Billedet af en Haand, og en opmærksom Iagttager opdager let en lille Naalespids imellem Haandrodsbenene. Ligeledes vil den Ring, som ses paa Fig. 99, vise

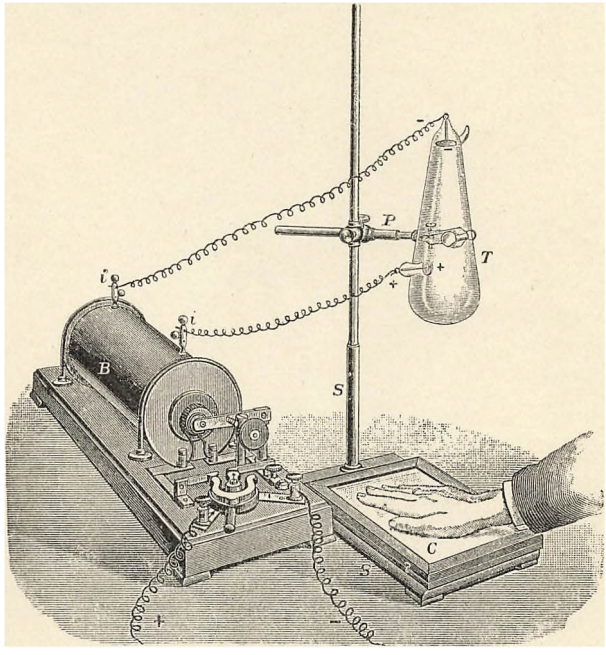


Fig. 99. Fotografering ved de Røntgenske Straaler.

sig mørkere end Knoklerne paa Billedet. Fig. 101 er Billedet af et Stykke af Underarmen paa en Cyclist, der var falden og havde brækket begge Underarmens Knokler; Armen blev lagt i Gibsbandage, og Knoklerne groede sammen, men da Armen blev fotograferet ved Røntgen-Straaler, viste det sig, at den ene Knokkel var vokset helt skævt sammen, saa' at Armen maatte opereres, for at en rigtig Sammenvoksning kunde foregaa; Fotograferingen foregik, medens Gibsbandagen laa paa, og det ses, at dette ikke i nogen Grad har forhindret Fotograferingen.

Som ovenfor nævnt er Fotografierne langt skarpere end de Skyggebilleder, man faar at se paa Skærmen; men ved fore-

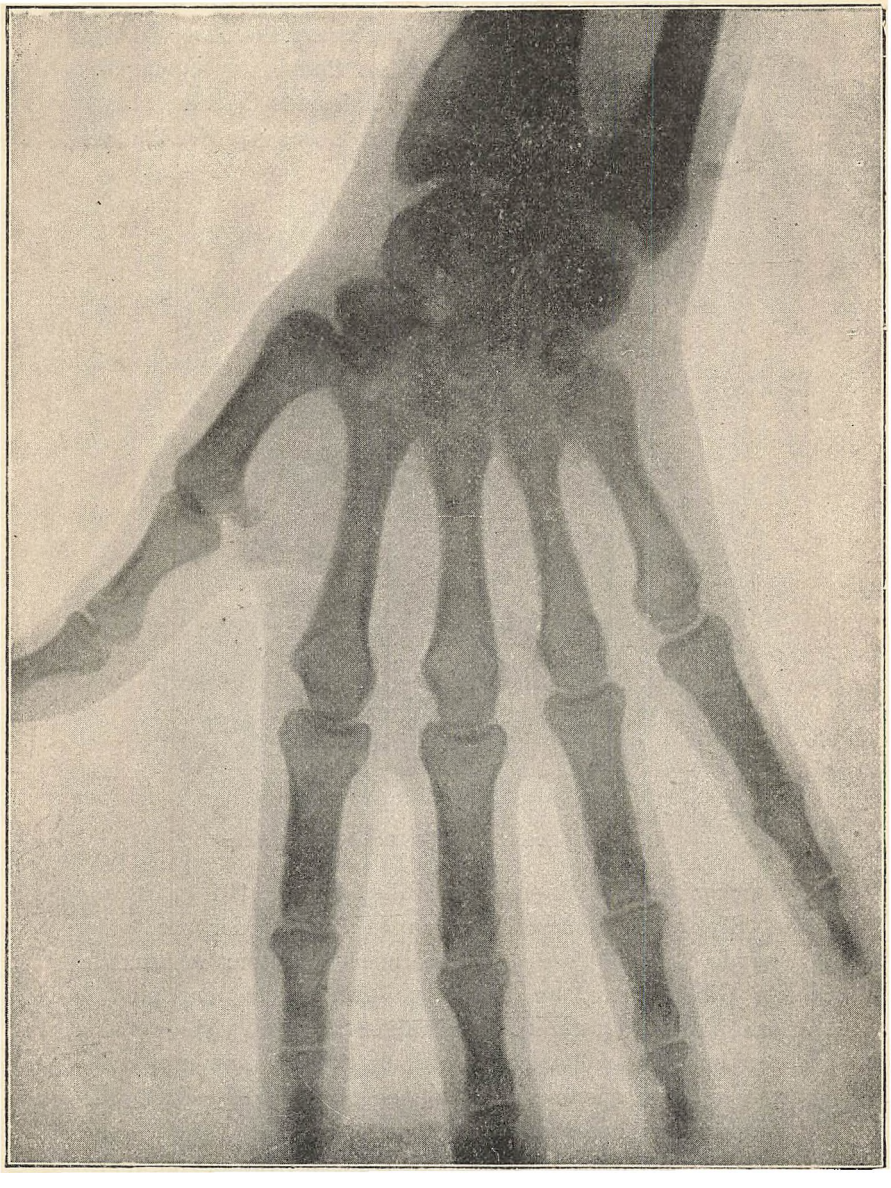


Fig. 100. Røntgen-Fotografi af en Haand med en lille Naal i Haandrodsknoklerne.

løbige Undersøgelser, der ikke kræver ret stor Skarphed, kan man dog godt betjene sig af Skærmen. For da at undgaa at maatte arbejde i et fuldstændig mørkt Rum, kan man bære

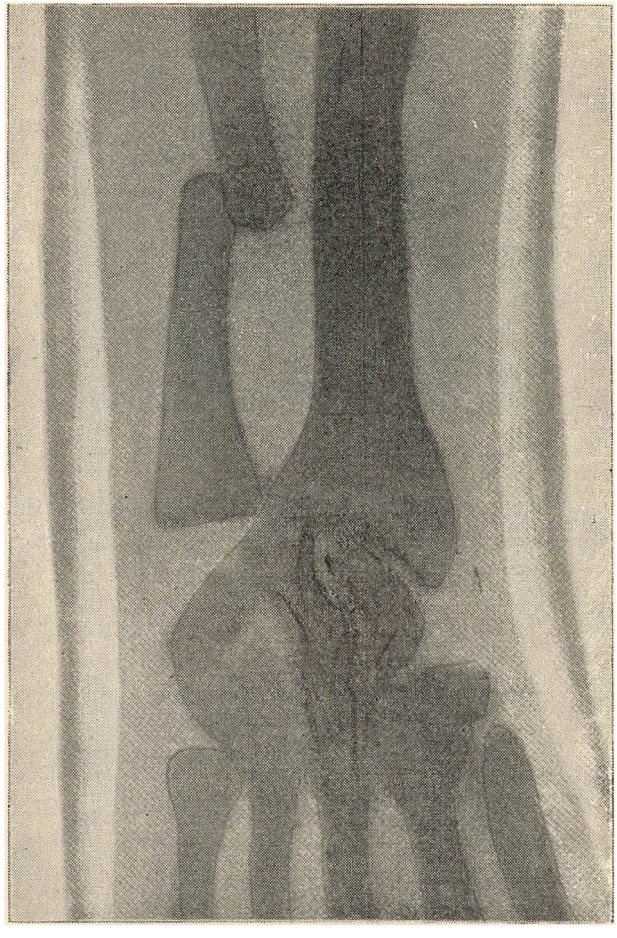


Fig. 101. Røntgen-Fotografi af en brækket Arm.

sig saaledes ad, som det er antydet paa Fig. 102 og 103. Skærmen indlægges med den fluorescerende Side vendt indad som Bund i en Slags Kasse, som man kan bære i Hænderne, og som er lukket tæt til overalt; kun paa den Side, der er lige overfor Skærmen, er der et Par smaa Huller, til hvilke

man holder Øjnene. Kassens Indre er da mørkt, og Skærmens Lysning samt Skyggebillederne af det, der holdes tæt bag Skærmen, ses lige saa godt som i et helt mørkt Værelse. Fig. 102 viser os en Brystundersøgelse; Røntgen-Røret er op-



Fig. 102. Gennemlysning med Røntgen-Straalerne.

stillet paa Bordet bag Ryggen. Fig. 103 viser en Undersøgelse af et Menneskes Ben; han ligger paa et Stel med store Aabninger i, og Straalerne kommer op igennem en af disse Aab-

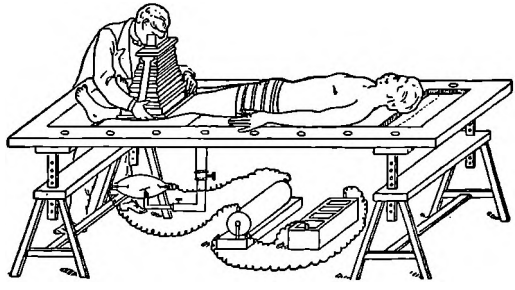


Fig. 103. Gennemlysning med Røntgen-Straalerne.

ninger fra Røret, der tilligemed Induktionsapparatet og et lille Akkumulatorbatteri er anbragt under Stellet.

Endnu skal nævnes, at man har fundet, at Røntgenstraaler kan virke dræbende paa visse Bakterier; medens de bløde Straaler synes at være skadelige for Huden og de sunde Væv, synes de haarde Straaler at være ødelæggende for usundt

Væv. Man har efter dette behandlet f. Eks. Kræftsvulster med haarde Røntgenstraaler; om Resultaterne kan imidlertid paa dette Tidspunkt næppe siges noget bestemt.

Hvad selve Røntgenrøret angaar, har det naturligvis i Tidens Løb gennemgaaet adskillige Forandringer; et moderne Røntgenrør kan købes for 10—20 Kr. og ses skematisk paa Fig. 104. I den stærkt udpumpede Glasbeholder er indsat 3 Rør, *K* er Katoden, der har samme Form som i Fig. 97, men er mindre for at undgaa den stærke Opvarmning; de fra denne udgaaende Katodestraaler samles ved *C*, som er et Prisme af Metal, oftest af Platin, der gennem *D* er sat i ledende Forbindelse med Anoden *A*. Fra *C* udsendes da Røntgenstraaler i alle Retninger, og den Del af Glaskuglen, der ligger opad til Højre paa Fig. 104, vil derfor fluorescere særlig stærkt, medens ingen Virkning mærkes nederst til Venstre. Uden dette Prisme, der virker som en Slags Straalecentrum, bliver Virkningen forholdsvis svag.

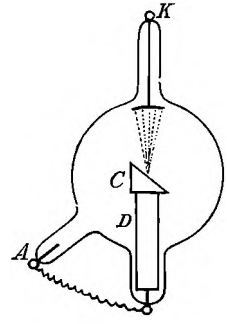


Fig. 104. Et Røntgenrør.

Efter Omtalen af de praktiske Anvendelser af Røntgenstraalerne skal for Oversigtens Skyld kort fastslaas Ejendommelighederne ved dem: 1) De kan trænge gennem Luften uden at svækkes kendeligt i Modsætning til Katodestraalerne, 2) de kan faa fluorescerende Stoffer til at udsende Lysstraaler ligesom Katodestraalerne, 3) de kan trænge gennem Stoffer, som er uigennemsigtige; det kunde Katodestraalerne ogsaa, men i langt ringere Grad, 4) de kan paavirke fotografiske Plader, og 5) de paavirkes ikke, som allerede Røntgen viste, af Magneter i Modsætning til Katodestraaler, der bøjedes af en magnetisk Kraft paa samme Maade som en Strøm af negativ Elektricitet, der udgik fra Katoden.

Ved at danne Udladningsrøret paa en særlig Maade, kan man paavise Tilstedeværelsen af en ny Art Straaler, de saakaldte *Kanalstraaler*, som har andre Egenskaber end dem, vi kender fra Katode- eller Røntgenstraalerne. Røret deles, som Fig. 115 viser, af Katoden i 2 Rum, i det ene sidder Anoden *A*,

i det andet intet. Katoden er skiveformet som sædvanlig; hvis den danner en hel Skillevæg mellem de to Rum, vil man slet intet mærke til Udladningen i det øverste Rum; men er den gennemhullet som en Si, og der sendes en Udladning gennem Røret, ser man, at Glasset i det øverste Rum fluorescerer til Tegn paa, at der nu ogsaa her er Straaler, og paa Grund af den gennemhullede Katode kaldes de for Kanalstraaler. At det ikke som i det nederste Rum er Katodestraaler, vises ved følgende Kendsgerninger: 1) de bøjes af en Magnetkraft, men mindre end Katodestraalerne og til den modsatte Side af den, hvortil Katodestraalerne bøjes; 2) indsuges de af et Legeme, bliver dette Legeme ladet med positiv Elektricitet; og endelig 3) medens Katodestraalernes Natur er uafhængig af, hvilken Luftart Røret indeholder, retter Kanalstraalerne sig herefter; der kan altsaa næppe være Tvivl om, at vi staar overfor en ny Slags Straaler, og disse synes at kunne opfattes som en Strøm af positiv Elektricitet, der udgaar fra Katoden.

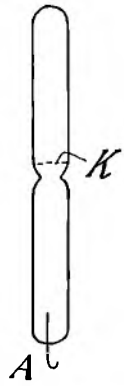


Fig. 105. Rør til at vise Kanalstraaler.

Radioaktive Stoffer.

Vi har i det foregaaende beskæftiget os med elektrisk Udladning i stærkt luftfortyndet Rum og derved stiftet Bekendtskab med tre forskellige Arter af Straaler, nemlig Katodestraaler, Røntgenstraaler og Kanalstraaler Fælles for dem alle er det, at de kan faa fluorescerende Stoffer til at udsende Lysstraaler, og det ligger derfor nær at undersøge, om ikke muligvis fluorescerende Stoffer, der udsættes for Lysstraaler, udsender elektriske Straaler af een eller anden Art, og disse Undersøgelser har ført til højst forbausende Resultater. Straalernes Tilstedeværelse søgte man at paavise ved Hjælp af en fotografisk Plade, der anbragtes i en lystæt Indpakning, hvorpaa man lagde det Stof, der skulde undersøges; det hele ud-

sattes saa for Sollysets Paavirkning i Timevis, hvorved den formentlige Virkning maatte forøges, og derefter behandledes den fotografiske Plade paa sædvanlig Maade. Det viste sig i mange Tilfælde, at Pladen var paavirket, men om Paavirkningen skyldtes elektriske Straaler fra Stoffet, var ikke sikkert. For at forvisse sig herom anbragte man mellem Stoffet og den fotografiske Hinde en Genstand, som Straalerne ikke formentes at kunne gennemtrænge, f. Eks. et Stykke af et tungt Metal; hvis der saa paa Billedet kunde ses et tydeligt Skyggebillede af denne Genstand, maatte Straalerne, der havde angrebet den fotografiske Plade, være udgaaet fra Stoffet. Ved at arbejde paa denne Maade med et Stof, der indeholder Metallet Uran, fandt den franske Fysiker *Becquerel* (udt. Bekkerel), at Uranforbindelsen udsendte Straaler, der kunde paavirke en fotografisk Plade. Becquerel mente, at Sollyset fik Uranforbindelsen til at udsende Straalerne, der angreb Pladen, og da hans Assistent en Dag havde glemt at lægge nogle Forsøgsplader ud i Sollyset, fik denne ikke just Tak derfor. Ikke desto mindre fremkaldte Becquerel Billedet, og hans Forbauselse var stor, da han fandt, at Paavirkningen var akkurat den samme, som han havde ventet sig ved Sollysets Hjælp. Forsøget gentoges saa i absolut Mørke, og ogsaa her blev Resultatet det samme. Uranforbindelsen udsender Straaler, der kan fotografere, selv om den ligger i Mørke i Aarevis. Et Stof, der saaledes udsender Straaler, kaldes *radioaktivt* ɔ: virksomt ved Straaler. Becquerel fandt, at ogsaa andre Uranforbindelser vare radioaktive, og i desto højere Grad, jo mere Uran de indeholdt. Vi skal snart se, at det ikke er rigtigt, men det var Grunden til, at han kaldte de nye Straaler for Uranstraaler, medens alle andre nu kalder dem Becquerelstraaler. Under Arbejdet med de nye Straaler fandt Becquerel snart en anden Egenskab ved Straalerne, som har vist sig at være et langt finere Prøvemiddel for Stoffets Radioaktivitet end den fotografiske Virkning. Straalerne fra Uranet kan gøre Luften ledende, hvilket vises simplest paa følgende Maade. Vi lader et Elektroskop som omtalt Side 50; holdes nu et Stykke Uran hen i Nærheden af Elektroskoppladen, begynder straks Bladene at nærme sig til hinanden, og i Løbet af kort Tid har Elek-

troskopet mistet hele sin Ladning. Denne Egenskab ved Straalerne kan benyttes til at maale, hvor stærkt radioaktivt et Stof er, idet et Stof, der gør Luften dobbelt saa stærkt ledende som et andet, siges at være dobbelt saa radioaktivt. Et Apparat til dette Brug ses i Fig. 106: *a* og *b* er to Metalplader, der staar i en lille, men stadigt den samme Afstand fra hinanden; *a* er forbundet med en Elektricitetskilde f. Eks. et Akkumulatorbatteri *L*, som giver *a* en konstant Spænding; *b* er ved en Metaltraad forbundet med et Elektroskop, hvis Blades Udslag kan maales paa en lille Gradbue. Mellem *a* og *b* er der Luft, saa Elektriciteten fra *L* kan ikke komme over fra *a* til *b*. Udbredes nu det radioaktive Stof paa *a*'s Overside, bliver Luften ledende, og Elektriciteten kan strømme over paa *b*, og Bladene begynder at gaa fra hinanden. Radioaktiviteten kan saa maales ved den Tid, det tager for det radioaktive Stof at frembringe et Udslag af en vis Størrelse. Jo kortere Tid et bestemt Udslag kan frembringes i, desto bedre ledende er Luften, og desto mere radioaktivt er Stoffet.

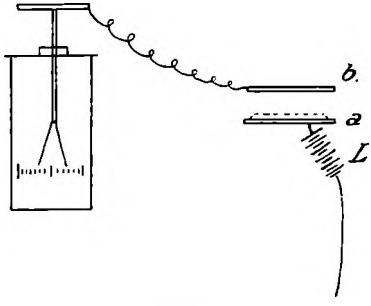


Fig. 106.
Apparat til at maale et Stofs Straaleevne.

Det er naturligt, at Becquerels Opdagelse af radioaktive Stoffer gav Anledning til, at ogsaa andre søgte at finde saadanne, og blandt de Fysikere, som ved dette Arbejde særlig har indlagt sig Fortjeneste, skal nævnes Ægteparret *Hr.* og *Fru Curie* i Paris; det vakte derfor ogsaa almindelig Tilfredshed, at de sammen med Becquerel fik tilkendt Nobelprisen for Fysik 1903 (Curie kom ulykkeligt af Dage i 1907 ved at blive paakørt af en Vogn, og Becquerel døde 1908).

Med et Apparat af ganske lignende Princip som Becquerels viste Hr. og navnlig Fru Curie, at Radioaktiviteten ikke, som Becquerel havde antaget, var betinget af Stoffets Indhold af Uran. De viste saaledes, at der var Uran, som slet ikke var radioaktivt, og det mærkelige var, at selv om de af dette

uvirksomme Uran fremstillede netop det samme Stof, som Becquerel først havde arbejdet med, saa vedblev det at være saa godt som uvirksomt. De prøvede ogsaa naturligt forekommende Mineraler, navnlig saadanne, som indeholdt Uran, og af disse fik et, der hedder Begblende, og som brydes i et Bjergværk i Joakimsthal i Bøhmen, særlig Betydning, da det viste sig endnu mere radioaktivt end Becquerels kraftigste rene Uran, medens paa den anden Side Begblende fra Cornwall ikke var videre virksom. Disse Forsøg godtgør tilfulde, at det ikke kan være Stoffets Indhold af Uran, der betinger Radioaktiviteten, og Fru Curie fik da den Tanke, at den straalende Evne maatte skyldes et eller flere Stoffer, som i ringe Mængde fandtes i det formentlig rene Uran og i de radioaktive Mineraler, og hun stillede sig den Opgave at finde dem og løste denne med en Elegance, hvortil der næppe kendes noget Sidestykke i Fysikken; men Arbejdet var uhyre stort. Hun begyndte med en Stofmængde paa 4000 Kilogram og endte med 2—3 Tiendedele Gram af det nye Stof, som hun kaldte for Radium, og hvis Straaleevne var saa stor, at den vanskelig kunde sammenlignes med de hidtil kendte Stoffers, den syntes at være c. 1 Million Gange saa kraftig som Becquerels rene Uran. Fru Curie fandt ogsaa et andet hidtil ukendt Stof i Begblende; hun kaldte det *Polonium* (Fru Curie er af polsk Slægt), det adskilte sig fra Radium ved, at dets Straaleevne aftog med Tiden, i Løbet af 11 Maaneder gik den ned til det halve. Ogsaa andre mener at have fundet nye Stoffer i Begblende og har givet disse Navne som Aktinium og Radiotellurium; men endelig fastslaaet er det ikke, da det ikke er lykkedes at frigøre Stofferne helt for andre Metaller. Radium er derimod fremstillet kun forbundet med Klor eller Brom, og dets Straaler er bedst undersøgt, selv om den svimlende Pris, det staar i, lægger Hindringer i Vejen. Det billigste radioaktive Præparat, man kan faa, er vistnok for Tiden en Radiotellurholdig Opløsning, en lille Flaske af den Vædske koster c. 100 Kr.; Stoffet er meget virksomt, men dets Radioaktivitet tabes i Løbet af et Aarstid.

At tale om Straaler fra Radium er berettiget, eftersom Virkningen udgaar i rette Linier fra Stoffet; dette godtgøres

— paa samme Maade som ved Becquerelstraalerne — ved, at de kan give skarpere Skyggebilleder. Hosstaaende Billeder, Fig. 107 a og b viser Gengivelser af Fotografier, jeg har taget

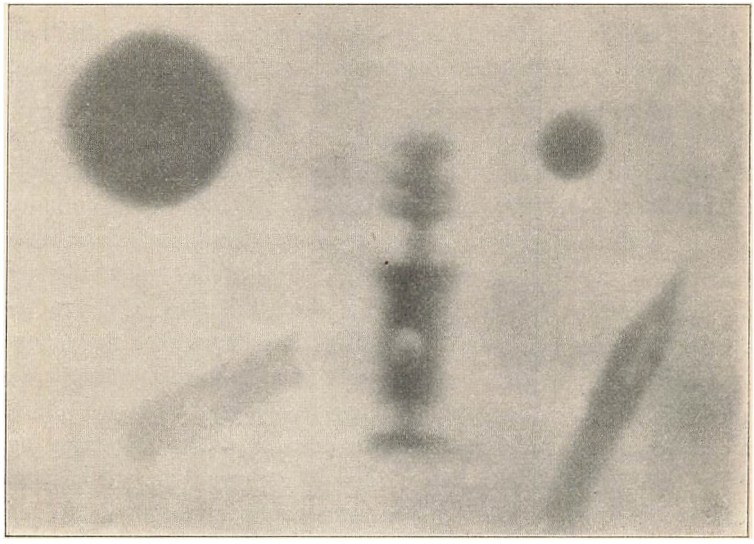


Fig. 107 a. Radiografi af en Glaslinse, et Stykke Hyldemarv, en Klemskrue, en Tegnestift og en Pen.

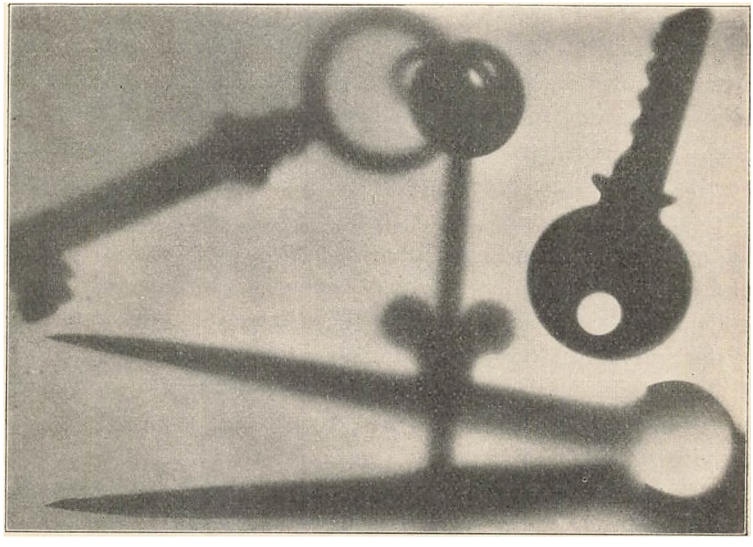


Fig. 107 b. Radiografi af Metalgenstande.

ved Radiumstraaler. Det anvendte Radiumstof (5 Milligram) var anbragt 15 cm. over den i sort, lystæt Papir indsvøbte fotografiske Plade, paa hvilken de viste Genstande var henlagte; Eksponeringen varede henimod et halvt Døgn.

Straalerne fra de radioaktive Stoffer ligner Lysstraalerne i deres retlinede Forplantning og i deres Evne til at paavirke en fotografisk Plade, men dermed hører ogsaa Ligheden op; Lysstraalerne kan kastes tilbage fra blanke Flader, hvorved der dannes Spejlbilleder, Lysstraalerne forandrer Retning, naar de gaar fra et Stof til et andet (man benytter sig heraf ved Brilleglas, Brændglas o. lgn.), Radiumstraalerne kan hverken kastes tilbage eller brydes; men paa den anden Side har Radiumstraalerne flere mærkelige Egenskaber, som Lysstraalerne mangler. Deres Evne til at gennemtrænge uigennemsigtige Stoffer er omtalt, og hertil kommer saa først, at de paa en mærkelig Maade paavirkes af stærke magnetiske Kræfter. Ved at danne en Fordybning i en Blyklods og deri anbringe lidt Radium kan man faa Straalerne ud i Rummet i een bestemt Retning, Retningen γ i Fig. 108, saa at en fotografisk Plade, der holdes tværs paa denne Straaleretning, kun angribes paa en Plet. Men holdes nu en kraftig Nordpol tæt foran Straalerne og en Sydpol lige bag ved dem, saa kan man af den Maade, paa hvilken fotografiske Plader paavirkes, slutte, at Straalerne tildels har bredt sig ud til Siderne, d. e. ud i det Plan, som er tværs paa Forbindelseslinien imellem Nord- og Sydpol; Straalerne fra vort Radium viser sig paa denne Maade at dele sig i tre Slags: γ-Straalerne, som ikke afbøjes af Magneten og altsaa gaar i den oprindelige Retning, α-Straalerne, som er afbøjede tilvenstre, og β-Straalerne, som Magnetkraften bøjer stærkt af tilhøjre; dersom Blyklodsen K staar paa en fotografisk Plade MN, vil denne blive paavirket der,

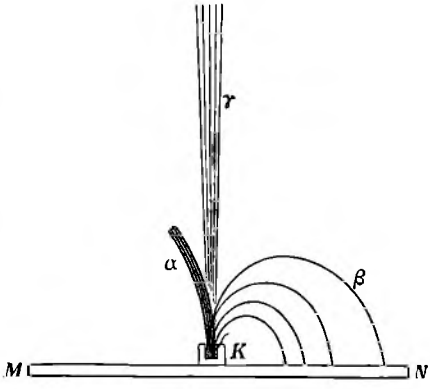


Fig. 108. Radiumstraaler bøjes ved en Magnet.

hvor β-Straalerne falder paa den. α-Straalerne er kun kendelige i nogle faa Centimeters Afstand fra *K*, og dette maa ligge i, at de indsuges (absorberes) stærkt af Luften; holder man en tynd Aluminiumplade paa deres Vej, standses de fuldstændigt; holdes en saadan Plade paa β-Straalernes Vej, svækkes de lidt, medens γ-Straalerne ikke svækkes kendeligt. Vil man formindske Virkningen af Straalerne til det halve, skal Pladerne for α, β og γ Straalerne have Tykkelser paa henholdsvis $^1/_{2000}$, $^1/_{20}$ og 8 cm. Tænker man sig en elektrisk Strøm af positiv Elektricitet udgaaende fra Hullet i Blyklodsen, vil den under Magnetens Paavirkning bøje sig paa samme Maade som α-Straalerne; disse opfører sig altsaa som de Side 159—160 omtalte Kanalstraaler, medens β-Straaler forholder sig ganske som Katodestraalerne (Side 149 o. flg.) og γ-Straalerne, som slet ikke paavirkes af Magneten, men har den største Gennemtrængelighedsevne, minder om Røntgenstraalerne. At β-Straalerne fra Radium har større Evne til at gennemtrænge Luften end Katodestraalerne fra Crookes Rør, forklares ved, at Radiumstraalerne er langt kraftigere; de negativt ladede Straaledele, *Elektroner* kalder man dem, har en større Hastighed. Ligesom Kanalstraalerne under samme Forhold bøjes mindre af en magnetisk Kraft end Katodestraalerne, saaledes bøjes α-Straalerne mindre end β-Straalerne; Grunden hertil antages at være, at Elektronerne er meget lettere end de positivt ladede Straaledele i Kanalstraalerne, og da disses Egenskaber retter sig efter Elektrodernes og Luftens Beskaffenhed i Crookes Rør, antages de at være Smaadele af Stofferne selv, medens Elektronerne er uafhængige af de Stoffers Egenskaber, som afgiver dem. Overensstemmende hermed antager man, at Radium udsender meget smaa negative Dele med stor Hastighed, Katodestraaler, og større positive Dele med mindre Hastighed, Kanalstraaler, og endelig Røntgenstraaler, hvis Beskaffenhed man ikke kender, da de vanskeligt kan standses.

Naar Straalerne bestaar af positivt og negativt ladede Dele, maa de kunne paavirkes forskelligt af et *elektrisk* Felt, og indretter vi os saaledes, at et Legeme kun optager een Slags Straaler, maa Legemet blive ladet med Elektricitet; det er lykkedes ved Forsøg at eftervise disse Konsekvenser af den

opstillede Forklaring, Fig. 109 og 110 viser hvorledes. I Fig. 109 er *B* en Blyklods med en Fordybning til Radiumspræparatet, herfra udgaar Straalerne langs den punkterede Linie, hvad der kan vises ad fotografisk Vej; men lader man Straalerne passere mellem 2 Metalplader ladede med modsatte Elektriciteter, vil de bøjes, Katodestraalerne mest og til Højre paa Fig., da de føre negativ Elektricitet, Kanalstraalerne mindre og til Venstre, da deres positive Elektricitet tiltrækkes af Pladens negative. — Fig. 110 viser en lufttom Glasbeholder, hvori lidt Radium er anbragt isoleret ophængt i et lille Glas, hvis Overflade er gjort ledende og forsynet med 2 tynde Aluminiumblade, der vil fjerne sig fra hinanden, hvis de lades med ens Elektricitet; iagttager man Apparatet en kort Tid, ser man Bladene fjerne sig langsomt fra hinanden, tilsidst rører de ved de 2 afledede Plader paa Glasbeholderens Sider, hvorved de mister deres Ladning og falder sammen, dog kun for et Øjeblik, saa begynder de paa et nyt Udslag o. s. v. Radium kan altsaa af sig selv blive ved med at gøre Bladene elektriske. En Undersøgelse viser os, at Bladenes Udslag skyldes positiv Elektricitet, hvilket er forstaaeligt nok; det er de tunge, langsomme, positive Partikler, som holdes tilbage af det inderste Hylster, medens de andre Straalearter gaar bort derigennem. Var der Luft i Beholderen, kom der intet Udslag af Bladene, fordi Straalerne vilde gøre Luften ledende, som omtalt Side 161—162, og den positive Elektricitet vilde saa bortledes gennem den, efterhaanden som den blev dannet.

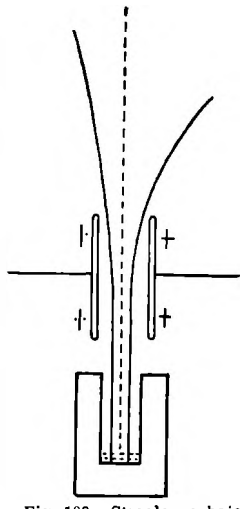


Fig. 109. Straalerne bøjes af elektriske Legemer.

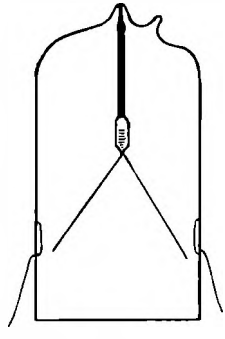


Fig. 110. Forsøg, der viser, at Radium stadigt af sig selv kan gøre et Legeme elektrisk.

Radiumstraalerne har mange andre Egenskaber, som ikke lader sig forklare saa simpelt, men som vi dog kortelig vil

omtale, da den uhyre Opmærksomhed, som dette mærkelige Stofs Opdagelse vakte over hele den civiliserede Verden, ikke mindst skyldes dem. Straalerne kan frembringe kraftig Fluorescens, navnlig skal ægte Diamanter udsende et kraftigt Lys, naar de bestraales; ogsaa Glas fluorescerer, men meget svagere; man kan altsaa ved Hjælp af Radium skelne ægte Diamanter fra falske. Radiumstraalerne kan ogsaa direkte paavirke Øjet, saa man kan se Radium i Mørke. Holdes et Stykke Radium ud for Tindingen, faar man ogsaa Lysindtryk; endvidere siges Folk, som har graa Stær, at kunne modtage Lysindtryk ved Radium; denne Sygdom skyldes som bekendt Linsens Uklarhed, medens Nethinden ikke fejler noget, og det er denne, der paavirkes; er Nethinden beskadiget eller fjernet, har man ikke kunnet frembringe Lysindtryk, selv om Synsnerven har været i Orden. Man antager, at Lyset skyldes Fluorescens, som Radiumstraalerne frembringer i nogle af Øjets Bestanddele. Radiumstraalerne kan ogsaa paa andre Maader paavirke levende Væsner; bestraales Huden nogle Minutter, fremkommer efter omtrent en Maaneds Forløb en rød Plet, som dog igen efterhaanden forsvinder; men varer Bestraalingen i lang Tid, gaar man f. Eks. med Radium i Lommen uden at have det indpakket i en tyk Metalkapsel, faar man ret hurtigt derefter dybe Saar, som vanskeligt læges, og som efterlader grimme Ar, hvilket er Bevis for, at Radiumstraalerne har virket ødelæggende paa de indre Væv. Dyr kan dræbes ved nogle Timers Bestraaling; Forsøg er anstillet med Mus og Kaniner; først falder Haarene af, saa indtræder der Lamhed, og efter 3—4 Dages Forløb Døden. Planternes Blade visner, og Frøene mister Spireevnen ved Bestraaling, ogsaa Bakterier kan dræbes, endogsaa hvis de ligger i Vævene under Huden; men da Straalerne ogsaa angriber de sunde Væv, maa man naturligvis gaa forsigtigt frem. Vi har set Fig. 110, at Radium stadigt af sig selv kan afgive Elektricitet; Curie fandt, at det ogsaa bestandigt afgiver Varme til Omgivelserne, dets Temperatur er nemlig ca. 1^{0} højere end Omgivelsernes; et Stykke Radium, der anbringes i et Rum paa 16^{0}, har selv en Temperatur af 17^{0}; er Rummet 30^{0} varmt, da er vort Radiumstykke 31^{0} varmt.

Man har fundet, at 1 Gram Radium i en Time udsender saa meget Varme, som udfordres til at opvarme 100 Gram Vand 1^0.

Allerede Curie opdagede, at han ved at arbejde med radioaktive Stoffer selv blev radioaktiv; et ladet Elektroskop mistede sin Ladning, naar han kom i dets Nærhed; dette mærkelige Forhold er navnlig undersøgt af en amerikansk Fysiker *Rutherford*, som har paavist, at i det mindste nogle af de radioaktive Stoffer, bl. a. Radium, bestandigt afgiver en Slags Luftart, *Emanation* kalder han den, som ved at slaa sig ned paa Stofferne i Rummet gør dem radioaktive, dog kun for en Tid, i Modsætning til selve det radioaktive Stof, der bevarer sin Straaleevne. Det er ikke saa meget det faste Radium, der afgiver Emanation, som navnlig en Opløsning af Radium i Vand. Det berettigede i at betragte Emanationen som en Luftart, fremgaar deraf, at de elektriske Virkninger, der frembringes i Rummet, paavirkes af enhver Luftstrøm, medens de tre Straalearter, vi har omtalt, træder ud af Radium ganske uafhængigt af Luftstrømninger. Man kan ganske vist ikke direkte mærke det ringeste til, at Radium udvikler Luft; Aar igennem bevarer det sin Vægt uforandret, og leder man Emanationen ind i et for Luft udpumpet Kar, kan man ikke selv med de bedste Manometre opdage Spor af Trykstigning. Og dog: man kan fortætte Emanationen, ligesom man kan fortætte en Luftart eller Damp. Har man Emanationen i et Glasrør, hvor dens Tilstedeværelse viser sig ved, at fluorescerende Stoffer, som er anbragt derinde, lyser, og man saa dypper Glasrøret i flydende Luft, hvilken har en Temperatur af ca. $\div 190^0$, ophører Virkningerne af Emanationen; den synes at være forsvunden. Opvarmer man Røret igen, kommer Virkningen frem igen. Det er altsaa, som om Emanationen har været frossen og er bleven tøet op igen.

Luftarter kan hænge fast paa Overfladen af andre Legemer; Glas, der er i Berøring med Luften, har altid en Hinde af Luft paa sig. Emanationen er navnlig tilbøjelig til at slaa sig ned paa Legemer, der er ladede med negativ Elektricitet; udsættes en Metalplade, der holdes ved en Spænding af $\div$ 400 Volt, for Radiumpaavirkning i nogle Minutter, bliver den radioaktiv, og gnides Pladen med en Klud, bliver denne radio-

aktiv, medens Pladen mister Straaleevnen. Ad denne Vej har man paavist Emanationens Tilstedeværelse i den almindelige atmosfæriske Luft; en lang Metaltraad udspændtes godt isoleret og holdtes i nogen Tid ved en Spænding af ÷ 4000 Volt. Den blev saa gnedet af med et Stykke Skind, og dette viste sig ret stærkt radioaktivt paa Grund af Emanationen.

Det er flere Gange i det foregaaende bleven fremhævet, at man ikke faar noget for intet, tilbage staar da at besvare det nærliggende Spørgsmaal: hvorfra kommer den Elektricitet, Varme og Luft, som Radium tilsyneladende bestandigt kan afgive uden selv at miste noget? Fuld Klarhed har man endnu langtfra naaet, og meget er endnu gaadefuldt; men mest sandsynlig er vel nok den Forklaring, at der bestandigt sker Forandringer med de radioaktive Stoffers mindste Dele, — Atomer kalder man dem —, saaledes at det samme Stof kan vise sig for os med ganske forskellige Egenskaber. Den Energi, de radioaktive Stoffer bestandigt udadtil afgiver, skulde altsaa tages fra dem selv ved, at de blev omdannede til Stoffer med mindre Energi og følgelig med andre Egenskaber.

Radiotelegrafi.

(Bølgetelegrafi, Gnisttelegafi, Telegrafering uden Traad).

Foruden til Frembringelse af Katodestraaler og Røntgenstraaler finder de store Ruhmkorffere med en Induktionsrulletraad paa mange Miles Længde ogsaa Anvendelse til Telegrafering uden Traad, hvilken i de senere Aar har faaet en uanet Udbredelse og utvivlsomt er det mest slaaende Vidnesbyrd om, hvor mægtige Fremskridt man i de sidste Aartier har gjort med Hensyn til Kendskab til Elektriciteten og vor Magt over den. Udlades en Sky, en Leydnerflaske (se Side 74) eller en anden Opsamler for Elektricitet i en Gnist, svinger Elektriciteten (som berørt Side 76) mange Gange frem og tilbage i den Tid, Gnisten varer. Disse Svingninger af Elektriciteten frembringer en Art Bølgebevægelse i det omgi-

vende Rum, selv om dette er tomt, idet det bølgende Medium er det, vi kalder Æteren, — ganske paa samme Maade, som en anslaaet Klokke ved sine Svingninger sætter Luften i hurtige frem- og tilbagegaaende Svingninger, der som en Slags Bølgebevægelse breder sig ud efter i Luften, og naar de træffer ens Øre bringer Trommehinden til at vibrere, hvorved vi hører — eller ganske paa samme Maade, som et Lys sender sin Virkning rundt til alle Sider, og træffer den ens Øje, ser man. De elektriske Bølger skrider frem med Lysets Hastighed, d. v. s. 300000 Kilometer (40000 Mil) i Sekundet, men de kan ikke direkte opfattes, hverken med Øret eller Øjet; imidlertid — det skal vi snart erfare — kan vi dog faa baade hørlige og synlige Virkninger af dem; dog maa vi først gøre Rede for, hvorledes man i Praksis frembringer Bølgerne i den Rækkefølge, som man vil, thi det Side 114 omtalte Telegrafalfabet, der bestaar af Prikker og Streger, svarende til en Strømslutning i kortere eller længere Tid ved Morses Apparat, benyttes ogsaa her. Som Frembringer af de elektriske Bølger til Gnisttelegrafen benyttes, som ovenfor nævnt, en kraftig Ruhmkorffer, se Fig. 93. Ved at indskyde en Kontakt i den inderste tykke Ledning, som ikke ses paa Figuren, kan man, naar man vil, faa frembragt Gnister mellem Induktionslederens 2 Ender, paa Fig. 93 altsaa mellem de to af Glassøjlerne *L* baarne tilspidsede Messingstænger. Sluttes Strømmen fra Batteriet ved et Tryk paa Kontakten i kortere eller længere Tid, udsendes tilsvarende kortere eller længere Bølgerækker fra Apparatet. Bølgerne breder sig fra Gniststedet til alle Sider og vil derved svækkes; thi en Virkning, der breder sig ud fra et Punkt, fylder stedse større og større Kugleflader og svækkes derved i stærkere Grad, end Afstanden forøges. Da en Kugle med en 10 Gange saa stor Radius har en 100 Gange saa stor Overflade, saa maa Virkningen, der udgaar fra et Punkt, i den 10dobbelte Afstand blive 100 Gange saa svag; det er derfor et stort Fremskridt, da den italienske Ingeniør *Marconi*, der ogsaa paa andre Punkter har bidraget til Udviklingen af den traadløse Telegrafi, erstatter den ene af de ovennævnte Messingstænger i Gnistapparatet med en indtil et Par Hundrede Meter lang Metal-

stang, *Antennen* kaldet, der gaar op i Luften, medens den anden afledes til Jorden; Antennen og Jordledningen ender i 2 Kugler, mellem hvilke Gnisterne dannes; fra dette Apparat breder Virkningen sig ud i Rummet over stedse større og større Cylinderflader med Antennen som Akse, og da disse Overflader vokser simpelthen i samme Forhold som deres Radius, bliver Virkningen i den 10dobbelte Afstand kun 10 Gange saa svag. Jo højere Antennen er, desto længere bort kan Bølgerne mærkes. Paa Modtagerstationen benyttes saa atter en Fangtraad svarende til Antennen i Afsenderapparatet, og de i denne opstaaede Bølger kan saa paa forskellige Maade opfanges af Modtageren. Indtil for et Par Aar siden anvendtes som Modtager næsten udelukkende den saakaldte *Koherer*, der grunder sig paa den Erfaring, at et Metalpulver danner en næsten uoverstigelig Hindring for en elektrisk Strøm, men træffes det af elektriske Bølger, formindskes dets Modstand betydeligt, der finder en Sammensmeltning Sted af de enkelte Pulverkorn, som da kommer i inderligere Berøring med hverandre; denne Tilstand holder sig, naar Bølgetrækket er holdt op, men rystes Pulveret, og Kornene kommer i andre Stillinger til hverandre, vender det tilbage til den tidligere Tilstand, indtil det paany træffes af Bølger. Med et lille simpelt Apparat kan dette Forhold paavises. Øverst paa Fig. 111 ses et lille Glasrør med Ebonitbund, gennem denne gaar der 2 Metaltraade, hvis Ender er dækket af lidt Metalpulver i Røret; Traadene indskydes i Ledning med et Tørelement *E* og en elektrisk Klokke *K*. Udlades nu i Nærheden et Leydnerbatteri, eller lader man en Ruhmkorffer give Gnister, begynder Klokken straks at ringe og vedbliver dermed, ogsaa naar Gnisterne er holdt op; men slaar man lidt paa Røret, standser Ringningen straks: Pulveret har altsaa atter sin store Modstand. Sættes Ruhmkorfferen i Virksomhed et Øjeblik, medens Ledningen i Fig. 111 er afbrudt, begynder Klokken straks at

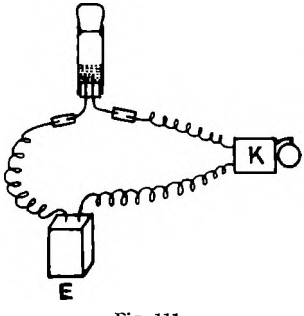


Fig. 111.

ringe, naar den atter sluttes, hidrørende fra, at Pulveret blev gjort ledende af de fra Gnisterne kommende elektriske Bølger, ogsaa da Ledningen var afbrudt. Naar Kohereren skal bruges til at modtage elektriske Bølger, maa den hele Tiden rystes; dette opnaas saaledes: Kommer der elektriske Bølger til Modtagerantennen bliver Kohereren ledende, og derved sluttes en elektrisk Strøm, der dels magnetiserer een Magnet som i det Side 112—113 omtalte Skriveapparat i Morses Telegraf, dels en anden Magnet, hvis Anker som ved Ringeapparatet Side 105 bærer en lille Hammer, der giver Kohereren et Slag, saa at den mister sin Ledningsevne. Fortsættes Bølgetrækket, vil altsaa Kohereren i hurtig Rækkefølge modtage og miste sin Ledningsevne, og paa Papirstrimlen vil Skriveapparatet tegne de hurtigt paa hinanden følgende Prikker som en Streg; men een Prik paa Papiret er i Virkeligheden sammensat af flere Smaaprikker. Vi forstaar nu, hvorledes det er muligt ved Hjælp af Afsenderstationens Kontakt at udsende Bølgerækker af kortere eller længere Varighed, der atter gennem Modtagerstationens Skriveapparat giver sig synligt Udslag som Prikker og Streger. En Koherer til praktisk Brug er vist i Fig. 112 i naturlig Størrelse. I et lufttomt Glasrør sidder to Sølvstænger *P* i ringe Afstand fra hinanden; Endefladerne, der vender imod hinanden, er skraat afskaarne, og i det lille Mellemrum 1—3 mm vidt ligger Metalpulveret, der bestaar af en Blanding af 95 Dele Nikkel og 5 Dele Sølv. Fra Sølvstængernes anden Ende fører Platintraade ud igennem Glasset. Under Brugen sidder Røret vandret, men kan drejes om sin Akse, hvorved man faar Pulverkornene til at ligge i Rum af forskellig Længde, saa at man kan forandre Kohererens Følsomhed. Endnu er Kohereren vistnok det mest anvendte Apparat til Paavisning af elektriske Bølger; men i den seneste Tid er der fremkommet flere, af hvilke navnlig den af Marconi konstruerede magnetiske Modtager har fundet betydelig Udbredelse, navnlig ved Telegrafering paa store Afstande, hvor den for en Del har fortrængt Kohereren. For at

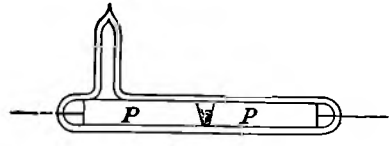


Fig. 112.

forstaa Apparatets Virkemaade er det imidlertid nødvendigt, at vi først omtaler et Fænomen, der viser sig ved Staals Magnetisering, og som kaldes Hysterese. Nærmer man en Magnetpol til et Stykke Staal, magnetiseres dette stærkere, fjerner man Magnetpolen fra Staalet, svækkes dets Magnetisme; men Hysteresen viser sig ved, at Staalet ikke øjeblikkelig antager den det tilkommende Magnetisme, den ligesom bliver lidt tilbage. Hvis man f. Eks. fra at nærme Magnetpolen gaar over til at fjerne denne, skulde man vente, at Staalet var stærkest magnetiseret, naar Polen var Staalet nærmest, hvilket dog ikke er Tilfældet; Maksimum af Magnetisme i Staalet kommer først lidt efter, at Bevægelsen skifter Retning. — Træffes nu Staalet af elektriske Bølger, saa ophæves Hysteresen, og Staalet faar sin største Magnetisme netop i det Øjeblik, Magnetpolen er det nærmest. Hvorfor de elektriske Bølger har denne Indvirkning paa Staalet, ved man ikke, men Forsøg har vist det; det ser ud, som om Bølgerne ryster Smaamagneterne og ophæver den Modstand, der er Aarsag til Hysteresen. Selve Apparatets Indretning ses af Fig. 113. En af flere tynde Traade dannet Staaltraad I er lagt omkring de to Hjul W_1 og W_2 og føres, ved at Hjulene drejes rundt, igennem et Glasrør OO; omkring dette er lagt en Traad i forholdsvis faa Vindinger, hvis ene Ende fører til Antennen A, medens den anden er afledet til Jorden. Om OO's Midte findes en Rulle C med mange Vindinger, og disse fører til en Telefon T — den nærmere Beskrivelse af denne kommer i det følgende Afsnit. — Udfor Midten af OO er anbragt de to Sydpoler af Hesteskomagneterne M. Under Bevægelsen vil Staaltraaden I normalt ikke have Maksimum af Magnetisme lige ud for ss, men forskudt lidt i Bevægelsens Retning; træffes Antennen A af elektriske Bølger, saa at ogsaa Traaden om OO gennemløbes af elektriske Svingninger, forsvinder Hysteresen, d. v. s. Mak-

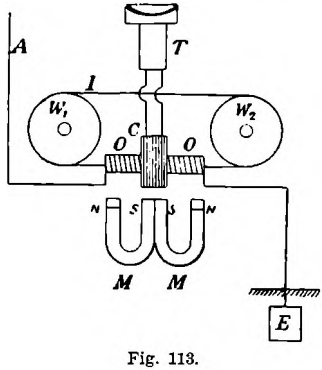


Fig. 113.

simum af Magnetismen flyttes pludselig hen til det Sted, der ligger lige ud for *ss*; men ved denne Forskydning af Magnetismen induceres der i Rullen *C* elektriske Strømme, saa at Telefonen giver Lyd. Man hører altsaa Morsetegnene, men Apparatet opskriver dem ikke. Det blev ovenfor sagt, at den magnetiske Modtager navnlig brugtes paa lange Afstande, men hvad forstaas i denne Sammenhæng ved „lange Afstande"? er det nogle Meter eller nogle Mil eller maaske Hundreder af Mile? Da Spørgsmaalet hvert Aar faar en ny Besvarelse, vil vi her foretrække ved nogle Eksempler at vise, hvorledes Udviklingen er gaaet for sig. I December 1898 anlagdes den første til praktisk Brug bestemte Telegrafforbindelse mellem South Foreland Fyr og et Fyrskib. I Marts 1899 telegraferede Marconi over Kanalen mellem England og Frankrig i en Afstand af 6—7 danske Mil, Antennens Højde var 45 Meter; men allerede i September 1899 telegraferedes der mellem Stationer, der var 20 Mil fra hinanden, og 1901 etablerer Marconi en fast telegrafisk Forbindelse mellem Øen Wight i Kanalen og Litard Heard i Cornwall med en Afstand af ca. 40 Mil. Havet er det naturlige Virkefelt for den traadløse Telegrafering, der kan de elektriske Bølger uhindret udbrede sig, og den Tid er maaske ikke fjern, da den traadløse Telegraf vil blive lige saa nødvendig og selvfølgelig paa Havet som Telefonen paa Landjorden; endnu er vi ved Begyndelsen, men at Udviklingen gaar hurtigt for sig, viser følgende Eksempel. En engelsk Amerikadamper „Campania" afgik fra Liverpool til New-York d. 2. Juli 1905 og modtog d. 3. Juli, da Skibet var ca. 101 danske Mil fra den store Telegrafstation Poldhu i Cornwall, Sydvestspidsen af England, Telegrammer herfra og udvekslede Telegrammer med et andet Skib „Etruria". Den 4. Juli ved Midnatstid, da det var ca. 270 Mil fra Liverpool, 530 fra New-York, telegraferede Poldhu igen, og et Par Timer forinden havde „Campania" været i traadløs Telegrafforbindelse med Skibet „Aurania". Den 6. Juli om Morgenen, da det var 375 Mil fra Poldhu, kom der Telegram derfra, og samme Dags Middag fik det Telegram fra Stationen Cape Breton i Canada; man var da ca. 463 Mil fra Liverpool, ca. 337 fra

New-York. Under Resten af Rejsen modtoges flere Gange Telegrammer fra Cape Breton. Ombord paa Skibet tryktes daglig et Blad, hvori de modtagne Nyheder var optagne. Skibet var altsaa paa hele Rejsen i Forbindelse med Omverdenen. Den hidtil største Station for Tiden er oprettet i Coltano ved Pisa $1^1/_2$ Mil fra Middelhavet; den skal være i Stand til at sende Meddelelser til Storbrittannien, Canada, de forenede Stater og Nederlandene, saavelsom til Skibe i Middelhavet, det baltiske Hav, røde Hav, Atlanterhavet og det indiske Ocean. Der synes altsaa næppe at være Grænser for de Afstande, som disse Bølger kan spænde over, end ikke det tomme Verdensrum kan standse dem, og Marconi er ikke veget tilbage for den Tanke at telegrafere til vore nærmeste universelle Naboer paa Planeten „Mars", en Afstand paa mindst 8 Millioner Mil. Om saa de eventuelle Marsbeboere har deres Modtagerapparater i Orden, bliver naturligvis et andet Spørgsmaal.

Til en rationel Udvikling af Radiotelegrafien har Tyskerne *Braun* og *Slaby* ydet betydelige Bidrag; deres System anvendes af det tyske „Telefunken"-Selskab.

Danskeren *Valdemar Poulsen* anvender en helt anden Metode (1906) til Frembringelse af Bølgerne, og da han faar disse ganske regelmæssige, kan der ved hans System udsendes elektriske „Toner" af en vis, bestemt Højde, der gør det muligt at indrette en „Afstemning", saa at en Station kun opfanger de Meddelelser, der er bestemte til den. Han anvender den af Englænderen *Duddell* gjorde Opdagelse, at der under visse Forhold kan opstaa regelmæssige elektriske Svingninger i en Buelampe. I hosstaaende Figur er *B* en Buelampe, hvortil der føres Strøm ind ved *P* og ud ved *M*, hvilke har en Spændingsforskel paa et Par Hundrede Volt; men *P* og *M* er tillige forbundne ved en Ledning, hvori der er indskudt en Traadrulle *J* og en Leydner-

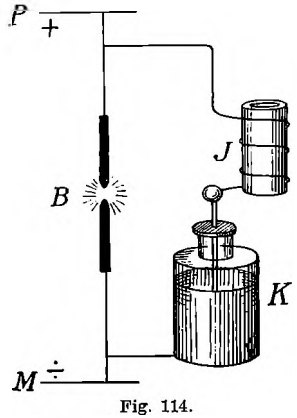


Fig. 114.

flaske K; en Del af Elektriciteten gaar igennem B, en Del igennem Sideledningen $PJKM$; i denne sidste bliver K skiftevis ladet med Elektricitet og udladet, hvilken Udladning ogsaa gaar igennem B. I disse Udladninger er Elektriciteten i hurtige og regelmæssige Svingninger. — Ved at danne Lysbuen i Brint i Stedet for i atmosfærisk Luft samt ved forskellige Biindretninger er det lykkedes Poulsen at gøre disse Svingninger saa kraftige, at de kan anvendes i Radiotelegrafering paa store Afstande.

Dynamomaskiner.

Nutidens *Dynamomaskiner* eller *Dynamoer*, der har bragt Elektriciteten i saa høj Grad til Anvendelse i det daglige Liv, er konstruerede paa Grundlag af de Fænomener, som er omtalte i Begyndelsen af Afsnittet om Induktion. Her skal nu ganske kort forklares, hvorledes en saadan Maskine er indrettet, og hvorledes den virker; i Enkelthederne kan der være Forskel i Konstruktionen, men Hovedsagen er og bliver dog den samme.

En svær Jernring kan drejes omkring sin Akse — ved Hjælp af et Haandsving, hvis det er en mindre Dynamo, og er den større, drives den af en Damp-, Gas-, Petroleumsmaskine eller lign. En Pil indenfor Ringen paa Fig. 115 angiver, i hvilken Retning vi tænker os Omdrejningen.

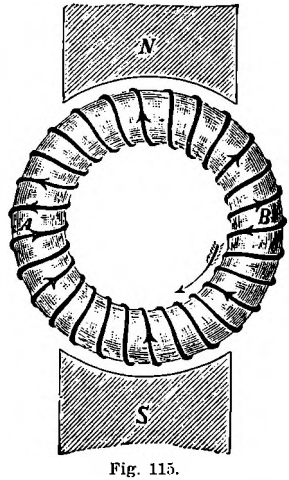


Fig. 115.

Denne Jernring er tæt omviklet med en Kobbertraad uden Ende, d. v. s. den Spiral, som Traaden danner omkring Ringen, løber tilbage i sig selv. Traaden er godt isoleret fra Ringen, men den er blank paa den ydre Side; man kan f. Eks. bruge tyk, blank Kobbertraad, men de enkelte Vindinger af den ligger

ikke tæt op til hinanden; de er skilte fra hinanden indbyrdes saavelsom ogsaa fra Ringens Jern ved et eller andet Isolationsmateriale. Paa modsatte Sider af denne beviklede Ring anbringes en stærk magnetisk Nordpol *N* og en stærk magnetisk Sydpol *S* (Elektromagnet).

Køres Ringen nu rundt imellem de to kraftige Magnetpoler, kommer der elektriske Strømme i Traadspiralen. Og passer vi nu godt paa, kan vi gøre os Rede for, i hvilke Retninger disse Strømme gaar. Vi erindrer, at Induktionsstrømme altid gaar i saadanne Retninger, at der ved deres Hjælp skabes en Modstand imod den Bevægelse, vi maa foretage for at frembringe dem. Hvorledes er dette da muligt i dette Tilfælde? Det er kun muligt derved, at Strømmene har saadanne Retninger, at de er i Stand til at frembringe Magnetpoler i Jernringen dér, hvor man er længst fra de to faste Poler, altsaa ved *A* og *B*. Med den Omdrejningsretning for Ringen, som vi har antaget, maa Strømmene, der kaldes til Live ved Ringens Omdrejning, skabe en Nordpol ved *A* og en Sydpol ved *B*. Thi saadanne Poler frembringer netop en Modstand imod Bevægelsen. *A* bliver jo nemlig under Omdrejningen nærmet op til *N* og fjernet fra *S*, og har *A* Nordmagnetisme, saa bliver den stødt tilbage fra *N*, medens *S* haler i den for at holde den tilbage; der hører saaledes Kraft til at faa *A* ført frem, d. v. s. der maa arbejdes! Paa samme Maade vil Sydmagnetismen ved *B* blive stødt tilbage, naar *B* under Omdrejningen nærmes ned til *S*, og *N* vil ved sin Tiltrækning paa *B*'s Sydmagnetisme ogsaa bidrage til, at der maa arbejdes for at holde Ringens Drejning i Gang.

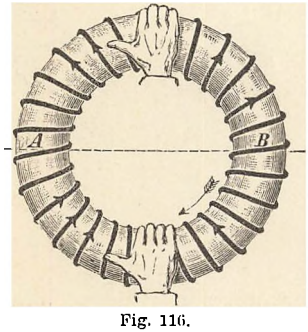


Fig. 116.

Nu har vi det! I Traadens øvre og nedre Halvdele maa de under Omdrejningen fremkaldte Strømme gaa saaledes, at de kan frembringe en Nordpol ved *A* og en Sydpol ved *B*. Dermed er deres Retninger givne, thi det skal jo da være saaledes, at naar vi omslutter vedkommende to Dele af Ringen med vor højre Haand paa

den Maade, at Tommelfingeren vender hen imod Nordmagnetismen ved *A*, saa løber Strømmen saaledes rundt i Vindingerne, som Fingrene viser (Pilene paa Traaden i Fig. 116 angiver denne Retning). Men følger vi saa rundt med Strømmen i den omviklede Traad, saa ser vi klart, at i Ringens øverste Halvdel løber Strømmen saaledes rundt, at man stadig kommer længere bort fra *B* og nærmer sig til *A*; og ligeledes kommer man ved at følge med Strømmen om Ringens nederste Halvdel fjernere fra *B* og nærmere hen til *A*. Nu gaar jo hele Traaden ud i et; Strømmen, der kaldes til Live i Traadens ene Halvdel, vil ogsaa gennemløbe den anden, og omvendt, og vor Traad bliver altsaa gennemløbet af to lige

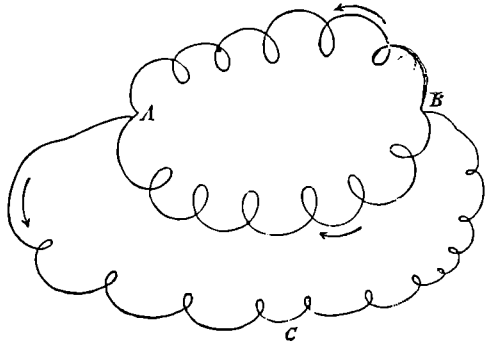


Fig. 117.

stærke Strømme i modsatte Retninger. Det har vi ikke megen Glæde af, thi Traaden forholder sig da ganske, som om der slet ingen Strøm blev fremkaldt i den. Men det kan vi komme ud over!

For det første: naar der fra et Sted (*B*) gaar to Strømme hen til et andet Sted (*A*), hver i sin Ledning (Fig. 117), saa kan man faa dem ført samlede videre ved at forbinde *A* og *B* ved en tredie Ledningstraad (*ACB* i Figuren). Det maa vi altsaa gøre i vor Maskine.

Men *A* og *B* i vor Maskine er bestandig nye Steder paa Ringen; *A* og *B* er jo de Steder, som ligger længst fra de to kraftige Magnetpoler *N* og *S*. Drejes nu Ringen rundt, saa bliver det stadigt nye Punkter paa Ringen, der kommer hen i

disse Stillinger; det bliver altsaa stadigt nye Steder af Ringens Spiraltraad, som skal forenes med denne tredie Ledning, der nylig blev omtalt.

Dette lader sig gøre paa følgende simple Maade (Fig. 118). Paa Ringens to Sider, ved *A* og *B*, trykker to fastsiddende, stive Metalfjedre sig ind imod den udefter blanke Traad om Ringen, og disse Fjedre, forenede med en ydre Ledningstraad, udgør da den nævnte tredie Ledning *ACB* i Fig. 117. Under Ringens Omdrejning i den ved Pilen angivne Retning træder

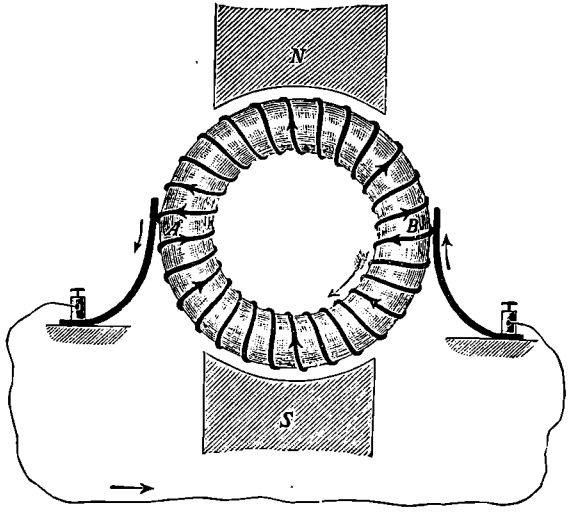


Fig. 118. En Dynamomaskine frembringer en elektrisk Strøm.

der da stadigt en jævnt flydende, elektrisk Strøm ud ved *A* og løber hen til *B*.

Saadanne Maskiner kan give overordentlig kraftige Strømme med alle de Egenskaber, som Strømme fra galvaniske Apparater er i Besiddelse af. Saadanne Maskiner leverer Elektriciteten, som nu i mange Byer bruges til elektrisk Belysning, til Motordrift, deriblandt elektriske Sporvogne med over- eller underjordisk Ledning; ogsaa i Galvanoplastikens Tjeneste er disse Maskiner tagne o. s. fr.

Frembringelsen af Elektricitet med disse Dynamoer er nemlig meget billigere end den, man faar ved Hjælp af galvaniske Elementer.

Og saa har Maskinen den store Fordel, at den hele Virksomhed kan vendes om. Vi drejede Ringen rundt og fik Strøm. Men vi kan ogsaa udefra sende Strøm ind i den først stillestaaende Maskine, og se: den giver sig til at løbe rundt.

I Fig. 119 er Maskinen tegnet igen, men der er i den Ledningstraad, som forener de to Fjedre med hinanden, indskudt et galvanisk Apparat. Vi tænker os, at dette Apparat sender en Strøm afsted hen imod *B* — altsaa i samme Retning som den, hvori vi før fik Strøm, da vi drejede Ringen

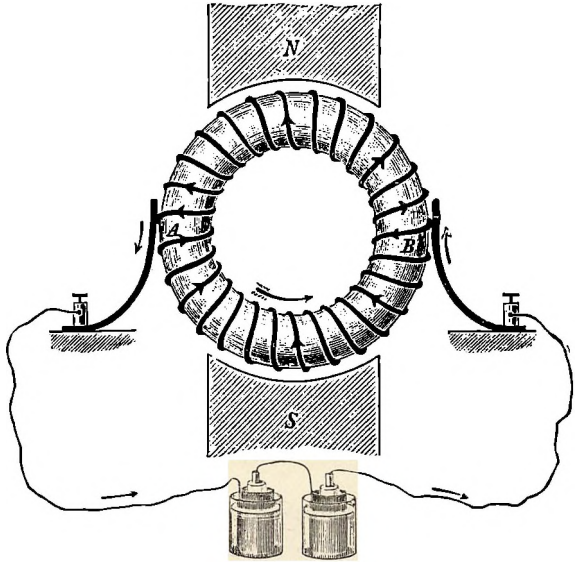


Fig. 119. En elektrisk Strøm sætter en Dynamo i Omdrejning.

rundt med Urviserens Retning. Denne Strøm vil, naar den kommer til *B*, dele sig i to Dele, af hvilke den ene løber til Fjederen ved *A* igennem Traaden omkring Ringens øvre Halvdel, og den anden ligeledes til *A*, men igennem Traaden om Ringens nedre Halvdel; Vindingerne om begge Halvdele byder sig jo til som Ledning for Elektriciteten. I *A* forenes Strømmene altsaa igen og løber samlede ud i den ydre Ledning hen til det galvaniske Apparat.

Nu vil jo Strømmene om Jernringens to Halvdele magnetisere Ringen; ved at bruge sin højre Haand paa den vel be-

kendte Maade (se forøvrigt Fig. 116), opdages det straks, at begge disse Strømme giver Ringen en Nordpol ved *A* og en Sydpol ved *B*. Og saa maa den dreje sig! Thi Nordmagnetismen ved *A* stødes bort af *N* og drages hen til *S*; Sydmagnetismen ved *B* stødes bort af *S* og drages hen imod *N*. Disse Virkninger fører da til, at Ringen giver sig til at løbe rundt *imod* Urviserens Gang, altsaa i en Retning, der er modsat den, i hvilken vi maatte dreje Ringen for at faa en Strøm i den ydre Ledning den Vej, som Batteriet nu leverer.

Vi tænkte os her, at der i Maskinens ydre Ledning var indskudt et galvanisk Apparat, som udviklede Strøm i Ledningen og derved foranledigede, at Dynamoens Ring kørte rundt. Man kunde jo imidlertid ombytte det galvaniske Appa-

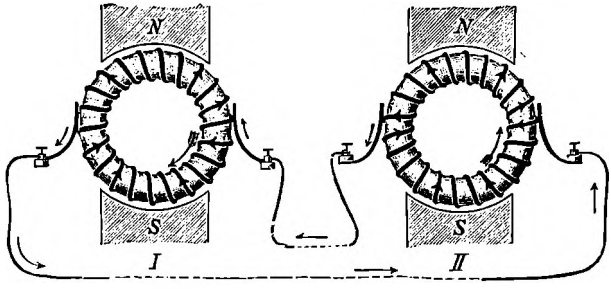


Fig. 120. To forbundne Dynamoer.

rat med en anden Dynamomaskine og ved at dreje dennes Ring rundt skaffe den Strøm til Veje, som skal bringe den første Dynamos Ring til at løbe rundt. Forholdene er vist i Fig. 120. Man har altsaa to Dynamomaskiner, *I* og *II*, hvis Metalfjedre er forbundne ved Ledningstraade med hinanden. Drejer man den enes Ring rundt (*I*), kommer ogsaa den andens Ring (*II*) til at løbe rundt!

Det her omtalte Forhold er af meget stor praktisk Betydning og vil sikkert i Fremtiden blive det i mange Gange større Grad. Thi her har vi Midlet til at flytte Arbejdskræfter i et Nu mange Mile fra et Sted til et andet.

Hvor der findes et stærkt Vandløb, kan man anbringe et Vandhjul eller en Turbine, og denne driver saa en paa Stedet anbragt Dynamo, d. v. s. den drejer dens Ring rundt. Saa-

danne Vandmotorer som de nævnte er meget billige Kraftmaskiner. Ved Ringens Omdrejning frembringes der Elektricitet, og denne kan nu ledes igennem lange Traade (f. Eks. paa Telegrafpæle) hen til et Sted, hvor man skal bruge Drivkraft, f. Eks. i en Fabrik. Her ledes Strømmen fra de lange Ledningstraade ind i en Dynamo, og dennes Ring løber saa rundt og kan derved drive Arbejdsmaskiner som Drejebænke o. s. v. Dette kommer jo til Nytte, naar der er Vandkraft tilstede eet Sted, men Fabrikken maa anlægges et andet Sted i større eller mindre Afstand derfra.

Paa denne Maade har man i de sidste Aar taget fat paa at udnytte Niagaravandfaldet i Nordamerika; i dette Jordens mægtigste Vandfald styrter Vandet ned i en Højde af henimod 100 Meter i tre forskellige Løb, og her har man nu ledet noget af Vandet ovenfor Faldet af i Sidekanaler, hvor der er opstillet mægtige Turbiner, som driver Dynamomaskiner. I 1907 var Niagara Installationen paa godt 100000 Hestekraft til Belysning og Kraft; der produceres aarligt 487 Kilowatttimer (jfr. Side 140); skulde man have haft Damp hertil, vilde der være fordret over 2000 Tons Kul dagligt. Den hele Energi, som Faldene repræsenterer, regnes at være godt 7 Mill. Hestekraft, saa at det alligevel kun er en lille Brøkdel deraf, man til Dato har udnyttet; den første Udnyttelse i industriel Virksomhed skete i 1895 til Udvinding af Aluminium (jfr. Side 128—129). Ogsaa de store Vandmasser i Faldet ved Troldhätten og i Lerfossen ved Trondhjem udnyttes nu paa tilsvarende Maade. — Man har endog tænkt paa at udnytte Tidevandet — Flod og Ebbe — paa denne Maade: ved Flodtid (Højvande) ledes Vandet igennem Sluser ind i et Bassin, og dette Bassin tømmes igen, naar det bliver Ebbe (Lavvande); under denne Udtømning passerer Vandet Turbiner, der saa driver Dynamoer.

I Stedet for Vandkraften kan man ogsaa udnytte Vindkraften; Vinden driver en Motor — en Vindmølle som en af de gamle eller en Vindmotor som dem, man nu ser saa ofte ude paa Landet, ved Jernbanestationer o. s. v. — og denne Vindmotors Aksel er sat i Forbindelse med en Dynamos Ring, saa at Ringen kommer til at løbe rundt, naar Vindmotoren er

i Gang; man faar derved Dynamoen til at producere elektrisk Strøm. Vinden er imidlertid uregelmæssig, medens Dynamoen fordrer en jævn Gavn; man maa derfor have en Regulator, som gør Dynamoens Gang saa temmelig uafhængig af Foranderligheden i Vindens Styrke, og paa denne Sag har især afdøde *Poul la Cour* i Askov arbejdet.

Med Hensyn til Dynamomaskinernes Indretning skal det tilføjes, at der i Stedet for to kraftige Magnetpoler ud for Ringen, saaledes som vi har talt om, ogsaa kan anbringes flere, men saa maa der ogsaa flere stive Kobberfjedre til at lede de i Ringtraadens Stykker inducerede elektriske Strømme ud til den ydre Ledning; Magnetpolerne maa da skifte i Orden — efter en Nordpol følger en Sydpol, saa en Nordpol, saa Sydpol o. s. fr. — og midt imellem to Magnetpoler er der en Fjeder, som klemmer sig ind imod Ringens Traad. og som er i Forbindelse med den ydre Ledning. — Magnetpolerne kan endelig ogsaa være anbragte indenfor Ringen i Stedet for udenfor Ringen. Saaledes er f. Eks. de store Dynamomaskiner indrettede, som findes paa den elektriske Centralstation i Gotersgade i København; indenfor den med tyk Kobbertraad omviklede Jernring sidder der 6 Magnetpoler, og midt imellem dem 6 Kobberfjedre, der ligger an imod den paa Ydersiden blot liggende, blanke Kobbertraad.

Det blev ovenfor sagt, at de kraftige Magnetpoler, der skal befinde sig enten udenfor Ringens Omkreds eller, som nylig nævnt, indenfor Omkredsen. var Enderne af Elektromagneter, fordi man i saadanne kan frembringe Magnetpoler, som er langt kraftigere end dem, man kan fremkalde ved at magnetisere Staal; det erindres, at en Elektromagnet er Jern, som er omviklet med en isoleret Ledningstraad, og i samme Øjeblik der sendes en Strøm ind igennem denne Traad, bliver Jernet, som den omslutter, magnetisk.

Man vil nu spørge: hvor skal denne Strøm komme fra, som i Dynamoerne skal kalde de mægtige Magnetismer tillive? Man kunde her tænke paa at bruge et galvanisk Apparat eller en mindre Dynamo, men man bærer sig ad paa den simple Maade, at man lader Maskinen selv besørge det. Hvorledes er dette muligt? Jo derved, at en Del af den Strøm, som

Maskinen frembringer, ledes igennem Vindingerne omkring Elektromagneterne. Fig. 121 antyder dette for os. Naar Jern nemlig een Gang er bleven kraftig magnetiseret, saa er det aldrig fuldstændig blottet for Magnetisme.

Naar dette nu er Tilfældet med Jernkærnen i Maskinens Elektromagneter, og man saa sætter Maskinen i Gang, da sker

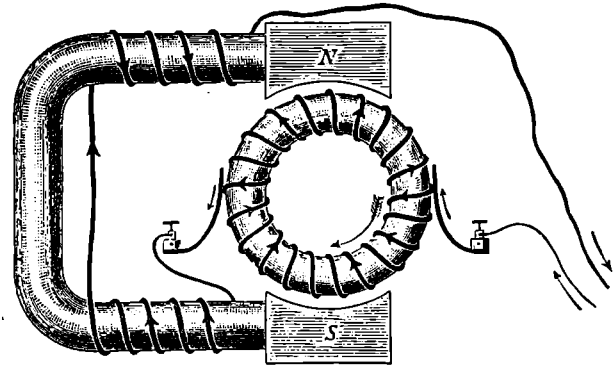


Fig. 121. En Dynamomaskine, der selv magnetiserer sin Elektromagnet.

der følgende: de svage Elektromagneter giver en svag Strøm, men da en Del af denne ledes omkring Elektromagneterne, bliver disse kraftigere og giver derfor en stærkere Strøm; denne stærkere Strøm gør igen Elektromagneterne kraftigere, disse giver en endnu stærkere Strøm o. s. v.; Magnetismen og Strømmen arbejder altsaa hinanden hurtigt op, og ikke længe efter at Maskinen er sat i Gang, er der en af Omdrejningshastigheden afhængig Styrke i Magnetpolerne og en dertil svarende Styrke af Maskinens Strøm.

Dynamomaskiners Anvendelse. Elektriske Sporvogne og Baade m. m.

Vi har allerede i det Foregaaende berørt nogle Anvendelser af Dynamoen; vi vil dog dvæle noget endnu ved dem.

Først og fremmest bruges Dynamoen til at frembringe

elektriske Strømme, og for at dette kan ske, maa Dynamoens Ring med den omviklede Traad drejes rundt. Dette kan som nævnt ske f. Eks. ved Hjælp af en Dampmaskine eller af en anden Kraftmotor. Paa en stor Bys elektriske Centralstation er der flere saadanne Dampmaskiner, hver drivende sin Dynamo. De elektriske Strømme, som herved frembringes, ledes igennem underjordiske Kabler ud i Byen i forskellige Retninger, og ved Stikledninger ind i Husene tilvejebringer man en Masse smaa Afløb for Elektriciteten. Denne føres ind i elektriske Buelamper eller Glødelamper, naar Elektriciteten skal benyttes til at give Lys, eller i smaa Dynamoer i Fabrikker eller paa Værksteder, hvilke Dynamoer derved kan sættes i Gang — til Adskillelse fra de Dynamoer, som frembringer Strømme, kalder man disse for *Elektromotorer*, men deres Bygning er, som vi ovenfor saa, ligesom Strømdynamoernes — eller i elektriske Opvarmningsapparater, som er omtalte Side 140.

I Ledningerne „staar" der altid Elektricitet, ligesom der i Gasledninger altid staar Gas, i Vandledninger Vand. Ligesom man ved at dreje paa Haner kan faa Gas og Vand ud af de respektive Ledninger, naar man ønsker det, saaledes kan man ogsaa ved en Art Hane faa Elektriciteten fra Ledningen til at strømme ind i en Lampe, en elektrisk Motor o. s. v. Ofte staar Elektriciteten i Ledningen med en Spænding af ca. 220 Volt; de almindelige Glødelamper er indrettede saaledes, at der skal en Spænding af denne Størrelse til, for at Elektriciteten, naar den flyder ind i Glødelampens Kultraad, opheder denne saa stærkt, at den lyser med den rette Styrke.

Nu er der jo nogle Timer paa Døgnet, hvor der fordres meget Lys omkring i Byen, medens Forbruget til andre Tider er mindre, ja næsten Nul. Alt efter det forskellige Forbrug sættes der paa Centralstationen flere eller færre Dynamoer i Virksomhed; men da det jo let hænder, at f. Eks. to Maskiner er for lidt, men tre for meget, saa bruges der i dette Tilfælde tre Maskiner, men den Elektricitet, som saa er tilovers, den fører man ind i et Akkumulatorbatteri, som findes paa selve Stationen, og der benyttes den saa til at „lade" dette Batteri, d. v. s. den sætter Batteriet i Stand til at give strømmende Elektricitet fra sig (se Side 130); den kommer

derved til at gøre Nytte, thi paa Tider af Døgnet, hvor Elektricitetsforbruget er meget lille, lader man Dynamoerne staa ganske stille, og dette Akkumulatorbatteri besørger hele Leverancen af Elektricitet.

I Jernbanetog har man ofte elektrisk Belysning. Der er da en Dynamo og et Akkumulatorbatteri med Toget; Lokomotivet bruger lidt af sin Kraft til at drive Dynamoen, og Strømmen fra denne føres saa dels ud til Lamperne i Toget, dels ned i Akkumulatorbatteriet, hvorved dette bliver „ladet", d. v. s. bliver sat i Stand til at give Strøm fra sig. Naar saa Toget standser, og Dynamoen derved kommer til at staa stille, bliver ved en selvvirkende Mekanisme Strømmen fra Batteriet sendt ud til Lamperne, saa at disse kan brænde videre, og det sker paa en saadan Maade, at Forandringen paa Lyset slet ikke mærkes. Naar Toget atter sættes i Gang, tager Dynamoen fat igen og leverer Elektricitet saavel til Lamperne som til Batteriet, saa at dette kan faa den Kraft tilbage, som det tabte ved at tages i Brug under Togets Standsning.

Elektriske Sporvogne kan drives frem paa forskellige Maader.

Der kan f. Eks. i Vognens Bund staa saavel et Akkumulatorbatteri som en elektrisk Motor. Paa Endestationen „lader" man Batteriet, og Strømmen, som er fornøden hertil, faar man fra en fast opstillet Dynamomaskine. Naar Vognens Batteri er ladet færdig, og Vognen nu skal sættes i Gang, slipper man ved en simpel Mekanisme, der drejes med et Haandtag, Strømmen fra Batteriet ind i Vognens Motor; dennes Ring giver sig da til at løbe rundt, og da Ringens Aksel er sat i Forbindelse med Vognens Hjul, saa giver disse sig ogsaa til at løbe rundt, og Vognen kører frem ad Skinnerne. Vil man sagtne Vognens Gang, skyder man ved Drejning paa Haandtaget mere Traad ind i Ledningen fra Batteriet til Dynamoen, saa at Strømmen bliver meget svagere, og Dynamoen faar en langsommere Gang; skal Vognen standses, drejer man af, saaledes at Elektriciteten ikke kan komme ind i Motoren, og saa gaar det hele straks i Staa. Dette System anvendtes et Par Aar i Kbhvn. paa Nørrebrogadelinien, men saa opgaves det paa Grund af

Akkumulatorernes store Vægt, deres Beskadigelse ved Rystningen og det uøkonomiske ved Elektricitetens Omsætning.

Det nu almindeligt anvendte Princip for elektrisk Sporvejsdrift er dette alene at have en Motor staaende paa Vognens Bund og saa lede Elektriciteten udefra ind i Motoren, saa at denne derved kan komme i Gang og ved sin Forbindelse med Vognhjulene drive Vognen frem. Elektriciteten skal da komme fra Endestationen, hvor der er opstillet en stor Dynamo, som drejes rundt af en Dampmaskine; Strømmen føres til Vognen igennem en Ledning, der enten ligger oppe i Luften hen over hele Sporvejslinien eller ligger i et Rør, der er gravet ned i Jorden under hele Linien, og Strømmen gaar tilbage til Stationen igennem Skinnerne. Underjordisk Ledning bruges dog ikke meget, saa at vi alene vil holde os til det første Arrangement. Vognen kører altsaa hen under en blank, tyk Kobbertraad, og fra den føres Strømmen ned i Vognen saaledes: en Stang, der kan fjedre, gaar skraat op fra Vognens Overdel og trykker ved sin Spændighed et lille Metalhjul, Troljen, op imod Luftledningen, og fra dette Hjul kan den elektriske Strøm slippe ned i Vognen igennem en Traad, som ligger inde i den nævnte Stang. Strømmen føres fra denne Traad først ind i en „Reostat", der staar paa Forperronen, og fra denne ned i Motoren paa Vognens Bund; Reostaten er et Modstandsapparat, hvor man ved at dreje paa et Haandtag kan ind- eller udskyde forskellige Modstande og derved gøre Strømmen henholdsvis svagere eller stærkere og derved variere Motorens og altsaa Vognens Fart, — ligesom man ogsaa helt kan afbryde Strømmen og derved standse Motoren.

Luftledningen, der gaar hen over hele Sporvejslinien, kan enten bæres af Master, hvorfra der gaar Arme ud til Siden, saaledes som paa Fig. 122; eller den bæres af svære Tværtove, der er spændte ud imellem to Rækker Master, der gaar langs begge Sider af Sporvejslinien, eller spændte imellem Husene paa Gadens to Sider.

I København anvender man kun Vogne med Luftledning, dog i den indre By af en noget anden Art, end Fig. 122 viser; her bruges nemlig til hver Vogn 2 Luftledninger og altsaa 2

Forbindelsesstænger; gennem den ene Stang føres Strømmen ned til Vognens Motor, og den anden fører Strømmen tilbage til Stationen, hvad ellers Skinnerne besørger. Grunden til denne Fremgangsmaade er følgende: da Metalskinnerne ikke er isolerede fra Jorden, vil, — navnlig naar denne er godt fugtig —, noget af den elektriske Strøm søge bort fra Skinnerne ud i Jorden, og naar der i denne er nedlagt Gas- og

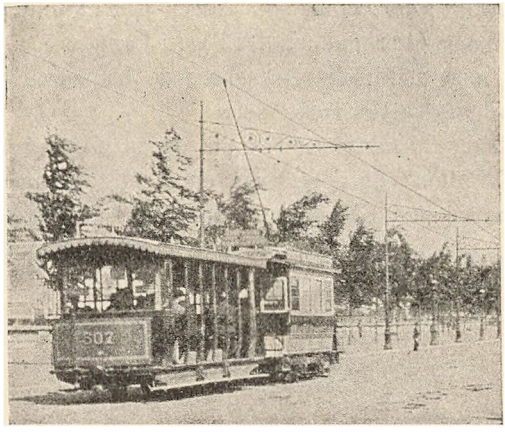


Fig. 122. En elektrisk Sporvej med Luftledning.

Vandrør af Jern, vil Strømmen gaa ind i disse, følge dem og atter træde ud igen derfra, idet Strømmen søger tilbage til Centralstationen; men hvor en elektrisk Strøm gaar fra Metal ud i Vædske, her Jordens Fugtighed, angribes Metallet, det fortæres langsomt, og denne ødelæggende Virkning af de „vagabonderende" Strømme maa saa vidt muligt undgaas.

Elektriske Sporvogne sættes hurtigere i Gang og kan magte større Stigninger i Terrænet end Heste-Sporvogne, og man kan hefte andre Vogne bagpaa, der ikke har nogen selvstændig Drivkraft i sig. Man kan opnaa langt større Kørselshastighed. Da man har Elektricitet i Vognen, kan denne oplyses elektrisk. Og de giver større økonomisk Udbytte.

Fra Sporvejsdrift er man ogsaa gaaet over til at indføre *elektrisk Jernbanedrift* efter ganske de samme Systemer.

Elektriske Baade drives frem paa ganske samme Maade

som elektriske Akkumulator-Vogne. Her er Akkumulatorernes store Vægt ikke nogen Ulempe, da Baaden alligevel skal have Ballast, og denne kan Akkumulatoren altsaa afgive; heller ikke har man de stærke Rystelser, som i Sporvognene kan afstedkomme Ødelæggelse af Akkumulatorpladerne. Der er imidlertid Grænser for, hvor længe Baaden kan være tilsøs, thi efter en vis Tids Forløb maa den til Land, for at Akkumulatorerne kan blive ladede paany.

Elektriske Motorvogne, som kører paa almindelige Veje og Gader, kommer efterhaanden i Brug; i London o. a. Steder kan man køre med elektriske Droscher; de bageste Hjul er Drivhjul, med de forreste styres der.

Elektriske Luftskibe har man ogsaa forsøgt paa at indrette: En „Ballon" af Form som en vældig Cigar drives frem i Luften af en Art Skibsskrue, der sættes i Bevægelse af en lille Dynamo, som faar Strøm af et ladet Akkumulatorbatteri, som Luftskibet fører med sig.

Telefonering.

Vi har set (Side 110 og flg.), hvorledes den elektriske Strøm kan bruges til hurtigt at føre Meddelelser fra eet Sted til et andet; Modtageren faar ved Telegraferingen Meddelelsen i skriftlig Form. Ved Telefoneringen kan Tale og Musik føres fra et Sted til et andet ved Hjælp af den elektriske Strøm, og utvivlsomt har den fysiske Videnskab her fejret en af sine største Triumfer, og det i saa meget højere Grad, som Apparaterne, hvormed dette kan ske, er overmaade simple i deres Indretning.

For ret at forstaa, hvad der her er Tale om, vil vi begynde med at gøre opmærksom paa, at en Tone opstaar ved meget hurtige Svingninger af det tonende Legeme; disse Svingninger overføres til den omgivende Luft, og i denne breder de sig med en Fart af ca. 340 Meter i Sekundet. Naar Lydsvingningerne i Luften støder paa en tynd Hinde, optager denne saa at sige Svingningerne i sig uden at udviske dem;

vor Trommehinde optager saaledes de Svingninger, der trænger ind i vort Øre og forplanter dem videre indefter, hvad der er Anledningen til, at vi kommer til at *høre*. Talen er en Række Toner med forskellig Klangfarve; Talen beror altsaa ogsaa paa hurtige Svingninger.

Ved Telefoneringen benyttes en *Tale-Telefon* eller *Mikrofon* og en *Høre-Telefon*. Den første (Fig. 123) er indrettet saaledes: der tales i en Tragt imod en tynd Metal- eller Kulplade, bag hvilken der sidder en anden lignende Plade; Rummet imellem Pladerne er fyldt med fine Kulkorn. Høre-Telefonen bestaar af et Hylster af Træ eller Ebonit af den i Fig. 124 viste Form. Der ligger herinde en Magnet *A*, hvis ene Ende dog er af blødt Jærn og er omgivet af en Traadrulle *B*, hvis to Ender *F* og *F'* fører hen til Klemskruerne *V* og *V'*; lidt fra denne Ende sidder den meget tynde Jærnblikplade *MM*, hvis Midte drages lidt hen imod Magneten.

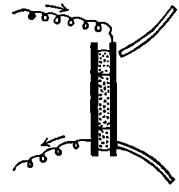


Fig. 123.

Tale- og Høre-Telefonen indskydes i en sluttet Ledning, hvori der er indsat et galvanisk Element eller en anden Elek-

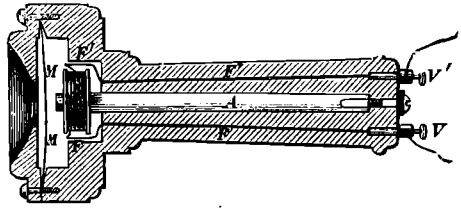


Fig. 124. Telefon.

tricitetskilde; der gaar da Strøm igennem det hele, i Tale-Telefonen fra den ene Plade igennem Kulkornene over til den anden Plade. Taler man nu ind imod Tale-Telefonen, saa sættes Pladen, man taler imod, i Svingninger, hvis Størrelse og Art ganske retter sig efter, hvad det er, man siger: derved trykkes Kulkornene skiftevis mer eller mindre tæt sammen, saa at dette Lag af Kulkorn snart byder Strømmen lidt mindre og snart lidt større Modstand, hvad der medfører, at Strømmen afvekslende bliver stærkere og svagere. Ved dette bliver

saa Jærnstykket indenfor Rullen *B* skiftevis stærkere og svagere magnetisk, hvilket bevirker, at Midten af Jærnblikpladen *MM* drages henholdsvis lidt mere og lidt mindre hen imod Magneten, d. v. s. Pladen *MM* giver sig til at svinge, og da disse Svingninger ganske retter sig efter den førte Tale, vil Øret, der holdes hen til Høre-Telefonen, høre denne Tale.

I Stedet for Jævnstrøm bruges i Telefonanlæg Vekselstrømme: Mikrofonen er indsat i en Ledning med Jævnstrøm, der gennemløber Hovedrullen i en Induktor (jfr. S. 141 o. flg.); denne Jævnstrøm paavirkes, naar der tales imod Mikrofonen, idet Styrken kommer til at variere, og disse Styrkevariationer fremkalder Induktionsstrømme i Induktionsrullen, hvilke Induktionsstrømme ledes til Høre-Telefonen.

Det vil føre for vidt her at gaa dybere ind paa de Indretninger, der maa til for at gøre Telefonen praktisk anvendelig. Der er en Centralstation, hvorfra der gaar Ledninger ud, enten oppe i Luften anbragt paa Telefonstænger som Telegraftraade paa Telegrafstænger, eller nedlagte i Rør i Jorden; til hvert af de Steder, hvor der er en Telefon, fører der en Ledning. Hver Telefon har sit Nummer; naar en vil føre en Telefonsamtale med en anden, ringer han først Centralstationen op; han meddeler Stationen, hvilket Nummer han vil tale med, og Stationen forbinder da hans Ledning med Ledningen til den, der skal tales med, og kalder samtidigt ved Ringning paa denne anden. Da der jo som Regel vil være flere, der samtidigt vil føre Telefonsamtale, saa er der paa store Stationer en Mængde Mennesker beskæftigede med at sætte Telefon-Indehaverne i Forbindelse med hinanden efter deres Ønsker (Fig. 125).

I en Telefon kan man ofte høre svage Samtaler, der ikke kommer een ved; dette hidrører fra Induktion, idet de Strømsvingninger, som Tale frembringer i een Ledning, virker inducerende paa nærliggende Ledninger, der er sluttede.

Telefonledningssystemet er ligesom Telegrafledningssystemet forsynet med Indretninger, der uskadeliggør eventuelle Lynnedslag, og Telefonnettet, der er spændt ud over Husene i en By, virker i betydelig Grad beskyttende imod Lynets ødelæggende Virkninger.

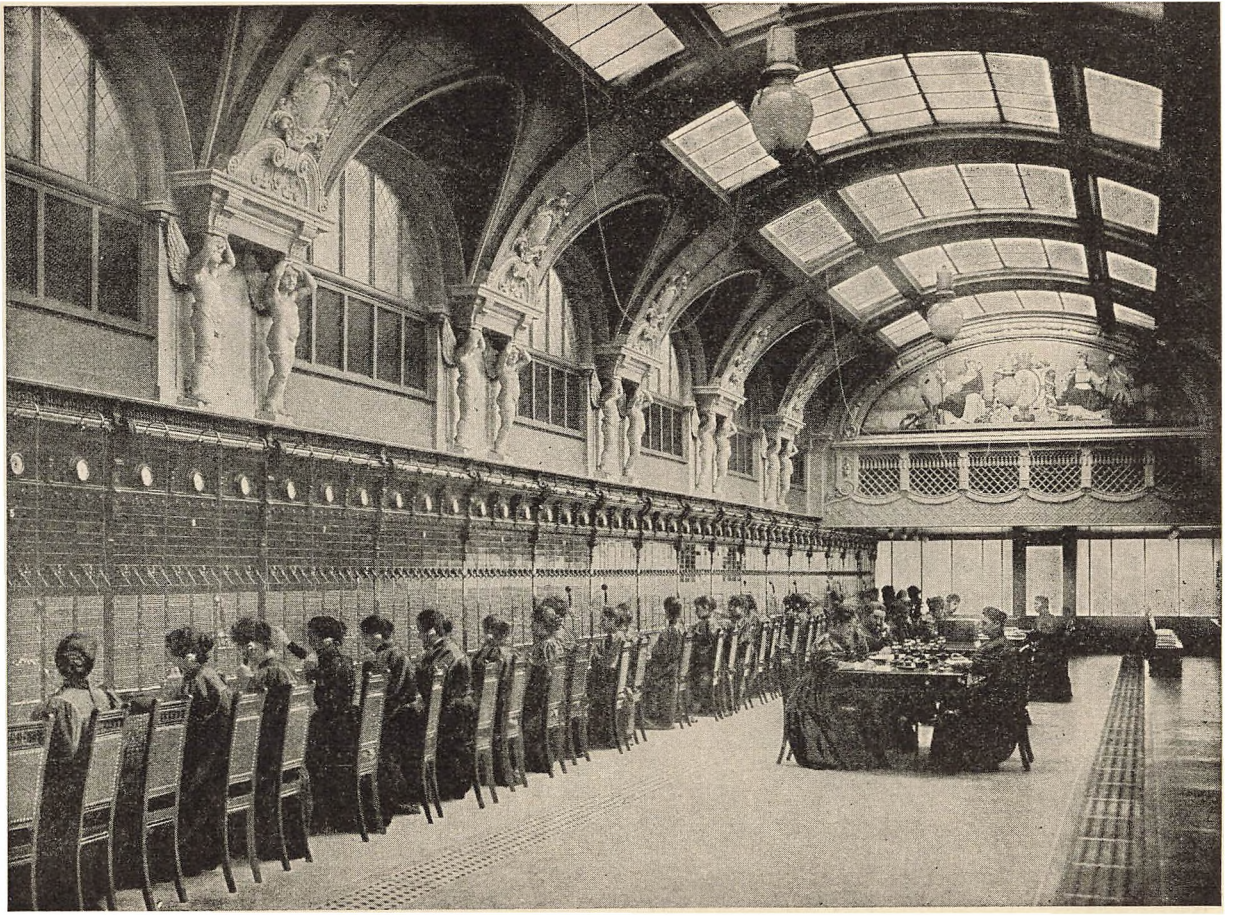


Fig. 125. Telefonsalen i det københavnske Telefonselskabs Centralstation i Yorcks Passage.

En anden Mikrofon end den foran nævnte viser Fig. 126; den tjener til, at man kan høre Lyde, der er saa svage, at de

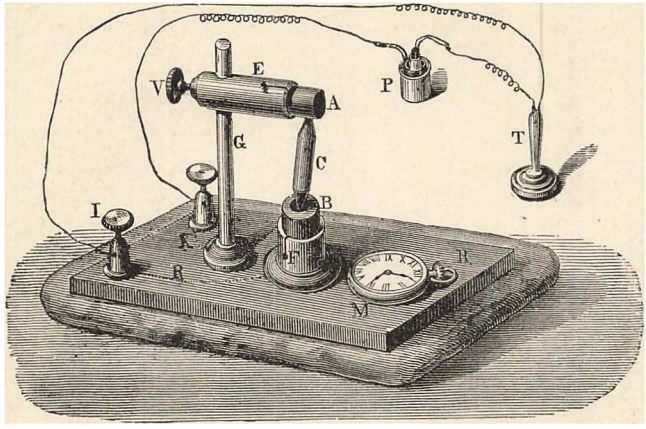


Fig. 126. En Mikrofon, forbunden med en Telefon.

ikke kan opfattes direkte af Øret, og saa kan disse svage Lyde endog føres langt bort. Indretningen er følgende:

Paa en Plade eller Kasse af tyndt Træ staar en Metalstang *G*, forbunden med Klemskruen *K*, og et Metalrør *F*, som bærer et lille rundt Stykke Kul *B* med en lille Fordybning foroven, forbunden med Klemskruen *I*. Ud til Siden fra *G* gaar en Messingholder *E*, der bærer Kulstykket *A*, som har en lille Fordybning paa Undersiden. Imellem *B* og *A* staar der en Kulstang *C*, hvis to noget tilspidsede Ender hviler løst i Fordybningerne. En Ledning udgaar fra *I* og *K*, og i den er indskudt et galvanisk Element *P* og en Bells Telefon *T*. Følger vi Ledningen rundt, ser vi, at der er et sluttet Kredsløb til Stede, og Elementet *P* sender Strøm igennem det.

Lægger man nu et Ur paa Mikrofonpladen, saa vil Urets Dikken høres overmaade tydeligt i Telefonen. Urets Slag sætter nemlig Pladen i fine Svingninger, og derved kommer Kulstangen *C* til at dirre lidt; men under disse ganske usynlige Rystelser bliver Berøringen imellem dens Ender og de to Kulstykker, som den hviler ind imod, skiftevis mere og mindre inderlig; en stærkere Berøring bevirker, at der her bliver lidt mindre Modstand for Strømmen at overvinde, saa

at Strømmen det Øjeblik bliver lidt kraftigere, medens en svagere Berøring giver større Modstand og altsaa svagere Strøm. Disse hurtige Vekslinger i Strømmens Styrke indvirker paa den ovenfor beskrevne Maade paa Telefonen *T*; dennes Jærnplade kommer i Svingninger, og Urets Dikken bliver saaledes hørlig. Gaar et Insekt hen over Pladen, kan ogsaa dette høres. Mikrofonen stilles paa et blødt Underlag, som forhindrer fremmede Lydsvingninger fra at naa Pladen og paavirke den.

Telegrafonen er en meget smuk Opfindelse, der skyldes vor ovenfor (S. 176) omtalte Landsmand *Valdemar Poulsen*. Den kan tjene til at optage en Telefonmeddelelse, naar der ikke er nogen tilstede, som kan høre den, og bagefter aflevere den til den, den er bestemt for. Meddelelsen hengemmes i Apparatet som en Slags magnetisk Skrift, og her skal nu i al Korthed gøres Rede for, hvorledes dette er muligt. I en Ledning (Fig. 127) er indskudt et Element *G*, en Taletelefon (Mikrofon) *M* og et Par smaa Elektromagneter *E*, hvis Poler *n* og *s* er anbragte tæt op til en Staaltraad, saaledes som Figuren viser; Traaden ses i Gennemsnit og er tænkt at gaa ud fra Papiret. Naar Apparatet skal bruges bevæges Staaltraaden fremad i sin Længderetning med en vis, ganske jævn Fart; det sker derved, at den er lagt omkring to Tromler og ved disses Omdrejning ved Hjælp af en Elektromotor samtidigt vikles af den ene og over paa den anden; det er paa det Stykke, der fører fra Tromle til Tromle, at *E* har sin Plads. Elektromagneten magnetiserer Staaltraaden paatværs, og tales der ind imod *M*, vil de derved fremkaldte Variationer i Strømstyrken bevirke, at Magnetismens Styrke i *n* og *s* bølger med, og derved faar ogsaa Staaltraaden paa den Strækning, der har passeret *E*, medens der blev talt, Magnetisme af vekslende Styrke paa de forskellige Steder. Magnetismen i Traaden vokser og aftager altsaa paa en Maade,

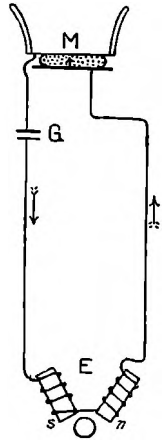


Fig. 127.

der er ganske i Overensstemmelse med Svingningerne i den Tale, der er ført imod *M*.

Naar Apparatet nu senere skal aflevere Talen, ombyttes *M* med en Høretelefon *T* (Fig. 128), og den magnetiserede Staaltraad lader man løbe tilbage paa den Tromle, hvorfra den var kommen. Naar Traaden saa føres frem igen i samme Retning som før, da der blev talt, vil man i Telefonen kunne høre Talen; dette fremkommer paa følgende Maade: den vekslende Magnetisme i Traaden gør *E*'s smaa Jernstænger magnetiske, skiftevis stærkere og svagere, og ved disse Variationer induceres der Strømme i Traadrullerne uden om Jærnstykkerne; disse Strømme gennemløber den hele Ledning og paavirker *T*, saaledes at man, naar man sætter Øret til *T*, kan høre Talen.

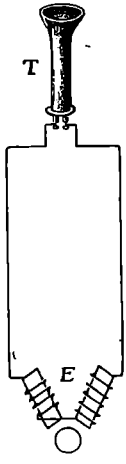


Fig. 128.

Den magnetiserede Staaltraad kan gengive Talen, saa ofte det skal være; har man ikke Brug for den mere, „visker" man den ud, hvilket sker derved, at en kraftig Magnet med uforandret Styrke føres hen langs Traaden og gør den ens magnetisk overalt. Den er saa parat til at optage ny Tale.

MEKANIK

Delelighed og Porøsitet.

Alle Ting kan deles.

Et Æble kan deles i to Halvdele, en af dem atter i to, en af dem igen o. s. v., og det kan man jo blive ved med, saa længe det skal være; Delene bliver til Slut meget smaa, og der skal fine Knive til at dele dem yderligere, men egentlig talt er der jo ingen lille Æblepartikel saa lille, at den ikke kan deles end ydermere.

Lad os se nogle Eksempler, der tydelig viser, at Delelighedeen kan drives overordentlig vidt.

Man kan støde Glas saa fint, at det bliver at føle paa som Mel; tager man Glaspulveret imellem Tænderne, kan man maaske nok mærke de enkelte Korn, dog ved at røre dem ud i Vand og lade dem bundfældes, hvorved de fineste kommer til at ligge øverst, kan man faa saa fine Korn, at de heller ikke føles imellem Tænderne. Men under Mikroskopet kan de ses enkeltvis og tillige deres Størrelse maales; man har maalt dem saa fine, at de kun var $^1/_{500}$ af et Menneskehaars Tykkelse. — Man kan udhamre Guld i Blade, som kun er $^1/_{5000}$ af en Millimeter tykke, — en lille Smule Indigo kan farve en en stor Vandmasse, — lidt Moskus fylder hurtigt et stort Rum med Moskuslugt; ja, naar en Hund kan følge sin Herres Spor, maa det ligge i, at ganske smaa Dele af ham bliver tilbage i Sporet, og ved at fordampe virker de paa Hundens Lugtesans

og leder den paa Spor. Gemsen skal, naar Vinden er gunstig, kunne vejre Jægeren i 100 Skridts Afstand, og dette kan jo kun ligge i, at Smaadele fra Jægerens Overflade føres af Vinden til Gemsens Næse.

Alle disse Eksempler viser os, at der praktisk set ingen Grænse er for Deleligheden. Denne Deling, som her er omtalt, og som er af en rent mekanisk Art, fører aldrig til Spaltning af et sammensat Stof i dets Grund-Bestanddele. Køkkensalt bestaar af Luftarten Klor og Metallet Natrium i kemisk Forening (Side 117); hvor fint man end deler et Saltkorn, saa indeholder dog hvert enkelt Del saavel Klor som Natrium. En kemisk Spaltning opnaar vi ikke ad denne Vej, men f. Eks. ved Elektrolyse (Side 118) eller paa andre Maader, som det hører til Kemiens Opgave at belære os om.

Det vil af det foregaaende forstaas, at man kan tænke sig enhver Ting — ethvert *Legeme,* som man i Fysiken plejer at kalde Tingene i Naturen — bygget op af en utallig Masse fine Smaadele, de saakaldte *Molekyler*, og disse Molekyler holdes i større eller mindre Grad til hinanden af Kræfter, som virker imellem disse Molekyler; var der ingen saadanne Kræfter virksomme, maatte alle Ting falde hen til Støv af allerfineste Art. Kun i Luftarter er der ingen saadan Sammenhængskraft: lader man i kort Tid Gas strømme ud af en Gashane, holder denne Gas sig ikke samlet, men breder sig ret hurtigt omkring i Luften.

Alle Ting er porøse.

De nylig omtalte Molekyler ligger ikke absolut tæt ved hverandre, men med bitte smaa Mellemrum. Et Vidnesbyrd herom har man i den Omstændighed, at alle Ting kan presses sammen, om det end ofte er grumme lidt, og Sammenpresningen beror netop paa, at Molekylerne kan bringes lidt nærmere til hverandre, end de er under normale Forhold; dette forudsætter imidlertid, at der er smaa Porer i Legemerne.

Naar vi her taler om alle Tings Porøsitet, saa mener vi ikke den Porøsitet, der er let synlig. Porerne i en Svamp, Brød o. s. v. er ligefrem Hulheder i disse Ting, der er noget for sig, forskelligt fra Porerne imellem Molekylerne igennem hele Legemets Indre.

Mange Stenarter, der ingen synlige Porer har, viser dog Porøsitet derved, at de kan gennemtrænges af Farvestoffer. — Ved at udsætte Vædsker i tynde Metalbeholdere for et stærkt indre Tryk, har man faaet Vædsken til at sive ud igennem Metallet, uden at dette har slaaet Revner; kun for Glas' Vedkommende har man ikke kunnet paavise nogen Porøsitet ad den Vej.

At ogsaa Vædsker er porøse, kan let vises ved at blande $^1/_2$ Liter Vand med $^1/_2$ Liter Sprit; Blandingen fylder da kun $^{96}/_{100}$ Liter.

Hvile og Bevægelse. Inertiens Lov.

En Sten, der ligger paa Vejen, siger man, er i Ro eller Hvile; den forandrer ikke sin Plads i Forhold til Jordoverfladen. Men den flytter sig dog i Rummet, thi Jorden drejer sig om sin Akse, een Gang i Løbet af et Døgn, og Jorden gaar omkring Solen med en Fart af ca. 4 Mil i Sekundet. Ogsaa Solen drejer sig omkring en Akse igennem dens Midte, og den har Bevægelse i Rummet henimod Stjernebilledet Herkules. Intet Steds er der absolut Hvile! Naar vi siger, at en Ting er i Ro, er det kun i Forhold til andre, som vi betragter som værende i Ro, f. Eks. den faste Jordskorpe. Al Hvile er relativ, og saaledes er det ogsaa med al Bevægelse.

En Ting kan være i Hvile i Forhold til nogle Ting, i Bevægelse i Forhold til andre.

Naar jeg staar stille paa et Skib, der glider langs et Bolværk, saa er jeg i Hvile i Forhold til Skibsdækket, men i Bevægelse i Forhold til Bolværket. Hvis jeg imidlertid spadserer hen ad Dækket fra Skibets Forende til Agterstavnen og netop med samme Fart, som Skibet glider fremad med, saa bliver jeg ud for samme Sted paa Bolværket; jeg er altsaa i Bevægelse i Forhold til Skibsdækket, men i Hvile i Forhold til Bolværket.

Naar en Ting er i Hvile, kommer den ikke af sig selv i

Bevægelse, og naar en Ting er i Bevægelse, forandrer den ikke af sig selv sin Bevægelse; den søger i dette sidste Tilfælde at blive ved med at gaa lige ud, stadigt med samme Fart.

Den første Del af vor Sætning er der ingen, der studser ved, hvorimod man maaske nok vil sætte et lille Spørgsmaalstegn ved den anden Del; men tænker man nærmere efter, saa svinder Forundringen.

Naar man triller en Kugle hen ad en Vej, saa bliver dens Fart stedse mindre, og til Slut kommer Kuglen til at ligge helt stille; her har der imidlertid været Virkninger udefra, som hæmmede Kuglens Bevægelse, nemlig Gnidningen imod Vejen og Modstand fra de Smaastene, der ligger paa Vejen; endvidere er der en Luftmodstand at regne med. — Trilles Kuglen hen ad et Gulv, saa kan den holde sig meget længere i Bevægelse, og trilles den hen ad en glat Isflade, saa triller den mange, mange Gange længere, før den standser; Hindringen udefra er da reduceret betydeligt og vi kan da slutte, at var der slet ingen Hindringer, vilde Hastigheden forblive uformindsket.

En Bevægelse, hvor Hastigheden hele Tiden er den samme, siges at være *jævn*. Hastigheden maales ved Vejlængden, som Legemet tilbagelægger i 1 Sekund — naar intet andet Tidsrum nævnes. En Ting gaar med 3 Meters Fart, naar den kommer 3 m. frem i hvert Sekund.

Jævne Bevægelser uden ydre Paavirkninger er dog næsten ukendte, fordi man sjeldent bliver helt fri for Hindringer, navnlig Luftmodstanden. Men Jordens egen Akseomdrejning er dog en saadan jævn Bevægelse; vel er Jorden omgivet af et Luftlag, men dette holdes ind til Jorden af Tyngdekraften, ligesom en Stol, et Bord osv., og Luftlaget følger med Jorden under dennes Bevægelser.

Som ovenfor sagt: en Ting forandrer ikke af sig selv sin Hvile- eller sin Bevægelsestilstand; den er *træg*, der skal noget udefra til, for at den skal komme i Bevægelse, hvis den er i Hvile, eller til at forandre dens Bevægelse baade i Henseende til Hastighed og til Retning. Dette noget, der skal paavirke Tingen udefra, kalder man en *Kraft*.

Sætningen om en Tings Tilbøjelighed til at blive i den Hvile eller den Bevægelse, den en Gang har, hedder *Inertiens Lov*; ogsaa: Ligegyldighedens eller Trægheds Lov.

Lad os nævne nogle Eksempler.

Man lægger et Kortblad over et Vandglas og paa Kortet en Mønt; knipser man nu ved et rask Knips Kortet bort, falder Mønten ned i Glasset; — lidt trækkes Mønten dog nok med af Kortet paa Grund af Gnidning.

Hovedet paa en Hammer eller paa en Økse kan man faa til at sidde fast paa Skaftet ved at tage fat paa dette, vende Hovedet nedad og saa slaa Skaftet op imod et Bord eller lign.; det hele kommer derved i Bevægelse straks, saa standses Skaftet, men Hovedet søger at blive ved noget endnu, og da glider det længere ind paa Skaftet.

Vil man gøre et langt Spring, bruger man Tilløb; da er man allerede i Fart, og naar man saa „sætter af", forøges den Hastighed, man allerede har.

Staar man i en Vogn, der pludselig sættes i Gang, falder man let bagover, og standser en Vogn pludseligt, i hvilken man staar, falder man let forover.

Springer man af en Sporvogn, der er i Fart, beholder man Farten fremefter; støder Fødderne saa imod Jorden, standses de, og Overkroppen falder til den Side, Vognen kører. Man bør derfor springe af med Ansigtet i Kørselsretningen og i Springet kaste Overkroppen tilbage.

Kraft. Tyngde.

Som ovenfor sagt er en *Kraft* en udefra kommende Aarsag til, at en Ting, der er i Hvile, kommer i Bevægelse, og til, at en Ting, der er i Bevægelse, faar denne Bevægelse forandret enten i Henseende til Hastighed eller til Retning eller maaske til begge Dele. Hvad Kraftens Natur egentlig er, ved vi ikke noget om, vi kan kun slutte os til Kraftens Eksistens af de Virkninger, som vi iagttager. Den trillende Kugles Gnid-

ning imod Isen eller Gulvet, Luftens Modstand o. s. v. er saadanne Kræfter, men da disse kun kan virke hemmende og ikke fremmende paa en Bevægelse, kaldes de ogsaa *passive* Kræfter.

Naar vi skønner, at der virker en Kraft paa et Legeme, vil vi altid ved nærmere Undersøgelse finde et andet Legeme, hvorfra Kraften kan siges at udgaa; i de nys nævnte Eksempler er dette andet Legeme Gulvet, Isen og Luften.

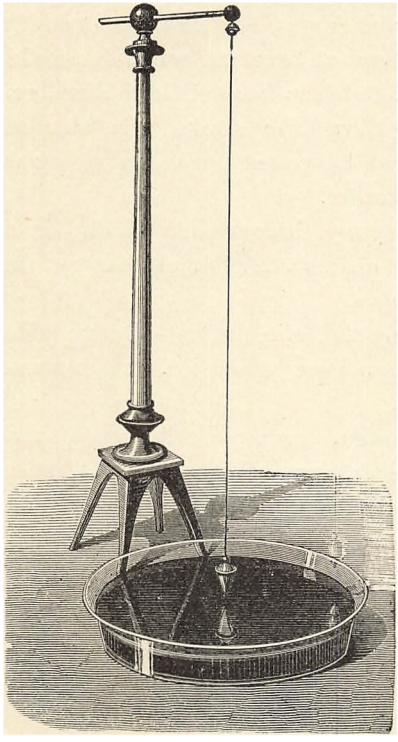


Fig. 129.

Holder jeg en Sten i i Haanden og giver slip paa den, falder den. Dens Fald sker i en ganske bestemt Retning, som vi kalder *lodret* eller *vertikal*.

Den lodrette Retning finder man ved Hjælp af en Lodsnor.

Denne Retning er tværs paa enhver Vædskeoverflade; bedst ses det, naar man stiller en Skaal med Kviksølv (Fig. 129), hvis Overflade er stærkt spejlende, ind under Lodsnoren; thi Spejlbilledet af denne vil da være lige i dens Forlængelse, hvad der ikke vilde finde Sted, hvis Vædskeoverfladen havde en skraa Stilling imod Lodsnoren; Forsøget kan ogsaa gøres, naar man fra en Bro, der gaar lidt ud i Vandet, holder en Lodsnor ned over dette.

Nu er Jorden jo meget nær en Kugle, og Lodsnoren vil da meget nær have Retning ind imod Jordens Centrum. Lodsnore paa forskellige Steder af Jorden er derfor ikke parallele, men ligger Stederne nær ved hinanden, er der dog ingen synlig Forskel paa deres Retninger. Men vi forstaar, at et

Menneske, der staar paa den stik modsatte Side af Jorden som vi (han er vor „Antipode"), har „opad" i den Retning, hvor vi har „nedad", og omvendt.

Da nu som sagt et Legeme, som vi holder ud i Rummet og giver slip paa, falder lodret ned imod Jorden, og dette finder Sted, hvor vi saa end er paa Jorden, slutter vi, at dette Fald skyldes en Kraft der udgaar fra Jorden, og som virker paa alle Ting paa og ved Jorden — ja, den virker ogsaa paa Ting, der er langt fra Jorden, saaledes f. Eks. paa Maanen; derom mere senere. Denne Kraft kalder vi *Tyngden* eller *Tyngdekraften*. Naar en Ting er hængt op, giver Tyngden sig tilkende som et Træk i Ophængningen, og hviler den paa et Underlag, ytrer Tyngden sig som et Tryk, Tingen udøver paa dette Underlag. De forskellige Ting udøver ulige store Træk eller Tryk; Størrelsen af disse kalder vi Tingens *Vægt*.

Enhed for Vægt og for Længde.

Vægten angiver vi i visse Enheder: Kilogram, Gram, Pund o. s. v. Man er bleven enig om, at et ganske bestemt Legeme, som man har valgt dertil, har en Vægt paa 1 Kilogram (kg.) eller, som man ogsaa siger, 1 Kilo; dette Enhedslod opbevares i Paris, og man har saa lavet Efterligninger deraf til de andre Lande. En Vægt, der er en Tusindedel af et Kilograms Vægt, hedder et *Gram*. — I Danmark har vi hidtil havt Pundet som Vægtenhed; der gaar nøjagtig 2 Pund (℔) paa 1 Kilogram. 1 Pund deles i 100 Kvint, og da 1 Pund er ligesaa meget som 500 Gram, saa er 1 Kvint = 5 Gram.

Lad os med det samme omtale *Længdemaalene*. I Paris opbevares ogsaa en Metalstang, hvis Længde man er bleven enig om er 1 Meter, og af den er der lavet Kopier, som de forskellige Lande har faaet for deraf at lave nye Efterligninger, der kan gaa i Handel og Vandel. 1 Meter deles i 10 Decimeter eller i 100 Centimeter eller i 1000 Millimeter. Heraf

følger, at der f. Eks. gaar 10 Centimeter paa 1 Decimeter. — I Danmark var en *Fod* eller en *Alen* hidtil almindeligt Længdemaal. 1 Alen er lig 2 Fod, og da der gaar 24 Tommer paa en Alen, gaar der 12 Tommer paa en Fod.

Der er den Sammenhæng imellem Meter og Fod, at 1 Meter er godt og vel $3^1/_6$ Fod, nærmest $38^1/_4$ Tomme. Da bliver 1 cm. nærmest $^3/_8$ Tomme. (Fig. 130.)

Tænker man sig en Tærning, der er 1 Decimeter paa hver Led, saa er dens Rumindhold det, vi kalder 1 Kubikdeci-

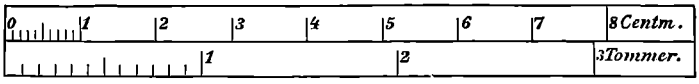


Fig. 130.

meter. En Tærning, der paa hver Led er 10 Gange mindre, altsaa kun 1 Centimeter, dens Rumindhold hedder 1 Kubikcentimeter, og af saadanne gaar der 10 × 10 × 10 eller 1000 paa 1 Kubikdecimeter. 1 Fod er jo 12 Tommer, og paa 1 Kubikfod gaar der da 12 × 12 × 12 eller 1728 Kubiktommer. — En Vædskemængde, der kan rummes i en tærningformet Beholder, der i indvendigt Maal er 1 Decimeter paa hver Led, siges at have et Rum paa en *Liter*, og dette Rummaal er meget nær det samme som det, der i Danmark er kaldt en *Pot*; Forskellen er i alt Fald meget ringe.

Nu er der den Sammenhæng imellem Rummaal og Vægtmaal, at *1 Liter Vand vejer 1 Kilogram* (altsaa 1 Pot Vand vejer meget nær 2 Pund). — Paa 1 Liter gaar der jo 1000 Kubikcentimeter, paa 1 Kilogram 1000 Gram; altsaa vejer 1 Kubikcentimeter Vand 1 Gram.

Tyngdepunktet.

Naar man slaar en Sten i Stykker og Stumper, saa viser Erfaringen, at enhver nok saa lille Stump har Vægt; d. v. s. Jorden udøver et Drag i den, thi den vil falde, naar der ingen Hindringer er herfor. Dette Drag paa hver enkelt Stump, det

udøvede Jorden naturligvis ogsaa, medens Stenen var hel; og dog forholder Stenen sig, som om Jorden kun trak med een Kraft i den. Der er et Punkt i et Legeme, hvori det kan synes, at Tyngden alene virker, og dette Punkt kalder man *Tyngdepunktet*; ethvert Legeme har et Tyngdepunkt og kun eet.

Lad os tænke os et Legeme ophængt ved et af dets Punkter (*A*) i en Snor (Fig. 131), og vi overlader det ganske til

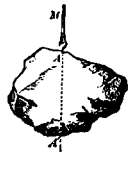


Fig. 131.

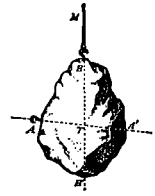


Fig. 132.

sig selv. Det stiller sig da saaledes, som om der virkede kun een Kraft paa det, og denne Kraft maa virke et Sted i Forlængelsen *AA'* nedefter af Ophængningssnoren *MA*. — Vi ophænger saa Legemet ved et af dets andre Punkter *B* (Fig. 132) paa samme Maade, og naar det er kommen i Ro, maa Tyngden virke som een Kraft i Forlængelsen *BB'* af Snoren. — Disse to Forlængelser *AA'* og *BB'* krydser hinanden i et Punkt *T*, og det er Tyngdepunktet. Vilde vi ophænge Legemet paa lignende Maade i et tredie, et fjerde Punkt o. s. v., saa vil i alle disse Tilfælde Forlængelsen nedefter af Ophængningssnoren gaa igennem det samme Punkt *T*.

Imidlertid er det ikke altid muligt at faa Tyngdepunktet af et Legeme bestemt paa denne Maade, fordi man ikke kan følge Snorforlængelsen ned igennem Legemets Indre. Er Legemet fladt, en Plade f. Eks., saa lader Bestemmelsen af Tyngdepunktet sig dog foretage paa denne Maade.

Vi tager en Træplade af en hvilkensomhelst Form med nogle smaa Huller nær Kanten. Igennem et af Hullerne stikker vi en Strikkepind, holder denne vandret i Haanden, og Pladen vil da stille sig i en bestemt Stilling; vi tager da en fin Lodsnor i Haanden og holder Snoren tæt ind til Strikkepinden, saa at den hænger ned lige foran Pladen. Langs Snoren,

medens den hænger saaledes, tegnes der en Linie, f. Eks. med Blyant, paa Pladen.

Vi gentager Forsøget, idet vi bruger et af de andre Huller. De to Blyantslinier overskærer hinanden i et Punkt.

Vi benytter et tredie, et fjerde Hul, og det viser sig, at alle Blyantslinierne skærer hverandre i det samme Punkt.

Naar Pladen hænger ved et af sine Huller paa Strikkepinden, og den saa svinges lidt ud til Siden, bliver det nævnte Skæringspunkt ført ud i en Bue, der krummer sig opefter; slippes Pladen, falder den tilbage og faar efter nogle Svingninger sin gamle Stilling igen.

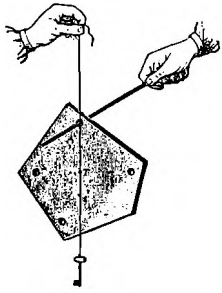


Fig. 133. En Plades Tyngdepunkt findes.

Det Sted i Pladen, som ligger indenfor Skæringspunktet halvvejs ind i Pladen, er da Pladens Tyngdepunkt. Pladen forholder sig, som om hele dens Vægt var samlet i dette Punkt, og derfor stræber dette altid saa langt ned som muligt.

Pladens Tyngdepunkt kunde man ogsaa finde ved at holde en Lineal saaledes, at dens skarpe Kant vender opad og saa lægge Pladen ned paa denne Kant; man skyder Pladen henover Kanten, indtil den saa nær som muligt balancerer, og da afstreger man paa Pladens Underside der, hvor Linealen gaar hen under den. Pladen drejes dernæst noget rundt og bringes atter til at balancere paa Kanten. Det Sted, hvor Kanten nu krydser den Linie, om hvilken Pladen før vuggede, angiver da Tyngdepunktets Plads. Faar man en Blyant eller et Penneskaft til at balancere paa Æggen af et Knivsblad, ligger Tyngdepunktet lige oven over Æggen.

Medens Pladen let kan komme i Ro, naar den hænger paa Strikkepinden, er det næsten umuligt at faa den til at balancere paa Linealens skarpe Kant. I det første Tilfælde er Tyngdepunktet nemlig under Ophængningen (Strikkepinden), men i det sidste Tilfælde over den (Linealkanten), og Tyngdepunktet søger jo altid nedad.

Lad os se lidt nærmere herpaa.

I Fig. 134 er en Plade drejelig om en Akse *c*, der ligger

lodret oven over Tyngdepunktet *s*, og Pladen er derfor i *stadig Ligevægt*; drejer man den ud til Siden, saa kommer Tyngdepunktet om i en anden Stilling, *s'*, der ligger højere end *s*, og Tyngdekraften, der virker lodret nedad (antydet ved Pilen), vil da føre Pladen tilbage til dens gamle Stilling.

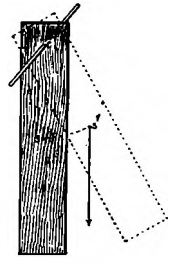


Fig. 134.

I Fig. 135 ligger omvendt Pladens Tyngdepunkt lodret oven over Omdrejningsaksen; ved en nok saa lille Drejning ud til Siden vil Tyngdepunktet gennemløbe en Bue *ss'*, der gaar nedefter, og Tyngden, der virker lodret nedad, vil da føre Pladen længere bort fra den oprindelige Stilling; denne var en *ustadig Ligevægt*.

I Fig. 136 endelig kan Pladen dreje sig om en vandret Akse igennem Tyngdepunktet; til hvilken Stilling man end drejer Pladen hen, forbliver den i Ro — til hvad Side skulde den ogsaa dreje sig væk derfra? den ene er lige saa god som den anden. Vi har her med en *ligegyldig Ligevægt* at gøre.

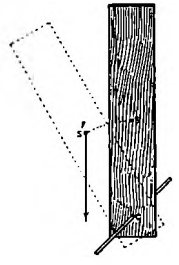


Fig. 135.

Det er ikke altid, at Tyngdepunktet for et Legeme ligger indenfor dets Omraade. — Tyngdepunktet for en Ring, der er ens helt rundt, ligger i Ringens Centrum; en Stol har heller neppe sit Tyngdepunkt liggende inde i selve det Stof, hvoraf Stolen er lavet, men det ligger ude i Luften i en bestemt Stilling til Sædet og til Ryggen paa Stolen.

Sætter man en halvt aabnet Kniv fast i et Blyant nær ved Spidsen, vil man let kunne faa Blyantet til at staa lodret paa en Finger, fordi Blyantets og Knivens fælles Tyngdepunkt ligger under Blyantspidsen.

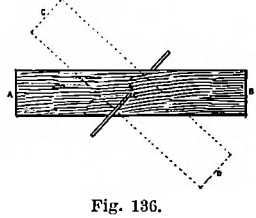


Fig. 136.

I Fig. 137 er en Kop bragt til at balancere med sin Bund paa Spidsen af en Kniv, derved at Koppen er bragt i fast Forbindelse med henholdsvis en Gaffel og to Knive; i det

første Tilfælde er Proppen saa tyk, at den kan klemmes fast i Hanken, og Gaffelen stikkes saa ind i denne Prop; i det andet Tilfælde er Knivene stukne først ind i Hanken, og Proppen klemmer dem saa fast ind til Koppen.

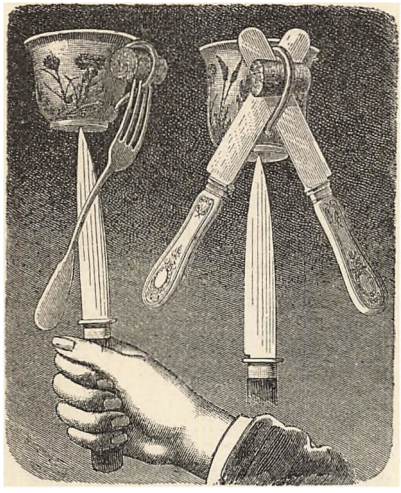


Fig. 137.

Naar en Ting hviler paa et Underlag, saa maa altid en lodret Linie nedefter fra Tingens Tyngdepunkt — den saakaldte *Faldlinie* — træffe Underlaget indenfor Omraadet af den Flade, der udgør Tingens Understøtning; ellers vælter Tingen.

Et trebenet Bord har til Understøtningsflade den Trekant, man kan tegne paa Gulvet mellem de tre Punkter, hvor Benene rører ved Gulvet. Faldlinien rammer Gulvet indenfor denne Trekant.

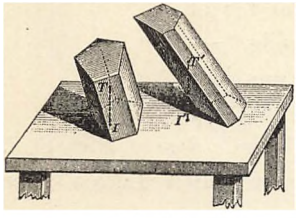


Fig. 138.

Jo tungere Tingen er, jo lavere dens Tyngdepunkt ligger, og jo større dens Understøtningsflade er, desto fastere staar den.

Af de to Klodser i Fig. 138 staar den lille fast, men den større vil vælte, thi det Punkt I' paa Bordet, som ligger lodret under Tyngdepunktet T' for den store Klods, falder udenfor Understøtningsfladen.

Saavel i Pisa som i Bologna, begge i Italien, findes skæve Taarne. Paa Fig. 139 findes Taarnet i Bologna afbildet, hvilket har en Højde paa ca. 50 Meter og er noget skævere end det i Pisa; Skævheden antages at hidrøre fra en Sænkning i Jordbunden. I begge Taarne ligger Tyngdepunktet (G) saa langt inde, at den lodrette Linie ned fra dette falder indenfor Taarnet. Vil man have en Stok til at staa lodret paa en Finger,

maa man bevæge denne stadigt frem og tilbage, thi Understøtningsfladen er saa lille, at der ikke skal meget til, at den lodrette Linie fra Tyngdepunktet falder udenfor den; man maa derfor idelig flytte Understøtningsfladen hen under de nye Stillinger, som Tyngdepunktet faar. En lige saa stor Jernstang vilde være lettere at bære, da man bedre kan føle Flytningen

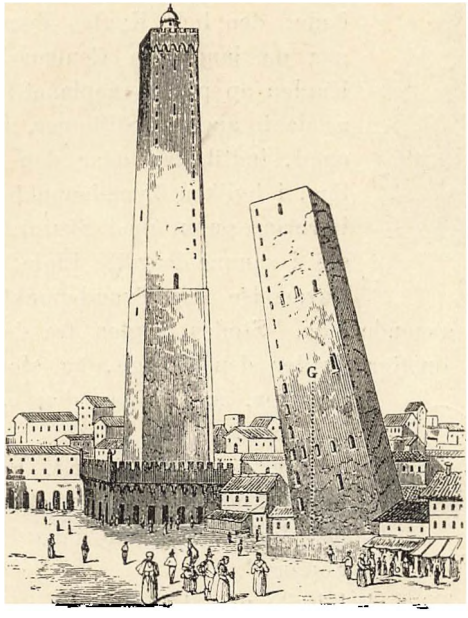


Fig. 139.

af et tungt Legemes Tyngdepunkt. Jo længere Stangen er, desto bedre bæres den, fordi det højt liggende Tyngdepunkt ved et Fald kommer til at beskrive en større Bue, saa at man hurtigere kan følge efter med Understøtningsfladen.

Gaar man paa Stylter, gælder der noget lignende; Understøtningsfladen er her en smal Strimmel nede paa Jorden fra den ene Stylte til den anden.

Medens i al Almindelighed Tønder, Kugler osv., der lægges op paa skraat stillede Flader, giver sig til at trille ned, fordi den lodrette Linie fra Tyngdepunktet rammer Skraaplanet nedenfor disse Tings Berøringslinier eller -punkter med Skraa-

planet, saa kan man dog ved at give Tyngdepunktet en usymmetrisk Plads i saadanne Legemer faa dem til at trille et Stykke op ad Skraaplanet og komme i Ro paa dette i en bestemt Stilling.

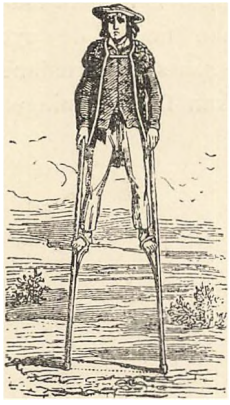


Fig. 140.

Fig. 141 viser os en Kugle, f. Eks. af Træ, i hvilken der etsteds er indlagt en lille Blymasse tæt ved Kuglens Overflade; den hele Kugles Tyngdepunkt ligger da langt fra Centrum, og lægges Kuglen op paa Skraaplanet i den nederste af de to angivne Stillinger, saa triller den opad, indtil den naar den øverste Stilling, i hvilken Tyngdepunktet og Kuglens Berøringspunkt med Skraaplanet befinder sig i samme lodrette Linie; under denne Bevægelse har Tyngdepunktet beskrevet en nedefter gaaende Bue. Stødes Kuglen fra dennes øverste Stilling lidt opefter, triller den tilbage, og stødes den lidt nedefter, saa triller den ogsaa tilbage, d. e. opad.

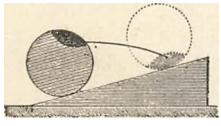


Fig. 141.

Med et Tøndebaand, hvortil der er bundet noget tungt et eller andet Sted paa Indersiden, kan man let gøre dette Forsøg.

Naar en Ting skal hvile paa et Underlag i et eneste Punkt, saa er det en Betingelse herfor, at dets Tyngdepunkt ikke kommer til at gaa længere ned ved et lille Stød til Legemet; det er derfor, at en helt igennem ens Kugle, hvor Tyngdepunktet er i Centrum, kun kan ligge stille paa en Flade, naar denne er vandret. En saakaldet Trolddukke (Fig. 142) rejser sig op, naar den lægges ned paa et Bord; dens nederste Del er en Kuglekalot af Bly, medens den øvrige Del er ret let, og Dukken har derfor sit Tyngdepunkt inde i Blymassen. Naar den da staar op, har Tyngdepunktet en lavere Stilling, end naar den drejes ud til Siden.



Fig. 142.

Et Æg kan ligge ned paa et Bord, men ikke staa paa Enden, thi i en saadan Stilling vilde Tyngdepunktet ligge højere, end naar det drejes ud til Siden; det vil derfor straks falde.

Naar et Menneske staar op paa begge sine Ben, ligger hans Tyngdepunkt inde i Kroppen lidt over Hofterne, og Faldlinien træffer Underlaget indenfor Understøtningsfladen, hvilken paa Fig. 143 er antydet ved punkterede Linier. Naar han da vil gaa, flyttes Forkroppen saa langt frem, at Faldlinien falden udenfor Understøtningsfladen, og han vilde da uundgaaelig falde, hvis han ikke skaffede sig en ny Understøtningsflade ved at flytte det ene Ben: Gangen er et stadig afbrudt Fald!



Fig. 143.

Naar man bærer en Byrde paa Ryggen (Fig. 144), læner man sig uvilkaarlig forover, thi nu kommer det an paa Beliggenheden af det fælles Tyngdepunkt for Mennesket og Byrden, som om disse tilsammen udgjorde eet Legeme. Ligesaa naar man bærer en tung Byrde i den ene Haand, hælder man sig ubevidst over til den anden Side og strækker den anden Arm ud, thi derved flytter man sit eget Tyngdepunkt saa langt ud til Siden, at Menneskets og Byrdens fælles Tyngdepunkt kan komme ind over Understøtningsfladen.



Fig. 144.

Faldet.

Vi ved, at naar man tager en Tings Understøtning bort fra den, saa falder den, og hvis man ikke giver den nogensomhelst Sidebevægelse, idet man slipper den fri, saa falder den lodret nedad.

Faldet i Luften er imidlertid en temmelig sammensat Bevægelse, fordi Luften byder en Modstand imod Faldet, og denne Modstand bliver under Faldet desto større, jo større Fart Legemet faar; den tiltager endog i en større Grad end Farten.

Den italienske Fysiker *Galilæi*, der først har angivet de Love, som gælder for Faldbevægelsen, viste ved at lade lige store Kugler af forskellige Metaller falde ned fra Toppen af det skæve Taarn i Pisa, at de brugte alle lige lang Tid derom. Dette Resultat kan ikke undre os, thi vel drages den tungeste Kugle med den største Kraft ned imod Jorden, men denne Kraft har jo ogsaa den største Mængde Stof at føre nedefter: i samme Forhold som Kraften er større, er ogsaa den bevægede Masse større, og da bliver Bevægelsen den samme. Da Galilæi imidlertid ogsaa lod lige saa store Kugler af lettere Stoffer falde, viste det sig, at de var længere Tid om at naa Jorden, men dette hidrører fra den Indflydelse, som Luftmodstanden faar. Lader man en Metalkugle og et Stykke Papir falde fra Haanden i samme Øjeblik, saa kommer Papiret senere ned til Gulvet end Kuglen, fordi Papiret er saa let i Forhold til Størrelsen af den Flade, som det frembyder overfor Luftens Modstand; tillige falder Papiret ikke nøjagtigt lodret ned, idet Luftmodstanden kan indvirke ændrende paa dets Bane. Men fjernede man Luftmodstanden, d. v. s. lod man saavel Kuglen som Papiret falde i et Rum, af hvilket man havde udpumpet Luften, saa vilde de falde ganske nøjagtigt lige hurtigt. Dette kan man godtgøre ved Forsøg, og vi har altsaa den Lov for Faldet, at naar Tyngden er den eneste virkende Kraft, saa *falder alle Legemer lige hurtigt.*

Et Fald i et lufttomt Rum kalder man et *frit Fald*; Tyngden er den eneste Indvirkning udefra paa det faldende Legeme, den eneste Kraft, som giver Legemet Fart. Vi skal nu høre lidt om det frie Falds Beskaffenhed.

For hvert Sekund, Legemet falder, forøges dets Hastighed med 10 Meter; da det ingen Hastighed har i det Øjeblik, Faldet begynder, saa er Hastigheden i det Øjeblik, da det første Sekund er til Ende, og det andet begynder, 10 Meter; i Løbet af det andet Sekund forøges Hastigheden atter med

10 Meter, saa at den er 10 m + 10 m eller 20 Meter, naar det andet Sekund er til Ende. Vi indser paa den Maade, at Hastigheden ved Slutningen af det tredie Sekund er 20 m + 10 m = 30 m, d. e. 3 × 10 m, ved Slutningen af det fjerde Sekund 30 m + 10 = 40 Meter, d. e. 4 × 10 m o. s. v.

Hvad mener man nu egentlig med, at Hastigheden ved Slutningen af det tolvte Sekund er 120 m? Det er nemt nok med Begrebet „Hastighed", naar vi har med jævne Bevægelser at gøre, thi 7 Meters Hastighed betyder da, at det paagældende Legeme kommer 7 m frem i hvert Sekund. Men her ved Faldet stiger Hastigheden jo fra Øjeblik til Øjeblik, og der bliver langtfra gennemløbet lige lange Veje i hvert Sekund; Vejlængden pr. Sekund bliver desto større, jo længere Tid Legemet har været i Bevægelse. At det faldende Legemes Hastighed efter 12 Sekunders Fald er 120 m, vil da sige, at hvis man tænkte sig det Tilfælde indtræde. at Tyngdekraften pludseligt holdt op med at virke paa Legemet, netop 12 Sekunder efter at Faldet var begyndt, saa vilde Legemet paa Grund af Inertien (Side 199) falde videre *med en jævn Bevægelse* og under denne komme 120 m frem i hvert Sekund.

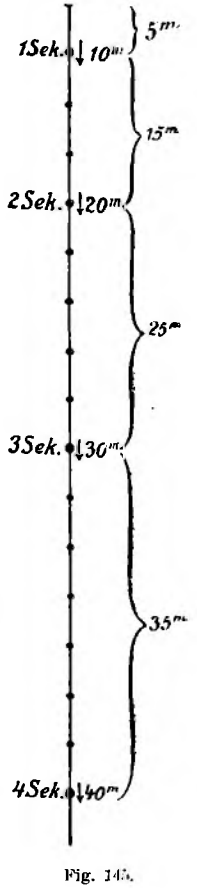


Fig. 145.

Vi har nu set, hvordan det gaar med Legemets Hurtighed under Faldet, og skal derpaa høre om, *hvor langt* Legemet falder. Dette er ikke saa lige at løbe til, men tænker vi rigtigt efter, saa gaar det nok.

I Løbet af det første Sekund voksede Hastigheden gradvis fra 0 op til 10 m; havde Legemet beholdt sin Begyndelseshastighed, som jo er 0, saa var det slet ingen Vej kommen, Vejlængden vilde være 0; hvis Legemet straks ved Begyndelsen havde havt en Hastighed af 10 m og havde beholdt den uforandret, saa var det kommen Vejen 10 m frem i dette Sekund; Faldvejen i det første Sekund maa

derfor aabenbart være større end 0 og mindre end 10 m, og da Hastigheden vokser gradvis fra 0 op til 10 m, vil Vejen være det Antal Meter, man finder ved at tage Middeltallet af 0 og 10; da man altid faar et Middeltal for to andre ved at lægge dem sammen og dividere med 2, saa faas her 5, og Faldvejen i det første Sekund er saaledes 5 m.

I det andet Sekund vokser Hastigheden gradvis fra 10 m til 20 m; havde Legemet beholdt sin Begyndelseshastighed 10 m hele Sekundet igennem, var Faldvejen bleven netop 10 m, men den er større; havde Legemet straks havt sin Endehastighed 20 m og beholdt den uforandret, saa var Vejlængden bleven 20 m. Den virkelige Vejlængde er da større end 10 m og mindre end 20 m, og den ligger netop midt imellem disse Tal paa Grund af det gradvise i Hastighedens Vækst; den bliver 15 m, thi dette Tal kommer frem ved at lægge 10 og 20 sammen og dividere med 2.

Ved lignende Ræsonnement finder man, at Vejlængden, som Legemet gennemfarer i det tredie Sekund er 15 m, i det fjerde Sekund 35 m o. s. v.

Da $15 = 3 \times 5$, $25 = 5 \times 5$, $35 = 7 \times 5$ o. s. v., saa ser man, at Vejene i de forskellige Sekunder regnet fra Begyndelsen af forholder sig som fra 1 til 3 til 5 til 7 o. s. v., o: som de ulige Tal.

Vi vil saa dernæst regne Vejlængderne ud i flere Sekunder *tilsammen*, regnet fra Begyndelsen af.

I de to første Sekunder tilsammen er Faldvejen 5 m + 15 m, altsaa 20 m, hvilket kan skrives som 4×5 m eller $2 \times 2 \times 5$ m.

I de tre første Sekunder tilsammen er Faldvejen 5 m + 15 m + 25 m, altsaa 45 m, hvilket kan skrives som 9×5 m eller $3 \times 3 \times 5$ m.

I de fire første Sekunder tilsammen er Faldvejen 5 m + 15 m + 25 m + 35 m, altsaa 80 m, hvilket kan skrives som 16×5 eller $4 \times 4 \times 5$ m.

Vejen i de fem første Sekunder tilsammen bliver i Overensstemmelse hermed $5 \times 5 \times 5$ m, hvilket er 125 m.

Vejen i de elleve første Sekunder tilsammen bliver $11 \times 11 \times 5$ m $= 605$ m o. s. v.

I de her fundne Resultater har vi udtrykt Lovene for det frie Fald, d. v. s. for Faldet i et lufttomt Rum.

Naar der spørges: hvor lang Tid er et Legeme om at falde igennem en Højde af 135 m i det lufttomme Rum? saa udregner man først, hvor mange Gange 5 „gaar op i" 135; det bliver 27; derpaa finder man saa nær, det lader sig gøre, det Tal, som multipliceret med sig selv giver 27; det er lidt over 5, nærmest $5^1/_5$; saa mange Sekunder varer Faldet. Den Hastighed, som Legemet opnaar ved at falde igennem disse 135 m, bliver da $5^1/_5 \times 10$ m $= 52$ m.

Hvad nu Faldet i Luften angaar, saa modvirkes det som omtalt af den Modstand, som Luften gør imod Bevægelsen derved, at Legemet jo maa drive Luften væk for at komme frem igennem den, og Legemet maa her udrette desto mere, jo større Fart det har. Faldet i Luften gaar da saaledes for sig, at Hastigheden tiltager, men det, den tiltager i hvert Sekund, bliver efterhaanden mindre og mindre, og tilsidst er der ingen Hastighedstilvækst mere; Legemet vil da fremtidigt falde med en jævn Bevægelse.

Et faldende Legeme faar desto hurtigere denne jævne Bevægelse, jo større dets Overflade er i Forhold til dets Vægt.

Jo mindre en Kugle af et vist Stof er, desto mindre vejer den jo, og desto mindre Overflade har den at byde frem for Luftmodstanden, men Vægten aftager langt stærkere end Overfladen. En Kugle, der har en 10 Gange saa lille Diameter som en anden Kugle af samme Stof, den har en 1000 Gange saa ringe Vægt, men kun en 100 Gange saa lille Overflade. Deraf følger saa, at Luftmodstanden ikke aftager i saa stærk Grad som Vægten, at med andre Ord Luftmodstanden er forholdsvis stor for de smaa Legemers Vedkommende. Derved kan vi forstaa, at Støv kan holde sig svævende i Luften, skønt den Substans, hvorfra Støvet kommer, er mange, mange Gange tungere end Luften; den svageste Bevægelse af Luften fører Støvdelene med sig, og højt til Vejrs paa snedækte Bjerge ligger der Støv, som af Luften er ført derop fra Dalene.

Hvor ringe Luftmodstandens Indflydelse paa tunge Legemers Fald er, fremgaar deraf, at en Blykugle paa 5 Centimeters Diameter, som man lod falde ned fra St. Pauls Kirkens Kup-

pel i en Højde fra Jorden paa ca. 90 Meter, kun brugte $^1/_4$ Sekund mere, end den vilde have brugt til det samme Fald i et lufttomt Rum.

Kastet.

Kaster man en Ting lodret ned fra et højtliggende Sted, altsaa giver man den en vis Fart nedad i det Øjeblik, Tingen overlades til sig selv, saa faar Tingen en voksende Fart nedad ligesom ved Faldet.

Ser vi nu bort fra den Indflydelse, som Luftens Modstand udøver paa Bevægelsen, saa vil Hastigheden vokse med 10 m pr. Sekund.

Kastes et Legeme lodret opad i det tomme Rum, saa faar det under Stigningen en jævnt aftagende Bevægelse, idet dets Hastighed for hvert Sekund, der gaar, formindskes med 10 m. Kastes det saaledes tilvejrs med 50 Meters Hastighed — hvilket jo vil sige, at det, hvis der ingen Tyngde virkede paa det, vilde stige 50 m opad i hvert Sekund — saa er dets Hastighed, naar 1 Sekund er gaaet, 10 m mindre, altsaa 40 m; efter Forløbet af det andet Sekund er Hastigheden 10 m mindre endnu, altsaa 30 m, efter 5 Sekunders Forløb er Hastigheden 0, Legemet vender om og bevæger sig derefter nedad med en Hastighed, der vokser 10 Meter i hvert Sekund.

Naar nye 5 Sekunder er forløbne, er det kommet ned til Udgangsstedet, og det kommer derned med samme Hastighed, som det blev kastet tilvejrs med, altsaa med 50 m. I 5 Sekunder falder et Legeme igennem en Højde paa $5 \times 5 \times 5$ m, hvilket giver 125 m, og det var altsaa ogsaa den Højde, som Legemet steg til.

Men naar et Legeme kastes lodret op *i Luften* — ikke i et lufttomt Rum! — saa kommer det tilbage med en Hastighed, der er mindre end den Hastighed, som det fik, da man kastede det. Og dette kan vi let forstaa: medens Legemet stiger, virker Tyngdekraften i Forening med Luftmod-

standen til at hemme dets Stigning, saa at Hastigheden formindskes i stærk Grad, og naar det saa bagefter falder, saa tiltager Hastigheden i en ringere Grad, end den formindskedes under Stigningen; thi nu bevirker Luftmodstanden, at Hastigheden ikke kan vokse saa stærkt, som Tyngden gerne vil have den til.

Naar man kaster et Legeme skraat ud eller i vandret Retning, saa faar Tyngden ikke alene Indflydelse paa Legemets Hastighed, men ogsaa paa dets Banes Form. I Fig. 146 har vi tænkt os, at et Legeme kastes skraat opad i Retningen *AB*, og det vil da bevæge sig i Buen *Amnoq*, først opad, saa nedad. Virkede der ingen Tyngde, og var der ingen Luftmodstand, saa vilde Legemet gaa skraat opefter med en jævn Bevægelse, f. Eks. hvert Sekund gennemløbende de lige lange Veje *Aa*, *ab*, *bc*, *cd* osv., men Tyngden drager det saa meget nedad, at det, naar et Sekund er forløbet, ikke er i *a*, men i et Punkt *m*, der ligger 5 m lavere lodret under *a*; efter to Sekunders Forløb er det i et Punkt *n* lodret under *b*, saaledes at *bn* er 4 × 5 m lang; efter tre Sekunders Forløb passerer Legemet et Punkt *o*, der ligger 9 × 5 m lodret under *c* osv. Derved fremkommer den krumme Bane. — Men her er saa ikke taget Hensyn til Luftmodstandens Indflydelse; denne bevirker, at Legemets Bane faar en noget anden Form, som bl. a. er mere stejl paa den nedad gaaende Del end paa det opstigende Stykke.

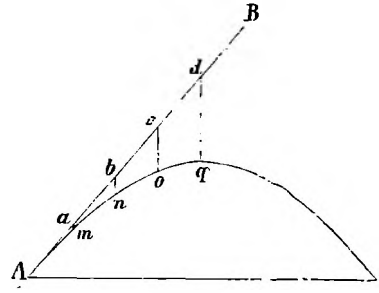


Fig. 146.

Jo større Fart Legemet faar meddelt fra Begyndelsen, desto mindre krum bliver Banen, og Gevær- og Kanonprojektiler vil derfor paa Grund af den store Hastighed, med hvilken de bliver udskudt, dale forholdsvis lidt i Sammenligning med den lange Vej, de kommer fremefter. Men en Dalen er der, og man maa derfor, naar man affyrer et Skydevaaben

imod et bestemt Maal, sigte noget højere opefter, desto mere, jo fjernere Maalet er, og desto mere, jo mindre Fart Projektilet faar ved Skuddet.

Kraft og Arbejde.

Kraft. Det er før omtalt, at naar et Legeme, der er i Hvile, kommer i Bevægelse, eller naar et Legeme, der er i Bevægelse, faar sin Hastighed forøget eller formindsket, eller naar det faar sin Bevægelsesretning forandret, saa er der en udefra kommende Aarsag hertil, og denne Aarsag kalder vi en *Kraft.* Denne Kraft kommer altid fra et andet Legeme, hvad Erfaringen viser os.

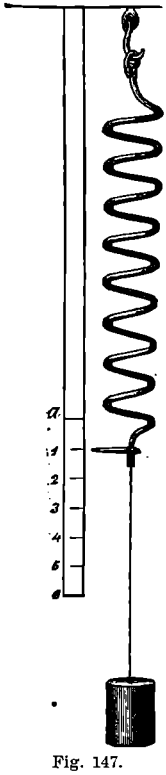


Fig. 147.

Kraften selv er usynlig, men Kraftens Eksistens røber sig for os ved dens Virkninger. Vi kan ikke se Tyngdekraften, men vi erfarer dens Eksistens ved, at alle Legemer ved Jorden drages imod den.

Vi kan maale Tyngdekraftens Størrelse ved den Bevægelse, som den kan give Legemerne, og denne Bevægelse er nylig omtalt; hvis Legemerne ved det frie Fald fik en Hastighedsforøgelse i hvert Sekund paa 20 m i Stedet for paa 10 m, ja saa vilde Tyngdekraften være saa mange Gange større, end den i Virkeligheden er, som 20 er større end 10. Den vilde altsaa være dobbelt saa stor.

Men Tyngdekraften kan ogsaa maales ved det, der kan holde den i Ligevægt. Hænger man en Spiralfjeder op ved den ene Ende og en Genstand i Fjederens anden Ende, saa strækkes den ud af Genstandens Vægt, d. e. af den Kraft, hvormed Jorden trækker i Genstanden. Lad os antage, at Viseren paa Fjederen (Fig. 147) peger paa Mærket *a*,

naar der intet hænges paa den. Hænger man saa 1 Kilo paa den, strækkes Fjederen f. Eks. saa langt ud, at Viseren gaar ned til Mærket 1; der er saa aabenbart noget, som holder Kiloloddet Stangen, og det er Fjederkraften, Fjederens Spænding; Fjederen er bleven strakt og stræber efter at trække sig sammen igen, den er spændt saa meget, at den virker opad paa Loddet med samme Kraft som den, hvormed Jorden trækker nedad paa det. Det viser sig nu, at indenfor en vis Grænse vil Strækningen, ɔ: Forlængelsen af Fjederen, staa i ligefremt Forhold til den paahængte Vægt, hvilket vil sige, at 2 kg forlænger Fjedren dobbelt saa meget som 1 kg, 3 kg 3 Gange saa meget o. s. v.

Kræfter maales saaledes i de samme Enheder, som Vægten maales i, d. e. Pund i det hidtil brugte danske Maal, Kilogram i det franske eller internationale Maal.

Et Apparat som det her beskrevne er en *Fjedervægt* eller i al Almindelighed en *Kraftmaaler* (Dynamometer).

Naar en Genstand trækkes henad et ensartet Underlag med jævn Fart (Fig. 148), kan man med Fjedervægten maale, hvor stor Kraft der skal til; Viseren peger nemlig stadig paa samme

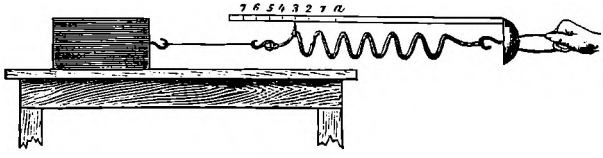


Fig. 148.

Tal under denne Bevægelse. Af Fig. 148 ses Kraften at være 3 kg, saa stor er altsaa ogsaa den Gnidningsmodstand, Underlaget virker med; disse to Kræfter siges at holde hinanden i Ligevægt, og Legemet bevæger sig, som om det slet ikke var paavirket af Kræfter udefra. Skal Genstandens Fart forøges, skal jeg trække med mere end 3 kg; trækker jeg med mindre Kraft end 3 kg, bliver Gnidningsmodstanden større end Trækkraften, og Genstanden bevæger sig langsommere og gaar snart i staa. Vil jeg atter have den i Gang, maa jeg trække med mere end 3 kg, thi ved Igangsættelsen skal jo Farten

forøges; men er Legemet først sat i Gang, er de 3 kg tilstrækkeligt til at bevæge det lige saa langt, det skal være.

Naar en Kraft virker paa et Legeme, er der altid et andet Legeme, hvorfra Kraften udgaar. Undertiden er dette andet Legeme i umiddelbar Berøring med det første: Legemet i Fig. 148 er paavirket af Trækkraften fra Haanden, som gennem Fjedren og Snoren tager fat i Krogen paa Legemet, og af Gnidningsmodstanden fra Underlaget, som Legemet ligger paa.

Men i andre Tilfælde rører de to Legemer, mellem hvilke der er Kraftvirkning, ikke ved hinanden. Jorden trækker ikke alene i de Ting, som ligger paa den, men ogsaa i de Ting, som er hævede op over den.

Lignende Forhold har vi i de magnetiske og elektriske Kraftvirkninger; en elektrisk Strøm virker saaledes paa en Magnetnaal i dens Nærhed, med hvilken den ikke synes at have nogensomhelst Forbindelse.

Spænder man et Tæppe ud ved de fire Hjørner og lægger en Genstand ned paa Tæppet i Midten, bøjer Tæppet sig noget ned, og netop saa meget, at det faar en Spænding stor nok til at kunne udøve et Tryk opad paa Genstanden, som netop er lig med Genstandens Vægt; tager man noget af Genstanden bort, bliver Tæppets Bøjning mindre. Som det gaar her paa en let synlig Maade, saaledes gaar det altid, naar en Genstand ligger paa en anden: Underlaget bliver bøjet saa meget ned, at det ved sin Spænding trykker opad paa Genstanden med samme Kraft, som Jorden trækker den nedad med, — derfor forbliver Genstanden i Ro —, men denne Bøjning er ofte umærkelig lille.

Vi har talt om, at en Kraft, hvis Virkninger paa et Legeme vi iagttager, udgaar fra et andet Legeme. Men Virkningen er gensidig: et Legeme kan ikke virke med en Kraft paa et andet Legeme, uden at dette virker tilbage paa det første Legeme med en lige saa stor, modsat rettet Kraft; dette udtrykker man ogsaa saaledes: til enhver Kraft (Aktion) svarer der en lige saa stor Modkraft (Reaktion).

Naar Legemet i Fig. 148 gaar med jævn Fart, trækker det gennem Fjedren i Haanden med en Kraft paa 3 kg i en Retning modsat Bevægelsens, og Underlaget paavirkes af Legemet

med en Kraft i Bevægelsesretningen paa 3 kg, og paa samme Maade overalt i Naturen.

Naar Jorden trækker i et Legeme, saa trækker Legemet altsaa i Jorden med en lige saa stor, modsat rettet Kraft; det bliver dog ikke Jorden, som stiger op imod Legemet, men Legemet, der falder ned imod Jorden, thi de Masser, som de her nævnte, to lige store Kræfter virker paa, er højst ulige — Jordens uhyre stor i Sammenligning med Legemets — og derfor bliver dens Bevægelse henimod Legemet ogsaa uhyre lille.

Arbejde. Til at *bære* en Ting skal der en Kraft lige saa stor som Tingens Vægt; til at *løfte* Tingen skal der en lige saa stor Kraft, og Kraften er ganske den samme, hvad enten Tingen løftes et stort eller et lille Stykke.

Men jo højere den skal løftes, desto sværere er det, og desto større Arbejde, siger man, der er udført. Løftes 1 kg 1 Meter tilvejrs, siger man, at man udfører 1 Kilogrammeters (mkg) Arbejde; løftes 1 kg 2 Meter tilvejrs, saa udfører man derved det dobbelte Arbejde, løftes det 10 Meter, det tidobbelte Arbejde. Hvis man i Stedet for at løfte 1 kg 1 m højt løfter 6 kg 1 m tilvejrs, saa kunde man tænke sig de seks kg løftede enkeltvis, og da forstaar man, at man udfører et Arbejde, der er 6 Gange saa stort, som naar kun 1 kg løftes 1 m. Naar man derfor løfter 6 kg igennem en Højde af 10 m, saa udfører man derved et Arbejde, som er 6 kg $\times$ 10 m $=$ 60 mkg.

Man finder altsaa altid Arbejdets Størrelse ved at multiplicere Modstanden med Vejlængden, langs hvilken Modstanden overvindes.

Naar man trækker den i Fig. 148 afbildede Genstand hen ad Underlaget, tænkte vi os, der blev anvendt en Kraft paa 3 kg; flyttes den 7 m frem, saa udfører man derved et Arbejde paa 3 kg $\times$ 7 m $=$ 21 mkg.

Hvis man nu lagde det samme Underlag skraat og f. Eks. netop saaledes, at der for en Længde paa 7 Meter er 2 Meters Stigning, saa skal der mere Kraft til for at faa Legemet ført opad (Fig. 149). Arbejdet ved at flytte det 7 m skraat opad bestaar nemlig saa af to Dele: dels skal Gnidningsmodstanden

overvindes, og dette krævede jo et Arbejde paa 21 mkg, og dels skal Legemet løftes, idet det ved at flyttes de 7 Meter kommer 2 m højere tilvejrs; man maa da kende dets Vægt for at kunne angive dette Arbejdes Størrelse, og er Vægten f. Eks. 14 kg, saa er denne Del af Arbejdet 14 kg $\times$ 2 m = 28 mkg. Det hele Arbejde er da 21 mkg + 28 mkg = 49 mkg, og Kraften, som hertil skal anvendes, faar man ud ved at dividere Vejlængden 7 m op i disse 49 mkg; det bliver

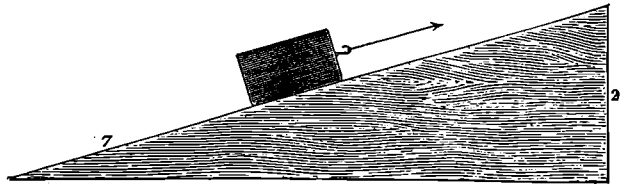


Fig. 149.

7 kg. — Om Rigtigheden af dette Resultat kan man forvisse sig ved Forsøg, hvor Kraftmaaleren bruges; en af de almindelige Fjedervægte, som jævnlig bruges i Husholdningen, kan man benytte.

Naar et Arbejde skal udføres, saa maa der til Raadighed være Legemer, hvorfra der kan udgaa Kræfter, som kan overvinde Modstanden, flytte Legemet og derved arbejde. Legemer med denne Egenskab siges at have *Arbejdsevne*. Igennem Muskelkraften har Mennesker og Dyr Arbejdsevne; et Menneske eller et Dyr kan ikke alene bære en Ting — det kan en Krog ogsaa — men tillige løfte den eller trække den hen ad et Underlag. En spændt Fjeder har ligeledes Arbejdsevne: er den belastet med 7 kg, og man tager det ene Kilogram af, trækker den sig lidt sammen, d. e. den løfter de 6 kg; man tager atter 1 kg af, og de resterende 5 kg løftes lidt osv. Fjederen udfører altsaa paa denne Maade Arbejde, men samtidigt mister den i Evne til at udføre Arbejde, hvilket viser sig ved, at den efterhaanden, som den arbejder, slappes mere og mere, og tilsidst har den mistet al Arbejdsevne. Saaledes gaar det ogsaa, naar vi bruger vor Muskelkraft; ved Ernæringen fornyer vi den imidlertid.

Damp under stort Tryk (høj Temperatur) *har Arbejdsevne*; den fik den fra Kullene den Gang, man fyrede under Vandet og lavede Damp heraf; denne Dampens Arbejdsevne udnytter man jo i Dampmaskinen. *Sammenpresset* (komprimeret) *Luft har ogsaa Arbejdsevne*, vi behøver blot at minde om en Vindbøsse; ogsaa i et almindeligt Gevær er det den store Luftmængde, udviklet ved Krudtantændelsen, der faar Projektilet til at fare ud.

Enhver Ting, der er i Bevægelse, har Arbejdsevne, men naar denne saa udnyttes til at udføre Arbejde, ja saa lider den vedkommende Ting et tilsvarende Tab i Arbejdsevne. Naar en Kugle skydes igennem et Brædt, bliver dens Hastighed mindre, end den var før; Hastighedstabet vidner om et Tab i Arbejdsevne, og dette Tab er netop anvendt til at udføre det Arbejde at gennembore Brædtet.

Ogsaa Vand- og Vindmøller er Eksempler paa, at vi benytter Legemers Bevægelser til at udføre Arbejder.

Tyngden har Arbejdsevne i ethvert Legeme, der er hævet op over Jorden, thi idet et saadant gaar nedad, kan det løfte et andet Legeme, som det f. Eks. er forbundet med ved en Snor, der gaar op over en Trisse. Jo mere det vejer, og jo højere det er til Vejrs, desto større er dets Arbejdsevne. Ved at synke taber vort Legeme sin Arbejdsevne, men nu er jo et andet Legeme blevet løftet tilvejrs, og Tyngden har da Arbejdsevne i det, thi ved at det giver sig til at synke tilbage, kan det løfte et tredie Legeme osv. Vi ser, at Arbejdsevnen kan flyttes fra eet Legeme over til et andet.

Naar et Legeme falder frit ned imod Jorden, saa taber det for saa vidt i Arbejdsevne, som det kommer nærmere til Jorden, men det vinder for saa vidt, som det faar Bevægelse; jo nærmere det kommer til Jorden, desto større Hastighed faar det, og det lader sig godtgøre, at det, som Legemet taber i Arbejdsevne af den første Grund, er nøjagtig lige saa meget som det, det vinder i Arbejdsevne af den anden Grund. Støder det saa mod Jorden, er den hele Virksomhed ikke dermed gaaet tabt; en større eller mindre Del af den anvendes til at drive Legemet et Stykke til Vejrs igen, og Resten bliver omsat til Varme, thi ved Stødet udvikles der nemlig Varme, og

man har ad mange og vidt forskellige Veje godtgjort, at der til et bestemt Arbejdstab svarer en ganske bestemt Varmeudvikling, saa at man i denne Varme faar Erstatning for Arbejdet; kun dersom saavel Legemet som Underlaget var helt elastiske, opstaar der ingen Varme ved Stødet, men da ser man ogsaa Legemet springe til Vejrs igen til den samme Højde som før, og Arbejdsevnen faar da Anvendelse til at besørge dette.

Arbejdsevne kalder man ogsaa *Energi*.

Energien kan flyttes, har vi set, fra eet Legeme over i et andet; den kan blive omsat til Varme, den kan ogsaa blive til Magnetisme og Elektricitet og antager saaledes nye Former, men *Energiens Mængde forbliver stadig den samme*; den kan hverken forøges eller formindskes ved nogensomhelst Proces. Dette, kan vi sige, er den anden Paragraf i Naturens Grundlov, og den har nu været kendt i godt et halvt Hundrede Aar. Den første Paragraf er den, at den Mængde Stof, som findes i Naturen, er uforanderlig den samme; den kan hverken forøges eller formindskes paa nogen Maade; i Kemien faar man rigtig Rede paa denne Lære.

Vægtstangen.

En Vægtstang kan vi lave os af en lige Stang, en simpel Trælineal er meget brugbar; vi anbringer den saaledes, at den kan dreje sig om en vandret Akse gennem dens Midtpunkt (Tyngdepunkt). Langs Stangens to lige lange „Arme“ er der med samme indbyrdes Afstand boret Huller, som tjener til Ophængning af Vægtene; disse bestaar f. Eks. af lige tunge Blykugler med to Kroge i, som Fig. 150 viser; hænges Stangen uden Lodder op, er den i ligegyldig Ligevægt; hænges 2 Lodder paa hvert af 2-Mærkerne, er der ogsaa ligegyldig Ligevægt, men flyttes det ene Par Lodder ud til 3, drejer Stangen sig lodret. Vil vi nu have ligegyldig Ligevægt, maa vi hænge 1 Lod til paa 2, saaledes som Fig. 151 viser; 2 Lodder ophængt

paa Mærket 3 har altsaa samme Indvirkning paa Vægtstangen som 3 Lodder paa Mærket 2. Ved Forsøg ser vi, at 3 Lodder paa Mærket 4 holder Ligevægt med 2 Lodder paa Mærket 6 osv.

Multiplicerer man paa hver Side Loddernes Antal med det Antal Dele, Loddet er fjernet fra Omdrejningsaksen, faar

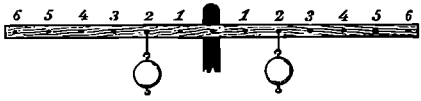


Fig. 150.

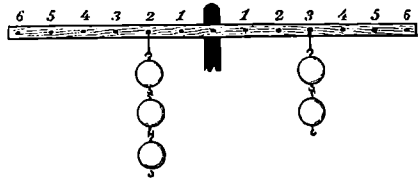


Fig. 151.

man det samme ud, hvis Vægtstangen er i Ligevægt.

Afstanden fra Aksen ud til det Sted, hvor en Vægt er ophængt, kalder man for Vægtens *Arm*, og Vægten multipliceret med sin Arm kalder man for Vægtens *Moment*. 2 Lodder, som hænger paa Armen 3, siges at have Momentet $2 \times 3 = 6$.

Dette stemmer med Loven om Energimængdens Uforanderlighed (S. 224). Antager vi f. Eks., der hænger 1 Lod paa 6 og paa den anden Side 3 Lodder paa 2, i hvilket Tilfælde der jo er Ligevægt, og vi saa tænker os Vægtstangen drejet lidt om i skraa Retning, saa løftes f. Eks. de 3 Lodder, og det ene Lod sænkes. Hvis de 3 Lodder herved blev løftet 1 cm., saa maa Loddet paa Armen 6 blive sænket 3 cm., fordi denne Arm er 3 Gange saa lang. De 3 Lodder vinder derved i Arbejdsevne 3×1 cm., medens det ene Lod ved at synke 3 cm. taber 1×3 cm.; Gevinst og Tab er altsaa lige store.

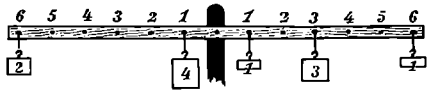


Fig. 152.

Ligevægt kan ogsaa finde Sted med flere end to Sæt Lodder, saaledes som det ses paa Fig. 152. Betingelsen, som Lodderne skal opfylde, er den, at naar man lægger de forskellige Momenter paa Aksens ene Side sammen, faar man det samme ud, som naar man lægger dem paa den anden Side sammen.

Paa venstre Side virker 2 Kræfter, hvis Momenter er 2×6 og 4×1, ialt 16; paa højre Side 3 Kræfter, hvis Momenter er 1×1, 3×3 og 1×6, ialt 16; altsaa er Vægtstangen i Ligevægt ogsaa i den Stilling, Fig. 152 viser. Aksen, som Vægtstangen drejer sig om, maa naturligvis bære baade Vægtstangens egen Vægt og Vægten af de paahængte Lodder; det kan vi vise ved at tage Vægtstangen bort fra Aksen og hænge den op i en Snor, som gaar hen over en lille Trisse; i den fri Ende af Snoren skal da hænges en Vægt saa stor som Vægtstangens og alle Loddernes Vægt tilsammen for at faa Ligevægt.

I Fig. 153 er afbildet en Vægtstang, paa hvilken der virker to Kræfter i skraa Retninger. Dette kan f. Eks. opnaas paa den angivne Maade ved, at der paa to Steder af Vægtstangen er befæstet Snore, som gaar hen over to Søm eller to Trisser, og i deres Ender hænges der Vægtlodder. Det kommer i dette Tilfælde ikke an paa, hvor langt Traadenes Befæstelsespunkter ligger for Omdrejningsaksen, men der skal regnes med de Afstande, som Aksen har fra de *Retninger*, hvori Kræfterne virker paa Vægtstangen; man maa da tænke sig de skraa Traade forlængede opefter, og maale Afstandene fra Aksen (*O*) tværs hen paa disse Forlængelser; med de paa Figuren angivne Tal er der Ligevægt tilstede, thi 15×8 er 120, og 10×12 er ogsaa 120.

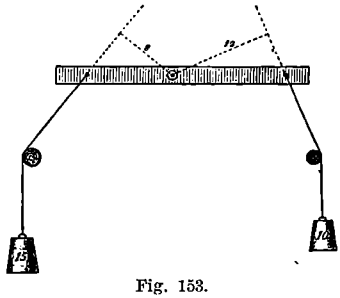


Fig. 153.

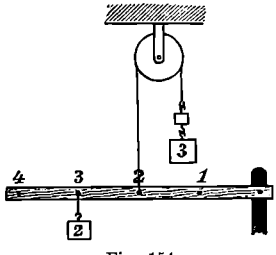


Fig. 154.

Fig. 154 viser os en *enarmet* Vægtstang til Forskel fra den hidtil omtalte *toarmede* Vægtstang; begge Kræfter virker paa samme Side af Omdrejningsaksen, men de maa da have modsatte Retninger.

Det lille Lod holder Ligevægt med Vægtstangens Vægt. Loddet 3 drejer Vægtstangen opad med et Moment, der er

3 × 2, Loddet 2 nedad med et Moment, der er 2 × 3; altsaa er Momenterne, der drejer den ene Vej, lige saa store som de, der drejer modsat Vej. Vægtstanden anvendes i forskellige Former meget i det daglige Liv.

Fig. 155 viser, hvorledes Stenen væltes ved, at man bruger Stangen *AB* som toarmet Vægtstang. Stangen hviler ved *C* an imod noget fast. Stenens Tryk *Q* imod Stangen holder Ligevægt med vort Tryk *P*. Hvis *AC* er f. Eks. en Trediedel af *CB*, saa kan vi i *A* udøve et Tryk, der er det tredobbelte af den Kraft, vi anvender ved *B*.

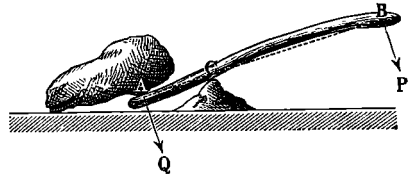


Fig. 155.

I Fig. 156 ses det, hvorledes man anvender en Hakke i samme Hensigt; Pilen *P* viser den Retning, i hvilken man skal trække i Skaftet. Paa Hakken, der her er at betragte som Vægtstang med Akse i *C*, virker Kræfterne *P* og *Q*; det er Tilfældet i Fig. 153, der her kommer til Anvendelse. Fig. 157 og 158 viser Nøddeknækkeren og Saksen, der er at betragte som Vægtstænger. Jo længere Nødden er skudt ind i Nøddeknækkeren, og jo længere inde ved Aksen den Ting anbringes, som skal overklippes, desto lettere gaar det. Nøddeknækkeren er to enarmede, Saksen to

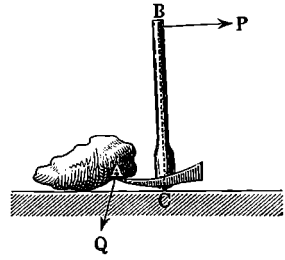


Fig. 156.

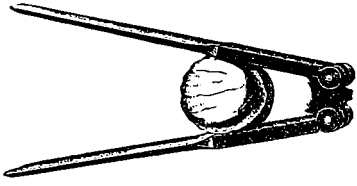


Fig. 157.



Fig. 158.

toarmede Vægtstænger, ligesom Knibtangen. En Brødskæremaskine er en enarmet Vægtstang, ligesom en Trillebør; ogsaa en Aare kan betragtes som en enarmet Vægtstang med Hvile-

punktet i Aarebladet ude i Vandet. En Bærebør er to enarmede Vægtstænger.

Den Maade, paa hvilken Musklerne i det menneskelige og det dyriske Legeme virker paa Knoglerne, er, som havde man med Vægtstænger at gøre. Fig. 159 viser, hvorledes Underarmen *a* er bøjet imod Overarmen *b* ved Hjælp af en Muskel *P*. Underarmen er Vægtstang med Akse i Albuleddet *c*; nedad virker Vægten *Q*, som man holder i Haanden, og imod den virker Musklen *P* opad i Punktet *d*. Da Musklen virker paa den korteste Vægtstangsarm, er det altsaa ingen Kraftbesparelse, som her opnaas, tvertimod; men denne og mange andre Muskler virker i saa ringe Afstand fra Leddet, for at man let og hurtigt kan komme til at udføre de Bevægelser, det drejer sig om.

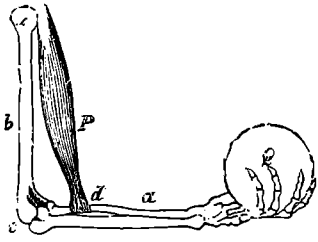


Fig. 159.

Maskiner.

Flere af de nylig omtalte Vægtstangs-Anvendelser i det daglige Liv har lært os, at man med en vis Kraft kan udøve et Tryk, overvinde en Modstand, der er meget større end Kraften; Apparater, hvorved dette er muligt, kalder man under eet Navn for *Maskiner*, og til dem tyer man altid, naar man har store Modstande at overvinde, f. Eks. tunge Byrder at løfte. Undertiden er Formaalet dog ogsaa dette at faa vor Kraft til at virke i en bekvem Retning. Men kan end Kraften gøres mindre end Modstanden, saa bliver *Arbejdet* ikke formindsket ved, at man bruger en Maskine; tvertimod byder den altid nogle nye Modstande, som gør Arbejdet større.

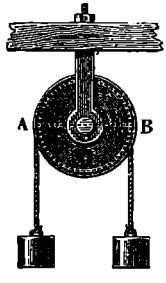


Fig. 160.

Kraften formindskes ikke, naar man bruger en til Vejrs

anbragt *Trisse* (Fig. 160) til Hjælp til at løfte en Genstand med. Gaar den ene Vægt et Stykke op, saa gaar den anden et lige saa stort Stykke ned, og hvad den første saaledes vinder i Energi ved at komme højere til Vejrs, det taber den anden akkurat ved at gaa længere nedad. Den Kraft, med hvilken man skulde trække i den ene Tovende for at løfte en Genstand, der hænger i den anden Tovende, maa altsaa være lige saa stor som Genstandens Vægt, ja endda lidt mere, da der er Gnidningsmodstand at overvinde, ligesom ogsaa Tovets Bøjningsmodstand kræver noget; men det er bekvemmere at staa nede og hale ned i et Tov end at staa oppe og trække Byrden op i et Tov.

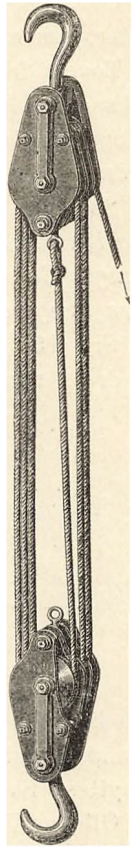


Fig. 161.

En Kraftbesparelse opnaar man derimod med det Trisseværk, som Fig. 161 gengiver, og som kaldes *Tallien*; i enhver af de to „Blokke", den „faste" foroven og den „løse" forneden, findes der her 3 Trisser, der ere indbyrdes uafhængige af hinanden; et Tov gaar rundt om dem alle paa den i Figuren viste Maade; Genstanden hænger paa den Krog, som sidder paa den „løse" Blok, og man trækker i den frie Tovende (foroven til højre). Den Kraft, som behøves, er kun en Sjettedel af Genstandens Vægt — foruden lidt til at løfte selve den løse Blok og overvinde Gnidningsmodstand m. m. Bortset fra dette sidste skal der altsaa til at løfte f. Eks. 180 kg kun en Kraft paa 30 kg. De 180 kg trækker nemlig lige stærkt ned i alle 6 Tovstykker, som gaar fra Blok til Blok, og i hvert af dem altsaa med 30 kg's Kraft. Af disse seks Træk vil det i det inderste Stykke virke i den øverste Blok, hvor dette Stykke er gjort fast; Trækkene i de andre to Tovstykker til højre ophæves af Trækkene i de to tilsvarende Tovstykker til venstre; tilbage bliver der da kun det Tovstykke til venstre, som gaar op igennem den øverste Blok og videre ud som hele Tovets frie

Ende; her trækker altsaa til venstre 30 kg nedad, og til at besejre dette Træk maa der altsaa i den frie Ende virke 30 kg's Kraft. — At Arbejdet, der vil være at udføre, ikke formindskes, ser man saaledes: Skal de 180 kg løftes 1 Meter, hvortil jo medgaar Arbejdet 180 Kilogrammeter, saa maa hvert af de seks Tovstykker fra Blok til Blok formindskes med 1 Meter, saa at der maa gaa 6 Meter Tov bort; disse gaar over til Tovets frie Ende, hvor Kraften paa 30 kg virker; men ved en saadan Flytning er Arbejdet 30 kg $\times$ 6 Meter $=$ 180 Kilogrammeter, altsaa netop det Arbejde, som Genstanden fordrer til sin Flytning.

Saaledes er det altid i Maskinerne: *lige saa mange Gange Kraften skal være mindre end Genstandens Vægt, lige saa mange Gange maa under Maskinens Gang Kraftens Vej være længere end den Vej, Genstanden løftes.*

Fig. 163 viser Indretningen af et Spil eller en Vinde; ved at dreje rundt paa Haandsvinget drejer man Valsen rundt og vikler derved Tovet op om Valsen, saaledes at Genstanden, som hænger forneden i Tovet, derved løftes. Den Kraft, som skal anvendes, er lige saa mange Gange mindre end Genstandens Vægt, som Valsens Omkreds er mindre end den Kreds, hvori Haandtaget føres rundt.

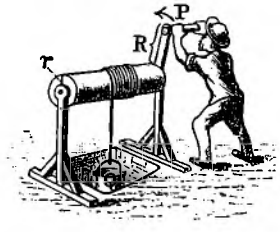


Fig. 162.

Spørgsmaal: Naar Genstanden vejer 140 kg, Valsens Omkreds er 15 cm, og den Kreds, hvori Haandsvinget føres rundt, er 105 cm, hvor stor Kraft skal da benyttes? Svar: 20 kg.

Ofte er Valsen forsynet med 2 Haandsving, et i hver Ende, for at man bedre kan virke paa dem. Haandsvingene kan erstattes af Haandspager, der gaar igennem Valsen; stilles Valsen lodret, kan man virke paa disse Haandspager, idet man gaar rundt omkring Valsen, og Spillet kaldes da et Gangspil.

En Forening af en Vinde og en Trisse har vi i den meget anvendte Differenstrisse Fig. 163. Den bestaar af en fast Dobbelt-Trisse med to ulige store Trisser for oven og en løs Trisse for neden med en Gaffel, hvori Genstanden, der skal

løftes, ophænges. Der gaar en Kæde uden Ende omkring Trisserne, men for at denne ikke skal kunne glide — hvilket vilde umuliggøre Brugen — er der smaa Tappe i Bunden af Furerne paa Trissens Omkreds, og disse Tappe griber ind i Kædeleddene. Trækker vi ned i Kæden til højre paa Figuren, vil Byrden løftes, fordi den store Trisse *a* tager mere af Kæden, end den lille Trisse *b* giver; var de to Trisser *a* og *b* lige store, vilde Byrden slet ikke blive løftet, er *b* kun lidt mindre end *a*, løftes Byrden meget langsomt, men Kraften kan da ogsaa gøres meget lille.

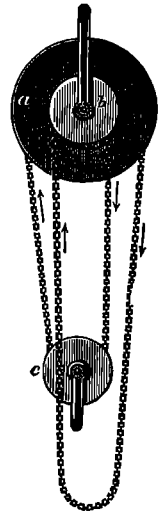


Fig. 163.

Da man af praktiske Grunde hverken kan benytte meget tynde Valser eller meget store Haandsving ved en Vinde, anvender man ofte Tandhjulet til Maskiner, hvor det gælder om med en lille Kraft at løfte en stor Byrde. Fig. 164 viser, hvorledes dette sker.

Genstanden *Q* skal løftes; den hænger i et Tov, der er gjort fast til Valsen *b*, og et stort Tandhjul er sat fast paa denne Valse; et mindre Tandhjul *c* griber med sine Tænder ind i det store Hjuls Tænder, og dette mindre Tandhjul, Drevet, drejes rundt af Haandsvinget *P*. Hvis Valsens Radius er $^1/_5$ af Haandsvingets Længde fra Drevets Akse ud til Enden, saa er ogsaa Valsens Omkreds $^1/_5$ af den Kreds, som Haandsvinget føres rundt i; det store Hjul har i vor Figur 40, det lille Hjul 10 Tænder, og det lille Hjul maa derfor drejes fire Gange rundt, medens det store gaar een Gang

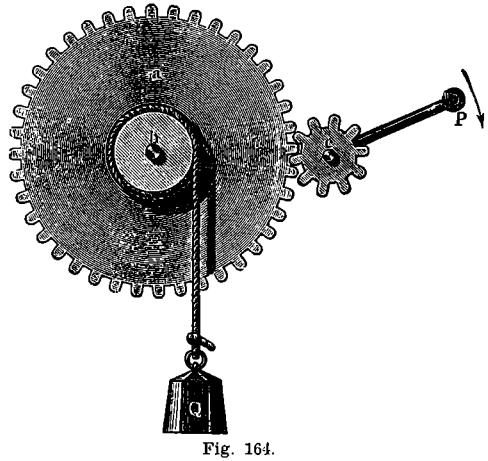


Fig. 164.

rundt. Vi forstaar da, at det Sted, hvor vore Hænder tager fat, komme til at gaa 4 × 5 eller 20 Gange saa hurtigt, som Genstanden bliver løftet, og Kraften kan derfor være 20 Gange mindre end Genstandens Vægt. Med en Kraft af 10 kg kan vi derfor løfte 200 kg, dog maa Kraften nok være noget mere end de 10 kg paa Grund af de Gnidningsmodstande, som skal besejres under Maskinens Gang.

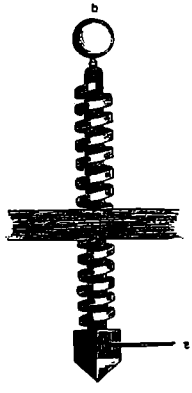


Fig. 165.

Ogsaa en Skrue med tilhørende fastsiddende Møtrik, som Fig. 165 viser, kan anvendes til at løfte Byrder. Skruehovedet forsynes da med et Haandsving a: drejes dette en Gang rundt i den rigtige Retning, løftes Byrden en Højde af een Skruegang. Paa Grund af den store Gnidningsmodstand anvendes Skruen dog kun sjældent paa den Maade, langt hyppigere derimod til at klemme Ting sammen eller til at udføre Tryk f. Eks. ved Kopipressen. Ofte lader man Skruen selv lave sin Møtrik under Brugen: Vridbor, Proptrækker og Skibsskruen, hvorom senere.

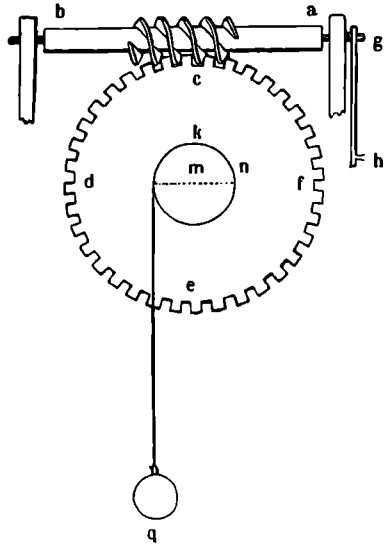


Fig. 166.

Skruen kan anvendes i Forbindelse med et Tandhjul (Fig. 166), og denne Maskine kaldes *Skruen uden Ende*; der behøver kun at være godt og vel een Skruegang paa Skruen. Er der f. Eks. 36 Tænder paa Tandhjulet, maa man dreje Skruen 36 Gange rundt for at faa Hjulet een Gang rundt, altsaa for at faa Genstanden q løftet saa stort et Stykke som Omkredsen af den Valse

m, hvorpaa den hænger. Da saaledes under Bevægelsen Kraftens Vej bliver meget stor i Forhold til Genstandens Flytning, kan Kraften være meget lille i Forhold til Genstandens Vægt.

Vejning.

Den almindelige *Vægt* eller *Vægtskaal* eller *Skaalvægt* er indrettet, som Fig. 167 viser. Der er en Metal-Vægtstang *AB*, som løber noget spidst ud i begge Ender; det er heldigt, at den er let, men den maa dog være stiv nok til ikke at bøjes,

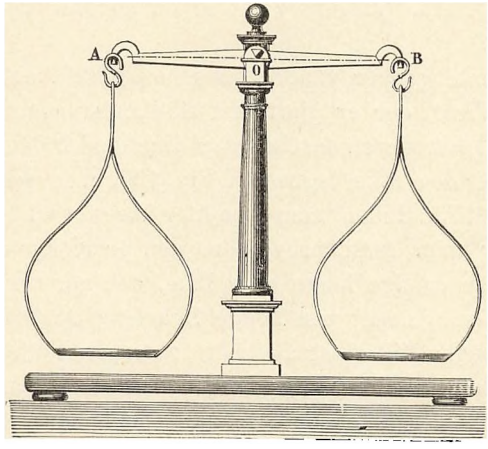


Fig. 167.

naar der lægges noget paa Skaalene, og disse Fordringer opfyldes bedst, naar Vægtstangen er formet som nævnt. Midt paa den er der et fastsiddende Staalprisme *O* med en nedad vendt skarp Kant, og ved denne hviler Vægtstangen paa den øverste Ende af en Opstander, som foroven har en haard Staal- eller Stenflade, paa hvilken *O*'s Kant hviler. Paa den Maade faar man Vægtstangen gjort drejelig om sin Midte uden synderlig Gnidningsmodstand.

Vægtstangens to Arme *AO* og *OB* er nøjagtig lige lange. I Enderne *A* og *B* hænger der to lige tunge Skaale. Naar der

intet ligger paa Skaalene, eller der ligger lige store Vægte paa dem, skal Linien *AOB* være vandret; kommer der en Overvægt paa den ene Skaal, skal Vægtstangen komme i Ligevægt i en skraa Stilling. For at dette skal ske, maa Vægtbjælkens Tyngdepunkt ligge lodret under Omdrejningsaksen, naar Vægtbjælken er vandret; dersom Tyngdepunktet laa i *O*, vilde Vægtstangen være i ligegyldig Ligevægt, naar de to Skaale var ens belastede, og en Overvægt paa den ene Skaal vilde bringe Vægtbjælken til at staa lodret; laa Tyngdepunktet over Linien *AOB*, vilde en lille Overvægt paa den ene Skaal bringe Vægtstangen til at slaa helt rundt. — Naar man vil veje en Ting, lægger man denne paa den ene Skaal, og paa den anden Skaal lægges Vægtlodder, indtil Vægtstangen er vandret, naar den er i Ro. Tingens Vægt er da angiven ved Vægtloddernes Vægt.

Om Vægtstangen er vandret, ses hos gode Vægte ved den Stilling, en Viser, der er gjort fast til Vægtstangen, har overfor en paa Opstanderen fast anbragt Bue med Inddelinger paa; disse Ting er dog ikke tegnede i Fig. 167, men ses paa Diskvægten Fig. 170. Inden man benytter Vægten til en nøjagtig Vejning, bør man først prøve, om den er *rigtig* eller *falsk*, ɔ: om Armene er lige lange eller ikke, det gør man saaledes: først lægger man noget paa begge Skaalene, saaledes at man faar Vægtstangen til at staa vandret; derpaa bytter man Belastningerne om, og hvis Vægtstangen saa atter faar en vandret Stilling, er der ikke noget i Vejen, men faar den en skraa Stilling, saa er Armene ulige lange, og Vægten er falsk.

Man kan dog veje rigtigt paa en saadan falsk Vægt, men der maa da foretages en Dobbeltvejning: paa den ene Skaal lægges Genstanden, som skal vejes, og paa den anden Skaal Hagl eller Sand eller lign., indtil Vægtstangen staar vandret; derpaa tages Genstanden bort, og i Stedet for lægger man Vægtlodder paa Skaalen, indtil disse afbalancerer Haglene; da maa Genstandens Vægt være den samme som disse Vægtlodders Vægt.

En Vægt som den afbildede anvendes til Butiksbrug. Meget fine Vægte bruger f. Eks. Apothekerne; paa dem vil en Overvægt paa mindre end 1 Milligram (d. e. en Tusindedel af et

Gram eller en Femtusindedel af et Kvint) bringe Vægtstangen til at forlade den vandrette Stilling.

En meget god Vægt som Legetøj kan man lave af Strikkepinde, smaa Træstykker og runde Papskiver (til Skaale) paa den i Fig. 168 viste Maade.

Ofte har dog Butiksvægten andre Skikkelser, saaledes den

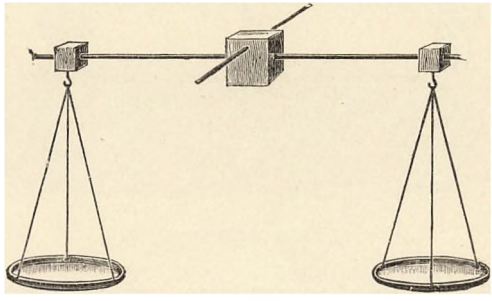


Fig. 168.

i Fig. 170 afbildede Diskvægt; Princippet for den ses bedst af Fig. 169. Man har fire Stænger, der ved Nagler er forbundne til et Parallelogram; de to af Stængerne, AB og $A'B'$, kan dreje sig om deres Midtpunkter O og O', idet to Akser, af hvilke den ene er lodret oven over den anden, gaar igennem disse Midtpunkter; de to andre Stænger, AA' og BB', bliver paa den Maade lodrette og vedbliver med at være lodrette, i hvilken Stilling man end bringer Parallelogrammet. Paa Forlængelserne af de lodrette Stænger AA' og BB' anbringes Skaale; to lige tunge Genstande paa disse Skaale holder hinanden i Ligevægt, hvor paa Skaalene de end lægges, thi lige saa meget den ene sænkes, ligesaa meget maa den anden stige (se Fig. 170). Fordelene ved Diskvægten er, at man er fri for Skaalenes ofte generende Ophængning. Her findes Viserne paa Vægtstangen samt den Bue, paa hvilken den peger, afbildet.

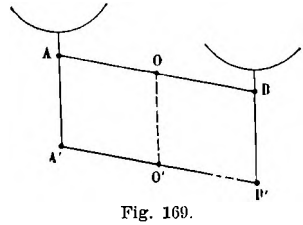


Fig. 169.

Bismeren (Fig. 171) er hurtig at veje med, men Nøjagtigheden er paa den anden Side ikke synderlig stor. Paa Vægt-

stangen sidder et Prisme *C*, og dette har sit Leje i et Haandtag; Genstanden *P* hænges op paa en Krog *A*, og vandret

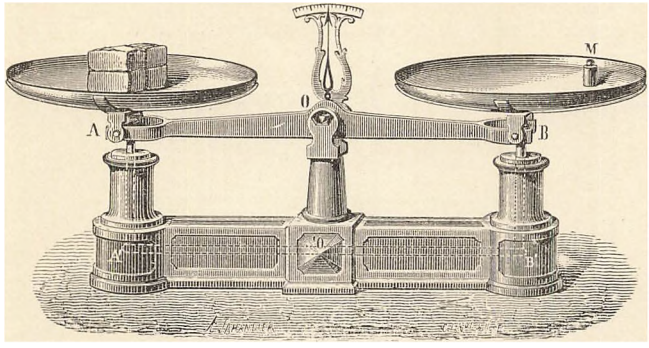


Fig. 170. Butiksvægt.

Stilling af Vægtstangen opnaar man ved at flytte Loddet *Q* hen til en passende Stilling *D*. Jo mere Genstanden *P* vejer, desto længere ud maa *Q* flyttes, for at Vægtstangen kan staa

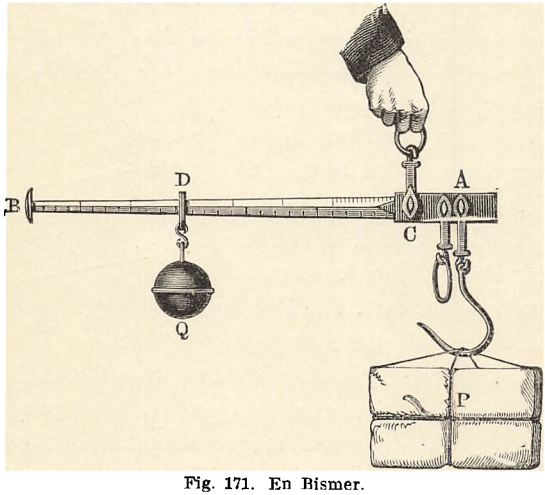


Fig. 171. En Bismer.

vandret, og for hvert nyt Pund eller Kilogram, man vilde hænge paa Krogen, maatte *Q* flyttes det samme Stykke længere ud. Paa Oversiden af Vægtstangens lange Arm *CB* er der Inddelinger, ved Hjælp af hvilke man aflæser, hvor meget *P* vejer.

Paa Figuren ses et Haandtag til nærmere ved Krogen *A*; det bruger man, naar man skal veje meget tunge Ting, og da vendes hele Bismeren op og ned; derved at Genstanden *P* kommer tættere ind til Omdrejningsaksen for Vægtstangen, skal Loddet *Q* ogsaa længere ind til Aksen for at tilvejebringe vandret Ligevægt, men deraf følger, at man kan hænge meget tungere Ting paa Krogen, før Loddet er rykket helt ud til *B*.

Decimalvægten har sit Navn deraf, at Genstanden vejer 10 Gange saa meget som de Vægtlodder, den holder Ligevægt

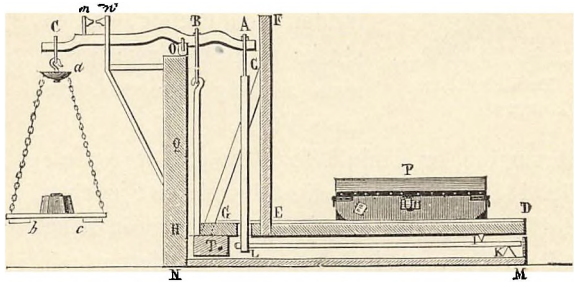


Fig. 172. Decimalvægten.

med, og Fordelen her er da den, at man kan benytte forholdsvis smaa Lodder ved Vejningen. Princippet er simpelt hen dette, at den Vægtstangsarm, i hvis Ende Vægtlodderne skal anbringes, er 10 Gange saa lang som den, hvorpaa Genstanden skal ophænges. Der bliver imidlertid, naar Vægtstangen ikke skal blive uforholdsmæssig lang, daarlig Plads til Ophængning af den Skaal, hvorpaa Byrden skal lægges, og man bruger derfor en lidt mere sammensat Mekanisme, men hvor dog det samme opnaas. Fig. 172 er et Billede af den virkelige Vægt.

Vægtstangen har sin Omdrejningsakse i *O*, og Armen *CO* er 10 Gange saa lang som Stykket *OB* paa den anden Arm. Endvidere er det indrettet saaledes, at *OB* er ligesaa mange Gange mindre end *OA*, som *KI* er mindre end *KL*; derved opnaas nemlig, at Brættet *GD* — hvorpaa Byrden *P* hviler —, naar Vægtstangen *COBA* drejer sig om *O*, stadig vil forblive vandret og bevæges netop 10 Gange mindre end Lodderne paa

Skaalen *bc*; følgelig vil Byrden *P* veje 10 Gange saa meget som Lodderne, naar der er Ligevægt. At der er Ligevægt, ses ved, at den bevægelige Spids *m* staar lige ud for den faste Spids *n*.

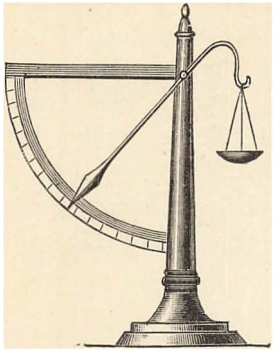


Fig. 173. En Vinkelbismer (Brevvægt).

Vinkelbismeren eller *Brevvægten* (Fig. 173) bruges til hurtig Vejning af lette Ting. Lægges Brevet paa Skaalen, gaar Viseren til Vejrs, desto mere, jo tungere Brevet er. Buen, som Viseren peger paa, er inddelt ved Forsøg, saa vi straks ved at aflæse Viserens Stilling finder Legemets Vægt.



Fig. 174. En Fjedervægt.

Fjedervægten er omtalt før (Side 218) og afbildet Fig. 148. I de almindeligst brugte er Fjederen indesluttet i et Hylster som i Fig. 174 med en Ring til Haandtag. Foroven i Hylsteret er Fjederen fastgjort, og fra Fjederens nederste Ende udgaar en Stang nedad, som ender i en Krog, hvor Genstanden anbringes. Jo mere Genstanden vejer, desto mere strækkes Fjederen, og en lille Stift, der rager ud gennem en Udskæring paa Hylsteret, angiver ved sin Stilling Genstandens Vægt. Undertiden — som ved Køkkenvægten — gaar Stangen fra Fjederens nederste Ende opad og ender i en Skaal, hvorpaa Genstanden lægges Hylsteret er da forsynet med en Fod.

Flere Bevægelser samtidigt. Kræfters Sammensætning og Opløsning.

Vi triller en Kugle henad Dækket paa et Skib, der sejler. Kuglen har da to Bevægelser samtidigt: 1) den Bevægelse, der følger af, at den befinder sig paa Skibet, der

flytter sig, og 2) den Bevægelse, som Kuglen faar ved at trilles.

Lad os antage, at Kuglen triller fra Agterstavnen henimod Forstavnen; den vil da i Virkeligheden komme et saa stort Stykke frem, som faas ved at lægge dens egen Bevægelse henad Dækket til den Vej, som Skibet i samme Tid er flyttet. Hvis saaledes (Fig. 175) Kuglen i en vis Tid triller Stykket

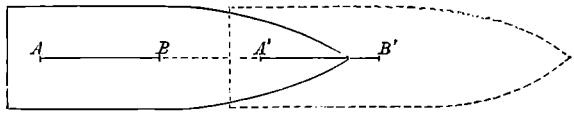


Fig. 175.

AB henad Dækket, og Skibet samtidigt flytter sig et Stykke af Længden *AA'* frem, saa er Kuglen i Virkeligheden naaet en Vej frem, som er *AB'*, idet Linien *AB* under Skibets Bevægelse er kommen hen i Stillingen *A'B'*.

Triller Kuglen fra Forstavnen henimod Agterstavnen et Stykke fra *B* til *A*, samtidigt med at Skibet flytter sig saa langt fremad, at Linien *AB* kommer i Stillingen *A'B'*, saa er Kuglens Flytning i Virkeligheden fra *B* til A'. Her faar vi altsaa Kuglens virkelige Bevægelse ved at trække de Vejlængder fra hinanden, som den vilde have tilbagelagt paa Grund af de enkelte Bevægelser hver for sig.

Dersom Kuglen trilles i skraa Retning *AB* henad Dækket (Fig. 176), og Skibet samtidigt flytter sig saa langt frem, at

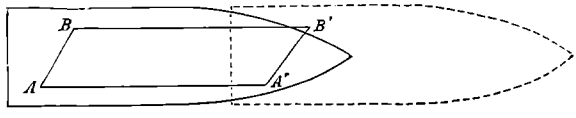


Fig. 176.

Udgangsstedet *A* kommer til *A'*, Stedet *B* til *B'*, saa vil Kuglen i Virkeligheden komme til Punktet *B'* efter at have gennemløbet den skraa Vej fra *A* til *B'*, som er *Diagonal* i i Parallelogrammet *ABB'A'*.

Et andet Eksempel paa en Flytning af den sidstnævnte Art viser Fig. 177.

En Baad drives af Vinden fra *A* til *B*, medens Strømmen

samtidigt fører den fra A til C; Baaden vil da i Virkeligheden komme til at følge Diagonalen AD i det af de to nævnte Veje dannede Parallelogram og altsaa naa over til Stedet D.

En Ting, der falder ned fra Masten paa et Skib, vil træffe det samme Sted paa Dækket, hvad enten Skibet ligger stille, eller det bevæger sig; dersom det bevæger sig, saa har Tingen to Bevægelser samtidigt: Faldbevægelsen og den Bevægelse, som Skibet har. Faldet tager ogsaa samme Tid i de to Tilfælde.

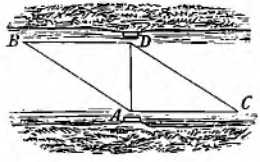


Fig. 177.

Vi ser af disse Eksempler, at naar et Legeme samtidigt skal følge flere Bevægelser, foregaar disse hver for sig uafhængigt af hverandre.

Vi har Side 218 nævnt, at den Bevægelse, som et Legeme faar, naar det paavirkes af en Kraft, beror paa Kraftens Størrelse; Bevægelsens Størrelse er noget synligt, men Kraften selv er usynlig. Ligesom man imidlertid paa den nys omtalte Maade kan „sammensætte" flere samtidige Bevægelser til een, saaledes kan man ogsaa sammensætte flere samtidigt virkende Kræfter til een, d. v. s. man kan finde een Kraft, der erstatter de flere, ɔ: en Kraft, der frembringer ganske samme Virkning, som de flere Kræfter frembringer ved deres Samvirken. Dette sker derved, at man afbilder den usynlige Kraft ved Hjælp af en ret Linie, der gaar i den Retning, hvori Legemet vilde flytte sig, dersom det var ganske og alene overladt til Kraften, og denne Linie tegnes desto længere, jo større Kraften er. Kræfter sammensættes da ganske paa samme Maade som Bevægelser.

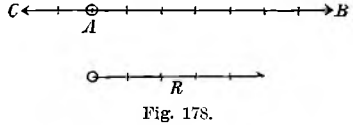


Fig. 178.

Kræfter maales jo i Kilo (Side 219 o. fl.); for hvert Kilo, Kraften er stor, afbildes den ved et Stykke af en ganske bestemt Længde. I Fig. 178 tænker vi os et Legeme A paavirket af to Kræfter, der gaar i stik modsatte Retninger; den ene Kraft AB er paa 7 kg, den anden AC paa 2 kg; i Forening virker de som een Kraft R paa 5 kg i den største Krafts

Retning; denne Kraft paa 5 kg siger man er *Resultant* for de to givne Kræfter.

Dersom de to nævnte Kræfter virkede paa Legemet i samme Retning, vilde Resultanten blive 7 kg + 2 kg = 9 kg.

Det er altsaa meget nemt at finde Resultantens Størrelse, naar Kræfterne gaar i samme eller i modsat Retning.

Naar to Kræfter virker i Retninger, der gaar skraat imod hinanden, saa findes deres Resultant R som Diagonalen i det Parallelogram, man kan danne af de to Linier AB og AC, der giver billedlige Fremstillinger af de to Kræfter; ved at se, hvor mange Gange det Stykke, der forestiller eet Kilo, er indeholdt i Resultantliniens Længde, faar man at vide, hvor stor Resultanten er; i det Tilfælde, som Fig. 179 viser, er Resultanten omtrent $6^1/_2$ kg.

Jo større Vinkelaabningen imellem de to givne Kræfter er, desto mindre bliver Resultanten. Resultanten kan ikke blive større end de givne Kræfter tilsammenlagt og ikke mindre end Forskellen imellem dem.

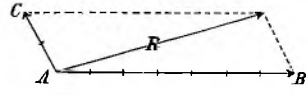


Fig. 179.

Ligesom man kan *sammensætte* to Kræfter til een, ɔ: finde een Kraft, der erstatter de to, saaledes kan man ogsaa omvendt *opløse* een Kraft i to, d. v. s. finde to Kræfter, der kan erstatte den ene; man siger, de er dennes *Komposanter*. I Reglen er der da opgivet, i hvilke Retninger de to Kræfter skal virke.

Som Eksempel vil vi tage Skraaplanet. Et Legeme, der er lagt op paa Skraaplanet, er paavirket af en lodret, fra Tyngdepunktet nedadgaaende Kraft, nemlig af sin Vægt TP; denne Kraft opløser vi i to Komposanter, af hvilke den ene gaar fra T parallelt med Skraaplanet, den anden vinkelret derpaa; de to Komposanter er TB og TC, Fig. 180; af disse vil den første søge at føre Legemet nedad Skraaplanet, medens den anden er det Tryk, som Legemet udøver ind imod Skraaplanet. Hvis der nu ikke er Spor af Gnidningsmodstand, saa kan vi finde,

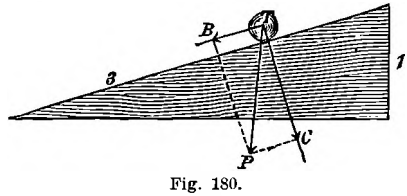


Fig. 180.

hvorledes Bevægelsen bliver, naar Legemet overlades til sig selv. Dersom Skraaplanet er saa skraat, at der paa en Længde af 3 er en Stigning af 1, bliver Kraften TB $^1/_3$ af Vægten TP; af den Grund bliver ogsaa den Forøgelse i Hastighed, som Kuglen faar i hvert Sekund, imedens den triller ned, kun $^1/_3$ af den Hastighedsforøgelse, man har med at gøre ved det frie, lodrette Fald (Side 212 o. fl.). Den Tid, som Kuglen er om at trille fra Skraaplanets Top til dets Fod er 3 Gange

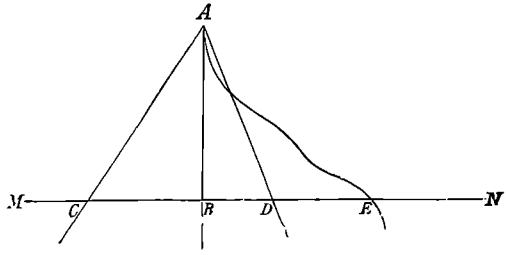


Fig. 181.

saa lang som den Tid, den bruger om at falde lodret igennem Skraaplanets Højde, og da den altsaa har 3 Gange saa lang Tid at løbe i, saa vil den, naar den kommer til Skaaplanets Fod, alligevel have samme Hastighed, som den vilde faa ved at falde lodret ned igennem Skraaplanets Højde. Denne Sætning gælder almindelig. Naar et Legeme falder fra et Sted A (Fig. 181) ned til en vandret Flade MN, og Tyngdekraften er den eneste virksomme Kraft, saa vil Legemet altid passere MN med den samme Fart, hvad enten det falder lodret ned til B eller skraat til C eller til D eller i en Bue til Punktet E.

Pendulet, Uret.

Ethvert Legeme, der er hængt op saaledes, at det kan dreje sig frit om en vandret Akse, der ligger over Tyngdepunktet — f. Eks. Pladen i Fig. 134, Side 207 — er et Pendul. Naar man bringer et saadant Legeme lidt ud fra sin Hvile-

stilling og overlader det til sig selv, vil det give sig til at svinge frem og tilbage meget længe, naar der ingen synderlig Gnidning er ved Omdrejningsaksen.

Det simpleste Pendul er en lille tung Kugle, f. Eks. af Bly, ophængt i en meget fin Traad; vi kan her se bort fra, at Traaden vejer noget, da det er saa ganske forsvindende i Sammenligning med Blykuglens Vægt. Naar dette Pendul er i Hvile, hænger det lodret (*AM'*); vi fører det nu ud til Siden og giver Slip paa det; det giver sig saa til at svinge frem og tilbage om sin Hvilestilling. Lad os betragte det i en skraa Stilling *AM*; den lille Kugles Vægt er afbildet som den lodrette Linie *MG*. Denne Kraft opløser vi i to Komposanter (Side 241), af hvilke den ene gaar i Snorens Forlængelse, den anden tværs derpaa, d. e. som Røringslinie (Tangent) til den Bue, i hvilken Kuglen kan svinge frem og tilbage. Af disse to Komposanter vil den første *MC* ingen Indflydelse have, medens den sidste *MH* vil føre Pendulet nedad til Hvilestillingen. Medens derfor Pendulet nærmer sig ned til den lodrette Stilling, vil Kraften *MH* virke *med* Bevægelsen og forøge Hastigheden, men medens Pendulet fjerner sig fra den lodrette Stilling, vil Kraften *MH* virke imod Bevægelsen og formindske Hastigheden. Naar der ingen Hindringer (Gnidningsmodstand, Luftmodstand) er for Bevægelsen, vil Pendulet stadigvæk gøre lige store Udsving paa begge Sider af den lodrette Stilling, og størst Hastighed har det, naar det passerer den lodrette Stilling.

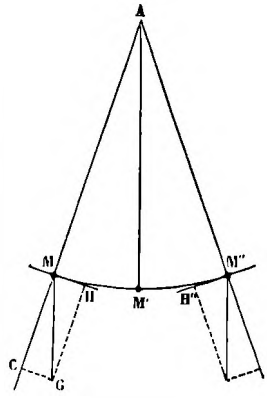


Fig. 182.

Den Tid, som et Pendul er om at svinge fra den ene Yderstilling over til den anden, kalder man for Pendulets *Svingningstid*. Naar Udsvinget bort fra den lodrette Stilling i det Hele taget ikke er stort, saa viser det sig, at Svingningstiden er uafhængig af, hvor stort Udsvinget er. Dette kan synes underligt, men man maa erindre, at jo større Udsvinget bliver, desto større bliver ogsaa den Kraft (*MH* i Fig. 182),

der søger at føre Pendulet til Hvilestillingen, og desto større Hastighed kan Pendulet opnaa; det kan derfor saare vel være saa, at Udsvingets Størrelse ingen Indflydelse faar paa Tiden, der medgaar til en Svingning.

Svingningstiden er derimod i høj Grad afhængig af Pendulets Længde; jo længere et Pendul er, desto længere er dets Svingningstid, hvad man let kan overbevise sig om ved at tage en Snor med en Blykugle i Enden og lade den svinge, idet man holder saaledes i Snoren, at Kuglen en Gang har et langt Stykke Snor at svinge i, en anden Gang et kort Stykke, og saa tæller vi, hvormange Svingninger den gør i et Minut, bedst ved Hjælp af et Lommeur med Sekundviser. Med disse simple Hjælpemidler vil vi let kunne paavise, hvorledes Svingningstiden afhænger af Pendullængden. Lad Snoren til at begynde med være 1 Meter lang, Pendulet vil da udføre 60 Svingninger i et Minut; et saadant Pendul kaldes et Sekundpendul. Gør vi det 4 Gange kortere, udfører det dobbelt saa mange Svingninger i et Minut, Svingningstiden er altsaa $^1/_2$ Sekund; er Pendullængden $^1/_9$ Meter, bliver Svingningstiden $^1/_3$ Sekund. $^1/_{25}$ Meter giver $^1/_5$ Sekund, og 100 Meter skal Pendulet være, hvis dets Svingningstid skal være 10 Sekunder.

Hvor langt skulde et Pendul være for at være et helt Minut om en Svingning? Et Minut har 60 Sekunder; 60 $\times$ 60 er 3600, og Pendulets Længde skal da være 3600 $\times$ 1 Meter, hvilket er omtrent en halv Mil!

Erstatter vi Blykuglen med en af Træ eller et hvilketsomhelst andet Stof, bliver Svingningstiden den samme, naar Pendullængden er ens.

Substansen, hvoraf Pendulet er lavet, har altsaa ingen Indflydelse paa Svingningstiden. For Kugler af meget lette Stoffer kan der dog paa Grund af Luftmodstandens Indflydelse komme en lille Afvigelse frem.

Se, det var nu meget simple Penduler, vi her har omtalt: en tung Kugle i en meget fin Traad. Men Penduler kan have mange forskellige Former, dog gælder det om dem alle, at *Svingningerne er ligetidige*, ɔ: Svingningstiden er uafhængig af Udsvingets Størrelse. Spørger vi nu imidlertid om, hvad

det er for en Pendullængde, det her kommer an paa, og som bestemmer Svingningstidens Længde, saa kan vi anstille følgende Betragtning: Dersom vi tænkte os, at de enkelte Dele af et Pendul — f. Eks. af Pladen i Fig. 134 — var løse, saa at de ingen Forbindelse havde med hverandre, og at disse utallige løse Dele var hængte op i Snore af saadanne Længder, at Delene blev ved med at være i den Afstand fra Aksen, som de havde i Forvejen, saa vilde de enkelte Dele have meget forskellig Svingningstid; de øverste Dele vilde svinge hurtigst, og jo længere bort fra Aksen vi kommer, desto langsommere er Svingningerne. Det er da aabenbart, at naar alle Delene er fast forbundne med hverandre, saa vil de nederste Deles Svingninger blive fremskyndede ved Forbindelsen med de højere liggende Dele, og disse vil til Gengæld blive noget forsinkede i deres frie Svingninger ved Forbindelsen med de lavere liggende Dele. Vi kan heraf slutte, at der inde i et saadant Pendul maa være en lille Del, hvis frie Svingninger ikke bliver paavirkede ved Forbindelsen med de andre Dele i Pendulet, d. v. s. det vil af de højere liggende Dele blive fremskyndet lige saa meget, som det forsinkes af de lavere liggende Dele; dette Punkt hedder *Svingningernes Midtpunkt*. Pendulet har altsaa samme Svingningstid, som en lille tung Kugle vilde have, der var hængt op i en fin Traad, hvis Længde netop er Afstanden fra Omdrejningsaksen ned til Svingningernes Midtpunkt; det er denne Afstand, som da er den Pendullængde, det kommer an paa, naar der er Spørgsmaal om, hvor stor Pendulets Svingningstid er. Svingningernes Midtpunkt ligger altid lavere nede end Tyngdepunktet. Hvis Pendulet er en Lineal, der er hængt op ved sin ene Ende (Fig. 183), saa ligger Svingningernes Midtpunkt i en Afstand fra Aksen, der er $^2/_3$ af hele Linealens Længde; skal dette Pendul udføre een Svingning i hvert Sekund, maa Linealens Længde være $1^1/_2$ Meter, thi $^2/_3$ heraf er 1 Meter, hvilket, som vi har nævnt, er Sekundpendulets Længde. Men iøvrigt afhænger Beliggenheden af Svingningernes

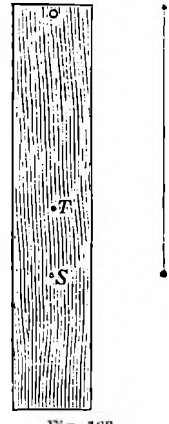


Fig. 183.

Midtpunkt i Legemet af dettes Form og Størrelse og af Massernes Fordeling i Pendulet.

Pendulet benyttes som Regulator i Ure netop paa Grund af den Egenskab ved det, at dets Svingninger er ligetidige, naar blot Svingningernes Midtpunkt altid ligger i samme Afstand fra Omdrejningsaksen. Fig. 184 viser, hvorledes Pendulet griber ind i Urværket.

Værket trækkes her ved Hjælp af et faldende Lod; dette er gjort fast i et Tov eller en Kæde, der er viklet op paa en Valse; paa denne Valse sidder det saakaldte *Ganghjul* eller *Hæmhjul* med savtakkede Tænder, og ovenover dette befinder sig det saakaldte *Anker*, en Metalbue med ombøjede Flige i Enderne, der skiftevis kan gribe ind i Mellemrummet imellem to Tænder. Dette Anker sidder fast til en let bevægelig, vandret Akselstang foroven, og fast paa denne Stang sidder endvidere en Stang, der gaar nedad, og som har to vandrette Grene ud til Siden forneden. Ind imellem disse Gaffelgrene hænger et Pendul, som her bestaar af en Stang, der foroven ved et lille Staalbaand fæstes til Brættet og forneden bærer en flad, tung Linse, der hviler paa en Møtrik; Staalbaandet og Møtriken ses ikke paa Figuren, men paa de fleste almindelige Pendulure bedre end paa et Billede.

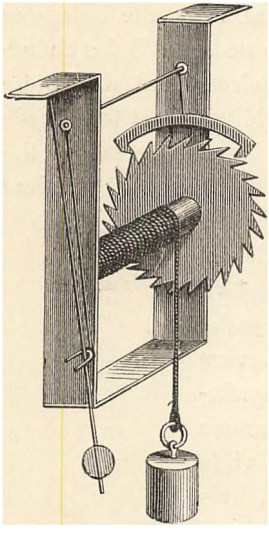


Fig. 184. Et Urværk.

Naar Pendulet nu svinger frem og tilbage, slaar det snart til den ene og snart til den anden af de to Grene, hvor imellem det befinder sig; derved gaar Ankeret ogsaa lidt, snart til den ene, snart til den anden Side; der bliver da et Øjeblik, hvor Ganghjulet er fri for Ankerets Indgriben, og i det Øjeblik vil Loddet dreje Valsen med Ganghjulet et lille Stykke. Medens Pendulet svinger een Gang frem og tilbage, drejer Tandhjulet sig een Tand frem, og dersom Pendulet er et Sekundpendul, og Hjulet har 30 Tænder, kommer Hjulet til at

gaa een Gang rundt i Minuttet. Til Hjulets Akse (Valsen) kan da den saakaldte „Sekundviser" befæstes. Ved et System af Tandhjul overføres Valsens Bevægelse til andre Aksler, som skal bevæge sig saa mange Gange langsommere, at de to Hovedvisere, den „store" og den „lille" Viser, kan anbringes derpaa; den store Viser gaar jo een Gang rundt i Timen, den lille een Gang rundt i 12 Timer.

Hvis Uret taber, skruer vi lidt paa Møtriken, som bærer Linsen, saaledes at denne hæves; derved hæves ogsaa „Svingningernes Midtpunkt", Pendulet bliver ligesom kortere, og Svingningstiden mindre. Som bekendt udvider næsten alle Ting sig, naar de opvarmes, ogsaa det maa vi tænke paa ved Urpendulet, hvor selv en meget lille Længdeforandring vil have Indflydelse paa Urets Gang; i de almindelige Regulatorure er Pendulstangen lavet af tørret ferniseret Træ, der kun udvider sig lidt ved Varmen, og denne lille Udvidelse, der dog vilde faa Uret til at gaa for langsomt i Varme, kan ophæves, kompenseres, ved Linsens Udvidelse, der foregaar opefter, da den hviler paa Møtriken forneden.

Som Drivkraft i Urværket tænkte vi os i Fig. 184 et faldende Lod. I Stedet for et saadant benyttes ogsaa — og altid i Lommeure — en spændt, spiralformig Fjeder; denne Fjeder søger at rette sig ud, og faar den Lov hertil, driver den imens Urværket med en Kraft, der er næsten ganske ens hele Tiden, hvis Fjederen er saa lang, at den ikke slappes kendelig under Urets Gang.

Som Regulator benyttes i Stedet for en Pendul den saakaldte *Uro* (Fig. 185); denne er et lille Hjul, til hvis Akse er befæstet en ganske fin Spiralfjeder, hvis yderste Ende er gjort fast. Naar Uroen er stille, er der ingen Spænding i Spiralen, men drejes den et Stykke rundt og saa overlades til sig selv, giver den sig til at svinge hurtig frem og tilbage; ligesom Pendulet søger den nemlig, naar Spiralen er bleven spændt lidt ved Hjulets Drejning, tilbage til sin Hvilestilling, men kommer til den med en vis Fart, overskrider

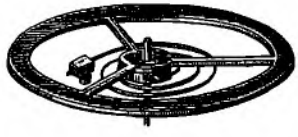


Fig. 185. „Uroen".

Hvilestillingen, gaar lige saa langt ud til den modsatte Side, drejer saa tilbage o. s. v. Og om disse Svingninger gælder det samme som om Pendulsvingningerne: de ere ligetidige. — Uroen ser man, naar man kigger ned i Urværket ved at aabne de to bageste Dæksler. Dens Længde kan forandres ved at dreje paa den lille Viser, man ser over Uroen; hvis Uret taber, gøres Spiralen kortere, hvorved Svingningstiden formindskes.

Med et Pendul kan man føre Bevis for, at vor Jord drejer sig om sin Akse fra Vest til Øst een Gang rundt i Løbet af hver 24 Timer. Tilsyneladende drejer jo Himmelhvælvingen sig rundt fra Øst til Vest i samme Tid; men sidder vi i en Jernbanekupé, og et Tog ved Siden af sættes i Gang, er det ikke let at afgøre, om det er „os“ eller „de andre“, der kører, og særlig slemt er det, hvis vi sidder stille paa en Stol, og Væggene begynder at dreje rundt som i det roterende Værelse i Tivoli og flere andre Steder; da klamre vi os til Stolen for ikke at vælte.

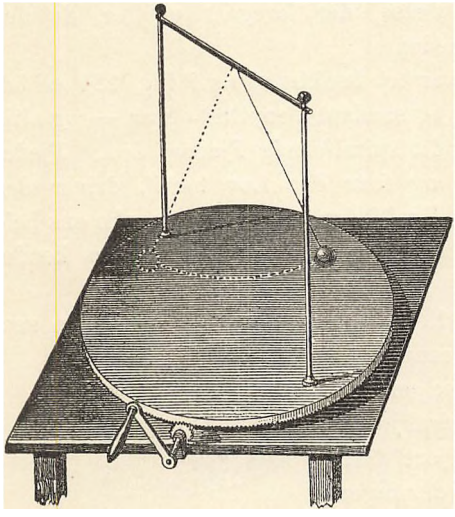


Fig. 186.

Men tilbage til Pendulet! Naar et Pendul een Gang er sat i Svingninger frem og tilbage i et bestemt lodret Plan, søger Pendulet at blive i dette Svingningsplan. Fig. 186 viser os et Apparat, hvorved dette bliver os klart. Paa en stor, vandret, rund Plade er der et Stativ, paa hvilket er ophængt et Pendul; denne runde Plade er anbragt saaledes paa et Bord, at den kan drejes rundt ved Hjælp af et Haandtag og et lille Tandhjul, hvis Tænder griber ind i Tænder paa den runde Plade. Man sætter nu Pendulet i Svingninger og giver

sig til at dreje Pladen med Stativet rundt; men denne Drejning generer ikke Pendulet; dette bliver ved med at svinge frem og tilbage i den oprindelige Retning og kommer altsaa under Pladens Omdrejning til at svinge hen over stadig nye Dele af Pladen.

Ganske saaledes som det her gaar i vort Forsøg, vilde det ogsaa gaa, hvis man var ved en af Jordens to Poler, hængte et Pendul op der og satte det i Svingninger; det vilde blive ved med at svinge i det lodrette Plan, som man satte det i Gang i, men Jorden under det vilde dreje sig fra Vest imod Øst, d. v. s. i en Retning, der er den modsatte af den, som Urviserne bevæger sig i, naar Uret lægges ned paa Jorden med Skiven vendt opad. Medens Pendulet svinger, kommer det da til at svinge hen over stedse nye Punkter nede paa Jordoverfladen, men den, der staar paa Jorden og deltager i Jordens Akseomdrejning uden at føle denne, han vil synes, at Pendulets Svingningsplan drejer rundt med Urviseren en Gang i 24 Timer, altsaa 15 Grader i hver Time. Anstilles Forsøget paa andre Steder af Jorden, vil Drejningsvinklen blive mindre end 15° pr. Time, i København f. Eks. knapt 12°, ved Ækvator vil slet ingen Drejning finde Sted; men for ethvert Sted kan man ved Beregninger, som vi her maa lade fare, finde, hvormeget Pendulets Svingningsplan skal dreje sig, og ved Forsøg vise, at det drejer sig netop saa meget som beregnet, og dette viser os, at Grundlaget for Beregningen er rigtig. Og hvad var Grundlaget? Grundlaget var det, at Jorden drejer sig een Gang rundt i 24 Timer. Pendulforsøgene, som her er omtalte, leverer altsaa Bevis for denne Sags Rigtighed.

Dette sindrige Forsøg er først udtænkt og foretaget 1851 af den franske Fysiker *Foucault* (udtales fuko med Tryk paa sidste Stavelse).

Massetiltrækning. Tidevande.

Vi har set, at elektriske og magnetiske Legemer kan tiltrække og frastøde hinanden; nu skal vi se, at alle Legemer, ogsaa naar de er umagnetiske og uelektriske, udøver en gensidig Virkning paa hinanden, og denne Virkning er altid en Tiltrækning. Den store engelske Fysiker *Isaac Newton* (udtales: ejsak njutaan), der er født 1643 og død 1727, fremsatte den Lov, at *alle Legemer, store saa vel som smaa, udøver en Tiltrækning paa hinanden;* denne Tiltrækningsevne er noget, der er uadskillelig knyttet til alt Stof i Naturen. Vi iagttager den ganske vist ikke let for de Tings Vedkommende, som vi i det daglige Liv færdes imellem — Møblerne i en Stue kører ikke sammen til et Sted i Stuen, fordi de tiltrækker hinanden — men dette ligger i, at Tiltrækningskraften imellem dem er meget ringe, og at Luftmodstanden, men især Gnidningsmodstanden hindrer, at der kommer nogen Bevægelse frem som Resultat af denne Tiltrækning. Vi skal imidlertid straks høre om, hvorledes man ved Eksperimenter har godtgjort, at Tiltrækningen er til Stede.

En synlig Virkning af denne almindelige Massetiltrækning har vi daglig for Øje, nemlig i Tyngdekraften, thi Tyngden er ikke andet end den Tiltrækning, som Jordens Masse udøver paa alle Masser ved dens Overflade.

Tager vi en Sten i Haanden, modtager Haanden et Tryk saa stort som Stenens Vægt; med denne Kraft trækker Jorden i Stenen, men Stenen trækker i Jorden med en lige saa stor Kraft. Loven om Aktion og Reaktion (S. 220) gælder ogsaa for den almindelige Massetiltrækning; men medens den Kraft, hvormed Jorden trækker i Stenen, som vi har set, er i Stand til at give Stenens Masse en Hastighedsforøgelse paa 10 Meter i hvert Sekund, saa vil den lige saa store Kraft, hvormed Stenen trækker i Jordens uhyre store Masse, ikke være i Stand til at give denne nogen kendelig Hastighed, saa hvis Stenen slippes fri, falder *den* ned til Jorden, og ikke Jorden op til *den.* Jo længere to Legemer er fra hinanden, desto mindre Tiltrækning er der imellem dem; Newton opstillede selv den Lov, som altid senere har vist sig stadfæstet, at rykkes to

Legemer ud til den dobbelte Afstand, bliver Tiltrækningen 4 Gange svagere; i den 10-dobbelte Afstand er Tiltrækningen 10 × 10, d. e. 100 Gange svagere osv.

Og nu vil vi saa skride til at omtale et af de Forsøg, der er blevet anstillet for at godtgøre, at Ting paa Jordens Overflade tiltrækker hinanden; vi tager Englænderen *Cavendish's* berømte Forsøg, der blev anstillet for godt 100 Aar siden for første Gang, men senere er gentaget af andre lige op til Nutiden, idet man dog paa Grund af Teknikens Fremskridt har

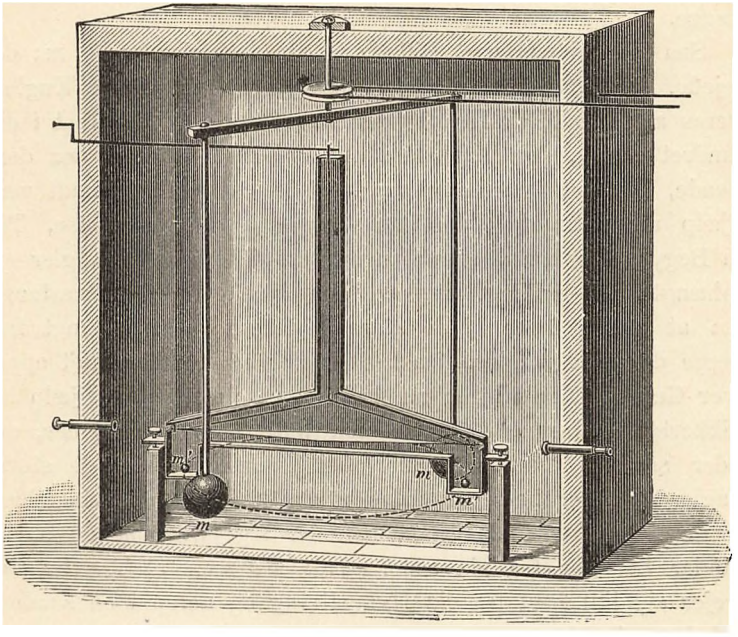


Fig. 187.

været i Stand til at reducere Apparatets Dimensioner og Vægt i en meget betydelig Grad.

Forsøget er følgende. I et Værelse er opstillet en særlig formet Trækasse (Fig. 187), i hvilken der er ophængt en lang fin Sølvtraad, som forneden bærer en vandret, let Stang af Grantræ, og i Enderne af den hænger to smaa Blykugler, *m' m'*, hver paa ca. $^3/_4$ kg's Vægt. Trækassen er formet saaledes, at den lige netop omgiver denne Ophængning, men ved de to

Ender udfor den vandrette Stangs Ender er der indsat Glasruder, saa at man udefra kan kigge ind i Kassen; Kassen er anbragt udenom den lette Ophængning for at forhindre, at Luftstrømninger i Værelset skal sætte Stangen i Bevægelse. Stangen med de to Kugler vil komme i Ro i en vis Stilling, nemlig naar der ikke er Spor af Snoning i den Sølvtraad, hvori den er ophængt; da Stangen ikke har megen Plads til at røse sig i, er det indrettet saa, at man kan vride Sølvtraaden lidt foroven, saa at man kan faa Stangen til at svæve frit inde i sin Kasse uden at lægge sig an imod dennes Sidevægge.

Saa ser vi paa vort Billede to store Kugler *m* og *m*; de vejede, da Cavendish gjorde Forsøget, 158 kg. Disse Kugler bæres af to lodrette Jernstænger, der foroven sidder fast i en vandret Stang, der gaar hen under Loftet, og som paa den Maade, Billedet tydelig viser, kan drejes vandret rundt ved Hjælp af et Snorløb, der styres inde fra et Sideværelse. Til en Begyndelse har denne Stang, hvori de svære Blykugler er ophængte, en Stilling, der er tværs paa den lette Træstang, saa at altsaa hver af de store Blykugler er lige langt fra begge de smaa Kugler. De fire Kugler er alle lige højt oppe over Gulvet. Man kigger nu fra Sideværelserne ved Hjælp af Kikkerter i Murene hen paa den lette Træstangs Ender, og lader saa En trække i Snorløbet foroven, saa at de store Kugler kommer hen paa Siden af de smaa, naturligvis udenfor Kassen, hvori de smaa befinder sig; hver af de store Kugler kommer fra sin Side, og da ser man, at Træstangen drejer sig lidt bort fra sin Hvilestilling og netop i en saadan Retning, at det er aabenbart, at de smaa Kugler drages henimod de store. De smaa Kugler trækker ganske vist, som det er sagt ovenfor, med en lige saa stor Kraft i de store, men disse har ikke en saa let Ophængning, at de kommer i Bevægelse af den Grund.

Man kan i dette Forsøg tage Blykugler af andre Størrelser, og man kan tage Kugler af andre Ting end af Bly; ved at se paa, hvor meget den lette Træstang i de forskellige Tilfælde gaar bort fra sin Hvilestilling, faar man at vide, hvorledes Tiltrækningen forandrer sig med Massen i de Legemer,

der tiltrækker hinanden. Herved erfarer man — hvad Newton ogsaa gik ud fra — at hvis den ene Kugle ombyttes med een, der f. Eks. vejer 3 Gange saa meget, den anden med een, der vejer 7 Gange saa meget, da bliver Tiltrækningen 3 × 7 eller 21 Gange saa stor, forudsat at der i begge Tilfælde er den samme Afstand imellem de to Legemer.

Ved at hænge Lodsnore op i Nærheden af Bjerge har man fundet, at disse Lodsnore ikke havde samme Retning, som hvis Bjerget ikke var der; Loddet drages lidt ind imod Bjerget, og Lodsnoren faar en lidt skraa Stilling, men der skal meget fine Iagttagelser til for at opdage det. Imidlertid har man ogsaa ad den Vej kunnet paavise en Tiltrækning imellem Legemer ved Jordens Overflade.

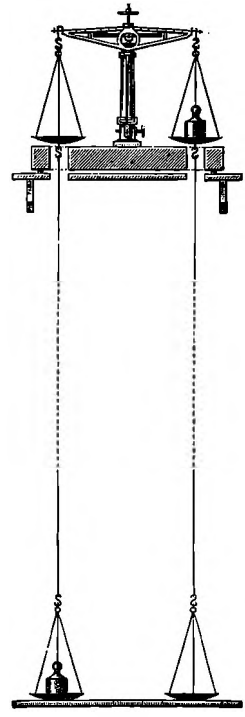


Fig. 188.

Tyngden er som ovenfor omtalt Navnet paa Tiltrækningen imellem Jorden og Tingene ved dens Overflade; ogsaa Legemer paa Jordens højeste Bjerge er underkastede Tyngdens Virkning. Men jo højere man kommer op over Jordens Overflade, desto svagere virker Tyngdekraften, om end denne Formindskelse i Virkning er meget lille indenfor de Højder, man kan naa. Den kan dog paavises, bl. a. ved en fin Vejning: Paa en høj Murpille opstilles en fin Vægt (Fig. 188) med to Skaale i hver Ende, den ene f. Eks. 10—15 Meter lavere end den anden. Naar der lægges ens Vægtlodder paa de to øverste Skaale, bliver Ligevægten ikke forstyrret; heller ikke naar de to samme Lodder lægges paa de to nederste Skaale. Men lægges det ene Lod paa den øverske Skaal paa Vægtens ene Arm og det andet Lod paa den nederste Skaal paa Vægtens anden Arm, saa er Ligevægten forstyrret, idet det viser sig, at der er Overbalance paa den Side, der har Vægten liggende paa den nederste Skaal. Dette hidrører fra, at Jorden trækker med desto større Kraft i

Loddet, jo nærmere det er ved Jordoverfladen; ved at lægge fine Vægtlodder paa den anden Side kan man atter tilvejebringe Ligevægten, og man faar derved at vide, hvor stor Forandring en Tings Vægt undergaar ved en Flytning i lodret Retning saa stor, som Afstanden er fra den øverste til den nederste Skaal.

Man kunde da stille det Spørgsmaal: hvor langt kan et Legeme være borte fra Jorden og dog drages imod den af Tyngdekraften? Det fortælles, at Newton en Dag sad i sin Have, og et Æble faldt ned ved hans Fod; han kom da til at tænke paa, om den Kraft, der bringer Frugten til at falde ned fra Træet, naar Stilken ikke længer kan bære den, om den er den samme Kraft som den, der holder Maanen i sin Bane omkring Jorden. Ved at underkaste denne Sag en nærmere Undersøgelse og Beregning kom han til det Resultat, at dette virkelig forholder sig saaledes; naar Maanen kredser omkring Jorden, saa maa den stadig falde ind imod Jorden.

Maanen kredser omkring Jorden i Retning fra Vest imod Øst og er i en Afstand fra Jordens Centrum af ca. 51 Tusinde Mile. Hvis Jordens Tiltrækning paa Maanen kunde tænkes pludselig at holde op med at virke, naar Maanen kommer til et vist Punkt *M* af sin Bane (Fig. 189), saa vilde Maanen, som har en bestemt Fart, i Kraft af Inertien gaa videre ud ad en ret Linie *MT*, der er Røringslinie (Tangent) til Maanebanen; i Løbet af en vis Tid vilde Maanen da være kommen hen til et Punkt *A* paa denne rette Linie, men da Maanen i Virkeligheden efter denne Tids Forløb passerer et Punkt *B* i sin Bane, saa er Maanen i denne Tid „falden" et Stykke *AB* ind imod Jorden, og dette „Fald" hidrører fra Jordens Tiltrækning paa Maanen. Vi forstaar da nu, at Maanen meget godt kan stadigvæk falde ind imod Jorden uden derfor at

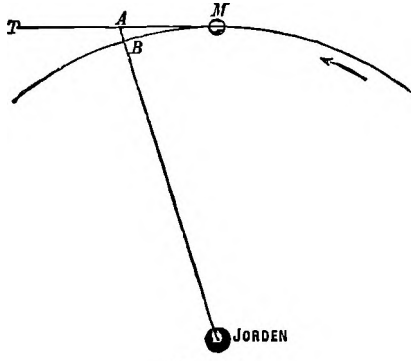


Fig. 189.

komme Jorden nærmere; det hidrører altsaa fra, at Maanen en Gang i Tidernes Morgen har faaet en Sidebevægelse.

Ligesom Maanen ved Jordens Tiltrækning holdes i sin Bane, saaledes holdes Jorden og de andre Planeter i deres Baner ved Solens Tiltrækning. Overalt i Himmelrummet som paa Jorden ser vi Bekræftelse paa Rigtigheden af Newtons Lov. Ogsaa Tidevandet, den bekendte regelmæssige Stigen og Falden af Vandstanden ved Kysterne ud imod det aabne Hav, finder ved denne Lov sin simple Forklaring; det skyldes nemlig Maanens Tiltrækning paa Jorden. Vi vil da for Simpelheds Skyld begynde med at tænke os Jorden overalt omgivet af Hav. I Fig. 190 er Jorden tegnet med Nordpolen *Nord* og

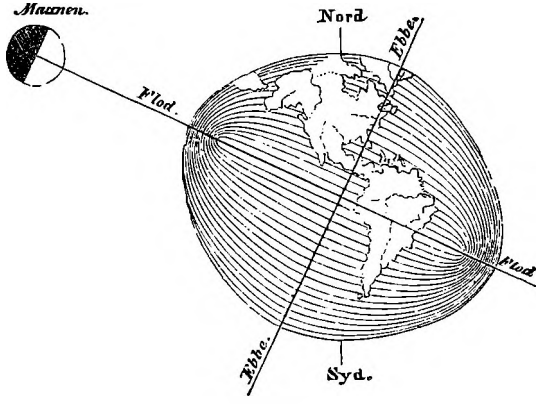


Fig. 190.

Sydpolen *Syd*; Maanen er tegnet nærmere ved Jorden, end den i Virkeligheden er i Forhold til Jordens Størrelse, idet Maanens Afstand fra Jordens Centrum er omtrent 60 Gange saa stor som Jordens Radius.

Den faste Jords Masse kan vi tænke os samlet i Tyngdepunktet, hvilket er Jordens Centrum. Det Vand, der findes paa den Side af Jorden, som vender henimod Maanen, vil tiltrækkes stærkere af Maanen end den faste Jords Centrum, thi vi ved, at jo mindre Afstanden imellem to Ting er, desto stærkere drages de imod hinanden; men da maa Vandet stige paa denne Side af Jorden; forlade Jorden gør Vandet ikke, da Jorden holder paa det med en mange Gange større Kraft,

men det hæver sig dog højere, end det vilde staa, hvis Maanen ikke udøvede nogen Virkning paa det. — Hvad Vandet paa den modsatte Side af Jorden angaar, altsaa paa den Side, som vender bort fra Maanen, saa vil det ogsaa stige der, thi dette Vand tiltrækkes mindre stærkt af Maanen, end den faste Jords Centrum gør; Jordcentret trækker sig altsaa ligesom lidt væk fra dette Vand, d. v. s. Vandet stiger lidt i Forhold til den faste Jord.

Men naar Vandet stiger paa disse Steder, saa maa det falde paa de øvrige, og denne Sænkning af Vandet finder Sted i et Bælte omkring Jorden, der staar tvers paa Retningen fra Jorden til Maanen; Vandets Stigen kaldes Flod, dets Falden Ebbe.

Højest Flod har vi altsaa paa de to Steder af Jorden, hvor en ret Linie fra Maanens til Jordens Centrum gaar igennem Jordens Overflade.

Som nylig fortalt (Side 248), drejer Jorden sig om sin Akse (Nord—Syd paa Fig. 190) fra Vest mod Øst een Gang rundt i 24 Timer. Hvis Maanen stod stille, vilde altsaa de to Flodbølger dreje sig rundt paa Jorden i den samme Tid fra Øst mod Vest, og der vilde forløbe 6 Timer mellem Flod og Ebbe paa det samme Sted; men Maanen gaar selv rundt om Jorden (se Fig. 189) fra Vest til Øst een Gang i Løbet af $27^1/_3$ Døgn; Tiden mellem Flod og Ebbe bliver derved lidt længere, nemlig omtrent $6^1/_4$ Time.

Da Maanen ikke kan komme lige ud for alle Steder paa Jorden, men er ud for Stederne i den varme Zone og saa lidt paa begge Sider af denne (Nord for og Syd for), saa har vi Flodbølgetoppene beliggende i disse Egne, medens Jordens Poler altid ligger i Ebbebeltet.

Nu er imidlertid Jorden ikke overalt bedækket med Hav, og Flodbølgen faar derfor heller ikke en saa regelmæssig Gang hen over Jorden, som det nylig er omtalt.

Bedst vil det passe for en Ø ude i det store Ocean, hvilket Hav har en stor Udstrækning fra Vest til Øst, men naar Flodbølgen saa ved at gaa imod Vest støder paa Asiens Fastland, maa den bøje af; den gaar igennem det indiske Ocean, sønden om Afrika, og derpaa op i Atlanterhavet; ogsaa i dette

Hav opstaar der en selvstændig Flod og Ebbe, men den har ikke saa stor Betydning som den fra det store Ocean, thi ser man efter paa et Kort eller en Globus, ser man tydelig, at Atlanterhavet egentlig er temmelig smalt — forholdsvis naturligvis, thi vi synes jo nok, at en Rejse fra Europa til Amerika er en lang Rejse.

Ogsaa Solen vil frembringe Flod og Ebbe paa Jorden, men den er knap halvt saa stor som den, der skyldes Maanen; vel er Solens Masse uhyre mange Gange større end Maanens, men den mange Gange større Afstand, som Solen har fra Jorden, spiller her Hovedrollen. Det Højvande, der skyldes Solen, findes paa den Side af Jorden, der vender imod Solen, og paa den Side, der vender bort fra Solen. Naar den Flod, der hidrører fra Maanen, og den, der hidrører fra Solen, er sammenfaldende, — dette sker ved Fuldmaanetid og ved Nymaanetid —, kommer der en særlig høj Flod frem, hvilken man kalder *Springflod*. Kommer der derimod Ebbe fra Solen paa de Steder, hvor Maanen danner Flod, bliver denne Flod formindsket, og den kaldes da *Nipflod*; Nipflod haves paa de Tider, man kalder Maanens Kvarterskifter, da Halvdelen af Maanefladen viser sig lys.

Fra de store Verdenshave, hvor Tidevandet skifter mest regelmæssigt, gaar Flodbølgen ind i Indhavene, og dens Retning kan derved blive betydelig forandret. Samtidig kan Flodbølgens Højde undergaa store Forandringer, hvilket især sker, naar Flodbølgen fra Havet trænger ind i en snæver Bugt med en vid Munding.

Den største Vandstandsforandring, som Tidevandet paa den Maade kan frembringe, kendes fra Fundybugten paa Østkysten af Nordamerika; Springfloden her kan blive henimod 20 Meter højere end Lavvandet. Skærer Indhavet sig langt ind, kan der ogsaa foregaa den Forandring med Tidevandet, at Vandet ikke er samme Tid om at stige som om at falde. Hamborg ligger ved Elben; ude ved Elbens Munding stiger Vandet i $5^1/_2$ og synker i $6^3/_4$ Time, men inde ved Hamborg stiger Vandet kun i $4^3/_4$ og synker i $7^3/_4$. Den Flodbølge, man har med at gøre her ved Elben saavelsom ogsaa længere Nord paa ved Jyllands Vestkyst, den kommer ude fra Atlanterhavet og trænger

ind igennem Kanalen imellem England og Frankrig; denne Gren af Flodbølgen gaar Nord om Jylland ind i Kattegat og mødes her med en anden Gren fra Atlanterhavet, som sendes herfra Nord om Storbrittanien; naar flere Flodbølger paa denne Maade træffer sammen, kan Fænomenet vise sig ret indviklet. Springfloden ved København har en Højde over Lavvande paa omtrent 16 cm.

Krumliniet Bevægelse.

I Kastebevægelsen (Fig. 146) og i Pendulets Svingninger har vi Eksempler paa, at Legemer bevæger sig i krumme Baner. Hvornaar kommer da i al Almindelighed et Legeme til at gaa i en krum Bane? Det gør det, naar det sættes i Bevægelse i en vis Retning, men der saa under Bevægelsen virker en stadig Kraft paa det i en anden Retning; denne Kraft vil stadigvæk trække Legemet ud fra den rette Linie, som det gerne paa Grund af Inertien vil bevæge sig i.

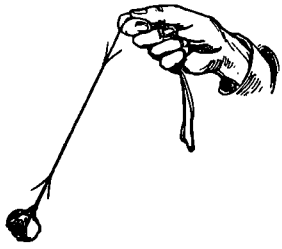


Fig. 191.

Nu tager vi et ganske dagligdags Eksempel: vi tager en Sten med en Snor i og svinger Stenen rundt i en Kreds. Det er „ikke med sin gode Villie", at Stenen gaar rundt i Kredsen, og det ser vi deraf, at hvis Snoren knækker, eller vi giver Slip paa den, saa farer den væk fra os. Vi har, da Stenen blev sat i Bevægelse, givet den en Sidebevægelse, men den kan ikke faa Lov til at gaa fra os, da den er bunden til Snoren; medens Stenen kører rundt, er Snoren strammet ud; man kan maale Snorens Stramning, hvis man binder Snoren til Krogen paa en Fjedervægt (Fig. 175) og saa holder Ringen paa denne i Haanden og svinger rundt; Viseren vil da flytte sig, og af dens Stilling kan man faa at vide, med hvor mange Kilograms Kraft Snoren er strammet.

Denne strammede Snor trækker nu i begge sine Ender; i den ene Ende trækker den i Stenen, og det er dette Træk — som jo er rettet ind imod Centrum af den Kreds, hvori Stenen gaar rundt — der holder Stenen i dens krumme Bane; ved sin anden Ende trækker Snoren i Haanden, og dette Træk i Haanden, det føler vi som en Bestræbelse hos Stenen til at

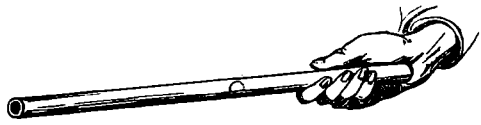


Fig. 192.

gaa bort fra Haanden og siger, at der paa Stenen virker en midtpunktflyende Kraft eller Centrifugalkraft. Slippes Snoren, farer Stenen ud, og man siger, det er paa Grund af en saadan Kraft, men det er det slet ikke; det er Stenen, der i Kraft af Inertien vil gaa ud ad en ret Linie, og det faar den nu Lov til, men vi kan ikke gøre det, uden at den derved maa fjerne sig fra Haanden, som holdt den.

Vi tager et andet Eksempel: Man tager et langt Rør, hvori der ligger en Kugle, fat ved den ene Ende (Fig. 192) og svinger det rundt; da vil Kuglen fare ud af Røret, man siger: paa Grund af Centrifugalkraften; men det er ganske simpelt som Følge af Inertien, thi idet man begynder med at svinge Røret rundt, giver man Kuglen en Sidebevægelse, d. v. s. tværs paa Røret (den punkterede Linie i Fig. 193), og den vil Kuglen gerne følge, men det kan den ikke uden at ende med at fare ud af Røret.

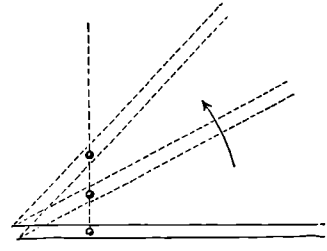


Fig. 193.

Fig. 194 viser en „Centrifugalbøjle“: en Rende eller to Skinner, der danner en Bane af den angivne Form; lægger man en Kugle øverst op i Renden, eller sætter man en lille, dertil indrettet Vogn op paa Skinnernes øverste Punkt, og

slipper løs, saa følger Kuglen eller Vognen Banen hele Tiden; den kommer altsaa bl. a. til at køre rundt i en Kreds paa

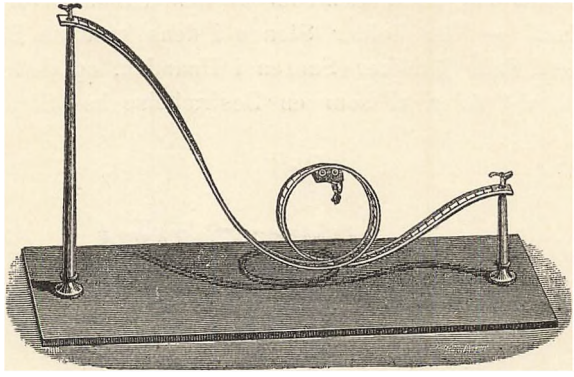


Fig. 194. Centrifugalbøjlen.

Indersiden af Banen. Hvad er det da for en Kraft, der fører den rundt i denne Kreds? det er Banens Tryk ind imod Kuglen eller Vognen; denne vil jo hele Tiden stræbe efter at gaa lige ud i en ret Linie, altsaa f. Eks. naar den passerer den Stilling, som Figuren viser, vil den stræbe efter at gaa lige ud til Venstre, men det modsætter den krummede Bane sig og trykker den indefter. Det er i vore Dage et ikke helt ualmindeligt Cirkusnummer, at en Cyklist kører rundt i en saadan Sløjfe.

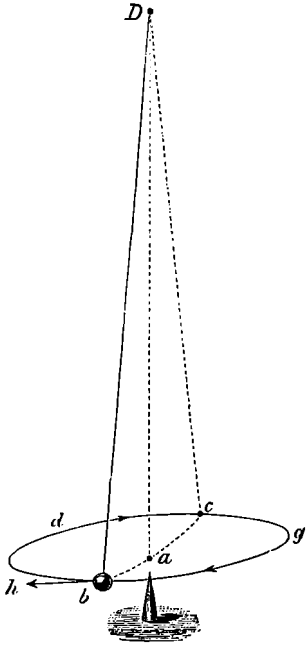


Fig. 195.

I Stenen, der slynges rundt i en Kreds, havde vi et Eksempel paa en Cirkelbevægelse, hvor Legemet var i fast Forbindelse med Cirklens Centrum, saa at det var et Træk, der holdt det i Kredsen; i Vognen paa Centrifugalbøjlen har vi et Eksempel, hvor Kraften er et Tryk udefra Banen ind efter imod Kredsens Centrum. Vi vil nu nævne

et Eksempel paa en Cirkelbevægelse, hvor Legemet hverken er fast forbundet med Centrum eller liggende an imod en fast Bane; Eksemplet er afbildet i Fig. 195. I en Krog i Loftet er hængt en tynd Snor op med en Metalkugle forneden; en lille Kegle paa Gulvet angiver med sin Spids det Sted *a*, hvor Kuglen vil være, naar den hænger ganske rolig. Naar man bringer dette Pendul noget ud til Siden, ligegyldig i hvad Retning, og saa slipper det, ved vi, at det vil falde tilbage ind imod Keglespidsen. Men naar man efter at have bragt det ud i en skraa Stilling giver det en Sidebevægelse, samtidigt med at man overlader det til sig selv, saa vil Kuglen komme til at gaa i en krum Bane, og ved at afpasse Sidestødet paa rette Maade kan man opnaa, at Kuglen gaar rundt i en Cirkel *bdcg*. Hvor Kuglen end er i sin Bane, vil den søge at falde ind imod Keglespidsen; dette Fald ind imod Centrum for Banen er det, som holder Kuglen i Cirklen.

Et Jernbanetog holder sig paa Skinnerne derved, at Hjulene har en fremspringende Kam paa Indersiden (Fig. 196). Naar Toget kører lige ud, saa vil tilfældige Ujævnheder bevirke, at snart den ene Hjulkam rører ved sin Skinne, snart den anden ved sin. Krummer Jernbanelinien sig imidlertid, og Skinnerne ligger lige højt, saa forandres dette Forhold, thi da Toget paa Grund af Inertien søger at køre lige ud, saa vil den yderste Skinne altid være i Berøring med Hjulkammen her; de to trykker imod hinanden. Skinnen trykker indefter paa Hjulet og tvinger derved Toget rundt i den krumme Bane, men Hjulkammen trykker med lige saa stor Kraft udefter paa Skinnen. Disse Tryk vil man helst undgaa, da det anstrænger Materialet og giver stor Gnidningsmodstand imod Bevægelsen, og desuden faar Toget en Tendens til at vælte udefter, — man siger: paa Grund af Centrifugalkraften! men det er jo simpelthen af den Grund, at Underdelen af Vognen tvinges til Siden paa den nylig om-

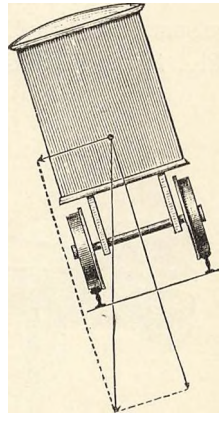


Fig. 196. Jernbanevogn paa en krum Banelinie.

talte Maade, medens selve Vognen i Kraft af Inertien søger at fare lige frem, og da kommer Væltetendensen frem.

For da at bøde paa de to nævnte Ulemper lægger man i en krum Jernbanelinie den yderste Skinne højere end den inderste, saaledes at Toget kommer til at hælde under Farten (Fig. 196); vi faar saa et noget lignende Forhold frem som i det i Fig. 195 afbildede Tilfælde. Foruden at køre fremad glider Toget ogsaa lidt til Siden, da det befinder sig ligesom paa et Skraaplan, og naar Skinneplanet hælder paa rette Maade i Forhold til Togets Fart og til Baneliniens Krumning, kører Toget lige saa sikkert her, som naar det kører lige ud paa to Skinner, der ligger lige højt; jo stærkere Fart Toget har, og jo stærkere krummet Banelinien er, desto højere bør den ydre Skinne ligge i Forhold til den indre.

Løber man rundt i en Kreds, giver man uvilkaarlig sin Krop en lignende skraa Stilling, som Jernbanetoget bør have; det samme er Tilfældet med Hest og Rytter i en Cirkus.

Naar man nærmere vil studere Forholdene ved Kredsbevægelsen, saa benytter man den saakaldte *Centrifugalmaskine* (Fig. 197). Hovedsagen er den at faa en lodret Akse (*AA*) til

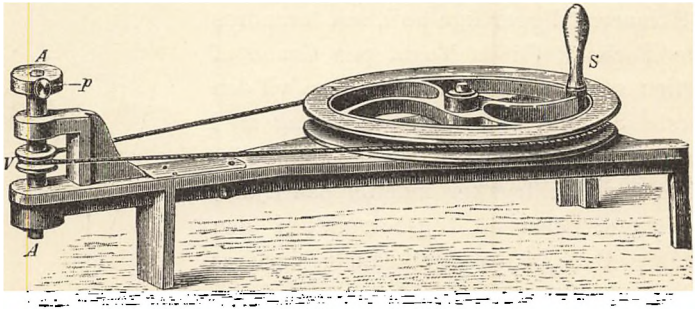


Fig. 197. Centrifugalmaskinen.

at løbe hurtig rundt, og dette kan opnaas paa forskellige Maader; ved Apparatet, der her er afbildet, sker det derved, at der paa Aksen sidder en lille Trisse *V*, og denne er ved et Snorløb forbundet med et større Hjul, der har et Haandtag *S*, paa hvilket man tager fat og drejer rundt; hvis det store

Hjul har en 6 Gange saa stor Diameter som Trissen *V*, drejer den sidste sig 6 Gange rundt for hver Gang, Hjulet gaar 1 Gang rundt. Aksen *AA* har foroven et lille Hul, i hvilket man kan sætte de Ting ned, som skal snurres rundt; de klemmes fast med Skruen *p*. De følgende Billeder viser nogle saadanne Apparater, hvis Virkemaade vi nu har let ved at forstaa efter det, der er fortalt i det foregaaende.

Fig. 198 viser en Ramme, i hvilken er udspændt en vandret, stiv Metaltraad, og ind over den er skudt Kugler, der er gennemborede efter en Diameter, og som let kan glide frem og tilbage. Sidder der kun een Kugle paa Traaden, og den er med sit Centrum lige over Omdrejningsaksen, vil den blive siddende, om saa Omdrejningen gaar nok saa hurtig for sig; til hvad Side skulde den ogsaa gaa? lige saa godt til den ene som til den anden!

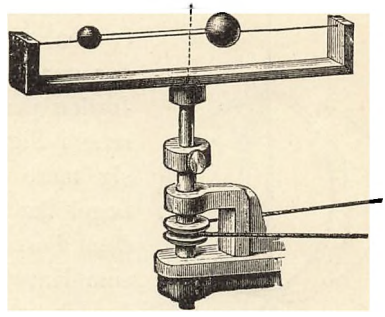


Fig. 198.

Men sidder Kuglen noget ud til Siden paa Traaden, vil den, naar Aksen drejes rundt, fare ud til Traadens Ende. Det gaar nemlig med Kuglen her ganske paa samme Maade, som med Kuglen i Røret, der bliver svinget rundt (Fig. 192 og 193).

Sidder der to Kugler paa Metaltraaden, og de er forbundne med hinanden ved en Snor, kan man anbringe dem paa saadanne Steder af Traaden, hver paa sin Side af Aksen, at de, naar man drejer rundt, bliver paa deres Pladser; Snoren imellem dem bliver da spændt og trækker ved sin Spænding lige stærkt i begge Kugler. Dette finder Sted, naar det fælles Tyngdepunkt for de to Kugler ligger i Omdrejningsaksen, og dette er Tilfældet, naar den lille Kugle sidder lige saa mange Gange længere fra Aksen, end den store gør, som dens Vægt er mindre end den stores Vægt.

Fig. 199 er en lodret Stang, hvor der til en lille fast Plade forneden er befæstet nogle lige lange Staalfjedre, hvis andre Ender er bøjede sammen foroven og gjort fast til en

Ring *h*, der let kan glide op og ned ad Stangen. Fjedrene søger at rette sig ud fra deres krumme Form og tvinger derved Ringen til Vejrs, men sættes Apparatet saa paa Maskinen, og man drejer rundt, vil Fjedrene bøjes ud efter, idet deres enkelte Dele søger at fjerne sig fra Aksen, og Følgen heraf er, at Ringen glider nedad Stangen — desto mere, jo hurtigere man drejer rundt.

Vi har sagt før, at Jorden har Kugleform; dette er dog ikke ganske rigtigt, thi en Diameter fra Pol til Pol er ca. 6 Mil kortere end en Diameter igennem Jorden nede ved Ækvator. Grunden hertil er den, at Jorden drejer sig om sin Akse, der gaar fra Pol til Pol; det gaar da med Jorden paa samme Maade som med Fjedrene i Fig. 199; de midterste Dele fjerner sig mere fra Aksen, og Formen bliver noget fladtrykt. Naar man taler om Jordens Form, saa menes dermed den Form, som Havets Overflade har; selve den faste Jordskorpe har jo en meget uregelmæssig Form, om end Uregelmæssighederne er smaa i Forhold til Jordens Størrelse; medens Jordens Radius er godt halvniende Hundrede Mil, er de højeste Bjerge kun godt og vel en Mil høje.

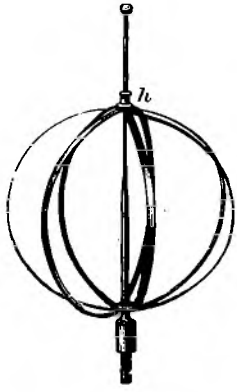


Fig. 199.

Bliver en kuglerund Glasbeholder, hvori findes Vand og noget Kviksølv, drejet rundt paa Centrifugalmaskinen, stiger Vædskerne ved Siderne og falder i Midten. Ved hurtig Omdrejning faar man Bunden helt tør, saa at der dannes et Hulrum ned igennem Vædsken, som næsten har cylindrisk Form. Det tunge Kviksølv søger under Rotationen saa langt ud som vel muligt og lægger sig som et blankt spejlende Baand over Karrets videste Del, medens det lettere Vand ligger nærmest ved Omdrejningsaksen. Dette Princip anvendes i Centrifugen, som benyttes til at skille Fløden fra Mælken. Naar Sødmælk staar rolig hen, lægger der sig et Lag Fløde foroven, fordi Fedtkuglerne, som danner Fløden, er lidt lettere end selve Mælkevædsken og derfor stiger til Vejrs; efter nogen Tids

Forløb kan man saa skumme Fløden af; men dels tager det lang Tid, inden dette kan gøres, og dels faar man vanskeligt al Fløden udskilt paa denne Maade. Saavel paa Hurtigheden som paa Renskumningen hjælper Centrifugen. Sødmælken føres gennem et Rør ned til Bunden i Centrifugen, der bestaar af en Beholder, der drejer meget hurtig rundt, 4—7000 Gange i Minuttet, Mælken samler sig da yderst, og Fløden i et tyndt Lag inderst i Centrifugen. 2 Rør fører saa de adskilte Vædsker bort. Paa mange andre beslægtede Omraader har Centrifugen faaet Anvendelse.

I store Vaskerier (Hospitaler, Stiftelser osv.) tørres Tøjet i Centrifuger; indenfor et større, faststaaende cylindrisk Kar findes et Kar dannet af stærkt Metaltraadnet, og heri lægges Tøjet; under dette Traadkars Rotation slynges Vandet ud af Tøjet.

Bl. a. anvendes Centrifugesystemet til Skrælning af Kartofler, hvor dette skal ske i store Masser; det indre Traadkars Inderside er skærpet saaledes, at Skallen paa Kartoflerne i Karret flyver af i smaa Stumper; en Skæppe Kartofler kan paa den Maade skrælles i nogle faa Minutter.

Paa Centrifugalmaskinens Akse *AA* kan man sætte en vandret Stang, i hvis Ender der hænger en Spand (Fig. 200)

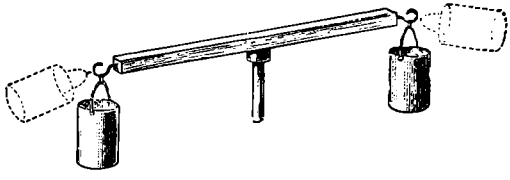


Fig. 200.

som man kan fylde næsten helt med Vand; drejer man Maskinen rundt, svinges disse Spande ud i skraa Stillinger, og jo hurtigere man drejer, desto mere nærmer Spandene sig til at ligge vandret ud. Vandet bliver dog helt og holdent i Spandene.

Et Forsøg af lignende Art, og som kan anstilles uden Hjælp af Apparater, er det, der er vist i Fig. 201. Man fylder et Glas med Vand og tager paa det med Haanden, ikke som

man holder Haanden, naar man vil drikke, men med Haanden drejet om. Fører man saa Glasset hurtig rundt i en Bue, kan man sætte det ned paa Bordet igen, uden at der undervejs er faldet noget Vand ud af det.

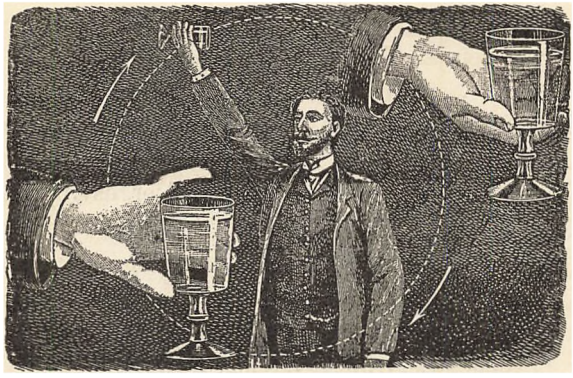


Fig. 201. Et Glas Vand svinges rundt.

Naar noget er sat i Omdrejning om en Akse, saa vil de forskellige Dele stræbe efter at blive ved med at bevæge sig rundt i de samme Baner; dette virker altsaa som en Bestræbelse til at lade Aksen beholde den Retning, den een Gang

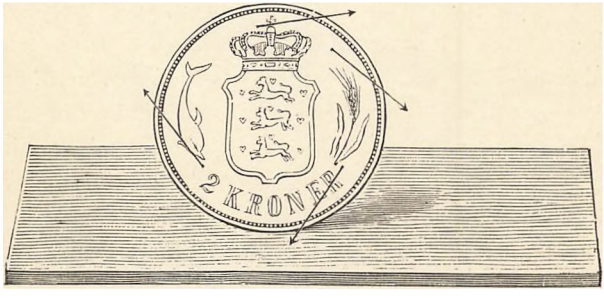


Fig. 202. Et Tokronestykke triller hen ad et Bord.

har. Man kan maaske ikke faa et Tokronestykke til at *staa* paa Kanten, men man kan let faa den til at trille hen ad Bordet; naar det triller, saa vil i hvert Øjeblik dets enkelte Dele (Fig. 202) have Bestræbelsen efter at gaa lige ud i den

Bevægelsesretning, de i det Øjeblik har, hvilket medfører et Drag udefter bort fra Midten (Omdrejningsaksen), saa at Mønten forsaavidt forholder sig, som om den stod stille, og at der virker Kræfter udefter paa den til alle Sider i dens eget Plan (Fig. 203). Disse Virkninger udefter søger jo at holde Mønten i denne Plan, altsaa de søger at forhindre Mønten i at falde om paa Siden. Denne Virkning er desto stærkere, jo større Fart Mønten har.

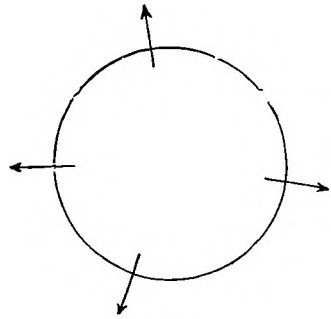


Fig. 203.

Paa det samme Forhold grunder Cyklekørselen sig; en Cykle staar ikke af sig selv, men man kan køre paa den; jo langsommere den kører, desto vanskeligere er det at faa den til at lade være med at falde.

Fig. 204 viser en Snurre, som sættes i Gang ved Hjælp af en Snor, der vikles tæt op paa Aksen og trækkes rask af; ogsaa den viser et Eksempel paa det samme Princip.

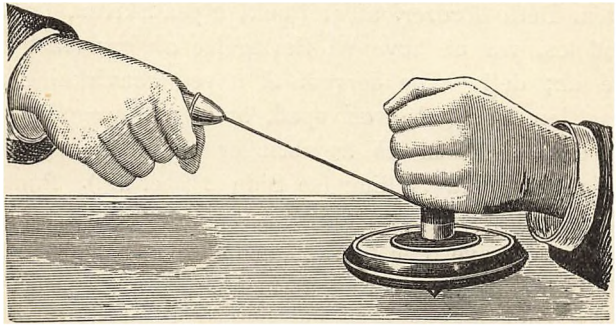


Fig. 204. En Snurre trækkes af.

Ved saadanne roterende Legemer er der en Mærkelighed, som vi ikke vil forbigaa; lad os f. Eks. tage Snurren, fra hvis Midte der gaar en Stang til Vejrs. Er Snurren sat i Gang, og man f. Eks. med Fingeren giver Aksen foroven et lille Stød indefter, saa kommer denne Akse ikke til at gaa indefter for-

oven, men den viger ud til Siden, altsaa tværs paa Stødets Retning, og denne Vigen ud til Siden gaar altid i den Retning, hvori Omdrejningen sker paa Bagsiden af Aksen. Lad os prøve paa at forklare denne Ting. I Fig. 205 har vi en Skive, der er sat i hurtig Omdrejning om en Akse *AA*, hvilken Omdrejning paa den Side, der vender ud imod os, gaar fra venstre til højre, og paa Bagsiden fra højre til venstre. Vi vil nu have denne Akse drejet fra Stillingen *AA* om i Stillingen *BB* (i Papirets Plan), og vi stiller os da det Spørgsmaal: hvorledes skal vi virke ind paa Aksen for at faa den til at foretage denne Drejning? Naar Aksen er drejet, saa har jo ogsaa Skiven faaet en ny Stilling i Rummet, angivet ved den punkterede Kreds i Figuren. Dette fordrer, at et Punkt *a* paa Skiven, der vender ud imod os, fra at have en Bevægelse *ab* har faaet en Bevægelse *ac*; dette sker derved, at *a* ved Paavirkning udefra har faaet en Bevægelse *ad* opad, hvilken Bevægelse i Forening med Bevægelsen *ab* frembringer en ny Bevægelse *ac* i den forlangte skraa Stilling (se Side 239 o. flg.). Punktet *a'* paa Skivens Bagside skal fra at have Bevægelsen *a'b'* vandret tilvenstre have den skraat nedefter gaaende Bevægelse *a'c'*; dette er muligt derved, at man oppefra giver *a'* en Bevægelse *a'd'* nedefter, hvilken Bevægelse „sammensat" med den oprindelige Bevægelse *a'b'* giver Bevægelsen *a'c'*. Nu har vi det: Paavirkningen udefra skal være saaledes, at Forsiden (*a*) løftes og Bagsiden (*a'*) sænkes, men dette Maal opnaar man jo ved at paavirke Aksens øverste Del med et Tryk indefter. Altsaa omvendt: et Tryk foroven paa Aksen indefter bringer Aksen til at vige ud til Siden, og denne Vigen ud til Siden

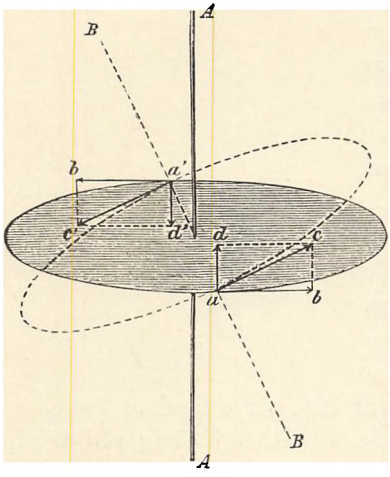


Fig. 205.

sker i vor Figur til Venstre, d. v. s. netop i den Retning, som Bagsiden (a') af Skiven bevæger sig i. — Tingen hører maaske nok til de sværere at forstaa, men læser man det langsomt en Gang til igennem og tænker man sig rigtig det hele i Rummet, — man kan jo ogsaa lave sig en lille Model til Hjælp —, saa gaar det nok.

Fig. 206 viser en Snurre, der med sin Fod er stillet op paa et Stativ; denne Snurre vil, naar den ikke er sat i Gang, selvfølgelig falde ned, naar man slipper den; men er den sat i hurtig Rotation, falder den ikke ned, den bliver paa Stativet, men dens Omdrejningsakse beholder ikke hele Tiden den samme Stilling; Snurren svinger rundt paa sin Spids, idet Aksen beskriver en Kegleflade i Luften, saa længe Rotationshastigheden er nogenlunde ens. Og dette forstaar vi nu let efter det, vi nylig har lært: Tyngdekraften vil jo nemlig søge at vælte Snurren ned, og Tyngdekraften virker altsaa ganske paa samme Maade som et Tryk skraat nedefter paa Aksens øverste Del; Aksen følger imidlertid jo ikke dette Tryk, men viger ud til Siden. Stadig virker Tyngden til at vælte Aksen, og stadig viger denne ud til Siden. Det maa da gaa som beskrevet. — Saaledes bevæger en Top sig jo ogsaa.

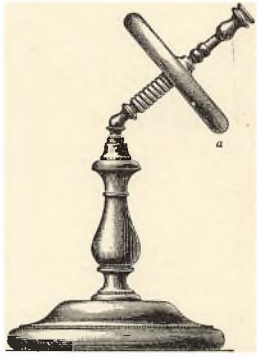


Fig. 206. En Snurre.

Fig. 207 viser os Snurren sat let bevægelig ind i en Ring; man holder paa Ringen, medens man ved et rask Tag trækker det paa Aksen viklede Sejlgarn af. En saadan Snurre koster ca. 50 Øre; den kan flytte sig hen ad Kanten



Fig. 207. En Snurre paa et Vandglas.

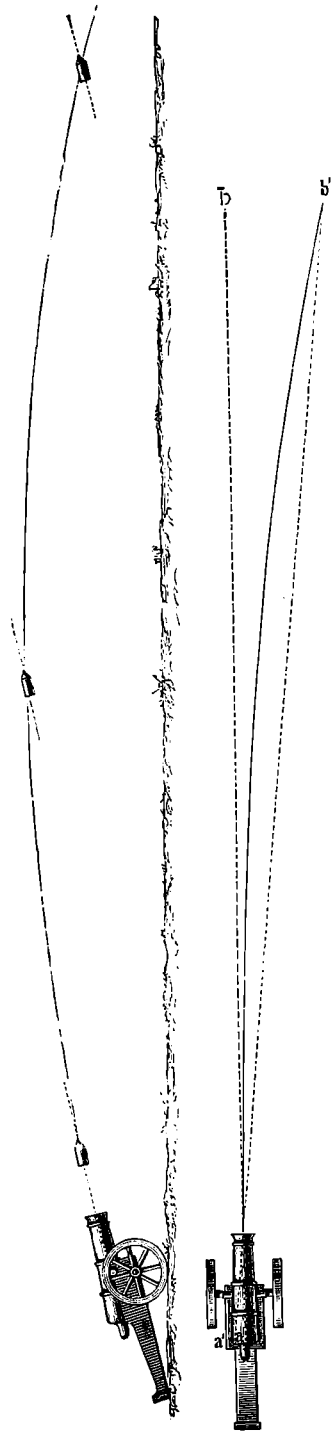


Fig. 208. Skydning med riflet Skyts.

paa et tyndt Glas eller hen ad et udspændt Stykke Sejlgarn, dreje sig paa en Spids, som Fig. 207 viser, og flere andre Ting.

Den store Skudsikkerhed, der opnaas ved Anvendelsen af riflet Skyts, beror paa de her omtalte Forhold. I Kanonens Indre er der skaaret en meget stejl Skruegang, og naar Kanonen fyres af, saa tvinges Projektilet til, medens det farer frem gennem Kanonen, at følge denne Skruelinie, hvorved det sættes i en rask omdrejende Bevægelse altid til højre — set fra Kanonen — om sin Længdeakse; som Følge heraf vil Aksen søge at beholde sin oprindelige Retning i Rummet, altsaa paa Skudbanens forskellige Steder at være stillet saaledes, som det ses i Fig. 208's øverste Parti. Dette Forhold fremkalder imidlertid en „Afdrift" til højre, hvilket er antydet paa Figurens nederste Parti; Luftmodstanden imod Projektivets Bevægelse vil nemlig søge at trykke Projektilets forreste Ende til Vejrs; men vi har lært, at dette maa medføre, at denne Ende

bøjer ud til Siden, og det til højre set fra Kanonen, paa Grund af den Omdrejningsretning, som Projektilet har. Denne Afdrift maa tages med i Beregning, naar der sigtes.

Gnidning (Friktion).

Naar man sætter en Ting i Bevægelse henad en vandret Flade, saa skulde den efter Inertiens Lov (Side 200) blive ved med at gaa lige ud med uformindsket Fart, thi Tyngden virker jo lodret, altsaa tværs paa den vandrette Flade, og den vil derfor hverken fremskynde eller hæmme Farten, men blot krumme Banen, saa Legemet bliver ved med at følge Jorden. Men skyder man til en Kasse, en Stol eller lign., saa varer Bevægelsen kun ganske kort Tid; der maa altsaa være en Hindring imod den, denne kalder man Gnidningsmodstanden eller Friktion; den mærkes, saa vel naar Legemet skal sættes i Gang, som under Bevægelsen, den første maales ved den Kraft, der skal til for at sætte Legemet i Bevægelse, og den sidste, som vi har set i Fig. 148, ved den Kraft, der skal til for at holde Legemet i jævn Bevægelse. Gnidningsmodstanden hidrører fra, at de utallige Ujævnheder paa Legemerne griber ind i hinanden, og fra, at Underlaget trykkes lidt ind, om end ofte usynlig lidt, saa at man stadigt maa ligesom løfte Legemet lidt til Vejrs under Bevægelsen. Man formindsker Gnidningen ved Smørelse; jo haardere Legemerne er, der gnider mod hinanden, desto tyndere Smørelse skal man bruge. Træaksler smøres derfor med Tælle, men Staalaksler med Olie. Hvis man erstatter den *glidende* Gnidning i Fig. 148 med den *rullende* Gnidning, vil Modstanden meget formindskes, fordi Ujævnhederne her ligesom løftes ud fra hverandre. I Vogne bruges Hjul, for at Gnidningen imod Gader og Veje skal blive lille, og glidende Gnidning findes saa kun ved Akslerne, hvor man kan formindske den ved Smørelse. Ogsaa ved Akslerne søger man tidt f. Eks. ved Cyklen at erstatte den glidende Gnidning med den rullende ved Kuglelejer, hvor Akslen hviler

paa Staalkugler; men om Vinteren, naar man har Sne paa Gader og Veje eller Is paa Vandet, kan Hjulene med Fordel ombyttes med Kælker eller Meder. — I Maskiner vil man gerne have Gnidningsmodstanden saa lille som muligt, thi der gaar Arbejde til Spilde ved at overvinde den; man faar ganske vist Varme for dette Arbejde, men denne Varme er som oftest mere til Skade end til Gavn. Selv om Gnidning imidlertid nok er ubehagelig for os i nogle Tilfælde, saa er den dog en nødvendig Betingelse, for at vi i det hele kan eksistere; uden den kunde man ikke gaa eller køre, ikke holde fast paa nogen Ting, intet Tøj kunde væves, intet Søm eller Skrue kunde holde noget sammen o. s. v., saa vi maa vist alligevel være glade ved, at vi har den.

Vædsketryk.

Der er den store Forskel paa Vædsker og paa det, vi kalder faste Legemer, at man kan røre rundt i en Vædske, og dog er den lige god for det, men i de faste Legemer har de enkelte Smaadele ganske bestemte Pladser i Forhold til hinanden, og man kan ikke flytte rundt imellem dem, uden at Legemet gaar itu. Denne Letbevægelighed af en Vædskes Smaadele fremkalder visse Egenskaber hos Vædskerne, som vi ikke kender noget til for faste Legemers Vedkommende.

Har man f. Eks. et rundt Stykke Træ, omgivet af et Jernhylster, der omslutter Træet baade forneden og rundt paa Siderne, og man saa slaar ned paa Træstykkets Overside, saa forplanter dette Tryk sig nedefter til Hylsterets Bund, men ikke i nævneværdig Grad til Hylsterets Sider. Forholdet bliver forandret lidt, naar Hylsteret fyldes med Hagl i Stedet for med Træstykket, og man dækker Haglene med en Træplade og slaar ned paa den: da vil Hylsterets Sider ogsaa mærke noget til dette Tryk, og dette ligger i, at naar det enkelte Hagl faar et Tryk oppe fra, saa vil det give efter for dette Tryk og søge at bane sig Vej frem, hvor der er nogen

lighed tilstede herfor; det vil da ogsaa søge at kline sig ind imellem sine Nabohagl til Siderne, foruden at det naturligvis fortrinsvis vil stræbe efter at komme nedad. Det er altsaa den Lethed, hvormed de enkelte Haglkorn kan bevæge sig forbi hinanden, der er Aarsag til, at det Tryk, der kommer oppe fra nedefter, ogsaa gaar noget ud til Siderne, men allermest fuldkomment sker dette, naar vi har den størst mulige Letbevægelighed, og dette er Tilfældet med en Vædskes enkelte Smaadele. *Et Tryk, der udøves paa et Sted af en indesluttet Vædske, vil forplante sig videre igennem Vædsken ligelig i alle Retninger.*

Fig. 209 giver os et Billede af, hvad der her er Tale om; det forestiller et rundt Kar, lukket paa Siderne, foroven og forneden; men saa er der paa Siderne nogle Rør, og i disse er der tætsluttende, men bevægelige Stempler; Rørene tænker vi os af samme Vidde. Naar man nu udøver et Tryk P paa Stemplet i et af Rørene (E), saa vil dette Tryk fra Stemplet forplante sig over i Vædsken ved A, men det gaar ikke alene lige ud i Retningen AC over til Stemplet i Røret G, men det gaar rundt i Vædsken til alle Sider, altsaa det forplanter sig ogsaa hen til Stemplet B i Røret F og til Stemplet D i Røret H; og alle disse Stempler saavelsom alle lige saa store Flader af Karrets Indervæg modtager Tryk udefter af nøjagtig samme Størrelse. Naar man derfor vil holde de bevægelige Stempler i Rørene F, G og H paa deres Pladser, saa maa man udefra udøve lige saa store Modtryk P paa dem.

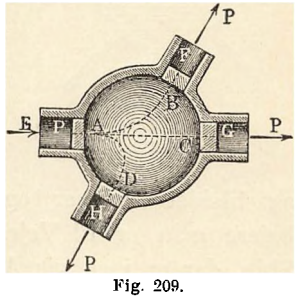


Fig. 209.

Dette er en meget vigtig Egenskab ved Vædskerne.

At et Tryk paa en Vædske udefra i een Retning forplanter sig til alle Sider, og at Trykkene overalt staar tværs paa de Vægge, der indeslutter dem, viser man f. Eks. med det i Fig. 210 viste lille Apparat: en Glaskugle, gennemboret med forskellige Huller og forsynet med et længere Rør; heri hældes Vand, og med et lille Stempel udøves et Tryk nedad paa

Vandet; dette strømmer da ud af alle Hullerne og overalt netop tværs paa Kugleoverfladen.

Naar en Vædske staar rolig hen i et Kar, stiller den sig med vandret Overflade, d. v. s. Overfladen gaar nøjagtig tværs paa Lodliniens, d. e. Tyngdekraftens, Retning. Jordens kugleformede Skikkelse bevirker, at Lodlinier paa forskellige Steder af Jordens Overflade mødes omtrent i Jordens Centrum, og det store Havs Overflade bliver derfor ikke nogen plan Flade, men en Kugleoverflade; denne Havfladens Krumning ser man tydelig paa Skibe, der ses paa stor Afstand (Fig. 211); thi er de meget langt borte, ser man kun det øverste af Masterne, og jo nærmere de er, desto mere ser man af Masterne, og tilsidst kommer ogsaa selve Skibsskroget til Syne. Jo højere man er til Vejrs, desto større Del kan man se af et Skib, der er i en vis Afstand fra en.

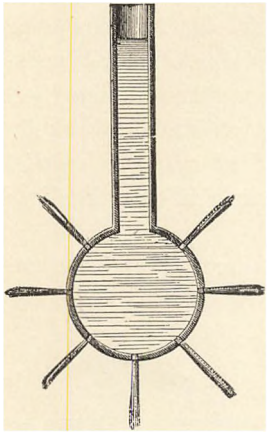


Fig. 210.

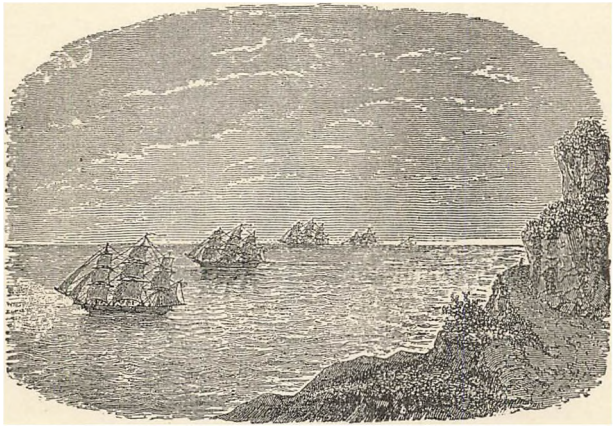


Fig. 211.

Ogsaa Overfladen af en Vædske i et Kar, en Ballie, et Glas o. s. v. er ikke absolut plan, men en lille Del af en

Kugleflade, hvis Centrum er i Jordens Centrum; Krumningen er imidlertid saa umaadelig svag, at den ikke kan iagttages; man ved kun, at den maa være der.

En Vædske har jo Vægt ligesom ethvert fast Legeme, og denne Vædskens Vægt bevirker, at en Vædske trykker paa alle Flader, som den ligger an imod, rent bortset fra de Tryk, man udefra kan udøve paa indesluttede Vædskemasser, saaledes som det var tænkt i Fig. 209. En Vædskes Tryk paa en Flade gaar altid tværs paa Fladen. Fig. 212 forestiller en Karaffel, hvori der er Vand, hvis Overflade er *MN*. Dette Vand trykker paa alle Dele af Karaflens Indervæg, som det er i Berøring med. Vandet trykker paa Bunden *AB*, og dette Tryk gaar lodret nedad, men Vandet trykker ogsaa ved *n*, ved *r*, ved *s* osv. Pilene angiver Trykkenes Retninger; skønt Tyngdekraften, der er Aarsag til Trykkene, virker i lodret nedadgaaende Retning, saa kan dog Trykkene virke lige godt i alle Retninger, og f. Eks. ved *s* virker det skraat opefter. Trykkene er imidlertid ikke overalt ens i Størrelse, selv naar man tænker paa lige store Fladedele overalt; jo dybere vi er nede under Vædskens Overflade, desto større er Trykket; i *s* er Trykket altsaa mindre end i *r*, og i *r* mindre end i *n*; allerstørst er Trykket nede paa Bunden.

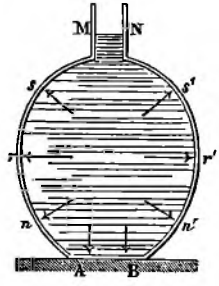


Fig. 212.

Hvor stort er Trykket paa en Kvadratcentimeter af Bunden *AB*? Ja, det beror paa, hvor højt Vædsken staar over Bunden, og paa, hvad det er for en Vædske. Lad det være Vand, og lad os antage, at Bunden ligger 25 Centimeter under Overfladen; da er Trykket paa hver Kvadratcentimeter (cm^2) af Bunden nøjagtig det, som en Vandsøjle vejer, hvis Grundflade er 1 cm^2 og hvis Højde er 25 cm; denne Søjle rummer 25 Kubikcentimeter (cm^3) Vand, og denne Vandmængde vejer 25 gr (se S. 204). Er Bundens Flademaal 18 Kvadratcentimeter, da er Vandets Tryk paa hele Bunden 18 $\times$ 25 Gram, hvilket er 450 gr. Havde der været Kviksølv i Beholderen til samme Højde, saa havde Bundtrykket været

$13^1/_2$ Gange saa stort, altsaa godt 6 Kilogram; havde der været Sprit i Beholderen til samme Højde (25 cm), saa vilde Bundtrykket kun være omtrent $^4/_5$ af 450 gr, altsaa ca. 360 gr.

Hvis Stedet *s* ligger 6 cm i lodret Dybde under Overfladen *MN*, og der er Vand i Beholderen, saa vil 1 cm^2 paa dette Sted modtage et Tryk fra Vandet, som er Vægten af 6 Kubikcentimeter Vand, og det er 6 gr. Den Retning, som en Flade har i Vandet, — om den er vandret eller lodret eller skraa —, har slet ingen Indflydelse paa, hvor stort et Tryk Vandet udøver paa den; det, der bestemmer Trykkets Størrelse, er alene 1) Fladens Areal, 2) dens Dybde i lodret Retning under Vædskens Overflade og 3) Vædskens Natur, d. v. s. hvor tung den er.

Vi har nylig set, hvorledes man skal beregne Trykket paa en Flade, der er nede i en Vædske, og særlig har vi beregnet Størrelsen af det Tryk, som Bunden *AB* i den i Fig. 212 af-

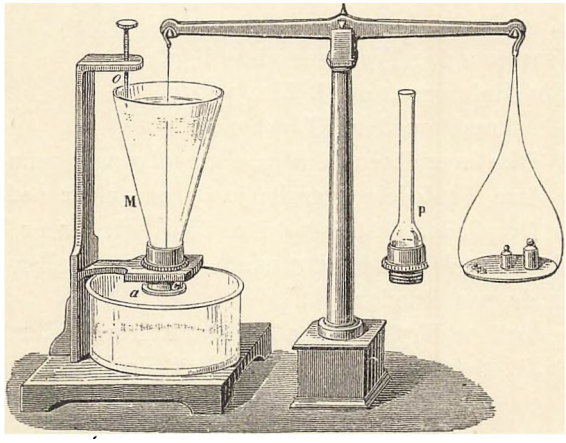


Fig. 213. Trykket paa Bunden af et Kar beror ikke paa Karrets Form.

bildede Beholder er underkastet fra Vædskens Side. Der var i denne Beregning slet ikke Tale om, hvor meget Vædske der i det hele taget fandtes i Beholderen; det kom an paa Vædskens Højde; men hvor vid eller hvor snæver Beholderen er, det var der slet ikke Tale om. For Rigtigheden heraf kan man føre Bevis ved et Forsøg med et Apparat som det, der er afbildet i Fig. 213. Det bestaar for det første af en Vægt,

hvor der dog kun paa den ene Side er en Skaal til Anbringelse af Lodder, medens der paa den anden Side findes en Traad, som forneden bærer en Metalplade *a*, hvis Overside er sleben ganske plan. Saa er der (til venstre) et Stativ, fra hvilket der gaar et Brædt vandret ud; dette Brædt har et Hul, hvori der sidder fast et nedadgaaende kort Messingrør *c*, hvis nederste Kant ogsaa er plansleben, og som indvendig foroven har nogle Skruegænger. Naar man lægger Vægtlodder paa Skaalen til højre, saa trækkes Pladen *a* fast op imod Røret *c*, og disse to slutter vandtæt til hinanden. Man benytter nu nogle Kar uden Bund, af hvilke to (*M* og *P*) er tegnede paa Figuren; de er af Glas, men med Messingindfatninger forneden, hvilke Messingindfatninger er ganske ens og forsynet med udvendige Skruegænger, der passer nøjagtig til de indvendige i Røret *c* paa Stativet; Karrene har ellers forskellige Former og Vidder. — Et af Karrene skrues paa Røret *c*, Pladen *a* trækkes op imod *c* ved Hjælp af Lodderne paa Skaalen, og da danner *a* altsaa Bund for Karret. Man hælder saa Vand ned i dette Kar og bliver ved hermed, indtil det begynder at pible ud for neden mellem *a* og *c*; naar der er løbet lidt ud, holder dette op, og Vandets Tryk paa Bundfladen holder da Ligevægt med Lodderne paa den anden Side. Foroven paa Stativet sidder en Naal eller Skrue *o*, som anbringes i en saadan Stilling, at dens nederste Spids rører lige ved Vandets Overflade. Hælder man mere Vand i Karret, løber der saa meget ud forneden, at Overfladen igen rører ved Spidsen. Man skruer saa Karret (*M*) af, — dets Vandindhold løber ud i Opsamlerkarret underneden —, og skruer et andet Kar (*P*) paa; man hælder Vand i dette Kar, og da viser det sig, at naar Vandet kommer op over Spidsen af *o*, saa løber det ud forneden mellem *a* og *c*, og dette Udløb standser, naar Overfladen staar nøjagtig i Højde med Spidsen. Atter holder Trykket paa Bundpladen Ligevægt med de samme Lodder paa den anden Side som før, saa at vi ser, at saa længe vi har den samme Størrelse af Bunden (og det har man jo her, idet Pladen *a* danner Bunden), og saa længe vi bruger den samme Vædske, er det alene Vædske*højden*, men ellers ikke Vædskemængden, der bestemmer Trykkets Størrelse.

Efter hvad der her er lært, kan man udføre et stort Tryk med en forholdsvis ringe Vandmængde. Stiller man en Tønde paa den ene Endeflade, og indsættes vandtæt i den opadvendte Endeflade et f. Eks. en halv Snes Meter eller mere langt snævert Rør, saa vil, naar Tønden og Røret fyldes med Vand, Tøndens Sider og Bund modtage det samme Tryk, som hvis Røret havde haft samme Vidde som Tønden; denne kan derfor ogsaa presses itu af den forholdsvis ringe Vandmængde i Røret. Dette Forsøg er første Gang foretaget for godt og vel 250 Aar siden.

At en Vædske trykker opad paa en Flade, der er nede i den, det viser man ved følgende simple Forsøg: Man lægger med den ene Haands Fingre et Stykke Karton (Kortblad) tæt

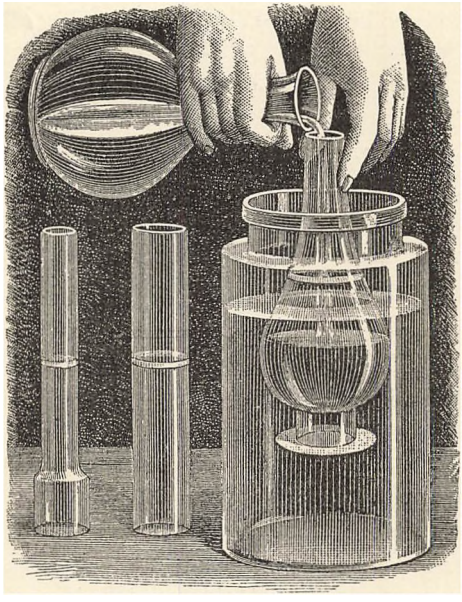


Fig. 214. En Vædske trykker opad.

an imod den nederste Rand af et Lampeglas, og bringer Glasset lidt ned i Vand; naar man da giver Slip med Fingrene, bliver Kartonen alligevel siddende ved Glasset, holdt op dertil ved Vandets Tryk derpaa fra neden, og til dette Tryk opad

svarer der ikke noget Tryk nedad, da der inlet Vand er i Lampeglasset. Men hælder man nu Vand ned i Lampeglasset, saa kommer der et Tryk ogsaa fra oven, men Kartonen falder først fra, naar Vandet inde i Lampeglasset staar i Højde med Vandet udenfor.

Gøres Forsøget med Lampeglas af andre Former, som Fig. 214 viser, vil det gaa paa samme Maade, hvoraf ses, at det opadgaaende Tryk ligesom Bundtrykket ikke retter sig efter Karrets Form.

Det Sidetryk, som en Vædske paa Grund af sin Vægt udover paa det Kar, hvori den befinder sig, er omtalt i det foregaaende (Fig. 212), og dets Tilstedeværelse røber sig derved, at naar man borer et Hul i Karrets Sidevæg, strømmer Vædsken ud deraf; sætter man en Prop ind i et saadant Hul, og Proppen ikke er klemt tilstrækkelig fast, saa presser Vædskens Sidetryk den ud, og Vædsken følger efter som en Straale. Denne Straale har desto større Fart ud til Siden, jo dybere Hullet er under Vædskens Overflade.

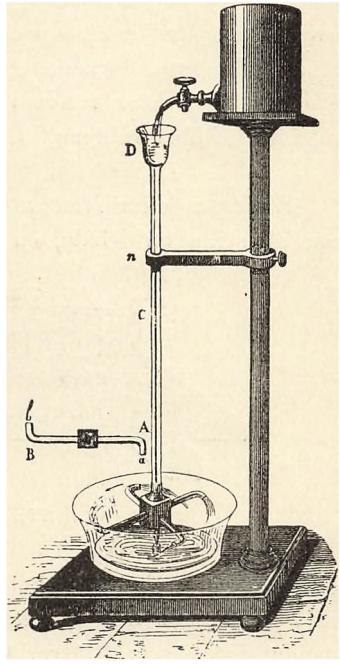


Fig. 215. Vandturbine.

Et Kar, som en Vædske strømmer ud af igennem en Sideaabning, har en Tendens til at flytte sig til den modsatte Side, og dette ligger i, at Vædskens Tryk paa den Side, hvor Hullet sidder, bliver mindre end paa den modsatte Side, thi der mangler jo ligefrem paa Hullets Plads en Del af Sidevæggen til at trykke paa. Denne Sidebevægelse kommer ogsaa i Virkeligheden i Gang, naar blot Karret er anbragt tilstrækkelig letbevægelig, hvilket f. Eks. kan ske ved at stille det paa et Stykke Kork, der flyder paa Vand i et større Kar eller Bassin.

Paa dette Princip beror — i alt Fald tildels — de Vand-

turbiner, der benyttes, hvor man har rindende eller højt liggende Vand, for at udnytte dette Vands Bevægkraft.

Fig. 215 viser Princippet i en saadan Turbine *C*, der foroven har en videre Munding og forneden en lukket med en gennemboret Klods (der ogsaa kan være en lille tærningformet Kasse), i hvilken der er indsat vandret gaaende Siderør (*A* og *B*), som ude i Enderne er bøjede om, alle i samme Omdrejningsretning. Det saaledes indrettede Apparat er forneden ved en spids Naal støttet til en lille udhulet Knap i Midten af et Opsamlerkar, og højere oppe gaar det løst igennem et Hul paa Sidearmen *n*; det er paa denne Maade blevet stillet saaledes, at det kan løbe let rundt. Man hælder saa Vand foroven i en stadig Strøm ned i *D*, og dette Vand løber ud af Rørmundingerne forneden; samtidig ser man saa Apparatets drejelige Del løbe rundt i den af Pilen viste Retning, d. e. modsat Udløbsretningen.

Waterpas eller *Niveau* (Fig. 216) bruges, naar det gælder om at stille en Plade, en Kikkert osv. vandret. Det bestaar

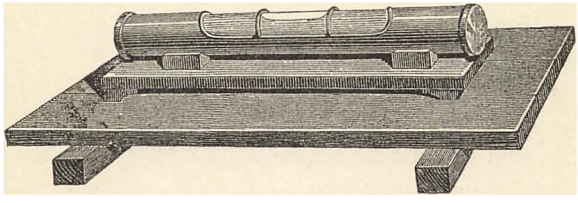


Fig. 216. Waterpas.

af et i begge Ender lukket Glasrør, der er indlagt i et Metalrør, af hvilket der er skaaret en hel Del af den opad vendende Side bort; Glasrøret er paa Oversiden hvælvet ganske svagt opad, og det er fyldt saa nær helt med Vand, at der kun er en lille Luftblære tilbage. Denne Luftblære søger altid saa højt op i Røret som muligt; naar derfor Røret er lidt skraat, f. Eks. saaledes at højre Side er højst, saa findes Blæren i denne Ende, — og omvendt; naar Røret er nøjagtig vandret, saa lægger Blæren sig i en aflang Form lige paa Midten af Røret (som i Figuren), og denne Stilling af Blæren er da

omvendt et Vidnesbyrd om, at Røret og dermed det, som Røret hviler paa, har en vandret Stilling.

Forbundne Kar. Naar flere Kar eller Rør er fyldte med en og samme Vædske, og de staar i Forbindelse med hinanden, saa vil alle Overfladerne ligge i samme vandrette Plan (Fig. 217); Karrenes eller Rørenes Vidde og Form har ingen som helst Betydning, med mindre man har med uhyre snævre Rør at gøre, thi saa kan der nok fremkomme en Afvigelse fra det her sagte, men det skal blive omtalt senere (S. 305). Overalt i samme vandrette Plan i en Vædske maa der nemlig være samme Tryk, da der ellers vilde ske en Forskydning til Siden fra Stederne med større Tryk hen til Stederne med mindre Tryk; Trykkene i de vandrette Rør *a* og *c*'s Midte er da netop det samme som i Punktet *b*; men i en Vædske beror Trykket alene paa Afstanden fra Overfladen, og altsaa maa Overfladerne ligge i ens Højder.

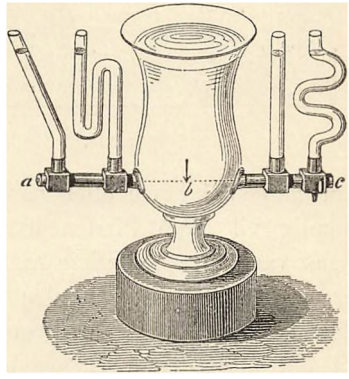


Fig. 217.

Nivellement. Paa det nysomtalte Forhold grunder sig en Metode til at finde den lodrette Afstand imellem to Steder ude i Terrænet; at gøre en saadan Bestemmelse kalder man at *nivellere* (bestemme Niveauforskel). Man benytter et trebenet Stativ, der foroven bærer et langt, let drejeligt Metalrør med et foroven aabent lodret Glasrør i hver Ende. Hældes der nu Vand i det hele, stiller Vandoverfladerne i Glasrørene sig i samme vandrette Plan, selv om ikke Metalrøret er helt vandret. Naar man derfor lægger Øjet til den ene Vandoverflade og kigger hen til den anden, saa er denne Sigtelinie altid vandret.

Til Maalingerne bruges en lodret, i Længdemaal inddelt Stang, op og ned ad hvilken man kan forskyde en firkantet

Plade med to hvide og to sorte Felter. Skal man nu finde Højdeforskellen imellem to Steder *A* og *B* (Fig. 218) ude i Terrænet, opstilles Nivellerinstrumentet paa et Sted, hvorfra man kan se hen til begge Steder; en Mand gaar med Maalestangen hen paa det ene Sted *A* og stiller den op i lodret Stilling, medens en anden Mand sigter paa den ovenfor omtalte Maade; denne sidste Mand giver med Haanden Tegn til den første, om han skal hæve eller sænke Pladen paa Stangen, idet han nemlig vil have Pladen flyttet hen til en saadan Stilling, at hans vandrette Sigtelinie træffer Pladens Midtpunkt. Naar dette er opnaaet, aflæser Manden ude ved Stangen den Plads, Pladen har paa Stangen, hvorefter han gaar med Stangen hen til det andet Sted *B*, og her gaar det samme for sig igen; den, der sigter, har da at dreje Røret rundt paa Stativet, saa at det nu er rettet imod *B*, medens det før var rettet imod *A*. Naar man da trækker de to Aflæsninger fra hinanden, har man den søgte Højdeforskel.

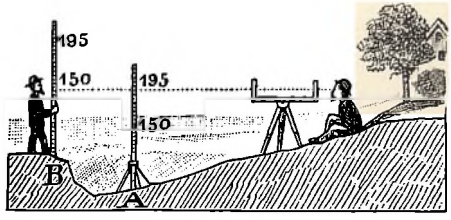


Fig. 218.

Nuomstunder bruger man som Nivellerinstrument hyppigst en Kikkert paa et lignende trebenet Stativ, og Kikkerten faar man stillet vandret ved Hjælp af et Waterpas.

Fig. 219 viser en anden Anvendelse af Loven om de forbundne Kar; fra en stor Beholder, der er delvis skjult af Parkens Træer, gaar et Rør nede i Jorden hen til et Bassin og udmunder i et lille lodret Rør; hvis dette Rør gik højt op i Luften, saa vilde Vandet stille sig heri i samme Højde som i Beholderen, hvor vid denne end er; nu da Røret imidlertid udmunder langt nede ved Jorden, strømmer Vandet op deraf i en Straale, idet det søger at komme op i den samme Højde, hvad der dog ikke ganske sker, bl. a. fordi Luftens Modstand virker hæmmende.

Almindelige og artesiske Brønde. Naar man borer ned i Jorden, hænder det undertiden, at Borehullet fyldes med Vand,

og det kan endog hænde, at Vandet springer ud af Hullet foroven i en større eller mindre Straale; den Vandaare, man da

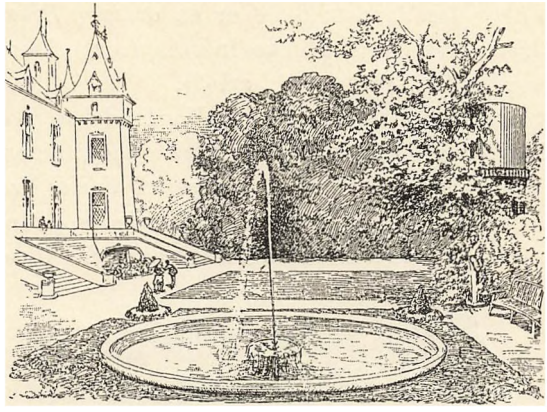


Fig. 219.

er stødt paa, staar da i Forbindelse med et vandførende Lag eller med et aabent Vand. I Fig. 220 udgaar der en Vandaare *MN* fra Søen *A*; Vandaaren er et sandet eller stenet Lag omgivet af lerede Lag, der er uigennemtrængelige for Vand. Der

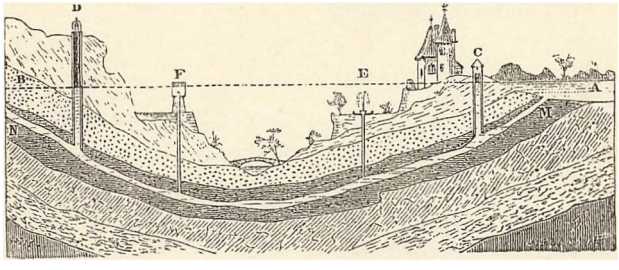


Fig. 220.

er foretaget de fire Boringer *C*, *E*, *F* og *D*. *C* og *D* giver almindelige Brønde, og Borehullet beklædes med Murværk for at hindre Vandet i at sive ud til Siden; af en saadan Brønd kan man tage Vand i Mængde uden at mærke nogen Sænkning af Vandspejlet. Stederne *E* og *F* ligger lavere end Overfladeplanet *AB*, og Vandet vil her springe op i en Straale;

man kan da (*F*) forlænge Borehullet med et Rør, der udmunder foroven i en større Beholder, og i denne Beholder kan man da opsamle Vand, hvilket i Ledninger kan føres hen, hvor man har Brug for Vandet; dette er en *artesisk Brønd*, hvilket Navn hidrører fra, at saadanne Indretninger i Frankrig først er blevne udførte i Artois (udt. artoā).

Ved *Sluseværker* sætter man to Vande, imellem hvilke der er en stor Niveauforskel, i Forbindelse med hinanden, saaledes at det bliver muligt at bringe et Fartøj fra det ene Vand til det andet. Fig. 221 viser, hvorledes dette kan lade sig gøre. Sluseporten skiller to Vandmasser fra hinanden, der

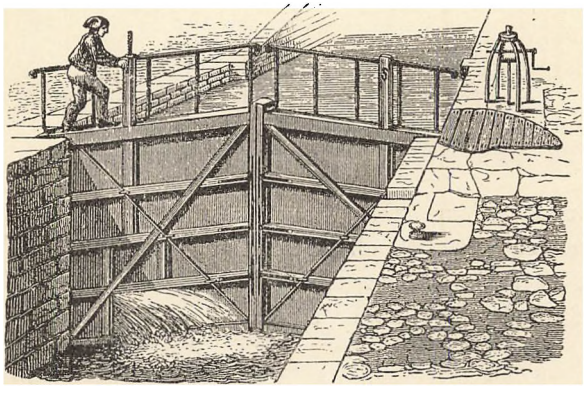


Fig. 221. En Sluseport.

har forskellig Højde, og det store Vandtryk paa den ene Side fordrer, at Porten maa være af stærk Konstruktion. Lad os antage, at et Skib skal fra det højere liggende Vand ned til det lavere liggende; det befinder sig da imellem denne Sluseport og en, der ligger længere tilbage, og som ogsaa er lukket. Naar man da danner en Aabning forneden paa Porten ved at trække en Plade, der nede ved Bunden lukker for, tilvejrs, saa strømmer Vandet ind i det lavere liggende Bassin, der er begrænset af en Sluseport længere fremme; Vandet synker da i det Bassin, hvor Skibet er, og stiger i det nedenfor liggende Bassin; naar Vandhøjden er bleven den samme, aabnes Porten, hvad der nu sker let, og Skibet føres frem igennem Porten, hvorpaa denne lukkes igen. Saaledes naar

Skibet efterhaanden det lavest liggende Vands Overflade, og det er nu let at forstaa, hvorledes Flytningen lige saa kan foregaa ad den modsatte Vej.

Vandmøller. Foruden at Vand trykker ved sin Vægt, saa kan det ogsaa udøve Tryk, naar det er i Bevægelse, i Kraft af den Energi eller Arbejdsevne, som ethvert Legeme har (se S. 223), der er i Bevægelse. Stadigt rindende Vands Energi udnyttes dels i *Turbiner* (se S. 280), dels i *Vandmøller* eller *Møllehjul*, og i disse lader man Vandet virke saavel ved sin Vægt som ogsaa ved Trykket, der skyldes Bevægelsen. Fig. 222

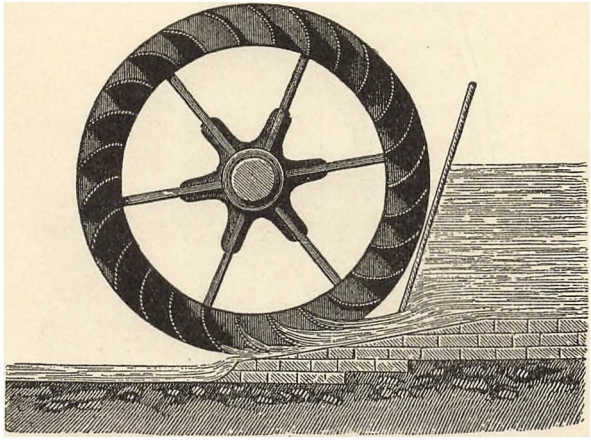


Fig. 222. Et Underfaldshjul.

viser et Møllehjul, der kommer til Anvendelse, naar der ikke er noget stort Fald til Stede, men ellers en ret rigelig Vandmængde. Ved et saakaldt *Stigbord* dæmmer man op for Vandet og lader det strømme ind forneden paa Hjulet, som er forsynet med Skovle eller en Slags Skuffer, der tager imod Vandet og helst maa være formede saaledes, at Vandet ikke ligefrem udøver Stød paa Hjulet. Et saadant Hjul er et *Underfaldshjul* i Modsætning til det *Overfaldshjul*, der er afbildet i Fig. 223, og som benyttes, naar man har et højt Fald til sin Raadighed. Vandet ledes da i en Rende hen til Hjulets øverste Parti, og denne Rende gyder Vandet ud i Skovlene

heroppe paa Hjulet; ved Vandets Vægt føres da Hjulet rundt, og Skovlene hælder deres Vandindhold ud forneden, saa at Skovlene paa den anden Halvdel af Hjulet ingen Vand fører. En tredie Art Vandhjul er *Brysthjul*, hvor Vandet ledes ind i Skovlene paa Siden af Hjulet. Endelig er der de saakaldte *Strømhjul*, der har Skovle, som ligefrem er Plader, der gaar

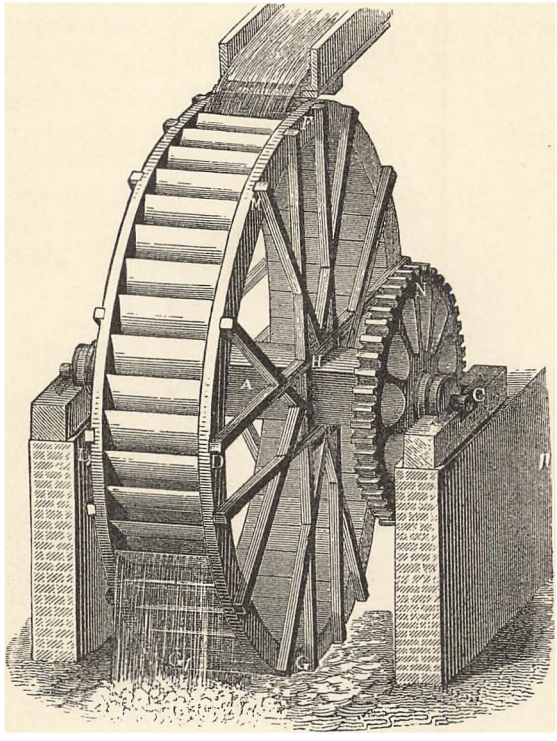


Fig. 223. Et Overfaldshjul.

lige ud fra Hjulkransen uden at være bøjede; disse Strømhjul lægges ud paa en Pram i en Flod eller Aa, saaledes at Skovlen rager ned i Vandet, og ved dettes Tryk imod Skovlene drejes Hjulet rundt.

Et Dampskib drives enten frem ved to Hjul, et paa hver Side af Skibet og med en fælles Akse; Hjulene ligner de nys omtalte Strømhjul; — eller ved Hjælp af Dampskibsskruen, der sidder bag i Skibet paa en Aksel i Skibets Længderetning,

og den er dannet af 4 Skrueblade, der alle er bøjede noget efter en Vindelflades Form; drejes Skruen rundt af Skibets Maskineri, vil Vandets Modstand imod pludselig at give Plads for Skruebladene være den Kraft, der driver Skibet afsted, og om det bliver frem eller tilbage, det beror paa den Retning, i hvilken Omdrejningen sker.

Opdrift i Vædsker (Archimedes's Lov).

Naar en Ting er nede i Vand, synes den os lettere, end naar den er oppe i Luften. Man kan let prøve det med en Sten, man tager op af Vandet; den bliver straks tungere, naar den passerer Vandoverfladen. Hvori ligger nu det?

I Fig. 224 er afbildet et Kar med Vand, og nede i dette Vand tænker vi os en firkantet Klods, hvis to Sideflader er vandrette, de andre fire lodrette. Vandet trykker ind paa alle seks Flader og tværs ind paa dem alle. Paa Oversiden *d* gaar Trykket nedad, paa Undersiden *c* gaar Vandets Tryk opad, og paa de fire lodret stillede Flader gaar Trykkene vandret.

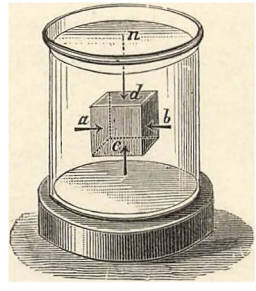


Fig. 224.

Trykket nedad paa Oversiden *d* er mindre end Trykket opad paa Undersiden *c*, thi Trykket paa en Flade beror paa dennes Afstand fra Overfladen (se S. 275 o. flg.); Trykket nedad paa *d* er netop lig Vægten af den Vandsøjle, der ligger lige over *d*, som altsaa naar fra *d* op til Overfladen *n*; Trykket opad paa *c* er saa stort som Vægten af den Vandsøjle, der kunde naa fra *c* op til Overfladen, naar Klodsen var borte, og blot Fladen *c* blev tilbage og beholdt samme Plads i Vædsken. (Man maa endelig huske paa, at Vædskens Tryk opad paa Fladen *c* slet ikke beror paa, hvor langt *c* er fra Karrets Bund; Karrets Dybde er ganske ligegyldig; det er alene *c*'s Afstand fra Overfladen, der

har Indflydelse paa Trykkets Størrelse). Det er da nu let at forstaa, at *det, som Trykket opad paa c er større end Trykket nedad paa d, netop er saa meget, som det Vand vejer, der kunde indtage Legemets Plads.* Dette Overskud af Tryk opad kalder man for *Opdrift*, og da Tyngdekraften (ɔ: Legemets egen Vægt) jo søger at trække Legemet nedad, saa ser vi, at Tyngdekraften bliver modarbejdet af Opdriften — af Vandets Tryk paa Legemet —, saa at det altsaa forekommer os, at Legemet vejer mindre i Vandet end i Luften, og efter hvad her er forklaret er denne tilsyneladende Vægtformindskelse netop saa stor som det, den Vandmasse vejer, som Legemet har fortrængt.

Trykkene paa de to og to modsatte Sider, der har en lodret Stilling (f. Eks. paa *a* og paa *b*), er lige store og gaar imod hinanden, saa at de ingen Betydning faar.

Vi har ganske vist udledet Læren om Opdriften — den saakaldte Archimedes'ske Lov — alene for en firkantet Klods, men det gælder om alle Legemer, hvilke Former de end har, og det kan let godtgøres ved Forsøg.

Vi vil anstille saadanne Forsøg med en Vinkelbismer, som Fig. 226 udviser. Skaalen, som den Ting, der skal vejes, skal anbringes paa, bæres af en lodret Stang, der holdes af to parallele, drejelige Stænger; Indretningen ses saa tydelig af Figuren, at videre Forklaring er overflødig. Stangen, paa hvilken Skaalen sidder, har en Krog forneden, hvori Byrden *ophænges.*

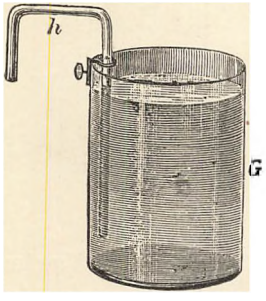


Fig. 225.

Dernæst bruger vi til Forsøget et Glasrør med Udløb, saaledes som det ses i Fig. 225; et ombøjet, snævert Glasrør *h* klemmes ved Hjælp af en Prop eller en Metaltraadsbøjle fast til Glassets Rand, saaledes at Rørets ydre Munding er lidt lavere end Glaskarrets Rand. Ved Brugen af dette lille og simple Apparat bærer man sig altid saaledes ad: man fylder Karret næsten helt til Randen med Vand og suger ved Rørets Munding, saa at man faar Vandet til at løbe ud igennem Røret; dette Udløb sagtner

snart, sker derpaa i rask faldende Draaber og standser til sidst helt; Vandet staar da ved Rørets frie Munding med en skarp begrændset Flade, hvilken er i Højde med Overfladen i Karret. Hvis man saa vil hælde mere Vand i Karret, begynder Udløbet straks paany og standser igen paa samme Maade, og naar det er standset, saa er der nøjagtig løbet en saa stor Vandmængde ud, som man hældte mere i Karret.

Man gør saa Forsøget f. Eks. med en Sten, binder en fin Traad om den og hænger den op i Vinkelbismerens Krog; af Visernes Stilling paa Buen erfarer man, hvad Stenen vejer, lad det være 160 Gram.

Dernæst stiller man et Glas med Vand hen ved Vægten, saaledes at Stenen kommer til at hænge helt ned i Vandet (Fig. 226); man ser da Viseren gaa et Stykke tilbage paa Buen, saa at Stenen synes at være bleven lettere: Vandet bærer noget af Stenens Vægt. Hvis Viseren nu staar paa 115 gr, saa har Stenen aabenbart tabt 45 gr i Vægt; dette er altsaa Opdriftens Størrelse.

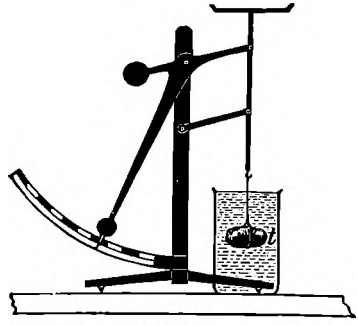


Fig. 226.

Saa tager vi Stenen af Vægten og tørrer den omhyggelig.

Derpaa bruger vi et eller andet let Bægerglas, som vi stiller op paa Vægtens Skaal, og af Viserens Udslag bestemmer vi dets Vægt; lad det være 35 gr. Dette Bægerglas *b* anbringes saa under Udløbsrøret paa det i Fig. 225 afbildede Kar, hvilket vi har fyldt med Vand paa den beskrevne Maade, og derpaa lader man Stenen forsigtig plumpe ned i Karret (Fig. 227); der løber da en Del Vand ud i Bægerglasset, og naar Udløbet er til Ende, stiller man igen Bægerglasset op paa Vægtens Skaal. Da vil man af Viserens Stilling se, hvormeget Glasset og Vandet tilsammen

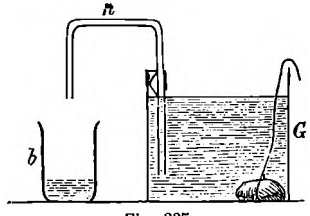


Fig. 227.

vejer, og det vil — med de her nævnte Taleksempler — vise sig at være 80 gr; da Glasset alene vejede 35 gr, saa maa Vandet veje de 45 gr.

Men 45 gr var jo netop Stenens Vægttab i Vand, og dermed er det altsaa godtgjort, at Stenen taber netop saa meget i Vægt ved at komme i Vand, som den Vandmængde vejer, som Stenen fortrænger.

Rumfang og Vægtfylde. Naar man ved Vejningsforsøg har faaet at vide, hvor meget et Legeme taber i Vægt ved at vejes i Vand i Stedet for i Luften, saa kan man let regne ud, hvor stort Rumfang Legemet har.

Stenen, vi nylig havde med at gøre, tabte 45 gr i Vægt ved at komme ned i Vandet, og 45 gr er altsaa Vægten af det Vånd, der indtager samme Rum som Stenen. Nu ved vi imidlertid, at 1 cm^3 Vand vejer 1 gr; en Vandmasse, der vejer 45 gr, maa da rumme 45 cm^3, og dette er altsaa Stenens Rumfang.

En anden Ting kan man ogsaa faa at vide af Forsøget. Stenen selv vejer 160 gr, det samme Rumfang Vand vejer 45 gr, altsaa er Stenen saa mange Gange tungere end Vand, som 45 gaar op i 160; 160 divideret med 45 giver $3^5/_9$, og Stenen er altsaa $3^5/_9$ Gange saa tung som Vand. Man siger, at Stenens *Vægtfylde* er $3^5/_9$, idet man ved en Tings Vægtfylde forstaar det Antal Gange, Tingen vejer mere, end det samme Rumfang Vand vejer.

I efterfølgende Tabel er nogle Stoffers omtrentlige Vægtfylde angivet:

Platin	21	Aluminium	$2^1/_3$
Guld	$19^1/_3$	Glas	$2^1/_2$
Bly	$11^1/_3$	Is	$^9/_{10}$
Sølv	$10^1/_2$	Kork	$^1/_4$
Kobber	$8^3/_4$	Kviksølv	$13^1/_2$
Jern	$7^1/_2$	Vand	1
Zink	7	Petroleum	$^6/_7$
Diamant	$3^1/_2$	Sprit	$^4/_5$

Meningen er altsaa den, at f. Eks. et Stykke Bly vejer $11^1/_3$ Gange saa meget som et lige saa stort Rumfang Vand;

1 cm^3 Bly vejer altsaa $11^1/_3$ gr, 1 Kubikdecimeter Bly vejer $11^1/_3$ Kilogram. — Medens 1 Liter Vand vejer 1 Kilo, vil altsaa 1 Liter Kviksølv veje $13^1/_2$ Kilo, 1 Liter Sprit $^4/_5$ Kilo, kort sagt, Vægtfylden angiver, hvor mange Kilo en Liter (Kubikdecimeter) af vedkommende Stof vejer.

Legemer, der flyder paa Vand. Naar en Ting, der er lettere end Vand — et Stykke Træ eller Kork f. Eks. — bringes ned i Vand og slippes løs, vil det stige til Vejrs, thi Tingens egen Vægt er da mindre end Opdriften, d. v. s. der er ikke saa stort Drag nedefter paa det, som Tryk opefter. Ligevægten indtræder, naar hele Legemets Vægt er lige saa stor som Opdriften, og Opdriften er lig Vægten af det Vand, der fortrænges af den Del af Legemet, som er under Vandet.

I Henhold hertil vil et Skib veje netop saa meget, som det Vand vejer, det fordriver; hvis man altsaa af Skibets Form, Størrelse og Dybtgaaende kan beregne det Rumfang, som er under Vandfladen, saa kan man deraf beregne Vægten af det Vand, som fortrænges af Skibet, og dette er da tillige Vægten af selve Skibet i Forening med alt det, der er derpaa.

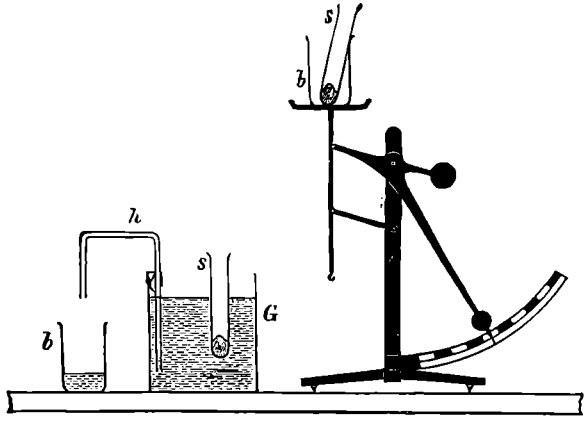


Fig. 228.

Ved et lille Forsøg vil vi nu godtgøre Rigtigheden af denne Lov om Legemer, der flyder paa Vand. Vi bruger da igen Vinkelbismeren (Fig. 226) og det i Fig. 225 afbildede Kar; endvidere et let Bægerglas (*b*, Fig. 228) og et i den ene Ende

lukket Glasrør (Reagensglas) *s* med saa mange Hagl i, at det synker et godt Stykke ned i Vand i lodret Stilling. Karret med Udløbsrøret er fyldt med Vand, som det ovenfor er beskrevet. Op paa Vægtens Skaal eller Plade stiller man Bægerglasset *b* og Glasrøret med Haglene i; man ser efter paa Inddelingen, hvor meget disse Ting i Fællesskab vejer. Derpaa stiller man Bægerglasset *b* ind under Karrets Udløbsrør og anbringer derpaa Glasrøret *s* paa Vandet; derved løber der en Del Vand ned i *b*, og naar dette Udløb er standset, stilles *b* igen op paa Vægten; Viseren gaar da ud til samme Inddeling som før, hvad der oplyser os om, at det udløbne, af *s* fortrængte Vand vejer nøjagtig det samme, som *s* selv vejer.

Ogsaa ved en anden Betragtning end ved en Undersøgelse af Trykforholdene, saaledes som vi har gjort Side 287—288, kan man ræsonnere sig til Archimedes's Lov om Opdriften. Et Kar med Vand har en vis Vægt, og en Sten har en vis Vægt; man binder Stenen i en Snor og holder den ned i Vandet, uden at den rører ved Bunden; derved stiger Vandet lidt højere op i Karret, og for Karrets Vedkommende maa dette være det samme, som om man i Stedet for at holde Stenen ned i Vandet, havde hældt en Vandmængde ned deri, hvis Rumfang netop er det samme som Stenens Rumfang. Ved en saadan Paahældning af Vand maatte imidlertid Karrets Vægt forøges; den bliver altsaa ogsaa forøget, naar Stenen holdes ned deri; men da den samlede Vægt af Sten og Kar med Vand jo ikke kan forandres, fordi den første bringes ned i det sidste, saa kan vi slutte, at Stenen maa have en lige saa stor Vægtformindskelse, og dette er jo Loven. — Og at Karret vinder i Vægt, naar man holder en Ting ned i Vandet, det kan man let vise ved at stille et Glas med Vand paa den ene Side af en Vægtskaal og afbalancere; blot man stikker en Finger ned i Vandet (uden at røre ved selve Glasset), gaar denne Side af Vægtskaalen nedad.

Vi har i det foregaaende stadig talt om Vand, men det gælder altsammen naturligvis lige godt om alle Vædsker. Det, der bestemmer, hvor stor Opdriften eller det tilsyneladende

Vægttab er, det er disse to Ting: det nedsænkede Legemes Rumfang og Vædskens Vægtfylde.

Hvad taber mest i Vægt ved at komme i Vand: 1 Kubikdecimeter Jern eller 1 Kubikdecimeter Aluminium? — De taber lige meget, nemlig det, som 1 Kubikdecimeter Vand vejer, og det er 1 kg.

Naar er Vægttabet størst for en Sten, enten den ligger nede ved Bunden eller den er nær Vandets Overflade? Det er ganske det samme i disse to Tilfælde!

Jo tungere en Vædske er, desto større er et Legemes Opdrift i den; et Legeme, der synker tilbunds i een Vædske, kan lægge sig i Overfladen af en anden. En Jernnøgle synker til Bunds i Vand, men flyder paa Overfladen af Kviksølv.

Vi anstiller følgende simple Forsøg: i Glasset *A* hældes rent Vand og i Glasset *B* Vand, hvori der er opløst en hel Del Salt; naar man lægger et Æg paa det rene Vands Overflade, synker det til Bunds, hvorimod det godt kan flyde paa Overfladen af det salte Vand; dette er altsaa tungere end Ægget, hvorimod det rene Vand er lettere end Ægget. Man tager saa et tredie Glas *C*, som rummer mere end de to andre Glas tilsammen; i *C* hælder man først det salte Vand fra *B* og derpaa ganske langsomt og forsigtigt, medens *C* holdes skraat, det rene Vand fra *A*; naar man da forsigtig bringer Ægget ned i *C*, synker det ned igennem Vandet, til det naar den næsten usynlige Skilleflade imellem det og det nedenunder liggende salte Vand; her tager Ægget Plads, saaledes at det dels gaar ned i Saltvandet, dels rager op i det rene Vand. Rører man rundt med en Pind i Glasset *C*, blandes de to Vædsker let, og da vil man som Regel se, at Ægget enten stiger langsomt op til Overfladen eller synker langsomt til Bunds; man kan

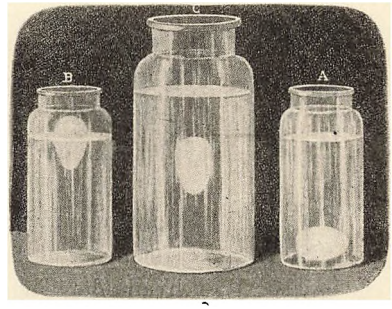


Fig. 229. Et Æg i ulige tunge Vædsker.

dog faa Ægget til i denne Blanding at forblive paa det Sted nede i Vædsken, hvor man anbringer det, nemlig ved i første Tilfælde at gøre Vædsken lettere ved gradevis at sætte lidt rent Vand til, som straks røres ud i den øvrige Vædske, eller ved i sidste Tilfælde at gøre Vædsken tungere ved at opløse gradevis noget mere Salt deri.

Et Menneske er som Regel tungere end Vand, d. e. vejer mere end et lige saa stort Rumfang Vand; man vil derfor kun kunne forhindre, at man synker til Bunds, ved at udføre saadanne Svømmebevægelser, at de derved fremkaldte Modtryk hjælper En. Da Saltvand er tungere end fersk Vand, synker man lettere til Bunds i fersk Vand. Kork er meget lettere end Vand, og ved at tage en Korksele af passende Størrelse om Livet kan man komme til at flyde paa Vand uden at behøve at foretage Svømmebevægelser. — Knoglerne i Kroppen er tungere end de bløde Dele, og derfor kan fede Folk lettere flyde ovenpaa end magre. — Naar man ikke kan svømme, maa man, naar man er falden i Vandet, se at komme til at flyde paa Ryggen, hvorved man kan holde Ansigtet over Vande og altsaa aande og komme til at raabe om Hjælp, men dette fordrer ganske vist en Aandsnærværelse, som er sjelden; saadanne Mennesker søger derimod først og fremmest at faa Hænderne op over Vandet, hvad der ingen Nytte er til; de synker hurtig ned igen, faar Hovedet under Vand, og selv om de kan naa at faa det op igen, saa er Mund og Næse bleven saa stærkt fyldt med Vand, at man ikke kan faa aandet i den korte Tid, Hovedet kan holdes oppe.

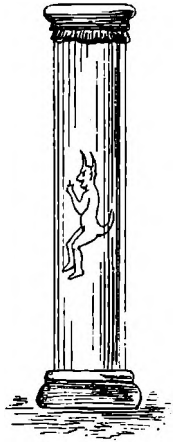


Fig. 230.

Ved Navnet *cartesianske Djævle* betegner man smaa Glasbeholdere, ofte formede som Djævle (heraf Navnet), hvilke har et Hul, som oftest i Halespidsen; inden i er der Luft og desuden saa meget Vand, at de netop kan flyde oppe i Overfladen af noget Vand i et højt Glaskar. Dette Glaskar overbindes med en Blære eller Kautschukhinde, og trykker man nu denne lidt indad med Fingrene, forplanter

dette Tryk sig igennem Luften over Vandet og igennem dette videre til Luften inde i „Djævelen"; naar denne derved modtager noget mere Vand, bliver den tungere og synker; ophører Trykket, udvider Luften i „Djævelen" sig igen, driver Vandet ud, og den gaar atter til Vejrs.

Fiskene har Evnen til at stige og synke i Vandet, og hertil bruger de den saakaldte Svømmeblære; naar den trykkes sammen, bliver hele Fiskens Rumfang lidt mindre, uden at dens Vægt undergaar nogen Forandring, og den vil da synke; omvendt stiger Fisken til Vejrs ved at udvide sin Svømmeblære.

Flydevægt eller Arœometer. Dette er et lille Redskab af Glas, med hvilket man skaffer sig Oplysning om en Vædskes Vægtfylde, og som beror paa, at et Legeme, der flyder paa en Vædske, synker desto dybere ned i den, jo lettere Vædsken er; Legemet vil jo nemlig altid synke saa dybt, at den fortrængte Vædskemængde vejer lige saa meget, som Legemet selv vejer. Fig. 231 viser saadanne Flydevægte, bestaaende af et langt Glasrør, der udvider sig til et større Hulrum forneden og under dette en lille Beholder med Kviksølv eller Hagl, der tjener til at stille Apparatet lodret i Vædsken. Paa Glasrøret er der Inddelinger; disse kan enten fortælle os, hvilke Rumfang Vædske Apparatet fortrænger ved at synke til de respektive Delemærker, eller de kan ved de Tal, der er skrevne ved Mærkerne, direkte meddele os Vædskens Vægtfylde, eller — og dette er i Praksis det hyppigste — de kan

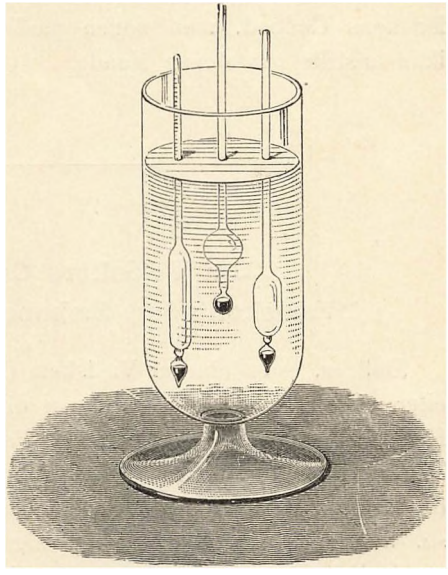


Fig. 231. Flydevægte.

give os Oplysning om Sammensætningen af en Vædskeblanding. Brændevin er saaledes en Blanding af Sprit og Vand; jo mere Sprit, desto mindre vægtfyldig er Brændevinen. Apparatet synker altsaa dybest i den stærkeste Brændevin. Efter den spendrupske Skala angives Brændevinens Styrke i „Grader", saaledes at f. Eks. 7 Graders Brændevin betyder, at $^{7}/_{16}$ af Brændevinen er Sprit, 8 Gr.'s Brændevin vil sige $^{8}/_{16}$ er Sprit osv. Ren Sprit „holder" 16 Gr. ($^{16}/_{16}$ Sprit). Paa Stilken er der da Mærker, der fortæller os, hvor dybt Apparatet synker i Brændevin af forskellige Styrkegrader; det kaldes et *Alkoholometer*.

Ved en *Saltprøver* finder man Procentmængden af Salt, der er opløst i Vand, idet Vægtfylden bliver desto større, jo mere Salt der opløses; ved en *Mælkeprøver* undersøger man Mælkens Godhed, men nogen paalidelig Prøve kan man dog ikke anstille paa denne Maade.

Om Vædskers Overflade. Vædskehinder, Sæbebobler, Haarrør.

Det er, som om en Vædskes Overflade er en fin Hinde eller et elastisk Tæppe ovenpaa den øvrige Del af Vædsken. Her skal nu anføres en Række Forsøg, der gør dette klart. Tager vi en tør, blank, helst tynd Synaal, kan man faa den til at ligge vandret paa Overfladen af et Glas Vand; man kan se, hvorledes Overfladen bøjer sig under Naalen, netop som et elastisk Tæppe vilde gøre. Man kan dreje Naalen ved Hjælp af en Magnet, men holder man Magneten saaledes, at Naalen kommer til at stikke i det „tynde Tæppe", den ligger paa, synker Naalen til Bunds, da Jern er tungere end Vand.

Har man ikke let Haandelag nok til at lægge Naalen ned paa Vandet med to Fingre, kan man enten lægge den tværs over Grenene paa en Gaffel og føre denne langsomt ned i Vandet, hvor da Naalen bliver liggende, eller man kan lægge

Naalen paa et Stykke Silke- eller Trækpapir og anbringe dette paa Vandet; Papiret gennemtrænges snart med Vand, synker og lader Naalen blive liggende paa Overfladen.

I Forbindelse hermed er at nævne, at visse Insekter bevæger sig henover en Vandflade (Fig. 232); deres Fødder

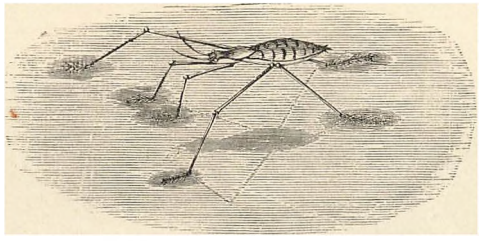


Fig. 232. En Damtæge.

gennembryder ikke den tynde Hinde. — Hælder man en Vædske draabevis ud af en Flaske, bliver alle Draaberne lige store, ellers var der jo ingen Mening i, at en Læge ordinerede f. Eks. 15 Draaber af en eller anden Medicin. Ogsaa dette Fænomen forstaar vi nu: den hængende Draabes Overflade er en lille „Sæk", der omslutter den indre Vædske. „Sækken" hænger fast ved Flasken med en vis Kraft; naar Draabens Vægt overskrider denne Kraft, falder „Sækken" ned, og da alle „Sække" af samme Slags er lige stærke, faar alle Draaber samme Størrelse; men laver vi Sækken af et andet Stof f. Eks. Sprit, viser det sig, at Draaberne bliver mindre. Det er, fordi Spritoverfladen er mindre stærk end Vandoverfladen. Hældes der Vand ud af et Glas, viser Glasset sig vaadt paa Indersiden, gøres Forsøget med Kviksølv, fugtes Glasset ikke. Man siger derfor, at Vandets „Vedhængning" til Glas er større end dets Sammenhængning, medens Kviksølvets Sammenhængning er større end dets Vedhængning til Glas. Paa Grund af den store Vedhængning mellem Vand og Træ eller Glas, vil Vandet følge en Træpind eller en Glasstang, som holdes hen til Randen af det Glas, man hælder ud af, selv om man holder Pinden skraat. Anbringes en Glasplade vandret lige i Overfladen af Vand, skal der en ikke ringe Kraft til at rive den løs fra Overfladen; slipper den saa endelig, er den vaad paa Undersiden, saa at man ligesom har „revet" Vandet over.

Fig. 233 viser, hvorledes Forsøget let kan gøres med et rundt Stykke Karton forsynet med et Slags Haandtag, saa det hele ligner en Murske; den bringes til at balancere paa Glaskanten, inden Vandet hældes i, dernæst fyldes Vand i, til det lige netop naar Kartonfladen, man kan da lægge flere Mønter paa Haandtaget, inden Pladen slipper Vandoverfladen.

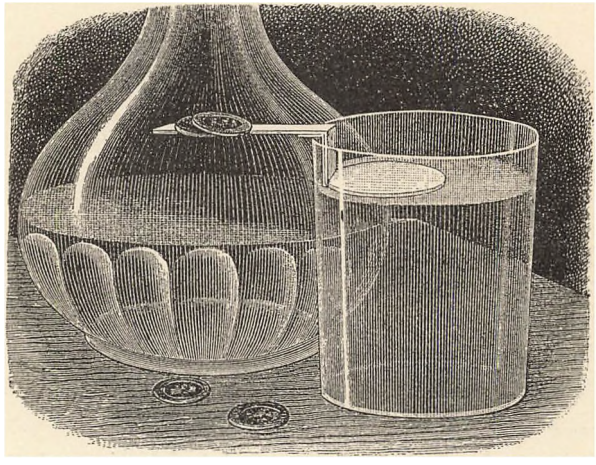


Fig. 233.

Tilsætning af smaa Mængder af fremmede Stoffer kan forandre Overfladens Beskaffenhed kendelig; et Par lette Forsøg viser det: Man lægger i et Vandfad nogle Tændstikker paa Vandoverfladen, saaledes at de danner en Stjerne, og stikker saa Enden af et Stykke Sæbe ned der, hvor Spidserne vender imod hinanden; straks farer de væk fra hinanden (Fig. 234, 1). Grunden er den, at Spændingen er mindre i det sæbeholdige Vand end i det rene Vand uden omkring. — Stikker man derimod et Stykke Sukker ned i Vandet, vil Tændstikkerne hurtig fare hen til Sukkeret (Fig. 234, 2). Vandets Opsugning i Sukkeret frembringer denne Bevægelse i Overfladen indefter.

Stikker man Haanden i Vand, bliver den vaad, fordi Vandets Vedhængning til Haanden er stor; drysser man derimod først Lykopodiumpulver, som kan faas hos en Materialist, udover Vandet, kan man uden at blive vaad tage en Ring op

af Vandet, da nemlig Pulveret, som ikke befugtes af Vandet, danner ligesom en Handske udenom Haanden.

Drysser man noget Kolofonpulver (Harpiks) ud paa Blæk,

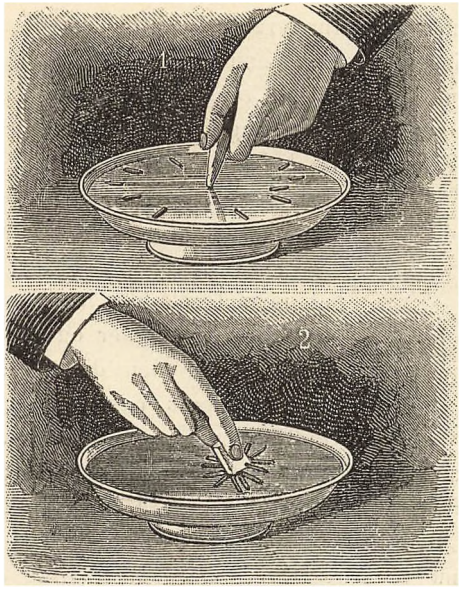


Fig. 234.

kan man dyppe et Stykke Papir ned i Blækket, uden at det bliver sort.

Ænderne kan dykke ned i Vandet uden at blive vaade, idet det Fedt, der udsondres af deres Fjer, virker paa samme Maade som Pulveret i de nys nævnte Forsøg.

Draaber har nærmest Kugleform, fordi det er den Form, en Masse skal have, naar dens Overflade skal være saa lille som muligt, og Spændingen i Draabens Overflade søger netop at gøre Overfladen saa lille som mulig.

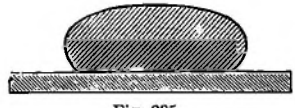


Fig. 235.

Tyngdens Indflydelse kan dog ændre Formen noget. Ligger en Draabe paa et Underlag, som den ikke befugter, antager den en Form omtrent som Fig. 235 viser; denne Form har en Kviksølvdraabe paa et Bord og

en Vanddraabe paa en Flade, som er bestrøet med Lykopodium.

Men fjerner man Tyngdens Indflydelse, faar man den rene Kugleform frem, og dette kan ske saaledes: Olivenolie er lettere end Vand, men tungere end Sprit, og Olien blander sig ikke med disse Vædsker; man laver da en Blanding af Vand og Sprit, som er lige saa tung (har samme Vægtfylde) som Olien, og suger man saa noget Olie op i et Straa eller en Stikhævert (Fig. 236) og lader den herfra løbe ud i Blandingen, former Oliemassen sig straks til en Kugle, der holder sig svævende i Blandingen. — Man bærer sig lettest ad saaledes, at man først blander Vand og Sprit i lige store Mængder og lader Olien løbe ned; synker den da til Bunds, sætter man gradevis Vand til og rører rundt, indtil man faar Olien svævende.

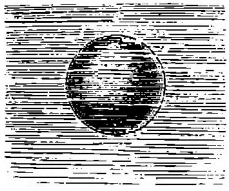


Fig. 236.

Hvem har ikke leget med Sæbebobler? En Sæbeboble er en tynd, omtrent kugleformet Hinde af Sæbevand; inde i den er der Luft. Den lille Smule Vand, som en Sæbeboble bestaar af, har to meget store Overflader, en ydre og en indre; det Hele er som en elastisk Hinde, som man kan klemme længere ud ved at puste i Kridtpiben, men som søger at trække sig sammen til den mindst mulige Størrelse. Lægger man Piben, efter at man har faaet blæst Sæbeboblen, hen paa Kanten af et Bord, vil man se, at Boblen trækker sig sammen, bliver mindre; i Begyndelsen gaar det langsomt, men jo mindre den efterhaanden bliver, desto mere skynder den sig med at blive endnu mindre, og til sidst er den borte, d. v. s. Pibehovedet er da lukket med en flad Hinde, og Hinden har nu faaet den mindst mulige Størrelse; blæser man i Piben, faar man Boblen dannet paa ny.

Sæbebobler er just ikke nogen moderne Opfindelse. I Kunstsamlingen i Louvre i Paris er der en ældgammel etrurisk Vase, paa hvilken man ser Børn lege med Sæbebobler.

Naar man har blæst en Sæbeboble og med et rask Tag faar den til at give slip paa Piben, synker den nedad, med mindre Vinden fører den afsted, og saa kan det gaa baade op

og ned. Men har man Gas i Huset og en lille Gummislange til sin Raadighed, kan man faa en Sæbeboble til at gaa til Vejrs som en Ballon. Man fæster saa Slangen paa Gasrøret, skyder dens anden Ende ind over Pibestilken og klemmer den fast omkring denne; naar Pibehovedet saa er dyppet i Sæbevand, og der aabnes ganske lidt for Gassen, dannes der en Boble; men den vil opad, og vi drejer derfor Piben rundt, saa at Boblen faar Lov til at danne sig over Piben. Naar Boblen har faaet en passende Størrelse, lukkes der for Gassen, og ved et rask Tag nedad faar man Boblen til at rive sig løs, og den stiger til Vejrs. Gas er lettere end Luft og søger derfor til Vejrs i Luften, ligesom en Korkprop, der slippes løs nede i Vand, stiger til Vejrs i dette, fordi Kork er lettere end Vand.

Med tynde Sæbevandshinder kan man gøre en Mængde andre Forsøg, der tydelig viser os, at Vædskeoverflader har Spænding. Men almindeligt Sæbevand er ikke godt nok i alle Tilfælde. En Vædske, der er god til saadanne Forsøg, laver man f. Eks. paa følgende Maade. En ren Flaske fyldes til tre Fjerdedele med destilleret Vand eller rent Regnvand, og der opløses heri ren, hvid Marseillesæbe, saa meget, at Vægten er ca. $^1/_{40}$ af det anvendte Vands Vægt. Saa fyldes der efter med kemisk rent Glycerin; der rystes godt, proppes til, og Flasken stilles hen i Mørke en Uges Tid. Med en Hævert suger man den klare Vædske fra og lader Skummet blive tilbage. En Draabe stærk Ammoniakvædske er det godt at sætte til. Naar Vædsken ikke bruges, bør den, hvis den skal holde sig god i lang Tid, staa i Mørke og godt tillukket, aller helst med en Glasprop.

En anden, rigtig god Vædske faar man ved at opløse 20 gr Marseillesæbe og 30 gr Sukker i 1 Liter kogende Regnvand; man kan ogsaa bruge en Vædske, der gaar i Handelen under Navn af „Spektralin".

Naar man skal bruge Sæbevand, bør man kun tage saa meget af sin Beholdning, som er nødvendig, og ikke hælde det, der muligen bliver tilovers, tilbage i Beholdningen.

Vi benytter nogle Figurer, som let laves af tyk Kobbertraad eller galvaniseret Jerntraad. Lad os tage en til en Fir-

kant bøjet Metaltraad, saaledes som den er vist i Fig. 237, men den kan godt tages dobbelt saa stor paa hver Led. Stikker man denne Traad helt ned i Sæbevædsken og trækker den op, medens den holdes lodret, saa er hele Firkanten udfyldt af en plan Vædskehinde, og denne er temmelig sejg. Blæser man paa Hinden, eller vipper man Traaden frem og tilbage, saa svinger Hinden ud og ind, som om man havde udspændt en tynd elastisk Hud i Traaden. — Vi lægger nu en tynd Metaltraad (*ab* i Fig. 237), som vi først har dyppet ned i Vædsken, saa at den er fugtig, forsigtig ned paa den firkantede Ramme og Hinden. Stikker man saa Fingeren igennem paa den ene Side af *ab*, brister Hinden her og *ab* farer hen til den modsatte Ende af Firkanten. Den Hinde, der bliver tilbage, søger nemlig at trække sig sammen til den mindst mulige Størrelse, da der er Spænding i den, og det gør den med saa stor Kraft, at den tager Traaden *ab* med sig.

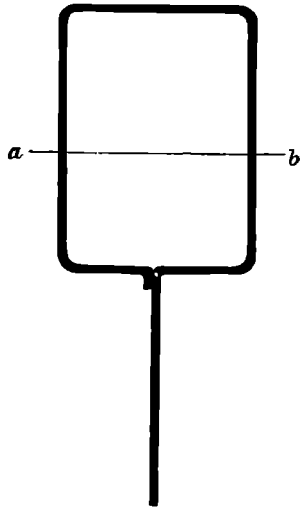


Fig. 237.

Tager vi saa fat paa den Del af *ab*, som rager udenfor Rammen, og fører den tilbage til den tidligere Stilling, dannes Sæbehinden paa ny, men slippes *ab*, vandrer den tilbage. Der skal Kraft til at modstaa Hindens Sammentrækning.

Benytter vi i Stedet for Metaltraaden *ab* en lille Ring af Sytraad og lægger den paa Sæbehinden i Kobbertraadsfiguren, vil Spændingen i Sæbehinden, hvis vi gennembryder Hinden indenfor Sytraaden, trække denne ud til en Cirkel, som kan glide hen over Hinden.

Vil man blæse en stor Sæbeboble, kan man bruge en lille Glas- eller en Bliktragt, som jo haves i mange Huse; Sæbevandet hældes ud i en Tallerken, man dypper Tragtens Rand helt ned deri; forsigtig hæves den op, medens den holdes

lodret, saa at den Hinde, der danner sig over Randen af Tragten, ikke sprænges, og saa blæser man Boblen med sine Lungers fulde Kraft. Vil man have den til at beholde sin Størrelse, maa man sætte Fingeren over Mundingen. Hvis man ikke gør dette, gaar det som omtalt Side 300, men meget hurtigere, og Uddrivningen af Luften ses tydelig, naar man vender Mundingen imod et tændt Lys.

Foruden en Kridtpibe og en Tragt til at blæse Sæbebobler med, kan man til smaa Bobler bruge et Halmstraa,

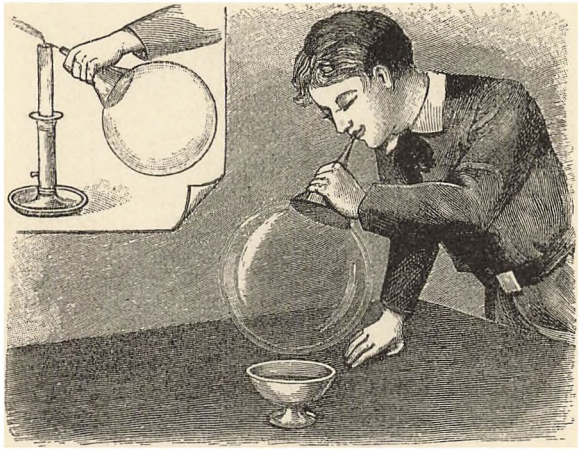


Fig. 238.

der i den ene Ende er spaltet i 4 Dele, og disse Dele er bøjede om i ret Vinkel, saaledes som det ses i Fig. 239.

Suger man noget Tobaksrøg ind i Munden og blæser Sæbeboblen med den, bliver den uigennemsigtig, og lukker man op for Pibe, Tragt eller Rør, staar Røgen ud deraf som af en Skorsten i det smaa.

En Sæbeboble kan lægge sig paa Stoffer af Uld (Multum, Klæde, Flonel etc.), naar de er tørre, uden at briste. Man kan da nærme til den et Stykke varmet og derpaa med Haanden gnedet Papir, og man ser den da forandre Form, ja man kan endog faa den til at hæve sig op fra Bordet, tiltrukken af Papiret; dette skyldes Papirets Elektricitet.

Vi vil nu af Jerntraad lave os nogle Figurer; f. Eks. en

Ring, der staar paa 3 Ben, som er loddede til (man kan forme Traaden om en Flaske paa ca. 3 Tommers Diameter). Denne Ring væder vi godt med Sæbevandet, og man kan da faa en Sæbeboble til at lægge sig an mod Ringen og holde sig der længe. Vi bruger da en anden lige saa stor Ring med et Haandtag (Fig. 239, tilhøjre), og den fører vi, efter at den er vædet med Sæbevandet, ned paa Sæbeboblen, som da slutter sig til Ringen saa inderlig, at naar vi løfter Ringen op igen, følger Hinden med og antager da en Form som

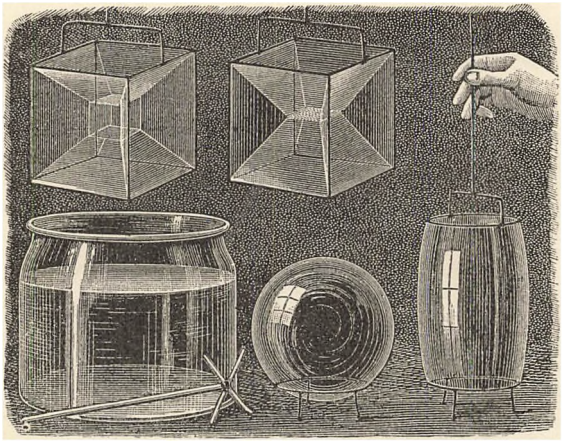


Fig. 239.

den, Figuren viser, og man kan faa den til at være helt cylindrisk paa Siderne med smaa Kuglehatte for Enderne.

Man kan endvidere bruge en Traadfigur, der er formet som en Tærning og har et Haandtag; Traaden maa helst ikke være glat paa Overfladen. Naar man stikker den helt ned i Sæbevandet og saa tager den forsigtig op, ser man, at der er udspændt Vandhinder i dens Indre, saaledes som Tærningen, der er længst tilhøjre i Figuren, viser: i Midten en firkantet Hinde, hvis Sider er forbundne med Tærningens Kanter ved Hinder. Naar man dernæst stikker den nederste Halvdel af Tærningen ned igen og trækker den op, har der i Midten dannet sig en lille Tærning af Hinder, hvilke er forbundne med Traadtærningens Kanter med skraa Hinder (se Figuren

tilvenstre). Hvis den ene af den lille Tærnings Sider stikkes ud, faar man den forrige Figur igen.

Naar Hinder, som her inde i Tærningen, støder sammen, dannes altid 3 Hinder, og disse danner altid lige store Vinkler med hinanden; hver Vinkel bliver altsaa 120^0, derved bliver nemlig Spændingen i den ene lig Resultanten af Spændingerne i de 2 andre, saa Ligevægt bliver mulig.

Haarrør. Det er omtalt Side 281, at i to Beholdere, der staar i Forbindelse med hinanden, vil en Vædske stille sig saaledes, at Overfladerne ligger lige højt, d. v. s. i samme vandrette Plan; ligeledes naar man tager et vidt, aabent Rør og stikker det ned i en Vædske, vil denne stille sig i samme Højde inden i Røret som udenfor.

Der, hvor en Vædske støder til Karret eller Røret eller til enhver Genstand, som holdes delvis nede i Vædsken, vil dennes Overflade krumme sig lidt, enten opad eller nedad; hvilket det bliver, det beror paa, hvad det er for en Vædske og hvad det er for faste Genstande. Vand i et rent Glas eller et Vandfad vil hæve sig lidt opad dettes Sider, det vil befugte disse Ting, der er en stor Vedhængning tilstede. Kviksølv vil derimod krumme sig nedefter i et Glas, og dette ligger i, at dets egen Sammenhængskraft er betydelig i Forhold til dets Vedhængning ved Glasset, og det befugter heller ikke Glasset.

Naar man nu stikker et meget snævert Glasrør ned i Vand, saa gælder Loven om de forbundne Kar ikke mere, thi da kommer der en ny Virkning til; inde i Røret bliver hele Overfladen krum, indbuet, og man ser, at Vandet staar højere inde i Røret end udenfor. Vandet hæfter sig til Rørets Inderside, og Overfladespændingen er i Stand til at holde en Vandsøjle inde i Røret løftet op over Vandet udenfor. Man ser, at denne Stigning er desto større, jo snævrere Røret er, og vi kan let gøre os Rede for, hvilken Lov der her maa være gældende. Betragter vi to snævre Rør, af hvilke det enes Vidde er dobbelt saa stor som det andets, saa hæfter Overfladehinden ved en dobbelt saa stor Kreds til Glasset, og der bliver altsaa en dobbelt saa stor Kraft til at bære Vandsøjlen;

men Vandsøjlen i det videste Rør har et fire Gange saa stort Tværsnit som i det snævre, og der vilde af den Grund ogsaa behøves en fire Gange saa stor Kraft til at bære den, hvis den skulde have samme Højde; da der nu som nævnt kun er en to Gange saa stor Kraft til Stede, saa vil Vandet i det vide Rør kun komme til at staa halvt saa højt som Vandet i det snævre. Loven er i al Almindelighed den, at Stigningen af Vandet staar i omvendt Forhold til Rørvidden (Fig. 240). I meget snævre Rør (*Haarrør*) kan man faa en meget betydelig Stigning; naar Røret er saa vidt, at Overfladen inde i Rørets Midte er plan og ikke krum, kommer der slet ingen Stigning frem.

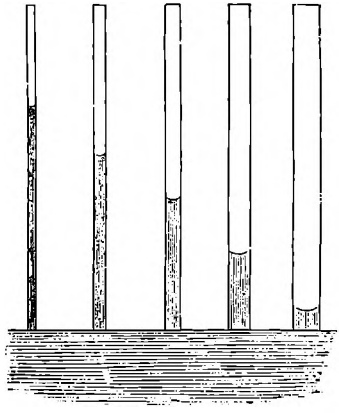


Fig. 240. Haarrør.

Stikker man et snævert Glasrør ned i Kviksølv, saa vil Overfladen inde i Røret hvælve sig ud efter, og Kviksølvet stiller sig lavere inde i Røret end udenfor — hvor lavt, det kan man ikke se, da Kviksølvet ikke er gennemsigtigt. Sagen bliver imidlertid synlig for os, naar vi bærer os ad paa en lidt anden Maade, nemlig bruger et Kar, som er forsynet med et lodret opadgaaende, snævert Rør, saaledes som det ses i Fig. 241; hælder man Kviksølv i et saadant Kar, stiger det ikke saa saa højt i Røret som i Beholderen, idet Spændingen i den hvælvede Overflade i Røret trykker det ned. Hælder man derimod Vand i et saadant Rør, vil Vandet gaa højere op i Røret end i Karret.

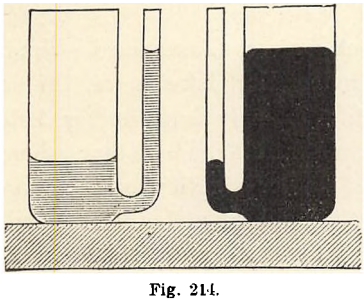


Fig. 241.

Man kalder disse Fænomener for *Haarrørsvirkninger*. Det

skyldes f. Eks. dem, at Kaffe og The suges op i et Stykke Sukker, idet dettes fine Porer virker som Haarrør; ligesaa at Petroleum suges op i Vægen osv.

Luftens Tryk. Barometret.

At Luft har det tilfælles med faste Legemer og med Vædsker, at den gør Modstand, naar andre Ting vil trænge frem igennem den, kan let paavises. Tager man et Blad Papir ved et af Hjørnerne imellem to Fingre og fører det frem igennem Luften, bøjer det sig paa Grund af Luftens Modstand. — Vender man Bunden af et Vandglas i Vejret, stikker det i den Stilling dybt ned i en Spand Vand, og saa tager det op igen i samme Stilling, vil man se, at Glassets Inderside er helt tør, naar man undtager den ved Randen nærmest liggende Del. Og saaledes kunde man nævne flere Eksempler.

Vejer Luft noget, saadan som faste Legemer og Vædsker gør? Ja, *Galilæi* viste dette i den første Del af det syttende Aarhundrede, idet han først vejede en Beholder, hvori der var Luft, og saa pressede mere Luft ind deri og vejede den igen, og da fandt han en større Vægt anden Gang end første Gang. Mærkelig nok synes han ikke at være bleven i særlig Grad slaaet over dette Resultat, lige saa lidt som han drog nogle Konsekvenser deraf, og det var dog en meget vigtig Sag. *Aristoteles* havde halvfjerde Hundrede Aar f. Chr. Fødsel prøvet paa at veje Luften, men fundet, at den intet vejede: han tog en stor Blære og vejede den, og saa pustede han den ud og vejede den igen, og han fandt samme Vægt. Dog siger dette Forsøg intet, thi har Luften Vægt, saa maa der være lignende Trykforhold i den, som der er i en Vædske, og saa maa der bl. a. være en Opdrift til Stede; ved at puste Blæren ud maatte denne Opdrift blive større, og naar Blærens Vægt forøges i samme Forhold som dens Opdrift, saa maa en Vejning give samme Resultat som før.

Forsøget vilde kun være afgørende, dersom Beholderens

Rumfang forblev uforandret, enten der var Luft i eller ej. Et saadant Forsøg anstillede *Otto van Guericke* (Borgmester i Magdeburg), den berømte Opfinder af Luftpumpen, i Aaret 1650; han benyttede en kugleformig Glasballon med en Messingindfatning med Hane paa (Fig. 242); denne Ballon pumpede han Luften ud af ved Hjælp af sin Pumpe, drejede Hanen for og hængte Ballonen op under den ene Skaal paa en Vægt og bragte Ligevægt til Veje; derpaa aabnede han Hanen, Luften susede ind, og denne Side af Vægten dalede. Her kan der ingen Tvivl være; van Guericke lagde Lodder paa den anden Skaal og fik saaledes Ligevægten bragt til Veje igen og fik at vide, hvad den indstrømmede Luft vejede. — Det kan lige saa godt straks her nævnes, at 1 Liter almindelig Luft vejer meget nær 1,3 gr, og at Luften altsaa er henimod 800 Gange lettere end Vand.



Fig. 242.

I Løbet af de 10 Aar, der gik umiddelbart forud for dette Forsøg, var der gjort meget vigtige Opdagelser med Hensyn til Luftens Forhold.

Alt fra Oldtidens Dage havde man formaaet at hæve Vand ved Hjælp af Hæverter og Pumper, men man havde ikke forstaaet, hvad der egentlig gik for sig; man troede — og troede det lige til de Tider, da ovennævnte Forsøg blev anstillet — at Vandet steg til Vejrs i disse Apparater, for at der ikke skulde fremkomme noget tomt Rum; man antog, at der i Naturen var nedlagt en Frygt for, at et saadant tomt Rum skulde opstaa (*horror vacui*, d. e. Frygt for det tomme Rum), og denne Frygt jagede da Vandet til Vejrs. Denne Forklaring fik dog sit første Grundstød, da det viste sig, at der var Grænser for denne Frygt. I 1640 skulde Storhertugen af Toskana til nogle Vandspring bruge Pumper, der kunde løfte Vandet til en Højde af 12—15 Meter, men det gik ikke; Galilæi saa, at Vandet kun steg til godt 10 Meters Højde, og man skulde nu tro, det laa nær for ham, der havde bevist, at Luften har Vægt, at slutte, at den Kraft, der bragte Vandet til inde i Pumpen at staa godt 10 Meter højere end i Brønden,

var det Tryk, som Atmosfæren paa Grund af sin Vægt udøver paa Vandet i Brønden; men denne Slutning drog den berømte Fysiker ikke.

Det var Galilæis Discipel, *Torricelli*, der 3 Aar senere anstillede et efter ham opkaldt Forsøg, som ganske slog Teorien om „horror vacui" til Jorden. Forsøget blev anstillet med Kviksølv i Stedet for med Vand, hvilket sidste er $13^1/_2$ Gange saa let som Kviksølv. Forsøget er følgende:

Man tager et Glasrør, hvis Vidde er mindst $^1/_2$ cm, og som er mindst 80 cm langt; Røret er lukket i den ene og aabent i den anden Ende. I dette Rør hældes Kviksølv, hvilket lettest sker ved Hjælp af en lille Glastragt, og det fyldes næsten helt dermed; man ser, at der sidder en Mængde smaa Luftblærer imellem Glasset og Kviksølvet, og disse, som man helst maa af med, faar man bort ved at lukke for Røret med en Finger og dreje det om i en omtrent vandret Stilling; ved saa skiftevis at løfte den ene og den anden Ende af Røret lidt, faar man den lille Luftmasse, som var i Røret oven over Kviksølvet, til at løbe frem og tilbage i Røret, idet den jo altid søger at komme til Vejrs, og undervejs optager den da de smaa Luftblærer i sig. Naar dette er gjort, fylder man Røret op til Randen med Kviksølv, sætter Fingeren over saaledes, at der ingen Luft er imellem, vender Røret om, bringer det ned i en Skaal med Kviksølv og tager, naar Rørmundingen er helt nede under Overfladen, Fingeren fra. Da ser man (Fig. 243), at Kviksølvet falder lidt i Røret, men dog ikke mere, end at der staar en Søjle af Kviksølv i Røret paa en Højde af omkring $^3/_4$ Meter, regnet fra Overfladen af Kviksølvet i Skaalen.

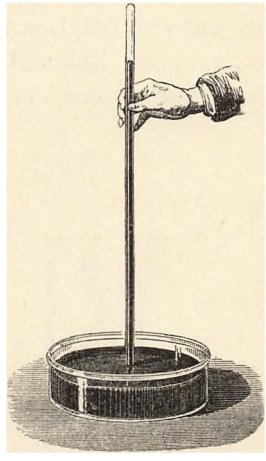


Fig. 243.

Rummet over Kviksølvet i Røret er lufttomt, og det maa være Luftens Tryk udenfor, der bærer Kviksølvet i Røret, idet Kviksølvet ellers vilde falde ud af Røret paa Grund af

sin Vægt. Naar dette Forsøg, for hvilket Torricelli selv gav den rette Forklaring, blev afgørende, saa skyldes det fornemmelig den Prøve, som *Pascal* lod udføre med Torricellis Apparat 1648; man maalte nemlig Kviksølvsøjlens Højde, da Apparatet blev anbragt ved Foden af Bjerget Puy-de-Dôme ved Clermont i Frankrig, og da det blev anbragt paa Bjergets Top; det viste sig, at Kviksølvet stod 8 Centimeter højere i Røret i første end i sidste Tilfælde, og denne Forskel kan kun hidrøre fra, at der er en større Luftsøjle over Kviksølvet i Skaalen i første end i sidste Tilfælde; den Luft, der ligger lavere end Bjergtoppen, kan ikke ved sin Vægt trykke paa Kviksølvet i Skaalen, naar Apparatet er anbragt paa Bjergtoppen.

Kviksølvets Højde i det Torricelliske Rør er ganske den samme, hvilken Vidde Røret end har, naar det blot ikke er saa snævert, at Haarrørsvirkningen (Side 305) kommer til at spille nogen Rolle. Det er endvidere ganske ligegyldigt, om Røret har samme Vidde overalt eller ej, og hvad Form Røret har. Dersom man drejer Røret om i en skraa Stilling, stiger der saa meget Kviksølv fra Skaalen op i Røret, at den *lodrette* Afstand imellem de to Overflader bliver den samme som før. Disse Forhold er nærmere oplyste i Fig. 244.

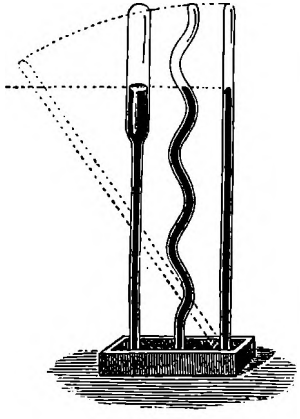


Fig. 244.

Vi vandrer altsaa hernede paa Jorden paa Bunden af et Lufthav, der omgiver Jorden i et Lag, om hvis Højde vi intet bestemt ved, men som dog ikke er under 40 geogr. Mil; dette er dog ikke meget i Forhold til Jordens Radius, hvilken som før omtalt er godt 850 Mil (ca. 6460 Kilometer). Dette Luftlag holdes ind til Jorden af Tyngdekraften og følger med Jorden i dennes Bevægelser (dens Akseomdrejning og dens Bevægelse omkring Solen).

Hvor stort er Luftens Tryk?

Luften udøver i Højde med Havfladen samme Tryk paa en

vis Del af Jordoverfladen, som en Kviksølvsøjle paa den samme Flade vilde gøre, naar dens Højde gennemsnitlig er 76 cm. Trykket paa 1 Kvadratcentimeter bliver da Vægten af 76 Kubikcentimeter Kviksølv, og denne er $76 . 13^1/_2$ gr $= 1,_{036}$ kg, altsaa godt 1 Kilogram (paa 1 Kvadrattomme er Atmosfærens Tryk godt 14 ℔).

Paa et voksent Menneskes Overflade bliver Atmosfærens Tryk omtrent 15 Tusinde Kilo. Naar man ikke mærker noget til dette mægtige Tryk, saa ligger det i, at Luften ogsaa virker i vort Indre med samme Kraft; men forandres det ydre Tryk hurtig — f. Eks. ved en rask Stigning med en Luftballon — saa at det Indre ikke kan faa Tid til at sætte sig i Ligevægt med det forandrede Tryk, saa kan f. Eks. de fine Aarer springe, og Blodet pible frem.

Luften trykker altsaa paa alt, hvad den berører; paa en vandret Plade trykker den baade fraoven nedad og franeden opad; paa en lodret stillet Plade trykker den i vandret Retning, idet Trykket — ligesom Vædsketryk — altid staar vinkelret paa Fladen. Trykket kommer man til at iagttage, naar man fjerner det fra en tynd Plades ene Side; Fig. 245 viser et Glas, som er overbundet med en stram Svineblære eller Pergamentpapir (man binder det fast, medens det er udblødt i Vand), der slutter aldeles lufttæt til; naar man da med en Luftpumpe pumper Luften inde i Glasset ud, vil den ydre Lufts Tryk nedad paa Hinden bøje denne stærkt indad, og pludselig kan den sprænges, hvilket da sker med et stærkt Knald, hidrørende fra at Luften med stor Kraft styrter ind.

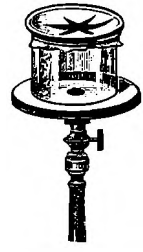


Fig. 245.

Inde i en Stue er der samme Tryk som udenfor i samme Højde, thi der er Forbindelse imellem Luften ude og inde igennem Revner og Sprækker, og den mindste Trykforskel bringer Luften til at strømme saaledes, at Trykforskellem straks ophæves. Da Loftet i en Stue ligger højere tilvejrs end Gulvet, saa er Luftens Tryk opad mod Loftet mindre end dens Tryk nedad mod Gulvet, og Forskellen imellem disse to Tryk er netop saa meget, som den i Værelset værende Luft vejer; dette er adskilligt mere, end man i

Almindelighed tror. Hvis Værelset saaledes er $4^1/_2$ Meter paa den ene Led, 5 Meter paa den anden og 3 Meter højt, saa er dets Rumfang $4^1/_2 \times 5 \times 3 = 67^1/_2$ Kubikmeter, og da 1 m^3 Luft vejer ca. $1,_3$ kg, faar man, at Luften i Værelset vejer 87 kg. — Tænkte man sig, at Værelset blev hermetisk tillukket, saa vedbliver Trykkene imod Loft, Gulv, Vægge osv. at være de samme som før og forandres nu ikke mere, naar den ydre Lufts Tryk forandres; indespærret Luft trykker væsentlig paa Grund af sin Udvidekraft, sin Bestræbelse efter at brede sig videre ud i et saa stort Rum som muligt, hvorimod dens egen Vægt i Forhold hertil kun frembringer smaa Tryk, og Luften i Værelset var jo i sammentrykket Tilstand før, nemlig sammentrykket ved Vægten af Atmosfæren udenfor helt op til dennes yderste Grænse.



Fig. 246.

Lufttrykkets Tilstedeværelse kan man vise ved at fylde et Glas helt til Randen med Vand, lægge et Stykke Papir over, saa at det slutter til Glassets Rand, og der ingen Luftblære er under. Glasset kan da vendes om, uden at Vandet falder ud (Fig. 246).

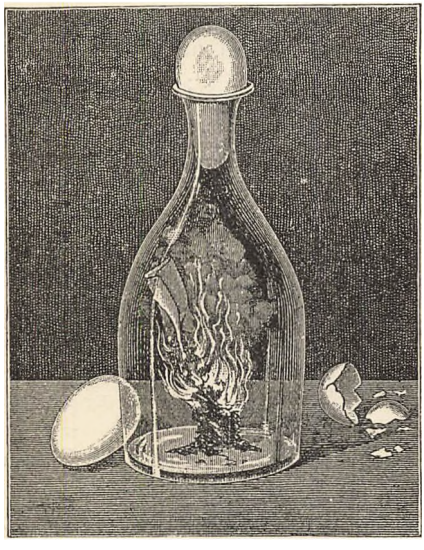


Fig. 247.

Et andet Forsøg vises i Fig. 247: En Karaffel opvarmes f. Eks. ved at tænde lidt Papir nede i den; naar den er varm, lukkes Halsen tæt til med et pillet, haardkogt Æg. Man ser da, hvorledes Ægget, medens Flasken bliver kold, drives nedad af det ydre Lufttryk og tilsidst falder ned i Karaflen.

Torricellis Forsøg blev gjort med Kviksølv. Hvis man vilde gøre det samme Forsøg med Vand, saa maatte Røret være meget længere, idet Luftens Tryk kan bære en Vandsøjle paa $13^1/_2 \times 76$ cm, hvilket bliver godt 10 Meter. Anstilles Forsøget med et Rør, der ikke har denne Længde, saa ser man, at hele Røret holder sig fyldt med Vand; det falder slet ikke, men udøver tværtimod et Tryk opad paa Rør-Enden.

Fylder man en Flaske helt med Vand, sætter en Prop for og saa vender den om og stikker Halsen lidt ned i Vand, da kan man tage Proppen af, uden at Vandet løber ud; hæver man Flasken op, begynder Vandet først at løbe ud, naar Mundingen kommer op over Vandet, og Udløbet sker nu, fordi Luftbobler stiger op i Flasken, samler sig oppe ved Bunden og trykker nedad paa Vandet i Flasken.

Naar man skal angive en Luftmasses eller Damps Tryk, saa kan det ske paa forskellige Maader. Man kan sige, at Trykket er saa og saa mange cm Kviksølvs Tryk, man kan sige, det er saa og saa mange Kilograms Tryk pr. Kvadratcentimeter, og man kan sige, det er saa op saa mange Atmosfærers Tryk. 1 Atmosfæres Tryk er 76 cm's Kviksølvtryk og godt 1 kg's Tryk paa Kvadratcentimeteren.

Udøver Dampen i en Dampkedel et Tryk af 5 Atmosfærer, saa trykker den med en Kraft af godt 5 kg paa hver Kvadratcentimeter af alt, hvad den er i Berøring med, og Trykket er saa stort, at det kunde hæve en Kviksølvsøjle paa 5×76 eller $3^4/_5$ Meter i et lufttomt Rør.

Indesluttet Lufts eller Damps Tryk maales med et *Manometer* (Trykmaaler), hvilket vil blive omtalt senere.

Atmosfærens Tryk maales med et *Barometer*. Toricellis Apparat er et Barometer; det skal da blot forsynes med en lodret Maalestok, for at Kviksølvhøjden i Røret kan aflæses. For imidlertid at have Apparatet ud i et og ikke i to Dele, Kar og Rør, giver man Barometret den Form, som Fig. 248 viser: det lange Barometerrør er ombøjet for neden og forsynet med en Udvidelse, et videre Rør, som er aabent foroven, om end denne Aabning gøres meget lille for at forhindre, at der let kommer Støv ned i Røret. I det hele er der Kviksølv, og Rummet ovenover Kviksølvet i Røret er

fuldstændig lufttomt; Atmosfærens Tryk paa Kviksølvoverfladen i Udvidelsen holder Kviksølvet oppe i Røret. Atmosfærens Tryk faar man da ved at maale den lodrette Afstand imellem de to Overflader, og denne Afstand kalder man *Barometerstanden*. Da Lufttrykket er noget vekslende, saa er Barometerstanden ogsaa foranderlig; men hos os varierer den dog kun mellem 72 og 78 cm. Aflæsningen sker ved Hjælp af en Maalestok, der sidder fast paa det Brædt, hvortil Barometerrøret er befæstet; Maalestokkens Udgangspunkt, Nulpunktet, er i Højde med Kviksølvoverfladen i Udvidelsen, men kun den øverste Del af Maalestokken er anbragt paa Barometret. Forøges Lufttrykket, stiger mere af Kviksølvet op i den lukkede Gren, og Kviksølvoverfladen i Udvidelsen synker, Maalestokkens Nulpunkt ligeledes. Ved Aflæsningen tages ikke Hensyn hertil, men Fejlen bliver ogsaa meget lille, naar blot Overfladen i Udvidelsen er mange Gange større end Overfladen i Røret. Naar Barometret aflæses, ser vi blot, hvilken Inddeling af Maalestokken der staar i samme vandrette Højde som Kviksølvoverfladen i det lukkede Rør; Maalestokkens Inddelinger er enten Parisertommer, hvoraf 28 er omtrent 29 danske, eller hyppigst Centimeter eller Millimeter.



Fig. 248. Barometer.

Jo højere man stiger til Vejrs, dest lavere vil Kviksølvet i Barometret staa; fra Havets Overflade maa man stige godt 10 Meter til Vejrs for at Barometerstanden skal gaa 1 mm ned; paa Toppen af Rundetaarn er Barometerstanden $3^1/_2$ mm mindre end nede paa Købmagergade. Men alt som man kommer højere til Vejrs, maa man stige et stadig større og større Stykke til Vejrs for at faa en yderligere Sænkning af Barometerstanden paa 1 mm, hvilket hidrører fra, at Luften bliver finere og lettere, da den ikke presses saa meget sammen af den overliggende Luftmasse.

Forandringerne i Barometerstanden hidrører fra Forstyrrelser i Atmosfærens Ligevægt, og der er derfor en Sammenhæng imellem Barometerstanden og Vejret; denne Sammenhæng er dog ikke meget simpel. Paa Barometrets Maalestok er der i Reglen sat Betegnelserne (fra neden og opad): Storm, Regn eller Blæst, ustadigt, smukt Vejr, meget tørt, men meget paalidelige er disse Angivelser dog ikke. Man faar, naar Barometret skal tjene som Vejrprofet, bedre Oplysning, naar man

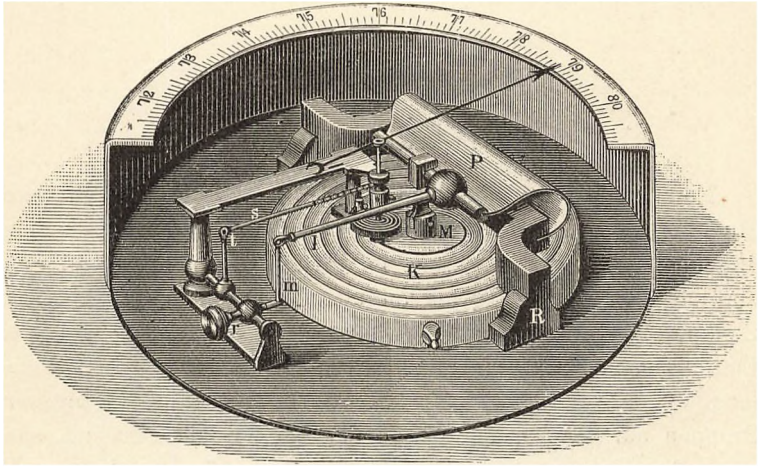


Fig. 249. Aneroidbarometer.

ser, i hvilken Retning Barometret forandrer sig, end af selve dens Værdi i Øjeblikket.

Hyppig bruger man i Husene det saakaldte *Aneroidbarometer*, der intet Kviksølv indeholder; udvendig at se til er det en rund Trækasse i en mer eller mindre smuk Indfatning, med Glas paa Forsiden, saa at man kan se noget af Mekanismen i det indre; Fig. 249 viser os denne afdækket. Hoveddelen er en flad Metaldaase *K* med tynde, riflede Bunde; denne Daase er pumpet lufttom, og Bundene tvinges fra hinanden af den stærke Fjeder *P*, der er sat fast; skete dette ikke, vilde Lufttrykket trykke Daasen aldeles flad. Fjederen *P* bærer Vægtstangen *l*, der er forbunden med den lille Støtte *M* paa Midten af Daasens opadvendte Bund. Forøges Lufttrykket, saa gaar denne Bund lidt mere ned og tager *M* med, for-

mindskes det, hæves *M*. Disse svage Bevægelser bliver ved Hjælp af en fin Vægtstang overført til den lange Viser, der saa flytter sig hen ad den inddelte Bue, naar Lufttrykket stiger eller falder. Inddelingen paa dette Barometer er foretaget ved Hjælp af et Kviksølvbarometer; inden man aflæser et Aneroidbarometer, bør man altid banke lidt med Fingeren paa Glaslaaget, fordi de elastiske Forhold i Metaldelene ikke er saa ideelle, at de straks giver efter for en lille Lufttrykforandring.

Boyle-Mariottes Lov.

Man kender fra sine Barneaar Knaldbøssen, i hvis ene Munding man klemmer en Prop ind, og igennem hvis anden Munding man skyder et paa en Stang siddende Stempel ind, der udfylder Rørvidden saa fuldkomment som muligt. Skydes Stemplet rask ind, farer Proppen ud med et Knald, thi den Luftmasse, som Bøsserøret indeslutter, indskrænkes i sit Rumfang, og da vokser dens Tryk; dette Overtryk indefra presser Proppen ud. Skyder man derimod Stemplet langsomt ind, saa vil Luften, medens Sammentrykningen gaar for sig, let kunne slippe ud paa Stemplets Sider paa Grund af Utæthederne her.

Vi ser, at naar en afspærret Luftmasse faar et mindre Rumfang, saa stiger dens Tryk, og omvendt. Der er en ganske simpel Afhængighed imellem Rumfang og Tryk, nemlig den, der er udtrykt i den af *Boyle* først angivne, men af *Mariotte* først undersøgte Lov, *at en Luftmasses Omfang staar i omvendt Forhold til det Tryk, den udøver* (eller er underkastet), populært udtrykt saaledes med Taleksempler: giver jeg en bestemt Luftmasse et 3 Gange saa stort Rum at være i, saa formindskes det Tryk, den udøver, til $^1/_3$ af dets tidligere Størrelse; udøver jeg et 7 Gange saa stort Tryk paa en Luftmasse, saa faar den kun $^1/_7$ af det tidligere Rumfang. — Det er her forudsat, at Luftmassens Varmegrad ikke undergaar nogen Forandring samtidig.

Paa følgende simple Maade kan man indenfor visse Grænser undersøge Lovens Rigtighed.

Man tager et langt, snævert Glasrør (Haarrør), — lad os sige, det er 1 Meter = 100 cm langt; i dette Rør indbringer man en lang Kviksølvsøjle — hvorledes dette nemt kan ske, skal straks blive omtalt.

Vi holder nu Røret lodret med den aabne Ende nedad (Fig. 250 tilv.); der findes da afspærret en vis Luftmasse oven over Kviksølvet i Røret, og med den vil vi beskæftige os. Lad os sige, at Søjlens Længde er 65 cm; der er da Luft i en Rørlængde paa 35 cm, hvis Kviksølvet naar helt ned til Rørets aabne Ende. Denne Lufts Tryk findes saaledes: den ydre Luft trykker opad paa Søjlens nederste Ende, og lad os antage, at Barometerstanden er 75 cm; imod dette Tryk virker for det første Kviksølvsøjlens Vægt, og da dens Højde er 65 cm, saa bliver der 10 cm tilbage, og 10 cm Kviksølv maa da være det Tryk, som den indespærrede Luft udøver. Altsaa: Rumfang 35, Tryk 10.

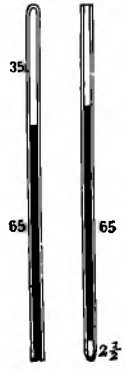


Fig. 250.

Nu vender vi Røret op og ned, og Kviksølvet glider dybere ned i Røret; den indespærrede Luft maa nu bære baade denne Kviksølvsøjle og den ydre Luft, som trykker ned paa Kviksølvsøjlen foroven. Det viser sig, at Luften kun spænder over en Rørlængde paa $2^1/_2$ cm, og Trykket maales ved en Kviksølvsøjle paa ialt 65 cm + 75 cm = 140 cm. Altsaa: Rumfang $2^1/_2$, Tryk 140.

Rumfanget er altsaa nu $^1/_{14}$ af, hvad det var før, og Trykket er 14 Gange saa stort som før!

Dels for at fylde Kviksølv paa Røret og dels for at kunne gøre flere end disse to Forsøg med den samme Luftmasse, saa at man kan faa Sikkerhed for, at Resultatet ikke er en Tilfældighed, men altid passer, kan man betjene sig af et lille Apparat som det, der ses i Fig. 251. Der er en Flaske med to Halse og tætsluttende Propper i dem begge, hvilke Propper er gennemborede; man kunde ogsaa tage en almindelig Flaske med vid Hals, sætte en Prop i denne og

bore to Huller i Proppen. I Flasken hælder man noget Kviksølv, og i det ene Hul stikkes vort Glasrør, der skal bruges til Forsøget, saa at Mundingen gaar ned i Kviksølvet: i det andet Hul stikkes et Glasrør, der skal føre til en Luftpumpe — denne omtales Side 319 og flg. Man pumper noget af Luften ud af Flasken, og slipper saa atter Luft ind; derved drives der en hel Del Kviksølv op i Røret, og man tager saa Røret ud og anstiller de to ovennævnte Forsøg. Naar dette er gjort, stikker man Røret ned igen i Flasken som før, dog med den Forskel, at Mundingen ikke maa komme ned i Flaskens Kviksølv; man pumper saa ganske lidt, og der falder noget af Kviksølvsøjlen fra Røret ned i Flasken. Røret tages saa op, og de to Forsøg anstilles igen; Luftmassen i Røret er jo vedblivende den samme. Og paa denne Maade kan man blive ved en hel Del Gange.

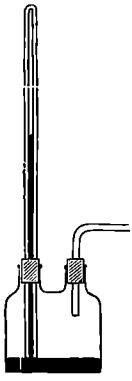


Fig. 251.

Trykmaalere (Manometre).

Disse tjener til at give Oplysning om en indesluttet Luftmasses eller Damps Tryk, og særlig har de praktisk Anvendelse til Angivelse af Damptrykket i Dampkedler; enhver Dampkedel er forsynet med en Trykmaaler.

Den bedste Trykmaaler er det *aabne Kviksølv-Manometer.*

Sætter vi Beholderen af Stuebarometret, Fig. 248, ved et Rør i Forbindelse med Dampkedlen, hvis Tryk man vil maale, og lader det snævre Rør være aabent foroven, har vi et Manometer; staar Kviksølvet lige højt i Udvidelsen og det snævre Rør, er Damptrykket lige saa stort som Asmosfærens Tryk. Staar Søjlen i Røret 76 cm højere end Kviksølvet i Udvidelsen, udøver Dampen 2 Atmosfærers Tryk o. s. v.

Skal man maale meget store Tryk med et saadant Mano-

meter, maa det være meget højt, og foruden at Glasrøret maa være meget stærkt, maa det tillige være gjort godt fast.

Betydeligt mindre er det *lukkede Kviksølv-Manometer* (Fig. 252). Hovedindretningen er den samme, men Røret er lukket for oven (ved *a*), og i dette Rør er der tør, atmosfærisk Luft; Kviksølvet i Røret staar helt nede ved Mærket 1 i Højde med Kviksølvet i *C*, naar *C* er sat i Forbindelse med den ydre Luft. Lader man nu Damp strømme ind i *C*, saa har denne Damp to Ting at udrette ved sit Tryk: drive Kviksølvet op i Røret og samtidig presse den oven over værende Luft sammen til et mindre Rum; derfor stiger Kviksølvet meget langsommere til Vejrs end i det lukkede Manometer, og Stigningen bliver for en vis Trykforøgelse desto mindre, jo større Trykket i Forvejen er. Tallene paa Røret fortæller os, hvor mange Atm. Tryk Dampen udøver; jo højere vi kommer op paa Røret, desto tættere ligger Tallene ved hinanden.

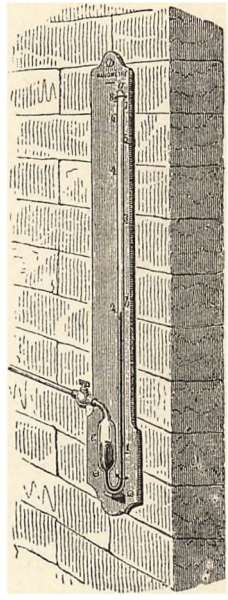


Fig. 252. Lukket Kviksølv-Manometer.

I Praksis bruges hyppigst et Metal-Manometer, hvor Damptrykket ligesom Lufttrykket ved Aneroidbarometret virker paa en riflet Metalplade; dennes Bevægelse overføres til en Viser, hvis Stilling overfor Mærkerne paa en — ved Sammenligning med det aabne Kviksølv-Manometer — inddelt Bue fortæller os, hvor stort Tryk Dampen udfører.

Luftpumpen.

Den almindelige *Luftpumpe* eller *Fortyndingspumpen.* Denne bruges til at udpumpe Luften af et Rum eller rettere sagt fortynde Luften i et Rum, thi helt at befri Rummet for

ethvert Spor af Luft kan man ikke, om man end er kommen det meget nær med *Kviksølv-Luftpumperne.* Disse vil vi nu ikke komme ind paa her, hvorimod vi vil beskrive den almindelige Stempel-Luftpumpe, hvis Hoveddele Fig. 253 viser os.

Der er et Pumperør, bestaaende af en omhyggelig udboret Metalcylinder, i hvilken et Stempel kan bevæges lufttæt op og ned; dette Stempel har en Gennemboring, som er dækket med en lille Klap eller Ventil, der kan aabne sig opad, og som slutter lufttæt til Stemplet, naar den er lukket. Fra et Hul i Pumperørets Bund fører et Rør ud til Siden og udmunder i den saakaldte Tallerken: en rund Metalplade dækket med en Glasplade, hvis Overflade er plansleben; paa denne Tallerken stilles en Glasklokke med plansleben Rand, og for at faa dem til at slutte aldeles tæt til hinanden, gnider man Randen ind med lidt Fedt. Hullet i Pumperørets Bund er ogsaa dækket med en Ventil, der kan aabne sig opad.

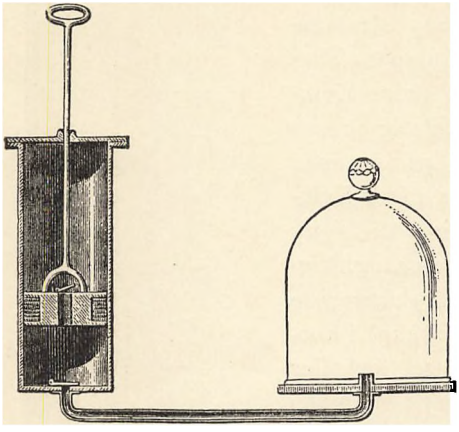


Fig. 253. Luftpumpe.

Naar Stemplet staar stille, er begge Ventilerne lukket paa Grund af deres Vægt.

Udpumpningen af Luften henne i Klokken sker ved, at man fører Stemplet skiftevis op og ned. Medens Stemplet føres ned, er Bundventilen lukket, saa at Luften i Klokken er afspærret fra Luften i Pumperøret; derimod er Stempelventilen aaben under denne Bevægelse, naar Luften er saa meget sammenpresset, at dens Tryk opad paa Ventilen er større end den ydre Lufts Tryk nedad paa Ventilen (Pumperøret er ikke tæt tillukket foroven, saa at der er fri Adgang til Luften udenfor). Under Stemplets nedadgaaende Bevægelse gaar Luften

i Pumperøret under Stemplet op over Stemplet, og naar Stemplet gaar op, drives denne Luft ud i det frie foroven, samtidig med, at der fra Klokken strømmer Luft over i Pumperøret; hver Gang Stemplet trækkes op, mister Klokken altsaa en Del af sit Luftindhold — desto mere, jo større Pumperøret er i Forhold til Klokkens Rum.

Alt som Luften i Klokken fortyndes mere og mere, bliver

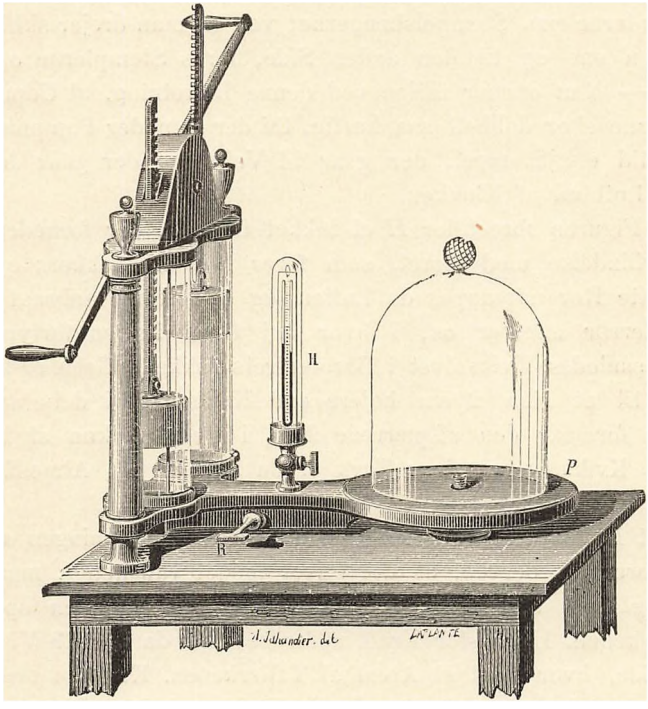


Fig. 254. Luftpumpe med to Pumperør.

det vanskeligere og vanskeligere at trække Stemplet op, thi nedad paa Stemplets Overside virker jo altid den ydre Lufts Tryk, hvilket er godt 1 kg paa hver Kvadratcentimeter af denne Overside, men Trykket opad paa Stemplets Underside bliver stedse mindre og mindre.

Man bøder paa denne Ulempe ved at forsyne Pumpen med to Pumperør (Fig. 254), hver med sit Stempel, og begge staar ved det samme Rør i Forbindelse med Klokken; de to Stempler

bevæges samtidig saaledes, at det ene gaar ned, naar det andet gaar op; den ydre Lufts Tryk fremmer da det ene Stempels Bevægelse lige saa meget, som det hæmmer det andet Stempels Bevægelse, og disse Virkninger ophæver saa hinanden. Bevægelserne udføres paa den Maade, at man med Hænderne tager fat paa to Haandtag, der sidder paa Enderne af en Vægtstang; denne Vægtstang sidder fast paa et Tandhjul (i Figuren dækket med et Hylster), og dettes Tænder griber ind i Tænderne paa Stempelstængerne; ved at man drejer skiftevis til den ene og til den anden Side, føres Stemplerne op og ned. — Man opnaar tillige ved denne Indretning, at Udpumpningerne sker dobbelt saa hurtig, thi der er under Pumpningen jo altid eet Stempel, der gaar til Vejrs, og der gaar derfor altid Luft ud af Klokken.

I Figuren forestiller *H* et lukket Glasrør, der forneden er i Forbindelse med Røret, som fører hen til Klokken; ogsaa af dette Rør udpumpes da Luften, og et i Røret anbragt Barometerrør angiver os, i hvor høj Grad Luften fortyndes; naar saaledes Kviksølvet i Barometrets lukkede Gren er kommen til at staa 2 cm højere end Kviksølvet i dets aabne Gren, formaar den afspærrede Luft i Pumpen kun at bære 2 cm Kviksølv, og dens Tryk er da kun ca. $^1/_{38}$ Atmosfæres Tryk.

At Luften fortyndes i Klokken under Udpumpningen viser sig forøvrigt derved, at det bliver meget vanskeligt, maaske umuligt ved Haandens Kraft alene at løfte Klokken op fra Tallerkenen. Hvor stor Kraft udfordres der da hertil? Vi maa da vide, hvor stort et Areal af Tallerkenen, Klokken dækker over; lad det være 300 cm^2. Er Klokken lufttom, bliver det da godt 300 kg's Tryk, der skal overvindes, og en saa stor Vægt kan Enkeltmand ikke løfte; man kommer til at løfte hele Pumpen op, naar man prøver paa at tage Klokken af. — Klokkens Højde har ingen som helst Indflydelse paa Kraftens Størrelse.

I Fig. 255 er afbildet en Klokke, der er forsynet med en Hane *B* foroven; under Klokken lægger vi en tillukket Gummiblære, hvori der er lidt Luft. Naar da Hanen *B* er drejet for, og vi pumper Luften ud af Klokken, spiler Blæren sig ud,

idet Luften derinde udvider sig i et saa stort Rum som muligt, naar der kun er ringe Tryk udefra. Aabner man saa Hanen *B*, strømmer der Luft ind i Klokken, og Blæren falder sammen.



Fig. 255.

De *magdeburgske Halvkugler* (Fig. 256) er to Halvkugleskaller af Metal, hvis Rande er planslebne, saa at de, naar de gnides ind med lidt Tælle eller Vaseline, slutter lufttæt til hinanden; den ene Halvkugle bærer et Rør med en Hane paa, den anden et Haandtag. Sættes Skallerne sammen, og man pumper Luften ud af dem, skal der stor Kraft til for at skille dem fra hinanden; Kraften er desto større, jo større Flade der ligger indenfor deres Rande, og jo bedre de er udpumpet. Apparatet har faaet sit Navn af, at det først blev lavet af Otto van Guérike, Borgmester i Magdeburg; hans oprindelige Apparat opbevares som Kuriositet i Berlin; det blev første Gang forevist i 1654 for Rigsdagen i Regensburg; det foreviste Eksemplar havde en Diameter paa godt 4 Decimeter, og 16 Heste, 8 paa hver Side, havde stor Møje med at rive Halvkuglerne fra hinanden; da det skete, hørtes et vældigt Knald. — Aabner man Hanen paa den udpumpede Kugle, suser Luften ind, og da skilles de to Dele let fra hinanden.



Fig. 256.
Magdeburgske Halvkugler.

Det i Fig. 245 afbildede Forsøg bør erindres her.

Inde i Klokken paa en Luftpumpe kan man frembringe et lille Springvand; Forsøget vil blive omtalt senere (Fig. 269), idet det ogsaa kan anstilles med simplere Midler.

Vand-Luftpumpen. Dette er en meget simpel og billig Luftpumpe (ca. 2 Kroner), der kan anvendes med Lethed

overalt, hvor man faar Vand fra et Vandværk, saa at Vandet staar i Ledningerne under et vist Tryk; den er lavet af Glas og har den Form, som Fig. 257 viser. Ved Hjælp af en Gummislange (helst med Lærredsindlæg) forbindes Røret foroven med Vandledningen, og aabner man for Vandet, saa at dette strømmer ned igennem Apparatet, suger Vandstrømmen Luften med sig, og der foregaar da en stadig Indstrømning af Luft igennem Siderøret; staar dette Rør derfor i Forbindelse med en lukket Beholder, bliver Luften i denne delvis udpumpet.

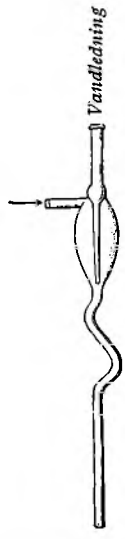


Fig. 257. Vand-Luftpumpe.

Fortætningspumpen anvendes til at sammenpresse (komprimere) Luften i en Beholder, og tænker vi os paa den i Fig. 253 afbildede Pumpe Ventilerne vendt om, saaledes at de alene kan aabne sig den modsatte Vej, vil det let forstaas, hvorledes Pumpen da bringes til at sammentrykke Luft i Stedet for til at fortynde Luft. Disse Pumper kan dog ogsaa være indrettede noget anderledes.

Til enhver Cykle hører en lille Fortætningspumpe, med hvilken man driver Luft ind i Gummiringen omkring Hjulet. I *Vindbøssen* presses Luft sammen i en saadan Grad, at dens Tryk er det tidobbelte af almindeligt Lufttryk; aabnes en Ventil saa et Øjeblik, driver Luften ved sit Tryk et Projektil ud af Løbet med stor Kraft. *Den whiteheadske* (udt. vejthætske) *Fiske-Torpedo* udskydes og drives frem ved komprimeret Luft.

I den *pneumatiske Telegraf* (Lufttryktelegrafen eller Rørposten) sendes en Depeche afsted i en Rørledning ved Hjælp af komprimeret Luft; ved den Rørpost, som haves i Paris, sker Bevægelsen med $^3/_4$ Atm. Overtryk, og Hastigheden er ca. 15 m i hvert Sekund. Komprimeret Luft bruges nogle Steder som Bevægkraft for Sporvogne og anvendes paa Jernbanetog til at sætte Bremserne i Virksomhed (Westinghouse Bremsen).

I *Dykkerklokken* og *Dykkerhjelmen* anvendes komprimeret Luft. Naar man stikker et med Bunden opadvendt Glas ned i Vand, saa maa det stikkes en halv Snes Meter ned, før Vandet udfylder Halvdelen af Glasset; da er nemlig Luften i Glasset sammentrykket til det halve Rumfang, og dette kræver det dobbelte Tryk, altsaa 2 Atm. Tryk; den ene er det ydre Lufttryk, der virker paa Overfladen af Vandet, hvori man har stukket Glasset ned, den anden maa hidrøre fra det over Glasset værende Vand, og dette maa have en Højde af godt 10 m for at kunne udøve det, vi kalder 1 Atm. Tryk (se Side 313). Stikkes Glasset dybere ned endnu, stiger Vandet højere op deri.

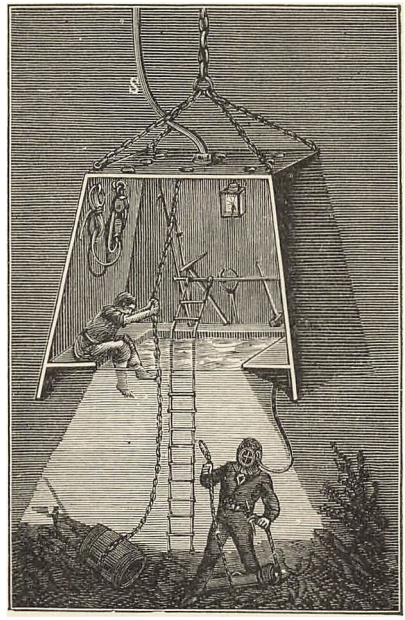


Fig. 258. Dykkerklokke.

Dykkerklokken, der ses Fig. 258, er en stor Kasse, der vender Aabningen nedad; den mod Læseren vendte Sideflade er fjernet paa Billedet, for at vi kan se ind i Klokken; der gaar en stærk Slange ned til Klokkens Overdel, og igennem den drives der komprimeret Luft ned fra en Fortætningspumpe; den ved Aandedrættet efterhaanden fordærvede Luft skal tvinges ud forneden, og der maa derfor stadig ske en Luftfornyelse ved Pumpningen.

Skal Dykkeren, Fig. 258 nederst og Fig. 259, spadsere omkring paa Havbunden, iører han sig en vandtæt Dragt af Gummi, paa Fødderne Sko med Blysaaler og over Hovedet en Dykkerhjelm. Dragt og Hjelm er befæstet til en ringformig Metalplade, han faar om Halsen. Forneden i Hjelmen

er der en lille Ventil, og igennem den drives den fordærvede Luft ud ved den friske Luft, som presses ned i Hjelmen foroven. — Dykkere anvendes bl. a. til Svampefiskeriet, som foregaar i Dybder paa ca. et halvt Hundrede Meter.

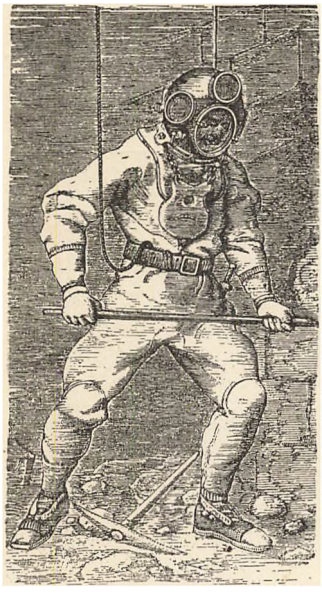


Fig. 259. Dykker.

Vandpumper. Brandsprøjten.

Naar Vandpumpen bruges til at hæve Vandet fra et dybere liggende Bassin f. Eks. en Brønd, kaldes den en Sugepumpe. Den bestaar, som Fig. 260 viser, af et Pumperør *MB*, i hvilket et gennemboret og med en opadgaaende Ventil *F* forsynet Stempel *AD* (Spanden) kan bevæges op og ned; Pumperøret fortsættes forneden i et som oftest snævrere Rør, Sugerøret *G*, hvis nederste Ende gaar ned i det Vand, der skal løftes; *G* er foroven lukket med en opadgaaende Ventil *E* (Hjertet). Paa Pumperøret sidder en Tud. Det ses let, at naar Stemplet bevæges op og ned, virker Pumpen som Luftpumpe, idet den udpumper Luften af Sugerøret, og efterhaanden som dette sker, vil den ydre Lufts Tryk bringe Vandet til at stige i Sugerøret, indtil Vandet sluttelig kommer over Hjertet ind i Pumperøret; bevæges Stemplet saa ned igennem Vandet, trænger dette op igennem Ventilen *F*, og det løftes med Stemplet, naar dette atter hæves; kommer det op til Tuden, vil det løbe ud af denne. Afstanden fra Overfladen af Vandet i Bassinet og op til Stemplets øverste Stilling maa højst være 10 Meter eller et Par og tredive Fod, naar Vandet hele Tiden skal være i

Berøring med Stemplets Underside, men den gøres paa Grund af uundgaaelige Utætheder en Del mindre. Afstanden imellem Stemplet og Tuden kan gøres saa stor, det skal være.

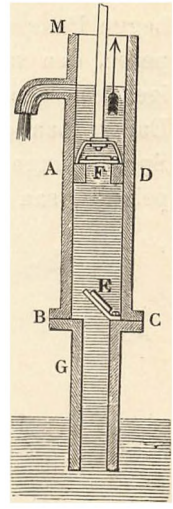


Fig. 260.

Naar Pumpen ikke alene skal bruges til at hæve Vandet, men tillige til at trykke Vandet til Vejrs eller ud af en Slange eller ud i en Vandledning, saa anvendes *Trykpumpen* (Fig. 261). Den har Sugerør med Hjerte ligesom Sugepumpen, men Stemplet har ingen Gennemboring, hvorimod der fra Pumperørets nederste Del udgaar et Siderør, „Stigrøret", der har en Ventil, som kan aabne sig udefter fra Pumperøret, naar der inde fra dette kommer et større Tryk, end der virker i den modsatte Retning fra Stigrøret. Det forstaas da, at naar der er suget Vand op i Pumperøret ved Stemplets Bevægelse opad, at saa dette Vand, naar Stemplet gaar ned, drives ind i Stigrøret, og dette kan Vandet drives saa højt, det skal være, naar man blot anvender tilstrækkelig stor Kraft paa Stemplet.

Paa Vandværker er der store Pumper, hvis Stempler bevæges af Dampmaskiner, og som trykker Vandet ud i Ledningerne og op i en stor Beholder i et Vandtaarn; naar denne Beholder er fyldt, løber det overflødige Vand af. Det Tryk, som Vandet staar med paa et vist Sted af Ledningen, beror derfor paa, hvor stor den lodrette Dybde er, som dette Sted har under Vandspejlet i Vandtaarnet. Vandtrykket er derfor større i Stueetagen i et Hus end i de højere Etager. Laver man et Vandspring, der faar Vand fra et saadant Vandværk, kan Vandspringets øverste Punkt aldrig komme op over det nævnte Vandspejl (se Fig. 219).

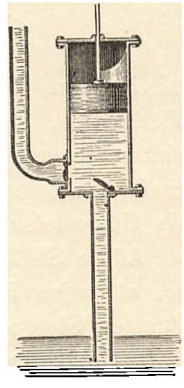


Fig. 261. Trykpumpe.

I *Brandsprøjten* (Fig. 262) er der to Trykpumper opstillet i en stor Beholder, som fyldes med Vand, og Stemplerne

bevæges saaledes ved Hjælp af en stor Vægtstang foroven, at det ene gaar op, naar det andet gaar ned. Den Ventil paa Siden, som i Fig. 261 fører ud til Stigrøret, fører her fra begge Pumperør ind til en større Beholder midt imellem Pumperne, den saakaldte *Vindkedel*; den er helt lukket til, og ind igennem den foroven gaar et Rør, som er aabent i begge Ender; paa den Ende, som rager udenfor Vindkedlen, skrues Sprøjteslangen fast. Da der under Brugen altid gaar et Stempel ned, saa trykkes der altid Vand ind i Vindkedlen og herfra

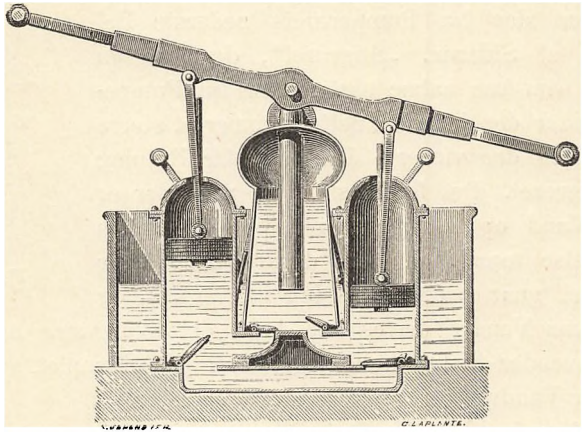


Fig. 262. Brandsprøjten.

ud igennem Slangen; den Luft, som er oven over Vandet i Vindkedlen, bliver under Indpumpningen trykket sammen og virker derved som en Slags Stødpude, der ved sin Udvidekraft frembringer en regelmæssig Straale og forhindrer stødvis Udsendelse af Vandet.

Af de Stillinger, som Ventilerne paa Figuren har, kan man se, at højre Pumpes Stempel i Øjeblikket gaar ned, venstre Pumpes Stempel op.

I Dampsprøjten bevæges Stemplerne af en Dampmaskine.

Atmosfæren. Luftvejning. Luftballonen.

Det er omtalt Side 307 og vist i Fig. 242, hvorledes man har vejet den atmosfæriske Luft, og det blev nævnt, at 1 Liter Luft ved almindelig Temperatur og Lufttryk vejer 1,3 gr; 1 Kubikfod Luft vejer meget nær 8 Kvint.

Den atmosfæriske Luft er en Blanding af forskellige Luftarter; Hovedbestanddelene er Kvælstof og Ilt, af hvilke den første udgør omtrent $^4/_5$, den sidste omtrent $^1/_5$ af Luften; men saa er der desuden omtrent 1 Procent Argon, en Luftart, som man først har opdaget i Slutningen af forrige Aarhundrede, og at den kunde skjule sig godt saa længe, ligger i, at den staar Kvælstof meget nær i kemisk Henseende; endvidere Kulsyre, som vel er til Stede i meget ringe Mængde (ca. $^3/_{100}$ pCt.), men dog spiller en uhyre Rolle for Planter og Dyr; endelig en vekslende Mængde Vanddamp samt en Del andre Luftarter i forsvindende smaa Mængder.

Men saa indeholder Luften desuden et Par Ting, som vi ikke vil undlade at nævne, nemlig Støv og Bakterier.

Ja, at Luften indeholder Støv, det ser man ofte, i et Værelse f. Eks., naar Solen skinner ind igennem Vinduerne, og blæser det efter nogen Tids Tørvejr, saa støver det højst ubehageligt. Men helt bortset fra dette let synlige Støv, er der i Luften ganske mikroskopisk fint Støv, hvis enkelte Korn ikke kan ses. Og det lyder mærkeligt, men er ikke desto mindre saa, at Himlens blaa Farve hidrører fra Luftens Indhold af mikroskopisk Støv; uden Støv i Luften vilde Himlen være sort. Dette kan vi nu ikke her gaa nærmere ind paa; derimod skal der nævnes nogle Eksempler paa, hvilke uhyre Mængder fine Støvkorn, der kan findes i Luften, og ser man paa disse Tal, saa forstaar man ogsaa, hvor umaadelig fine de maa være.

Undersøgelser i England gav, at der *i hver Kubikcentimeter* var i klar Luft paa Landet ca. 500 Støvpartikler, i tyk Landluft derimod 10,000, i London gennemsnitlig 100,000. I et Værelse fandtes der til en Begyndelse $^1/_2$ Mill. Støvpartikler, men da der havde brændt 4 Gasblus i Løbet af 2 Timer, var Antallet steget til ca. 46 Millioner. — Renest er

Luften, naar det klarer op efter nogen Tids Regnvejr og især Snevejr.

Af Bakterier fandtes der *i hver Kubikmeter* paa Spidsen af Pantheon i Paris 200, i Rivoligaden i Paris 3500, de nye Dele af Paris 4500, de ældre 36,000; i Bjergluft forekommer der kun 1 Bakterie for hver Kubikmeter, ude paa Verdenshavene endnu færre. Det skal her indskydes, at et Menneske indaander daglig mellem 5 og 10 Kubikmeter Luft. — Med Hensyn til Aarstidens Indflydelse paa Bakteriernes Antal skal det nævnes, at 10 Aars Undersøgelser af Luften paa Place St. Gervais i Paris gav i hver Kubikmeter

Vinter	Foraar	Sommer	Efteraar	Aaret
3600	5700	7900	4600	5450

Forskellige Luftarter, der kommer sammen, vil ret hurtig blande sig med hinanden, saa at Blandingen er ligelig overalt, og endskønt Bestanddelene i Atmosfæren er ulige tunge, saa er den dog en saadan ligelig Blanding af dem, hvortil iøvrigt Vindene bidrager deres. Men ligesom man i nogen Tid kan have Sprit staaende over Vand, skønt disse to Vædsker uhyre let blandes sammen, saaledes kan man ogsaa have to Luftarter, der er ulige tunge, en kort Tid skilt fra hinanden, om end Grænsen ikke er meget skarp.

Vi vil som Eksempel paa en tung Luftart tage Kulsyre, der er $1^1/_2$ Gang tungere, og som let Luftart tage Brint, der er $14^1/_2$ Gang lettere end atmosfærisk Luft. Kulsyre kan man skaffe sig paa flere Maader, lettest ved at vende en Sifon Sodavand paa Hovedet og sætte en Kautschukslange paa Tuden; naar man saa trykker paa Hanen, strømmer Kulsyren men ikke Vandet ud. Sætter vi et stort Glas paa en følsom Skaalvægt og bringer Ligevægt tilveje, vil vi se, at Vægtskaalen med Glasset synker, hvis vi lader Kulsyren strømme fra Slangen ned i Glasset. Kulsyren selv er usynlig, men dens Nærværelse kan foruden ved Vægten vises ved, at en brændende Tændstik slukkes, naar den nedsænkes i det med Kulsyre fyldte Glas. Vi kan ogsaa let lave os Kulsyre ad kemisk Vej ved at overhælde nogle Stykker Kridt eller Marmor med fortyndet Saltsyre eller Svovlsyre. Apparatet ses i Fig. 263;

Kulsyren undviger gennem det bøjede Glasrør; bruger vi Zinkstykker i Stedet for Kridt, kan vi benytte det samme Apparat til at fremstille Brint, men da Brinten er saa let, skal Glasrøret gennem Proppen ikke være bøjet nedad, men gaa lodret opad. Hænger vi nu det store Glas med Mundingen nedad under den ene Skaal paa Vægten, som Fig. 264 viser, og stiller vort Brintapparat under Mundingen af Glasset, vil den lette Brint efterhaanden fortrænge Luften, og denne Skaal vil gaa til Vejrs. Brinten er usynlig, men brændbar, saa hvis vi sætter en Tændstik til Brintglasset, antændes Brinten, og man hører et lille Puf, hvis Brinten er helt ren; er der derimod endnu noget Ilt fra den atmosfæriske Luft tilbage i Glasset, høres et højt Knald.

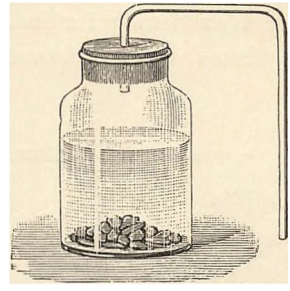


Fig. 263.

For Luft maa Archimedes's Lov gælde (Side 287); et Legeme vejer mindre, naar det er i Luften, end hvis det var i det tomme Rum, og Forskellen i Vægt maa netop være det, som den Luftmængde vejer, som Legemet fortrænger. Da 1 Kubikdecimeter (Liter) atm. Luft vejer ca. $1{,}_3$ gr, saa vil 1 Kubikdecimeter Jern veje $1{,}_3$ gr mindre i Luften, end den vilde veje, hvis den blev bragt ind i et lufttomt Rum. Hvis man har et Legeme, af hvilket 1 Kubikdecimeter vejer mindre end $1{,}_3$ gr, saa vil det gaa et saadant Legeme i Luften paa samme Maade, som det gaar et Stykke Kork i Vand: det stiger til Vejrs; en Sæbeboble fyldt med Gas er et saadant Legeme.

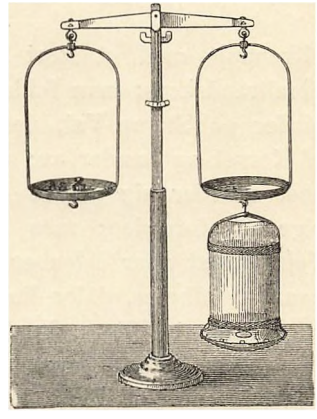


Fig. 264.

Har man en Luftpumpe til sin Raadighed, kan man vise, at Archimedes's Lov gælder for Luftarter, ved det lille Apparat

Fig. 265: paa en let bevægelig Vægtstang er afbalanceret et lille, massivt Legeme, og en stor, hul, men lufttæt lukket Kugle. Stilles dette Apparat paa Tallerkenen, og Klokken stilles over det, vil man se, at naar Udpumpningen gaar for sig, bliver Ligevægten forstyrret, idet den store Kugle synker; den blev nemlig før baaret af Luften, men denne Opdrift formindskes nu efterhaanden; det lille Legeme mister ganske vist ogsaa sin Opdrift, men dette er paa Grund af dets lille Rumfang ikke af nogen Betydning.

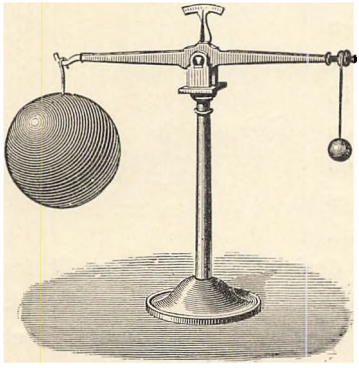


Fig. 265.

Paa de her nævnte Forhold grunder sig *Luftballonen*; man har to Slags: *Montgolfieren* og *Charlieren*, opkaldte efter dem, der først har udført dem.

En lille Montgolfière kan man købe sig for $^1/_2$ à 1 Krones Penge; den er lavet af Silkepapir med et stort Hul forneden, og i dette sidder et Staaltraadskors; man folder Ballonen noget ud, stiller den op, binder en Stump Vat, der er vædet med Sprit, fast i Midten af Korset og tænder an; derved bliver Luften i Ballonen meget hed, udvider sig stærkt og vil dels spile Ballonen ud, dels vige ud forneden; men da bliver Ballonen let og gaar til Vejrs; først naar Ilden er slukket, og Luften i det indre efterhaanden afkøles, daler Ballonen igen.

En Montgolfière gik første Gang op i Frankrig, i Aaret 1783, først uden Passagerer i Juni, dernæst, i Overværelse af Kongen, med et Bur, hvori der var et Faar, en Hane og en And (September), og endelig med to Adelsmænd i November (Fig. 266). Gondolen var en ringformig Kurv med Passagerer, Proviant og Brændsel; Ildstedet er i Gondolens Midte. Vil man stige, forøger man Ilden, og vil man dale, dæmper man den.

I Charlièren maa man skaffe sig en let Luft i Ballonen ved at lede Brint eller Gas ind i den; Brint er for saa vidt

bedst, som den er lettest, nemlig $14^1/_2$ Gang lettere end Luft, medens Gas er halv saa tung som Luft, men Gas er, hvor man har Gasværker, meget billigere, og den siver ikke saa let ud igennem Ballontøjet, som Brint gør; en Ballon med Gas maa være større end en Ballon med Brint, naar de skal løfte lige meget. 1783 gik ogsaa den første Charlière op (fra Paris), men den gik itu oppe i Skyerne, hvilket hidrørte fra, at den var lukket helt og var helt fyldt med Brint; naar den

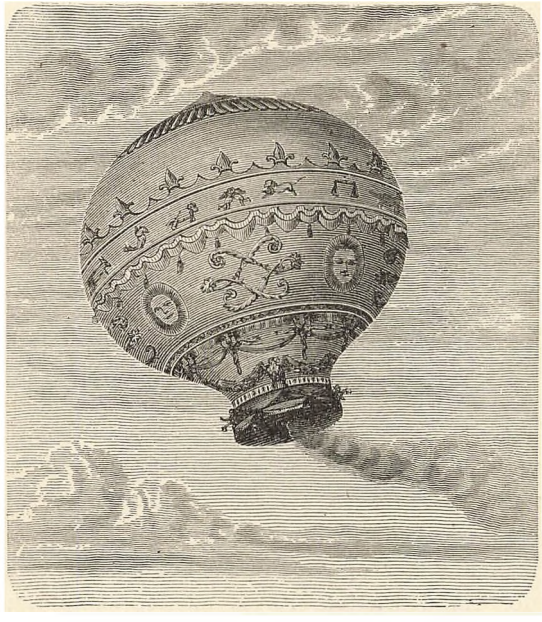


Fig. 266. En Montgolfière.

da kommer op i Regioner, hvor Lufttrykket er stadig mindre og mindre, vider den indesluttede Luft sig ud og kan da let sprænge Ballontøjet. Charlièren bør ende i en lang, aaben Hals forneden, og den bør til en Begyndelse kun være delvis fyldt med den lette Luftart; efterhaanden som Ballonen stiger højere, vil denne Luftart vide sig ud og tilsidst fylde hele Ballonen. Gondolen er af Kurvefletning og hænger i Snore, der gaar ned fra et Fletværk af Tov, som omgiver hele Ballonen, for at Trykket kan blive ligelig fordelt.

Naar man vil stige højere til Vejrs, udkaster man Ballast (Sand); vil man dale, aabner man, ved at trække i en Snor, en Ventil øverst paa Ballonen, hvorved der strømmer Gas ud, medens der trænger atmosfærisk Luft ind forneden igennem Halsen.

Til Luftfarter anvendes nu alene Charlièren. Ballontøjet er ferniseret Silketaft eller Bomuldstøj.

Det farligste ved en Ballonfart er Nedstigningen, der let kan komme til at gaa for sig ude paa Vandet eller i Træer osv., og blæser det stærkt, kan man blive tumlet godt omkring; Luftskipperen søger med et Anker at faa fat i et Træ eller en anden fremstaaende Ting.

Foruden til Lystfarter og i militære Øjemed, saaledes under Paris's Belejring under den fransk-tyske Krig 1870, har Ballonen i de senere Aar fundet en udstrakt videnskabelig Anvendelse, særlig til Undersøgelse af Afmosfærens Tilstand i de højere Regioner.

Man benytter dels Balloner, som medtager Passagerer og meteorolegiske Instrumenter m. m., dels Balloner, som alene tager Instrumenter med, og som er bestemte til at naa op i anderledes store Højder, end det er muligt for Mennesker at opholde sig i; disse Instrumenter er „selvregistrerende", d. v. s. de er indrettede saa, at de opskriver de Forhold, som de bliver underkastet. Af Barometerstanden beregnes det, hvor højt man er kommen op.

Naar man kommer op over en Højde af ca. 5—6 Kilometer, bør man for Aandedrættets Skyld medføre komprimeret Luft i Staalcylindre. Den største Højde, et Menneske har naaet i Ballon, er 10 Kilometer (*Berson* i Berlin, 1902).

I store Højder føler man Ildebefindende, bliver sløv og kraftesløs, Pulsen slaar stærkt, Læber og Aarer svulmer op, Stemmen mister sin Klang og Styrke, Mund og Hals bliver tør af den ringe Fugtighed i Luften, saa at man kun med Besvær kan synke Mad; ogsaa Synet svækkes.

Temperaturen er meget lav i store Højder; den laveste Temperatur, man kender fra Balloner uden Bemanding, er $\div$ 75° C., hvilket en fransk Ballon gav, som havde været oppe i en Højde af ca. 18 km. Den største Højde, en saadan

Ballon har naaet, var 20 km (fra Berlin), og den her maalte Temperatur var ÷ 68°.

Ved „Ballon captif" forstaar man en Ballon, der er bunden til Jorden ved en Line eller Metaltraad; den bruges til smaa Lyst-Opstigninger, i geografisk og i militært Øjemed.

De hidtil omtalte Balloner har den store Mangel, at de gaar til den Side, Vinden blæser; de kan ikke styres, af hvilken Grund deres Anvendelighed som Befordringsmiddel er

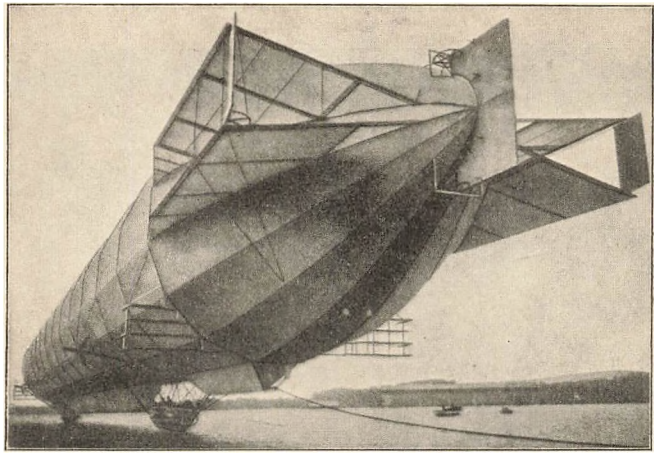


Fig. 267. Zeppelin IV.

saa godt som udelukket. Konstruktionen af et styrbart Luftskib, et Ballonskib, har kostet Verden megen Energi og mange Penge, og i de senere Aar er man endelig naaet mægtigt frem paa dette Omraade. Disse Balloner har nærmest Cigarform og fyldes med Brint; for at holde Stabiliteten er der anbragt langt agterude nogle store Flader, der virker som Fjerene paa en Pil under Farten igennem Luften. Gondolen sidder et godt Stykke under Ballonhylstret, og Ballonen bevæges (ligesom et Dampskib) frem ved Hjælp af Skruer, der drives af Benzin-Motorer; Motorernes store Vægt var tidligere en stor Vanskelighed, men nu har man lavet Motorer, der kun vejer et Par Kilo for hver Hestekraft. Styring i lodret og i vandret Retning sker ved Hjælp af Ror, saa at man ikke

behøver at udkaste Ballast for at stige. I Frankrig er det navnlig Ingeniør *Julliot* hos Brødrene *Lebaudy* (fra Aaret 1899), i Tyskland Grev *Zeppelin* (fra 1900) og Major *Parseval*, der har konstrueret Ballonskibe, med hvilke der er foretaget imponerende Farter. „Zeppelinerne" har et langt, stort Ballonlegeme, dannet af et Aluminiumskelet, der er overtrukket med Tøj; det indeholder et stort Antal brintfyldte Balloner.

Et andet Befordringsmiddel i Luften, der i de senere Aar

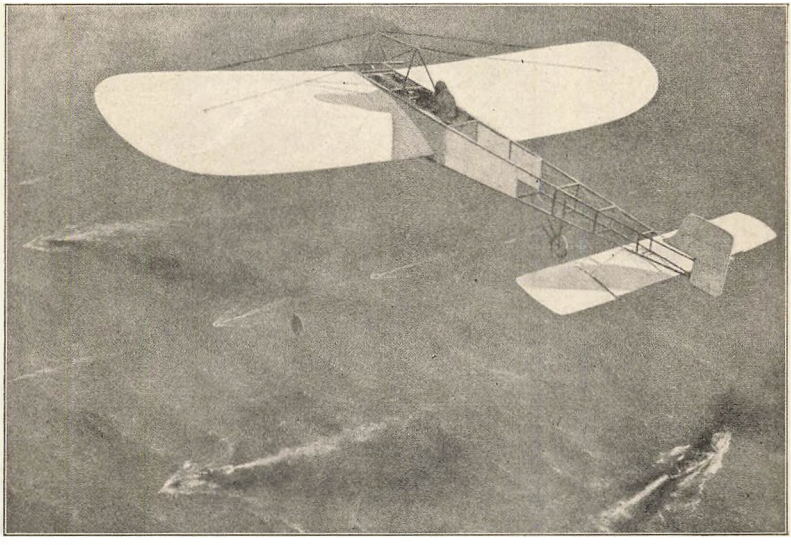


Fig. 268. Blériot flyver over Kanalen.

har udviklet sig i en forbausende Grad, er *Flyvemaskinen*, Areoplanet, der i Modsætning til Ballonen er tungere end Luften, og som løftes og holdes oppe af det opad virkende Lufttryk, der opstaar under store og svagt skraatstillede Flader, naar Apparatet bevæges hurtigt fremad af Skruer, der drives af Motorer. De i Øjeblikket mest bekendte Flyvere er de amerikanske Brødre *Wright*, Franskmanden *Blériot*, der i Sommeren 1909 fløj over Kanalen imellem Frankrig og England, *Farman* o. fl. Wright og Farman benytter „Todækkere"

(med to Hovedbæreflader, den ene over den anden), medens Blériot benytter en Endækker. I Danmark har Direktør *Ellehammer* arbejdet paa Opgavens Løsning.

Anvendelser af Lufttrykket.

Man kan lave sig et lille Springvand, der beror paa Lufttryk, paa følgende Maade (Fig. 269). Man fylder Vand til $^3/_4$ i en Flaske og lukker den til med en Prop, som har et Hul, hvori der er sat et Glasrør fast; dettes nederste Ende naar ned i Vandet. Man stiller dette Glas paa nogle Papirsblade, som er gjort vaade og lagt ned paa en Tallerken, og fører da et større Glas ned over Flasken, efter at man først har holdt Mundingen af dette Glas over en Stearinflamme. Glasset trykkes med Haanden stærkt ned imod Papiret, saa at der ingen Luft kan trænge ind udefra, og man ser da Vandet stige ud af Røret i en Straale. Grunden hertil er følgende: da Luften blev ophedet, udvidede den sig og gik delvis ud forneden; naar da Glasset er sat paa sin Plads, som Figuren viser, afkøles Luften i den igen, og da der nu er mindre af den end før, udøver den ikke saa stort et Tryk; Luften, som er inde i Flasken, vil derimod udøve sit gamle Tryk paa Vandet, og Trykforskellen inde

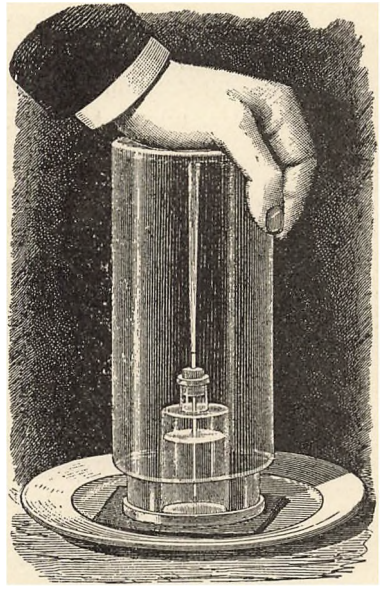


Fig. 269.

i Flasken og udenfor den vil da drive Vandet op i Røret og ud af det.

Har man en Luftpumpe til sin Raadighed, kan man faa Vandspringet frem ved at stille Flasken med Vand ind under Klokken og saa blot gøre et Pumpeslag eller to.

Fig. 270 forestiller et lille Blækhus, hvor den ydre Luft kun kommer i Berøring med en lille Del af Blækket. Man dypper Pennen ned i den lille Tud paa Siden, og her synker da efterhaanden Overfladen, men først naar den er kommen saa langt ned, at der slipper lidt Luft op i Karret, træder der lidt nyt Blæk ud i Tuden.

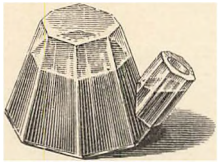


Fig. 270.

En *Stikhævert* eller *Pipette* bruges til at hæve en Prøve af en Vædske op af et Kar eller en Tønde, hvortil der kun er Adgang igennem et lille Hul, og anvendes ogsaa, naar man vil tage Prøven, uden at Vædsken kommer i kendelig Bevægelse. Det er et Glasrør, hvis nedadvendte Munding er meget snever, og som har en Udvidelse paa Midten. Efter at Spidsen er stukket ned under Vædskens Overflade, suger man foroven; Sugningen bestaar i, at man udvider Brystkassen og sænker Mellemgulvet; derved bliver der mere Plads til Luften i Brystet, og der strømmer saa Luft udefra ind igennem Munden. I nærværende Tilfælde kommer denne Luft fra Hævertens Indre, og da maa den ydre Lufts Tryk paa Vædsken, som man har stukket Hæverten ned i, drive Vædsken et Stykke til Vejrs. Man tager da Munden væk fra Røret, men sætter samtidig i en Fart en Finger for; naar da Hæverten løftes op, vil der være Vædske i den, som ikke løber ud forneden, før Fingeren tages væk foroven. Der kan nemlig ikke løbe Vædske ud, uden at der samtidig trænger Luft ind, som kan indtage den udløbne



Fig. 271.

Vædskes Rum, men Mundingen forneden er for snæver til, at Vædske og Luft her kan passere forbi hinanden.

Et regelmæssigt Udløb af Vædske fra et Kar til et andet kan man frembringe med en *togrenet Hævert*, hvilket ganske simpelt er et bøjet Rør eller en Gummislange. Hæverten anbringes, som Fig. 272 viser; man suger i den frie Ende, Vædsken stiger da til Vejrs og fylder Hæverten, hvortil Lufttrykket paa Vædskens Overflade er Aarsagen, og naar man føler Vædsken i Munden, tager man denne bort: Vædsken bliver da ved med at løbe, naar blot *den frie Munding ligger lavere end Overfladen i det Kar, hvorfra Vædsken strømmer bort.* Det er klart, at naar Vædsken i dette Kar efterhaanden synker saa dybt, at Hæverten ikke mere naar ned deri, saa hører Udløbet op.

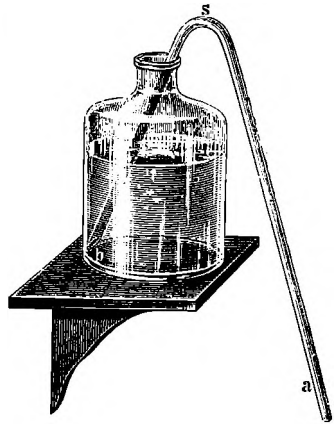


Fig. 272.

Man kan ogsaa hælde Hæverten fuld og lukke til med Fingrene, mens den vendes om og sættes ned i Vædsken, der skal bringes til at løbe ud; man er da fri for at faa Vædsken i Munden.

Fig. 273 viser os et Gennemsnit af en af de store Beholdere med Gas, som findes paa Gasværkerne, og hvorfra Gassen ledes ud i det Net af Gasrør, som forgrener sig rundt til alle de Steder, hvor Gas skal anvendes.

Gassen udvikles af Stenkul i lange Beholdere af Ler eller Jern; fra disse gaar Gassen igennem en Række Renseapparater, i hvilke den befries for en hel Del Urenheder, som vilde svække Gassens Lysstyrke, og naar det er sket, ledes den ind i Gasbeholderen igennem Røret *RR*. Indretningen er følgende: I et Bassin, der er fyldt med Vand, er der sat en Cylinder *AA* ned, aaben forneden og med Bund foroven og lavet af sammennittede Jernplader. Op igennem Vandbassinet

gaar der to Rør, *RR* og *SS*, saa højt op, at Mundingerne af dem er over Vandspejlet. Naar der nu skal strømme Gas ind i Cylinderen igennem Røret *RR*, saa er *SS* samtidig lukket med en Hane; efterhaanden som der kommer mere og mere Gas ind, hæver Cylinderen sig, og den hindres i at vælte derved, at der rundt omkring den staar Jernsøjler, som tjener til

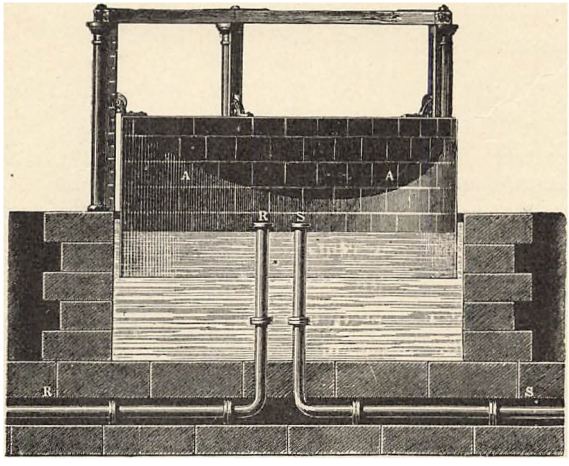


Fig. 273. En Gasbeholder.

at styre dens Bevægelse. Naar saa Beholderen er bleven fyldt med Gas, lukker man af for *RR*, og derpaa aabnes Hanen paa *SS*, og her igennem kan Gassen komme ud i Gasledningen, trykket derud igennem af Beholderens Vægt. Dette Tryk paa Gassen bevirker ogsaa, at Vandet inde i Klokken staar lavere end Vandet udenfor. Efterhaanden som Gassen benyttes ude i Ledningen, synker Cylinderen dybere og dybere.

I Forbindelse hermed skal omtales Indretningen af *Gasmaaleren* eller *Gasuret*, paa hvilket man kan se, hvor megen Gas (maalt i Kubikfod eller Kubikmeter) der er forbrugt i en vis Tid; en saadan Maaler opstilles hos alle dem, der er Gasforbrugere og skal betale Gassen. — Udefra at se til er Gasmaaleren en overalt lukket, vandret liggende Metalcylinder (se Fig. 274), med et Rør, der fører Gassen ud og eet (*c*), hvorfra den strømmer ud i Husets Ledning. Inden i denne Cylin-

der ligger en Tromle, lavet af Metalblik og delt i Rum, der ved Spalterne *a* staar i Forbindelse med Cylinderens Hulrum; Tromlen kan dreje sig let om en Akse, og godt og vel den nederste Halvdel er nedsænket i Vand med Glycerin- eller Sprittilsætning for at forhindre Vandets Frysning. Gassen ledes ind i Tromlen igennem Røret *b*, og naar der nu bruges Gas i Huset, saa gaar denne ud igennem *c* fra de Rum af Tromlen, der har Aabningerne *a* oppe over Vandet; derved kommer Vandet til at stige lidt i disse (til venstre i Figuren), de synker ned i Vandet, og de paa den anden Side (til højre) hæver sig og afgiver den Gas, der strømmer ind i dem, til Cylinderen og til Brænderne. Naar de fire Rum har afgivet deres Gasindhold, er Tromlen gaaet een Gang rundt; et Tælleværk, der drives af Tromlens Aksel, giver Oplysning om Gasforbruget.

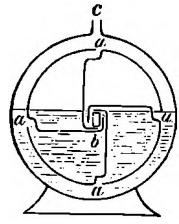


Fig. 274.

Naar der strømmer Luft ud af et Rør eller af et Hul, fremkommer der nogle mærkelige Sugningsfænomener, hvorpaa der her skal nævnes nogle Eksempler.

Holder man den udstrakte Haand ned over et Stykke Papir i en ringe Afstand derfra og puster imellem to af Fingrene ned imod Papiret, saa ser man, at Papiret farer op imod Haanden, skønt man skulde have ventet det modsatte. Det ligger i, at naar Luften er kommen igennem Haanden, saa kan den straks brede sig til alle Sider, og dette giver Anledning til, at der lige ud for Hullet, man pustede igennem, kommer en Fortynding, og da vil det større Tryk paa Bagsiden af Papiret drive dette op imod Haanden.

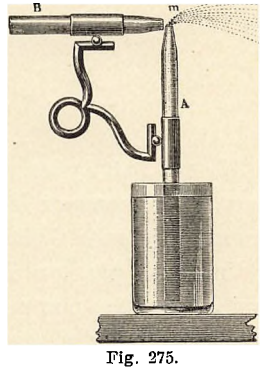


Fig. 275.

Paa dette Fænomen beror en *Blomstersprøjte* eller *Eau-de-Cologne-Forfrisker* som den, Fig. 275 viser. Man puster stærkt igennem det vandrette Rør foroven, som udmunder (ved *m*) lige ved den noget indsnævrede Munding af et lodret Rør, *A*,

som gaar ned i en Vædskebeholder; Luftfortyndingen ved *m* bevirker, at der suges Vædske op i *A* og rives med Luftstrømmen, pulveriseret til meget fint Draabestøv.

Naar man holder et Stykke Papir med et Hul i op foran et Lys og blæser imod Papiret, skulde man vente, at Luftstrømmen, der gaar igennem Hullet, vilde bøje Flammen bort og maaske slukke den, men det viser sig, at Flammen bøjer henimod Hullet. Dette skyldes for en stor Del den Omstændighed, at Luften, som blæses imod Papiret, kastes tilbage fra dette og derved frembringer en Sugning igennem Hullet.

Stikker man Røret paa en Tragt i Munden og holder Tragten vandret ud for et Lys, saaledes at dette er ud for Midten af Tragtaabningen, vil Lyset, naar man blæser stærkt, bøjes ind imod Tragten; men befinder Lyset sig noget hen ad Tragtranden til, vil det kunne pustes ud af Luftstrømmen.

Den her omtalte Sugning spiller en ikke ringe Rolle ved Bevægelserne af Møllevinger saavel i de ældre Vindmøller som ogsaa i de nyere Vindmotorer, idet de faar en stærkere Bevægelse, end det var at vente af det Tryk, som Vinden udøver imod Vingefladerne.

Lyd og Toner.

Vi ved, at Lyden kommer fra et bestemt Sted, fra en Lydgiver, og vi kommer let under Vejr med, at der skal noget til for at *forplante* Lyden hen til vort Øre: dersom man stiller et Vækkeur paa en Pude ind under Klokken paa en Luftpumpe og saa pumper Luften ud, kan Uret „vække“ (ringe) nok saa stærkt; vi hører det ikke. Igennem det tomme Rum kan Lyden altsaa ikke forplante sig, og i tynd Luft er Lyden svag.

Lyden forplanter sig godt igennem Træ; lægger man Øret ned til en Bordplade, paa hvilket et Ur er anbragt, høres dets Dikken stærkt; lægger man Øret til en Dørstolpe, kan man lettere høre, hvad de siger i Etagen ovenover eller

nedenunder. *Stetoskopet*, som Lægerne bruger til Brystundersøgelser, er simpelthen et Trærør, hvis ene Ende lægges an imod Brystet, medens Øret lægges til Rørets anden Ende. Ogsaa igennem Jorden forplanter Lyden sig godt; lægger man Øret ned til Jorden, kan man høre Trin, Hovslag osv. i stor Afstand. — *Traadtelefonen* afgiver ogsaa Eksempel paa Lydforplantningen. Den bestaar af to korte Rør eller Mundstykker med Bunde af udspændt Pergamentpapir (det bindes paa, medens det er vaadt), og disse to Bunde er forenede ved en lang Traad; ved Brugen strammes denne Traad ud, og Tale, der føres imod det ene Mundstykke, vil da høres i stor Afstand af den, der holder det andet Mundstykke til Øret.

Lyden bruger Tid til at forplante sig; ser man Klodsen i en Rambuk falde ned paa en Pæl, høres Slaget først noget efter, at den er ramt; jo længere man er borte, desto større Tidsforskel. Nærmere Undersøgelser har vist, at Lyden kommer 340 m eller henimod 1100 Fod frem igennem Luften i hvert Sekund, hvilket altsaa vil sige, at naar man staar 340 m (1100') fra en Lydgiver, saa høres Lyden nøjagtig 1 Sekund efter, at den er bleven frembragt; staar man ca. 1000 m derfra, varer det 3 Sekunder.

Den første Bestemmelse af Lydens Hastighed i Luften foretoges ved Paris for godt halvandet Hundrede Aar siden. Om Natten blev en Kanon affyret paa en stor Slette, og en Mand, der stod i en betydelig Afstand derfra, iagttog paa et fint og akkurat gaaende Ur de to Klokkeslet, da han saa Glimtet, og da han hørte Skuddet; Tidsforskellen er da den Tid, som Lyden har været undervejs, og dividerer man disse Sekunders Antal op i Afstanden fra Kanonen til Manden med Uret, faar man, hvor langt Lyden kommer frem i hvert Sekund, og det er som sagt ca. 340 Meter.

En Lyd opstaar derved, at et Legeme — Lydgiveren — sættes i Svingninger, og disse Svingninger meddeler sig til den omgivende Luft, der kommer til at svinge med, denne atter til det næste Luftlag osv., og Udbredelsen i Luften sker med den nylig omtalte Hastighed. Medens dette foregaar, sættes Luften altsaa i en vibrerende Bevægelse, Delene svinger frem og tilbage, i et vist Øjeblik gaar nogle udefter, d. v. s.

bort fra Lydgiveren, medens andre svinger henimod den; der, hvor Luftdelene svinger imod hinanden, maa der fremkomme en Luftfortætning, og der, hvor de svinger bort fra hinanden, en Luftfortynding. Rummet bliver saaledes fyldt med en Række af skiftende Fortætninger og Fortyndinger, med de saakaldte Lydbølger. Lydgiverens Svingninger kan holde op, og dog kan Lydbølgerne skride videre udefter igennem Luften. I Fig. 277 forestiller de mørke Partier Fortætning, og de lysere Fortynding.

Da Lydbølgerne, efterhaanden som de skrider frem i Luften, breder sig over flere og flere Luftdele, saa maa de blive



Fig. 276.

svagere, og det er jo ogsaa vel bekendt, at jo længere man staar fra en Klokke, desto svagere høres Lyden. Ved at begrænse den Luftmasse, som Lyden breder sig i, kan man forhindre dens Svækkelse; dette sker i Talerøret, og det finder ogsaa Anvendelse ved Benyttelsen af en Raaber: et langt, kegledannet Rør, i hvis snævre Munding man raaber, og det vil da væsentlig være Luften i Raaberens Forlængelse, som Lyden breder sig i. I Hørerøret sker det omvendte; man taler imod den vide Munding, og da Lydbølgerne i Røret koncentreres paa mindre og mindre Luft, bliver de forstærket, saa at Talen, naar den spidse Ende stikkes ind i Øret, høres kraftigere.

Ekko beror paa, at Lydbølgerne kastes tilbage fra større Flader som Husflader, Klippevægge, Udkanten af en Skov o. s. v., og den, der hører Ekkoet, faar da Indtryk af, at der staar En bag en saadan Flade og raaber hen til En. Staar

man 170 Meter fra den Flade, der skal give Ekko, og raaber, saa hører man Ekkoet 1 Sekund senere, thi Lydbølgerne skal løbe 170 m ind imod Fladen og derefter 170 m tilbage, og dette tager ialt en Tid af 1 Sekund. Raaber man da saa hurtig, at man udtaler fire Stavelser i hvert Sekund, saa vil Ekkoet gentage de fire sidste Stavelser, man har sagt, umiddelbart efter, at man er færdig.

Naar Lydbølgerne kastes tilbage først fra een Flade, saa fra en anden, dernæst fra en tredie osv., kan der opstaa mange Ekko; saaledes skal i Kolonaden til et Slot nærved Milano et Pistolskud kunne høres henimod et halvt Hundrede Gange. Naar Fladerne er hvælvede, kan Lydbølgerne blive tilbagekastet særlig henimod visse Steder, hvor da Lyden høres stærkt, medens den andre Steder høres forholdsvis svagt; en Skriftestol i en katolsk Kirke maatte man derfor en Gang flytte, thi Talen i Skriftestolen kunde man paa Grund af Lydens Tilbagekastning fra Kirkens Hvælvinger høre ganske tydelig paa et Sted lige indenfor Kirkedøren.

Toner.

Kommer Lydbølgerne til Øret uden nogen Orden, kalder man Lyden med forskellige Navne som Skrald, Knald, Raaben o. s. v., hvorimod en Tone fremkommer, naar Lydgiverens Svingninger er *regelmæssige* og *ligetidige* (se Pendulet, Side 244); men hertil kræves, at dennes elastiske Forhold er saa fuldkomne som muligt.

Vi taler om *høje* og *dybe Toner*. Tonens Højde er ene og alene afhængig af, hvor hurtig Svingningerne gaar for sig: jo hurtigere Svingninger, desto højere Tone. For at regelmæssige og ligetidige Svingninger skal kunne fremkalde en Tone, maa de følge saa hurtig efter hinanden, at der er allermindst en Snes Stykker i Sekundet, men Antallet kan i de højeste Toner, man kan frembringe ad kunstig Vej, naa op til 30—40 Tusinde pr. Sekund. Meget høje Toner kan ikke op-

fattes af alle Øren; de højeste Naturtoner, man har, er visse Fugles Kvidren, Græshoppesang o. lign. Paa et almindeligt Fortepiano er den dybeste Tone (a) paa $27^1/_2$ Svingninger i Sekundet, det højeste a paa 3480 Svingninger; i Violinen varierer Svingningstallet fra 195 til 3500, i Piccolofløjten gaar det op til 4700.

Alle Toner forplanter sig frem igennem Rummet med samme Hastighed, og var det ikke saa, vilde det jo ogsaa være skrækkeligt at høre et Musikstykke paa Afstand. Da vi nu i Fig. 276 har set, hvorledes en svingende Tonegiver sætter Luften i en usynlig bølgende Bevægelse, idet der frembringes en Fortætning og en Fortynding for hver hel Svingning, den udfører, saa forstaar vi ogsaa, at disse maa ligge desto tættere ved hinanden, jo højere Tonen er, som frembringes.

Ved *Oktaven* til en Tone forstaar man en Tone, der har et dobbelt saa stort Svingningstal som Tonen; Oktaven til en Tone med 435 Svingninger pr. Sekund har 870 Svingninger.

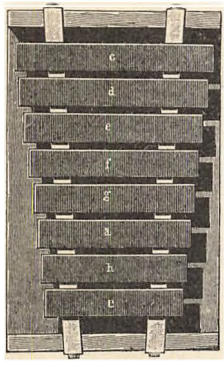


Fig. 277. Xylofon.

Toner kan frembringes paa mange forskellige Maader.

I Træ-, Glas- eller Metalharmonikaen (Xylofonen, Fig. 277) er der lagt en Række Plader af ulige Længde hen over to Stænger, der ikke løber parallelt med hinanden; anslaas en af Pladerne, kommer den i Svingninger, saaledes at dens to Hvilesteder paa Stængerne holder sig i Ro, er *Knudepunkter*, medens det mellemliggende Stykke saavelsom ogsaa de to frie Ender er i Bevægelse; Tonen er desto højere, Svingningerne altsaa desto hurtigere, jo kortere Pladen er.

I *Spilledaasen* og *Lirekassen* frembringes Tonerne af Fjedre, der er gjort fast i den ene Ende, medens den anden er fri. En Valse er forsynet med smaa Stifter, der ved at støde an imod Fjedrene sætter dem i Svingninger, saa at de toner; Fjedrene giver hver sin Tone, og Stifterne er ordnede

saaledes paa Valsen, at man faar en bestemt Melodi frem ved at dreje den rundt.

I *Mundharmonikaen* sættes Fjedre i Svingninger ved en Luftstrøm fra Munden.

En *Stemmegaffel* (Fig. 278) er en togrenet Staalgaffel med Skaft; man tager Skaftet imellem Fingrene og anslaar den ene Gren imod noget fast; derved kommer begge Grenene i Svingninger, under hvilke de svinger samtidig imod og samtidig bort fra hinanden; der høres en Tone, og i de almindeligste Stemmegafler er det en Tone med 435 hele Svingninger pr. Sekund, hvilken Tone i Musikken betegnes ved a.



Fig. 278. Stemmegaflen.

Stemmegaflens Tone er dog meget svag, men forstærkes betydeligt, naar den stilles paa en Bordplade, derved kommer denne ogsaa i Svingninger, idet Grenenes Svingninger overføres til Bordet igennem Skaftet. Bordet fungerer som *Resonansbund*; en saadan findes i ethvert Fortepiano, og uden en saadan vilde Klaverstrengenes Toner ingen Styrke have.

I en Mængde Strengeinstrumenter — Zitheren, Violinen og de dermed beslægtede Instrumenter, Harpen — bruges en Resonanskasse.

Strengeinstrumenter.

Zitheren stammer oprindelig fra Tyrol; Strengene er spændt ud over to Lister, af hvilke den ene er krummet, saa Strengene bliver ulige lange, og Listerne er fastgjorte til en flad Trækasse af den Form, som Fig. 279 viser.

Zitherens Strenge kan sættes i Svingninger paa forskellig Maade, hvorved der kan fremkomme Toner af ulige Højde.

Den dybeste Tone, som en Streng kan give, faar man, naar den anslaas saaledes, at den kommer til at svinge som Helhed, saa at kun Endepunkterne der, hvor den ligger an

imod Listerne, er i Hvile. Lægger man derimod en Pind let an imod Strengens Midte og anslaar Strengen henne ved den ene Side, høres der en Tone med dobbelt saa mange Svingninger pr. Sekund som den forrige; Strengen bliver delt i to svingende Dele, idet den har et Knudepunkt paa Midten, foruden de to i Enderne.

I *Harpen* er der udspændt en Række Strenge i en Ramme, som er hul og derfor tjener som Resonanskasse. Hver Streng

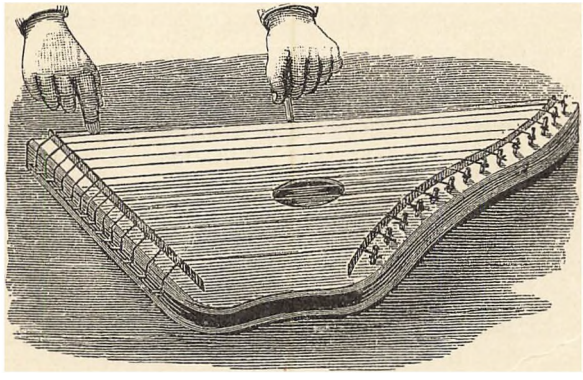


Fig. 279. En Zither.

giver sin Tone, hvorfor de har forskellig Længde og forskellig Tykkelse.

De korteste, de letteste og de tyndeste Strenge giver altid de højeste Toner.

I et *Fortepiano* kan enhver Streng ligeledes kun give een Tone; denne frembringes ved, at en med Skind besat Hammer slaar an imod Strengen, og denne Hammerens Bevægelse iværksættes ved et Tryk paa en af Fortepianoets „Tangenter"; hver Tangent staar i Forbindelse med sin Hammer, og der er lige saa mange Tangenter, som der er Strenge. For at Strengene imidlertid ikke skal kunne lyde længere, end man ønsker det, saa er der truffen følgende Arrangement: der hviler en Dæmper (Træ beklædt med Filt) an imod hver Streng, men idet Tangenten trykkes rask ned med Fingeren, fjernes Dæmperen, og Hammeren slaar an imod Strengen, der svinger, saa længe man holder Tangenten nede; men tager man atter

Fingeren fra Tangenten, saa træder Dæmperen i Berøring med Strengen og standser dens Svingninger. Ved Hjælp af en „Pedal", der bevæges med Foden, er man i Stand til paa een Gang at fjerne alle Dæmperne, og dette gør man, naar man vil have Tonerne til at klinge endnu, efter at man har taget Fingrene fra Tangenterne.

I *Guitaren* og i *Violinen* er der kun faa, henholdsvis 6 og 4 Strenge, men ved med Fingertryk at forkorte den frie, svingende Del af Strengen, opnaar man at kunne frembringe en Mangfoldighed af Toner. I Violinen (Fig. 280) er de fire Strenge ved en Knude fastgjort i Brædtet *q*; herfra gaar de op over „Stolen" *p*, over den fremspringende Kant *s* og derpaa hver til sin Skrue *c*, ved Hjælp af hvilken man kan spænde Strengen mere eller mindre; jo stærkere spændt en Streng er, desto højere Tone giver den, og før man spiller paa Violinen afstemmer man den ved at give Strengene den rette Spænding. Paa Violin„halsen" *M* sidder et langt, smalt, sortmalet Ebonitbrædt *tt'* lidt under Strengene.

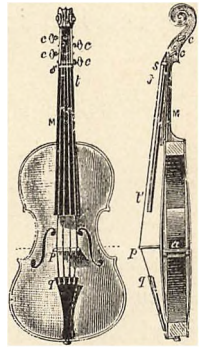


Fig. 280. Violinen.

Strengens svingende Del ligger imellem *p* og *s*, og Strengen sættes i Svingninger ved at knipse den med Fingeren eller ved at stryge den med en med Harpiks indgnedet Bue af Haar; trykker man med en af Fingrene paa den venstre Haand, med hvilken man griber om Violinhalsen, Strengen fast ned til Brædtet under den, saa bliver det kun den Del af Strengen, som ligger imellem Fingeren og Stolen *p*, der svinger, og Tonen bliver derfor desto højere, jo længere borte fra Kanten *s* Fingertrykket sker. Hvis man i Stedet for med Fingeren at trykke Strengen fast ned til Brædtet lægger Fingeren ganske let an imod Strengen, saa deler Strengen sig, naar den stryges, i flere svingende Dele og giver da meget høje Toner (Fløjte- eller Flageolettoner), men der hører stor Dygtighed til, for at disse Toner kan klinge rent og kønt.

Strengenes Svingninger overføres paa følgende Maade til Violinkassen, saaledes at dennes Bunde kommer til at svinge

med, og Tonen faar den fornødne Styrke: Violinstolen *p* hviler an imod Kassen ved to Fødder, og naar Strengen svinger frem og tilbage omtrent i Retning med Overkanten af *p*, saa kommer disse to Fødder til at trykke med skiftende Styrke paa Kassens øverste Bund, og denne sættes derved i Svingninger, der gaar i Takt med Strengens. Ved en Pind *a*, der inde i Kassen gaar fra Bund til Bund, og som staar lidt fra Stolens Plads, overføres Svingningerne til den nederste Bund. Ved de to Bundes Svingninger vil Luften inde i Kassen undergaa Forandringer i Tætheden, der let kunde hæmme Bundenes Svingninger; derfor er Kassens Indre sat i Forbindelse med den ydre Luft igennem to ∫-formede Udskæringer.

Velklang. Noder.

Forinden vi beskæftiger os med andre Maader at frembringe Toner paa end dem, der er omtalt i det foregaaende, vil vi høre lidt om, hvad det er, der bestemmer Velklang, Konsonans, af Toner, der klinger samtidig eller i Rækkefølge.

Den simpleste Konsonans haves, naar flere synger eller spiller efter de samme Noder, altsaa frembringer den samme Melodi, saa er Sangen eller Spillet *unisono*. Men fuldere Velklang kan man faa ved en Samklang af Toner, der har ulige Højde; det kræves dog i saa Tilfælde, at Tonerne har saadanne Højder, at deres Svingningstal staar i simple Forhold til hinanden; er dette ikke Tilfældet, kan Samklangen let blive en Dissonans.

Dersom saaledes to Toner klinger samtidig, som har Svingningstallene 424 og 636, saa forholder disse to Tal sig som 2 til 3, idet det ene faas ved at multiplicere 212 med 2, det andet med 3, og de to Toner giver Velklang; 2 : 3 er et simpelt Talforhold. Den højeste af disse to Toner siger man er *Kvinten* til den dybeste; Kvintens Svingningstal er $^3/_2$ Gange saa stort som den Tone, hvis Kvint den er.

To Toner, hvis Svingningstal forholder sig som 4 til 5, giver Velklang, og den højeste af dem siges at være *Tertsen* til den dybeste. Eksempel: Tonerne har Svingningstallene 424 og 530.

Saaledes er der jo flere simple Talforhold; af to Toner, hvis Svingningstal forholder sig som 1 : 2 siges den højeste som før omtalt at være *Oktaven* til den dybeste; denne kaldes Primen. I Musiken betegnes saadanne to Toner med samme Bogstav. Det er nævnt, at en Tone med 435 Svingninger betegnes med Bogstavet *a*; med samme Bogstav betegnes da ogsaa Toner med Svingningstallene 870, 1740, 3480; endvidere med $217^1/_2$ ($^1/_2 \times 435$) Svingninger, $108^3/_4$ ($^1/_2 \times 217^1/_2$) osv.

I Noderne læser Musikeren eller Sangeren sig til, hvilke Toner han skal frembringe; Noden *a* med 435 Svingninger i Sekundet betegnes ved en Node, hvis tykke Del anbringes



Fig. 281.

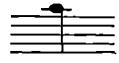


Fig. 282.

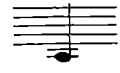


Fig. 283.

paa det næstnederste Mellemrum af de fire, der findes imellem Nodesystemets fem Streger (Fig. 281). Paa Streger og Mellemrum kan der ialt anbringes 9 Noder, og jo højere Tonen skal være, desto højere oppe paa Stregerne sættes Noden. Skal Tonen være saa høj eller saa dyb, at dens Node ikke kan anbringes paa de fem Streger, saa tilføjer man nogle Streger for denne enkelte Nodes Vedkommende; saaledes skrives det *a*, der er Oktav til den nysnævnte *a*, paa den Maade som Fig. 282 viser, medens det *a*, som har *a*'et i Fig. 281 til Oktav, er angivet i Fig. 283.

Tertsen til *a* hedder altid *c* og skrives to Nodepladser højere end *a*'et; Kvinten til *a* hedder altid *e* og skrives fire Nodepladser over *a*'et eller to Pladser over *c*'et (Fig. 284).

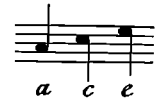


Fig. 284.

Vi skal efter at have nævnt dette ikke her gaa videre ind paa denne Sag.

Tonerør.

En svag Tonegiver, f. Eks. en Stemmegaffel, kan man faa til at give en kraftig Tone, naar man holder den hen for den ene Ende af et Rør, vel at mærke, naar dette har en til Tonens Højde afpasset Længde. Vi vil gøre Forsøget. Man tager et mindst $^1/_4$ Meter højt Glas, og ved at hælde Vand i det faar man Luftsøjlen i det til at blive kortere. Vi anslaar en Stemmegaffel og holder den hen over Mundingen af Glasset, medens det er tomt: Tonen forstærkes maaske ikke derved, men hælder man nu Vand i Glasset i Smaapartier og af og til anslaar Stemmegaflen, — da dens Tone ikke kan holde sig saa grumme længe, — saa faar man Tonen til at lyde kraftig, naar en vis Vandhøjde er naaet, altsaa naar Røret over Vandet har en vis Længde; dersom man saa forkorter denne sidste ved at hælde mere Vand ned i Glasset, saa hører Toneforstærkningen op igen. — Havde man to Stemmegafler, der gav ulige høje Toner, vil man finde, at den højeste Tone fordrer den korteste Luftsøjle for at forstærkes.



Fig. 285.

Hvis man ikke til disse Forsøg har et højt Glas til Raadighed, kan man lave sig et Rør af Papir, nogle Centimeter vidt, og deri forskyde en Papirprop, som udfylder Røret, for at tilvejebringe den rette Længde.

Tonen kan ogsaa forstærkes ved at bruge et i begge Ender aabent Rør; det aabne Rør, der forstærker en vis Tone, viser sig da at være dobbelt saa langt som et i den ene Ende lukket Rør, der forstærker den samme Tone.

Vi har i disse Eksempler haft en særlig Tonegiver, Stemmegaflen, og saa en Luftsøjle, der blev sat med i Svingninger og derved forstærkede Tonen i betydelig Grad. Man kan imidlertid forene begge Dele i et Apparat; ved at blæse en Luftstrøm mod en skarp Kant, kløves den og kommer i Svingninger; er Kanten nu for Enden af et Rør, saa ordner disse

Svingninger sig saaledes, at de giver en Tone, hvis Højde retter sig efter Rørets Længde; jo kortere denne er, desto højere er Tonen. Saaledes frembringes Tonerne i et Orgel.

I Fig. 286 er den gamle *Panfløjte* afbildet; den bestaar af en Mængde Rør ved Siden af hinanden, alle med en Prop i forneden, hvilken Prop man kan skyde mer eller mindre op i Rørene og saaledes variere de Toner, Fløjten kan give, saa at de er afstemte efter hinanden. Man blæser paa Fløjten ved at spidse Munden og puste Luften ud imod Rørets frie Ender foroven.

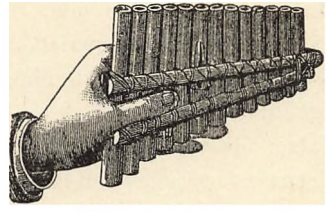


Fig. 286. Panfløjten.

Den almindelige *Fløjte* har kun eet Rør, men ved Hjælp af Huller paa Røret, hvilke Huller er forsynede med Klapper, hvormed man kan aabne eller lukke for Hullerne, varieres Tonehøjden. Det samme er Tilfældet med Klarinet, Oboe, Fagot; i *Okarinoen* lægges Fingerspidserne direkte paa Hullerne.

Stemmen. Fonografen (Grammofonen).

I den menneskelige Stemme, der er det fineste af alle musikalske Instrumenter, har vi med meget fint sammensatte Svingninger at gøre; naar man blot tænker paa, at næppe to Menneskers Tale lyder ens, selv naar de siger akkurat det samme og „paa samme Maade", d. v. s. med samme Tonehøjde, og paa, at der vel er ca. 1500 Millioner Mennesker paa Jorden, og naar man overvejer, at Forskellen i Stemmeklang maa hidrøre fra Forskel i Svingemaaden, ja saa forstaar man, hvor fin en Mekanisme vi her har for os.

Og dog er Videnskaben naaet saa vidt, at man endogsaa paa flere Maader kan reproducere den menneskelige Stemme! Vi nævner først *Telefonen* (S. 190), hvor Talens fine Svingninger først frembringer elektriske Strømme, der atter frem-

bringer Svingninger af Telefonpladen, saa nøjagtig svarende til de første, at man kan kende Folk paa Stemmen; men der gives andre Apparater, hvor det samme kan lade sig gøre, og som kan optage Tale, Sang og Musik i sig og bagefter gengive samme, naarsomhelst det ønskes. Uden at komme ind paa Enkeltheder, skal vi blot her angive Principet for Fonografen og Grammofonen.

Fonografen, opfundet af Amerikaneren *Edison* (1877), bestaar af en cylindrisk Messingvalse, udover hvilken et nøjagtigt glat Rør, lavet af en Vokskomposition, kan skydes. Idet Valsen drejes rundt ved et Haandsving eller hyppigere ved et Urværk, forskydes den langsomt i sin Længderetning. Mod denne Voksmasse hviler en lille skarp Mejsel, anbragt midt paa en tynd, elastisk Hinde af Glimmer eller lign., der er Bund i den Tragt, mod hvilken der tales. Drejes Valsen rundt, vil Mejslen ridse en Skruelinie paa Voksmassen; men tales der ind i Tragten, vil den elastiske Hinde komme i Svingninger, og Mejslen hugge snart mere, snart mindre dybt i Voksmassen, svarende nøjagtig til Pladens Svingninger. Skal Talen gengives, erstattes Mejslen af en Spids med en lille Kugle paa; denne anbringes ved Begyndelsen af den Skruelinie, som Mejslen har skrevet, og drejes Valsen atter rundt paa samme Maade som tidligere, vil Pladen udføre samme Svingninger, som da der blev talt til den; disse Svingninger gaar fra Hinden over i Luften, og et Øre, der opfanger dem, hører Talen.

I *Grammofonen* bruges ikke Valser men Plader, i Reglen af Ebonit. Paa disse er Talen eller Musikstykket skrevet efter en Spiral, som en Staalstift følger, naar Grammofonen benyttes; Stiften maa ofte fornyes, og ved hyppig Brug bliver Pladerne slidte. Lyden forstærkes i en enkelt Retning ved at gøre Tragten stor (smlgn. Raaberen).

Et ganske andet Princip til Talens Opbevarelse og Gengivelse har den danske Ingeniør *Valdemar Paulsen* anvendt i den elektromagnetiske Fonograf, som han kalder *Telegrafonen* (jfr. S. 195).

VARMEN

Termometret.

Det Termometer, som man hyppigst ser, bestaar af et Brædt med Inddelinger paa, og i en Udskæring i dette Brædt har et Glasrør, som for neden har en kugleformig Beholder, Plads; i denne Beholder og i den tilstødende Del af Røret er der en Vædske, enten Kviksølv eller farvet Sprit.

Inddelingen kan ogsaa sidde paa selve Røret, der da er meget tykvægget (Fig. 287 til Højre), og Beholderen er cylindrisk, saa at Termometret faar samme Bredde overalt; saadanne Termometre egner sig til at stikkes gennem smaa Aabninger i Propper eller lign. Naar man skal aflæse Varmegraden (Temperaturen), saa ser man efter, hvor den øverste Ende af denne Vædskesøjle er, og hvilken af Inddelingerne der er i Højde hermed: Tallene paa Inddelingerne stiger opefter, og jo højere Vædskehøjden naar op, desto højere er den Varmegrad, man aflæser. Selve Beholderen er gerne beskyttet ved nogle Metalstrimler.

Naar vi nu ser bort fra, hvad Inddelingerne skal betyde, saa er det, vi ser efter, jo egentlig, hvorledes det forholder sig med Vædskens Rumfang inde i Glasset; jo større dette Rumfang er, desto højere maa Vædskesøjlen naa op i Røret, og desto højere, slutter vi, er Varmegraden. Brugen af Termometret beror altsaa paa, at Legemerne udvider sig, naar de opvarmes,

og trækker sig sammen, naar de afkøles, og Legemet, som vi i Termometret har med at gøre, er Vædsken.

Der er to Temperaturer, som man, naar man skal lave Inddelingerne, gaar ud fra, og det er „Frysepunktet" og „Kogepunktet"; her menes *Vandets* Frysepunkt, hvilket er det samme som Isens Smeltepunkt, og *Vandets* Kogepunkt.

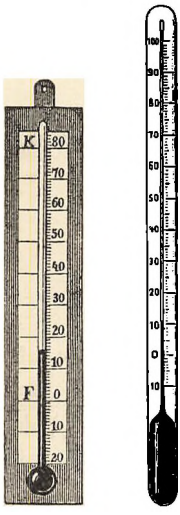


Fig. 287.

Hvad først Frysepunktet angaar, saa er dette en uforanderlig Temperatur. Stikker man nemlig Termometerrøret ned i vaad, stødt Is eller i Sne, saa vil Overfladen af Vædsken i Røret altid stille sig paa samme Sted; da Vædsken altsaa altid under saadanne Forhold har det samme Rumfang, slutter vi, at Is, der er i Færd med at smelte, altid har samme Varmegrad. Denne kalder vi 0 Grader (0^0).

Naar man dernæst anbringer Termometerbeholderen i Overfladen af Vand, der koger — en Dag, naar Barometerstanden er 76 cm (normalt Lufttryk) — ser man, at Vædsken inde i Røret stiller sig paa et bestemt Sted, og altid under de samme Forhold paa det samme Sted. Heraf slutter vi, at Vand altid under disse Forhold koger ved den samme Temperatur. Denne siger vi er 80 Grader (80^0), naar vort Termometer skal have *Réaumurs* Skala (udt. *réomyr*), men 100 Grader (100^0), naar det skal have *Celsius's* Skala.

Hvis man nu har sat Mærker paa Røret paa de to Steder, som Vædskehøjden naaede op til, da Termometret var anbragt henholdsvis i smeltende Is og i kogende Vand, saa har vi Fryse- og Kogepunktet paa Skalaen, og saa kan vi dele Afstanden imellem disse to Mærker i henholdsvis 80 eller 100 lige store Dele; hver Del er en Grad. Vi ser, at der gaar 4 Réaumur'ske Grader paa hver 5 Celsius'ske; 24^0 R. er altsaa samme Temperatur som 30^0 C.

Har man tilvejebragt disse Inddelinger, saa kan vi afsætte dem opefter oven over Kogepunktet og nedefter under Fryse-

punktet. Naar Vædskeoverfladen i Røret da staar ved den sjette Delingsstreg under Frysepunktet, siger man, at det viser 6 Graders Kulde, eller Temperaturen er ÷ 6° (minus 6 Grader).

Da Kviksølv bliver fast (stivner) ved en Temperatur af ÷ 32° R. eller ÷ 40° C., saa kan et Kviksølvtermometer ikke bruges ved denne og lavere Temperaturer; det kan derimod et Sprittermometer. Dette sidste kan derimod ikke bruges ved høje Temperaturer paa Grund af Sprittens Flygtighed. Paa de almindelige, billige Stuetermometre findes Kogepunktet ikke afsat; de inddeles ved Sammenligning med et nøjagtig inddelt Termometer.

Jo snævrere Termometerrøret er, og jo større Beholderen for neden er, desto længere bliver Graderne paa Røret, og desto bedre kan Temperaturen derfor aflæses; til store Beholdere er imidlertid klæbet den Ulempe, at det tager længere Tid at faa hele Vædsken gennemvarmet, saa at Termometret ikke er saa følsomt overfor hurtige Temperaturvekslinger. Termometret bliver mere følsomt, naar Beholderen gøres aflang i Stedet for kugleformig, thi Overfladen bliver da større for samme Indhold, og jo større Overfladen er, desto hurtigere antager Termometret Omgivelsernes Temperatur.

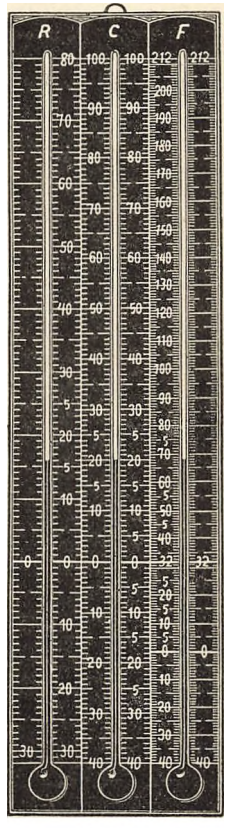


Fig. 288.

Der er forresten en Termometerskala til foruden de to nævnte, nemlig *Fahrenheits*, der f. Eks. bruges i England og Amerika; paa denne Skala staar der ikke 0 ved Frysepunktet, men 32, og der staar 212 ved Kogepunktet; der findes altsaa 180 Grader imellem disse to Temperaturer, og 32 af disse Grader under

Frysepunktet findes 0. Der gaar derfor 9 Fahrenheitske Grader paa 4 Réaumurske eller paa 5 Celsiuske. — Naar man hører, at det i Amerika er 77° varmt, kan man jo straks blive angst og bange; men der menes 77° F. Vil man have at vide, hvor meget det er i Réaumurs Skala, skal man først trække 32 fra, thi saa faar man at vide, hvor mange Fahrenheitske Grader, der ligger over Frysepunktet; det bliver 45. Dernæst skal man dividere dette Tal med 9 og multiplicere med 4; man faar da 20° R.

Et Termometer, der skal angive os Luftens Temperatur, maa anbringes saaledes, at det er helt beskyttet imod, at Solens Straaler falder paa det, saavelsom at det ellers modtager Straalevarme fra varme Legemer; det maa ogsaa beskærmes imod at blive vaadt af Regnen, men Beskærmingen maa paa den anden Side ikke være saa grundig, at den forhindrer Luften i at have fri Passage omkring Termometerbeholderen. At et Termometer viser den eller den Temperatur „i Solen", fortæller os ingen Ting, thi Temperaturen, man aflæser, beror paa Indsugning af Varmestraaler, paa Termometervædskens Beskaffenhed m. m., og forskellige Termometre viser derfor meget forskelligt „i Solen", og intet af dem giver os den omgivende Lufts Temperatur. Luften selv „i Skygge" og „i Solen" har ikke synderlig forskellig Temperatur.

Ofte ser man i Husene eller rettere sagt udenfor Husene et *Minimumstermometer*, Fig. 289; dette skal fortælle os om

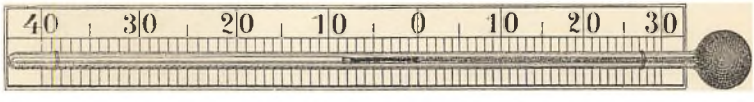


Fig. 289. Minimumstermometer.

Morgenen, hvor langt Temperaturen gik ned i Nattens Løb. Det er et Termometer med farvet Sprit i og kan for det første bruges som et almindeligt Termometer, men saa ligger der i Røret indenfor Spritten en lille Naal, som, naar Termometret holdes skraat, glider nedad; men holder man Termometret skraat paa den Maade, at Beholderen er øverst, saa

glider Naalen kun saa langt ned, at dens yderste Ende støder til Vædskeoverfladen; udenfor denne kommer Naalen ikke. Og afkøles Termometret, saa at Overfladen trækker sig tilbage, saa følger Naalen med, hvis dens yderste Ende rører ved Overfladen. Brugen af Termometret er følgende: Minimumstemperaturen sidste Nat er den Temperatur, som aflæses ud for Naalens yderste Ende; efter Aflæsningen drejes Termometret lidt, saa at Beholderen hæves, og da glider Naalen ud, indtil den støder til Vædskesøjlens Endeflade, hvorpaa Termometret atter drejes vandret. Stiger nu Temperaturen i den kommende Tid, saa bliver Naalen liggende, medens Vædskesøjlen gaar frem, og synker Temperaturen, saa føres Naalen tilbage, saa snart Vædskesøjlens Endeflade støder til Naalen; dennes Stilling maa derfor altid vise den laveste Temperatur, der har været, siden Naalen sidst blev bragt paa Plads.

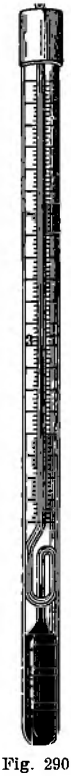


Fig. 290.

I Fig. 290 er afbildet en af Formerne for et *Læge-Termometer*, hvilket er en Art *Maksimumstermometer*; Lægerne bruger det til at bestemme Temperaturen i det menneskelige Blod. Det øverste Stykke af Kviksølvsøjlen er skilt fra den øvrige Del ved en Luftblære. Naar Temperaturen stiger, saa skydes den fraskilte Kviksølvtraad til Vejrs, og den bliver heroppe, naar Termometret derefter afkøles; man kan altsaa aflæse Temperaturen, efter at man har taget Termometret væk fra det Sted, hvis Temperatur skulde bestemmes. Før man gør en ny Temperaturbestemmelse maa man ved at svinge Termometret faa Kviksølvstykket til at synke ned i Røret, men Luftblæren saavelsom Ombøjningen paa Røret forhindrer det i at forene sig med Kviksølvet i Beholderen. Blodets Temperatur er normalt $37^1/_5{}^0$ C.; Termometret er delt i Tiendedelsgrader og har kun de Inddelinger, der ligger i Nærheden af denne Temperatur.

Termometerrøret er altid ved Tilsmeltning lukket foroven; inde i det er der et lufttomt Rum oven over Vædsken; hvis der var Luft derinde, saa vilde, naar Temperaturen stiger,

denne Luft blive presset sammen og udøve et stort Tryk, og til Trykkets Vækst bidrager ogsaa Luftens egen Temperaturstigning; men ved dette indre Tryk kan Beholderen, der i Regelen er af tyndt Glas, blive videt noget ud, hvorved der bliver mere Plads til Vædsken, og Termometret vil vise for lav Temperatur, ja Trykket kunde blive saa stort, at Beholderen gik itu. Kviksølvsøjlen kunde ogsaa let blive skilt ad af en Luftblære.

Udvidelse ved Opvarmning.

Termometrets Indretning grunder sig som omtalt paa *Vædskers Udvidelse* ved Opvarmning. Petroleum udvider sig særlig meget ved Opvarmning, hvilket man kan vise ved at hælde noget Petroleum i et 15—20 Centimeter langt Reagensglas og sætte et Mærke ved Overfladen; stikker man saa Glasset ned i varmt Vand, ser man straks, at Petroleumens Overflade hæver sig i Røret, og naar Røret tages ud af Vandet, synker Overfladen igen, indtil den atter staar ved Mærket, naar Petroleumen har antaget Stuens Temperatur.

Vand viser dog et mærkeligt Forhold, thi det udvider sig kun ved Opvarmning, naar det er over 4^0 C. varmt; er det derimod koldere, saa vil det ved Opvarmning trække sig lidt sammen, saa længe indtil de 4^0 er naaet. Altsaa: opvarmes Vand ved 4^0 C., saa udvider det sig, og afkøler man Vand ved 4^0, saa udvider det sig ogsaa.

Nu vil man let forstaa, at jo større Rumfang et og samme Legeme indtager, desto mindre bliver dets Vægtfylde (desto „lettere“ bliver det, som man siger), og omvendt: jo mere det trækker sig sammen til et mindre Rum, desto større bliver dets Vægtfylde (desto „tungere“ bliver det). Af hvad der er sagt om Vandet, fremgaar det da, at Vand ved 4^0 C. har en større Vægtfylde end Vand ved højere saavelsom ved lavere Temperaturer. Naar Temperaturen i Luften om Efteraaret falder, saa afkøles dermed de øverste Vandlag, Vandet her bliver tungere, synker nedad, og lettere, varmere Vand stiger til Vejrs; her bliver det afkølet, synker osv. Ved disse op- og

nedadgaaende Strømninger afkøles Vandet hurtigere helt igennem, end om Strømningerne ikke var der, thi Vand leder Varmen meget langsomt igennem sig, naar Ledningen ikke understøttes af Strømningerne. Saaledes gaar det dog kun, indtil Vandet er blevet afkølet til 4° C.; afkøles det foroven mere endnu, saa vil Vanddelene her udvide sig, blive lettere og derfor forblive oppe i Overfladen; Vandet i Overfladen af en Sø kan maaske fryse til Is, medens Temperaturen nede ved Bunden er henimod 4° C. Opvarmes Vandet saa igen om Foraaret fra Overfladen ved Berøring med den varme Luft, saa trækker

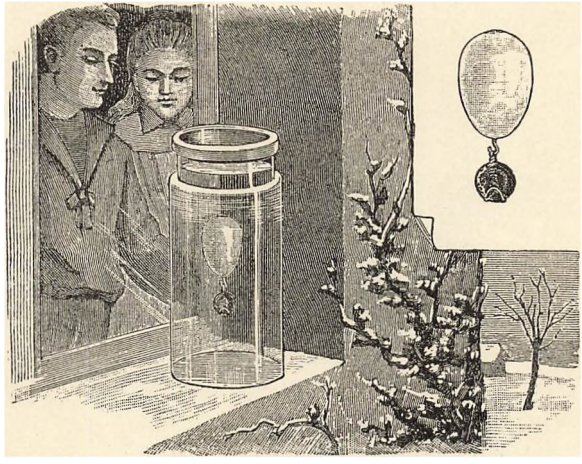


Fig. 291.

Vanddelene i Overfladen sig sammen, synker ned, og vi har atter Strømningerne i Gang, saa at Opvarmningen gaar let for sig, indtil de 4° er naaet. Men ved en yderligere Opvarmning oppe fra kommer der ingen Strømninger i Gang, saa at Vandets Opvarmning nu skrider langsomt fremad.

Vil man opvarme en Vædske saa hurtig som muligt og med den mindst mulige Brug af Brændsel, opvarmes den altsaa fra neden.

Naar Vand ved 4° C. har større Vægtfylde end ved andre Temperaturer, saa er ogsaa Opdriften (se Side 287 o. flg., særlig 293) størst i Vand i 4° C. Herover kan man ved Vinter-

tid gøre et ganske morsomt Forsøg. Man stikker et Hul i et Æg, tømmer Indholdet ud og lakker Hullet til; ved Hjælp af Staaltraad hænger man Mønter op i Ægget og klipper successive Traadstumper af, indtil Ægget, og hvad derpaa hænger, lige netop synker langsomt til Bunds i et Glas med Vand, som staar inde i Stuen, hvor der er en 12—20 Graders Varme. Man sætter saa dette Glas med Vand og Svømmeren ud i Frostvejr, og Vandet vil jo saa gradvis afkøles; man ser da Ægget stige ganske langsomt til Vejrs, og naar det i nogen Tid har holdt sig paa sin øverste Stilling, synker det igen til Bunds; stikker man et Termometer ned i Vandet, medens Ægget er paa det højeste, viser det, at Vandet er 4^0 varmt.

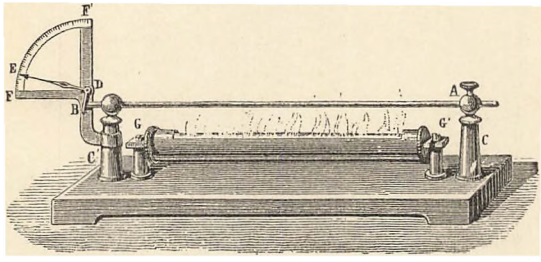


Fig. 292. En Stangs Udvidelse ved Ophedning.

Tager man Glasset, naar Vandet er afkølet ned under 4^0 C., og Flyderen altsaa er gaaet til Bunds igen, ind i Stuen, saa ser man den atter stige til Vejrs, indtil Vandet er blevet 4^0 varmt, og derpaa synke igen. — Forsøget kan ogsaa gøres paa andre Tider end om Vinteren, men saa maa Vandet afkøles ved, at man putter noget Is ned i det.

Faste Legemers Udvidelse er kun meget lille. Man har et lille Apparat til at paavise den, hvilket er afbildet i Fig. 292. Stangen *AB*, hvis Udvidelse man vil paavise, er klemt fast i sin ene Ende *A*, medens den anden, frie Ende *B* støder til en Vinkelvægtstang *BDE*'s korte Gren *BD*; det forstaas da, at en lille Forlængelse af *AB* hen ad venstre til drejer Vinkelvægtstangen lidt og bringer den lange Grens Ende *E* til at vandre et let kendeligt Stykke opad hen over Buen *FF'*.

Et andet Forsøg viser Fig. 293. En lang Metalpind stikkes igennem en Prop i Midten, og i denne Prop befæstes to Søm saaledes, at Pinden kan hvile paa dem som Ben; i Pindens Ender gøres Propper fast, i dem stikkes en Del Søm, og man faar det hele til at balancere, saa at Pinden holder sig svævende i vandret Stilling. Naar man da opvarmer den ene Halvdel af Metalpinden, daler denne Side, idet Vægten ude i Enden faar en længere Arm at virke paa og altsaa faar et større Moment (se Side 225).

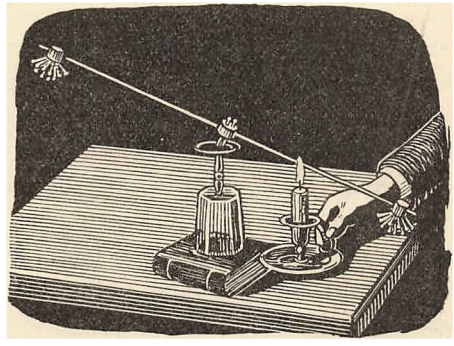


Fig. 293.

Er faste Legemers Udvidelse ved Opvarmning end ringe, spiller den dog nogen Rolle. Naar Smeden skal lægge et Jernbaand om et Hjul, laver han Baandet meget knebent i Størrelse, men opheder det saa, og han kan da let lægge det om; ved Afkøling trækker Baandet sig sammen og slutter fast omkring Hjulet. Telegraftraade er strammere om Vinteren end om Sommeren. Jernbaneskinner, der ligger i Flugt med hinanden, har om Vinteren en kendelig Afstand fra hinanden, thi der maa være Plads til Udvidelse, naar Sommersolen opheder dem. — Ved lange Rørledninger til Gas og Vand maa man sørge for, at Rørene har tilstrækkelig Plads til at udvide sig i. — Ristestænger bøjer sig, naar de ikke har Plads til at udvide sig. — Tykt Glas springer lettere, naar der kommer varmt Vand i det, end tyndt Glas, thi de opvarmede Dele udvider sig, og der kommer da en Spænding i Glasset, hvorved Sprængningen fremkommer. — Et Kakkelovnsrør er om Vinteren, naar der fyres, udsat for idelige Temperaturvekslinger og river derved let Mørtelen udenom løs, saa at der fremkommer en Aabning i Muren. — En Glasprop, der er klemt fast i en Flaskehals, kan man faa

løs ved at ophede Flaskehalsen; men man maa ikke varme saa længe, at ogsaa Proppen bliver varm og udvider sig.

Forhindrer man Udvidelsen af en Stang, saa vil den ved Ophedning komme til at udøve et stort Tryk paa Hindringerne. Den betydelige Kraft, som herved tilvejebringes, har man i enkelte Tilfælde benyttet til at rette Murene i et Hus, som ved en for stærk Belastning var komne til at hælde skraat udad foroven. Igennem den øverste Del af begge Mure blev der stukket en Række af Jernstænger, som var forsynede med Møttriker udenfor; hver anden Stang blev saa ophedet, Møttrikerne skruede fast ind til Murenes Yderflader, og naar saa Stængerne blev afkølede og derved trak sig sammen, rejste de Murene lidt; medens det ene Sæt af hver anden Stang trak sig sammen, blev det andet Sæt opvarmet, saa at Murenes Rejsning gik ganske regelmæssig for sig. Man fik paa den Maade Murene i den rette Stilling igen, og Huset kunde atter tages i Brug.

Luftarter udvider sig langt stærkere ved Ophedning end Vædsker og faste Legemer, og der er det særlige at mærke, at *alle Luftarter meget nær udvider sig lige stærkt.* For hver Grad Celsius, som en Luftmasse opvarmes, forøger den sit Rumfang med $^1/_{273}$ af det Rumfang, som den har, naar den er 0^0 varm. — vel at mærke naar den faar Lov til frit at udvide sig, d. v. s. naar det Tryk, den er underkastet, ikke forandrer sig. Har man f. Eks. 1 Kubikmeter Luft ved 0^0, saa vil den ved at opvarmes til 273^0 udvide sig saa meget, at dens Rumfang bliver til 2 Kubikmeter, forsaavidt Trykket ikke undergaar nogen Forandring; dens Vægt er selvfølgelig forbleven den samme, og de 2 Kubikmeter ved 273^0 vejer altsaa $1^1/_3$ kg, nemlig det, som de vejede, da de ved 0^0 kun rummede 1 Kubikmeter; hver Kubikmeter Luft ved 273^0 vejer altsaa kun $^2/_3$ kg, naar der er almindeligt Lufttryk.

Paa mangfoldige Maader kan man vise, at Luft udvider sig ved Opvarmning, saaledes ved de i Fig. 248 og 270 afbildede Forsøg. — Naar Luft opvarmes, bliver den som nævnt lettere, d. v. s. faar mindre Vægtfylde, og dette fremkalder let Strømninger i Luften. Skinner Solen saaledes paa et Terræn, ophedes dette og dermed tillige den Luft, som er i Berøring

dermed; den udvider sig da og stiger til Vejrs, medens koldere Luft strømmer nedad. Disse Strømninger bevirker, at Luften midt paa en varm Dag ligesom sitrer. — Holder man en Papirspiral, hvis inderste Ende hviler paa en Metaltraadspids, hen over en tændt Lampe (Fig. 294), sætter den opadgaaende varme Luftstrømning Spiralen i livlig Omdrejning. — Aabner man en Dør imellem et varmt og et koldt Værelse, strømmer Luften fra det varme Værelse ud igennem Døraabningen foroven, og Luften fra det kolde Værelse igennem for neden; disse Strømninger iagttager man let ved at holde et tændt Lys i Døraabningen. Foroven peger Flammen ind mod den kolde Stue, forneden den modsatte Vej.

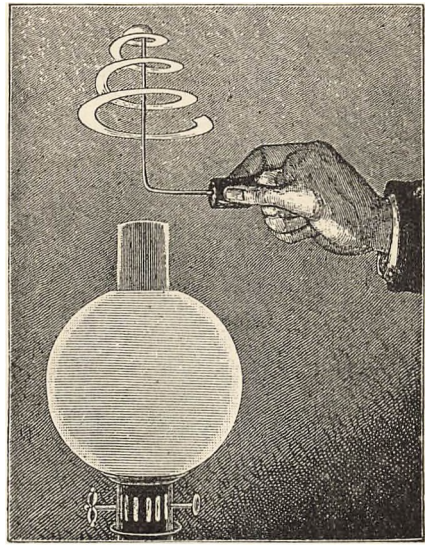


Fig. 294.

Naar man derfor aabner Døren fra en varm Stue til en kold Gang, mærker man Kulden først om Fødderne.

Den ulige Ophedning af forskellige Dele af Jordens Overflade er den vigtigste Aarsag til Fremkomsten af *Vindene.*

Varm og derfor let Luft fremkalder Stigkraften i Montgolfieren (Side 332). Den varme Luft i et Lampeglas og i en Skorsten gaar til Vejrs og frembringer derved en Sugning forneden, saa at der stadig føres frisk Luft ind til Lampeflammen og frembringes Træk igennem Ildstedets Rist, hvorved den til Brændselets Forbrænding nødvendige Luft kommer til Stede. — En varm Kakkelovn opheder Luften, der er i Berøring med den, hvorved Luften udvider sig og gaar til Vejrs; derved opstaar der en Luftstrømning i Værelset, ved hvilken der gaar varm Luft foroven henad Vinduet til, og langs Gulvet strømmer Luft hen til Kakkelovnen; denne Cirkulation bidrager

til en hurtig Opvarmning af Værelset. Varm Luft strømmer fra Værelset ud i det frie foroven, og frisk Luft kommer igennem Revner og Sprækker ind forneden, hvorved der foregaar en Luftfornyelse i Værelset.

Smeltning. Vand og Is.

Naar et fast Legeme opvarmes mere og mere, vil det ved en vis Temperatur, *der stedse er den samme for et og samme Legeme*, gaa over til at blive flydende, og man siger da, at det smelter; den Temperatur, hvorved dette sker, kalder man *Smeltepunktet*, og den er meget forskellig for forskellige Stoffer.

Naar omvendt et flydende Legeme afkøles, vil det ved en vis Temperatur gaa over til at blive fast, til at *størkne*, og den Temperatur, ved hvilken det størkner, er den samme som den, det samme Stof i fast Tilstand maa have for at begynde at smelte. Vand fryser ved 0^0, og Is smelter ogsaa ved 0^0; Kviksølv stivner ved $\div 40^0$ C., og fast Kviksølv, hvilket har en endnu lavere Temperatur, maa op paa $\div 40^0$, førend det begynder at smelte.

Is	smelter	ved	0^0	Sølv	smelter	ved	c. 1000^0
Tælle	—	-	40^0	Kobber	—	-	- 1100^0
Stearin	—	-	49^0	Guld	—	-	- 1100^0
Tin	—	-	235^0	Støbejern	—	-	- 1100^0
Bly	—	-	325^0	Smedejern	—	-	- 1600^0
Aluminium	—		625^0	Platin	—	-	- 1800^0

Rent Kulstof (Grafit, Diamant) har man ikke kunnet smelte, men ellers kan sikkert alle Legemer bringes til at smelte, naar de ophedes tilstrækkelig stærkt, dog naturligvis ikke de Stoffer, som omdannes forinden, saaledes Træ, Stenkul o. fl.

Det er dog ikke nok for at smelte et Stof, at det opvarmes til Smeltepunktet; der maa saa yderligere føres Varme

til Stoffet for at faa det over i den flydende Tilstand, men under denne yderligere Varmetilførsel vil Stoffets Temperatur ikke stige saaledes som hidtil, og dette lærer os, at denne Varmetilførsel, medens Smeltningen staar paa, anvendes helt og holdent til at løsne Stoffets Smaadele saaledes fra hverandre, at vi faar den flydende Tilstand, Vædsketilstanden, frem.

Lægger man 1 kg Is, der er lige paa Smeltepunktet (0°), ned i 1 kg kogende Vand, som vi har taget af Ilden — det er altsaa 100° varmt —, saa synker Vandets Temperatur rask, og samtidig smelter Isen; naar al Is er smeltet, har de to Kilogram Vand en Temperatur af 10°. Medens det varme Vand blev afkølet 90° (nemlig fra 100° til 10°), saa afgav det en vis Mængde Varme, og denne Varme er brugt til: først at smelte Isen og dernæst til at opvarme det ved Smeltningen dannede Vand fra 0° til 10°. For at gøre dette sidste behøvede det varme kg Vand kun at afkøles selv 10°, og vi lærer altsaa, at der til at gøre det første, nemlig til at smelte 1 kg Is, medgaar saa stor en Varmemængde, som 1 kg Vand mister ved at afkøles 80°.

Man maaler Varmemængder i *Varmeenheder* eller *Kalorier*, idet man ved 1 Varmeenhed eller Kalorie forstaar den Mængde Varme, der skal til for at opvarme 1 kg Vand 1°, eller som 1 kg Vand afgiver ved at afkøles 1°. — Opvarmes 3 kg Vand fra 15° til 32°, altsaa i alt 17 Grader, saa fordrer det dertil 3×17, d. e. 51 Varmeenheder eller Kalorier.

Saa forstaar vi, at Isens *Smeltevarme* er 80 Kalorier, hvorved menes, at der fordres en Tilførsel af 80 Kalorier, for at 1 kg Is ved 0° skal kunne blive flydende; det Vand, der fremkommer ved denne Smeltning, er ikke varmere end Isen (det er altsaa ogsaa 0°), hvis man ikke sørger for en større Varmetilførsel end disse 80 Kal. Man siger, at der ved Isens Smeltning *bindes* 80 Kalorier for hvert Kilogram.

Omvendt maa hvert kg Vand for at fryse berøves 80 Kalorier; dette vil sige, at det ikke er tilstrækkeligt for at faa Vand til at fryse, at man afkøler det til 0°, man maa yderligere berøve det 80 Kal. for at faa det til at fryse altsammen. Skal 5 kg Vand ved 0° omdannes til Is ved samme

Temperatur, maa man berøve det 5 × 80 eller 400 Kalorier. Man siger, at der ved Frysningen af 1 kg Vand *frigøres* 80 Kalorier.

Isen har en langt større Smeltevarme end noget andet Stof; man huske, ikke at forveksle Smelte*punkt* med Smelte*varme*.

Vand fryser ved indtrædende Frostvejr kun langsomt, netop fordi der skal tages saa meget Varme fra eller, som man siger, fordi der skal tilføres det saa megen Kulde.

Paa dette Forhold grunder sig ogsaa Isens Anvendelse som *Afkølingsmiddel*, og for at have Is til sin Raadighed til dette Brug i den varme Sommertid samler man om Vinteren Is sammen i Ishuse. Disse Ishuse maa have Vægge, Gulv og Loft af en saadan Beskaffenhed, at der ikke let trænger Varme ind i Ishuset, thi al den Varme, som trænger ind paa denne Maade, vil blive benyttet til at smelte noget af Isen; for hver 80 Varmeenheder, der er trængt ind i Ishuset, smelter der 1 kg Is. Væggene i Ishuset laver man af en „slet Varmeleder", og hertil bruges Tørvesmuld, Risskaller, Tang, Fæhaar m. m., anbragt imellem en Ydervæg og en Indervæg.

Sne er findelt Is; medens hel Is er gennemsigtig, har Sneen en hvid Farve; Glas er gennemsigtigt, men Glaspulver hvidt, Vand gennemsigtigt, men Skum hvidt. Det er den inderlige Blanding af det fintdelte Stof og Luft, som fremkalder den hvide Farve. Sner det ganske let, saa at man paa sit Frakkeærme kan se de enkelte Iskorn, bliver man var, hvor kønt Sneen krystalliserer.

Naar Vand fryser, udvider det sig, og det forholdsvis betydeligt, idet 11 Kubikcentimeter Vand bliver til 12 Kubikcentimeter Is; omvendt trækker Is sig sammen, naar det smelter. Vandet udvider sig med stor Kraft, naar det fryser: Vandrør kan sprænges; Stene, i hvis Revner der har samlet sig Vand, sprænges ved Vandets Frysning; Brosten forskydes, Jorden smuldrer i Frostvejr osv. Man har en Gang lagt en Jernbombe, der var fyldt helt med Vand og lukket med en Prop, som var slaaet fast i, ud i stærk Frost, og Proppen blev slynget ud, efterfulgt af en Issøjle, hvilket viser, at Frysningen først foregik i det Øjeblik, Proppen blev drevet ud.

En anden Gang var Proppen skruet fast, og Bomben revnede da i Frysningsøjeblikket; med en Flaske, der er helt fyldt med Vand og lukket med en Prop, kan dette sidste Forsøg let gentages.

Isen er altsaa lettere end Vand, ɔ: har mindre Vægtfylde end dette, hvorfor den ogsaa, som bekendt, flyder ovenpaa; saadan Is, f. Eks. Isbjerge, har kun $^1/_{12}$ af Rumfanget over Vandet, men de $^{11}/_{12}$ under Vandet. Is smelter ved 0^0 og kan ikke opvarmes over denne Temperatur uden at smelte; derimod kan Is, der underkastes et stort Tryk, smelte under 0^0. Stiger Trykket med 140 Atmosfærer, synker Smeltepunktet 1^0. Paa lignende Maade forholder andre Legemer sig, dog saaledes, at for de Legemer, der udvider sig, naar de smelter, f. Eks. Svovl, *stiger* Smeltepunktet, naar Trykket vokser.

Saaledes som Vand forholder sig ved Frysning, nemlig at det udvider sig, idet det bliver til Is, saaledes bærer ogsaa en Del andre Legemer sig ad, naar de størkner, og de Metaller, der gør det, egner sig godt til Støbning. Naar man støber Jern, saa danner man ved Hjælp af Modeller Hulheder i tæt pakket, fugtig Sand (Støbesand, d. e. kantet, fint Sand med lidt Lertilsætning), og ved et Lag Kulstøv eller lign. hindres Metallet i at smelte sig fast til Formen; ned i disse Hulheder hældes saa det i Højovne smeltede Metal, og naar det saa størkner, har det Modellernes Form; naar Metallet saa udvider sig i Størkningsøjeblikket, kommer det til at gengive paa sin Overflade alle Formens fine Dele, men sker det modsatte, bliver det ikke nogen skarp Støbning. Da Størkningen sker først og hurtig ved Overfladen, er støbte Genstande i Reglen skøre.

Jern udvider sig ved Størkningen, og man kan let tilvejebringe Metallegeringer, som har den samme Egenskab (en af dem bruges i Bogtrykkertyper); Tin derimod trækker sig sammen ved Størkningen, og støbte Tingenstande har derfor ikke noget skarpt Præg.

De fleste Legemer forholder sig anderledes end Vand og Is: de udvider sig ved Smeltning og trækker sig sammen ved Størkning.

Vi skal endnu nævne angaaende Smeltepunktet, at en Del

Legemer ikke har noget skarpt Smeltepunkt, idet de bliver blødere og blødere ved Opvarmning og gradvis gaar over til den flydende Tilstand. Dette gælder saaledes om Smør, der har en fast Konsistens under 30° og er flydende over 35°, men noget bestemt Smeltepunkt kan ikke nævnes; noget lignende er Tilfældet med Voks, Glas, Smedejern o. fl. Derfor kan Smør og Voks ælles, glødende Glas blæses, og glødende Smedejern smeddes. — Stearin f. Eks. smelter uden først at blive blødt; naar man derfor vil stille et Stearinlys fast ved at dryppe lidt Stearin ned paa et Bord og saa stille Lyset deri, maa man skynde sig, thi idet Stearinen er bleven fast, er den tillige haard.

Fordampning og Kogning.

Vand, der staar hen i en flad Skaal, vil efterhaanden „forsvinde". Det gaar nemlig ved sin Overflade i Dampform over i Luften og udbreder sig i denne. Kun hvis Luften er „mættet" med Fugtighed — som f. Eks. i Taage — sker der ingen Fordampning.

Hælder man noget Eau de Cologne paa Haanden, iagttager man to Ting: Haanden bliver hurtig tør igen og bliver afkølet. Eau de Colognen er nemlig en flygtig Vædske, d. e. den fordamper let, og Afkølingen hidrører fra, at der *til Fordampning* — ligesom til Smeltning — *forbruges Varme*, og denne Varme leverer Haanden, som da faar en øjeblikkelig Afkøling.

Ved at puste paa varm Kaffe svaler man den af; man blæser nemlig Dampene over Kaffen bort, hvorved Fordampningen fra den varme Vædske fremmes; men da Fordampningen fordrer Varme, saa afkøles Kaffen. — Vil man vide, hvorfra Vinden kommer, væder man Fingeren ved at stikke den ind i Munden og derpaa holde den i Vejret; Vinden kommer fra den Side, hvor Fingeren bliver koldest — ikke fordi Vinden er kold, men fordi der tages Varme til Fordampningen

fra Fingeren. — Er man bleven svedt, maa man ikke staa i Træk, da man saa let bliver forkølet, thi Trækken fremmer Fordampningen fra Huden og dermed dens Afkøling.

Ombinder man et Termometers Beholder med lidt Vat og hælder en flygtig Vædske som Sprit, og endnu bedre Æther paa, saa ser man Termometrets Temperatur dale godt, især naar man bevæger det rask frem og tilbage i Luften; Afkølingen hidrører fra, at Vædsken ved at hældes paa Vattet faar en stor Overflade, fordamper derfor livlig og tager til denne Fordampning Varme fra det, som er nærmest, altsaa fra Termometret, hvis Vædske trækker sig sammen.

Ved *Bestemmelsen af Luftens Fugtighedstilstand* kommer dette Forhold til Anvendelse; den almindelige Fugtighedsbestemmer er nemlig et Apparat, der bestaar af to Termometre, af hvilke det ene er ombundet med et Stykke Gaze, der, naar Bestemmelsen foretages, vædes med Vand. Naar dette Vand fordamper, afkøles Termometret ned til et bestemt Punkt; jo fattigere Luften er paa Fugtighed, desto stærkere fordamper Vandet, og desto lavere bliver det „vaade" Termometers Temperatur. I en Tabel kan man af det „tørre" og det „vaade" Termometers Angivelser se, hvad Fugtighedstilstanden er. Viser de to Termometre ens, er Luften mættet med Fugtighed, og man siger, at dens Fugtighedsgrad eller dens relative Fugtighed er 100; ved en Fugtighedsgrad af 79 menes, at Luften indeholder 79 Procent af den Fugtighedsmængde, som den ved den forhaandenværende Temperatur højst kan indeholde.

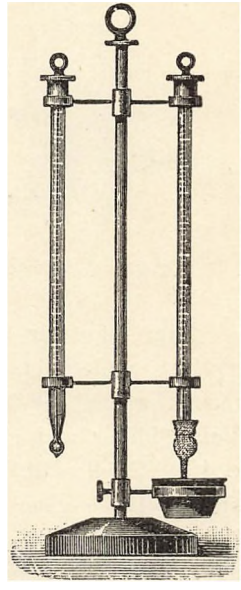


Fig. 295.
Fugtighedsmaaler.

Vil man afsvale en Karaffel Vin, lægger man et Klæde om den og holder det fugtigt. — *Vandkølere* eller *Alcaraccas* er porøse Lerflasker, hvori Vand holder sig koldt paa Grund af den Fordampning, som sker igennem Flaskens Porer.

Jo varmere en Vædske er, desto livligere fordamper den;

saa længe Vædsken ikke koger, foregaar Fordampningen kun fra Overfladen. At *en Vædske koger*, vil sige, at der udvikler sig Dampbobler nede ved Karrets Bund, hvilke Bobler trænger op igennem Vædsken og brister ved Overfladen; her gaar Dampen i Boblen over i Luften og blander sig med den. Saadanne Boblers Tilstedeværelse er altsaa Kendetegnet paa, at en Vædske koger; bedst ser man Boblerne, naar Kogningen gaar for sig i en Glasbeholder, hvilken da helst maa være af tyndt Glas; for at forhindre Glassets Sprængning sætter man det paa et Metaltraadnet eller i lidt tørt Sand paa en flad Metalskaal; under Nettet eller dennes Skaal findes Flammen. Vanddamp er usynlig ligesom Luften; den Taage, der stiger op fra varmt Vand og ud af Tuden paa en Kedel kogende Vand, er delvis fortættet Damp, nemlig bitte fine Vandkugler fremkomne ved Dampens Fortætning i den koldere Luft; lige udenfor Tuden ses Taagen heller ikke, først lidt længere ude.

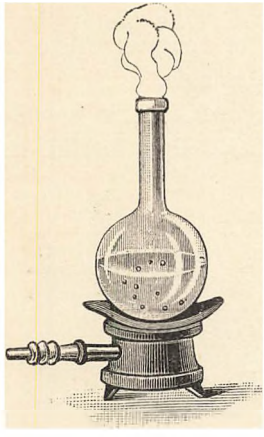


Fig. 296. Vand koger.

Naar man har faaet Vand i Kog, maa man blive ved med at fyre under for at holde det i Kog; men der er saa det mærkelige, at et Termometer, der stikkes ned i det kogende Vand, bliver ved med at vise den samme Temperatur, nemlig c. 100° C. eller 80° R., og det, om man saa fyrer nok saa stærkt. Dette viser os, at al den Varme, som under Kogningen tilføres Vandet, ene og alene bliver anvendt til Dampdannelsen og slet ikke til nogen Temperaturstigning. Vi har altsaa her et med Smeltningen beslægtet Fænomen. Den til Dampdannelsen forbrugte Varme, siger man, findes i *bunden* Tilstand i Dampene, og naar Dampene fortættes, *frigøres* denne Varme igen, ligesom der frigøres Varme, naar et flydende Legeme størkner. Man kan brænde sig godt, naar en Haand føres igennem en Dampstraale fra en Kedel kogende Vand, netop

fordi der, naar Damp fortættes paa Haanden, frigøres, udvikles en stor Mængde Varme.

Den Temperatur, som en Vædske skal have for at koge, kaldes dens *Kogepunkt.*

Leder man Damp fra kogende Vand ned i en Beholder med Vand, fortætter Dampen sig og afgiver derved Varme, som bevirker, at Vandet ophedes. Naar man paa denne Maade fortætter 1 kg Damp til Vand, frigøres der saa megen Varme, at $5^1/_3$ kg Vand dermed kan ophedes fra 0^0 til 100^0 C.; der frigøres altsaa ca. 533 Varmeenheder eller Kalorier (se S. 367), og en lige saa stor Mængde Varme kræves der omvendt til at forvandle 1 kg Vand ved 100^0 til Damp ved den samme Temperatur.

Vand koger som nævnt ved en Temperatur af ca. 100^0; det er nøjagtig 100^0 en Dag, naar der er normal Barometerstand (76 cm); er Lufttrykket højere, saa ligger Kogepunktet lidt over 100^0; er det lavere, ligger Kogepunktet lidt under 100^0, men store Variationer er der dog ikke Tale om. Imidlertid kan man kunstig frembringe et stort eller et lille Tryk paa Vand og kan derved hæve og sænke dets Kogepunkt betydelig. Det første sker i Dampkedlen, hvilken er en lukket Kedel; her kan Dampen ikke slippe ud, før Trykket har naaet en af Sikkerhedsventilens Belastning bestemt Størrelse, og da kommer Kogepunktet til Vejrs; er Trykket saaledes 2 Atmosfærers Tryk, sker Kogningen ved 120^0 C., er det 3 Atm., sker Kogningen ved 134^0, er det 10 Atm., ved 180^0.

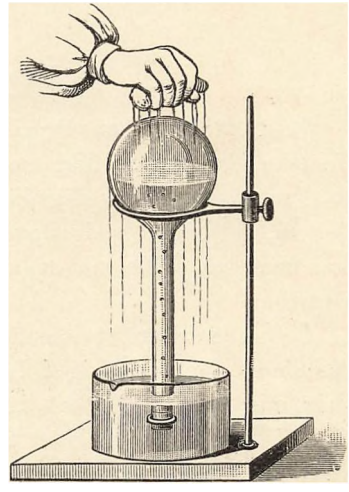


Fig. 297. Kogning ved lavt Tryk.

At Kogning af Vand kan indtræde ved en Temperatur under 100^0, naar Trykket er lavt, kan man paavise ved følgende Forsøg. Man bringer Vandet i Kog i en Glasflaske med

lang Hals, og naar Kogningen har været i Gang i nogen Tid, lukkes til med en Prop. Man tager saa Flasken af Ilden, vender den om og stikker Halsen lidt ned i lunkent Vand (Fig. 297), saa at der ingen Luft kan trænge ind; for ikke at brænde sig kan man have bundet noget Kork om Flaskehalsen og tage paa det. Hælder man saa koldt Vand ned over Flasken, vil Kogningen, der jo var hørt op, da man tog Flasken af Ilden, begynde igen, og dette hidrører fra, at de Dampe, der er inde i Flasken oven over Vandet, bliver fortættet til Vand; Damptrykket paa Vandet formindskes altsaa betydeligt, og Kogningen indtræder ved den Temperatur, Vandet har. — Ved almindeligt Lufttryk koger Sprit ved 78°, Æther ved 35°, Kviksølv ved 357° C.

Destillation.

Destillation er en Proces, hvorved man skiller en flygtig Vædske fra de Stoffer, som er opløste i den, eller skiller to Vædsker af forskellig Flygtighed fra hinanden; det sker derved, at man ved Opvarmning fordamper den Vædske, som man vil skille ud, og saa bagefter ved Afkøling fortætter Dampene.

Fig. 298 viser et Destillationsapparat; Vædsken, der skal destilleres, befinder sig i Metalkedlen *A* med Laaget *B*, og Dampene kan gaa bort igennem det skraat nedadgaaende Rør *C*, der fortsættes i et Spiralrør *S*, som er omgivet af et større Kar og gaar ud igennem dette Kars Væg for neden for at udmunde i Beholderen *D*. Det nævnte Kar faar, naar Destillationen gaar for sig, tilført koldt Vand forneden, og dette Vand faar Afløb igennem et Rør, der gaar ud af Karret foroven og paa Figuren videre nedad igennem et Hul i Gulvet. Naar Dampene fra Vædsken i *A* kommer ned i Slangerøret *S*, bliver de fortættede til Vædske, hvilken Vædske løber ned i *D*; ved denne Fortætning af Dampen udvikles der jo store Varmemængder, og de gaar over i Svalevandet i Karret, som

derved opvarmes, hvorfor man, naar Svalevandet skal beholde sin Afkølingsevne, maa sørge for stadig frisk Tilførsel af koldt Vand.

Hvis man i *A* koger almindeligt Vand, saa faar man i *D* kemisk rent Vand (destilleret Vand), medens de Stoffer, som i forskellig Mængde findes opløst i Vandet, bliver tilbage i *A*.

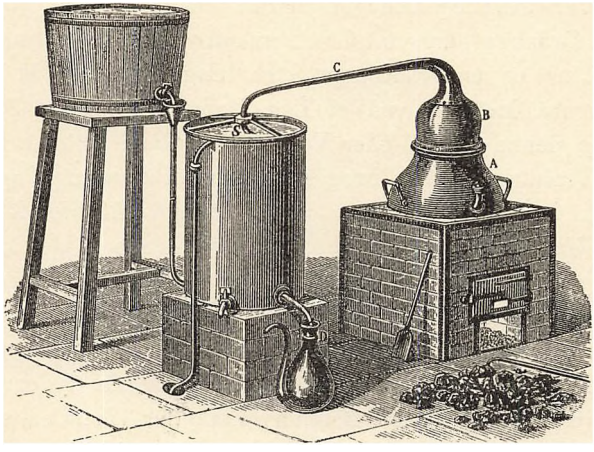


Fig. 298. Destillationsapparat.

— Er der i *A* en Blanding af Sprit og Vand, og denne bringes i Kog (Temper. ligger imellem 78° og 100°), saa fordamper hovedsagelig Spritten, og man faar i *D* Sprit, som kun har et ringe Indhold af Vand.

En Destillation i det store foregaar daglig i Naturen; thi Vandet i Have, Floder, Søer osv. fordamper, Dampene fortættes oppe i Luften og falder ned som Regn, Sne osv., der altsaa er destilleret Vand („blødt" Vand).

Det Leidenfrost'ske Forsøg.

Naar man hælder nogle Draaber Vand ud paa en blank, til en 300° opvarmet Metalplade eller -skaal, ser man den Mærkelighed, at dette Vand ikke breder sig ud paa Metallet og koger bort, men det lægger sig som en blank Draabe ligesom Kviksølv paa et Bord: Vandet befugter ikke Metallet, men kører frem og tilbage derpaa. Det fordamper, thi man ser, at Draaben langsomt bliver mindre og mindre, men dets Temperatur er under Kogepunktet. Sagen er den, at Vandet er skilt fra Metallet ved et Lag Damp, der bærer Draaben oppe, og denne Damp leder Varmen kun langsomt fra Pladen over i Draaben, og her bruges Varmen til Fordampning, ligesom den ogsaa tildels gaar over i Luften. Afkøles Metallet, medens Vandet ligger paa den, kan det hænde, at der kommer Berøring tilstede imellem Vandet og Metallet, og i en Fart koger da Vandet bort med en stærk hvislende Lyd.

Paa dette Fænomen beror det, at man uden Fare en kort Tid kan dyppe en fugtig Finger ned i glødende, flydende Jern eller Bly, idet et tyndt Damplag omhyller Haanden som en Slags Handske og derved forhindrer en direkte Berøring imellem Haanden og Jernet. Man kan gaa paa glødende Jern, stryge glødende Jern paa Haanden uden at føle nogen Svie. Haarene og de fremstaaende Dele af Neglene svides derimod af. Man har herigennem Oplysning om Middelalderens Ildprøve; der behøves for at gaa den igennem kun en hel Hud.

Hvorledes laver man kunstig Kulde?

To Maader har man til at skaffe sig kunstig Kulde paa, nemlig et fast Legemes Overgang i flydende Tilstand, og en Vædskes Overgang i Luftform (altsaa dets Fordampning). Vi ved jo, at der til begge disse Forvandlinger fordres Varme, og denne Varme maa da tages fra noget andet, og dette andet bliver da afkølet.

Hælder man f. Eks. det faste, hvide Salmiak eller Salpeter eller salpertersure Ammoniak i et Glas Vand og rører rask rundt, falder Temperaturen mange Grader, hvad man dels kan føle paa Glasset, dels kan prøve med et Termometer. Opløser man $^1/_2$ kg pulveriseret Salpeter og $^1/_2$ kg pulveriseret Salmiak i en Liter Vand og rører rundt deri en halv Snes Minutter med et lille Reagensglas, som er halvt fyldt med Vand, saa fryser en Del af dette Vand.

En kraftigere Afkøling faar man ved Hjælp af en *Kuldeblanding;* man benytter her Is i Stedet for Vand, idet der nemlig saa forbruges en stor Mængde Varme til at smelte Isen foruden den Varme, der medgaar til at gøre det andet Stof flydende. Hyppigst bruges en Blanding af 3 Vægtdele Is og 1 Vægtdel Salt, hvilket f. Eks. Konditoren anvender, naar han skal lave „Is"; den Is, der bruges i Kuldeblandingen, maa være fint stødt, og bedst er derfor Sne; der maa røres godt rundt, saa at Iskornene og Saltkornene kommer i saa inderlig Berøring med hinanden som muligt, og et Termometer, der stikkes ned i denne Blanding, viser henimod 20 Graders Kulde. De Ting, der sættes ned i en saadan Kuldeblanding, afkøles godt, idet den til Smeltningen fornødne Varme tages fra dem.

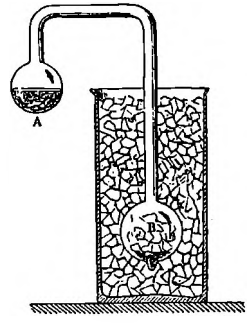


Fig. 299.

Ved Hjælp af en saadan Kuldeblanding kan man *faa Vand til at fryse ved sin egen Fordampning.* Man bruger da den saakaldte *Frostflytter* (Fig. 299): to Glaskugler, forbundne ved et to Gange bøjet Glasrør, og inden i er der Vand og ellers lufttomt, saa at der alene er Vanddamp i det lufttomme Rum. Man faar et saadant Rør lufttomt paa følgende simple Maade: der er til en Begyndelse aabent et Sted foroven, og man bringer saa Vandet, der er bragt ind i Kuglerne, i Kog; under Kogningen driver Dampen Luften ud, og man tilsmelter Røret efter nogen Tids Forløb. Naar Forsøget skal gøres, hælder man Røret saaledes, at alt Vandet løber over i den ene Kugle (*A*), og den anden Kugle stikkes derpaa godt ned i en Kuldeblanding; efter nogen

Tids ($^1/_4$ à $^1/_2$ Times) Forløb ser man da, der danner sig Is paa Overfladen af Vandet. Grunden hertil er følgende: i den Kugle, som er nede i Kuldeblandingen, fortætter Dampen sig, derved formindskes Trykket paa Vandet i den anden Kugle, Vandet fordamper da, og ved denne Fordampning afkøles Vandet her (man ser, der slaar sig Dug, ja Rim ned paa Kuglen), og tilsidst vil det endog fryse.

Hvor man har Brug for Afkøling om Sommeren i større Stil, f. Eks. i Ølbryggerier, i Skibe, der sejler med Smør og Kød, ved Fabrikation af kunstig Is m. m., der benytter man Kulde- eller Ismaskiner til at frembringe Kulden, og disse Maskiner beror paa, at der frembringes Afkøling ved Fordampning.

Man bruger i disse Maskiner en flygtig Vædske, som man faar til at fordampe regelmæssig ved stadigvæk at suge Dampene bort. Man brugte først Æther, der koger i Luften ved 35° C.; anbringes Ætheren i en lukket, lufttom Beholder, og suger man ved Hjælp af en Luftpumpe Dampene over Ætheren bort, saa fordamper Ætheren livlig ved det lave Tryk, den er underkastet, og den bliver kold; dens Temperatur kan f. Eks. gaa ned til en halv Snes Graders Kulde, og hvad der kommer i Berøring med denne Beholder, der kan forgrene sig i Rør, afkøles. Omgives Beholderen med Vand, vil det fryse til Is; denne kaldes „kunstig" i Modsætning til „naturlig" Is, som tages fra Søer og Damme. Den kunstige Is laves af destilleret Vand og er derfor renere end den naturlige.

Maskinen er nu indrettet saa, at Ætheren ikke gaar tabt ved Fordampningen; de bortpumpede Ætherdampe leder man nemlig ind i en anden Beholder, som holdes nogenlunde kold (+ 10 à 12° C.) ved Hjælp af Svalevand, og naar Dampen trykkes sammen i denne Beholder, fortættes den igen til Æthervædske, og denne kan saa ledes ind i den første Beholder, hvor den bringes til at fordampe igen; og saaledes fortsættes Kredsløbet, saa længe Pumpen, der suger Dampene bort, og Pumpen, der presser dem sammen igen, holdes i Gang. Disse Pumper drives gerne af en Dampmaskine.

I Stedet for Æther bruges nu om Stunder hyppigst Ammo-

niak, der er trykket sammen til Vædske, efter ganske det samme Princip, men ogsaa Kulsyre.

Kulsyre er jo en Luftart under almindelige Forhold (se Side 330—331), men naar man underkaster den et stærkt Tryk, saa bliver den til Vædske. Man kan jo nu om Stunder købe flydende Kulsyre paa Jernbeholdere. En saadan Beholder kan fyldes paa følgende Maade med Kulsyrevædske: man holder den afkølet til 0^0 C. ved Hjælp af Is og pumper Kulsyreluft, som man laver i særlige Apparater, ind i denne Beholder; Trykket stiger stadig mere og mere, men naar det er naaet op til 35 Atmosfærers Tryk, stiger det ikke højere, thi fra nu af bliver al den Kulsyre, som indpumpes, til Kulsyrevædske, og naar der er tilvejebragt et passende Kvantum heraf, lukkes Beholderen til med en Hane eller Ventil. Bliver denne Beholder udsat for Opvarmning, stiger det indre Tryk, altsaa Trykket fra Kulsyrevædskens Dampe, d. e. den Kulsyreluft, som ikke er fortættet, og det er en temmelig rask Stigning, Trykket faar, — det er f. Eks. 50 Atm. ved 15^0 C. —, saa at man paa den ene Side maa passe paa, at Beholderen ikke bliver udsat for særlig stærk Ophedning, og paa den anden Side maa have tilstrækkelig stærke Beholdere til at udholde det stærke Tryk.

Naar man lægger en saadan Beholder op i skraa Stilling, saa at Hanen eller Ventilen er forneden, og saa aabner for denne, drives Kulsyrevædsken ud af det mægtige, indre Tryk, men den udsættes jo saa pludselig for et Tryk (Atmosfærens), der er lille i Forhold til, hvad den kom fra; den giver sig derfor til at fordampe saa enormt, at den derved afkøles saa stærkt, at den stivner. Man binde f. Eks. en lille Tøjpose for Udløbsrøret; i denne Pose samler sig fin, hvid Kulsyresne, og naar man har faaet en Del deraf, kan man banke det sammen i en Form, saa at man faar en mere kompakt Masse. Dette Stykke Kulsyresne kan ligge hen paa et Bord i længere Tid, adskillige Timer maaske; dets Temperatur er $\div 80^0$, og den stiger ikke, medens det ligger i Luften, thi al den Varme, der gaar over i det fra Luften, forbruges til Fordampning; det bliver lige som uldent paa Overfladen og svinder langsomt. Putter man lidt af det ned i et lille Glas

med Æther, opløser Kulsyresneen sig heri under en meget stærkt Boblen; at Ætheren bliver meget kold, ser man bedst ved at hælde lidt Kviksølv ned deri, thi dette fryser paa et Øjeblik; med et Knivsblad kan man tage det faste Kviksølv op og lægge det paa Bordet; det vil saa snart smelte ved den Varme, som fra Luften gaar ind i det; Kviksølvs Smeltepunkt er 40 Graders Kulde (se Side 366).

Et Stykke Kulsyresne kan man have liggende paa Haanden, uden at det gør En nogen Skade, thi vi har det Leidenfrostske Forsøg for os; men trykker man det ned imod Haanden, saa svier det, ligesom naar man brænder sig.

Alle Luftarter har man opnaaet at kunne fortætte, ogsaa den atmosfæriske Luft, men der skal her meget stærke Afkølinger til. Man kan have flydende atmosfærisk Luft staaende i nogen Tid i en Skaal paa et Bord, men den har en overordentlig lav Temperatur, ÷ 183° C.; den kan ikke, som Kulsyre, lukkes ind i en Beholder, da Trykket vilde blive for stort. Den opbevares bedst i aabne, dobbeltvæggede Glaskar, mellem Væggene er der lufttomt, og de to mod hinanden vendende Flader er forsølvede; saadanne Kar er næsten uigennemtrængelige for Varmen. Man laver dem temmelig langhalsede, omtrent af Form som Kogeflasken Fig. 296, for at Fordampningen fra Overfladen kan formindskes; i saadanne Kar kan flydende Luft opbevares indtil 8 Dage. Flydende Luft fremstilles ved de moderne Maskiner ret billig, en Liter koster for Tiden 1 Kr. i Berlin, og man kan faa den tilsendt derfra i særlige Beholdere, der ikke er lukkede tæt til, men Transporten gør naturligvis „Luften“ dyr; paa den polytekniske Læreanstalt haves en saadan Maskine. Den af de almindelige Luftarter, som vanskeligst fortættes, er Brinten, der skal afkøles til under ÷ 240° C., inden den kan blive til Vædske. Ved saadanne lave Kuldegrader faar Legemerne mærkelig nok tildels andre Egenskaber, end de har ved almindelig Temperatur, men vi kan ikke her gaa nærmere ind paa denne Sag, hvor interessant den ogsaa kan være.

Hvor faar vi Varme fra?

Jordens vigtigste Varmekilde er Solen.

Solen sender Straaler ud fra sig i alle Retninger, og en lille Del deraf træffer vor Jord, men er det end en lille Del, saa er den dog saa stor, at den i Løbet af et Aar, hvis den blev fordelt ligelig over hele Jorden, kunde smelte et Islag paa over et halvt Hundrede Meters Tykkelse. Den samlede Varmemængde, som Solen udsender, er imidlertid 2300 Millioner Gange større; hvis man kunde staa paa Solen og se Jorden, saa vilde den vise sig paa Himlen som en lille bitte Plet, og hele Himmelhvælvingens Flade er det nævnte Antal Gange saa stor som denne Plet.

Solens Straaler gennemfarer Himmelrummet med en enorm Hastighed, nemlig 40000 Mil (300000 Kilometer) i hvert Sekund; der er anstillet mange Forsøg over den Hastighed, med hvilken Lyset udbreder sig i Rummet, baade med Lyset fra Himmellegemer og med Lyset fra kunstig frembragte Lyskilder paa Jorden, og alle giver de nævnte Resultat. Da Jorden er omtrent 20 Millioner Mil fra Solen, saa er Lyset og Solens Straalevarme godt 8 Minutter om at komme fra Solen til Jorden.

Den Varmemængde, som Solen udsender, er saa mægtig, at hvis den blev produceret ved Forbrænding af Kul, saa maatte der i hver Time forbrænde 9000 kg Kul paa hver Kvadratmeter af Solens Overflade. Hvad der er Grunden til, at Solen trods den store Varmemængde, den udsender Aar for Aar, ikke er bleven svækket i denne Virksomhed, ved man ikke saa nøje, men den Antagelse har størst Sandsynlighed for sig, at Varmeudviklingen i Solen fremkommer ved en stadig Fortætning af Taagemasser. Solens Temperatur antages at være omkring en 7000°.

Solvarmen betinger alt Dyre- og Plantelivs Trivsel paa Jorden, og som vi skal se, er al Arbejdskraft paa Jorden i sidste Instans et Resultat af Solvarmen.

Ved Solstraalernes Indvirkning paa Planternes Bladgrønt bliver den Kulsyre, som findes i Atmosfæren, adskilt i sine Bestanddele Kulstof og Ilt; Ilten udaandes, men Kulstoffet optages i Bladcellernes Vædske og udgør en væsentlig Bestanddel

af det, der faar Planten til at vokse. Den frigjorte Ilt benyttes af Mennesker og Dyr til Aandedrætlet.

Af Fortidens Planter er der dannet Tørv og Kullag i Jorden, og vi ser altsaa, at naar vi brænder Brænde, Tørv eller Kul, og derved faar Varme frem, saa er det den Solstraalernes Energi, der i sin Tid blev anvendt til Planternes Vækst, som vi nu paa en Maade faar igen; den har ligesom været hengemt i lange Tider. En Dampmaskines Gang skyldes Forbrændingen paa Ildstedet, men til denne Forbrænding er Solenergien altsaa Ophavet.

Af Næringsmidlerne i Planterne lever Mennesker og Dyr, og lever de ikke af Planteføde alene, saa lever de af andre Dyr, der har faaet deres Næring fra Planterne, og Planternes Vækst skyldes Solstraalerne.

Ved Solens Varme fordamper Vandet i Have, Floder, Søer, fugtig Jordbund o. s. v., og disse Dampe stiger op i Luften, hvor de fortættes til Taage og Skyer, hvorfra det regner og sner, og dette fremkalder Vandløb som Floder, Elve og Aaer, hvis Arbejdsevne vi udnytter ved Hjælp af Vandhjul og Turbiner, og som ved at flyde ud i Have og Søer giver dem det Vand tilbage, som de mistede ved Fordampning.

Vindene fremkommer væsentlig ved en ulige Opvarmning af Jordens Overflade, og naar vi i Vejrmøller og andre Vindmotorer udnytter den Energi, der er i Vinden, saa er det altsaa egentlig den Solenergi, vi gør Nytte af, der medgik til at skabe Vindene.

Som nylig nævnt, og som Alle bekendt, udvikles der Varme ved Forbrænding, og denne Varmeudvikling hidrører fra en kemisk Forening, som ved den høje Temperatur foregaar imellem Atmosfærens Ilt og visse Stoffer i det, der forbrænder, især Kulstof og Brint. Disse to Stoffer findes i de organiske Stoffer, der kommer til Anvendelse ved Opvarmning, og ved deres Forening med Ilt fremkommer henholdsvis Kulsyre og Vanddamp; dersom der ikke er rigelig Adgang nok af Luftens Ilt (daarlig Træk), saa danner Kulstoffet en Forening med Ilt, som hedder Kulilte, hvori der kun er halvt saa megen Ilt som i Kulsyre; denne Luftart er giftig, den virker bedøvende, ja dræbende, naar den udvikles i større Mængder

i et Værelse. Kulsyre og Kulilte er usynlig; at Røg kan ses, hidrører fra, at der medrives fine Kulpartikler, der ikke er forbrændt, og som sværter Røgen; Dannelsen af stærk Røg sker fornemlig, naar man lige har fyret paa; jo mindre tæt Røgen er, desto fuldkomnere sker Forbrændingen paa Ildstedet, og desto bedre udnyttes altsaa Brændselet, vel at mærke, naar ikke Ilttilgangen er saa ringe, at der gaar Kulilte ud af Skorstenen.

Ved et Stofs Forbrændingsvarme forstaar man den Mængde Varmeenheder eller Kalorier, der fremkommer, naar 1 kg af Stoffet forbrænder; ved en Varmeenhed forstaar man jo (se Side 367) den Mængde Varme, der skal til for at gøre een Liter Vand een Grad varmere.

Man har fundet følgende Værdier for Forbrændingsvarmen:

Rent Kulstof (Grafit, Diamant)	7800	Trækul og Stenkul	7—8000
Brint	34,000	Petroleum	11,000
Træ (med 12 pCt. Vand)	4400	Dowsongas	1300
Kokes	7000	Vandgas	2900
		Lysgas	5500

Ved en fuldstændig Forbrænding af 1 kg gode Stenkul fremkommer der altsaa saa megen Varme, at 100 kg Vand kan opvarmes fra 20° til Kogepunktet; men al Varmen kommer os dog ikke til Nytte, idet der ved Forbrændingens Ufuldstændighed, til Ildstedets egen Opvarmning, ved Bortledning og Udstraaling osv. gaar Varme tabt, og en Del gaar ogsaa tabt i Røgen; denne er varm, og gaar derfor bort med noget af den ved Forbrændingen udviklede Varme.

En lignende Forbrænding som den, der her er omtalt, foregaar ogsaa i det menneskelige og dyriske Legeme; Fødemidlerne, der indeholder Kulstof og Brint, svarer til Brændselet, Aandedrættet til Trækken. Vi udaander Kulsyre, som dannes ved Kulstoffets Forening med den indsugede Ilt.

Naar man arbejder legemligt, saa tages den hertil fornødne Energi fra Kroppens Varmeindhold; man kunde da vente, at man vilde blive afkølet ved at arbejde, medens man tvertimod bliver varm, men Sagen er den, at Aandedrættet og dermed

Varmeudviklingen er livligere, naar man arbejder, hvorfor man ogsaa trænger til mere Næring, end naar man hviler.

Vi vil nu gaa over til en kort Oversigt over de forskellige Maader, paa hvilke man opvarmer Huse.

Kakkelovnen maa da først nævnes. Fig. 300 forestiller et Snit igennem en af de nu saa almindelige *Ventilationsovne*, hvor selve Kakkelovnen staar indeni et Hylster (Kappe) af Jernblik, hvor Luften kan strømme ind forneden, opvarmes af Ovnen og gaa ud foroven; hvis der altsaa ude fra det frie gaar en Luftkanal ind igennem Gulvet og udmunder under Ovnen, eller der kan komme frisk Luft ind igennem en Kanal, der ligger over Gulvet, — Ventilationskassen er indrettet saa, at begge Dele kan bruges —, saa suges der af den varme Ovn Luft ind udefra, og Værelset bliver saaledes ventileret; dog bør denne Luft filtreres ved Hjælp af Vat eller lignende, da ellers Støv let i altfor stor Mængde suges med ind. Selv om man nu ikke bruger denne Ventilation, saa bevirker Hylsteret, der omgiver Ovnen, en livligere Cirkulation af Luften i Værelset, forhindrer Fodkulde, og man generes ikke af Straalevarme fra Kakkelovnen. Disse Ovne har foruden en Forsatsrist tillige en Rysterist forneden, hvilken ved Hjælp af en Nøgle føres frem og tilbage, hvorved den fine Aske falder ned i Askebakken. Ovnens Varme reguleres ved Hjælp af Trækventilen, og ved at prøve sig frem faar man hurtig Kendskab til, hvorledes man skal manøvrere med den for at faa Værelset opvarmet, saaledes som man ønsker det. Ventilationen reguleres ved Hjælp af et Luftspjeld i Ventilationskassen. — En Beholder med Vand foroven i Ovnen giver ved Fordampning Luften i Værelset en passende Fugtighed.

I stedse stigende Grad anvender man *Centralopvarmning* og i Reglen i Forbindelse med et Ventilationsanlæg. Formaalet er at faa Værelset jævnt opvarmet over det hele, at forhindre Udstraaling af Varme fra Ovnen, at samle Opfyring og Passning paa et enkelt Sted, at undgaa Transport af Brændsel, Aske og Sod igennem Værelserne osv.

Til Central-Opvarmning benyttes tre Systemer: Varm Luft, Damp og varmt Vand.

Varm-Luft-Systemet. I Kælderetagen anbringes et stort Fyrsted, der er indrettet saaledes, at det kan opvarme en stor

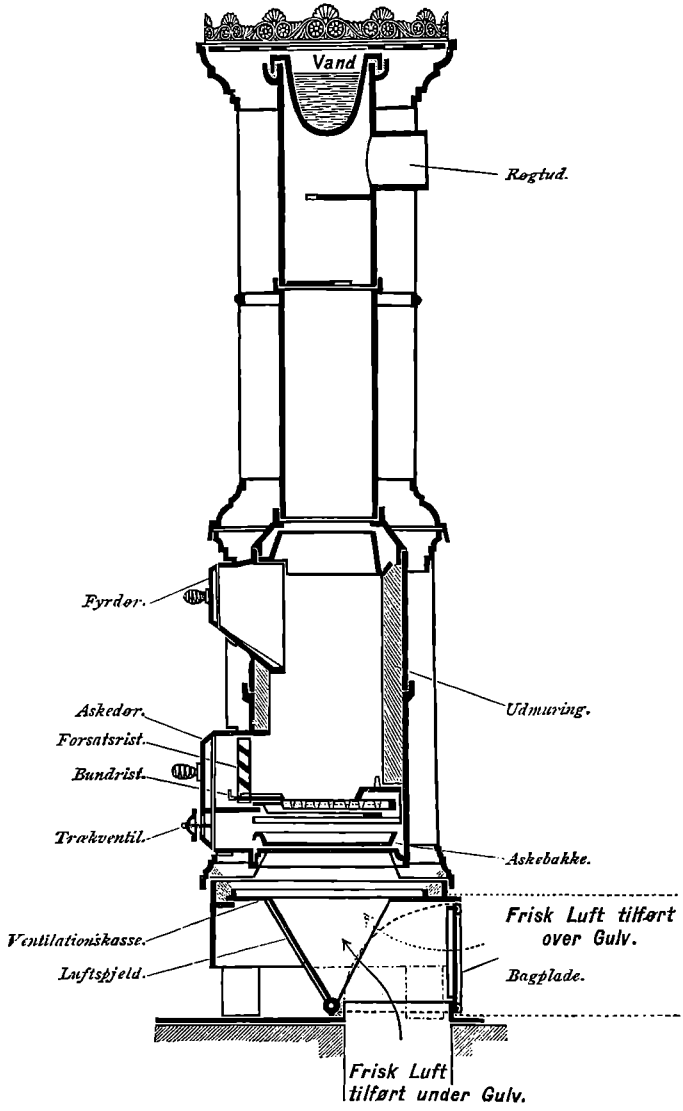


Fig. 300. Centralisationskakkelovn.

Luftmængde; et saadant Apparat kaldes en *Kalorifere*, og man har heraf mange forskellige Former, de fleste indrettet til

Forbrænding af Kokes; men i mange Tilfælde benyttes billigere Brændsel som Kokessmuld og Kulaffald, der udbredes i temmelig tynde Lag paa et System af Hylder, lavet af ildfast Materiale, henover hvilke Ilden føres. Forbrændingsprodukterne (Røgen) fra Fyret ledes igennem store Jernrør, der udvendig kan være forsynede med fremstaaende Ribber, for at Luften omkring dem kan faa saa stor Berøringsflade med dem som muligt. Fig. 301 viser et Snit igennem en saadan Kalorifere.

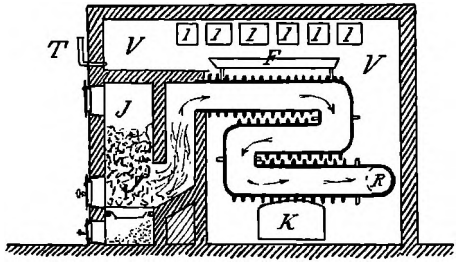


Fig. 301. Kalorifere.

I er Ildstedet, og Røgen herfra gaar igennem de *S*-formede Ribberør til Røgrøret *R*, der fører til Skorstenen. Den kolde Luft ledes ind ad Porten *K*, opvarmes af Ribberørene og stiger op i Varmekammeret *V*, hvor den optager Damp fra en Vandbakke *F*, og herfra ledes den saa ad Varmluftskanalerne *l* til Værelserne oppe i Huset. For at man kan kontrollere Temperaturen af den varme Luft, findes et Termometer *T*, som rækker ind i Varmekammeret.

Ved Opvarmning af Kirker eller lignende store enkelte Lokaler kan Varmluftsopvarmningen indrettes saaledes, at Luften, som opvarmes, tages fra Rummet selv; men som oftest ønsker man stadig Luftfornyelse, saaledes i Skoler, Sygehuse o. lign., og anvender da Ventilationsopvarmning. Et saadant System er fremstillet i Fig. 302.

Tværs under Bygningen findes en gennemgaaende Koldluftskanal *L*, der ved begge Sider gennem Luftbrønde *B* er i Forbindelse med det frie. Fra denne Kanal tilføres frisk Luft til Kaloriferen *K*, og fra Varmekammeret gaar den opvarmede Luft ad murede Kanaler gennem Regulerventilen *J* ud i Værelserne. Udsugningen fra disse af den tildels afkølede og fordærvede Luft sker ad andre murede Kanaler, der udmunder over Bygningens Tag. Til disse Udsugningskanaler er der for hvert Lokale en Reguleringsventil *U* ved Loft og ved Gulv,

for at man i Almindelighed kan benytte den nederste til Udsugning af den koldere Luft ved Gulvet og i enkelte Tilfælde, naar det paa Grund af Belysningens Virkning (Gas f. Eks.) eller lignende ønskes, kan foretage Udsugning af den varmere Luft ved Loftet igennem den øverste.

Ved denne Opvarmningsmaade sker Lufbevægelsen derved,

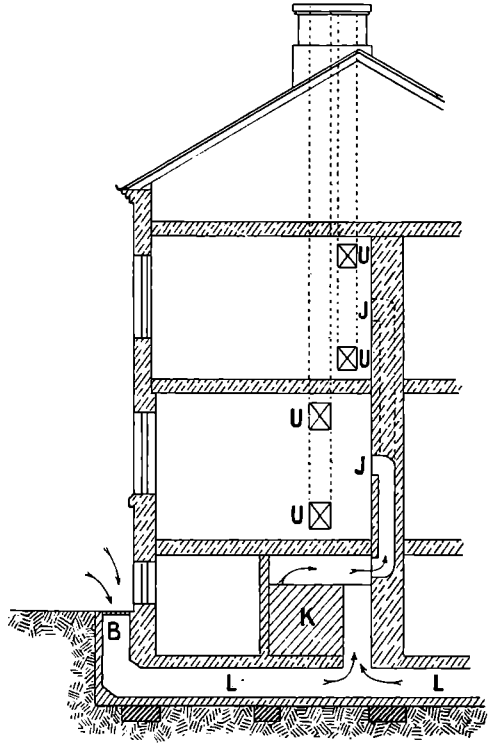


Fig. 302.

at den varme Luft er lettere end den ydre kolde, og at den derfor stiger op igennem Kanaler og Værelser, saa at Lufttrykket i de forskellige Rum og udenfor har Indflydelse paa hele Opvarmningens Gang. Dette System kan derfor lade sig paavirke noget af tilfældige Vindforhold, saa at der i Reglen let vil blive mindre varmt i den Side af Huset, hvor Vinden staar paa, end i Læsiden, fordi der altid findes mindre Utæt-

heder ved Vinduer o. lign. I denne Henseende kan man opnaa mere regelmæssig og sikker Virkning ved Systemerne med Damp og varmt Vand.

Damp-Opvarmning er vel det System, der har vundet størst Udbredelse, og det anvendes nu almindelig i større Nybygninger. Der anvendes da Damp ved et Tryk, som er imellem 1 og $1^1/_4$ Atmosfæres Tryk (lavspændt Damp), og

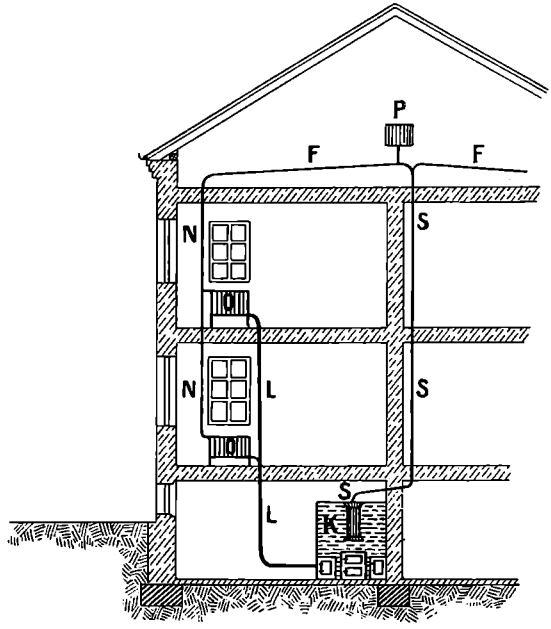


Fig. 303.

Varmeevnen er baseret paa den store Mængde Varme, som Damp afgiver, naar den fortættes (se Side 373).

Installationen af et Dampopvarmningsanlæg er i Reglen saaledes, som det er antydet i Fig. 303. Fra Kedlen *K* i Kælderetagen føres Dampen i en Jernrørsledning *S* op til Bygningens Loftsetage, og herfra forgrener Rørene *F* sig ud til forskellige Sider og ned i lodrette Damprør *N*, der fører Damp til de enkelte Ovne (*O*) i Værelserne. I disse (og tildels i Rørledningerne) fortættes Dampen paa Grund af Afkølingen til Vand, og dette afledes fra Ovnene i særlige Rør *L*, der gaar

ned til Kælderen og her fører Vandet tilbage til Dampkedlen. Det er saaledes det samme Vand, der stadig opvarmes, fordamper, stiger op i Kredsløbet og vender tilbage, og man behøver kun en Gang imellem at fylde en ubetydelig Smule frisk Vand paa Kedlen; derved undgaas den skadelige Dannelse af Kedelsten, der fremkommer, naar en Kedel stadig skal forsynes med nyt Vand. Undertiden har man ikke Loftsrum af en saadan Beskaffenhed, at man kan have Fordelingsledningerne liggende der; man kan da ogsaa lade Hoveddamprøret forgrene sig i Kælderen og have opadgaaende Damprør derfra til Ovnene.

Paa den særlige Dampledning, der fører til en Ovn i Stuen, findes en Reguleringshane, hvorved man kan regulere Damptilførselen og helt lukke for den. Selve Varmeovnene er i Reglen af Støbejern, deres Form og Udseende meget forskellig og retter sig efter, hvor og hvorledes de skal opstilles. Ofte anbringes de, som vist paa Fig. 303, under Vinduerne, dels for at modvirke Kulden, som trænger ind herfra, dels fordi de da ikke ses saa meget. Dampopvarmningen kan bekvemt forenes med Ventilationsanlæg, Varmtvandsforsyning til Vadskekummer, Badeapparater o. lign.

Varmt-Vands-Systemet er, hvor man ønsker at opnaa fuldkommen jævn, mild Opvarmning, som let og med Sikkerhed kan reguleres, at foretrække baade for Varm-Luft- og for for Damp-Systemet.

Anlæget af det er i Hovedtrækkene ligesom ved det foregaaende, men i Kedlen opvarmes Vandet ikke saa stærkt, at det koger, nemlig i Almindelighed kun til 60 à 70° C., højst til 80 à 90°. Kedlens Besætning er derfor naturligvis anderledes.

Rørledningen anlægges ganske paa samme Maade, og der anvendes de samme Former af Ovne som ved Damp. Baade Kedel, Rørledning og Ovne er helt fyldte med Vand, og for at der ikke ved den Udvidelse, som følger af Opvarmningen, skal frembringes for højt Tryk i Systemet, og maaske sprænges noget af det, anbringes der i Loftsetagen ved det øverste Punkt af Rørsystemet en Ekspansionbeholder (*P* i Fig. 303), der er i aaben Forbindelse med Luften, saa at Vandet frit kan udvide

sig deri. Opvarmningen foregaar da saaledes, at det varme Vand fra Kedlen stiger op i Kredsløbet og efter at være noget afkølet i Ovnene igen synker ned og løber tilbage til Kedlen. Heller ikke her behøves nogen videre Efterfyldning af frisk Vand.

Medens man ved Damp-Opvarmning ikke kan holde lavere Temperatur i Kedlen og i Rørledningerne end noget over 100° C., saa kan man ved Varmt-Vands-Systemet regulere Temperaturen af Vandet i selve Kedlen i Forhold til den ydre Temperatur. Som Følge af den lavere Temperatur vil Varmeafgivningen blive mildere og behageligere end ved Damp, og den kan yderligere reguleres ved Ventilhaner paa Ovnene. — Varmt-Vands-Systemet er da ogsaa, navnlig i den allernyeste Tid, bleven meget anvendt i herskabelige Boliger, Villaer, Café- og Selskabslokaler, Kontorer, nogle Hospitaler og Stiftelser.

Opvarmning ved Damp og Vand fordrer et ret omfangsrigt Rørsystem, men det er i Almindelighed Rør med smaa Diametre, der er Tale om, og i nye Huse kan man uden Vanskelighed anbringe dem saaledes, at de slet ikke ses eller i hvert Fald kun er lidet fremtrædende. Paa saadanne Steder, hvor de helst ikke maa afgive Varme, beklæder man dem med et isolerende Materiale (Korkmasse, Asbest, Filt, Lærred o. lign.).

Elektrisk Opvarmning er ganske vist kommen til Udførelse enkelte Steder, men den har endnu ikke faaet en saadan Udvikling, at den har nogen almindelig praktisk Betydning; den har den Fordel, at Ledningerne er lette at anbringe og ikke optager megen Plads.

Den Ventilation, der er omtalt under de forskellige Opvarmningssystemer, er den saakaldte selvvirkende Ventilation, men undertiden kræves der en kraftigere og sikrere Luftfornyelse, og da anvendes der mekaniske Hjælpemidler, i Reglen Skrueventilatorer eller Centrifugalblæsere, der med Kraft kan fremdrive en Luftstrøm. Mindre Ventilatorer anbringes undertiden til Udsugning fra enkelte Lokaler, men man har ogsaa Anlæg, hvor der er mekanisk, central Ventilation. Der tages da Luft fra det frie paa et passende friskt Sted, og den suges

ind i et Rum — Støvkammeret — hvor tilfældig medrevne Urenheder (Blade, større Støvfnug) falder til Jorden, passerer igennem et Regnbad og et Filter af Musselin eller fint Metaltraadsvæv, og derefter presses den ved Hjælp af en stor Ventilator ind i et Varmekammer, hvor den opvarmes og befugtes i passende Grad for derefter ad murede Kanaler at gaa til Værelserne. Om Sommeren benyttes denne Ventilation da uden Opvarmning af Luften, der blot renses, filtreres og afsvales noget ved at passere et kraftigt Regnbad. De Ventilatorer, der anvendes, drives i større Byer i Reglen med Elektricitet, hvilket er meget bekvemt og ikke dyrt.

Dampmaskinen.

Et Dampmaskinanlæg bestaar af to Hoveddele: *Dampkedlen,* hvori den Damp udvikles, hvis Arbejdsværdi man vil udnytte, og den egentlige Maskine, hvor Dampens Arbejdsværdi bliver udnyttet.

Dampkedlen er en lukket Kedel, dannet af sammennittede Jernplader og i Reglen formet som en vandret liggende Cylinder; hvor det lader sig gøre, bør den være indmuret, for at Varmetabet skal blive saa lille som muligt. Ildstedet kan være under Kedlen, men findes ofte indvendig i Kedlens ene Ende. Det er Formaalet at faa en saa stor *Varmeflade* som vel muligt, d. v. s. at faa Vandet i Kedlen opvarmet igennem saa mange af Ildstedet og Røgen ophedede Flader som muligt; Røgen ledes derfor fra Ildstedet igennem de saakaldte Ildkanaler, som Vandet berører, før den gaar ud i Skorstenen; paa Vejen tages der saa Varme fra Røgen, og i jo højere Grad dette kan ske, desto bedre udnytter man den ved Forbrændingen udviklede Varme. Hyppigst bruges den Kedelform, som Fig. 304 viser, hvor der inde i Kedlen gaar en lang Cylinder fra den ene Ende til den anden, og i denne Cylinders ene Ende findes Ildstedet, hvorfra Forbrændingsprodukterne („Røgen") saa stryger igennem hele denne Cylinder; er Kedlen

indmuret (Fig. 305 og 306), saa er der i Murværket dannet Kanaler, hvorigennem Røgen, naar den er kommen igennem nævnte Cylinder, føres fremefter langs Kedlens Ydersider og derpaa tilbage langs Kedlens Underside for saa tilsidst at udmunde i Skorstenen. Det gælder som nævnt om at tage saa megen Varme fra Røgen som muligt til Vandets Overgang i Dampform; naar Røgen træder ud i Skorstenen, har den en Temperatur af omkring 300°. Den opadgaaende Luftstrøm, som den varme Skorsten fremkalder, frembringer en Sugning

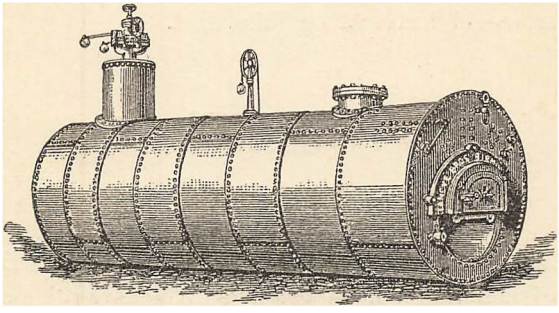


Fig. 304. Almindelig Dampkedel.

i Kanalernes Indre, og ved denne Sugning strømmer der Luft ind udefra til Ildstedet; en saadan Lufttilførsel er nødvendig for Forbrændingen, thi under denne forener Brændselets Kulstof (og Brint) sig med Ilten i Atmosfæren. Skal Brændselet udnyttes saa meget som muligt, saa maa Forbrændingen være fuldstændig, og da maa hvert kg Kulstof have $2^2/_3$ kg Ilt til sin Forbrænding, d. e. ca. 12 kg atmosfærisk Luft eller med andre Ord ca. 10 Kubikmeter. Megen Luft slipper imidlertid igennem Ildstedet uden at forene sig med Kullet, men kan man blot indrette det saaledes, at der ikke føres mere end 20 Kubikmeter Luft til for hvert kg Kul, saa er det endda saa godt et Resultat, som man kan opnaa; for megen Luft skader jo derved, at den gør Røgen koldere.

Ildstedet bestaar af en øvre og en nedre Del: *Ildrummet* og *Askerummet*, skilte fra hinanden ved en *Rist*, paa hvilken Brændselet lægges; Luften strømmer fornemlig ind i Askerummet og gaar igennem Ristaabningerne op til Brændselet.

Naar Damptrykket bliver stort i Kedlen, behøves der ikke saa livlig Forbrænding paa Ildstedet, og Kedlen kan indrettes saaledes, at den selv automatisk regulerer Forbrændingen.

Selv de bedste og største Dampmaskiner kan kun udnytte ca. en halv Snes Procent af det Kul, der forbrænder paa Ildstedet.

Da den indre Ildkanal ophedes stærkt, udvider den sig ogsaa forholdsvis meget; for at den ikke derved skal komme til at udøve uheldigt store Tryk paa Kedlens Endeflader, gør

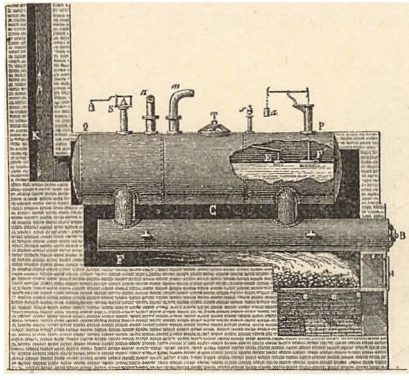


Fig. 305.

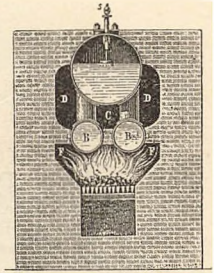


Fig. 306.

man ofte dens Sider bølgeformede, hvorved Elasticiteten bliver stor, og man opnaar tillige at forstørre Ildpaavirkningsfladens Areal samt at give Kanalen større Modstand imod Dampenes Tryk, der virker udvendig paa Kanalen og med Tilbøjelighed til at klappe den sammen.

Fig. 305 og 306 viser en anden Form for Kedlen end den i Fig. 304, nemlig en Kedel med „Kogerør". Under den egentlige Kedel *PQ* ligger der to lange, men mindre vide Rør *BB*, forbundne med Kedlen hvert med to korte, lodrette Rør; de to Rør *B* og deres Forbindelsesrør er helt fyldte med Vand, *PQ* derimod kun godt og vel halvt. Det hele er indmuret saaledes, at der er et stort Røgrum *FF* under Rørene *BB*, og over dem gaar der tre lange Kanaler *D*, *C*, *D*; Røgen gaar fra Ildstedet igennem *FF*, dernæst fremefter igennem Midter-

kanalen *C* foroven, bøjer derpaa om og gaar tilbage igennem Kanalerne *DD* for saa til sidst at gaa ud i Skorstenen *K*.

Man kan ogsaa lade Ilden virke først paa den store Kedel og derpaa lede den omkring de nedre Cylindre; disse sidste kaldes da Forvarmere.

De paa Kedlens Overflade anbragte Apparater er følgende: *S* er Sikkerhedsventilen; *n* er Føderøret, som gaar ned næsten til Kedlens Bund, og hvorigennem Kedlen forsynes med frisk Vand — til Erstatning for det, som fordamper, — ved Hjælp af den saakaldte Fødepumpe, der drives af Dampmaskinen selv; *m* er *Damprøret*, som fører Dampen hen til Maskinen

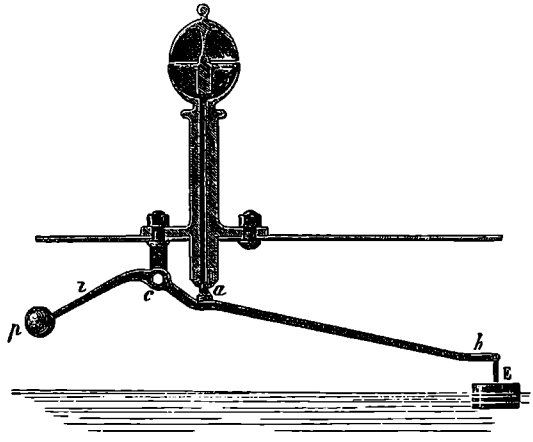


Fig. 307.

T Mandehullet, *f* en *Alarmfløjte* og længst til højre en *Svømmer*, der angiver Vandstanden.

Alarmfløjten, der ses i større Maalestok i Fig. 307, giver sig til at pibe, naar Vandstanden i Kedlen synker lavere, end den bør. Den bestaar af en Flyder *E* paa Vandet, befæstet til den ene Ende af en lang Vægtstang *ih*, der har sit Hvilepunkt i *c* og en Kontravægt *p* paa den anden Arm. Vægtstangen bærer en kegledannet Prop *a*, som lukker for et i Kedlens Overdel anbragt lodret Rør, der foroven har en Fløjte, som kommer til at lyde, saa snart *a* gaar ned, idet der da kan slippe Damp ud igennem Røret op til Fløjten. Udenpaa Kedlen er „laveste Vandstand" markeret, og saa længe Vand-

standen er højere, trykker Flyderen *a* op imod Røret, men naar Vandstanden bliver for lav, følger Flyderen med, og saa er det, at Fløjten piber for at tilkendegive, at Kedlen trænger til Vand.

Svømmeren F (Fig. 305) er befæstet til en Metaltraad, der gaar op igennem Kedlen til en Vægtstang, i hvis anden Ende der hænger et Vægtlod *a*; *F* er tungere end *a*, men da den gaar noget ned i Vandet, faar den en Opdrift fra dette, og naar Vandstanden er normal, staar Vægtstangen vandret. Synker Vandet derimod under det normale, bliver Opdriften paa *F* mindre, og *F* synker ogsaa, saa at Vægtstangen kommer til at hælde. Vandstanden kan saaledes bedømmes efter den lille Vægtstangs Stilling (paa Kedlen i Fig. 304 er Vægtstangen ombyttet med en Trisse).

Men til Undersøgelse af Vandstandens Højde bruges desuden altid — og det er paabudt i Loven — de to Indretninger *Vandstandsrør* og *Sikkerhedshaner*.

Vandstandsrøret (Fig. 308) er et stærkt Glasrør, indsat i to Metalrør, der gaar vandret ud fra Kedlen, det ene noget over og det andet noget under normal Vandstand; i dette Glasrør stiller Vandet sig i samme Højde som inde i Kedlen, og man kan altsaa se paa Røret, hvor højt Vandet staar i Kedlen.

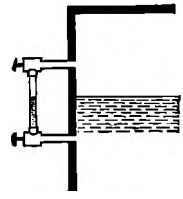


Fig. 308.
Vandstandsrør.

Sikkerhedshanerne er 3 i Antal; det er korte Rør med Haner paa, der gaar ud fra Kedlens ene Endeflade. Det ene Rør er $7^1/_2$ cm *over*, det andet $2^1/_2$ cm og det tredie $7^1/_2$ cm *under* „laveste Vandstand"; man skal altsaa altid faa Damp ud af det øverste, Vand ud af det nederste og af det mellemste Rør.

De sidst beskrevne Apparater har alle til Hensigt at vise Kedelpasseren, hvor Vandstanden er, og alarmere ham, inden Vandet er sunket for dybt. Dette er nemlig et Punkt af stor Vigtighed. Naar Kedlen nemlig er i Brug, er alt Materiale opvarmet og spændt; hvis nu noget af Ildpaavirkningsfladen er blottet for Vand, og der paafyldes koldt Vand, finder der en pludselig Sammentrækning Sted af de blottede Dele; herved kan der let opstaa en lille Revne, men da derved Trykket i Kedlen

synker, finder der en saa stærk Dampudvikling Sted, at Dampboblerne slaar Vandet imod Kedelvæggen, og en Sprængning indtræder let. Opdages det, at Vandstanden er under den nederste Sikkerhedshane, bør man hurtigst rage Ilden ud af Fyrstedet; staar den imellem den nederste og den mellemste Hane, fylder man Vand paa.

Sikkerhedsventilen ses i Fig. 309. Fra Kedlens Overside gaar et Rør *A* op, som er dækket med en Ventil *c*, og denne Ventil holdes ind til Røret ved det Tryk ned paa den, som Vægten *p* frembringer, der hænger ude i Enden af Vægtstangen *ba*, hvilken hviler paa *c* og er drejelig om en Akse ved *a*. Under Opfyringen vil Damptrykket i Kedlen stadig vokse, indtil det bliver saa stort, at det kan løfte Ventilen *c*, hvorved Dampen kan undvige; det vil altsaa ses, at jo tungere *p* er, og jo længere Arm den hænger paa, desto højere kan Trykket i Kedlen stige. Alle Dampkedler er underkastede offentligt Tilsyn, og ved dette kontrolleres det, at Ventilens Belastning er afpasset efter det Tryk, der er fornødent til at aabne den, hvilket Tryk er afhængigt af det større Tryk, som Kedlen er prøvet for.

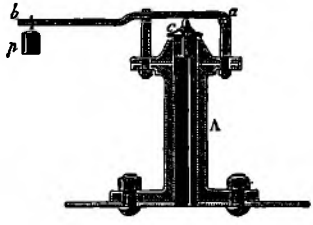


Fig. 309. Sikkerhedsventil.

Mandehullet er et Hul paa Kedlen saa stort, at en stor Dreng kan komme derigennem ind i Kedlen for at rense den for den Kedelsten, der efter længere Tids Brug har sat sig fast derinde og beklæder Kedlen med et varmeisolerende Lag, der hæmmer Varmens Overgang fra Røgen til Vandet. Under Kedlens Brug er Hullet dækket med en paaskruet Plade.

Enhver Dampkedel skal endvidere være forsynet med et *Manometer* (se Side 318), og her bruges da saa godt som altid Metal-Manometret.

Paa *Damprøret*, der tjener til at føre Dampen hen til den egentlige Maskine, sidder der en Hane eller Ventil, saa at man ved at dreje paa denne efter Behag kan slippe Dampen ind i Maskinen og stoppe op for den, men desuden er der undertiden inde i Damprøret et Spjæld (*v* i Fig. 311), som er

sat i Forbindelse med en Regulator paa Maskinen paa en saadan Maade, at jo hurtigere Maskinen gaar, desto mere drejes Spjældet for og omvendt; derved sikrer man sig en saa regelmæssig Gang af Maskinen, som muligt. Den Del af Maskinen, der paa denne automatiske Maade drejer Spjældet i Damprøret, er *Centrifugal-Regulatoren*, hvilken senere (Side 401) skal blive omtalt.

Lokomotivkedlen er indrettet saaledes, at der er en Mængde snævre Ildkanaler, ɔ: Rør, igennem hvilke Røgen fra det

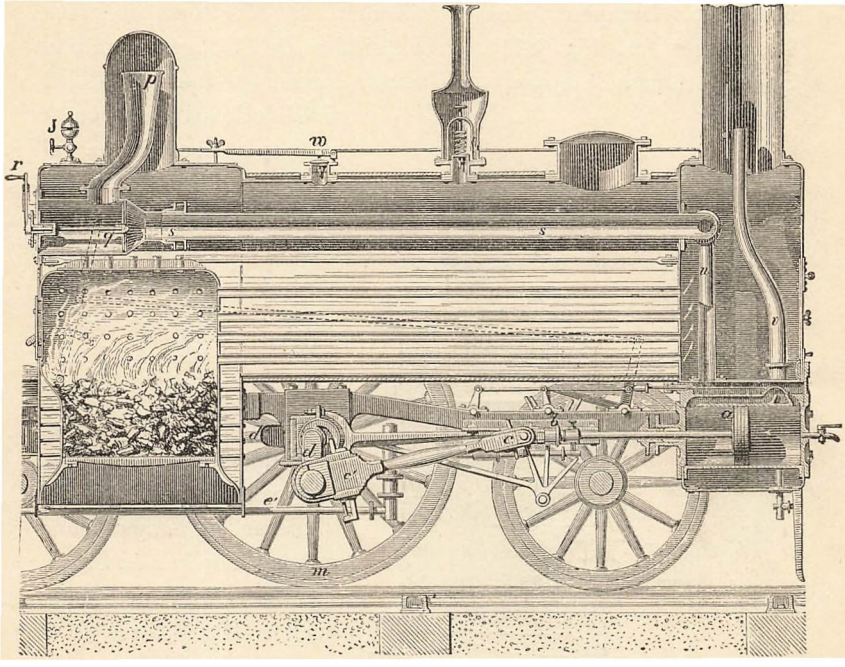


Fig. 310. Lokomotivkedel.

indvendige Ildsted ledes til Skorstenen, og Ildstedet og disse Ildkanaler er omgivne af Vandet. Dampen, der udvikles, samler sig i en Kuppel foroven, og herfra kan den igennem Rørene *p*, *ss* og *u* slippes ind i de to Maskiner paa Kedlens Sider; ved at dreje paa Haandsvinget *r* kan man aabne en Ventil *q*, der giver Dampen Adgang til Maskinen igennem Røret *ss*. Vi skal senere (Side 401 og 402) vende lidt tilbage til Lokomotivet.

I de senere Tider anvendes den saakaldte *Vandrørskedel* i stigende Udstrækning. Vandet ophedes i Rør, som Ilden ledes udenom, medens i den nys omtalte Kedel Ilden gik gennem Rør med Vand udenom. Fordelen ved Rørkedlen er, at Vandet kommer i kraftig Cirkulation under Opvarmningen, hvorved Fordampningen fremmes, og at de snævre Rør, som Vandet opvarmes i, byder større Sikkerhed mod Eksplosion, selv om Trykket er stort.

Vi gaar saa over til at beskrive Indretningen af selve Maskinen. Dampen ledes fra Kedlen til Maskinen igennem Damprøret (*x*, Fig. 311), hvori sidder det tidligere omtalte Spjæld, „Drosselklappen" *v*. Dampen træder fra Røret først ind i Gliderkassen *d*, der er anbragt paa Siden af den egentlige Dampcylinder *P*, hvori Dampen skal drive et Stempel *T* skiftevis frem og tilbage eller op og ned, eftersom Cylinderen ligger ned eller staar lodret. Gliderkassen er nøjagtig plansleben paa den Side, der vender ind imod Cylinderen og langs denne plane Flade kan en Skaal, „Glideren" *y*, med plansleben Rand føres frem og tilbage (op og ned). I den tykke Væg imellem Gliderkasse og Dampcylinder gaar der tre Kanaler, nemlig de to „Dampgange" eller „Næsebor" *a* og *b*, som udmunder ved Dampcylinderens to Endeflader, og et tredie Rør *O*, som fører fra Gliderkassen ud igennem Siden, enten til det frie eller til den saakaldte Kondensator; dette Rør, der kaldes Spildedamprøret, udgaar fra Gliderkassen midt imellem Dampgangenes Udgangssteder. Glideren er saa stor, at den kan dække over Indgangen til dette

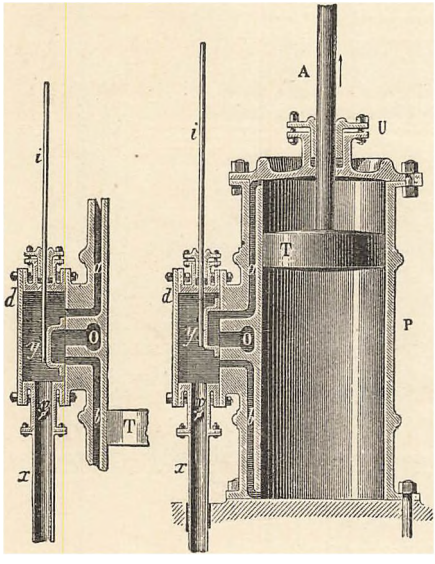


Fig. 311. Dampcylinder med Glidebane.

midterste Rør og den ene af de to Dampgange. Saa vel fra Stemplet *T* som fra Glideren *y* gaar der Stempelstænger (*A* og *i*) damptæt ud igennem den ene Endeflade af de respektive Cylindre.

Virksomheden er nu følgende: Lad os antage, at Glideren i Øjeblikket har den Stilling, som den højre Del af Figuren viser; Dampen, der kommer ind i Gliderkassen, vil herfra strømme igennem Dampgangen *b* ind i Dampcylinderen og presse Stemplet *T* tilvejrs ved sit Tryk. Under denne Stemplets opadgaaende Bevægelse fører Maskinen selv Stangen *i* og dermed Glideren *y* nedad, og naar *y* derved kommer til at dække over Indgangene til *O* og til *b* (venstre Del af Figuren), saa kan Dampen slippe fra Gliderkassen igennem Dampgangen *a* ind i Dampcylinderen, og den vil da ved sit Tryk drive Stemplet *T* nedad; den Damp, som er under *T*, og som har udført Arbejde ved før at drive *T* tilvejrs, den trykkes nu af Stemplet ud igennem Dampgangen *b*, op i Glideren *y* og derfra ud igennem Røret *O*. Saa flyttes *y* igen op, Dampen kommer ind under Stemplet igennem *b*, og Dampen ovenover Stemplet drives ud igennem *a*, Glideren og Røret *O*. Vi ser altsaa, at naar man blot sørger for, at Glideren gaar paa rette Maade op og ned, saa gaar Stemplet taktfast ned og op; Gliderens regelmæssige Bevægelse op og ned lader man Maskinen selv besørge.

Men man vil næsten altid have Maskinen til at frembringe en omdrejende Bevægelse, og det gælder da saa om at faa Stemplets Bevægelse frem og tilbage omsat til en roterende Bevægelse. Dette sker ved Hjælp af en *Krumtapsmekanisme*.

Fig. 312 og 313 viser os en lodret staaende Dampmaskine, set fra to Sider; helst anbringer man Maskinen i vandret Stilling, da den saa kan lægges paa et muret Fundament (se Fig. 314), og alle Aksellejer er da anderledes fast anbragte.

A er Damprøret, *Z* er Gliderkassen, *C* Dampcylinderen; *D* er Spildedamprøret, igennem hvilket den i Dampcylinderen forbrugte Damp forlader Maskinen. Stempelstangen har en Tværarm *GG*, hvis Ender glider op og ned ad de to lodrette Søjler *KH*, hvorved den styres, og fra Stempelstangens øverste Punkt *E* udgaar den saakaldte Plejlstang *EF*, hvis øverste

Punkt *F* er hængslet til Armen, Krumtappen *OF*, der ved *O* sidder fast paa Maskinakslen og udgaar tværs paa denne. Naar Stemplet gaar opad, trykker Stempelstangen igennem Plejlstangen *EF* paa Endepunktet af Krumtappen, hvorved Akslen drejes rundt, idet Punktet *F* beskriver en Kreds omkring *O*. Naar Stemplet har naaet sin højeste Stilling og derpaa gaar nedad, saa skal Plejlstangen ved sit

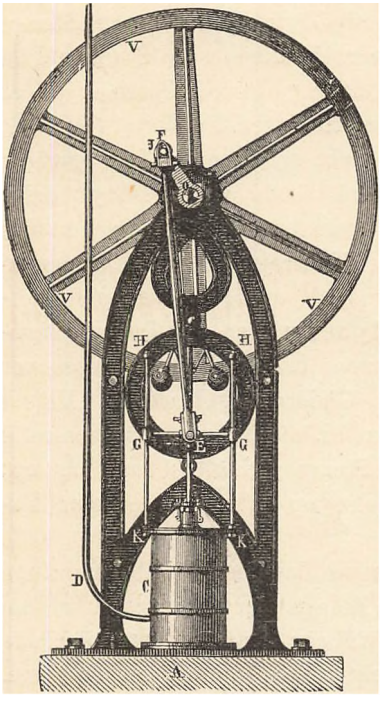


Fig. 312.

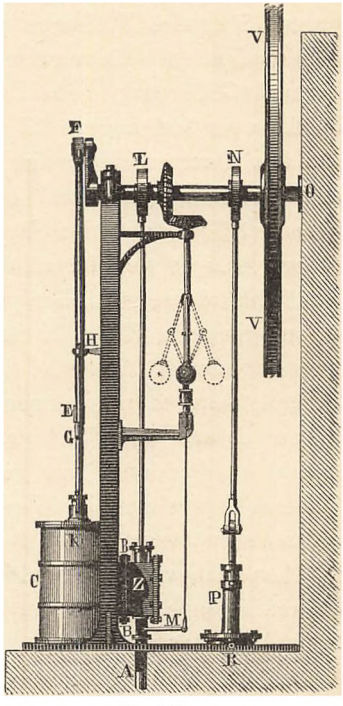


Fig. 313.

Træk i Krumtappen dreje Akslen *O* videre i den samme Retning. Men vi forstaar da, at Stempelstangen virker ulige stærkt paa Akslen efter Krumtappens forskellige Stillinger, og at Maskinen faar to Dødpunkter, nemlig Stemplets øverste og nederste Stilling, thi da ligger Krumtappen henholdsvis bag og i Forlængelsen af Plejlstangen, og denne er derfor ikke i Stand til at føre Krumtappen ud til Siden. Ud over disse Vanskeligheder hjælper *Svinghjulet* (*V*) Maskinen, et stort Hjul

med en svær Hjulkrans; dette Hjul sidder fast paa Maskinakslen og føres altsaa med rundt. Et saadant Hjul vil, naar det en Gang har faaet en vis Fart, ikke saa let forandre denne, og det regulerer altsaa Maskinens Gang og fører den ud over Dødpunkterne. Hvor Forholdene gør Anbringelsen af et Svinghjul umulig, og hvor man skal kunne sætte Maskinen i Gang i alle Stillinger, der maa man anvende to Dampcylindre, hvis Stempelstænger virker paa Akslen hver igennem sin Krumtap, og disse Krumtapper er forskudt saaledes for hinanden i Henseende til Retning, at den ene saa vidt muligt er i den gunstigste Sillling, naar den anden er i et Dødpunkt; de hjælper saa hinanden ud over de døde Punkter. Dette er saaledes Tilfælde paa Lokomotivet (se Fig. 310). I den Stilling, som Glideren her har, strømmer Dampen ind i Cylinderen længst tilhøjre, saa at Stemplet gaar tilvenstre; der udøves da et Tryk tilvenstre igennem Plejlstangen *cc'*, og Krumtappen *d* drejes rundt; derved kommer Drivhjulet *m* til at gaa rundt med „Urviseren", og Lokomotivet kører frem. Naar Lokomotivet skal standses, lukkes Ventilen *q* ved Drejning paa Haandsvinget *r*, og der kommer ingen Damp til Cylinderen. Ved en særlig Mekanisme kan man flytte Glideren, saaledes at den Kanal, der før gav Dampen Adgang til Cylinderen, lukkes, og den Kanal, igennem hvilken Dampen før gik ud, kan nu lade Dampen slippe ind i Cylinderen. Sker dette, gaar Stemplet den modsatte Vej af før, og Lokomotivet kører nu tilbage, hvis det før gik frem.

Gliderens taktfaste Bevægelse op og ned besørger Maskinen ved Hjælp af en paa Maskinakslen siddende, krumtaplignende Indretning, som kaldes *Ekscentriken* eller en *ekscentrisk Skive* (*L*).

Drosselklappen i Damprøret *A* (Fig. 314) drejes ved Hjælp af Vægtstangen *MB*, der staar i Forbindelse med *Centrifugalregulatoren*, hvis lodrette Akse drejes rundt af Maskinen; under Omdrejningen slaar de to svære Kugler ud og desto mere, jo hurtigere Maskinen gaar, altsaa jo mindre den har at trække; en Skyder omkring Regulatorens Akse trækkes derved tilvejrs, og det er denne Skyder, som derved kommer til at dreje *MB*.

N er en anden ekscentrisk Skive, hvorved Maskinen driver Fødepumpen *P*.

Højtryksmaskiner og *Kondensationsmaskiner*. I Dampmaskinens ældste Tider anvendte man kun Damp ved lavt Tryk, sjældent overstigende $1^1/_2$ Atm., medens de moderne Maskiner i Reglen er indrettede for højere Tryk, op til 12—15 Atm., hvilket er økonomisk fordelagtigere.

Man skelner gerne imellem *Kondensationsmaskiner*, der har *Kondensator*, og *Højtryksmaskiner*, der mangler en saadan; disse Navne er for saa vidt vildledende, som ogsaa de første i Reglen konstrueres for højt Tryk.

I de sidste, Højtryksmaskiner i snævrere Forstand, — Ikke-Kondensationsmaskinerne, — hvilke anvendes, hvor man har at gøre med mindre Maskiner eller saadanne større, hvor man ikke særligt lægger an paa Besparelse i Brændsel, lader man den i Dampcylinderen nyttiggjorte Damp strømme igennem Røret *O*, Fig. 311, eller Røret *D*, Fig. 312, ud i det frie, hvorved ganske vist Stemplet paa sin Vej fremad maa overvinde den ydre Lufts Tryk, men det er en saa lille Brøkdel af Damptrykket, at det ikke faar synderlig Betydning, og man bliver fri for en hel Del Biapparater; i Lokomotivkedlen (Fig. 310) bruges denne Damp til at fremme Trækken i Skorstenen (igennem Røret *v*), hvad der er en Nødvendighed, fordi Skorstenen paa Lokomotivet er for lav til, at den uden en saadan ekstra Udblæsning kan tilvejebringe den fornødne Træk paa Ildstedet.

I de ældre Dampmaskiner gjorde naturligvis det lave Tryk en Ordning som den beskrevne umulig; disse Lavtryksmaskiner var altid forsynede med Kondensator.

Kondensationsmaskinerne har det Fortrin fremfor „Højtryksmaskinerne", at de er mere brændselsbesparende. Her ledes den brugte Damp fra Cylinderen til en Kondensator (Fortætter), der bestaar af et lukket, lufttomt Kammer, i hvilken Spildedampen afkøles og for Størstedelen kondenseres (fortættes). Afkølingen af Kondensatoren sker enten ved Indsprøjtning af koldt Vand eller ogsaa ved Overfladekondensation, i hvilket Tilfælde Kondensatorkammeret omgives af koldt Vand eller er gennemtrukket af en Mængde smaa Rør, i hvilke der

cirkulerer koldt Vand. Det ved Spildedampens Fortætning dannede Vand udpumpes ved Hjælp af en Pumpe, der kaldes *Luftpumpen*, fordi den tillige pumper den Luft bort, som kommer ind i Kassen med det kolde Vand. Stemplet faar saa kun at overvinde det Tryk, som den ikke fortættede Damp i Kondensatoren udøver, og dette Tryk beror paa Temperaturen; denne er ca. 40°, og Damptrykket ved denne Temperatur er kun ca. $^1/_{10}$ Atm. Tryk. Luftpumpen pumper Vandet fra Kondensatoren over i Varmtvandskassen, og herfra pumper en Trykpumpe, *Fødepumpen*, det tilbage til Kedlen igen. Alle disse Pumper drives af Maskinen selv.

Ekspansion. Man lader ikke Dampen fra Gliderkassen vedblive at strømme ind i Dampcylinderen, indtil Stemplet er kommen til Enden af Cylinderen, men man indretter Glideren og dens Bevægelse saaledes (f. Eks. ved smaa Fremspring ved Gliderens Rand, se Fig. 311, eller ved 2 Glidere), at der stoppes af for Damptilførselen, naar Stemplet er kommen en lille Del af sin Vej frem, og saa lader man den Damp, der er kommen ind i Cylinderen, drive Stemplet videre frem ved sin Udvidekraft, sin *Ekspansion*. Herved spares der Damp og dermed Brændsel. I Almindelighed varieres Fyldningsgraden efter Maskinens Arbejde, saaledes at Cylinderen faar en større Fyldning, naar Maskinen har meget at trække, og omvendt en mindre Fyldning, naar Maskinen løber tom eller kun har et ringe Arbejde at udføre. I Reglen bliver Fyldningsgraden varieret automatisk af Regulatoren, som da staar i Forbindelse med Glideren, og det tidligere omtalte Spjæld i Damprøret (Drosselklappen) udelades. Ved denne Reguleringsmaade opnaar man bl. a. stor Dampbesparelse.

Høj- og *Lavtryksmaskine* eller Kompoundmaskine er Navnet paa Maskiner, ved hvilke den nysnævnte Ekspansion foregaar derved, at man benytter to Cylindre. Tænker vi os, at Dampen kommer ind i den første Cylinder, Højtrykscylinderen, ved 8 Atm. Tryk, saa kan man ved Ekspansion f. Eks. lade dens Tryk blive formindsket til 2 Atm. Tryk, og denne Damp ledes saa ind under Stemplet i den anden Cylinder, Lavtrykscylinderen, hvor Damptrykket maaske ved Ekspansion formindskes til $^1/_4$ Atm. Tryk. Dette er mere økonomisk, end om

man anvendte een Cylinder og indrettede Glideren saaledes, at der blev spærret saa hurtig af for Dampen, at Dampens Tryk ved Ekspansion i denne Cylinder faldt fra 8 Atm. til $^1/_4$ Atm. Tryk, thi ved en saa kraftig Ekspansion sker der en saa stærk Afkøling af Cylinderen, at en Del af den næste Gang indtrædende Damp vilde fortættes til Vand, saa at Damp- og dermed Brændselsforbruget vilde blive større; desuden vilde der fordres stærkere Maskindele. De to Cylindres Stempelstænger virker ved Krumtapper paa en fælles Maskinaksel, og disse Krumtapper kan man stille saaledes, at de danner en ret Vinkel med hinanden, hvorved den ene Cylinder hjælper den anden ud over de døde Punkter; men da Stemplerne ikke følges ad, maa man imellem Cylindrene indskyde et Reservoir, som modtager den brugte Damp fra Højtrykscylinderen og beholder den, indtil Lavtrykscylinderen skal bruge den. — Man er gaaet videre og har indrettet Compoundmaskiner med 3, ja med 4 Cylindre.

Endnu skal nævnes den af Svenskeren *Laval* konstruerede Dampturbine, hvor Dampen ikke udnyttes i en Cylinder, men i en Turbine (smlgn. Fig. 215), som derved bringes til at rotere med stor Hastighed.

Hestekraft. Ved en Hestekraft forstaar man en Arbejdsydelse i hvert Sekund paa 75 Kilogrammeter; naar altsaa en Dampmaskine under Gangen udfører et saa stort Arbejde, at den i hvert Sekund kan løfte 75 kg 1 Meter til Vejrs, saa er den paa 1 Hestekraft. Kan den udføre et $3^1/_2$ saa stort Arbejde, da er den paa $3^1/_2$ Hestekraft. Men de fleste har vistnok læst om effektiv Hestekraft, og indiceret Hestekraft, hvorfor det vel vil være rigtigt at forklare disse Benævnelsers Betydning.

Ved *effektiv* Hestekraft forstaas det Arbejde, som Maskinen kan udføre ved Hjælp af sin Maskinaksel.

Ved *indiceret* Hestekraft forstaas det Arbejde, som Dampen meddeler Stemplet, altsaa den Arbejdsværdi, som Dampen, der kommer ind i Dampcylinderen, afgiver til Stemplet; den kan maales ved Hjælp af et lille Apparat, *Indikatoren*, som

sættes i Forbindelse med Dampcylinderen. Paa Grund af Modstandene, der er at overvinde i selve Maskineriet, bliver altid Maskinens effektive Arbejde mindre end det indicerede. En Maskine, der „indicerer" 20 Hestes Kraft, og selv til tom Gang forbruger 5 HK., vil udvikle 20 ÷ 5 = 15 effektiv HK.

Man har bygget Dampmaskiner saa store, at de var paa 10 Tusinde effektiv Hestekraft og mere.

Det første Dampskib skriver sig fra 1807, da Amerikaneren *Robert Fulton* sejlede fra New York til Albany med Dampbaaden „Clermont". Det første Dampskib, der kom til København, var „Caledonia", der kom fra England i Maj 1819.

Det første Lokomotiv („Raketten") blev bygget 1829 af *George* og *Robert Stephensen* og gik imellem Liverpool og Manchester i England. Den første Jernbane i Danmark (København—Roskilde) blev aabnet 1847.

Gas- og Petroleumsmaskiner. Dowson-Gas.

Disse Maskiner er Eksplosionsmaskiner, idet der ved Antændelse af en Blanding af lidt Gas eller Petroleumsdamp og en halv Snes Gange saa megen atmosfærisk Luft opstaar en en stærkt eksplosionslignende Udvidelse, der udgør Drivkraften i disse Maskiner. Indretningen af en Gasmaskine forstaas let af den Skikkelse, som Fig. 314 viser, men naturligvis varieres Konstruktionen en Del.

Til Dampcylinderen i Dampmaskinen svarer her en Cylinder *C*, der kun er lukket i den ene Ende, men aaben i den anden, og i denne Cylinder kan et tætsluttende Stempel *K* gaa frem og tilbage. Fra Stempelstangens frie Ende gaar en Plejlstang hen til Krumtappen paa Maskinakslen, hvilken bærer et Svinghjul *S*. I Bunden af Cylinderen er der et kort Rør, hvilket snart kan sættes i Forbindelse med et Rør, der modtager Gas igennem eet Rør *G* og Luft igennem et andet Rør

L, og snart med Røret *z* fra Antændelsesrummet *Z*; disse skiftende Forbindelser opnaas ved Hjælp af Fordelingsskyderen *VV*, der kan glide frem og tilbage langs Cylinderens Bund og styres af Maskinen selv paa en Maade, der fremgaar af Figuren. Tæt ved Cylinderens Bund er der endvidere et Rør *A*, igennem hvilket Forbrændingsprodukterne kan stødes ud. Maskinen har en Firetaktsgang som følger: *V* staar i den Stilling, Fig. viser, og naar nu Stemplet *K* gaar frem, suger det Gas- og Luftblandingen ind i Cylinderen; saa flyttes *V* lidt (nedad paa Fig.) af Maskinakslen, *K* gaar tilbage, og Blandingen sammenpresses; saa sker Antændelsen (hertil benyttes en Flamme, et glødende Porcellænslegeme eller en elek-

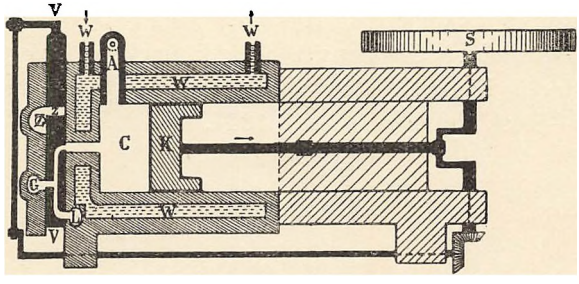


Fig. 314. Gasmaskine.

trisk Gnist), hvorved Blandingen eksploderer, og *K* drives ud med stor Kraft, hvorefter det ved sin Tilbagegang trykker Forbrændingsprodukterne ud i det frie; Spillet begynder saa forfra igen med, at Luftblandingen suges ind, o. s. v. Svinghjulet spiller her en meget stor Rolle, thi naar det ved Eksplosionen har faaet en kraftig Paavirkning fra Stemplet og altsaa har faaet en stor Hastighed, saa skal det nu føre Stemplet under de tre følgende Bevægelser: Uddrivning af Forbrændingsprodukterne, Indsugningen af Luftblandingen, Sammenpresning af denne, før det faar nogen ny Paavirkning, og saa skal det desuden bevæge de Maskiner, som Gasmotoren er sat til at drive, samt de smaa Mekanismer som den omtalte Glider m. m., der i rette Tid skal udføre deres Bevægelser, naar Maskinen skal have en nogenlunde regelmæssig Gang. Endvidere skal Maskinen selv drive en Pumpe, der skal

pumpe koldt Vandt rundt omkring Cylinderen (*W*) med det Formaal, at denne ikke skal blive ophedet for stærkt af den Varme, som opstaar ved Gassens Forbrænding.

I de nyeste Konstruktioner er man gaaet bort fra Glideren, da den let blev utæt; der udmunder da i Bunden af Cylinderen 3 Rør, alle forsynede med Ventiler, der aabnes og lukkes automatisk af Maskinen selv under Gangen; igennem det ene kan Luftblandingen suges ind, ved det andet sættes den sammenpressede Blanding i rette Øjeblik i Forbindelse med Tændkammeret, og igennem det tredie Rør stødes Forbrændingsprodukterne ud.

Gasmaskinernes Gasforbrug er $^1/_2$—1 Kubikmeter i Timen pr. Hestekraft.

En Petroleumsmaskine er indrettet efter ganske det samme Princip, kun er det her Petroleumsdampe, fremkomne ved Forvarmning af Petroleumsvædske, der suges ind i Cylinderen, hver anden Gang Stemplet gaar frem.

Endnu skal nævnes Benzinmotoren, som i den senere Tid har faaet en ret udstrakt Anvendelse til Motorvogne, Motorbaade, Motorcykler, Luftskibe osv. Princippet er det samme som i Petroleumsmotoren; Eksplosionen frembringes i Reglen ved en elektrisk Gnist fra et Induktionsapparat, og Afkøling opnaas ved Luftens Indvirkning paa riflede Jernrør.

Disse Maskiner har den overordentlig store Fordel, at de kan sættes i Gang og standses paa et Øjeblik, medens det tager lang Tid at fyre op under en Dampkedel, og under Opfyringen og Afkølingen gaar desuden megen Varme til Spilde; under Gas- og Petroleumsmaskinens Gang er der endvidere ingen videre Pasning, medens Ilden under Dampkedlen kræver et stadigt Tilsyn af en Mand.

Da almindelig Belysningsgas kun findes i Byer med Gasværker, og da den er dyr, har man søgt efter en Gasart, der er vel egnet til Brug i en Gasmaskine, og som kan udvikles forholdsvis billigt i et lille, til Maskinen hørende Gasværk. En saadan Gasart er *Dowson-Gas*. Den fremstilles i en ildfast, cylindrisk, lodretstaaende Beholder, der i Laaget har en Indfyringstragt med dobbelt Lukke og forneden en Rist, hvorpaa Brændselet ligger; Brændselet er Anthracit eller Koks. Under

Risten føres en Strøm af Luft og Vanddamp ind ved Hjælp af en Dampstraaleblæser; ved Berøring med det glødende Kul eller Koks spaltes Dampen i sine to Bestanddele Ilt og Brint, af hvilke Brinten i Forening med Luftens Kvælstofindhold gaar uforandret op igennem Apparatet, medens Ilten derimod først ved Forbrændingen danner Kulsyre med Kullene, men denne Kulsyre bliver derpaa, naar den trænger op igennem Kullaget, berøvet en Del af sin Ilt igen, der forener sig med noget Kul, hvorved der fremkommer den iltfattigere Kulilte.

Dowson-Gassen indeholder ca. 18 pCt. Brint, ca. 25 pCt. Kulilte, ca. 7 pCt. Kulsyre; Resten, altsaa Halvdelen, er Kvælstof. Dowson-Gassen er paa Grund af sit Kulilteindhold giftig, men den giver som sagt store økonomiske Fordele anvendt i en Gasmaskine, saa at denne endog i saa Henseende overgaar store Dampmaskiner. Gassen afsætter ingen Sod, hvilket ogsaa er en Fordel.

I den nyere Tid anvender man dog sjældnere Dowson-Gasværker med Dampblæst, men lader Maskinen selv suge Gassen fra Gasværket; Anlægget kaldes Sugegasanlæg. Maskinen egner sig dog ikke til Udførelser under 15 à 20 Hestekraft.

LYSET

Lyskilder og Lysets Udbredelse.

Lyset er den Naturvirksomhed, der gør, at vi kan se, ligesom Lyden er den Virksomhed, der gør, at man kan høre.

Vi ser en Ting, naar den udsender Lys, som paavirker vort Øje. Tingen kan enten af sig selv udsende Lys, og da er den *selvlysende*, eller den kan udsende Lys, fordi den rammes af Lys og kaster dette tilbage; en Ting henhørende til den sidstnævnte Art, er i sig selv *mørk*. Saaledes er Maanen et mørkt Legeme, fordi Maanen kun lyser paa den Side, hvor den beskinnes af Solen; her træffes den af Sollyset og kaster dette tilbage, saa at denne Side af Maanen gør Indtryk af selv at kunne udstraale Lys. Vi ser et Hus, en Stol, en Bog o. s. v., naar der fra disse udgaar Lys, som paavirker vort Øje, men af sig selv udsender disse Genstande ikke Lys; bringer vi dem ind i et tæt tillukket Rum, af hvilket alt Lys er udelukket, saa ser vi dem ikke, thi saa træffes de ikke af noget Lys og kan derfor ikke sende noget tilbage.

Man faar Legemerne til at være selvlysende ved at ophede dem saa stærkt, at de bliver glødende, og dette bliver alle Legemer ved en Temperatur af 4—500°; jo hedere de er, desto stærkere lyser de. Til selvlysende Legemer hører Solen; Fiksstjernerne; Stjerneskud og Ildkugler, hvilket er Meteorer, der gennemfarer Atmosfæren og ophedes stærkt ved

Gnidningen imod denne; det elektriske Buelys og Glødelys; Stearinlys og Gasblus, i hvilke Flammer det er fine Kulpartikler, som lyser. Flammer, i hvilke der ikke er saadanne faste Partikler, der gløder, lyser kun meget svagt, hvorimod de er meget hede; sørger man for en særlig Tilledning af Luft til et Gasblus, holder det op med at lyse, men bliver meget hedt (Bunsens Gaslampe, Gaskogeapparater); i de saakaldte Auer-Lamper bruges en Brænder, der giver en meget svagt lysende Flamme, og denne Flammes Varme bruges saa til at ophede et fint Net af ildfast Stof, som derved bliver glødende og udstraaler et i Forhold til Gasforbruget meget intensivt Lys. — Dog har man Eksempler paa Legemer, der lyser uden at være synderlig stærkt ophedede; Geisslerske Rør (Side 147) lyser, naar Elektricitet af høj Spænding sendes igennem dem, men Temperaturen i det indre er ofte ikke saa høj som Vandets Kogepunkt; enkelte Dyr har Organer, der lyser.

Lyset forplanter sig frem igennem Rummet med en saa stor Fart, at det kunde gaa $7^1/_2$ Gang omkring Jorden i 1 Sekund; Lysets Udbredelse sker altsaa ikke pludselig, men den gaar dog saa hurtig for sig, at man kun ved meget fine Undersøgelser kan opdage, at der gaar Tid med fra det Øjeblik, et Lys tændes, til det Øjeblik, da det paa Afstand ses at blive tændt. Lysets Hastighed er ca. 40000 geogr. Mil eller 300000 km pr. Sekund.

Med Hensyn til Lysets Natur, saa antager man, at hele Verdensrummet er opfyldt af et uendelig fint Stof, Ætheren, der ingen Vægt har, og at et selvlysende Legeme er et, der formaar at sætte denne Æther i ganske overordentlig hastige Svingninger, ligesom en Tonegiver, naar den er sat i Svingninger, formaar at sætte Luften i Svingninger (se Fig. 276); man taler derfor om Lysbølger, saaledes som man taler om Lydbølger. Enhver Retning, i hvilken Lyset forplanter sig, kalder man en Lysstraale; ved at lade Sollyset falde ind i et Værelse igennem et meget lille Hul, faar man et meget smalt Lysstraalebundt ind i Værelset, og jo mindre Hullet er, desto mere nærmer man sig til at have med en enkelt Lysstraale at gøre. Lysstraaler selv er usynlige: naar man kan se Ret-

ningen af Straalebundtet, der igennem et Hul falder ind i et mørkt Værelse, ligger det i, at Lyset ved at falde paa Støvet i Luften oplyser dette.

Ad den Vej, som her blev omtalt, overbeviser man sig om, at Lysstraalerne er rette Linier, saa længe de forplanter sig igennem Luften — og vi tilføjer straks, at det er de, saa længe de forplanter sig igennem et og samme Stof. Vi ved det ogsaa deraf, at en Ting i Almindelighed ses i den Retning, i hvilken den i Virkeligheden befinder sig. Igennem hele Lyslæren har vi Stadfæstelse paa dette, at Lyset gaar i retliniede Baner; her vil vi nævne et lille Forsøg, nemlig Billeddannelsen ved Hjælp af smaa Huller: I et mørkt Værelse tændes en Lampe eller et Stearinlys, i nogen Afstand herfra holdes et Blad Papir med et lille Hul i, og noget bag dette anbringes en hvid Skærm, men ogsaa Væggen kan anvendes. Man ser da paa denne Skærm et svagt, omvendt Billede af Flammen. Et enkelt Punkt af Flammen sender et smalt Lysstraalebundt igennem Hullet og frembringer henne paa Skærmen en lille Lysplet nærmest af Hullets Form; det gør nu alle Flammens Punkter, og der falder derfor paa Skærmen en Masse smaa Pletter, der tilsammen danner en Figur, som er bestemt af Flammens Form. Billedet bliver omvendt, fordi Lyspletten, der hidrører fra Flammens øverste Punkt, falder nederst, og omvendt. Jo nærmere Hullet er ved Skærmen, desto mindre bliver Billedet, og desto mere utydelig gengiver den Flammens Form. — Man kan gøre Forsøget ved at lade Sollyset falde igennem det lille Hul; Hullet kan være trekantet, Billedet bliver alligevel et rundt Solbillede. Saadanne runde Solbilleder ses i Mængder paa Jorden, naar Solen skinner igennem de fine Aabninger i Skovens Løvtag.

Spejling og Lysbrydning.

Naar et Lysstraalebundt falder paa et Legeme, kan der ske forskellige Ting med det. Det kan blive kastet tilbage fra Legemet, og det kan trænge ind i Legemet, og i Reglen er

det saa, at noget kastes tilbage, og noget gaar ind i Legemet; af det Lys, der gaar ind i Legemet, kan undertiden en Del slippe igennem det, og Legemet er da mer eller mindre gennemsigtigt, medens Resten og hyppig det altsammen indsuges i Legemet og forvandles til Varme.

Tilbagekastning. Naar Legemets Overflade er *blank*, vil det Lys, der tilbagekastes fra Overfladen, blive *regelmæssig* tilbagekastet, og Legemet er da *spejlende*; al Spejling beror paa Lysets regelmæssige Tilbagekastning. Særlig er blankt poleret Metal godt spejlende (specielt en ren Kviksølvoverflade), men ogsaa Overfladen af Vand, Glas o. s. v. er spejlende.

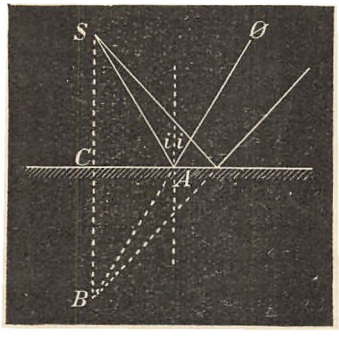


Fig. 315.

Naar en Lysstraale *SA* (Fig. 315) træffer en plan, blank Flade, bliver den tilbagekastet i en saadan Retning *AØ*, at *SA* og *AØ* danner lige store Vinkler med en Linie, der tegnes tværs (vinkelret) paa den blanke Flade. Alle Straaler fra det samme Straalepunkt *S* vil da efter Tilbagekastningen have saadanne Retninger, at naar man tænker sig dem forlængede bagud, altsaa ind igennem den blanke Flade, saa mødes disse Forlængelser alle i det samme Punkt (*B*), hvilket Punkt ligger lige saa langt bag Fladen, som *S* ligger foran den (*SC* er lige saa stor som *CB*). Et Øje (ved Ø), som da modtager det fra Fladen tilbagekastede Lys, vil faa Indtryk af, at *S* er i *B*, d. v. s. inde i Spejlet, lige saa langt bag det, som det i

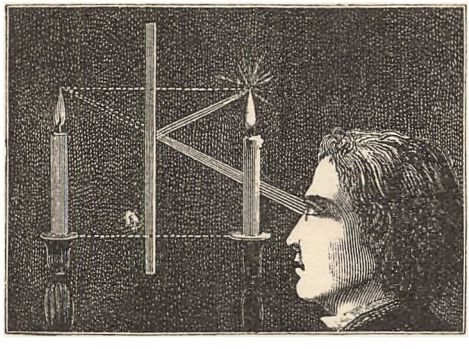


Fig. 316.

Virkeligheden er foran det. Erfaringen lærer os jo ogsaa, at vi ser Spejlbillederne af Ting paa den her nævnte Maade; i Fig. 316 ser man Gangen af de Lysstraaler fra Flammens øverste Punkt, som bevirker, at Øjet ser dets Spejlbillede; flyttes Øjet et andet Sted hen, bliver det nogle andre Straaler fra Punktet, der naar ind i Øjet efter Tilbagekastningen; hver

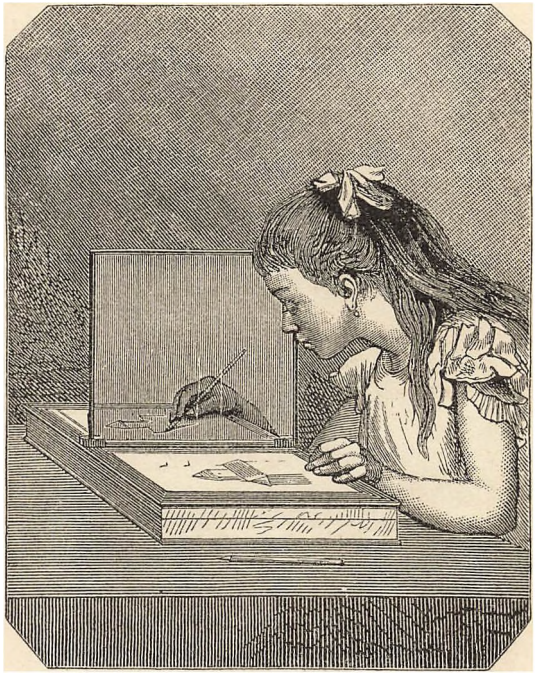


Fig. 317.

Gang gør kun en lille Del af Spejlet Nytte. Prøv paa at bevise, at et Spejl, i hvilket man skal kunne spejle sig selv fra Top til Taa, kun behøver at være halvt saa højt, som man selv er!

En almindelig Glasplade er svagt spejlende: man kan udefra spejle sig i en Vinduesrude! — Genstandens og dens Spejlbilledes symmetriske Beliggenhed er i Fig. 317 tænkt anvendt til at aftegne en Fortegning; en Glasplade stilles lodret op paa Bordet, Fortegningen lægges paa den ene Side og et Stykke

hvidt Papir paa den anden, og ser man igennem Glaspladen skraat ned paa dette hvide Papir, saa ser man et Spejlbillede af Fortegningen, og det kan da eftertegnes.

Man benytter Spejlinger fra en Glasplade til at gøre forskellige Kunststykker, saaledes til at lade Aander komme frem paa en Scene og forsvinde igen, Aander, igennem hvilke man frit kan bevæge sig. Foran Scenen (Fig. 318) stilles en mægtig, ubelagt Plade af Spejlglas, der har en passende Hældning foroven ud ad imod Publikum. I Kælderen under Scenens Gulv

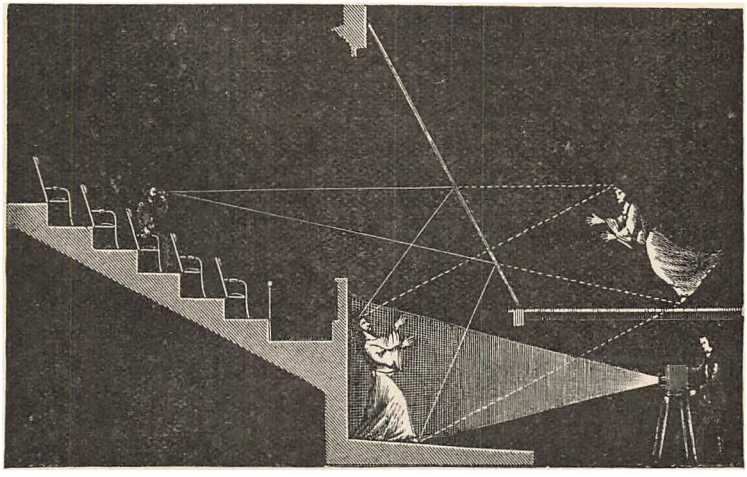


Fig. 318.

findes den Person, der forestiller Aanden, og han belyses stærkt paa den Side, der vender bort fra Tilskuerne; Glaspladen vil da danne et Spejlbillede af ham, hvilket Spejlbillede af Tilskueren ses oppe paa Scenen; den kraftige Belysning maa til, fordi det meste Lys gaar igennem Glaspladen og kun en ringe Del tilbagekastes. — Ved en stor Mængde Taskenspillerkunster er dette Forhold bragt i Anvendelse.

En Vandoverflade er spejlende i forskellig Grad efter den Retning, det indfaldende Lys har. Læner man sig ud over Rælingen paa en Baad og ser sit Spejlbillede, er det mørkt: kun en lille Del af Lyset bliver kastet tilbage, naar Lyset falder vinkelret ned paa Vandet, medens det meste gaar ned

i Vandet. Staar man derimod ved Bredden af en Sø og ser den modsatte Bred spejle sig, saa er Spejlbilledet af Kysten med Træer, Huse osv. lyst, næsten lige saa lyst som Tingene selv; her falder Lyset, der efter Tilbagekastningen gaar ind i Øjet, meget skraat imod Vandfladen, og i saa Tilfælde kastes en stor Brøkdel af det tilbage.

Fra en Flade, der ikke er fuldkommen glat og blank, kastes Lyset tilbage i alle mulige Retninger, og den, der ser imod Fladen, faar derved Indtryk af, at Fladen af sig selv sender Lys ud i alle Retninger; man ser altsaa i dette Tilfælde Fladen, men naar den er blank, saa ser man den ikke, hvorimod man ser Spejlbilleder af de Ting, som sender Lys imod den, saaledes som det ovenfor er forklaret.

Blæk spejler lige saa godt som klart Vand; men medens den Del af Lyset, der trænger ind i Vandet, gaar saa temmelig usvækket igennem det, saa indsuges hurtig alt det Lys, som trænger ind i Blækket.

Lysbrydning. Det Lys, der fra Luften trænger ind i et andet gennemsigtigt Legeme, forandrer sin Retning, *brydes*, idet det nærmer sig noget mere til at være tværs paa Grænsefladen, end det var før Indtrædelsen; en Lysstraale *SC* (Fig. 319), der træffer en Vandoverflade, gaar nede i Vandet i en Retning *CD*, der danner en mindre Vinkel (*b*) med den lodrette paa Vandoverfladen, end *SC* gjorde. Omvendt vil en Lysstraale, der kommer nede fra Vandet i en Retning *DC*, gaa ud i Luften i en Retning *CS*. Kun det Lys, der kommer nøjagtig tværs paa Fladen, faar ingen Retningsforandring. Dette Brydningsfænomen kan man vise paa mange Maader, bl. a. ved det i Fig. 320 viste Forsøg: Man lader Solens Lys falde igennem to Huller i et Papirsblad ned paa Bordet; paa Straalernes Vej

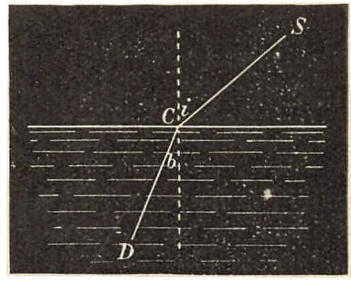


Fig. 319.

fra det ene Hul holdes et Glas med noget Vand i i en saadan skraa Stilling, at Glasset holdes i Straalernes Retning; paa Bordet vil man da se den Lysplet, der hidrører fra det Lys, som er gaaet igennem Vandet, forskudt bort fra det Sted, hvor den vilde falde, hvis Glasset med Vand var borte.



Fig. 320.

Et andet Forsøg er følgende (Fig. 321): man lægger en Mønt paa Bunden af en Skaal og holder Øjet saaledes, at Kanten (*A*) paa Skaalen lige dækker for Mønten, saa at man ikke ser den. Derpaa hælder man Vand i Karret, og Mønten ses; den ses nærmere ved Vandfladen, end den er, fordi de Lysstraaler, der udgaaede fra den skal naa ind i Øjet, forandrer Retning, naar de passerer Overfladen, og denne Retningsforandring er saaledes, at man faar Indtryk af, at Mønten er ved $M_1 N_1$ i Stedet for ved *MN*.

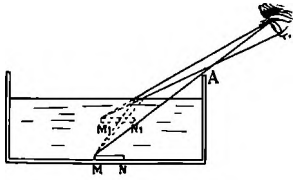


Fig. 321.

Er Bunden af et Kar eller en Sø synlig, ses Vandet mindre dybt, end det er, og det skyldes den samme Lysbrydning, at en Stang eller en Ske, der staar ned i Vand, synes knækket i Vandets Overflade.

Almindelige Spejle er af Glas med en Belægning af Tinamalgam (Legering af Tin og Kviksølv) eller af tyndt, udfældet Sølv paa Bagsiden; det er dette Metallag, der fortrinsvis virker spejlende, og Glasset beskytter det imod at „anløbe" og derved miste sin spejlende Evne. Et saadant Spejl giver imidlertid flere Billeder. I Fig. 322 sender et Straalebundt *S* Straaler ned imod et saadant Spejl, og vi vil nu undersøge, hvorledes det gaar en saadan Straale. Naar Straalen træffer Glassets Forside, bliver en lille Brøkdel tilbagekastet og giver Anledning til Dannelsen af Spejlbilledet *S'*, men det meste Lys

gaar ind i Glasset i en Retning, der er noget mere tværs derpaa; dette Lys bliver for den allerstørste Del tilbagekastet og naar atter op til Glassets Forside; her deler det sig i to Dele, af hvilke den ene og største Del brydes ud i Luften (parallelt med det fra Glassets Forside tilbagekastede Lys) og frembringer Spejlbilledet S^0, medens den anden Del kastes ind i Glasset igen, sendes tilbage fra Metalbelægningen, og ankommen til Glassets Forside sker der nu med den den samme Deling som nylig omtalt, og saaledes fortsættes der. Men Straalerne bliver efterhaanden svagere og svagere. — Der dannes altsaa en Række af Spejlbilleder S', S^0, S_1, S_2 osv., af hvilke i Almindelighed S^0 langt er det lyseste; jo tykkere Glasset er, desto længere ligger Spejlbillederne fra hinanden, og er det tyndt, ser man ikke noget videre til andre end S^0. Er det ikke et Straale*punkt*, men en Genstand, der spejler sig, vil Spejlbillederne altid delvis dække hinanden.

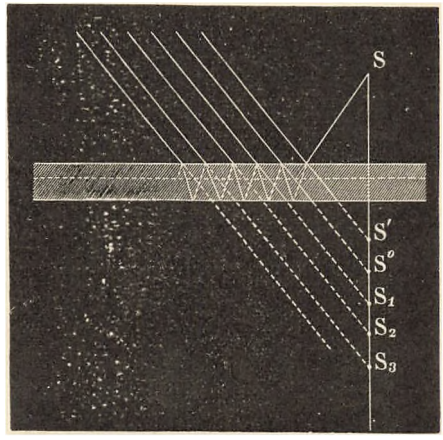


Fig. 322.

Hulspejlet udgør en Del af en Kugleflade og er spejlende paa den hule Side; naar det stilles op saaledes, at Solens Straaler falder lige ind paa det, vil man ved at føre en Pind hen foran Spejlet se, at der, naar Pinden har en bestemt Stilling i Forhold til Spejlet, fremkommer et lille, skarpt Solbillede paa

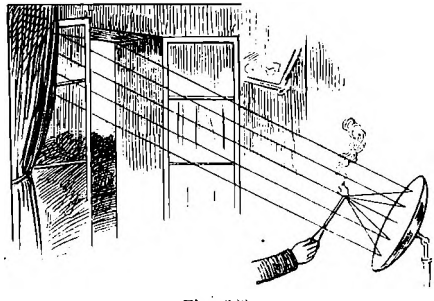


Fig. 323.

den Side, der vender hen imod Spejlet. Solens Straaler er kastede tilbage fra Hulspejlet og derved blevet samlede igen paa dette Sted; Stedet kalder man for Hulspejlets *Brændpunkt*. Da Solstraalerne ikke alene lyser, men ogsaa varmer, kommer der en saa stærk Koncentration af Varme paa dette Sted, at let antændelige Ting, som holdes her, bryder i Brand (Fig. 323).

Naar man omvendt anbringer et Lys i Brændpunktet for et Hulspejl, saa vil Straalerne, der herfra gaar hen til Hulspejlet, kastes tilbage fra dette i indbyrdes parallele Retninger, hvilket Forhold kommer til Anvendelse i Vogn-, Køkken- og Butikslamper samt i Spejlfyr.

Et Hulspejls Brændpunkt ligger midt imellem Spejlet og det Sted, hvor Spejlet har sit Kuglecentrum.

Prismet.

Prismet. Ser man en Ting igennem en tresidet Glasstang — et Glasprisme — paa den i Fig. 324 viste Maade, saa kommer man til at se Tingen i en anden Retning end den, hvori den befinder sig, og dette hidrører fra den Retningsforandring, som Lysstraalerne fra Genstanden undergaar ved fra Luften at brydes ind i Prismet og saa fra en anden Sideflade paa dette atter ud i Luften. Man ser Tingen forskudt ud til den Side, hvor Kanten imellem de to Flader er, igennem hvilke Lyset kommer ind og ud af Prismet; holdes denne Kant altsaa opad, saa synes Tingen højere til Vejrs, end den i Virkeligheden er.

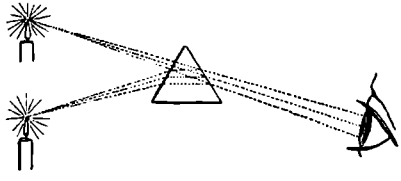


Fig. 324. Lysbrydning i et Prisme.

Hvis Glasstangen var begrænset af krumme Flader i Stedet for plane, vilde der ske en lignende Afbøjning til

Siden af de Straaler, der træffer den; dette kommer til Anvendelse i Linserne.

Der er et andet Fænomen, som optræder ved Lysets Gennemgang igennem et Prisme, men dette vil vi senere komme til (Side 433).

Linser.

Linseformer. Man har de 6 Former for Linser, som Fig. 325 viser; det er gennemsigtige Legemer, der er begrænsede af to Kugleflade-Stykker eller eet saadant og en plan Flade, og ved de forkellige Stillinger, Fladerne kan have til hinanden, fremkommer da de nævnte 6 Former. De tre første ses at være tykkest paa Midten og tyndest ved Randen; de tre sidste er det modsatte. Denne Forskel betinger en decideret Forskel imellem de to Grupper, idet Linserne af den første Gruppe bøjer Straalerne, som træffer dem, af paa en saadan Maade, at de søger at samle dem, medens den sidste Gruppes Linser bøjer dem saaledes af, at de søger at sprede dem mere fra hverandre. Vi taler derfor om *Samlelinser* og *Spredelinser*.

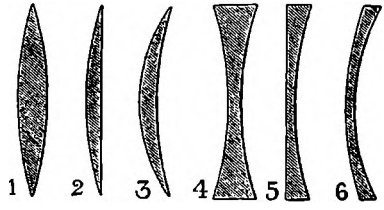


Fig. 325. Linser.

Ved en Linses *Akse* forstaar man en Linie tværs paa den igennem dens Midte; en Straale, der følger denne Akse, gaar ubrudt igennem Linsen, fordi den kommer til at gaa tværs paa begge Linsefladerne. Men ogsaa en Straale, der gaar noget paa skraa igennem Linsens Midte (Fig. 326), lider heller

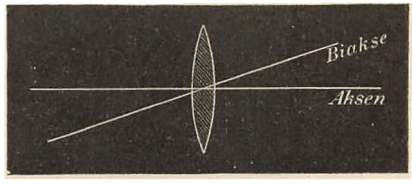


Fig. 326.

ingen Retningsforandring; en saadan Skraalinie kaldes ofte for en *Biakse*.

Holder man en Samlelinse op imod Solen paa samme Maade, som vi i Fig. 323 stillede et Hulspejl op for Solstraalerne, og holder man en Skærm paa den anden Side af Linsen, finder man et Sted for Skærmen, hvor der paa denne tegner sig en lille cirkelrund Lysplet, et Billede af Solen; der kan her komme saa megen Varme, at man kan brænde Huden,

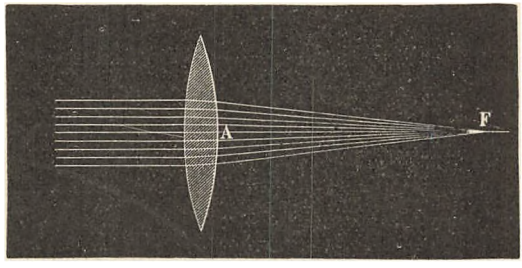


Fig. 327.

tænde sin Cigar eller Pibe osv. Stedet kalder man for Linsens *Brændpunkt* (*F* Fig. 327), og dettes Afstand fra Linsen er dennes *Brændvidde*. Enhver Linse har to Brændpunkter, et paa hver Side, i lige store Afstande fra Linsen. Jo krummere Linsefladerne er, desto mindre er Linsens Brændvidde, og omvendt: jo fladere Linsen er, desto længere er Brændvidden.

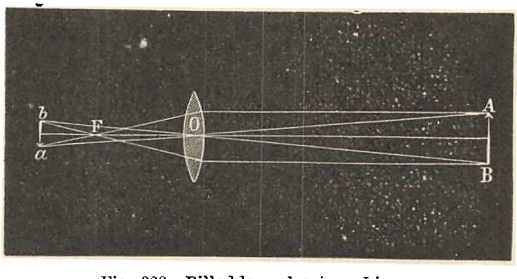


Fig. 328. Billeddannelse i en Linse.

Det nævnte Solbillede bliver desto større, jo større Linsens Brændvidde er.

Linserne danner Billeder af de Genstande, som sender Lys til dem, og vi kan let af det, der ovenfor er sagt, konstruere

Beliggenheden af dette Billede. Lad *AB* i Fig. 328 være en saadan Genstand; af alle de uendelig mange Straaler, der udgaar fra et Punkt *A* og træffer Linsen, betragter vi to: 1) den, der gaar parallelt med Linsens Akse, og som brydes saaledes igennem Linsen, at den bagefter gaar igennem Linsens Brændpunkt *F*, og 2) den Straale, der stiler imod Linsens Midte *O*, thi den gaar som nævnt ubrudt igennem Linsen. Disse to Straaler vil efter Gangen igennem Linsen krydse hinanden i *a*, og her mødes saa tillige alle andre fra *A* udgaaede Straaler, som har ramt Linsen; *a* siges at være et Billede af *A*. Paa ganske samme Maade finder man Billedet *b* af et

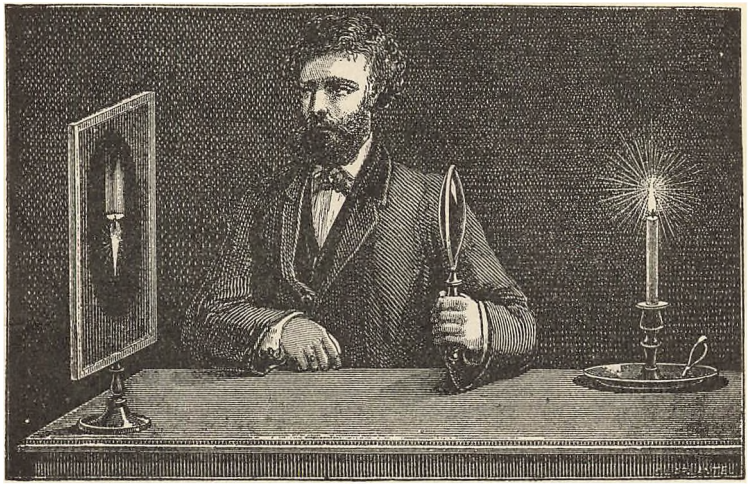


Fig. 329.

Punkt *B* paa Genstansten; denne bliver afbildet som *ab*. Billedet er omvendt.

Fig. 329 viser, hvorledes man kan gøre Forsøg med en Samlelinse; man bruger et Lys og en Skærm af hvidt Papir, men har man ingen Linse, saa kan man ogsaa hjælpe sig med en rund Karaffel (Fig. 330), der er fyldt med Vand, thi Lyset kommer da ind paa Karaflens ene Side og gaar ud af den modsatte, og disse virker da ganske som en Linses to Flader. — Forsøgene bør helst gøres i et mørkt Værelse.

Ved da at holde Lyset paa den ene Side af Linsen

(Karaflen) og Skærmen paa den modsatte, vil man som Regel kunne flytte denne hen til en saadan Plads, at man ser et skarpt Billede af Lyset paa den; dette Billede er altid omvendt, hvad man ogsaa maatte vente af Konstruktionen i Fig. 328. Det viser sig da, at naar der faas et skarpt Billede, idet Linsen holdes netop midt imellem Lyset og Skærmen, da er Billedet paa Skærmen af samme Størrelse som Lyset, og udmaaler man i dette Tilfælde Afstanden fra Lys til Linse, saa finder man, at denne Afstand er lige dobbelt saa stor som Linsens Brændvidde. — Rykkes saa Lyset længer bort fra

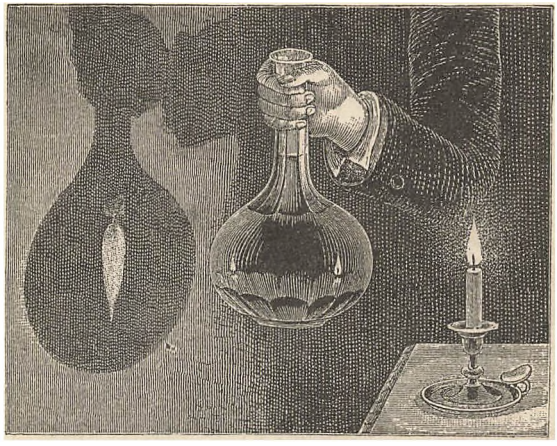


Fig. 330.

Linsen, maa Skærmen nærmere ind til denne, hvis Billedet skal blive skarpt, men hvor langt man end rykker Lyset bort fra Linsen, kan man dog aldrig faa Billedet af det til at falde nærmere ved Linsen, end Brændpunktet er. Under denne Flytning bliver Billedet bestandig mindre og mindre, og det er altsaa hele Tiden mindre end Genstanden (Lyset). — Hvis vi atter gaar ud fra den Stilling, hvor vi havde Linsen midt imellem Lyset og Skærmen, og altsaa havde Billedet af Lyset lige saa stort som dette selv, og vi saa nærmer Lyset langsomt ind til Linsen, maa vi flytte Skærmen længer tilbage, hvis vi vil have et skarpt Billede af Lyset at se paa Skærmen; nu er Billedet større end Genstanden, og det bliver

stadig større, naar den nævnte Flytning fortsættes. En lille Flytning af Genstanden foraarsager nu en stor Flytning af Skærmen. Men vi maa holde os med Lyset udenfor Linsens Brændpunkt, hvis man vil have et virkeligt Billede paa Linsens modsatte Side. Kommer man med Genstanden indenfor Linsens Brændpunkt, saa formaar Linsen ikke at samle Straalerne.

Fig. 331 viser dette nærmere; de to Straaler fra *A*: den, der gaar til Linsen parallelt med Aksen og brydes hen igennem Brændpunktet *F*, og den, der gaar igennem Midtpunktet

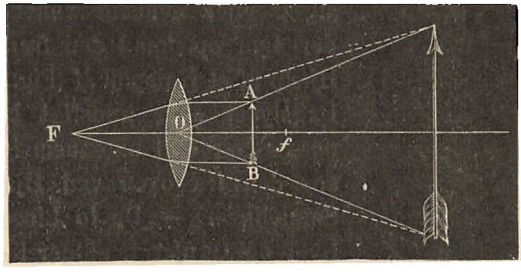


Fig. 331.

O, de vil, naar de tænkes forlængede bagud, skære hinanden i et Punkt, der ligger længere fra Linsen, end Genstanden *AB* gør, og tillige ligger dette Skæringspunkt længere fra Aksen, end *A* gør. Man siger, at dette Punkt er et indbildt Billede af *A*, idet nemlig alle Straaler, der fra *A* gaar hen til Linsen, brydes igennem den, saaledes at de efter Udtrædelsen af Linsen har Retninger, som om de kom fra det nævnte Punkt, og et Øje paa venstre Side, der tager imod disse Straaler, vil se *A*, som om det laa i dette Punkt. — Paa denne Maade virker Samlelinsen som *Lupe* eller *Forstørringsglas*.

Mikroskopet bestaar af to Linser, nemlig en lille Samlelinse *o*, Fig. 332, der vender imod Genstanden og kaldes *Objektivet* (Objekt lig Genstand), og en anden, noget større Samlelinse, der vender imod Øjet og kaldes *Okularet*. Objektivet har til Formaal at danne os et virkeligt og forstørret Billede af den lille Genstand, man vil betragte, og som vi lærte af vore Linseforsøg, maa Genstanden derfor anbringes

ganske lidt udenfor denne Linses Brændpunkt; Genstanden er tænkt at være anbragt imellem to tynde Glasplader *a*. Af denne Genstand danner Objektivlinsen *o* det forstørrede, virkelige Billede *bc*, og dette Billede betragter man saa igennem Okularlinsen *O*, der gør Tjeneste som Lupe; der dannes det indbildte Billede *BC*, d. v. s. man ser den lille Genstand, som var den *BC*. Da det Lys, Genstanden udsender, skal bredes saa meget, maa Genstanden være særlig belyst; er den gennemsigtig eller gennemskinnelig, sendes der Lys op imod den franeden ved Hjælp af et Hulspejl *M* (Fig. 332), som Dagslyset eller kunstigt Lys falder paa, og er den uigennemsigtig, belyses den fra oven ved Hjælp af en Samlelinse. — De to Linser, Objektivet og Okularet, sidder i et indvendig sværtet Metalrør, der ved Hjælp af en Skrue kan hæves og sænkes i Forhold til det „Bord", hvorpaa den lille Genstand ligger, saaledes at man kan se den tydelig.

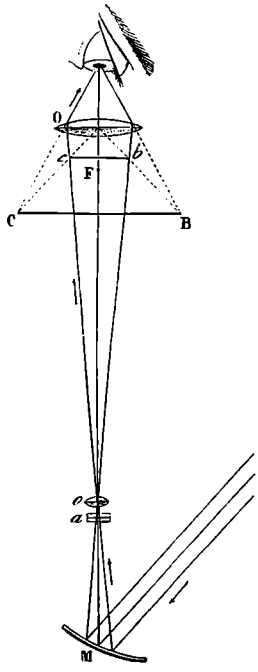


Fig. 332. Billeddannelsen i et Mikroskop.

Spredelinsen danner indbildte og formindskede Billeder. De Straaler fra et Lyspunkt *L* (Fig. 333), der træffer en Spredelinse, brydes saaledes igennem den, at de efter Udtrædelsen er fjernede mere fra hinanden, end de var i Forvejen, og de har derfor Retninger, som om de kom fra et Punkt *l*, der ligger nærmere ved Linsen, end *L* gør.

Kikkerten. Medens Lupe og Mikroskop bruges til at se nære, *smaa* Ting med, saaledes at man faar forstørrede og dermed tydeligere Billeder af dem, bruges Kikkerten til at betragte *fjerne* Genstande med, saa at man ser dem tydelig. Kikkerten har ligesom Mikroskopet en Objektivlinse og en

Okularlinse, men her er Objektivlinsen stor; Okularlinsen er i den astronomiske Kikkert en Samlelinse, men i Teaterkikkerten en Spredelinse.

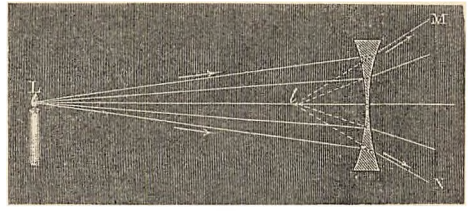


Fig. 333.

Den astronomiske Kikkert har en Objektivlinse, der, anvendt i Astronomiens Tjeneste, kan have meget store Dimensioner for at give kraftig Forstørring eller lyse Billeder; Objektivet tjener til at danne et virkeligt, formindsket og omvendt Billede *ab* (Fig. 334) af den

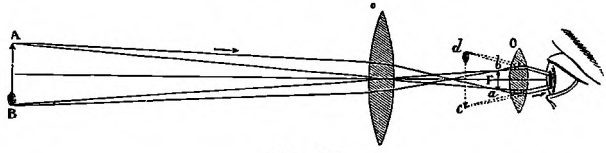


Fig. 334.

store, fjerne Genstand *AB*, og dette Billede *ab* betragter man saa igennem Okularlinsen *o*, der virker som Lupe og bringer Øjet til at se *AB*, som om den var i *cd*. Tingene ses omvendt.

Hvad *Teaterkikkerten* angaar, saa ses den fjerne Genstand *AB* (Fig. 335) ved Hjælp af Kikkerten som *ab*, idet Objektiv-

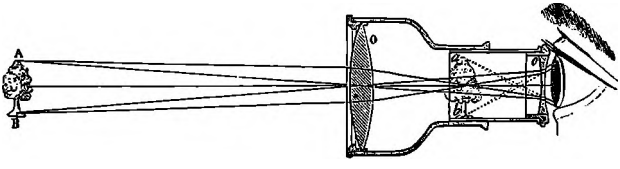
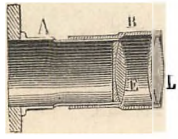


Fig. 335.

linsen *O* søger at danne et Billede af Genstanden, ligesom det skete i den astronomiske Kikkert, men før Straalerne efter Gennemgangen gennem *O* naar at blive samlede, rammer de Spredelinsen *o*; følger vi de to paa Figuren tegnede Straaler

fra *A*, ser vi, at de efter at være komne igennem *O* nærmer sig hinanden, men før de krydser hinanden, træffer de *o* og trænger ud af den i Retninger, som om de kom fra Punktet *a*; Øjet ser altsaa *A* i *a*. Tingene ses opret.

Linser bruges i det fotografiske *Camera* (Fig. 336), der er en indvendig sortmalet Kasse, som paa den ene Side bærer et Rør *A*, hvori der sidder en Linse eller et System af Linser, og den modsatte Væg dannes af en Plade af mat Glas *G*. Kassen bestaar af to Dele *M* og *N*, der kan skydes ud og ind i hinanden (man bruger ogsaa en Harmonika-Kasse i Stedet for), og skal man fotografere, forandrer man herved *G*'s Afstand fra Linserne saaledes, at man opnaar saa nogenlunde at se et tydeligt Billede af Genstanden, der skal fotograferes, paa Glaspladen (man slaar et mørkt Tæppe over Hovedet for ikke at generes af Dagslyset, der vilde hindre, at man saa noget videre af Billedet, i alt Fald saa det klart); den finere Indstilling foretager man saa ved at dreje paa Skruen *V* og derved flytte Rørstykket *B*, hvori Linserne sidder, ud eller ind, indtil Billedet ses saa skarpt som muligt.



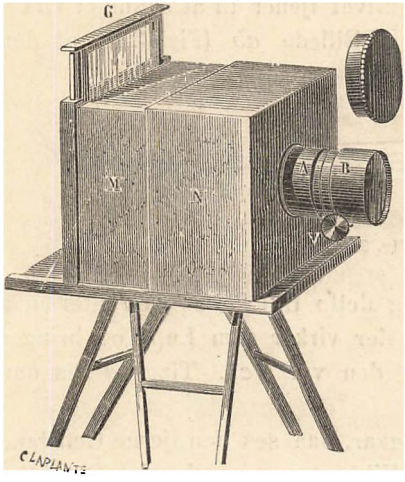


Fig. 336.

I *Linsefyr* (Fig. 337) er et meget kraftigt Lys omgivet af en Slags Glastønde med saadanne Linse-Slibninger, at alle de Straaler, der udstraaler fra Lyset til Tøndens Inderside, efter Gennemgangen igennem den er bøjet om i vandret Retning, hvorved man opnaar at faa næsten alt det Lys, der

ellers vilde straale rundt omkring i alle Retninger, til at gaa vandret ud og i denne Retning altsaa lyse kraftigt.

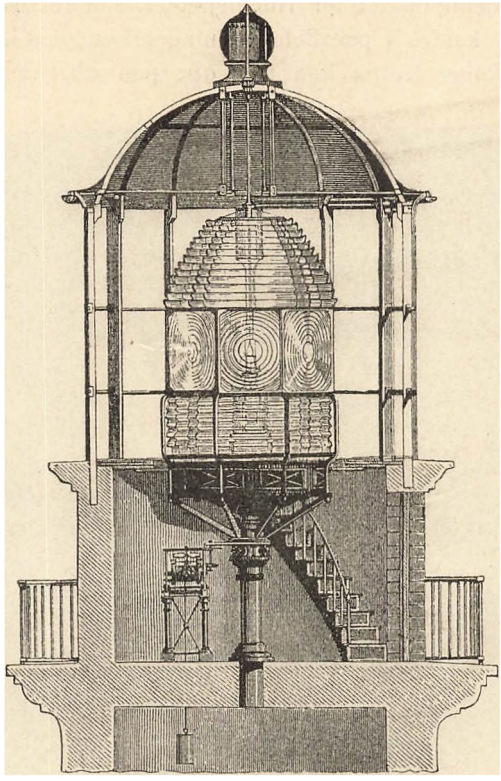


Fig. 337. Linsefyr.

Forstørrede Billeder paa en Skærm frembringes ved Hjælp af en *Laterna magica* (Fig. 338). Paa en Glasplade *a b* er det

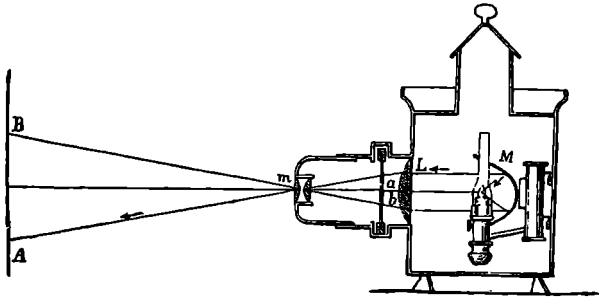


Fig. 338. Laterna magica.

Billede malet, tegnet eller fotograferet, som skal ses forstørret; det bliver da belyst kraftig af Lyset fra en Lampe, hvis Blus sidder i Brændpunktet for Hulspejlet *M*, saa at Straalerne, der rammer *M*, kastes i parallele Retninger hen paa Linsen *L* og af denne koncentreres hen paa *ab*; paa *ab*'s modsatte Side

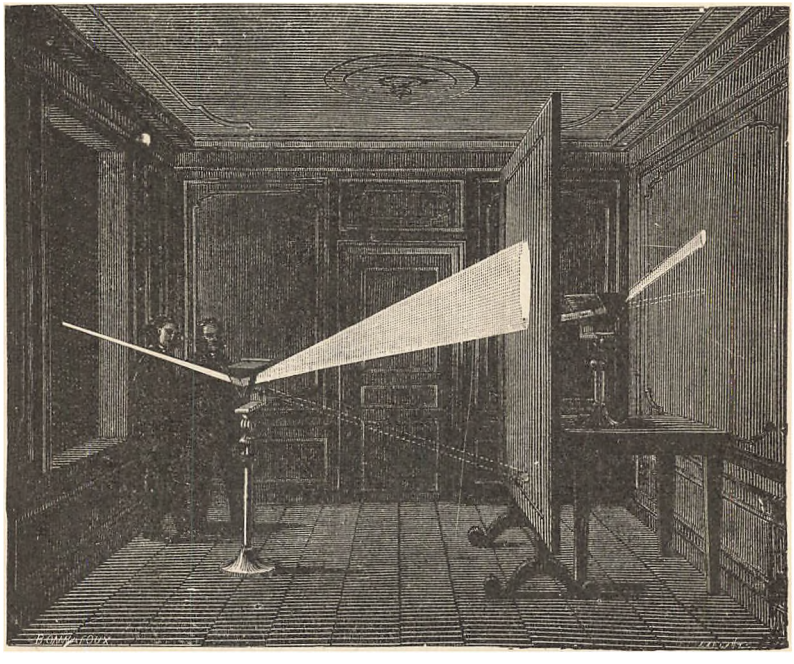


Fig. 339. Lysets Farvespredning.

sidder Forstørringslinsen (eller Linserne) *m*, ved hvis Hjælp det forstørrede Billede *AB* skal dannes; dertil kræves, at *ab* skal være ganske lidt udenfor *m*'s Brændpunkt.

Meget lysstærke Billeder faar man frem ved at benytte det elektriske Buelys, Zirkonlys, Acetylengas o. s. v., hvis kraftige Lys ved Hjælp af Linser koncentreres hen paa Billedet; saaledes er Lysbilledapparaterne indrettede.

Straalernes Forskellighed og Egenskaber.

Vi har Side 418 set, at Lysstraalerne forandrer Retning ved at gaa igennem et Prisme og nævnt, at der var et andet Forhold ved Lysbrydning i et Prisme, som senere skulde omtales; dette sker da nu her.

Naar man lader et smalt Lysstraalebundt trænge ind igennem et lille Hul i en Vinduesskodde ind i et mørkt Værelse, saa vil der jo paa den modsatte Væg eller der, hvor Lyset træffer en fast Genstand, ses et lille rundt, hvidt Solbillede. Men stiller man et Glasprisme (Fig. 339) op paa Straalernes Vej igennem Værelset, saa forsvinder dette Solbillede, og i dets Sted kommer der en aflang, farvet Stribe, hvis Længderetning er tværs paa Prismets Længderetning, og denne Stribe falder paa en anden Plads end det nævnte Solbillede, idet Straalerne er bøjet af bort fra Kanten imellem de Flader, igennem hvilke de trænger ind i og ud af Prismet. Farverne, man ser, er de fra Regnbuen kendte Farver: rødt, orange, gult, grønt, blaat, indigo, violet; rødt nærmest hen imod den nævnte Kant (i Figuren altsaa nederst), violet fjernest derfra (øverst); nogen skarp Grænse imellem Farverne er der ikke, de gaar jævnt over i hinanden. Er der Støv i Værelset, ses det tydelig, at medens der kommer et smalt Straalebundt hen til Prismet, kommer der en bredere Straalevifte ud af det; dette viser os, at Straalerne i Sollyset er blevne bøjet ulige meget af. Farvebilledets Dannelse hidrører fra, at *det hvide Sollys indeholder Straaler, som brydes ulige meget i det samme Legeme; naar disse Straaler brydes igennem et Prisme, faar de forskellige Afvigelser fra den oprindelige Retning; de mindst brydbare afviger mindst fra de indfaldende Straalers Retning, de mest brydbare afviger mest. De forskellige brydbare Straaler gør forskelligt Indtryk i Øjet:* de mindst brydbare fremkalder saaledes det Farveindtryk, vi kalder rødt, og for Nemheds Skyld taler man om *røde* Farvestraaler; paa samme Maade taler man om blaa, grønne etc. Farvestraaler, skønt Straalerne, som selv er usynlige, naturligvis ikke er farvede.

Farver. Den Farve, hvormed en Ting viser sig for os,

beror dels paa Tingens Beskaffenhed og dels paa Beskaffenheden af det Lys, der falder paa den. Naar man nævner en Tings Farve, saa er det den Farve, den har i Dagslyset, altsaa naar Solens hvide Lys direkte eller indirekte falder derpaa; men at Farven kan være forskellig i Dagslys og ved Lampelys, det har sikkert de fleste opdaget; saaledes antager man jo let i Lampelys blaa Tøjer for at være grønne. Den Farve, hvormed en Ting viser sig, beror nemlig paa, at Tingen fortrinsvis tilbagekaster nogle af de i Lyset forekommende Farvestraaler og indsuger andre; Legemets Farve er da de tilbagekastede Straalers Blandingsfarve. Et grønt Tæppe tilbagekaster saaledes fortrinsvis de grønne Straaler, der falder paa det, men indsuger de øvrige. Vil man undersøge, hvilke Farvestraaler et Legeme tilbagekaster, kan man lade Farvebilledet (Fig. 339) falde derpaa; paa de Steder, hvor Farvestraalerne bliver helt indsugede, er Legemet da aldeles sort; paa Steder, hvor Farvestraalerne alle bliver tilbagekastede, ser man Farvebilledet lige saa lyst, som hvis denne Del af Spektret var falden paa en hvid Skærm.

Et Legeme er *hvidt*, naar det tilbagekaster alle Sollysets Farver i betydelig Mængde og i samme Forhold; tilbagekaster Legemet dem nok i meget nær samme Forhold, men i ringere Grad, er Legemet *graat*. Et Legeme er *sort*, naar det ikke tilbagekaster nogen af Farvestraalerne, men indsuger dem alle. Træffes en hvid Flade kun af blaat Lys, viser den sig blaa; i grønt Lys viser den sig grøn osv. Naar et grønt Tæppe anbringes i et Rum, som alene oplyses af rødt Lys, saa er Tæppet omtrent sort, thi den eneste Slags Lys, der falder paa det, er rødt, og det bliver saa godt som helt indsuget.

Den Farve, som gennemsigtige Legemer viser sig med (farvet Glas, farvede Vædsker), hidrører fra Beskaffenheden af det Lys, de lader slippe igennem; de andre Farvestraaler indsuges.

Straalernes Varmevirkninger. Naar man fører et fint Termometer — meget mere følsomt end de Termometre, der er omtalt her i Bogen, — igennem Straaleviften, Fig. 339, saa iagttager man en Opvarmning, saa at Lysstraalerne tillige er Varmestraaler. Varmevirkningen er desto større, jo længere

man kommer bort fra det violette og hen i det røde, men saa viser der sig desuden det mærkelige, at naar man herfra fører Termometret videre (altsaa i Fig. nedad), saa stiger Opvarmningen endnu et lille Stykke og aftager saa, indtil den tilsidst ikke mærkes mere. Dette sidste lærer os, at Sollyset ogsaa udsender Varmestraaler, der ikke gør Indtryk paa vort Øje, ikke er Lysstraaler, og at disse „mørke" Varmestraaler brydes svagere, end Lysstraalerne gør. Alle Lyskilder, selv Solen, udsender flere mørke end lyse Varmestraaler.

Kemiske Virkninger af Lyset kommer til Anvendelse i *Fotografien.* I Fig. 336 er det fotografiske Camera afbildet; naar man har indstillet saaledes, at Billedet af den Genstand, der skal fotograferes, dannes skarpt paa den matte Glasplade, erstattes denne af en lysfølsom Plade, d. v. s. en Glasplade, der paa den ene Side er belagt med en hvid Gelatinehinde, hvori der er opløst en Sølvforbindelse; denne Plade er i Forvejen lagt ind i en tillukket „Kasette" inde i Mørkekammeret, som kun maa oplyses af rødt og gult Lys, der nemlig ikke har nogen kendelig Virkning paa Hinden. Naar „Pladen" skal „tages", aabnes Kasetten, saa at Hinden ligger aaben for det Lys, man vil lade slippe ind igennem Cameraets Linse, og en saadan Belysning lader man finde Sted et lille Øjeblik ved at fjerne et Lukke paa Linserøret. Ved denne „Eksponering" er Sølvopløsningen vel ikke bleven sønderdelt, men den har faaet Evnen til at lade sig sønderdele, naar man anvender et saakaldt Reduktionsmiddel paa den; denne Paavirkning kalder man for „Fremkaldelse" og hertil anvendes en Vædske („Fremkalderen"), af hvilke der gives mange Slags, som faas i Handelen. Fremgangsmaaden er da den, at man efter Eksponeringen lukker Kassetten til igen, tager den ud af Cameraet, bringer den ind i Mørkekammeret, og her tages Pladen ud og lægges ned i en Skaal med noget af Fremkaldervædsken; langsomt sværtes saa de Partier, der har været udsatte for Lyset, og mest de Dele, der har faaet det kraftigste Lys; naar denne Sværtning har naaet et passende Punkt, tages Pladen op af Vædsken, skylles ren og lægges i nogen Tid ned i en Vædske (svovlundersyrlet Natron), som fjerner de Dele af Sølvforbindelsen, som ikke er blevne paa-

virkede af Lyset; derved bliver Pladen „fikseret", og den kan tages ud i Lyset uden at forandres af dette; Pladen udvadskes omhyggeligt. Man har da faaet en „negativ" Plade, hvor Genstandens lyse Partier er gengivet ved mørke, og omvendt. Et „positivt" Billede paa et Papir faar man saa frem ved at lægge Negativet paa et Papir, der er gennemtrukket med en Sølvopløsning, og udsætte det for Dagslyset; dette trænger da lettest igennem Negativets lyseste Partier og sværter Papiret under disse, og disse mørke Steder kommer altsaa til at gengive Genstandens mørke Steder.

Kemisk virksomme er navnlig de blaa og violette Straaler og saa nogle mørke Straaler, der brydes stærkere end disse, og som kaldes *ultraviolette* Straaler.

Synet.

Øjet er et Camera obscura (Side 426), idet der i Øjet indenfor den gennemsigtige Hornhinde (*H H*, Fig. 340), som udgør den forreste Del af den ellers hvide, uigennemsigtige Senehinde (*S*), sidder en Linse (*L*), Krystallinsen, ved Hjælp af hvilken der paa Øjets Baggrund dannes Billeder af de Ting, som sender Lys ind i Øjet. Billedet, der dannes paa Øjets Baggrund, er omvendt (se Fig. 328), men naar man alligevel ser Tingene opret, ligger det i, at man søger Aarsagen til et Lysindtryk ud i den Retning (igennem Linsens Midtpunkt), hvorfra det kommer. Paa denne Øjets Baggrund udbreder Synsnerven sig som „Nethinden", og ved Lysindtrykkene paa den ser man. Foran Krystallinsen sidder Regnbuehinden eller Iris (*I*) med et Hul, Øjeaabningen eller Pupillen, i Midten; ved Muskeltraade trækker man ubevidst Pupillen

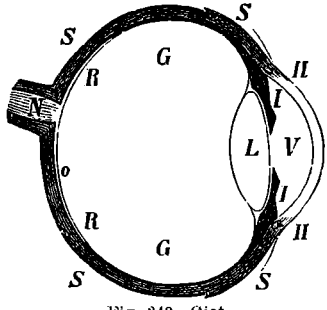


Fig. 340. Øjet.

sammen, naar der kommer stærkt Lys ind i Øjet. Paa Øjets Inderside udbreder den sorte Aarehinde sig og dækker Senehinden, og ser man ind i et Menneskes Øje, saa viser Midten af den gennemsigtige Hornhinde sig sort, fordi man kigger ind i det mørke Indre. Den fra Hjernen kommende Synsnerve træder ind i Øjet i dettes Baggrund hen ad Næsen til (ved *N*), og Fig. 340 forestiller altsaa et vandret Snit igennem det højre Øje.

Medens Linsen i et almindeligt Camera kan skydes frem og tilbage, saaledes at man kan faa Billedet til at falde paa det rette Sted, er det i Øjet saa, at man ved Hjælp af en Muskel kan krumme Linsen mer eller mindre og derved faa et skarpt Billede af det, man ser, til at falde paa Øjets Baggrund, selv om dette snart er i en og snart i en anden Afstand fra Øjet. Der er imidlertid Grænser for denne Afpasningsevne, som Øjet anvender ganske ubevidst. Det normale Øje kan faa skarpe Billeder af Ting, der ligger udenfor en Afstand af en Snes Centimeter, om denne Afstand saa er nok saa stor. Mindsteafstanden er for den langsynede en hel Del større, idet enten Afpasningsevnen er formindsket, eller Øjet er for kort fra for til bag, til at Billedet, naar Genstandens Afstand er mindre, kan falde paa Øjets Baggrund; Krystallinsens Brydning maa altsaa forstærkes, og dette kan ske ved Hjælp af Brilleglas, der er Samlelinser, ligesom den selv er Samlelinse. Den nærsynedes Øje er derimod for dybt, til at Billedet af fjerne Genstande kan falde paa Øjets Baggrund, det falder foran den; derfor maa Krystallinsens Brydning svækkes, og dette opnaas ved Brilleglas af Spredelinser. — Den langsynede bruger sine Briller, naar han skal se nærved, den nærsynede, naar han skal se i større Afstande.

Den Blindhed, man kalder *den graa Stær*, beror paa, at Krystallinsen mister sin Gennemsigtighed, og den kan helbredes derved, at man opererer Krystallinsen ud af Øjet; dette maa da have stærkt krummede Brilleglas til Hjælp, men Afpasningsevnen er borte. Den *sorte Stær* hidrører fra en Svækkelse af Synsnerven og er uhelbredelig.

Man ser bedst, naar Billedet af det, som man ser, falder paa det Sted *o* (Fig. 340) af Øjets Baggrund, der ligger lige bag

Linsen. Naar Billedet af en Ting falder der, hvor Synsnerven træder ind i Øjet, ser man den slet ikke; dette Sted (*N*) kalder man derfor det *blinde Punkt*. Dets Tilstedeværelse kan paavises ved følgende Forsøg: man lukker det venstre Øje og stirrer med det højre Øje stift lige ned paa det lille Kors tilvenstre i Fig. 341; man ser saa noget utydelig den store, hvide Plet tilhøjre i Figuren, men bevæger man Hovedet langsomt til eller fra Figuren, finder man let en Stilling, hvor



Fig. 341.

denne Plet ikke ses; hvorimod den ses saavel i større som i mindre Afstand end denne bestemte. Naar Pletten er forsvunden, falder dens Billede i Øjet paa det blinde Punkt. — Synet med to Øjne tjener bl. a. til, at man kan se Dybden i Rummet. I hvert Øje dannes der nemlig et Billede af den Genstand, der ses, men disse Billeder er lidt forskellige, desto mere, jo nærmere Genstanden er. Man opfatter imidlertid, naar Billederne falder paa ensliggende Steder af Nethinden, Genstanden enkelt, saa at de to Billeder i Bevidstheden smelter sammen til eet, men Billedernes Forskelligheder tjener saa til Opfattelsen af Dybden i Rummet. Jo fjernere Genstanden er, desto mindre forskellige er Nethindebillederne, og desto vanskeligere vil det derfor blive at afgøre, om det, man ser, er en virkelig Genstand eller et paa en Flade gengivet Billede deraf (Eks.: Virkninger fra en Teaterscene).

Et Lysindtryk holder sig altid i Øjet en kort Tid efter, at det er ophørt at være tilstede; deri ligger det, at naar en Sten svinges hurtig rundt i en Snor, ses Snoren som et fint Net; en Glød, der svinges hurtig rundt, ser ud som en lysende

Kreds, osv. Herpaa beror det Legetøj (Zootropen), der er afbildet i Fig. 342: en rund, foroven aaben Papæske kan med Haanden drejes rundt paa et lodret Haandtag; paa Æskens Sider er der en Række Huller i lige store indbyrdes Afstande, og inde i Æsken lægges en Papirstrimmel op imod Æskens Inderside, paa hvilken Strimmel der i Række efter hinanden er afbildet en Del Stillinger under en vis Bevægelse. Drejer man Æsken nogenlunde jævnt rundt og kigger ind i Æsken igennem Hullerne, ser det ud, som om Bevægelsen virkelig udføres, idet Bevidstheden saa at sige konstruerer de utallige Mellemstillinger.

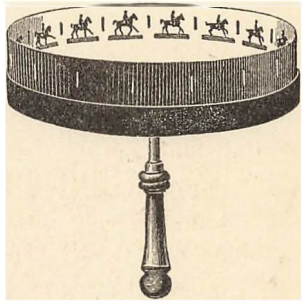


Fig. 342.

Paa samme Maade forholder det sig med de saakaldte „levende Billeder", der nu forevises mangfoldige Steder. I et Lysbilledapparat, som Fig. 338, anbringes ved *ab* i hurtig Rækkefølge Øjebliksfotografier, tagne enten af virkelig foregaaede Begivenheder eller af særlig til dette Øjemed arrangerede dramatiske Optrin.

INDHOLD

Side

Magnetisme (Fig. 1—20) 7

Elektricitet (Fig. 21—128) 34

Elektricitet ved Gnidning. Elektrisk Fordeling 34
Hvorledes sætter Elektriciteten sig i en Leder 52
Elektrisk Spænding 57
Elektroforet. Elektrisermaskinen. Elektrisk Gnist 62
Fortætning af Elektricitet. Leydner-Flasken. Elektriske Udladninger 71
Lyn og Torden 78
Den elektriske Strøm 87
Den elektriske Strøms magnetiske Virkninger 95
Elektromagneter 103
Den elektriske Telegrafering 108
Kemiske Virkninger af den elektriske Strøm. Galvanoplastik. Akkumulatorer 116
Varme og Lys frembragt af den elektr. Strøm 132
Volt, Ohm og Ampère. Hvorledes betaler man for Elektriciteten 137
Induktioner. Geislerske Rør. Røntgenske Straaler 141
Radioaktive Stoffer 160
Radiotelegrafi 170
Dynamomaskiner 177
Dynamomaskiners Anvendelse. Elektriske Sporvogne og Baade m. m. 185
Telefonering 190

Mekanik (Fig. 129—286) 197

Delelighed og Porøsitet 197
Hvile og Bevægelse. Inertiens Lov 199

Side

Kraft. Tyngde ... 201
Enhed for Vægt og for Længde ... 203
Tyngdepunktet ... 204
Faldet ... 211
Kastet ... 216
Kraft og Arbejde ... 218
Vægtstangen ... 224
Maskiner ... 228
Vejning ... 233
Flere Bevægelser samtidigt. Kræfters Sammensætning og Opløsning ... 238
Pendulet, Uret ... 242
Massetiltrækning. Tidevande ... 250
Krumliniet Bevægelse ... 258
Gnidning (Friktion) ... 271
Vædsketryk ... 272
Opdrift i Vædsker (Archimedes's Lov) ... 287
Om Vædskers Overflade. Vædskehinder, Sæbebobler, Haarrør ... 296
Luftens Tryk. Barometret ... 307
Boyle-Mariottes Lov ... 316
Trykmaalere (Manometre) ... 318
Luftpumpen ... 319
Vandpumper. Brandsprøjten ... 326
Atmosfæren. Luftvejning. Luftballonen ... 329
Anvendelser af Lufttrykket ... 337
Lyd og Toner ... 342
Toner ... 345
Strengeinstrumenter ... 347
Velklang. Noder ... 350
Tonerør ... 352
Stemmen. Fonografen (Grammofonen) ... 353

Varmen (Fig. 287—314) ... 355

Termometret ... 355
Udvidelse ved Opvarmning ... 360
Smeltning. Vand og Is ... 366
Fordampning og Kogning ... 370
Destillation ... 374
Det Leidenfrost'ske Forsøg ... 376
Hvorledes laver man kunstig Kulde ... 376
Hvor faar vi Varme fra? ... 381
Dampmaskinen ... 391
Gas- og Petroleumsmaskiner. Dowson-Gas ... 405

Side
Lyset (Fig. 315—342) 409
Lyskilder og Lysets Udbredelse 409
Spejling og Lysbrydning 411
Prismer 418
Linser 419
Straalernes Forskellighed og Egenskaber 429
Synet 432