

Mennesker beskæftigede med at sætte Telefon-Indehaverne i Forbindelse med hinanden efter deres Ønsker (Fig. 198).

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

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

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 egentlig blive ved med, så længe det skal være; Delene bliver til Slut noget små, og der skal fine Knive til at dele dem yderligere, men egentlig talt er der jo ingen lille Æblepartikel så lille, at den ikke nok kan deles end ydermere.

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

I en lille Agat-Morter kan man støde og rive Glasstumper så fint, at det er at føle på med Fingrene som Mel; men tager man det imellem Tænderne, kan man måske 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 få så fine Korn, at de heller ikke føles imellem Tænderne. Men under Mikroskopet kan de ses enkeltvis og tillige deres Størrelse måles; man har målt dem så fine, at de kun var 1/500 af et Menneskehårs Tykkelse.

En Dukat kan udhamres, så at den bedækker 15 Kvadratfod og får en Tykkelse af noget mindre end 1/15000 Linje. Tænkte man sig et sådant Guldblade delt i Tærninger, vilde en Dukat indeholde 70 Billioner (1 Billion er 1 Million Millioner) deraf, og 1 Million sådanne Tærninger vilde ikke indtage større Rum end et lille Sandskorn.

Ad galvanoplastisk Vej (se Sp. 128 o. flg.) kan man overtrække en Metalplade med et så tyndt Lag af et andet Metal, at man, når man ser hen til dette Lags forsvindende ringe Vægt her har med en høj Grad af Findeling at gøre.

Med en fin Diamant kan man på Glas ridse små Streger så tæt ved hinanden, at ca. 5 Tusinde tilsammen har en Bredde på 1 Linje; de kan kun ses i et godt Mikroskop.

En lille Smule Indigo kan farve en stor Vandmasse, og hver lille bitte Dråbe indeholder en Kende af dette Farvestof.

Lidt Moskus kan hurtig fylde et stort Rum med Moskuslugt; overalt, hvor vi lugter det, må der være Moskuspartikler i Luften, som trænger ind i Næseborene, men dog er der ingen Vægtformindskelse kendelig på Pulveret.

Når en Hund kan følge sin Herres Spor, må det ligge i, at ganske små Dele af ham bliver tilbage i Sporet, og ved at

fordampe virker de på Hundens Lugtesans og leder den på Spor. Gemen skal, når Vinden er gunstig, kunne vejre Jægeren i 100 Skridts Afstand, og dette kan jo kun ligge i, at Smådele fra Jægerens Overflade føres af Vinden til Gemen 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 ren mekanisk Art, fører aldrig til Spaltning af et sammensat Stof i dets GrundBestanddele. Køkkensalt består af Luftarten Klor og Metallet Natrium i kemisk Forening (Sp. 124); hvor fint man end deler et Saltkorn, så indeholder dog hver enkelt Del såvel Klor som Natrium. En kemisk Spaltning opnår vi ikke ad denne Vej, men f. Eks. ved Elektrolyse (Sp. 125) eller på andre Måder, som det hører til Kemiens Opgave at belære os om.

Det vil af det foregående forstås, 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 Smådele, de såkaldte *Molekyler*, og disse Molekyler holdes i større eller mindre Grad til hinanden af Kræfter, som virker imellem disse Molekyler; var der ingen sådanne Kræfter virksomme, måtte alle Ting falde hen til Støv af allerfineste Art. Kun i Luftarter er der ingen sådan Sammenhængskraft: lader man i kort Tid Gas strømme ud af en Gashane, holder denne Gas sig ikke samlet, men breder sig ret hurtig omkring i Luften.

Alle Ting er porøse.

De nylig omtalte Molekyler ligger ikke absolut tæt ved hinanden, men med bitte små 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 på, at Molekylerne kan bringes lidt nærmere til hinanden, end de er under normale Forhold; dette forudsætter imidlertid, at der er små Porer i Legemerne.

Når vi her taler om alle Tings Porøsitet, så 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

W
W
W
S
V
E
N
D
E
A
A
E
D
K

Porøsitet derved, at de kan gennemtrænges af Farvestoffer. — Ved at udsætte Vædske i tynde Metalbeholdere for et stærkt indre Tryk, har man fået Vædsken til at sive ud igennem



Fig. 199

hvilket kan ske ved at lukke for Glasset med Hånden og vende det nogle Gange op og ned, så opdager man, at Vædskens Overflade kommer til at stå lidt under Mærket. Vædskerne er altså porøse, Dele af den ene har fået Plads i den andens Porer.

HVILE OG BEVÆGELSE. INERTIENS LOV.

En Sten, der ligger på 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, én Gang i Løbet af et Døgn, og Jorden går omkring Solen med en Fart af ca. 4 Mil i Sekundet. Også Solen drejer sig omkring en Akse igennem dens Midte, og den har en Bevægelse i Rummet henimod Stjernebilledet Herkules. Intet Steds er der altså absolut Hvile! Når 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 altså relativ, og således er det også med al Bevægelse.

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

Når jeg står stille på et Skib, der glider langs et Bolværk, så 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, så bliver jeg ud for samme Sted på Bolværket; jeg er altså i Bevægelse i Forhold til Skibsdækket, men i Hvile i Forhold til Bolværket.

Når en Ting er i Hvile, kommer den ikke af sig selv i Bevægelse, og når en Ting er i Bevægelse, forandrer den ikke af sig selv sin Bevægelse; den søger i dette sidste Tilfælde at blive ved med at gå lige ud, stadig med samme Fart.

Den første Del af vor Sætning er der ingen, der studser ved, hvorimod man måske nok vil sætte et lille

Spørgsmålstegn ved den anden Del; men tænker vi nærmere efter, så svinder Forundringen.

Når man triller en Kugle hen ad en Vej, så bliver dens Fart stedse mindre, og sluttelig kommer Kuglen til at ligge stille; her har der imidlertid været Virkninger udefra, som hæmmede Kuglens Bevægelse, nemlig Gnidningen imod Vejen og Modstand fra de Småstene, der ligger på Vejen; endvidere er der en Luftmodstand at regne med. — Trilles Kuglen hen ad et Gulv, så kan den holde sig meget længere i Bevægelse, og trilles den hen ad en glat Isflade, så vedbliver den mange, mange Gange længere, før den standser; Hindringen udefra er da reduceret betydelig, 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 *jevn*. Hastigheden måles ved Vejlængden, som Legemet tilbagelægger i 1 Sekund — når intet andet Tidsrum nævnes. En Ting går med 5 Fods Fart, når den gennemløber 5' i hvert Sekund.

Jevne Bevægelser uden ydre Påvirkninger er dog næsten ukendte, fordi man sjældent bliver helt fri for Hindringer, navnlig Luftmodstanden. Men Jordens egen Akseomdrejning er dog en sådan jevn Bevægelse; vel er Jorden omgivet af et Luftlag, men dette holdes ind til Jorden af Tyngdekraften, ligesom en Stol, et Bord osv., og Lufthavet følger med Jorden under dennes Bevægelser. En næsten jevn Bevægelse af lignende Art kan man skaffe sig med en Snurre som den i Fig. 200 afbildede: En tung Bly skive med Stållakse, der ender forneden i en poleret Spids, med hvilken Snurren kan stilles på et Urglas eller en lille Porcellænsskål eller lign., som man har kittet fast i en Træfod. En halv Timestid kan dette Apparat holde sig i Gang, når det først ved Hjælp af et Snorløb er sat i en kraftig Omdrejning.



Fig. 200. En Snurre

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 både i Henseende til Hastighed og til Retning. Dette noget, der skal påvirke 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*; også: LigeGYldighedens eller Træghedens Lov.

Lad os nævne nogle Eksempler.

En Lommekniv lægges på en Bog, som ligger på Bordet; giver man Bogen et rask Stød fra Siden, kører Bogen noget hen ad Bordet, men Kniven bliver omtrent på sin Plads i Rummet, og den falder så ned, når Bogen er kørt hen under den; lidt trækkes Kniven dog nok med Bogen på Grund af Gnidning.

Hovedet på en Hammer eller på en Økse kan man få til at sidde fast på Skaftet ved at tage fat på dette, vende Hovedet nedad og så slå Skaftet op imod et Bord eller lign.;

det hele kommer derved i Bevægelse straks, så standses Skaffet, men Hovedet søger at blive ved noget endnu, og da glider det længere ind på Skaffet.

Vil man gøre et langt Spring, bruger man Tilløb; da er man allerede i Fart, og når man så »sætter af«, forøges den Hastighed, man allerede har.

Når man ligger på et gyngende Skib, er det, ligesom man blev tungere, når Skibet fra at gå ned atter rejser sig, og ligesom man blev lettere, når det fra at stige går over til at sænke sig; Fornemmelsen hidrører fra, at man søger at holde sig i den Bevægelse, man var i.

Står man i en Vogn, der pludselig sættes i Gang, falder man let bagover, og standser en Vogn pludselig, i hvilken man står, falder man let forover.

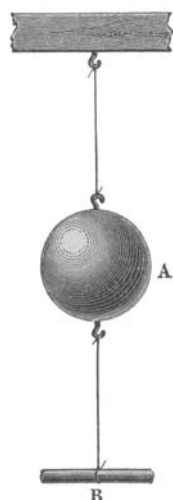


Fig. 201

I Fig. 201 tænkes en tung Kugle ophængt i en Tråd, og fra Kuglen hænger en Tråd af ganske samme Beskaffenhed ned. Trækker man nu langsomt ned i denne sidste Tråd, så kan der ske en Bristning, men det bliver så af den øverste Tråd, der nu bliver spændt både af Kuglens Vægt og af Trækket. Men rykker man rask ned i den nederste Tråd, så bliver det denne, der brister, thi den svære Kugle lader sig ikke sådan pludselig sætte i en stærk Bevægelse, og ved dens Modstand derimod sker Bristningen.

KRAFT. TYNGDE.

Som ovenfor sagt er en Kraft en udefra kommende Årsag til, at en Ting, der er i Hvile, kommer i Bevægelse, og til, at en Ting, der er i Bevægelse, får denne Bevægelse forandret enten i Henseende til Hastighed eller til Retning eller måske 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 Gnidning imod Isen eller Gulvet, Luftens Modstand o. s. v. er sådanne Kræfter.

Altid når vi skønner, at der virker en Kraft på et Legeme, vil vi ved nærmere Undersøgelse finde et andet Legeme, hvorfra Kraften kan siges at udgå; i de nys nævnte Eksempler er dette andet Legeme Gulvet, Isen og Luften.

Altid når vi skønner, at der virker en Kraft på et Legeme, vil vi ved nærmere Undersøgelse finde et andet Legeme, hvorfra Kraften kan siges at udgå; i de nys nævnte Eksempler er dette andet Legeme Gulvet, Isen og Luften.

Holder jeg en Sten i Hånden og giver slip på den, falder den. Dens Fald sker i en ganske bestemt Retning, som vi kalder lodret eller vertikal. Det er netop den Retning, i hvilken en Snor med et Lod i Enden stiller sig, når Snoren holdes fast et Sted. Denne Retning er tværs på enhver Vædskeoverflade; bedst ses det, når man stilleren Skål med Kviksølv (Fig. 202), 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 skrå Stilling imod Lodsnoren; Forsøget kan også gøres, når man fra en Bro, der går 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 på forskellige Steder af Jorden er derfor ikke parallelle, men ligger Stederne nær ved hinanden, er der dog ingen synlig Forskel på deres Retninger. Men vi forstår, at et Men-

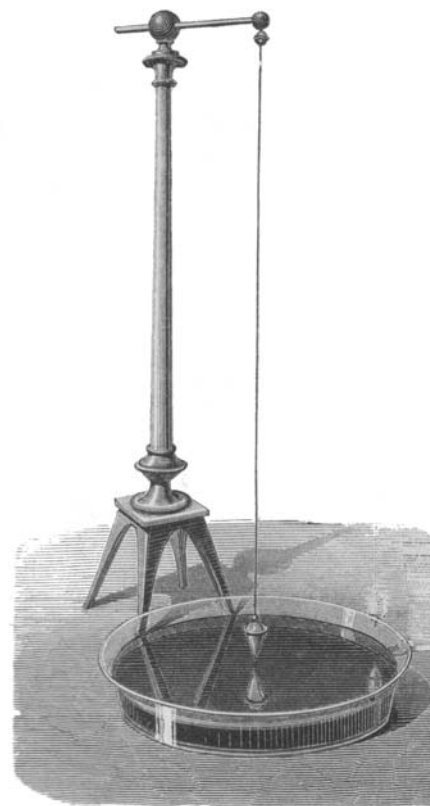


Fig. 202

neske, der står på 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 på, falder lodret ned imod Jorden, og dette finder Sted, hvor vi så end er på Jorden, slutter vi, at dette Fald skyldes en Kraft, der udgår fra Jorden, og som virker på alle Ting på og ved Jorden — ja, den virker også på Ting, der er langt fra Jorden, således f. Eks. på Månen; derom mere senere. Denne Kraft kalder vi Tyngden eller Tyngdekraften. Når en Ting er hængt op, giver Tyngden sig tilkende som et Træk i Ophængningen, og hviler den på et Underlag, ytrer Tyngden sig som et Tryk, Tingen udøver på 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 på 1 Kilogram (kg.) eller, som man også siger, 1 Kilo. Enhver Ting, der vejer det samme som dette bestemte Legeme — det opbevares i Paris — vejer også 1 Kilo, og man kan altså let lave Efterligninger af det originale Enhedslod. En Vægt, der er en Tusindedel af et Kilograms. Vægt, hedder et Gram. — I Danmark bruges

endnu i Reglen Pundet som Vægtenhed; der går nøjagtig 2 Pund på 1 Kilogram. 1 Pund deles i 100 Kvint, og da 1 Pund er ligeså meget som 500 gram, så er 1 Kvint – 5 Gram.

Lad os med det samme omtale *Længdemålene*. I Paris opbevares også en Meterstang, hvis Længde man er bleven enig om, er 1 Meter, og af den er der lavet Kopier, som forskellige Lande har fået for deraf at lave nye Efterligninger, der kan gå i Handel og Vandel. 1 Meter deles i 10 Decimeter eller 100 Centimeter eller 1000 Millimeter. Heraf følger, at der f. Eks. går 10 Centimeter på 1 Decimeter. – I Danmark bruges en Fod eller en Alen som almindeligt Længdemål. 1 Alen er lig 2 Fod, og da der går 24 Tommer på en Alen går der 12 Tommer på en Fod.

Der er den Sammenhæng imellem Meter og Fod, at 1 Meter er godt og vel $3 \frac{1}{6}$ Fod, nærmest $38 \frac{1}{4}$ Tomme. Da bliver 1 Ctm. nærmest $\frac{3}{8}$ Tomme.

Tænker man sig en Tærning, der er 1 Decimeter på hver Led, så er dens Rumindhold det vi kalder 1 Kubik-decimeter. En Tærning der på hver led er 10 Gange mindre, altså kun 1 Centimeter, dens Rumindhold hedder 1 Kubikcentimeter, og af sådanne går der 10X10X10 eller 1000 på 1 Kubikdecimeter. 1 Fod er jo 12 Tommer, og på 1 Kubikfod går der da 12X12X12 eller 1728 Kubiktommer. – En Vædske-mængde, der kan rummes i en tærningformet Beholder, der i indvendig Mål er 1 Decimeter på hver Led, siges at have et Rum på en *Liter*, og dette Rummål er meget

nær det samme som det, der i Danmark kaldes en *Pot*; Forskel-len er i alt Fald meget ringe.

Nu er der den Sammenhæng imellem Rummål og Vægt-mål, at 1 *Liter Vand* vejer 1 *Kilogram*, altså 1 *Pot Vand* vejer meget nær 2 Pund. 1 Ku-bikfod Vand vejer 61 Pund 83 Kvint, 1 Kubiktomme Vand godt $3 \frac{1}{2}$ Kvint. – På 1 Liter går der jo 1000 Kubikcentimeter, på 1 Kilogram 1000 Gram; altså vejer 1 Kubikcentimeter Vand 1 Gram.

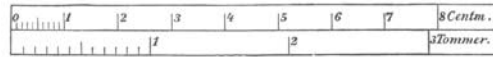


Fig. 203

TYNGDEPUNKTET.

Når man slår en Sten i Stykker og Stumper, så viser Erfar-ingen, at enhver nok så lille Stump har Vægt; d. v. s. Jorden udøver et Drag i den, thi den vil falde, når der ingen Hindrin-ger er herfor. Dette Drag på hver enkelt Stump, det udøvede Jorden naturligvis også, medens Stenen var hel; og dog forhold-

der Stenen sig, som om Jorden kun trak med én Kraft i den. Der er et Punkt i et Legme, hvori det kan synes, at Tyngden alene virker, og dette Punkt kalder man *Tyngdepunktet*; ethvert Legme har et Tyngdepunkt og kun ét.

Lad os tænke os et Legme ophængt ved et af dets Punkter (A) i en Snor (Fig. 205), og vi overlader det ganske til sig selv. Det stiller sig da således, som om der virkede kun én Kraft på det, og denne Kraft må virke et Sted i Forlængelsen Å' nedefter af

Ophængningssno-ren MA. – Vi ophænger så Legmet ved et af dets andre Punkter B (Fig. 206) på

samme Måde, og når det er kommen i Ro, må Tyngden virke som én Kraft i Forlængelsen BB' af Snoren.

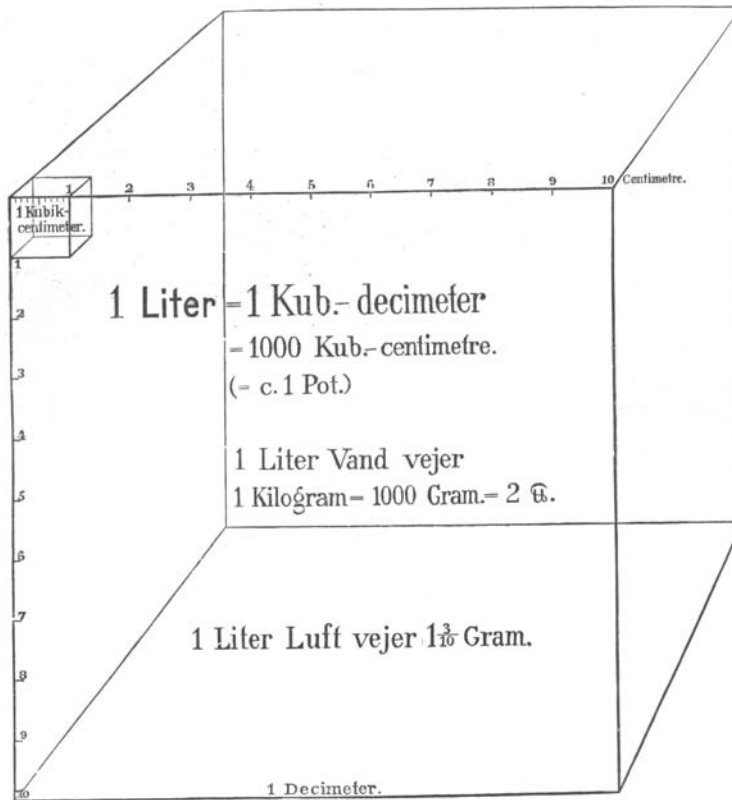


Fig. 204

— Disse to Forlængelser A' og BP krydser hinanden i et Punkt T , og det er Tyngdepunktet. Vilde vi ophænge Legemet på lignende Måde i et tredje, et fjerde Punkt o. s. v., så vil i alle disse Tilfælde Forlængelsen nedefter af Ophængningssnoen gå igennem det samme Punkt T .

Imidlertid er det ikke altid muligt at få Tyngdepunktet af

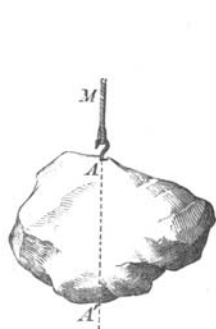


Fig. 205

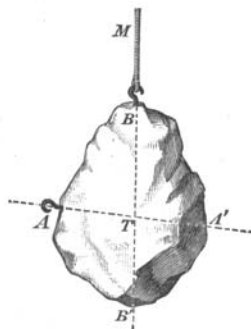


Fig. 206

et Legeme fundet bestemt på denne Måde, fordi man ikke kan følge Snorforlængelsen ned igennem Legemets Indre. Er Legemet fladt, en Plade f. Eks., så lader Bestemmelsen af Tyngdepunktet sig dog foretage på denne Måde.

Vi tager en Træplade af en hvilken som helst Form med

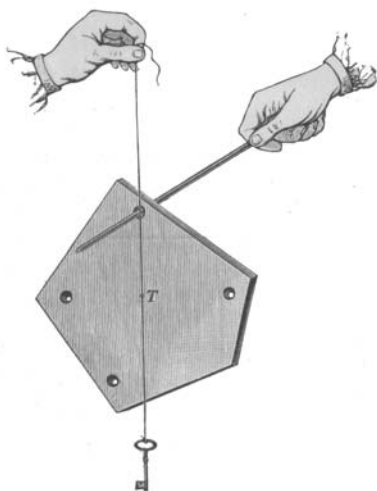


Fig. 207. En Plades Tyngdepunkt findes

nogle små Huller nær Kanten. Igennem et af Hullerne stikker vi en Strikkepind, holder denne vandret i Hånden, og Pladen vil da stille sig i en bestemt Stilling; vi tager da en fin Snor med et Lod i i Hånden og holder Snoren tæt ind til Strikkepinden, så at den hænger ned lige foran Pladen. Langs Snoren, medens den hænger således, tegnes der en Linje, f. Eks. med Blyant, på Pladen.

Vi gentager Forsøget, idet vi bruger et af de andre Huller. De to Blyantslinjer overskærer hinanden i et Punkt.

Vi benytter et tredje, et fjerde Hul, og det viser sig, at alle Blyantslinjerne skærer hinanden i det samme Punkt.

Når Pladen hænger ved et af sine Huller på Strikkepinden, og den så svinges lidt ud til Siden, bliver det nævnte Skæringspunkt ført ud i en Bue, der krummer sig opefter; slippes Pladen, falder den tilbage og får efter nogle Svingninger sin gamle Stilling igen.

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 så langt ned som muligt.

Pladens Tyngdepunkt kunde man også finde ved at holde en Lineal således, at dens skarpe Kant vender opad og så lægge Pladen ned på denne Kant; man skyder Pladen henover Kanten, indtil den så nær som muligt balancerer, og da mærker man på Pladens Underside der, hvor Linealen går hen under den. Pladen drejes dernæst noget rundt og bringes atter til at balancere på Kanten. Det Sted, hvor Kanten nu krydser den Linje, om hvilken Pladen før vuggede, angiver da Tyngdepunktets Plads. Får man en Blyant eller et Penneskaft til at balancere på Æggen af et Knivsblad, ligger Tyngdepunktet lige oven over Æggen.

Medens Pladen let kan komme i Ro, når den hænger på Strikkepinden, er det næsten umuligt at få den til at balancere på Linealens skarpe Kant. I det første Tilfælde er Tyngdepunktet nemlig under Ophængningen (Strikkepinden), men i det sidste Tilfælde over den (Lineal- C' kanten), og Tyngdepunktet søger jo altid nedad.

Lad os se lidt nærmere herpå.

I Fig. 208 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, så kommer Tyngdepunktet om i en anden Stilling, s' der ligger højere end s , og Tyngdekraften, der virker lodret nedad (antyd ved Pilen), vil da føre Pladen tilbage til dens gamle Stilling.

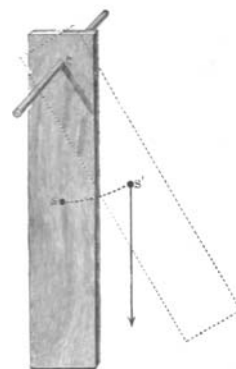


Fig. 208. Stadig Ligevægt.

I Fig. 209 ligger omvendt Pladens Tyngdepunkt lodret oven over Omdrejningsaksen; ved en nok så lille Drejning ud til Siden vil Tyngdepunktet gennemløbe en Bue ss' der går nedefter, og Tyngden, der virker lodret nedad, vil da føre Pladen længere bort fra den oprindelige Stilling; denne var en *ustadig Ligevægt*.

I Fig. 210 endelig kan Pladen dreje sig om en vandret Akse igennem Tyngdepunktet; til hvilken Stilling man end drejer

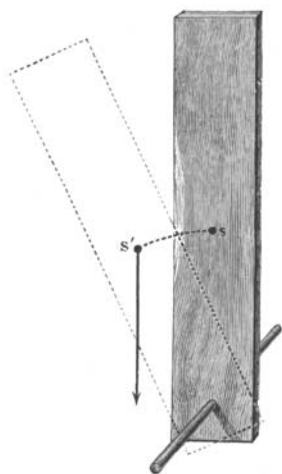


Fig. 209

Pladen hen, forbliver den i Ro — til hvad Side skulde den også dreje sig væk derfra? den ene er ligesågod som den anden. Vi har her med en *lige-gyldig Ligevægt* at gøre.

Det er ikke altid, at Tyngdepunktet for et Legeme ligger indenfor dets Område. Et Legeme som det i Fig. 211, dannet af 3 Kartoffler og 3 Pinde, har således i Reglen ikke Tyngdepunktet T liggende i en Kartoffel eller en Pind.

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

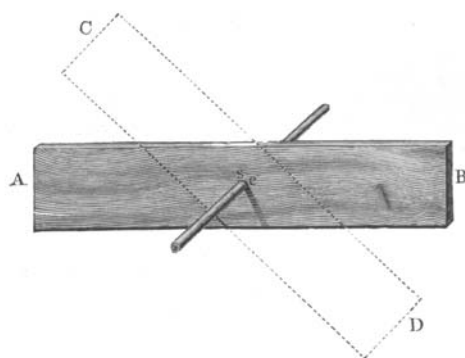


Fig. 210

Stof, hvorfra Stolen er lavet, men det ligger ude i Luften i en bestemt Stilling til Sædet og til Ryggen på Stolen.

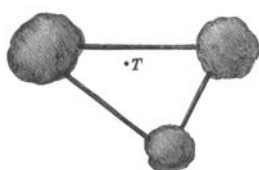


Fig. 211

De Balancekunster, som er viste i Fig. 212, 213 og 214 er nu lette at forstå.

I Fig. 212 bringes en Blyant til at stå med sin Spids på Fingeren, når en halvt åbnet Kniv med sit Knivs-blad er stukket ind i Blyanten, således som det ses. Blyant og Kniv i

Forening udgør et Legeme, hvis Tyngdepunkt ligger lavere end Blyantspidsen, og dette er naturligt nok, da Knivens Skaft er forholdsvis tungt, Blyanten derimod let, og når en Del af et Legeme er særlig tungt, så drages derved Tyngdepunktet hen mod denne Del.

I Fig. 213 er det balancerende Legeme lavet af en Prop med to Knive i og en tyk Knappenål; i Figuren er Knivene tænkte at være lige tunge, men er de det ikke, må Bladene lukkes op i forskellig Grad. Man bringer først Knappenåls

Hoved til at hvile på en Finger og flytter eventuelt Knivene således, at man får Nålen til at ligge vandret ud. Når dette er sket, kan man få det hele til også at balancere, når Knappenå-

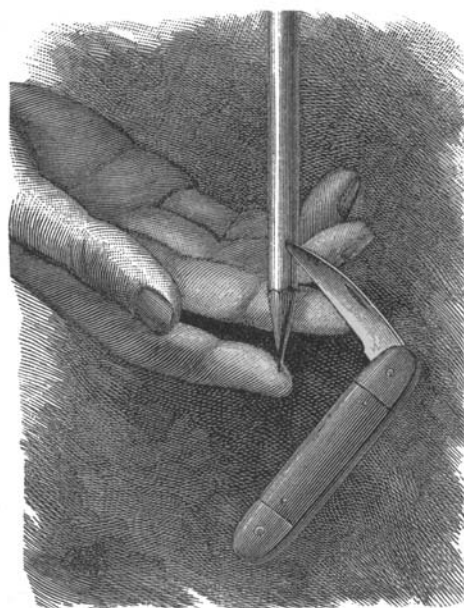


Fig. 212

len lægges op på Spidsen af en Synål, der er stukket ned i en Prop på en Flaske.

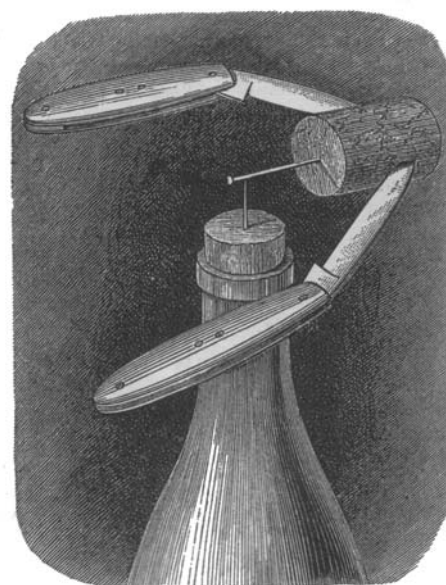


Fig. 213

I Fig. 214 er en Kop bragt til at balancere med sin Bund på 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 så tyk, at den kan klemmes fast i Hanken, og Gaffelen stikkes så ind i denne Prop; i det andet Tilfælde er Knivene stukne først ind i Hanken, og Proppen klemmer dem så fast ind til Koppen.

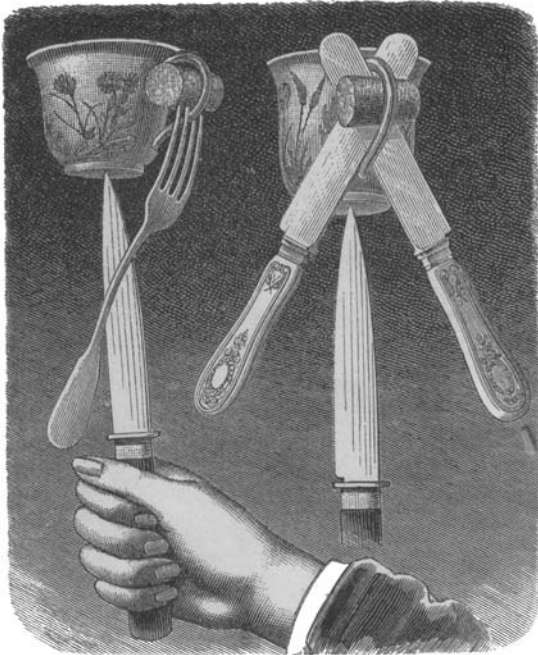


Fig. 214

Når en Ting hviler på et Underlag, så må altid en lodret Linje nedefter fra Tingens Tyngdepunkt — den såkaldte *Faldlinje* — træffe Underlaget indenfor Området af den Flade, der udgør Tingens Understøtning; ellers vælter Tingen.

Et trebenet Bord har til Understøtningsflade den Trekant,



Fig. 215

man kan tegne på Gulvet mellem de tre Punkter, hvor Benene rører ved Gulvet. Faldlinjen rammer Gulvet indenfor denne Trekant.

Jo tungere Tingen er, jo lavere dens Tyngdepunkt ligger, og jo større dens Understøtningsflade er, desto fastere står den.

Af de to Klodser i Fig. 216 står den lille fast, men den større vil vælte, thi det Punkt I' på Bordet, som ligger lodret under

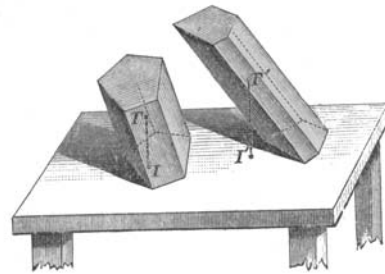


Fig. 216

Tyngdepunktet T for den store Klods, falder udenfor Understøtningsfladen.

Såvel i Pisa som i Bologna, begge i Italien, findes skæve Tårne. På Fig. 217 findes Tårnet i Bologna afbildet, hvilket har en Højde på ca. 160 Fod og er noget skævere end det i Pisa; Skævheden antages at hidrøre fra en Sænkning af Jordbunden. I begge Tårne ligger Tyngdepunktet (G) så langt inde, at den lodrette Linje ned fra dette falder indenfor Tårnet.

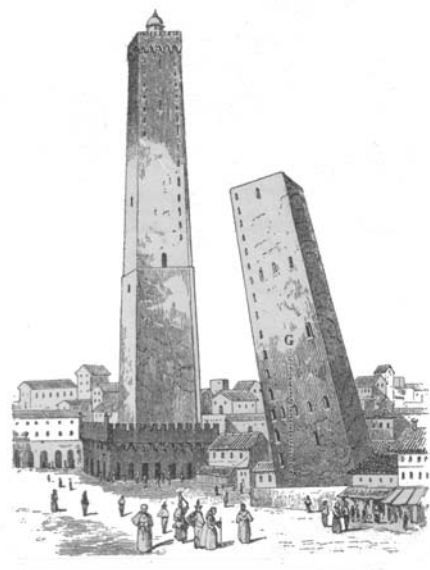


Fig. 217

Man kan kun bære en Stok stående lodret på en Finger (Fig. 218) ved at bevæge denne stadig frem og tilbage, thi Understøtningsfladen er så lille, at der ikke skal meget til, at den lodrette Linje fra Tyngdepunktet (g) falder udenfor den; man må derfor idelig flytte Understøtningsfladen hen under de nye Stillinger, som Tyngdepunktet får. En ligeså stor Jernstang vilde være lettere at bære, da man bedre kan føle Flytningen 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,

så at man hurtigere kan følge efter med Understøtningsfladen.

Går man på Stylter, gælder der noget lignende;



Fig. 218



Fig. 219

Understøtningsfladen er her en smal Strimmel nede på Jorden fra den ene Stylte til den anden.

Medens i al Almindelighed Tønder, Kugler osv., der lægges op på skråt stillede Flader, giver sig til at trille ned, fordi den lodrette Linje fra Tyngdepunktet rammer Skråplanet nedenfor disse Berøringslinjer eller -punkter med Skråplanet, så kan man dog ved at give Tyngdepunktet en usymmetrisk Plads i sådanne Legemer få dem til at trille et Stykke op ad Skråplanet og komme i Ro på dette i en bestemt Stilling.

Fig. 220 viser os en Kugle, f. Eks. af Træ, i hvilket der etsteds er indlagt en lille Blymasse tæt ved Kuglens Overflade; den hele Kugles Tyngdepunkt ligger da langt fra Centrum, og lægges Kuglen op på Skråplanet i den nederste af de to angivne Stillinger, så triller den opad, indtil den når den øverste Stilling, i hvilken Tyngdepunktet og Kuglens Røringspunkt med Skråplanet befinder sig i samme lodrette Linje; under denne Bevægelse har Tyngdepunktet beskrevet en nedefter gående Bue. Stødes Kuglen fra denne øverste Stilling lidt opefter, triller den tilbage, og stødes den lidt nedefter, så triller den også tilbage, d. e. opad.

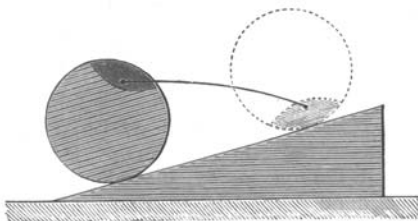


Fig. 220 En Kugle triller opad et Skråplan.

Et lignende Forsøg er vist i Fig. 221, hvor Skråplanet er en Lineal, der med sin ene Ende er lagt op på et Par Bøger, og hvor det trillende Legeme er en Ring af stift Pap med en lille tung Ting limet etsteds til Indersiden.

Fig. 222 viser os en anden Måde, på hvilken vi får et Legeme til at trille op ad et Skråplan, skønt Tyngdepunktet har en fuldstændig symmetrisk Beliggenhed i Legemet. Skråplanet er dannet af to Stænger, der er lagte op på to Bøger af forskellig Højde og således, at de på den laveste Bog er noget nærmere ved hinanden end på den højeste. Det trillende Legeme er dannet af to fuldkomne ens Kegler (Træ, Karton o. s. v.), der

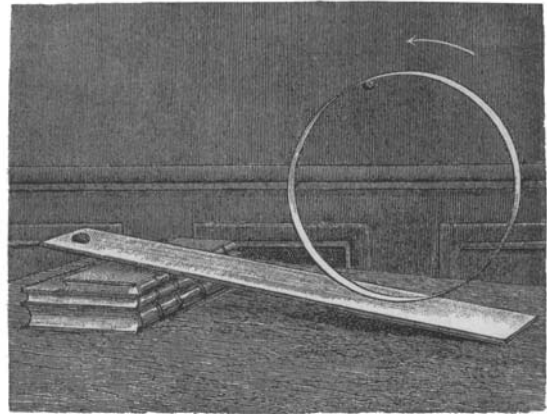


Fig. 221 En Ring triller op ad et Skråplan.

er limede sammen ved deres Grundflader. Lægges Dobbeltkeglen ned over Stokkene, og disse har en passende Skråhed i Forhold til den Vinkel, de danner med hinanden, så triller Dobbeltkeglen opad, thi dens Tyngdepunkt kommer ved denne Bevægelse dog stedse lavere ned til Bordet.

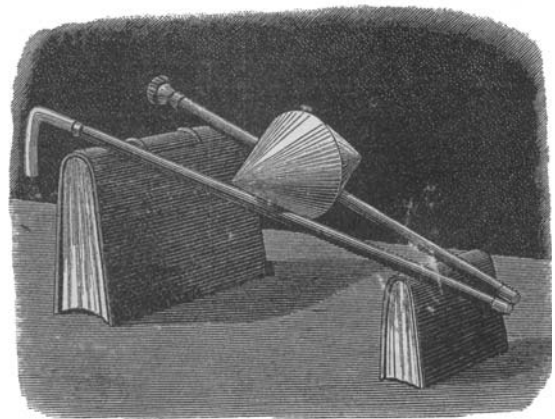


Fig. 222

Når en Ting skal hvile på et Underlag i et eneste Punkt, så er det en Betingelse herfor, at dets Tyngdepunkt ikke kommer til at gå 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 på en Flade, når denne er

vandret. — En såkaldet Trolddukke (Fig. 223) rejser sig op, når den lægges ned på et Bord; dens nederste Del er en Kuglekalot af Bly, medens den øvrige Del er ret let, og Dukken har derfor

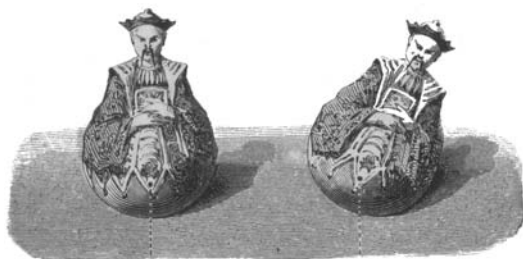


Fig. 223

sit Tyngdepunkt inde i Blymassen. Når den da står op, har Tyngdepunktet en lavere Stilling, end når den drejes ud til Siden.

Et Æg kan ligge ned på et Bord, men ikke stå på Enden, thi i en sådan Stilling vilde Tyngdepunktet ligge højere, end når det drejes ud til Siden; det vil derfor straks falde.

Når et Menneske står op på begge sine Ben, ligger hans Tyngdepunkt inde i Kroppen lidt over Hofterne, og Faldlinjen træffer Underlaget indenfor Understøtningsfladen, hvilken på Fig. 224 er antydnet ved punkterede Linier. Når han da vil gå, flyttes Forkroppen så langt frem, at Faldlinjen falder udenfor Understøtningsfladen, og han vilde da uundgåelig falde, hvis han ikke skaffede sig en ny Understøtningsflade ved at flytte det ene Ben: Gangen er et stadig afbrudt Fald!

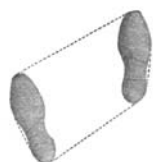


Fig. 224

Når man bærer en Byrde på Ryggen, læner man sig uvilkårlig forover, thi nu kommer det an på Beliggenheden af det fælles Tyngdepunkt for Mennesket og Byrden, som om disse tilsammen udgjorde ét Legeme. Ligeså når man bærer en tung



Fig. 225

Fig. 226

Byrde i den ene Hånd, hælder man sig ubevidst over til den anden Side og strækker den anden Arm ud, thi derved

flytter man sit eget Tyngdepunkt så langt ud til Siden, at Menneskets og Byrdens fælles Tyngdepunkt kan komme ind over Understøtningsfladen.

FALDET.

Vi ved, at når man tager en Tings Understøtning bort fra den, så falder den, og hvis man ikke giver den nogensomhelst Sidebevægelse, idet man slipper den fri, så 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 får; den tiltager endog i en større Grad end Farten. Når vi lader tunge Ting falde, får dog Luftmodstanden ingen synderlig Indflydelse (se nedenfor), og man kan så ved ligefremme Forsøg vise, at sådanne Ting falder lige hurtig. Den italienske Fysiker *Galilæi*, der først har angivet de Love, som gælder for Fald bevægelsen, viste dette ved at lade lige store Kugler af forskellige Metaller falde ned fra Toppen af det skæve Tårn i Pisa (Sp. 196); 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 også den største Mængde Stof at føre nedefter: i samme Forhold som Kraften er større, er også den bevægede Masse større, og da bliver Bevægelsen den samme. Da *Galilæi* imidlertid også lod ligeså store Kugler af lettere Stoffer falde, viste det sig, at de var længere Tid om at nå Jorden, men dette hidrører fra den Indflydelse, som Luftmodstanden får. Lader man en Metalkugle og et Stykke Papir falde fra Hånden i samme Øjeblik, så kommer Papiret senere ned til Gulvet end Kuglen, fordi Papiret er så let i Forhold til Størrelsen af den Flade, som det frembyder overfor Luftens Modstand; tillige falder Papiret ikke nøjagtig lodret ned, idet Luftmodstanden kan indvirke ændrende på dets Bane. Men fjernede man Luftmodstanden, d. v. s. lod man såvel Kuglen som Papiret falde i et Rum, af hvilket man havde udpumpet Luften, så vilde de falde ganske nøjagtig lige hurtig. Dette kan man godtgøre ved Forsøg, og vi har altså den Lov for Faldet, at når Tyngden er den eneste virkende Kraft, så *falder alle Legemer lige hurtig*.

Et Fald i et lufttomt Rum kalder man et *frit Fald* Tyngden er den eneste Indvirkning udefra på 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 32 Fod; da det ingen Hastighed har i det Øjeblik, Faldet begynder, så er Hastigheden i det Øjeblik, da det første Sekund er til Ende, og det andet begynder, 32 Fod; i Løbet af det andet Sekund forøges Hastigheden atter med 32 Fod, så at den er 32' + 32' eller 64 Fod, når det andet Sekund er til Ende. Vi indser på den Måde, at Hastigheden ved Slutningen af det tredje Sekund er 64' + 32' — 96 Fod, d. e. 3 X 32', ved Slutningen af det fjerde Sekund 96' + 32' == 128 Fod, d. e. 4 X 32' o. s. v. Ved Slutningen af det tolvte Sekund må Hastigheden altså

være $12 \times 32'$ eller $384'$, ved Slutningen af det syttende Sekund $17 \times 32'$ eller $544'$ o. s. fr.

Hvad mener man nu egentlig med, at Hastigheden ved Slutningen af det tolvte Sekund er $384'$? Det er nemt nok med Begrebet »Hastighed«, når vi har med jævne Bevægelser at gøre, thi 7 Fods Hastighed betyder da, at det pågældende Legeme kommer 7 Fod frem i hvert Sekund. Men her ved Faldet stiger Hastigheden jo fra Øjeblik til Øjeblik, og der bliver langt fra 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 $384'$, vil da sige, at hvis man tænkte sig

det Tilfælde indtræde, at Tyngdekraften pludselig holdt op med at virke på Legemet, netop 12 Sekunder efter at Faldet var begyndt, så vilde Legemet på Grund af Inertien (Sp. 185) falde videre med en jævn Bevægelse, og under denne komme $384'$ frem i hvert Sekund.

Vi har nu set, hvordan det går med Legemets Hurtighed under Faldet, og skal derpå høre om, hvor langt Legemet falder. Dette er ikke så lige at løbe til. Men tænker vi rigtig efter, så går det nok.

I Løbet af det første Sekund voksede Hastigheden gradvis fra 0 op til $32'$; havde Legemet beholdt sin Begyndeshastighed, som jo er 0, så var det slet ingen Vej kommen, Vejlængden vilde være 0; hvis Legemet straks ved Begyndelsen havde haft en Hastighed af $32'$ og havde beholdt den uforandret, så var det kommen Vejen $32'$ frem i dette Sekund; efter $1/4$ Sekunds Fald er Hastigheden $8'$, og havde Legemet straks haft denne Hastighed og havde beholdt den uforandret, så vilde det være kommet $8'$ frem i det første Sekund o. s. v. Faldvejen i det første Sekund må derfor åbenbart være større end 0' og mindre end $32'$, og da Hastigheden Fig. 227. vokser gradvis fra 0 op til $32'$, vil Vejen være det Antal Fod, man finder

ved at tage Middeltallet af 0 og $32'$; da man altid får et Middeltal for to andre ved at lægge dem sammen og dividere med 2, så fås her 16, og Faldvejen i det første Sekund er således $16'$.

I det andet Sekund vokser Hastigheden gradvis fra $32'$ til $64'$; havde Legemet beholdt sin Begyndeshastighed $32'$ hele Sekundet igennem, var Faldvejen bleven netop $32'$, men den er større; havde Legemet straks haft sin Endehastighed $64'$ og beholdt den uforandret, så var Vejlængden bleven $64'$. Den virkelige Vejlængde er da større end $32'$ og mindre end $64'$, og

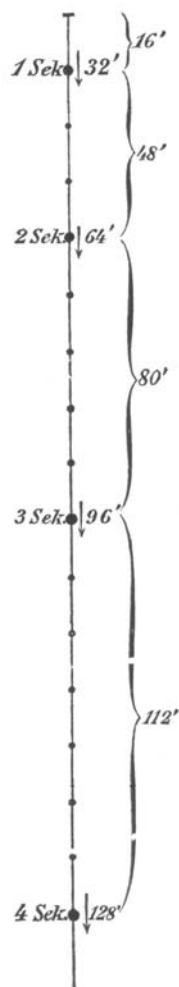


Fig. 227

den ligger netop midt imellem disse Tal på Grund af det gradvise i Hastighedens Vækst; den bliver $48'$, thi dette Tal kommer frem ved at lægge 32 og 64 sammen og dividere med 2.

Ved lignende Ræsonnement finder man, at Vejlængden, som Legemet gennemfarer i det tredje Sekund er $80'$, i det fjerde Sekund $112'$ o. s. v.

Da $48 = 3 \times 16$, $80 = 5 \times 16$, $112 = 7 \times 16$ o. s. v., så ser man, at Vejene i de forskellige Sekunder regnet fra Begyndelsen af forholder sig som 1 til 3 til 5 til 7 o. s. v., o. s. v. som de ulige Tal.

Vi vil så dernæst regne Vejlængderne ud i flere Sekunder tilsammen, regnet fra Begyndelsen af.

I de to første Sekunder tilsammen er Faldvejen $16' + 48'$, altså $64'$, hvilket kan skrives som $4 \times 16'$ eller $2 \times 2 \times 16'$.

I de tre første Sekunder tilsammen er Faldvejen $16' + 48' + 80'$, altså $144'$, hvilket kan skrives som $9 \times 16'$ eller $3 \times 3 \times 16'$.

I de fire første Sekunder tilsammen er Faldvejen $16' + 48' + 80' + 112'$, altså $256'$, hvilket kan skrives som $16 \times 16'$ eller $4 \times 4 \times 16'$.

Vejen i de fem første Sekunder tilsammen bliver i Overensstemmelse hermed $5 \times 5 \times 16'$, hvilket er $400'$.

Vejen i de elleve første Sekunder tilsammen bliver

$11 \times 11 \times 16' = 1936'$ 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.

Når der spørges: hvor lang Tid er et Legeme om at falde igennem en Højde af $430'$ i det lufttomme Rum? så udregner man først, hvor mange Gange 16 »går op i« $430'$; det bliver omtrent 27; derpå finder man så nær, det lader sig gøre, det Tal, som multipliceret med sig selv giver 27; det er lidt over 5, nærmest $5 \frac{1}{5}$; så mange Sekunder varer Faldet. Den Hastighed, som Legemet opnår ved at falde igennem disse $430'$, bliver da $5 \frac{1}{5} \times 32' = \text{ca. } 166'$.

Hvad nu Faldet i Luften angår, så modvirkes det som omtalt af den Modstand, som Luften gør imod Bevægelsen derved, at Legemet jo må drive Luften væk for at komme frem igennem den, og Legemet må her udrette desto mere, jo større Fart det har. Faldet i Luften går da således for sig, at Hastigheden tiltager, men det, den tiltager med, bliver efterhånden mindre og mindre, og tilsidst er der ingen Hastighedstilvækst mere; Legemet vil da fremtidig falde med en jævn Bevægelse.

Et Legeme får desto hurtigere denne jævne Bevægelse under sit Fald i Luften, jo større dets Overflade er i Forhold til dets Vægt. Når man derfor endelig skal springe ud fra tredje Etage i et Hus, så er det godt at holde en opslået Paraply over sig, når man blot passer på, at den ikke vender sig; Paraplyen giver stor Overflade og derved stor Luftmodstand.

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 så lille Diameter som en anden Kugle af samme Stof, den har en 1000 Gange så ringe Vægt, men kun en 100 Gange så lille Overflade. Deraf følger så, at Luftmodstanden ikke aftager i så stærk Grad som Vægten, at med andre Ord Luftmodstanden er forholdsvis

stor for de små Legemers Vedkommende. Derved kan vi forstå, 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 Støvdele med sig, og højt til Vejrs på snedækte Bjerge ligger der Støv, som af Luften er ført derop fra Dalene.

Hvor ringe Luftmodstandens Indflydelse er på tunge Legemers Fald, fremgår deraf, at en Blykugle på 2 Tommers Diameter, som man lod falde ned fra St. Pauls Kirkens Kuppel i en Højde fra Jorden på 280', brugte $7\frac{1}{2}$ Sekund til Faldet, hvilket kun er $\frac{1}{4}$ 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, altså giver man den en vis Fart nedad i det Øjeblik, Tingen overlades til sig selv, så får Tingen en voksende Fart nedad ligesom ved Faldet.

Ser vi nu bort fra den Indflydelse, som Luftens Modstand udøver på Bevægelsen, så vil Hastigheden vokse med 32' pr. Sekund. Blev Legemet kastet ned med en Begyndelseshastighed af 70', så er Hastigheden efter 1 Sekunds Forløb 102', efter 2 Sekunders Forløb 134', efter 3 Sekunder 166' osv. Vejen, som Legemet tilbagelægger i et eller andet Sekund, er ligesom ved Faldet Middeltallet af de to Hastigheder, som Legemet har ved Sekundets Begyndelse og ved dets Slutning; i det her valgte Eksempel er Vejen i det tredje Sekund derfor Middeltallet af 134' og 166', hvilket er 150', thi 134 og 166 tilsammen er 300, og det halve heraf er 150.

Kastes et Legeme lodret opad i det tomme Rum, så får det under Stigningen en jævnt aftagende Bevægelse, idet dets Hastighed for hvert Sekund, der går, formindskes med 32'. Kastes det således tilvejs med 160 Fods Hastighed—hvilket jo vil sige, at det, hvis der ingen Tyngde virkede på det, vilde stige 160' opad i hvert Sekund — så er dets Hastighed, når 1 Sekund er gået, 32' mindre, altså 128'; efter Forløbet af det andet Sekund er Hastigheden 32' mindre endnu, altså 96' o. s. fr. Det må da ende med, at Legemet standser, hvilket det jo gør, når dets Hastighed bliver 0. I det her foreliggende Eksempel sker dette 5 Sekunder efter, at Legemet er kastet til Vejrs; man finder altid Længden af den Tid, som Legemet er om at stige så højt, det kan komme, ved at regne ud, hvor mange Gange 32' kan trækkes fra Begyndelseshastigheden, hvilket vil sige, hvor mange Gange 32 er indeholdt i (går op i) Begyndelseshastigheden; denne sidste var jo 160', og 32 går 5 Gange op i 160.

— Når Legemet da er kommet så højt op, det kan, vender det om og falder ned igen; når nye 5 Sekunder er forløbet, er det kommet ned til Udgangsstedet, og det kommer derned med samme Hastighed, som det blev kastet tilvejs med, altså med 160'. I 5 Sekunder falder et Legeme igennem en Højde på 5X5x16', hvilket giver 400', og det var altså også den Højde, som Legemet steg til. Men når et Legeme kastes lodret op i Luften

— ikke i et lufttomt Rum! — så kommer det tilbage med

en Hastighed, der er mindre end den Hastighed, som det fik, da man kastede det. Og dette kan vi let forstå: medens Legemet stiger, så virker Tyngdekraften i Forening med Luftmodstanden til at hemme dets Stigning, så at Hastigheden formindskes i stærk Grad, og når det så bagefter falder, så tiltager Hastigheden i en ringere Grad, end den formindskedes under Stigningen; thi nu bevirker Luftmodstanden, at Hastigheden ikke kan vokse så stærkt, som Tyngden gerne vil have den til.

Når man kaster et Legeme skråt ud eller i vandret Retning, så får Tyngden ikke alene Indflydelse på Legemets Hastighed, men også på dets Banes Form. I Fig. 228 har vi tænkt os, at et Legeme kastes skråt opad i Retningen AB, og det vil da bevæge sig i Buen Amnoq, først opad, så nedad. Virkede der ingen Tyngde, og var der ingen Luftmodstand, så vilde Legemet gå skråt opefter med en jevn Bevægelse, f. Eks. hvert Sekund gennemløbende de lige lange Veje Å, ab, bc, cd osv., men

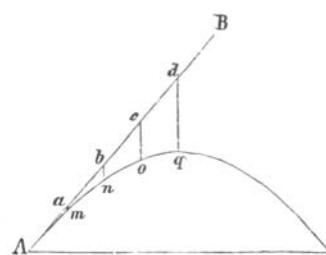


Fig. 228

Tyngden drager det så meget nedad, at det, når et Sekund er forløbet, ikke er i a, men i et Punkt m, der ligger 16' lavere lodret under a; efter to Sekunders Forløb er det i et Punkt n lodret under b, således at bn er 4X16' lang; efter tre Sekunders Forløb passerer Legemet et Punkt o, der ligger 9X16' lodret under osv. Derved fremkommer den krumme Bane. — Men her er så ikke taget Hensyn til Luftmodstandens Indflydelse; denne bevirker, at Legemets Bane får en lidt anden Form og bl. a. er mere stejl på den nedad gående Del end på det opstigende Stykke.

Jo større Fart Legemet får meddelt fra Begyndelsen af, desto mindre krum bliver Banen, og Gevær- og Kanonprojektiler vil derfor på 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 må derfor, når man affyrer et Skydevåben imod et bestemt Mål, sigte noget højere opefter, desto mere, jo fjernere Målet er, og desto mere, jo mindre Fart Projektilet får ved Skuddet.

KRAFT OG ARBEJDE.

Kraft. Det er før omtalt, at når et Legeme, der er i Hvile, kommer i Bevægelse, eller når et Legeme, der er i Bevægelse, får sin Hastighed forøget eller formindsket, eller når det får sin Bevægelsesretning forandret, så er der en udefra kommende Årsag hertil, og denne Årsag kalder vi en *Kraft*. Denne Kraft

kommer altid fra et andet Legeme, hvad Erfaringen viser os.

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. Fra Jorden udgår der, siger vi så, en Kraft, der virker på alle Ting i dens Nærhed. Vi kan måle 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 på 40' i Stedet for på 32', ja så vilde Tyngdekraften være så mange Gange større, end den i Virkeligheden er, som 40 forholder sig til 32; den vilde altså være $1 \frac{1}{4}$ Gange så stor eller, som man udtrykker det, en Fjerdedel til så stor.

Men Tyngdekraften kan også måles ved, hvad der kan holde den i Ligevægt. Hænger man en Spiralfjeder op ved

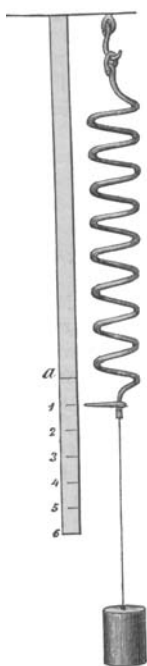


Fig. 229

Pund.

Kræfter måles således i de samme Enheder, som Vægten måles i, d. e. Pund i dansk Mål, Kilogram i det franske eller internationale Mål.

Et Apparat som det her beskrevne er en *Fjeder-vægt* eller i al Almindelighed en *Kraftmåler* (Dynamometer).

Når en Genstand ligger på et Underlag, så kan den blive trukket eller skubbet hen ad dette Underlag ved Hjælp af en Kraft, og når man vil måle, hvor stor Kraft der skal hertil, så kan man benytte en sådan Kraftmåler, som nylig er omtalt, på den i Fig. 230 viste Måde. Når man begynder at trække, så strækkes Fjederen ud, Viseren flytter sig hen ad Inddelingerne,

men Genstanden rører sig først, når en vis Spænding er fremkommet; lidt efter at Bevægelsen er indtrådt, slappes Fjederen altid lidt igen, fordi der skal mindre Kraft til for at *holde* Genstanden end for at *sætte* den i Bevægelse. Medens Tingen trækkes jævnt hen ad Underlaget, peger Viseren, når Underlaget er nogenlunde ens i Glathed overalt, meget nær på samme Delingsstreg på Apparatets Målestok, lad os sige på 3. Da skal

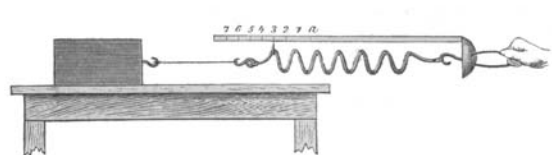


Fig. 230

der altså en Kraft på 3 Pd. til for at holde Tingen i Bevægelse; og *Kraftens Størrelse beror slet ikke på, om man trækker Genstanden et kort eller et langt Stykke.*

Holder man op med at trække, så standser Genstanden og bliver liggende. Medens den blev trukket afsted, virkede der to Kræfter på den, nemlig Fjederkraften og Gnidningsmodstanden, og disse holdt hinanden Stangen. Så længe Fjederkraften er mindre end Gnidningsmodstanden, så bliver Tingen liggende, men er den akkurat ligeså stor, får vi den jævne Bevægelse. En jævn Bevægelse får vi altså ikke alene, når en Genstand bevæger sig uden Påvirkninger udefra (se Sp. 186), men også når der er Påvirkninger udefra, som holder hinanden i Ligevægt. Havde Fjederkraften været den eneste Kraft, så vilde Genstanden have fået en stadig voksende Bevægelse, og dette vil også være Tilfældet, når Gnidningsmodstanden er mindre end Fjederkraften.

Det blev sagt, at en Kraft, der virker på et Legeme, altid hidrører fra et andet Legeme, hvorfra Kraften udgår. Undertiden er dette andet Legeme i umiddelbar Berøring med det første, hvilket således gælder, når vi har med Gnidningsmodstand at gøre, hvor da Underlaget eller i det Hele det, som det bevægede Legeme er i Berøring med, er det andet Legeme, hvorfra Kraften (Gnidningsmodstanden) udgår. 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 på den, men også i de Ting, som er hævede op over den. Det besynderlige i, at ét Legeme (Jorden) kan trække i et andet Legeme, som den ingen hverken synlig eller på anden Måde kendelig Forbindelse har med, har man ingen fuld Forklaring på. Et lignende Forhold har vi i de magnetiske og elektriske Kraftvirkninger; en elektrisk Strøm virker således på en Magnetnål 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 på Tæppet i Midten, bøjer Tæppet sig noget ned, og netop så meget, at det får en Spænding stor nok til at kunne udøve et Tryk opad på Genstanden, som netop

er lig med Genstandens Vægt; tager man noget af Genstanden bort, bliver Tæppets Bøjning mindre. Som det går her på en let synlig Måde, således går det altid, når en Genstand ligger på en anden: Underlaget bliver bøjet så meget ned, at det ved sin Spænding trykker opad på 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 på et Legeme vi iagttager, udgår fra et andet Legeme. Men Virkningen er gensidig: et Legeme kan ikke virke med en Kraft på et andet Legeme, uden at dette virker tilbage på det første Legeme med en ligeså stor, modsat rettet Kraft; dette udtrykker man også således: til enhver Kraft (Aktion) svarer der en ligeså stor Modkraft (Reaktion). Vi har set Eksempler derpå i Læren om Magnetismen og Elektriciteten: ligesom en Magnet tiltrækker et Stykke Jern, vil også dette omvendt tiltrække Magneten (Sp. 8); en elektrisk Strøm påvirker en Magnet i dens Nærhed, men Magneten påvirker også Strømmen med en modsat rettet Kraft (Sp. 103), og der er på disse Steder nævnt Eksempler på den samme Naturlov, hentede rundt omkring fra, til hvilke Eksempler der her blot skal henvises.

Når Jorden trækker i et Legeme, så trækker Legemet altså i Jorden med en ligeså 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 ligestore Kræfter virker på, er højst ulige — Jordens uhyre stor i Sammenligning med Legemets — og derfor bliver dens Bevægelse henimod Legemet også uhyre lille.

Arbejde. Til at bære en Ting skal der en Kraft ligeså stor som Tingens Vægt; til at løfte Tingen skal der en ligeså stor Kraft, og Kraften er ganske den samme, hvad enten Tingen løftes et stort eller et lille Stykke. Dog koster det desto mere Anstrengelse, jo højere den skal løftes, man siger, at der udføres et større *Arbejde*. Løftes 1 Pd. 1 Fod til Vejrs, siger man, at man udfører 1 Pundfods Arbejde; man udfører altid Arbejde, når man overvinder Modstand, og her overvinder man den Modstand, som Jorden igennem Tyngdekraften gør imod, at Legemet løftes. Løftes 1 Pd. 2 Fod tilvejs, så udfører man derved det dobbelte Arbejde, løftes det 10 Fod det tidobbelte Arbejde. Hvis man i Stedet for at løfte 1 Pd. 1' højt løfter 6 Pd. 1' tilvejs, så kande man tænke sig de seks Pd. løftede enkeltvis, og da forstår man, at man udfører et Arbejde, der er 6 Gange så stort, som når kun 1 Pd. løftes 1'. Når man derfor løfter 6 Pd. igennem en Højde af 10' så udfører man derved et Arbejde, som er 6 Pd. X 10' = 60 pund (Pundfod).

Medens Kraften måles i Pund, så måles Arbejdet i Pundfod.

Når man trækker den i Fig. 230 afbildede Genstand hen ad Underlaget, tænkte vi os, der blev anvendt en Kraft på 3 Pd.; flyttes den 7' frem, så udfører man derved et Arbejde på 3 Pd. X 7' = 21 pund.

Hvis man nu lagde det samme Underlag skråt op og f. Eks. netop således, at der for en Længde på 7 Fod er 2 Fods

Stigning, så skal der mere Kraft til for at få Legemet ført opad. Arbejdet ved at flytte det 7' skråt opad består nemlig så af to Dele: dels skal Gnidningsmodstanden overvindes, og dette krævede jo et Arbejde på 21 Pd., og dels skal Legemet løftes,

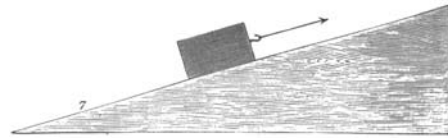


Fig. 231

idet det ved at flyttes de 7 Fod kommer 2' højere tilvejs; man må da kende dets Vægt for at kunne angive dette Arbejdes Størrelse, og er Vægten f. Eks. 14 Pd., så er denne Del af Arbejdet 14 Pd. X 2' = 28 pund. Det hele Arbejde er da 21 pund + 28 pund = 49 pund, og Kraften, som hertil skal anvendes, får man ud ved at dividere Veglængden 7' op i disse 49 pund; det bliver 7 Pd. — Om Rigtigheden af dette Resultat kan man forvisse sig ved Forsøg, hvor Kraftmåleren bruges; en af de almindelige Fjedervægte, som jævnlig bruges i Husholdningen, kan man benytte.

Når et Arbejde skal udføres, så må der til Rådighed være Legemer, hvorfra der kan udgå 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 også — men tillige løfte den eller trække den hen ad et Underlag. En spændt Fjeder har ligeledes Arbejdsevne: er den belastet med 7 Pd., og man tager det ene Pund af, trækker den sig lidt sammen, d. e. den løfter de 6 Pd.; man tager atter 1 Pd. af, og de resterende 5 Pd. løftes lidt osv. Fjederen udfører på denne Måde altså Arbejde, men samtidig mister den i Evne til at udføre Arbejde, hvilket viser sig ved, at den efterhånden, som den arbejder, slappes mere og mere, og tilsidst har den mistet al Arbejdsevne. Således går det også, når vi bruger vor Muskelkraft; ved Ernæringen fornyer vi den imidlertid.

Damp under stort Tryk (høj Temperatur) har *Arbejdsevner* den fik den fra Kullene den Gang, man fyrede under Vandet og lavede Damp af det; denne Dampens Arbejdsevne udnytter man jo i Dampmaskinen. *Sammenpresset* (komprimeret) *Luft* har også *Arbejdsevne*, og i Amerika har man i den allersidste Tid anvendt dette til at drive Sporvogne frem med, hvilket System for Tiden (Foråret 1898) også prøves i Kjøbenhavn; jo mere Arbejde der udrettes, i desto højere Grad mister Luften sit Tryk.

Enhver Ting, der er i Bevægelse, har Arbejdsevne, men når denne så udnyttes til at udføre Arbejde, ja så lider den vedkommende Ting et tilsvarende Tab i Arbejdsevne. Når 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 gennembores Brædtet.

Tyngden har Arbejdsevne i ethvert Legeme, der er hævet op over Jorden, thi idet et sådant går nedad, kan det løfte et andet Legeme, som det f. Eks. er forbundet med ved en Snor, der går 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 tilvejs, og Tyngden har da Arbejdsevne i det, thi ved at det giver sig til at synke tilbage, kan det løfte et tredje Legeme osv. Vi ser, at Arbejdsevnen kan flyttes fra ét Legeme over til et andet.

Når et Legeme falder frit ned imod Jorden, så taber det for så vidt i Arbejdsevne, som det kommer nærmere til Jorden, men det vinder for så vidt, som det får Bevægelse; jo nærmere det kommer til Jorden, desto større Hastighed får det, og det lader sig godt gøre, at det, som Legemet taber i Arbejdsevne af den første Grund, er nøjagtig ligeså meget som det, det vinder i Arbejdsevne af den anden Grund. Støder det så mod Jorden, er den hele Virksomhed ikke dermed gået 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 godt gjort, at der til et bestemt Arbejdstab svarer en ganske bestemt Varmeudvikling, så at man i denne Varme får Erstatning for Arbejdet; kun dersom såvel Legemet som Underlaget var helt elastiske, opstår der ingen Varme ved Stødet, men da ser man også Legemet springe til Vejrs igen til den samme Højde som før, og Arbejdsevnen får da Anvendelse til at besørge dette.

Arbejdsevne kalder man også *Energi*.

Energien kan flyttes, har vi set, fra ét Legeme over i et andet; den kan blive omsat til Varme, den kan også blive til Magnetisme og Elektricitet og antager således 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 År. Den første Paragraf er den, at den Mængde Stof, som findes i Naturen, er uforanderlig den samme; den kan hverken forøges eller formindskes på nogen Måde; i Kemien får man rigtig Rede på denne Lære.

Lad os endnu nævne et Par Eksempler.

Når man spænder en Bue, så flyttes noget af vor Muskelkrafts Energi over i den spændte Fjeder, og dér bliver den så siddende, til man skyder Pilen af. Når dette sker, slappes Fjederen, idet den giver Energien fra sig, og denne Energi går så over i Pilen, thi Pilen får Fart, og alle Legemer, som er i Bevægelse, har Energi. Fjederen har været et Mellemed, ved Hjælp af hvilket der er ført Energi fra Musklerne over i Pilen.

Når man trækker et Ur op, så spænder man Urfjederen, eller man løfter Urloddet; Muskelkraften har da givet Energi fra sig til Fjederen ved, at denne er spændt, eller til Loddet, som er blevet hævet op over Jorden. Under Urets Gang slappes

Fjederen og synker Loddet; de taber derved langsomt Energien igen, og den bliver brugt til at overvinde Gnidningen imellem Urets Tandhjul samt Luftmodstanden.

VÆGTSTANGEN.

Man tage en Træstang, der er lige tyk over det hele. På dens ene Side tegner man en Linje (den punkterede i Længderetningen, man finder Midten af denne Linje og borer her et

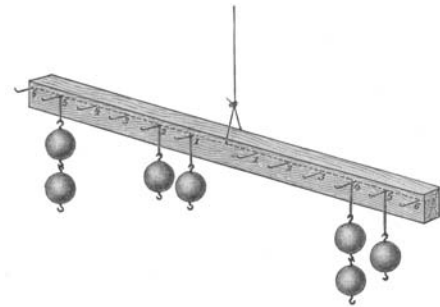


Fig. 232

fint Hul igennem. Fra Midten afmærker man derefter en Række Punkter i lige store indbyrdes Afstande og banker små Stifter fast i disse Punkter. Stangen hænges op ved sin Midte; det kan ske derved, at man stikker en Tråd igennem Hullet, knytter Tråden og hænger den op i et eller andet; eller man har i et lodret Brædt siddende en Nål vandret ud, og ind over denne Nål stikkes så vor Stang ved Hjælp af Hullet. Stangen stiller sig så vandret, når blot Midterhullet ligger over Stangens Midte (Tyngdepunkt); skulde det knibe, skærer man lidt af Stangens ene Halvdel.

Man benytter så nogle Vægte, der alle er lige tunge; f. Eks. kan man bruge en Række Blykugler, i hvilke der er indsmeltet to Kroge diametralt modsat hinanden. Kuglerne hænges op på Stifterne ved Hjælp af en Stump Tråd og i hinanden ved Hjælp af Krogene.

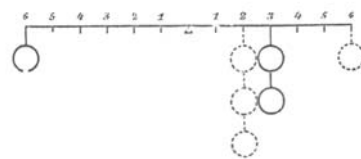


Fig. 233

Vi begynder f. Eks. med at hænge ét Lod op på 6 på Stangens ene Side, hænges så ét Lod op på 6 på den anden Side, stiller Stangen sig naturligvis vandret, men dette gør den også, når der på den ene Side i Stedet for hænges to Lodder på Mærket 3 eller 3 Lodder på Mærket 2.

Multipliserer man på hver Side Loddernes Antal med det Antal Dele, Loddet er fjernet fra Omdrejningsaksen, får man det samme ud ($6 \times 1 = 2 \times 3 = 3 \times 2$).

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*. De to Lodder hænger på Armen 3, og deres Moment er $2 \times 3 = 6$.

Dette stemmer med Loven om Energimængdens Uforanderlighed. Antager vi f. Eks., der hænger 1 Lod på 6 og på den anden Side 3 Lodder på 2, og vi så tænker os Vægtstangen

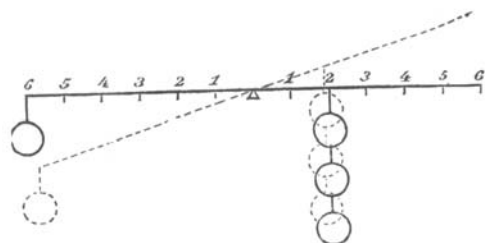


Fig. 234

drejet lidt om i skrå Retning, så løftes f. Eks. de 3 Lodder, og det ene Lod sænkes. Hvis de 3 Lodder herved blev løftet 1 Tm., så må Loddet på Armen 6 blive sænket 3 Tm., fordi denne Arm er 3 Gange så lang. De 3 Lodder vinder derved i Arbejdsevne 3×1 Tm., medens det ene Lod ved at synke 3 Tm. taber 1×3 Tm.; Resultatet er det samme i begge Tilfælde.

Et andet Eksempel: 2 Kugler på en Arm 10 holder Ligevægt med 5 Kugler på Armen 4; den ene Vægts Moment er $2 \times 10 = 20$, den anden Vægts Moment er $5 \times 4 = 20$, altså det samme. Hvis ved en lille Drejning af Væglstangen de 5 Kugler kommer f. Eks. en Tomme højere til Vejrs, så vil de 2 Kugler gå $2 \frac{1}{2}$ Tm. nedad, da de er fjernede $2 \frac{1}{2}$ Gange så langt fra Aksen som de 5 Lodder; ved en sådan Drejning vinder de 5 Lodder i Arbejdsevne 5×1 Tm., medens de 2 Lodder taber $2 \times 2 \frac{1}{2}$ Tm., men begge Dele er 5, og da er jo Gevinst og Tab

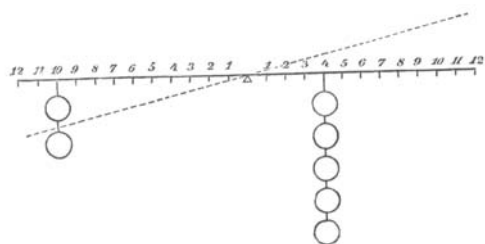


Fig. 235

lige store: Energien er forbleven uforandret.

Ligevægt kan også finde Sted med flere end to Sæt Lodder, således som det ses på Fig. 232, thi de der ophængte Lodder holder hinanden i Ligevægt. Betingelsen, som Lodderne skal opfylde, er den, at når man lægger de forskellige Momenter på Aksens ene Side sammen, får man det samme ud, som når man lægger dem på den anden Side sammen. Man har her

på den ene Side 2×5 , 1×2 og 1×1 , altså tilsammen $10 + 2 + 1$, hvilket er 13; på den anden Side haves 1×5 og 2×4 , altså tilsammen $5 + 8$, hvilket også er 13.

Løs følgende Opgaver: 1) På en Vægtstangs ene Side hænger 3 Lodder på Armen 7, 1 på Armen 4 og 3 på Armen 3; hvor mange Lodder skal man på den anden Side hænge på Armen 5, når der i Forvejen hænger 1 Lod på Armen 1 og 6 Lodder på Armen 3? — 2) På hvilken Arm skal man hænge 2 Lodder, når der i Forvejen på samme Side hænger 4 Lodder på Armen 3, og når der på den anden Side af Aksen hænger 3 Lodder på Armen 5 og 1 Lod på Armen 7? — Og prøv det så ved Forsøg!

Den Snor, hvori Vægtstangen er hængt op, eller den Akse, på hvilken den er stukket ind, og hvorom den drejer sig, må bære så meget, som Stangen selv vejer, og dertil lagt den samlede Vægt af alle Lodderne. Snoren i Fig. 232 bærer de syv Lodders Vægt foruden Stangens Vægt.

I Fig. 236 er afbildet en Vægtstang, på hvilken der virker to Kræfter i skrå Retninger. Dette kan f. Eks. opnås på den

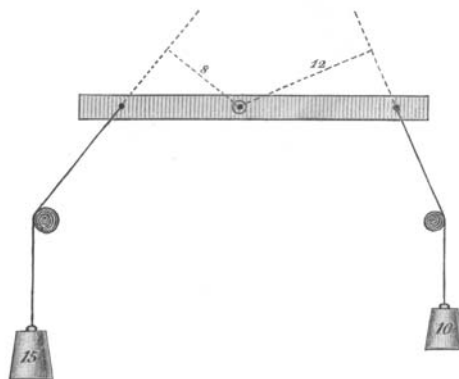


Fig. 236

angivne Måde ved, at der på to Steder af Vægtstangen er befæstet Snore, som går hen over to Søm eller to Trisser, og i deres Ender hænges der Vægtlodder. Det kommer i dette Tilfælde ikke an på, hvor langt Trådenes Befæstelsespunkter ligger fra Omdrejningsaksen, men der skal regnes med de Afstande, som Aksen har fra de Retninger, hvori Kræfterne virker på Vægtstangen; man må da tænke sig de skrå Tråde forlængede op efter, og måle Afstandene fra Aksen (O) tværs hen på disse Forlængelser; med de på Figuren angivne Tal er der Ligevægt tilstede, thi 15×8 er 120, og 10×12 er også 120.

Fig. 237 viser os en *enarmet* Vægtstang til Forskel fra den hidtil omtalte *toarmede* Vægtstang;

begge Kræfter virker på samme Side af Omdrejningsaksen A, men de må da have modsatte Retninger. De 3 Pund virker opad på Vægtstangen, de $11 \frac{1}{3}$ Pund nedad; der er Ligevægt, thi 3×4 er 12, og $11 \frac{1}{3} \times 9$ er også 12.

Vægtstangen anvendes i forskellige Former meget i det daglige Liv.

I Fig. 238 væltes en sten med en Stang AB; Stangen støtter til Jorden ved Punktet A, Stenen trykker imod Stangen og

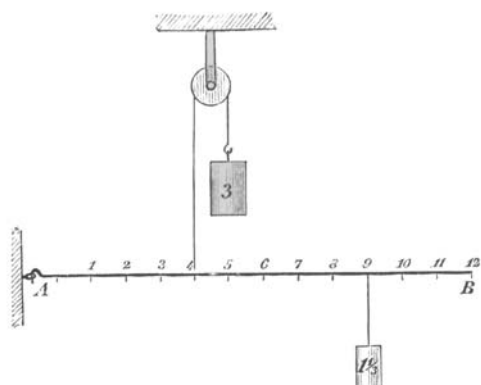


Fig. 237.

denne tilbage imod Stenen med en Kraft Q i Berøringspunktet C, og vi griber fat ved B med en Kraft P. Med den Kraft P, vi

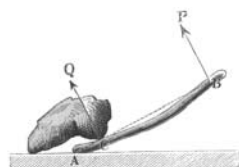


Fig. 238.

anvender, kan man udøve et Tryk Q, der er ligeså mange større end P, som Afstanden fra A til B er større end Afstanden fra A til C. Er altså AB 7 Gange så lang som Stykket AC, kan man med en Kraft på 10 Pund udøve 70 Pund's

Tryk. – AB er en énarmet

Vægtstang; thi begge Kræfter virker på samme Side af Hvilepunktet A.

Fig. 239 viser, hvorledes Stenen væltes ved, at man bruger Stangen AB som toarmet Vægtstang. Stangen hviler ved C an

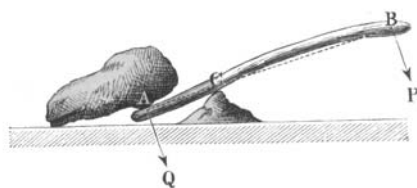


Fig. 239.

imod noget fast. Stenens Tryk Q imod Stangen holder Ligevægt med vort Tryk P. Hvis AC er f. Eks. En Tredjedel af CB så kan vi i A udøve et Tryk, der er det tredobbelte af den Kraft, vi anvender.

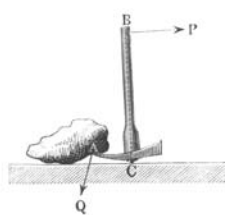


Fig. 240.

I Fig. 240 har vi med en Vinkelvægtstang at gøre. Hakken ACB hviler imod Jorden ved Punktet C, og ved at trække til højre i B skal vi udøve et Tryk opad på Stenen i A; Stenens Modtryk Q gælder det om at overvinde med vort Træk til højre P. Her får man Forholdet imellem

disse Kræfter ved at udmåle, hvor langt Hvilepunktet C ligger fra Retningen af P og fra Retningen af Q; er den første Afstand 5 Gange så stor som den

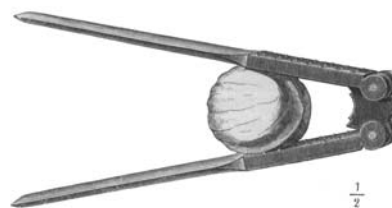


Fig. 241.

Sidste, så behøver vi for at udøve et vist Tryk på Stenen kun at anvende en 5 Gange så lille Kraft i B.

En Nøddeknækker afgiver også et Eksempel på Vægtstangens Anvendelse. Klemmer man de to Grene sammen ved at gribe om deres fri Ender, udøver man på Nødden et Tryk, der er ligeså mange Gange større end det Tryk man anvender, som Nødden er nærmere ved det bevægelige Led end de Steder, hvor man klemmer; man bruger derfor desto mindre Kraft, jo længere inde Nødden ligger, og jo længere ude på Grenen man griber.

En Brødmaskine er på lignende Måde en enarmet Vægtstang.

Fodladet er også en enarmet Vægtstang; Brædtet CA (Fig. 242) er drejeligt om C, og fra A går en Stang til vejrs, der



Fig. 243.

griber fat i en Krumtap på Slibestenens Akse. Kræfterne virker på Vægtstangen CA i Punkterne B og A.



Fig. 243.

En Saks (Fig. 243) er en toarmet Vægtstang; jo nærmere det, man skal klippe over, ligger ved Aksens C, med større Kraft sker Klippet.

Ved Roning kommer Vægtstangsprincippet til Anvendelse. Man ror således: Armene, der fører Åren, strækkes frem, Årebladet stikkes ned i Vandet, og man trækker til, medens Åren hviler imod Åretolden. Den Modstand, som Vandet gør imod, at den brede Åreflade føres frem igennem Vandet, bevirker, at den, medens man trækker til, så nogenlunde bliver på det Sted i Vandet, hvor den blev stukket ned; Åren kan da betragtes som en Vægtstang, hvis Omdrejningspunkt ligger et Sted ude i Årebladet under Vandet; vort Træk på Åren har da en lang »Arm« at virke på, og vi kan ved det udøve et stærkere Tryk imod Åretolden, idet dette Tryk ligger nærmere ved Årens Omdrejningspunkt og derfor har en mindre Arm at virke på.

Bærebøren er ligeledes at betragte som en Vægtstang. Hver Mand har for det første Halvdelen af Børens egen Vægt at bære, og hvis Genstanden på Børen ligger på dens Midte, så bærer hver Mand desuden Halvdelen af Genstandens Vægt.

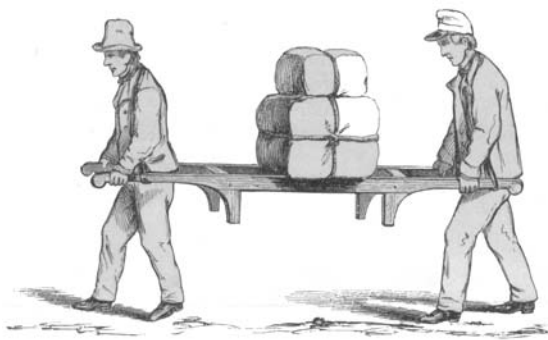


Fig. 244. En Bærebør.

Ligger Genstanden imidlertid nærmere hen til Børens ene Ende, så kommer Manden her til at bære mere end Halvdelen af Genstandens Vægt, og den anden Mand Resten. Vil vi regne ud, hvad f. Eks. den forreste Mand bærer, så betragter vi Børen som en Vægtstang, hvis Omdrejningspunkt ligger der, hvor den bageste Mand tager fat; nedad virker da Genstandens Vægt fra dens Tyngdepunkt, opad virker den forreste Mand med sin Kraft, og disse to holder så hinanden i Ligevægt. Den Kraft, den forreste Mand anvender, kan da findes ved Hjælp af Fig. 237, når man kender Børens Længde, Genstandens Vægt og dens Plads på Børen.

En Hjulbør er på samme Måde at betragte som en Vægtstang; opad virker Mandens Kraft på Armen, nedad Børens egen Vægt og Vægten af det, der ligger på Børen. Det forstår da, at Børen løftes desto lettere, jo længere Armene er, og jo nærmere ved Hjulaksen Genstanden på Børen befinder sig.

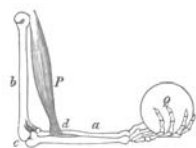


Fig. 245.

Den Måde, på hvilken Musklerne i det menneskelige og det dyriske Legeme virker på Knoglerne, er, som havde man med Vægtstænger at gøre.

Fig. 245 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 Hånden, og imod den virker Musklen *P* opad i Punktet *d*. Hvis Underarmens Længde er 70 Ctm. og Afstanden fra *c* til *d* 5 Ctm., så må man for at bære 20 Pund udøve et Modtræk med Musklen på 280 Pund, thi 20×70 er 1400, og den Kraft, der virker på en Arm af 5 Ctm., må da være $1400 : 5$, d. e. 280 Pund. Det er altså ingen Kraftbesparelse, som her opnås, tvertimod; men denne og mange andre Muskler virker i så ringe Afstand fra Ledet, for at man let og hurtig kan komme til at udføre de Bevægelser, det drejer sig om.

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

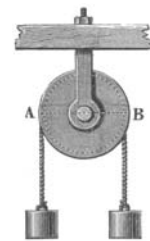


Fig. 246.

dette er muligt, kalder man under ét Navn for Maskiner, og til dem tyer man altid, når man har store Modstande at overvinde, f. Eks. tunge Byrder at løfte. Undertiden er Formålet dog også dette at få vor Kraft til at virke i en bekvem Retning. Men kan end Kraften gøres mindre end Modstanden, så bliver Arbejdet ikke formindsket ved, at man bruger en Maskine; tvertimod byder den altid nogle nye Modstande, som gør Arbejdet større.

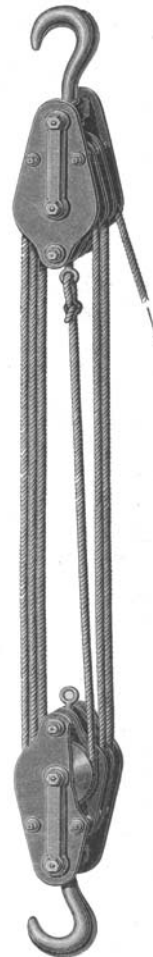
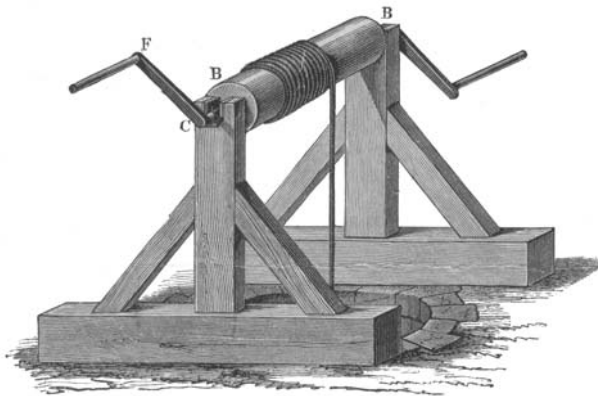


Fig. 247.

Kraften formindskes ikke, når man bruger en til Vejrs anbragt Trisse (Fig. 246) til Hjælp til at løfte en Genstand med. Vi forstår let, at der er Ligevægt tilstede, når de to Vægte, der hænges i Tovenderne, er lige tunge; alt er nemlig da ens på begge Sider af Omdrejningsaksen, og der er således ingen Grund til, at den ene Vægt snarere skulde synke end den anden; men tillige ser man, at dersom den ene Vægt går et Stykke op, så går den anden et ligeså stort Stykke ned, og hvad den første således vinder i Energi ved at komme højere til Vejrs, det taber den anden akkurat ved at gå længere nedad. Den Kraft, med hvilken man

skulde trække i den ene Tovende for at løfte en Genstand, der hænger i den anden Tovende, må altså være ligeså stor som Genstandens Vægt, ja endda lidt mere, da der er Gnidningsmodstand at overvinde, ligesom også Tovets Bøjningsmodstand kræver noget; men det er bekvemmere at stå nede og hale ned i et Tov, end at stå oppe og trække Byrden op i et Tov, d. v. s. man kan udvikle mere Muskelkraft i det første end i det andet Tilfælde. Om en Kraft-besparelse er der således ikke Tale ved Brugen af en Trisse som den nævnte.

En Kraftbesparelse opnår man derimod med det Trisseværk, som Fig. 247 gengiver, og som kaldes *Taljen*; i enhver af de to »Blokke«, den foroven og den forneden, findes der her 3 Trisser, der ere indbyrdes uafhængige af hinanden; et Tov går rundt om dem alle på den i Figuren viste Måde; Genstanden hænger på den Krog, som sidder på den »løse« Blok, og man haler i den frie Tovende (foroven til højre). Den Kraft, som her behøves, er kun en Sjettedel af Genstandens Vægt — foruden lidt til at løfte selve den løse Blok og overvinde Gnidnings-



modstand m. m. Bortset fra dette sidste skal der altså til at løfte f. Eks. 180 Pund kun en Kraft på 30 Pund. De 180 Pund trækker nemlig lige stærkt ned i alle 6 Tovstykker, som går fra Blok til Blok, og i hvert af dem altså med 30Pund's Kraft. Af disse 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 går op igennem den øverste Blok og videre ud som hele Tovets frie Ende; her trækker altså til venstre 30 Pund nedad, og til at besejre dette Træk må der altså i den frie Ende virke 30 Pund's Kraft. — At Arbejdet, der vil være at udføre, ikke formindskes, ser man således: Skal de 180 Pund løftes 1 Fod, hvortil jo medgår Arbejdet 180 Pundfod, så må hvert af de seks Tovstykker fra Blok til Blok formindskes med 1 Fod, så at der må gå 6 Fod Tov bort; disse går over til Tovets frie Ende, hvor Kraften på 30 Pund virker; men ved en sådan Flytning er Arbejdet 30 Pund X 6 Fod = 180 Pundfod, altså netop det, som Genstanden fordrer til sin Flytning.

Således er det altid i Maskinerne: *ligeså mange Gange*

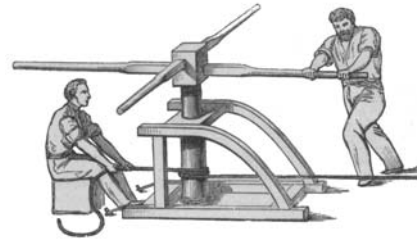


Fig. 249.

Kraften skal være mindre end Genstandens Vægt, ligeså mange Gange må under Maskinens Gang Kraftens Vej være længere end den Vej, Genstanden løftes.

Fig. 248 viser Indretningen af et *Spil* eller en *Vinde*; ved at dreje rundt på Håndsvingene drejer man Valsen rundt og vikler derved Tovet op om Valsen, således at Genstanden, som hænger forneden i Tovet, derved løftes. Den Kraft, som skal anvendes, er ligeså mange Gange mindre end Genstandens Vægt, som Valsens Omkreds er mindre end den Kreds, hvori Håndtaget føres rundt.

Spørgsmål: Når Genstanden vejer 140 Pund, Valsens Omkreds er 10 Tm. og den Kreds, hvori Håndsvinget føres rundt, er 70 Tm., hvor stor Kraft skal da benyttes? Svar:

20 Pund..

Større Modstande kan man overvinde ved at stille Valsen lodret, i hvilket Tilfælde Spillet kaldes for et *Gangspil* (Fig. 249); der er da stukket Stænger vandret igennem Valsen, og på dem kan flere Mand skyde.

I Fig. 250 er et Differens-Spil eller en Differens-Vinde afbildet. Valsen består af en tykkere og en tyndere Del, om hvilke Tovet er viklet på den angivne Måde, således at det



Fig. 250.

frie Tovstykke, som hænger ned fra Valsen, bærer en Trisse, i hvis Krog Genstanden hænges. Drejer man rundt på Valsens

Håndsving således, at man vikler Tov op på den tykke Del, så vikles der samtidig Tov af fra den tynde Del; Opviklingen stræber at løfte Genstanden, Afviklingen at sænke den, men da Opviklingen er større end Afviklingen på Grund af Valsedeles forskellige Tykkelse, så bliver Genstanden dog løftet; men

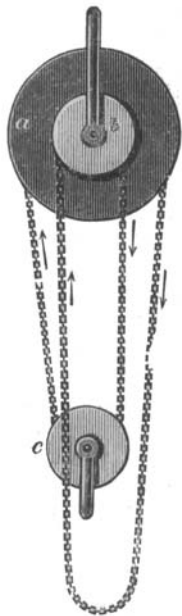


Fig. 251

(i Figuren til højre) på den ene Side af den største Trisse i Dobbelt-Trissen.

Vi så, at det ved Spillet eller Vinden var Forholdet imellem Valsens Omkreds og Håndsvingets Kreds, der bestemte, hvor mange Gange Kraften kunde være mindre end Byrdens Vægt. En forholdsvis lille Kraft kan altså benyttes, når Valsen er meget tynd og Håndsvinget langt; imidlertid stiller der sig jo praktiske Hindringer i Vejen for at komme meget vidt på den Måde, thi en tynd Valse kan let bøje sig, ja måske knækkes over, og på et langt Håndsving kan man ikke virke med sin fælde Kraft, når man under Omdrejningen skal række Armene højt op eller sænke dem langt. Ved at bruge to Håndsving kan

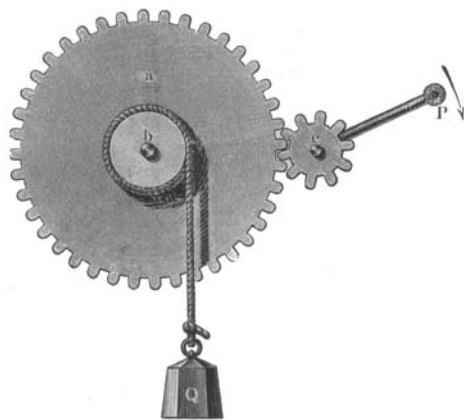


Fig. 252.

man jo bruge to Mands Kræfter, ja på hvert Håndsving kan der jo for Resten virke flere end én Mand. Men man har ikke altid mange Mand til Rådighed, og man omformer så hellere Maskinen ved at betjene sig af Tandhjul.

Fig. 252 viser, hvorledes dette sker, og Fig. 253 giver et fuldstændigere Billede af Maskinen. Vi ser, at det i Fig. 252 er en Genstand Q, der skal løftes; den hænger i et Tov, der er gjort fast til Valsen b, og et stort Tandhjul er sat fast på denne Valse; et mindre Tandhjul c griber med sine Tænder ind i det store Hjuls Tænder, og dette mindre Tandhjul, Drevet, drejes rundt af Håndsvinget P. Hvis Valsens Radius er 1/3 af Håndsvingets Længde fra Drevets Akse ud til Enden, så er også Valsens

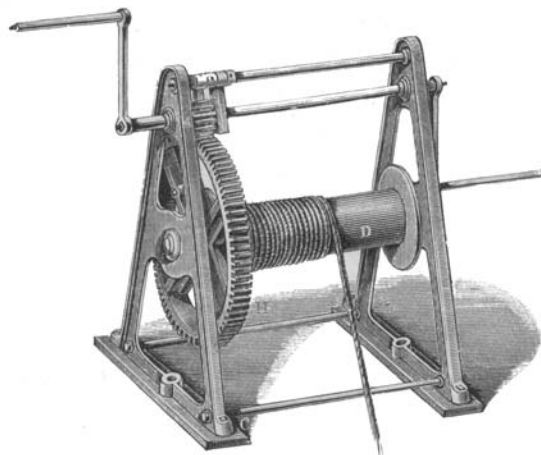


Fig. 253.

Omkreds 1/3 af den Kreds, som Håndsvinget føres rundt i; det store Hjul har i vor Figur 40, det lille Hjul 10 Tænder, og det lille Hjul må derfor drejes fire Gange rundt, medens det store går én Gang rundt. Vi forstår da, at det Sted, hvor vore Hænder tager fat, komme til at gå 4X5 eller 20 Gange så hurtig, som Genstanden bliver løftet, og Kraften kan derfor være 20 Gange mindre end Genstandens Vægt. Med en Kraft af 20 Pund kan vi derfor løfte 400 Pund; dog må Kraften nok være lidt mere end de 20 Pund på Grund af de Gnidningsmodstande, som skal besejres under Maskinens Gang.

Fig 254 viser os Skruen (Tapskruen) eller Spindelen, der altid anvendes i Forbindelse med en Møtrik, hvilket er en Hulskruue, der passer nøjagtig til Skruegangene på Tapskruen.

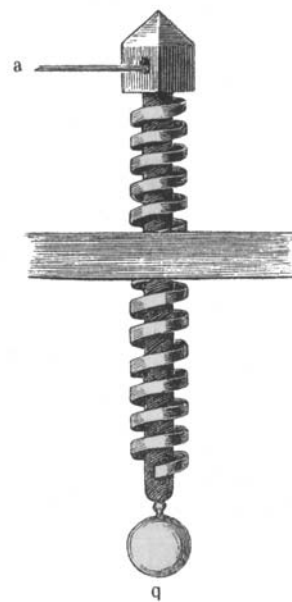


Fig. 254.

I Figuren er Møttriken i Bjælken; i Skruhovedet foroven er et Håndsving a, og Skruen er tænkt anvendt til at løfte en

Genstand q . For hver hel Gang man drejer rundt på Håndsvin- get, skyder Skruen sig et Stykke til Vejrs, som netop er Højden af én Skruegang; er denne Højde derfor lille, og er Håndsvin- get langt, kan man med ringe Kraft løfte en tung Genstand. Der er her en ret antagelig Gnidning, hvor Skruen bevæger sig i sin Møtrik, men denne Gnidning er af den Grund heldig, at man kan slippe Håndtaget under Arbejdet, uden at Genstanden går nedad igen.

På den her nævnte Måde anvendtes Skruen dog kun sjel- dent, thi man kan jo aldrig løfte en Ting til en Højde, der er større end Skruens Længde, og lange Skrue bliver svære, hvad der i betydelig Grad forøger Arbejdet, thi man løfter jo også selve Skruen sammen med Genstanden. Større Anvendelse har Skruen til at udøve Tryk med, f. Eks. til at klemme Ting sammen med; som Eksempel udenfor dem, der forekommer i det daglige Liv, kan nævnes Kopipres- sen Fig. 255.

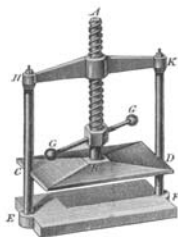


Fig. 255.

Oftentimes lader man Skruen selv lave sin Møtrik under Brugen: Vridbor, Proptrækker.

Skruen kan anvendes i Forbindelse med et Tandhjul (Fig. 256), og denne Maskine kaldes Skruen uden Ende', der behø-

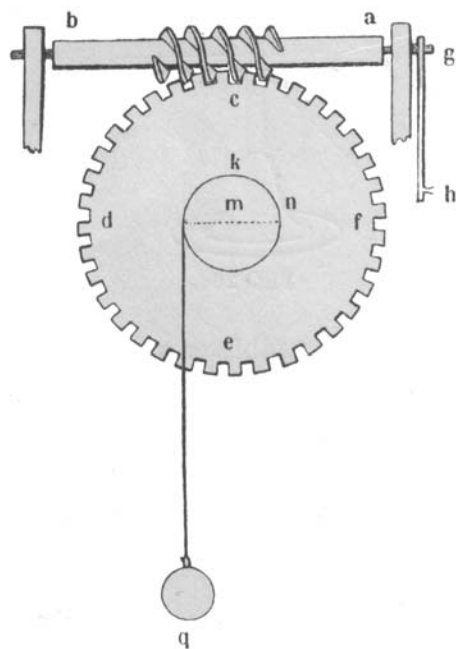


Fig. 256.

ver kun at være godt og vel én Skruegang på Skruen. Er der f. Eks. 36 Tænder på Tandhjulet, må man dreje Skruen 36 Gange rundt for at få Hjulet én Gang rundt, altså for at få Genstanden q løftet så stort et Stykke som Omkredsen af den Valse m , hvorpå den hænger. Da således 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 Vægtskål eller Skålvægt er indrettet, som Fig. 257 viser. Der er en MetalVægtstang AB , som løber noget spidst ud i begge Ender; det er heldigt, at den er let, men den må dog være stiv nok til ikke at bøjes, når der lægges noget på Skålene, og disse to Fordringer opfyldes bedst, når Vægtstangen er formet som nævnt. Midt på den er der et fastsiddende Stålpriem O med en nedad vendt skarp Kant, og ved denne hviler Vægtstangen på den øverste Ende af en Opstander, som foroven har en hård Stål- eller Stenflade, på hvilken O 's Kant hviler. På den Måde får man Vægtstangen gjort drejelig om sin Midte uden synderlig Gnidningsmodstand. Vægtstangen har jo et Tyngdepunkt, og dette ligger lidt under Omdrejningsaksen; når det ligger under Aksen har Vægtstangen en vandret Stilling. Hvis Tyngdepunktet lå oven over Omdrejningsaksen, så vilde Ligevægten være ustadig, og den mindste skrå Stilling af den vilde bringe den til at slå helt rundt; hvis Tyngdepunktet lå i selve Omdrejningsaksen, så vilde Vægtstangen komme i Ro i hvilken som helst Stilling,

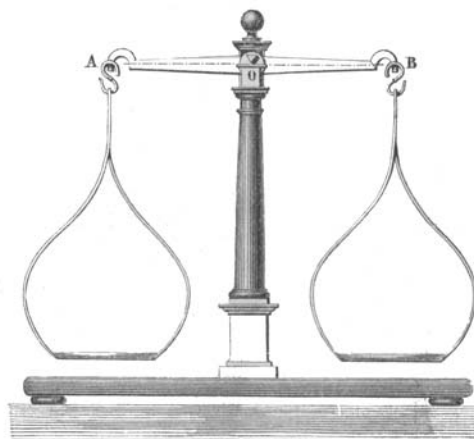


Fig. 257.

man gav den, og den mindste Overvægt på den ene Side vilde bringe den til at stille sig så nær som muligt lodret; ingen af Delene kan vi bruge.

Vægtstangens to Arme AO og OB er nøjagtig lige lange. I Enderne A og B hænger der to lige tunge Skåle, hvilket ikke kan bringe Vægtstangen over i en skrå Stilling, de forøge kun det Tryk i Aksen, som Vægtstangens Vægt alene frembringer.

Lægges der lige tunge Genstande på de to Skåle, så kan dette heller ikke bringe Vægtstangen bort fra den vandrette Stilling. Når man derfor vil veje en Ting, lægger man denne på den ene Skål, og på den anden Skål lægges Vægtlodder, indtil Vægtstangen er vandret, når den er i Ro. Tingens Vægt er da angiven ved Vægtloddernes Vægt. — Om Vægtstangen er vandret eller ej, det ses i Reglen bedst ved den Stilling en Viser, der er gjort fast til Vægt stangen, har overfor en på

Opstanderen fast anbragt Bue med Inddelinger på; disse Ting er dog ikke tegnede i Figuren.

Det kunde hænde, at Afstanden fra Midten O ud til de to Steder, hvor Skålene er ophængte, ikke er nøjagtig lige stor; i så Fald vil de på Skålene lagte Ting ikke veje lige meget, når Vægtstangen står vandret, og man vilde altså veje galt. Man kan dog veje rigtig på en sådan falsk Vægt, men der må da foretages en Dobbeltvejning: på den ene Skål lægges Genstanden, som skal vejes, og på den anden Skål Hagl eller Sand eller lign., indtil Vægtstangen står vandret; derpå tages Genstanden bort, og i Stedet for lægger man Vægtlodder på Skålen, indtil disse afbalancerer Haglene; da må Genstandens Vægt være den samme som disse Vægtlodders Vægt. — Om en Vægtskål er falsk eller ej, det prøver man således: først lægger man noget



Fig. 258.

på begge Skålene, således at man får Vægtstangen til at stå vandret; derpå bytter man Belastningerne om, og hvis Vægtstangen så atter får en vandret Stilling, er der ikke noget i Vejen, men får den en skrå Stilling, så er Armene ulige lange.

En Vægt som den afbildede anvendes til Butiksbrug; den kan indrettes med stor Finhed og Akkurateesse, men bliver da kostbar. Fine Vægte bruger f. Eks. Apothekerne; på dem vil en Overvægt på 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, små Træstykker og runde Papskiver (til Skåle) på den i Fig. 259 viste Måde.

Ofte har dog Butiksvægten andre Skikkelser, således den i Fig. 262 afbildede; Principet for den ses bedst af Fig. 260 og 261. Man har fire Stænger, der ved Nagler er forbundne til et Parallelogram; de to af Stængerne, AB og $A'B'$ kunne dreje sig om deres Midtpunkter O og O' idet to Akser, af hvilke den ene

er lodret oven over den anden, går igennem disse Midtpunkter; de to andre Stænger, $\hat{A}'$ og BB' blive på den Måde lodrette og vedblive med at være lodrette, i hvilken Stilling man end bringer Parallelogrammet; de punkterede Linier i Fig. 260 angive en skrå Stilling af Parallelogrammet. I denne Figur er der da

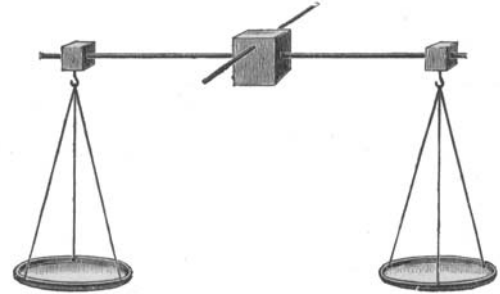


Fig. 259.

tænkt de vandrette Stænger MN og $M'N'$ fast anbragte på de lodrette $\hat{A}'$ og BB'

Har man lavet sig et sådant Apparat, hvad der jo er ganske let, så vil man finde, at når man hænger en Vægt P på den ene af de faste Stænger MN og en ligeså tung Vægt på den anden, $M'N'$ så er der Ligevægt tilstede, hvor på disse Stænger Vægtene end hænger; i Figuren er den ene (P) hængt langt inde, den anden (F) langt ude, men det gør intet: Ligevægten vedbliver at

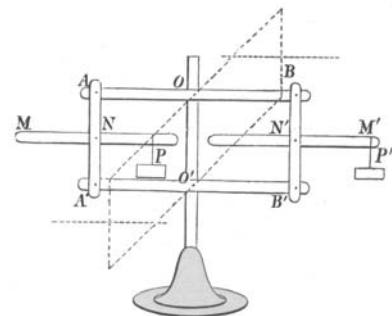


Fig. 260.

være tilstede, når man flytter Vægtene fra ét Sted til et andet af de faste Tværstænger, hvorpå de hænger.

Betragter vi Tingen nærmere, er der intet underligt heri, thi hvis vi tænker os Parallelogrammet drejet om i en skrå Stilling, således at f. Eks. P hæves og P sænkes, ser vi, at P hæves ligeså meget, som P sænkes, og da er der altså Ligevægt tilstede.

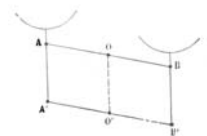


Fig. 261.

I Stedet for de faste Tværstænger MN og $M'N'$ kunde der (Fig. 261) være anbragt Skåle foroven fast på Forlængelserne af de lodrette Stænger $\hat{A}'$ og BB' ; lige tunge Genstande på disse Skåle holder hinanden i Ligevægt, hvor på Skålene de end lægges.

Nu behøver sikkert Fig. 262 ingen nærmere Forklaring; Indmaden i Stativet viser os Stængerne, og Bogstaverne passer til dem

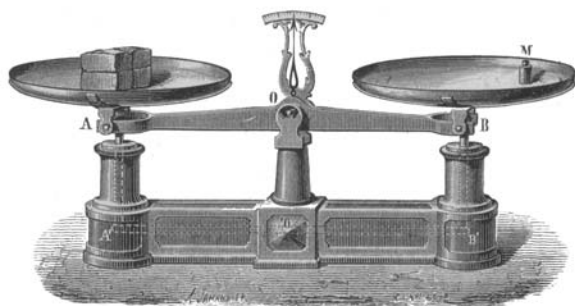


Fig. 262. Butiksvægt.

i de to foregående Figurer. Her findes Viserne på Vægtstangen samt den Bue, på hvilken den peger, afbildet.

Bismeren (Fig. 263) er hurtig at veje med, men Nøjagtigheden er på den anden Side ikke synderlig stor. På Vægtstangen sidder et Prisme C, og dette har sit Leje i et Håndtag; Genstanden P hænges op på en Krog A, og vandret Stilling af Vægtstangen opnår man ved at flytte Loddet Q hen til en passende Stilling D. Jo mere Genstanden P vejer, desto længere ud må Q

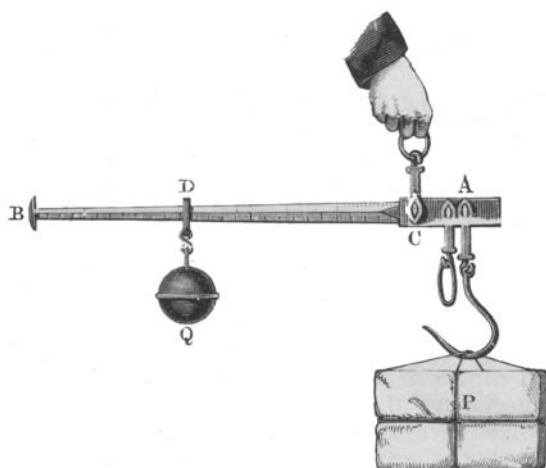


Fig. 263. En Bismær.

flyttes, for at Vægtstangen kan stå vandret, og for hvert nyt Pund man vilde hænge på Krogen, måtte Q flyttes det samme Stykke længere ud. På Oversiden af Vægtstangens lange Arm CB er der Inddelinger, ved Hjælp af hvilke man aflæser, hvor meget P vejer.

På Figuren ses et Håndtag til nærmere ved Krogen A; det bruger man, når man skal veje meget tunge Ting, og da vendes hele Bismeren op og ned; derved at Genstanden P så kommer tættere ind til Omdrejningsaksen for Vægtstangen, skal Loddet Q også længere ind til Aksen for at tilvejebringe vandret Lige-vægt, men deraf følger, at man kan hænge meget tungere Ting på Krogen, før Loddet er rykket helt ud til B.

Decimalvægten har sit Navn deraf, at Genstanden vejer 10 Gange så meget som de Vægtlodder, den holder Ligevægt med, og Fordelen her er da den, at man kan benytte forholdsvis små Lodder ved Vejningen. Principet er simpelt hen dette, at den Vægtstangsarm, i hvis Ende Vægtlodderne skal anbringes, er 10 Gange så lang som den, hvorpå Genstanden skal ophænges. Der bliver imidlertid, når Vægtstangen ikke skal blive ufor-

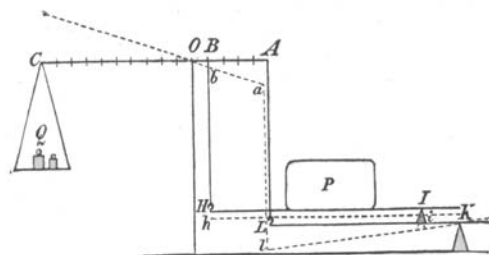


Fig. 264. Decimalvægt.

holdsmæssig lang, dårlig Plads til Ophængning af en Skål, hvorpå Byrden kan lægges, og man bruger derfor en lidt mere sammensat Mekanisme, men hvor dog det samme opnås. Fig. 264 viser Indretningen skematisk, og Fig. 265 er et Billede af den virkelige Vægt.

Vægtstangen har sin Omdrejningsakse i O, og Armen CO er 10 Gange så lang som Stykket OB på den anden Arm. I B og i Punktet A længere ude er der ophængt lodrette Stænger (BH og AL), og til disse er forneden hængslet Enderne af to Plader HD og LK, af hvilke LK har en fast Hvile på Prismet K, medens den øverste Plade HD hviler på den nederste Plade ved Prismet I, der sidder fast på denne nederste Plade. Stangen AL går igennem et Hul i den øverste Plade HD. Her er nu at mærke, at Prismet I skal have den samme Stilling i Forhold til den neder-

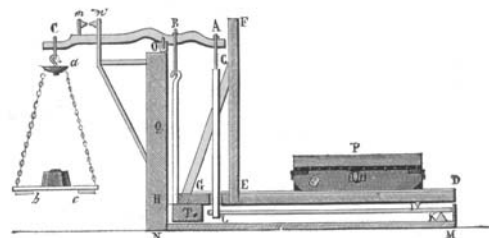


Fig. 265. Decimalvægten.

ste Plades Understøtninger K og L, som Punktet B har i Forhold til O og A, d. v. s. dersom OB er en Femtedel af OA, så er også IK en Femtedel af LK, men nævnte Brøkdeler kunde ligeså godt være en hvilken som helst anden, når den blot er den samme begge Steder. — Vægt af Plader, Stænger og Skålen, som er ophængt i C, er afpasset således imod hinanden, at Vægtstangen CA står vandret, når der ikke er lagt noget på Apparatet; den vandrette Stilling er til Stede, når den lille Spids n (Fig. 265) på den bevægelige Vægtstang står lige ud for Spidsen n, der sidder fast på Apparatets Stel QNM.

Skal man veje, anbringes Genstanden på Brædtet

HD (den lodrette Plade *EF* i Fig. 265 forhindrer, at Genstanden støder imod Stangen *AL*), og på Skålen i *C* lægges der så Lodder, indtil Vægtstangen er vandret; da vejer som sagt Genstan-



Fig. 266. En Vinkelbismær (brevvægt).

den 10 Gange så meget som disse Lodder, og dette kan vi indse ved følgende Betragtning. Når vi tænker os Vægtstangen drejet lidt ud af sin Hvilestilling, så at den kommer til at stå i den skrå Stilling, som de punkterede Linjer på Fig. 264 angiver, så løftes derved Lodderne, medens Genstanden sænkes; den Plade, hvorpå Genstanden ligger, beholder ved denne Sænkning sin vandrette Stilling. Hvis *C* løftes 1 Tomme, så vil *B* og dermed *H* sænkes $\frac{1}{10}$ Tm., og *A* og dermed *L* sænkes $\frac{5}{10}$ Tomme under

Forudsætning af, at *A* ligger 5 Gange så langt fra *O*, som *B* gør. Men sænkes *L* $\frac{5}{10}$ Tomme, idet den drejer sig lidt om Prismekanten *K*, så går Prismet *I* kun $\frac{1}{10}$ Tomme ned, thi *I* er 5 Gange nærmere *K*, end *L* er. Altså *H* gå $\frac{1}{10}$ Tomme ned og *I* også, hvilket vil sige, at Pladen *HI* går $\frac{1}{10}$ Tomme ned. Da således Genstanden kun flyttes $\frac{1}{10}$ af den Vej, som Lodderne løftes, så er Genstandens Vægt — når der er Ligevægt tilstede — til Gengæld 10 Gange så stor som Loddernes.

Vinkelbismæren eller Brevvægten (Fig. 266) bruges til hurtig Vejning af lette Ting. Her er en Vægtstang, der er bøjet i Vinkel, og som er tungest i den lange Arms Ende; denne lange Arm peger på en inddelt Bue, og på den korte Arm hænger en Skål, hvorpå Tingen skal lægges. Tallene på den inddelte Bue fortæller os Genstandens Vægt.

Fig. 267. En Fjerdevægt



Fjederuægten er omtalt før (Sp. 205), Fig. 267. og Fig- 267 viser det almindelige Udseende af en: i et lodret Hylster med en Ring til Hånd-

tag er der foroven fastgjort en stærk Spiralfjeder, fra hvis nederste Ende der går en Stang ned, som ender i en Krog, hvor også Genstanden, der skal vejes, hænges. Jo mere Genstanden vejer, desto mere strækkes Fjederen ud, og en lille Stift, der rager ud igennem en Udkæring på Hylsteret,

angiver ved sin Stilling til nogle Inddelinger, hvor stor Vægt der er hængt på. En anden Form er den, som Fig. 268 viser; her lægges Genstanden på en Skål foroven, og derved presses en Fjeder sammen; Vægten aflæses enten på samme Måde som nys omtalt, og som også Figuren viser, eller ved Hjælp af en Viser, der vandrer rundt henover en lodret stillet inddelt Kreds; denne Viser bevæges ved Fjederens større eller mindre Sammenpresning.



Fig. 268. Fjederuægt.

FLERE BEVÆGELSER SAMTIDIG. KRÆFTERS SAMMENSÆTNING OG OPLØSNING.

Vi triller en Kugle hen ad Dækket på et Skib, der sejler. Kuglen har da to Bevægelser samtidig: 1) den Bevægelse, der følger af, at den befinder sig på Skibet, der Hytter sig, og 2) den Bevægelse, som Kuglen får ved at trilles.

Lad os antage, at Kuglen triller fra Agterstavnen henimod Forstavnen; den vil da i Virkeligheden komme et så stort Stykke frem, som fås ved at lægge dens egen Bevægelse henad Dækket til den Vej, som Skibet i samme Tid er flyttet. Hvis så-

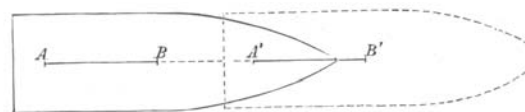


Fig. 269.

ledes (Fig. 269) Kuglen i en vis Tid triller Stykket *AB* henad Dækket, og Skibet samtidig flytter sig et Stykke frem af Længden $\dot{A}$, så er Kuglen i Virkeligheden nået en Vej frem, som er *AB'* idet Linjen *AB* under Skibets Bevægelse er kommen hen i Stillingen *A'B'*.

Triller Kuglen fra Forstavnen henimod Agterstavnen et Stykke fra *B* til *A*, samtidig med at Skibet flytter sig så langt fremad, at Linjen *AB* kommer i Stillingen *AB'* så er Kuglens Flytning i Virkeligheden fra *B* til *A'* Her får vi altså Kuglens virkelige Bevægelse ved at trække de Vejlængder fra hinanden, som den vilde have tilbagelagt på Grund af de enkelte Bevægelser hver for sig.

Dersom Kuglen trilles i skrå Retning *AB* henad Dækket

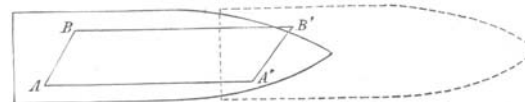


Fig. 270.

(Fig. 270), og Skibet samtidig flytter sig så langt frem, at Udgangsstedet *A* kommer til *A'*, Stedet *B* til *B'*, så vil Kuglen i Virkeligheden komme til Punktet *B'* efter at have gennemløbet

den skrå Vej fra A til B' som er *Diagonal* i Parallelogrammet $ABB'A'$ idet vi ved et Parallelogram forstår en Firkant, hvor to og to modstående Sider er parallelle; de bliver tillige lige store.

Et andet Eksempel på en Flytning af den sidstnævnte Art viser Fig. 271: En Kugle trilles henad en Rende Stykket AB samtidig med, at denne Rende flyttes jævnt fra Stillingen AB til Stillingen DC parallelt med sig selv; Kuglen vil da i Virkeligheden bevæge sig ad Vejen fra A til C ; når Renden er kommen

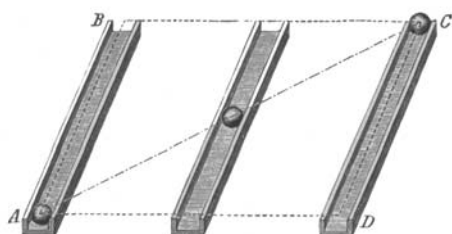


Fig. 271.

halvvejs frem, så er Kuglen også kommen det halve af sin Vej frem i Renden.

Eller: En Båd drives af Vinden fra A til B (Fig. 272), medens Strømmen samtidig fører den fra A til C ; Båden vil da i

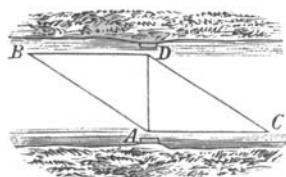


Fig. 272.

Virkeligheden komme til at følge Diagonalen AD i det af de to nævnte Veje dannede Parallelogram og altså nå over til Stedet D .

En Ting, der falder ned fra Masten på et Skib, vil træffe det samme Sted på Dækket, hvad enten Skibet ligger stille, eller det bevæger sig; dersom det bevæger sig, så har Tingen to Bevægelser samtidig: Faldbevægelsen og den Bevægelse, som Skibet har. Faldet tager også samme Tid i de to Tilfælde.

Vi ser af disse Eksempler, at når et Legeme samtidig skal følge flere Bevægelser, foregår disse hver for sig uafhængigt af hverandre.

Vi har Sp. 205 nævnt, at den Bevægelse, som et Legeme får, når det påvirkes af en Kraft, beror på Kraftens Størrelse; Bevægelsens Størrelse er noget synlig, men Kraften selv er usynlig. Ligesom man imidlertid på den nys omtalte Måde kan »sammensætte« flere samtidige Bevægelser til én, således kan man også sammensætte flere samtidige virkende Kræfter til én, d. v. s. man kan finde én Kraft, der erstatter de flere, æ: 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 Linje, der går i den Retning, hvori Legemet vilde flytte sig, dersom

det var ganske og alene overladt til Kraften, og hvilken Linje gøres desto længere, jo større Kraften er. Kræfter sammensættes da ganske på samme Måde som Bevægelser.

Kræfter måles jo i Pund (Sp. 205 o. flg.); for hvert Pund,

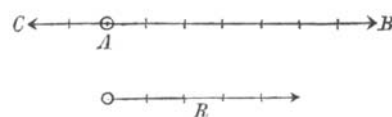


Fig. 273.

Kraften er stor, afbildes den ved et Stykke af en ganske bestemt Længde. I Fig. 273 tænker vi os et Legeme A påvirket af to Kræfter, der går i stik modsatte Retninger; den ene Kraft AB er på 7 Pund, den anden AC på 2 Pund; i Forening virker de som én Kraft R på 5 Pund i den største Krafts Retning; denne Kraft på 5 Pund siger man er *Resultant* for de to givne Kræfter.

Dersom de to nævnte Kræfter virkede på Legemet i samme Retning, vilde Resultanten blive 7 Pund + 2 Pund = 9 Pund.

Det er altså meget nemt at finde Resultantens Størrelse, når Kræfterne går i samme eller i modsat Retning.

Når de to Kræfter virker i Retninger, der går skråt imod hinanden, så findes deres Resultant R som Diagonalen i det

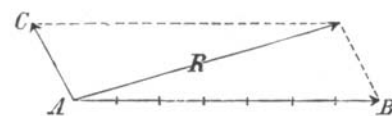


Fig. 274.

Parallelogram, man kan danne af de to Linjer AB og AC , der giver billedlige Fremstillinger af de to Kræfter; ved at se, hvor mange Gange det Stykke, der forestiller ét Pund, er indeholdt i Resultantlinjens Længde får man at vide, hvor stor Resultanten er; i det Tilfælde, som Figuren viser, er Resultanten omtrent $6\frac{1}{2}$ Pund.

Jo større Vinkelåbningen 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.

Ligesom man kan sammensætte to Kræfter til én, æ: finde én Kraft, der erstatter de to, således kan man også omvendt opløse én Kraft i to, d. v. s. finde to Kræfter, der kan erstatte den ene. I Reglen er der da opgivet, i hvilke Retninger de to Kræfter skal virke.

En Kraft, der i Retning og Størrelse er fremstillet ved Linjen AB (Fig. 275) skal opløses i to Kræfter, der falder ud ad Linjerne MN og PQ . Man tegner da fra B to Linjer (de punkterede) parallelle med henholdsvis MN og PQ ; disse Linjer afskærer Stykkerne AC og AD , og i dem er de to Kræfter fremstillede, der skal erstatte Kraften AB . Man siger, at de to fundne Kræfter er *Komposanter* af den oprindelige Kraft.

Som Eksempel vil vi tage Skråplanet. Et Legeme, der er lagt op på Skråplanet, er påvirket af en lodret, fra Tyngdepunktet nedadgående Kraft, nemlig af sin Vægt TP ; denne Kraft opløser vi i to Komposanter, af hvilke den ene går fra T paral-

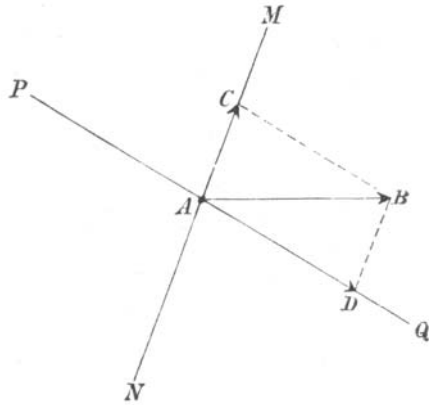


Fig. 275.

lelt med Skråplanet, den anden vinkelret derpå; de to Komposanter er *TB* og *TC*; af disse vil den første søge at føre Legemet nedad Skråplanet, medens den anden er det Tryk, som Legemet udøver ind imod Skråplanet. Hvis der nu ikke er Spor af Gnidnings-modstand (Skråplanet skal være så glat som vel muligt, og Legemet en glat Kugle), så kan vi finde, hvorledes

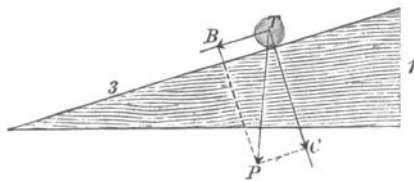


Fig. 276.

Bevægelsen bliver, når Legemet overlades til sig selv. Dersom Skråplanet er så skråt, at der på en Længde af 3 er en Stigning af 1, så bliver Kraften TB $1/3$ af Vægten TP ; af den Grund

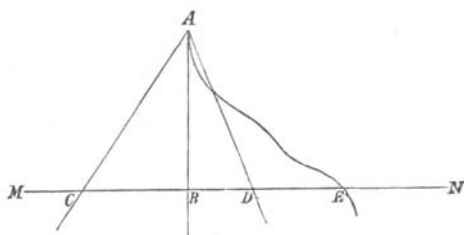


Fig. 277.

bliver også den Forøgelse i Hastighed, som Kuglen får i hvert Sekund, imedens den triller ned, kun $\frac{1}{3}$ af den Hastighedsforøgelse, man har med at gøre ved det frie, lodrette Fald (Sp. 200 o. flg.). Den Tid, som Kuglen er om at trille fra Skråplanets Top til dets Fod er 3 Gange så lang som den Tid, den bruger om at falde lodret igennem Skråplanets Højde, og

da den altså har 3 Gange så lang Tid at løbe i, så vil den, når den kommer til Skråplanets Fod, alligevel have samme Hastighed, som den vilde få ved at falde lodret ned igennem Skråplanets Højde. Denne Sætning gælder almindelig. Når et Legeme falder fra et Sted *A* (Fig. 277) ned til en vandret Flade *MN*, og Tyngdekraften er den eneste virksomme Kraft, så vil Legemet altid passere *MN* med den samme Fart, hvad enten det falder lodret ned til *B* eller skråt til *C* eller til *D* eller i en Bue til Punktet *E*.

PENDULET, URET.

Ethvert Legeme, der er hægt op således, at det kan dreje sig frit om en vandret Akse, der ligger over Tyngdepunktet — f. Eks. Pladen i Fig. 208 Sp. 192 — er et Pendul. Når man bringer et sådant Legeme lidt ud fra sin Hvilestilling og overlader det til sig selv, vil det give sig til at svinge frem og tilbage meget længe, når der ingen synderlig Gnidning er ved Omdrejningsaksen.

Det simpleste Pendul er en lille tung Kugle, f. Eks. af Bly, ophængt i en meget fin Tråd; vi kan her se bort fra, at Tråden vejer noget, da det er så ganske forsvindende i Sammenligning med Blykuglens Vægt. Når dette Pendul er i Hvile, hænger det lodret (AM); vi fører det nu ud til Siden og giver Slip på det; det giver sig så til at svinge frem og tilbage om sin Hvile-stilling. Lad os betragte det i en skrå Stilling AM ; den lille Kugles Vægt er afbildet som den lodrette Linje MG . Denne Kraft opløser vi i to Komposanter (Sp. 230), af hvilke den ene går

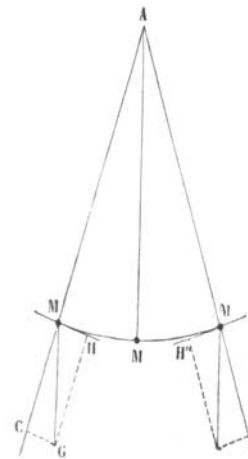


Fig. 278.

i Snorens Forlængelse, den anden tværs derpå, d. e. som Røringslinje (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. Når der ingen Hindringer (Gnidningsmodstand, Luftmodstand) er for Bevægelsen, vil Pendulet stadigvæk gøre lige store Udsving på begge Sider af den lodrette Stilling, og størst Hastighed har det, når det passerer den lodrette Stilling.

Den Tid, som et Pendul er om at svinge fra den ene Yderstilling over til den anden, kalder man for Pendulets *Svingningstid*. Når Udsvinget bort fra den lodrette Stilling i det Hele taget ikke er stort, så viser det sig, at Svingningstiden er uafhængig af, hvor stort Udsvinget er. Dette kan synes

underligt, men man må erindre, at jo større Udsvinget bliver, desto større bliver også den Kraft (MH i Fig. 278), der søger at føre Pendulet tilbage til Hvilestillingen, og desto større Hastighed kan Pendulet opnå; det kan derfor såre vel være så, at Udsvingets Størrelse ingen Indflydelse får på Tiden, der medgår til en Svingning.

Svingningstiden er derimod i høj Grad afhængig af Pendulets Længde; jo længere et Pendul er, desto længere er dets

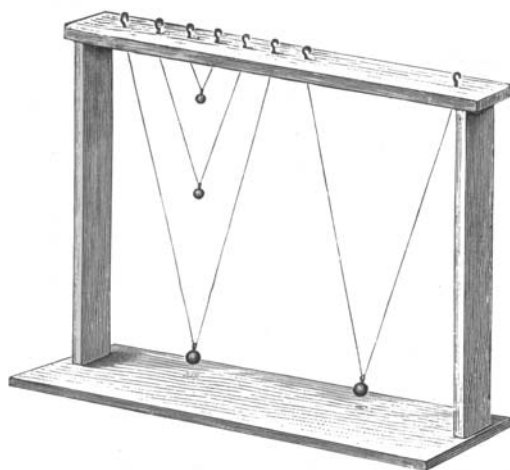


Fig. 279.

Svingningstid, hvad man let kan overbevise sig om ved at tage en Snor med en Bly-kugle i Enden og lade den svinge, idet man holder således i Snoren, at Kuglen en Gang har et langt Stykke Snor at svinge i, en anden Gang et kort Stykke. Tingen undersøges bedst med et Apparat som det, der er afbildet i Fig. 279. I et Stativ er der ophængt 3 Kugler i Snore, hvis to Ender er befæstede foroven, og som går igennem små Øskener, der sidder fast i Kuglerne. Vi gør Snorene så lange, at den midterste Kugle hænger 4 Gange så langt ned fra Rammen foroven som den øverste Kugle, og den nederste Kugle 9 Gange så langt fra Rammen foroven som den øverste Kugle. Lader man den nederste Kugle hænge stille, men sætter de to øverste Kugler i Svingninger, ser man let, at den øverste udfører 2 Svingninger for hver Gang, den anden Kugle udfører 1. Lader man den mellemste af de tre Kugler hænge stille og lader den øverste udfører 3 Svingninger for hver Gang, den nederste udfører 1. På lignende Måde vil et 16 Gange så langt Pendul have en 4 Gange så stor Svingningstid, et 25 Gange så langt Pendul en 5 Gange så stor Svingningstid osv. Er et Pendul 100 Gange så langt som et andet, har det en 10 Gange så stor Svingningstid, idet 10 Gange 10 er 100.

Skal et Pendul udføre en Svingning nøjagtig i 1 Sekund, skal det være ca. 38 Tommer ($3 \frac{1}{6}$ Fod), æ: ca. 1 Meter, langt. Et sådant Pendul kaldes et Sekundpendul.

Når et Pendul skal udføre 3 Svingninger i hvert Sekund, altså når dets Svingningstid skal være $\frac{1}{3}$ Sekund, så får man dets Længde ved at sige 3×3 er 9 og dividere 9 op i 38 Tm.; det bliver $4 \frac{2}{9}$ Tommer.

Hvor langt skulde et Pendul være for at være et helt Minut om en Svingning? Et Minut har 60 Sekunder; 60×60 er 3600, og Pendulets Længde skal da være $3600 \times 3 \frac{1}{6}$ Fod, hvilket er omtrent en halv Mil.

I vort Stativ Fig. 279 er der til højre ophængt en fjerde Kugle i en Tråd med samme Længde som det længste af de tre omtalte Penduler; hvis denne Kugle er af Træ eller et hvilket som helst andet Stof, så bruger det dog samme Tid til hver Svingning som den nederste af Blykuglerne; Substansen, hvoraf Pendulet er lavet, har altså ingen Indflydelse på Svingningstiden. For Kugler af meget lette Stoffer kan der dog på 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 Tråd. Men Penduler kan have mange forskellige Former, dog gælder det om dem alle, at *Svingningerne er ligetidige*, æ: Svingningstiden er uafhængig af Udsvingets Størrelse. Spørger vi nu imidlertid om, hvad det er for en Pendullængde, det her kommer an på, og som bestemmer Svingningstidens Længde, så kan vi anstille følgende Betragtning: Dersom vi tænkte os, at de enkelte Dele af et Pendul — f. Eks. af Pladen i Fig. 208 — var løse, så at de ingen Forbindelse havde med hverandre, og at disse utallige løse Dele var hængte op i Snore af sådanne Længder, at Delene blev ved med at være i den Afstand fra Aksen, som de har i Forvejen, så 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 åbenbart, at når alle Delene er fast forbundne med hinanden, så 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 sådant Pendul må være en lille Del, hvis frie Svingninger ikke bliver påvirket ved Forbindelsen med de andre Dele i Pendulet, d. v. s. det vil af de højere liggende Dele blive fremskyndet lige så meget, som det forsinkes af de lavere liggende Dele; dette Punkt hedder *Svingningernes Midtpunkt*. Pendulet har altså samme Svingningstid, som en lille tung Kugle vilde have, der var hængt op i en fin Tråd, hvis Længde netop er Afstanden fra Omdrejningsaksen ned til Svingningernes Midtpunkt; det er denne Afstand, som da er den Pendullængde, det kommer an på, når der er Spørgsmål 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 280), så ligger Svingningernes Midtpunkt i en Afstand fra Aksen, der er $\frac{2}{3}$ af hele Linealens



Fig. 280.

Længde; skal dette Pendul udføre én Svingning i hvert Sekund, må Linealens Længde være 57 Tm., thi $\frac{2}{3}$ heraf er de 38 Tm., vi har nævnt som Sekundpendulets Længde. Men iøvrigt afhænger Beliggenheden af Svingningernes Midtpunkt i Lege- met af dettes Form og Størrelse og af Massernes Fordeling i Pendulet.

Pendulet benyttes som Regulator i Ure netop på Grund af den Egenskab ved det, at dets Svingninger er ligetidige, når blot Svingningernes Midtpunkt altid ligger i samme Afstand fra Omdrejningsaksen. Fig. 281 viser, hvorledes Pendulet griber ind i Urværket. Værket er her lænket sat i Gang ved Hjælp af et faldende Lod; dette er gjort fast i et Tov eller en Kæde, der er viklet op på en Valse; på denne Valse sidder det såkaldte *Ganghjul* eller *Hæmhjul* med savtaktede Tænder, og ovenover dette befinder sig det såkaldte *Anker*, en Metalbue

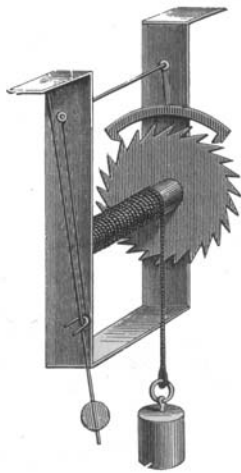


Fig. 281 Et Urværk.

med ombøjede Flige i Enderne, der skiftevis kan gribe ind i Mellemrummet imellem to Tænder. Dette Anker sidder fast til en let bevægelig, vandret Aksel-stang foroven, og fast på denne Stang sidder endvidere en Stang, der går nedad, og som har to vandrette Grene ud til Siden forned. Ind imellem disse Gaffelgrene hænger et Pendul, som her består af en Stang med en flad Linse forned. Når Pendulet nu svinger frem og tilbage, slår det snart til den ene og snart til den anden af de to Grene, hvor imellem det befinder sig; derved går Ankeret også lidt, snart til den ene, snart til den anden Side; der bliver da et Øjeblik, hvor Gang-hjulet er fri for Ankerets Indgriben, og i det Øjeblik vil Lodet dreje Valsen med Ganghjulet et lille Stykke. Medens Pendulet svinger én Gang frem og tilbage, drejer Tandhjulet sig én Tand frem, og dersom Pendulet er et Sekundpendul, og Hjulet har 30 Tænder, kommer Hjulet til at gå én Gang rundt i Minuttet. Til Hjulets Akse (Valsen) kan da den såkaldte »Sekundviser« befastes. Ved et System af Tandhjul overføres Valsens Bevægelse til andre Aksler, som skal bevæge sig så mange Gange langsommere, at de to Hovedvisere, den »store« og den »lille« Viser kan anbringes derpå; den store Viser går jo én Gang rundt i Timen, den lille én Gang rundt i 12 Timer.

Et Urværk viser Fig. 282 os nærmere; Pendulstangen er ophængt foroven i O på en vandret Akse (tresidet Prisme med opad vendt, skarp Kant) og bærer forned en tung Metallinse M, der kan hæves eller sænkes ved Hjælp af Skruen V med Møtrik; med denne Indretning tilvejebringer Urmageren én Gang for alle den rette Svingningstid. Imidlertid bliver næsten alle Ting lidt større ved Opvarmning, lidt mindre ved Afkøling, og når et Pendul er udsat for sådanne Temperaturvekslinger, så vil også let dets »Svingningernes Midtpunkt«

forandre lidt Plads, idet det synker desto mere, jo varmere Pendulet bliver; et Pendulur vil da gå langsommere i Varmen, hurtigere i Kolden. Herpå bøder man dog på forskellige Måder, ja Pendulet i Fig. 282 kan let indrettes så, at Varmeforandringer ingen kendelig Indflydelse får; Stangen er da gerne lavet af tørret og fernisseret Træ; ved Stangens Udvidelse vilde Svingningernes Midtpunkt synke, men Metallinsen udvider sig også ved Opvarmning, og denne Udvidelse må, da Linsen hviler forned, foregå opefter, altså bidrage til at hæve Svingningernes Midtpunkt lidt. Stangens Længde og Linsens Størrelse kan da afpasses således efter hinanden, at Pendulet bevarer sin Svingningstid uforandret trods Temperaturvekslinger.

Som Drivkraft i Urværket tænkte vi os i Fig. 281 et faldende Lod. I Stedet for et sådant benyttes også — og altid i Lommeure — en spændt Fjeder; denne Fjeder søger at rette sig ud, og får den Lov hertil, driver den imens Urværket, men slappes derved efterhånden. Med størst Kraft virker Fjederen til en Begyndelse, men for Urets regelmæssige Gangs Skyld er det heldigst, at Kraften hele Tiden er så nogenlunde ens; derfor træffes der ofte en Ordning som den, Fig. 283 viser. Den spiralformige Urfjeder er med sin inderste Ende befastet til den faste Stang O og med sin yderste Ende befastet til Indersiden af det cylindriske Fjederhus A. Til Ydersiden af A er fastgjort en Kæde, der er viklet nogle Gange omkring A og så går hen til »Sneglen« C; denne Snegl er en Kegle, på hvis Overflade der er indskåren en Sneglegang, og nederst på denne er den omtalte Kæde gjort fast. Under de Forhold, som Figuren viser, trænger Uret til at trækkes op; man drejer da på Sneglen således, at man vikler Kæden op på Sneglen, og samtidig vikles Kæden af Fjederhuset A; men



Fig. 282.

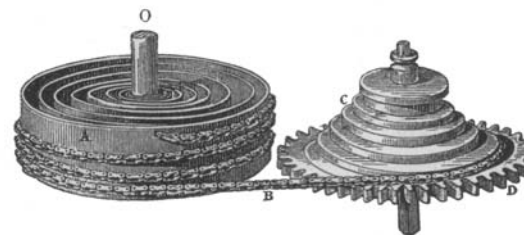


Fig. 283. Et Urværk.

derved bliver Fjederen derinde spændt. Når den så er spændt, går Kæden hen til et Sted øverst oppe på Sneglen, altså til et Sted, der ligger langt inde ved Sneglens Akse; Fjederens

Spændighed er da stor, men virker på en lille »Arm« (se *Vægtstangen*), og alt som Fjederen slappes mere og mere under Urets Gang, kommer Kædestykket *B* til at gå ind på Sneglen længere og længere nede, og altså i større og større Afstand fra Aksen. Det *Moment* (se Sp. 211), hvorved Sneglens Omdrejning fremkaldes, bliver derved meget nær det samme hele Tiden, og ved Hjælp af Tandhjulet *D*, der sidder fast på Sneglen, overføres dennes Bevægelse til den øvrige Del af Værket. — Man bruger iøvrigt også ofte en så lang Urfjeder, at den ikke slappes kendelig under Urets Gang, og Sneglen bliver da overflødig.

Som Regulator benyttes i Stedet for et Pendul også den såkaldte *Uro* (Fig. 284); denne er et lille Hjul, til hvis Akse er

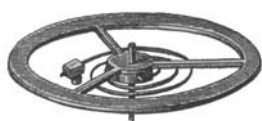


Fig. 284. "Uroen".

befæstet en ganske fin Spiralfjeder, hvis yderste Ende er gjort fast. Når Uroen er stille, er der ingen Spænding i Spiralen, men drejes den et Stykke rundt og så overlades til sig selv, giver den sig til at svinge hurtig frem og tilbage; ligesom

Pendulet søger den nemlig, når Spiralen er bleven spændt lidt ved Hjulets Drejning, tilbage til sin Hvilestilling, men kommer til den med en vis Fart, overskrider Hvilestillingen, går ligeså langt ud til den modsatte Side, drejer så tilbage o. s. v. Og om disse Svingninger gælder det samme som om Pendulsvingningerne: de er ligetidige. — Uroen ser man, når man kigger ned i Urværket ved at åbne de to bageste Dæksler.

Med et Pendul kan man føre — første Gang skete det for omtrent et halvt Hundrede År siden — Bevis for, at vor Jord drejer sig om sin Akse fra Vest til Øst én Gang rundt i Løbet af hver 24 Timer. Vi har Vidnesbyrd om denne Akseomdrejning deri, at alle Stjerner synes at stå op i Øst, at gå hen over Himmelhvælvingen og ned i Vest, idet de stadig bevare i det store og hele deres indbyrdes Stillinger til hinanden, og der forløber 24 Timer fra, at en Stjerne er højest på Himmelen (»lige i Syd«), til den atter kommer højest på Himmelen. Denne Vandring af Stjernerne er kun tilsyneladende, Stjernerne bliver på Himmelskuglen der, hvor de er, men Jorden drejer sig i den modsatte Retning, altså fra Vest til Øst, om en Akse, der går igennem Jorden fra Pol til Pol, og vi, der befinder os på denne Jord og følger med den under dens Bevægelser, vi ser ikke, noget til disse, men for os er det, som om Jorden stod stille, og Himlen bevægede sig den modsatte Vej. — En optisk Skuffelse af en lignende Art kan man frembringe således: en Karusselbane omgives med en stor Cylinder på Ruller, og på denne Cylinders Inderside kan der være malet Mennesker, Træer, Huse osv. Når man nu, i Stedet for at køre Karussellen rundt, lader denne stå men kører Cylinderen rundt den modsatte Vej, så får de, der sidder på Karussellen, en levende Fornemmelse af, at de virkelig kører rundt selv, ja Fornemmelsen kan blive så levende, at man ligefrem søger at holde sig fast for ikke at falde af under Farten!

Men tilbage til Pendulet! Når et Pendul én Gang er sat i Svingninger frem og tilbage i et bestemt lodret Plan, så søger Pendulet at blive i dette Svingningsplan. Fig. 285 viser os et Apparat, hvorved dette bliver os klart. På en stor, vandret, rund Plade er der et Stativ, på hvilket er ophængt et Pendul; denne

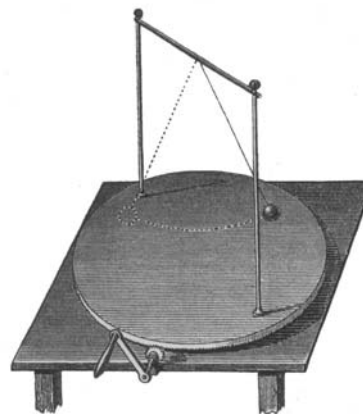


Fig. 285.

runde Plade er anbragt således på et Bord, at den kan drejes rundt ved Hjælp af et Håndtag og et lille Tandhjul, hvis Tænder griber ind i Tænder på 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 altså under Pladens Omdrejning til at svinge hen over stadig nye Dele af Pladen.

Ganske således som det her går i vort Forsøg, vilde det også gå, hvis man kunde komme op til en af Jordens to Poler og hængte et Pendul op der og sætte det i Svingninger; det vil blive ved med at svinge i det Plan, man satte det i Gang i, men Jorden under det vil dreje sig fra Vest imod Øst, d. v. s. i en Retning, der er den modsatte af den, som Urviserne bevæger sig i, når Uret lægges ned på Jorden med Skiven vendt opad. Medens Pendulet svinger, kommer det da til at svinge hen over stedse nye Punkter nede på Jordoverfladen, men den, der står på Jorden og deltager i Jordens Akseomdrejning uden at føle denne, han vil synes, at det er Pendulet, der forandrer sit Svingningsplan, idet dette forekommer ham at dreje sig rundt med Ur-viseren. Jorden drejer sig én Gang rundt i 24 Timer, hvilket bliver 1/4 Omdrejning (æ: 90 Grader, se Sp. 17) i 6 Timer, altså 15 Grader i 1 Time; derfor vil på en af Jordens Poler Pendulets Svingningsplan synes at dreje sig 15 Grader i hver Time.

Det går ved Polerne med et Pendul, som det vil gå med et Pendul, der hænges op i en Jernbanekupé og f. Eks. bringes til at svinge i Retning fra Vindue til Vindue, og Toget så kører i en krum Bane; da vil Pendulet holde op med at svinge fra Vindue til Vindue, men det er ikke Pendulets Skyld, således som de rejsende inde i Kupéen let vil mene, når de ikke ved at

se ud kommer på det rene med, at Toget beskriver en Kurve; det skyldes de nye Stillinger, som Kupéen får under Drejningen. En lignende sideværts Bevægelse har Jorden ved Polerne.

Et Pendul, der hænges op nede ved Ækvator og sættes i Svingninger i et vist Plan, vil der ikke synes at dreje sig til nogen af Siderne; medens alle Retninger Nord—Syd løber sammen i Polerne, så er de parallelle ved Ækvator. Man kunde sammenligne Forholdene ved Ækvator med et Jernbanetog, som kørte op over en Bakke, men lige ud; et Pendul, som inde i en Kupé blev sat i Gang fra Vindue til Vindue, vilde blive ved med at svinge fra Vindue til Vindue.

På et Sted på Jorden, som hverken er i Polen eller ved Ækvator, er de her omtalte Forhold med Pendulet en Slags

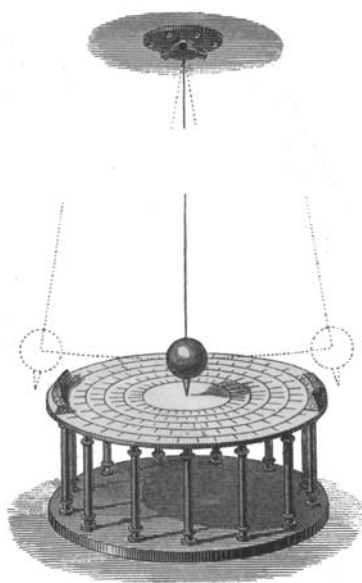


Fig. 286. Foucaults pendulforsøg.

Mellemtilstand imellem Forholdene på disse Ydersteder; d. v. s. Pendulets Svingningsplan vil synes at dreje sig i Forhold til Jordoverfladen, men dog ikke så meget som ved Polen, altså mindre end 15 Grader pr. Time. Man kan regne sig til af Stedets geografiske Beliggenhed på Jorden, hvor stor den tilsyneladende Drejning af Pendulets Svingningsplan skal være, men denne Beregning må vi her lade fare; vi forstår, at jo nærmere vi er ved Ækvator, desto mindre tilsyneladende Drejning. I København skal denne Drejning efter Beregningen være 12 Grader i 1 Time, altså 1 Grad i 5 Minutter, og dette har også vist sig at være Tilfældet. I det Hele har det altid vist sig, at man, når Forsøget blev anstillet, netop fik den Drejning, som Beregningen gav, at man skulde have; og hvad viser det os? det viser os, at Grundlaget for Beregningen er rigtig. Og hvad

var Grundlaget? Grundlaget var det, at Jorden drejer sig én Gang rundt i 24 Timer. Pendulforsøgene, som her er omtalte, leverer altså Bevis for denne Sags Rigtighed.

Fig. 286 viser dette *Foucault'ske Pendul forsøg*, benævnet efter den franske Fysiker *Foucault* (udtales: *fuko* med Tryk på sidste Stavelse). I Loftet på et meget højt Rum er ophængt en lang, fin Metal-tråd med et tungt Lod nederst, som er forsynet med en nedad vendt Spids. Lige under denne Spids befinder sig et Bord, og på dette Bord kan der være tegnet inddelte Kredse, hvis fælles Centrum er der, hvor Spidsen er, når Pendulet hænger rolig; ved Bordets Rand kan der være lagt små Bunker Heksemel (det fine Pulver, hvori Apotekerpiller ligger) på to lige overfor hinanden liggende Steder. Pendulet bringer man i Svingninger på følgende Måde: man fører det tunge Lod ud til Siden og binder det fast ved en lang Tråd til Muren eller noget andet absolut fast; når det hele så er kommen i Ro, brændes denne Tråd over, og Pendulet kommer i Gang; herved opnår man, at Pendulet ikke får nogen Sidebevægelse i det Øjeblik, det sættes i Gang, men virkelig kommer til at svinge i et bestemt lodret Plan. Heksemelbunkerne er lagte på sådanne Steder, at Pendulspidsen går igennem dem, og da ser man, at Spidsen efterhånden river lidt af Bunkerne af, så at det træder tydelig frem, at Pendulets Svingningsplan gradvis flytter sig i Forhold til Bordet. Spidsens Flytning i Forhold til Kredsinde-lingerne kan man jo også iagttage.

I København er Forsøget i større Stil sidst anstillet 1892 i Christiansborg Slotskirke af *T. Køhl*, hvem forresten også Sammenligningen med et Pendul i en Jernbanekupé skyldes; der benyttedes en 100 Fod lang Ståltråd med et 70 pundigt Blylod forneden.

MASSETILTRÆKNINGEN. SOLSYSTEMET.

Vi har set, at Legemer, der er magnetiske, og Legemer, der er elektriske, kan tiltrække hinanden, men de kan jo også frastøde hinanden; det nærmere herom er omtalt på de respektive Steder i dette Arbejde. Det er selve Magnetismerne og selve Elektriciteterne, der virker på denne Måde, men da disse Naturkræfter sidder i de forskellige Legemer, så kommer man, hvis disse Legemer er let bevægelige, til at se Virkningerne som Bevægelser af Legemerne.

Men alle Legemer vil — også når de er umagnetiske og uelektriske — udøve en gensidig Virkning på hinanden, og denne Virkning er altid en Tiltrækning. Den store engelske Fysiker *Isaac Newton* (udtales: *ejsak njutån*), der er født 1643 og død 1727, fremsatte den Lov, at *alle Legemer, store såvel som små, udøver en Tiltrækning på 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 Luftmodstand, men især

www.svendsen.dk

Gnidningsmodstand 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. Først vil vi gøre opmærksom på, at *to Legemer tiltrækker hinanden med lige store Kræfter*, og det hvad enten de to Legemer er lige tunge, eller de har et højst forskelligt Stofindhold og dermed forskellig Vægt; et Legeme, der vejer 200 Pund, tiltrækker et, der vejer 7 Pund, med en Kraft, der er nøjagtig ligeså stor, som den Kraft, hvormed de 7 Pund trækker i de 200 Pund. Hvis dette ikke var så, kunde der komme Forhold frem, der aldeles strider imod vore Erfaringer; når en tyk Mand satte sig på Bagsædet af en letbevægelig Vogn og en lille Dreng på Forsædet, så vilde, hvis den tykke Mand tiltrak Drengen med en Kraft, der var større end den, hvormed Drengen tiltrækker Manden, Vognen have en Tendens til at køre baglæns, men om nogen Tendens til en sådan Egenbevægelse mærker man ikke noget, hverken i dette måske noget drastisk valgte Eksempel eller i nogetsomhelst andet Tilfælde af samme Art.

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 på alle Ting ved dens Overflade, og vi har omtalt før, at denne ytrer sig dels derved, at Tingene holdes ind til Jorden og udøver Tryk på denne, dels derved, at de, når de er hævede op fra Jorden og slippes fri, falder ned imod Jorden. Tyngden er altså kun et særligt Navn for Massetiltrækningen, nemlig når det ene af de to Legemer, om hvis Massetiltrækning vi taler, er vor egen Jord.

Jo længere to Legemer er fra hinanden, desto mindre Tiltrækning er der imellem dem; Newton opstillede selv den Lov, som altid viser sig stadfæstet ved alle Undersøgelser, at rykkes to Legemer ud til den dobbelte Afstand, bliver Tiltrækningen 4 Gange svagere; i den 10-dobbelte Afstand er Tiltrækningen 100 x 10, d. e. 100 Gange svagere osv.

Og nu vil vi så skride til at omtale et af de Forsøg, der er blevet anstillet for at godtgøre, at Ting på Jordens Overflade tiltrækker hinanden; vi tager Englænderen *Cavendish's* berømte Forsøg, der blev anstillet for 100 År siden for første Gang, men senere er gentaget af andre lige op til Nutiden, idet man dog på Grund af Teknikens Fremskridt har 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, i hvilken der er ophængt en lang fin Sølvtråd, som forinden bærer en vandret, let Stang af Grantræ, og i Enderne af den hænger to små Blykugler, m' og m hver på ca. $1\frac{1}{2}$ Pund's Vægt. Trækassen er formet således, at den lige netop omgiver denne Ophængning, men ved de to Ender udfor den vandrette Stangs Ender er der indsat Glasruder, så 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 når der ikke er Spor af Snoning i den Sølvtråd, hvori den er ophængt; da Stangen ikke har megen Plads at røre sig i, er det indrettet så, at man kan vride Sølvtåden lidt foroven, så at man kan få Stangen til at svæve frit inde i sin Kasse uden at lægge sig an imod dennes Sidevægge.

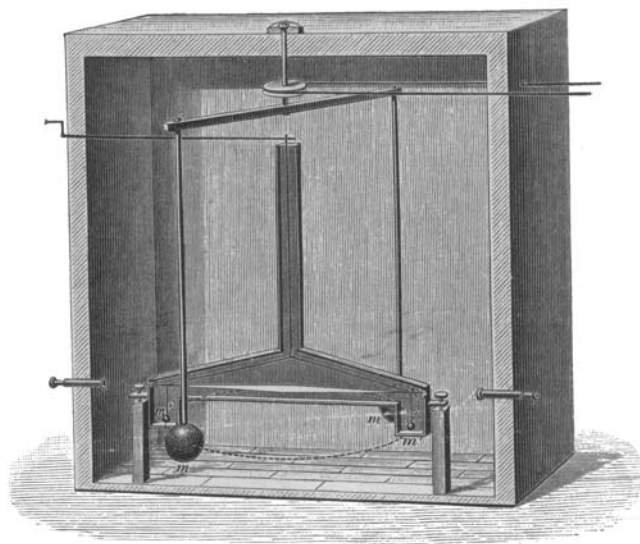


Fig. 287.

Så ser vi på vort Billede to store Kugler m og m' ; de vejde, da Cavendish gjorde Forsøget, 316 Pund. Disse Kugler bæres af to lodrette Jernstænger, der foroven sidder fast i en vandret Stang, der går hen under Loftet, og som på den Måde, 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 tvers på den lette Træstang, så at altså hver af de store Blykugler er lige langt fra begge de små Kugler. De fire Kugler er alle lige højt oppe over Gulvet. Man kigger nu fra Sideværelserne ved Hjælp af Kikkerter i Murene hen på den lette Træstangs Ender, og lader så En trække i Snorløbet foroven, så at de store Kugler kommer hen på Siden af de små, naturligvis udenfor Kassen, hvori de små 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 sådan Retning, at det er åbenbart, at de små Kugler drages henimod de store. De små Kugler trækker ganske vist, som det er sagt ovenfor, med en ligeså stor Kraft i de store, men disse har ikke en så 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 på,

hvor meget den lette Træstang i de forskellige Tilfælde går bort fra sin Hvilestilling, får man at vide, hvorledes Tiltrækningen forandrer sig med Massen i de Legemer, der tiltrækker hinanden. Herved erfarer man — hvad Newton også gik ud fra — at hvis den ene Kugle ombyttes med én, der f. Eks. vejer 3 Gange så meget, den anden med én, der vejer 7 Gange så meget, da bliver Tiltrækningen 3×7 eller 21 Gange så stor, forudsat at der i begge Tilfælde er den samme Afstand imellem de to Legemer.

Ved at hænge Lodsnores op i Nærheden af Bjerge har man fundet, at disse Lodsnores ikke havde samme Retning, som hvis Bjerget ikke var der; Loddet drages lidt ind imod Bjerget, og Lodsnoeren får en lidt skrå Stilling, men der skal meget fine Iagttagelser til for at opdage det. Imidlertid har man også ad den Vej kunnet påvise en Tiltrækning imellem Legemer ved Jordens Overflade.

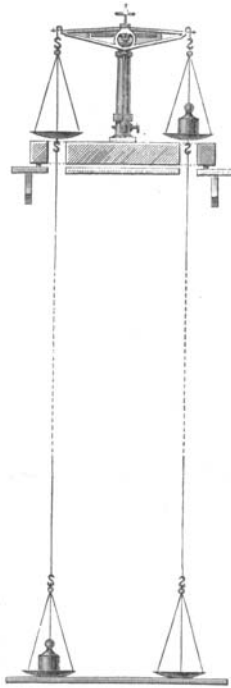


Fig. 288.

Tyngden er som ovenfor omtalt Navnet på Tiltrækningen imellem Jorden og Tingene ved dens Overflade; også Legemer på Jordens højeste Bjerge er underkastet 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 nå. Den kan dog påvises, bl. a. ved en fin Vejning: På en høj Murpille opstilles en fin Vægt (Fig. 288) med to Skåle i hver Ende, den ene f. Eks. et halvt Hundrede Fod lavere end den anden. Når der lægges ens Vægtlodder på de to øverste Skåle, bliver Ligevægten ikke forstyrret; heller ikke når de to samme Lodder lægges på de to nederste Skåle. Men lægges det ene Lod på den øverste Skål på Vægtens ene Arm, og det andet Lod på den nederste Skål på Vægtens anden Arm, så er Ligevægten forstyrret, idet det viser sig, at der er Overbalance på den Side, der har Vægten liggende på den nederste Skål. Dette hidrører fra, at Jorden trækker med den største Kraft i Loddet, jo nærmere dette er ved Jordoverfladen; ved at lægge fine Vægtlodder på den anden Side kan man atter tilveiebringe Ligevægten, og man får derved at vide, hvor stor Forandring en Tings Vægt undergår ved en Flytning i lodret Retning så stor, som Afstanden er fra den øverste til den nederste Skål.

Man kunde da stille det Spørgsmål: 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 på, om den Kraft, der bringer Frugten til at falde ned fra Træet, når Stilken ikke længer kan bære den, om den er den

samme Kraft som den, der holder Månen 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 således; når Månen kredser omkring Jorden, så må den stadig falde ind imod Jorden.

Månen 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 på Månen pludselig holdt op med at virke, når Månen er i et vist Punkt *M* af sin Bane, så

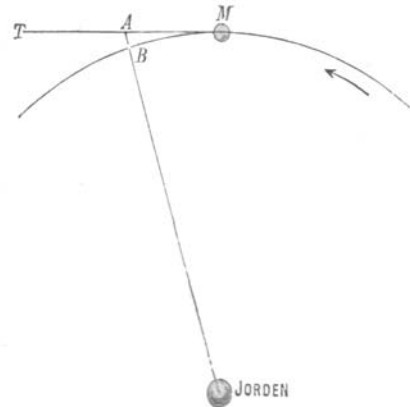


Fig. 289.

wilden Månen, som har en bestemt Fart, i Kraft af Inertien gå videre ud ad en ret Linje *MT*, der er Røringslinje (Tangent) til Månebanen; i Løbet af en vis Tid vilde Månen da være kommen hen til et Punkt *A* på denne rette Linje, men da Månen i Virkeligheden efter denne Tids Forløb passerer et Punkt *B* i sin Bane, så er Månen i denne Tid »falden« et Stykke *AB* ind imod Jorden, og dette »Fald« hidrører fra Jordens Tiltrækning på Månen. Vi forstår da nu, at Månen meget godt kan stadigvæk falde ind mod Jorden uden derfor at komme Jorden nærmere; det hidrører altså fra, at Månen en Gang i Tidernes Morgen har fået en Sidebevægelse.

Vi er herved kommen til at beskæftige os med de Virkninger, som den almindelige Massetiltrækning har ude i Himmelfrummet på Kloderne i vort Solsystem.

Hovedkloden er Solen: dens Diameter er godt og vel 100 Gange så stor som vor Jords Diameter, og Jordens Diameter er ca. 1710 Mil. For at give en Forestilling om, hvor stor Solen er i Forhold til Jorden, skal det nævnes, at hvis vi tænker os Jorden som en Kugle med 1 Fods Diameter, så er Solen en Kugle, hvis Diameter er omtrent så stor som Rundetårns Højde; eller: tænkte man sig Jorden anbragt inde i Solens Midte, så vilde Månen (forudsat at dens Afstand fra Jorden forblev uforandret) kun være godt og vel halvvejs fra Solens Centrum ud til Solens Overflade. — Stofmængden i Solen er over 3 Hundrede Tusinde Gange så stor som Stofmængden i Jorden.

Om denne Sol kredser Jorden i en Afstand af omtrent 20 Millioner Mil, og Jorden er 1 År om at gå én Gang rundt om Solen; dette giver en Hastighed for Jorden af omtrent 4 Mil i hvert Sekund, en aldeles svimlende Hastighed, som vi dog ikke

mærker noget til, da vi holdes ind til Jorden af Tyngdekraften.

Men der er flere Himmelleger, der på samme Måde kredser omkring Solen, de såkaldte *Planeter*. Nærmere ved Solen end vor Jord er Planeterne *Merkur* og *Venus*; længere fra Solen end vor Jord er i Rækkefølge Planeten *Mars*, Planetoiderne eller Asteroiderne, *Jupiter*, *Saturn*, *Uranus* og *Neptun*; alle går de omkring Solen i Baner, der ikke afviger meget fra Cirkelformen, og jo længere de er fra Solen, desto længere Tid tager det for dem at komme helt rundt omkring Solen; således er den fjerneste Planet Neptun 30 Gange så langt fra Solen, som vor Jord er, og dens Omløbstid om Solen er 165 År; Jupiter, der er den største af Planeterne, er godt og vel 5 Gange så langt fra Solen som Jorden og har en Omløbstid på henimod 12 År.

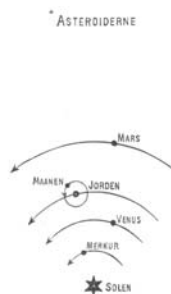


Fig. 290.

derfor kommer stadig nærmere ind til Solen.

Planeterne vil naturligvis også udøve en Tiltrækning på hinanden indbyrdes, men denne er dog på Grund af Planeternes forholdsvis små Masser ringe i Sammenligning med Tiltrækningen til den mægtige Sol; disse indbyrdes Tiltrækninger bevirker kun, at Planeternes Baner om Solen ikke er så regelmæssige, som de vilde være uden dem.

Fiksstjernerne er så umådelig langt fra vort Solsystem, at der ingen kendelig Tiltrækning er imellem dem og Kloderne i Solsystemet.

Jordens Tiltrækning på Månen viser sig ved, at Månen kredser omkring Jorden; Månen trækker imidlertid med en ligeså stor Kraft i Jorden, har vi talt om, men den Bevægelse, som heraf følger for Jordens Vedkommende, er dog meget svag, fordi Jordens Masse er godt 80 Gange så stor som Månens Masse. Månens Tiltrækning på Jorden har dog en synlig Virkning for os, nemlig i det såkaldte Tidevande eller

Ebbe og Flod; dette Fænomen vil vi behandle i et særligt Afsnit.

TIDEVANDE (EBBE OG FLOD).

På Kysterne ved det åbne Hav vil man ved nærmere Undersøgelse finde, at Vandet stiger og synker periodisk, så at Vandet ved flade Bredder ligesom trækker sig tilbage fra Bredten i en vis Tid og derefter går op imod den i en ligeså lang Tid. Dette går ganske regelmæssig for sig Dag ud og Dag ind, og det er så, at Vandet fra sin højeste Stand synker i Løbet af $6\frac{1}{4}$ Time og derpå stiger i Løbet af $6\frac{1}{4}$ Time, så atter synker osv. Højvandet ved dette Fænomen kalder man *Flod*, Lavvandet *Ebbe*, i Løbet af et godt Døgn, nærmest 25 Timer, får man to Gange Flod og to Gange Ebbe.

Dette Fænomen skyldes Månens Tiltrækningskraft på vor Jord og på det Hav, der omgiver en stor Del af Jorden.

Det er for nylig (Sp. 237) fortalt, hvorledes Jordens Drejning om sin Akse bevirker, at vi fra Jorden synes, at alle Stjerner går rundt om Jorden fra Øst til Vest, og at Stjernerne alle er 24 Timer om at komme én Gang rundt. Månen er imidlertid ca. 25 Timer om tilsyneladende at gå rundt om Jorden, og det, at Månen er længere Tid derom end Stjernerne, det ligger i, at Månen ikke ses på Himmelhvælvingen altid i de samme Stillingen i Forhold til Stjernerne, således som Stjernerne bevarer deres indbyrdes Stilling uforandret; Månen flytter sig i Forhold til Stjernerne, og det i en Retning, der går modsat Stjernerne tilsyneladende Kredsen om Jorden. Denne Månens Flytning blandt Stjernebillederne hidrører fra, at Månen har en Bevægelse om vor Jord, således som vi i det foregående Afsnit har talt om. — Hvis man altså vilde regne Døgnet to Dele, Dag og Nat, ikke efter de Tider, da *Solen* er over Horisonten og under Horisonten, men regne dem efter de Tider, da *Månen* er over og under Horisonten, så vilde Døgnet blive ca. 25 Timer langt. Der er således fuld Overensstemmelse imellem Månens tilsyneladende daglige Bevægelse om vor Jord og Perioden for Tidevandet, og vi skal nu se lidt nærmere på, hvorledes Månen fremkalder dette sidste.

Vi begynder da med for Simpelteds Skyld at tænke os Jorden overalt omgivet af Hav. I Fig. 291 er Jorden tegnet med Nordpolen *Nord* og Sydpolen *Syd*; Månen er tegnet nærmere ved Jorden, end den i Virkeligheden er i Forhold til Jordens Størrelse, idet Månens Afstand fra Jordens Centrum er omtrent 60 Gange så stor som Jordens Radius. Vi ved jo nu, at Månen falder imod Jorden, og Jorden falder imod Månen, men også, at disse to Kloder ikke af den Grund kommer nærmere hinanden i Tidernes Løb, fordi de en Gang har en Sidebevægelse. Den faste Jords Masse kan vi tænke os samlet i Tyngdepunktet, hvilket er Jordens Centrum. Det Vand, der findes på den Side af Jorden, som vender henimod Månen, vil falde stærkere mod Månen end den faste Jords Centrum, thi vi véd, at jo mindre Afstanden imellem to Ting er, desto stærkere drages de imod hinanden; men da må Vandet stige på denne Side af Jorden;

forlade Jorden gjør Vandet ikke, da Jorden holder på det med en mange Gange større Kraft, men det hæver sig dog højere, end det vilde stå, hvis Månen ikke udøvede nogen Virkning på det. — Hvad Vandet på den modsatte Side af Jorden angår, altså på den Side, som vender bort fra Månen, så vil det også stige der, thi dette Vand falder mindre stærkt imod Månen, end den faste Jords Centrum gør; Jordcentret trækker sig altså

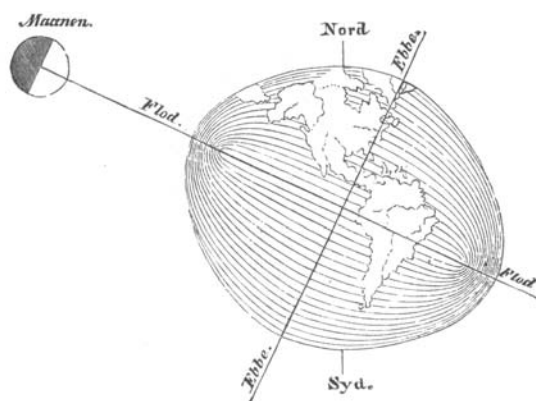


Fig. 291.

ligesom lidt væk fra dette Vand, d. v. s. Vandet stiger lidt i Forhold til den faste Jord.

Højest Flod har vi altså på de to Steder af Jorden, hvor en ret Linje fra Månens til Jordens Centrum går igennem Jordens Overflade.

Men når Vandet stiger på disse Steder, så må det falde på de øvrige, og denne Sænkning af Vandet finder Sted i et Bælte omkring Jorden, der står tværs på Retningen fra Jorden til Månen.

Som omtalt vil Månen, set fra et og samme Sted på Jorden, synes at gå rundt om Jorden fra Øst imod Vest i en Tid af 25 Timer; da Flodbølgerne Top altid skal vende imod Månen og bort fra Månen, så ruller også Flodbølgen hen over Jorden fra Øst imod Vest — forudsat, at den ingen Hindringer møder. Dette Forhold iagttages bedst på en Ø ude i det store Ocean, hvilket Hav har en stor Udstrækning i Retningen Vest—Øst.

Da Månen ikke kan komme lige ud for alle Steder på Jorden, men er ud for Stederne i den varme Zone og så lidt på begge Sider af denne (Nord for og Syd for), så har vi Flodbølgetoppene i disse Egne, medens Jordens Polér altid ligger i Ebbebæltet.

Nu er imidlertid Jorden ikke overalt bedækket med Hav, og Flodbølgen får derfor heller ikke en så regelmæssig Gang hen over Jorden, som det nylig er omtalt. Tidevandet opstår som nævnt især i det store Ocean, men når Flodbølgen så ved at gå imod Vest støder på Asiens Fastland, må den bøje af; den går igennem det indiske Ocean, sønden om Afrika, og derpå op i Atlanterhavet; også i dette Hav opstår der en selvstændig Flod og Ebbe, men den har ikke så stor Betydning som den fra det store Ocean, thi ser man efter på et Kort eller en Globus, ser man tydelig, at Atlanterhavet egentlig er temmelig smalt — forholdsvis naturligtvis, thi vi synes jo nok, at en Rejse fra Europa til Amerika er en lang Rejse.

Også Solen vil frembringe Flod og Ebbe på Jorden, men den er knap halvt så stor som den, der skyldes Månen; vel er Solens Masse uhyre mange Gange større end Månens, men den mange Gange større Afstand, som Solen har fra Jorden, spiller her Hovedrollen. Det Højvande, der skyldes Solen, findes på den Side af Jorden, der vender imod Solen, og på den Side, der vender bort fra Solen. Når den Flod, der hidrører fra Månen, og den, der hidrører fra Solen, er sammenfaldende — dette sker ved Fuldmånetid og ved Nymånetid — kommer der en særlig høj Flod frem, hvilken man kalder *Springflod*. Kommer der derimod Ebbe fra Solen på de Steder, hvor Månen danner Flod, bliver denne Flod formindsket, og den kaldes da *Nipflod*; Nipflod haves på de Tider, man kalder Månens Kvarter-skifter, da Halvdelen af Månefladen viser sig lys.

Fra de store Verdenshave, hvor Tidevandet skifter mest regelmæssig, går Flodbølgen ind i Indhavene, og dens Retning kan derved blive betydelig forandret. Samtidig kan Flodbølgens Højde undergå store Forandringer, hvilket især sker, når Flodbølgen fra Havet trænger ind i en Bugt, der er smal i Forhold til Bredden. Den største Vandstandsforandring, som Tidevandet på den Måde kan frembringe, kendes fra Fundybugten på Østkysten af Nordamerika; Springfloden her kan blive ca., 60 Fod højere end Lavvandet. Skærer Indhavet sig langt ind, kan der også foregå den Forandring med Tidevandet, at Vandet ikke er samme Tid om at stige, som om at falde. Hamburg ligger ved Elben; ude ved Elbens Munding stiger Vandet i $5\frac{1}{2}$ og synker i $6\frac{3}{4}$ Time, men inde ved Hamburg stiger Vandet kun i $4\frac{3}{4}$ og synker i $7\frac{3}{4}$. Den Flodbølge, man har med at gøre her ved Elben såvelsom også længere Nord på ved Jyllands Vestkyst, den kommer ude fra Atlanterhavet og trænger ind igennem Kanalen imellem England og Frankrig; denne Gren af Flodbølgen går Nord om Jylland ind i Kattegat og mødes her med en anden Gren fra Atlanterhavet, som sendes herfra Nord om Storbritannien; når flere Flodbølger på denne Måde træffer sammen, kan Fænomenet vise sig ret indviklet. Springfloden ved København har en Højde over Lavvande på godt og vel 6 Tommer.

CENTRIFUGALKRAFT.

»Centrifugalkraften« har voldt mange Bryderier i denne Verden, idet man har havt ondt ved at give de rette Forklaringer på de herhen hørende Fænomener, og de forskellige Forfattere har behandlet denne Sag på så forskellige Måder, at det kan være svært nok og ofte umuligt at bringe Overensstemmelse til Veje. Måske den megen Forvirring aldrig havde eksisteret, hvis selve Ordet »Centrifugalkraft« eller »midtpunktflyvende Kraft« blot ikke var kommen ind i Sproget, men nu er det der, og vi bliver aldrig af med det igen.

Vi har Sp 244 og 245 nævnt Eksempler på, at Legemer går i krumme Baner, og ved Kastebevægelsen (Sp. 204 Fig. 228) har vi også et sådant Eksempel. Hvornår kommer da i al Almindelighed et Legeme til at gå i en krum Bane? Det gør det, når det sættes i Bevægelse i en vis Retning, men der så under Bevægelsen virker en stadig Kraft på det i en anden Retning; denne Kraft vil stadigvæk trække Legemet ud fra den rette Linje, som det gerne på Grund af Inertien vil bevæge sig i.

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 Vilje, at Stenen går rundt i Kredsen, og det ser vi deraf, at hvis Snoren knækker, eller vi giver Slip på den,



Fig. 292.

så farer den væk fra os. Vi har, da Stenen blev sat i Bevægelse, givet den en Sidebevægelse, men den kan ikke få Lov til at gå langt fra os, da den er bunden til Snoren; medens Stenen kører rundt, er Snoren strammet lidt ud; man kunde måle Snorens Stramning, hvis man havde bundet Snoren til Krogen på en

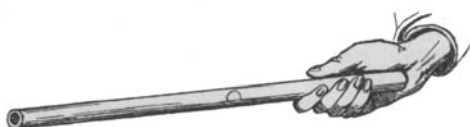


Fig. 293.

Fjedervægt (Fig. 267) og så holdt Ringen på denne i Hånden og svingede rundt; Viseren vil da Hytte sig, og af dens Stilling kan man få at vide, med hvor mange Punds 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 går rundt — der holder Stenen i dens krumme Bane; ved sin anden Ende trækker Snoren i Hånden, og dette Træk i Hånden, det føler vi som en Bestræbelse hos Stenen til at gå

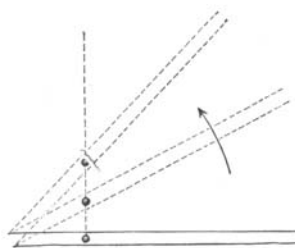


Fig. 294.

bort fra Hånden og siger, at der på Stenen virker en midtpunktflyende Kraft eller Centrifugalkraft. Slippes Snoren, farer Stenen ud, og man siger, det er på Grund af en sådan Kraft, men det er det slet ikke; det er Stenen, der i

Kraft af Inertien vil gå ud ad en ret Linje, og det får den nu Lov til, men den kan ikke gøre det, uden at den derved må fjerne sig fra Hånden, som holdt den.

Vi tager et andet Eksempel: Man tager et langt Rør,

hvori der ligger en Kugle, fat ved den ene Ende (Fig. 293) og svinger det rundt; da vil Kuglen fare ud af Røret, som man

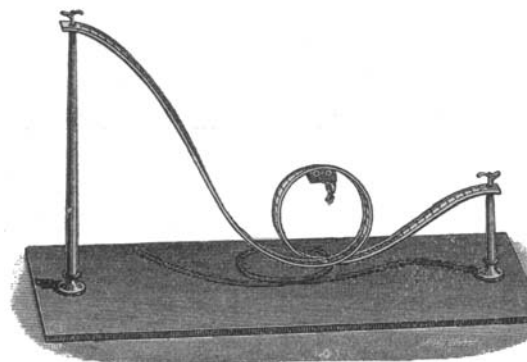


Fig. 295. Centrifugalbøjlen.

siger, på 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. tvers på Røret (den punkterede Linje i Fig. 294), og den vil Kuglen gerne følge, men det kan den ikke uden at ende med at fare ud af Røret.

Fig. 295 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 på Skinnernes øverste Punkt og slipper løs, så følger Kuglen eller Vognen Banen hele Tiden; den kommer altså bl. a. til at køre rundt i en Kreds på Indersiden af Banen. Hvad er da det 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 gå lige ud i en ret Linje, altså f. Eks. når den passerer den Stilling, som Figuren viser, vil den stræbe efter at gå lige ud til Venstre, men det modsætter den krummede Bane sig og trykker den indefter. Man havde en Gang — vist et Sted i Tyskland — indrettet en Rutschebane på denne Måde, hvor Folk kunde køre på, men efter et Par Års Forløb blev den forbudt; så vidt vides, var der dog ingen Ulykker sket.

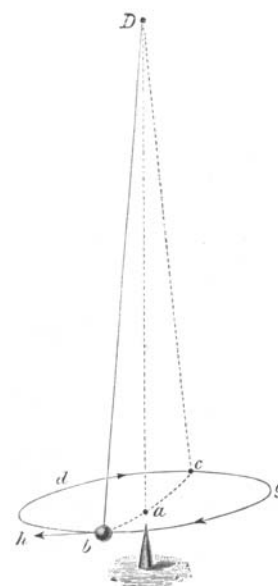


Fig. 296.

I Stenen, der slynges rundt i en Kreds, havde vi et Eksempel på en Cirkelbevægelse, hvor Legemet var i fast Forbindelse med Cirkelns Centrum, så at det var et Træk, der holdt det i Kredsen; i Vognen på Centrifugalbøjlen har vi et Eksempel,

hvor Kraften er et Tryk udefra Banen ind efter imod Kresens Centrum. Vi vil nu nævne et Eksempel på en Cirkelbevægelse, hvor Legemet hverken er fast forbunden med Centrum eller liggende an imod en fast Bane; Eksemplet er afbildet i Fig.



Fig. 297. Jernbanehjul.

296. I en Krog i Loftet er hængt en tynd Snor op med en Metalkugle forneden; en lille Kegel på Gulvet angiver med sin Spids det Sted a, hvor Kuglen vil være, når den hænger ganske rolig. Når man bringer dette Pendul noget ud til Siden, ligegyldig i hvad Retning, og så slipper det, ved vi, at det vil falde tilbage ind imod Keglespidsen. Men når man efter at have bragt det ud i en skrå Stilling giver det en Sidebevægelse, samtidig med at man overlader det til sig selv, så vil Kuglen komme til at gå i en krum Bane, og ved at afpasse Side-stødet på rette Måde kan man opnå, at Kuglen går 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.

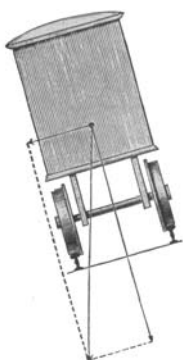


Fig. 298. jernbanevogn på en krum Banelinje.

Et Jernbanetog holder sig på Skinnerne derved, at Hjulene har en fremspringende Kam på Indersiden (Fig. 297). Når Toget kører lige ud, så vil tilfældige Ujævnheder bevirke, at snart den ene Hjulkam rører ved sin Skinne, snart den anden ved sin. Krummer Jernbanelinjen sig imidlertid, og Skinnerne ligger lige højt, så forandres dette Forhold, thi da Toget på Grund af Inertien søger at køre lige ud, så vil den yderste Skinne altid være i Berøring med Hjulammen her; de to trykker imod hinanden. Skinne trykker indefter på Hjulet og tvinger derved Toget rundt i den krumme Bane, men Hjulammen trykker med ligeså stor Kraft udefter på Skinne. Disse Tryk vil man helst undgå, da de anstrenger Materialet, og desuden kommer der en anden Ting frem: Toget får en Tendens til at vælte udefter — man siger på Grund af Centrifugalkraften, men det er jo simpelthen af den Grund, at Underdelen af Vognen tvinges til Siden på den nylig omtalte Måde, medens selve Vognen i Kraft af Inertien søger at fare lige frem, og da kommer Væltetendensen frem. Således er det jo også, når man svinger en Slæde hurtigt om et Hjørne; den, der sidder på Slæden, vil da let falde af udefter fra Hjørnet på Grund af Tilbøjeligheden til at fare lige ud i den oprindelige Køretetning.

For da at bøde på de to nævnte Ulemper lægger man i en krum Jernbanelinje den yderste Skinne højere end den

inderste, således at Toget kommer lil at helde under Farten (Fig. 298); vi får så et noget lignende Forhold frem som i det i Fig. 296 afbildede Tilfælde. Foruden at køre fremad glider Toget også lidt til Siden, da det befinder sig ligesom på et Skråplan, og når Skinneplanet helder på rette Måde i Forhold til Togets Fart og til Banelinjens Krumning, kører Toget ligeså sikkert her, som når det kører lige ud på to Skinner, der ligger lige højt; snart vil det ene Hjuls Kam røre ved sin Skinne og snart det andet Hjuls Kam ved sin. Jo stærkere Fart Toget har, og jo stærkere krummet Banelinjen er, desto højere bør den ydre Skinne ligge i Forhold til den indre.

Løber man rundt i en Kres, giver man uvilkårlig sin Krop

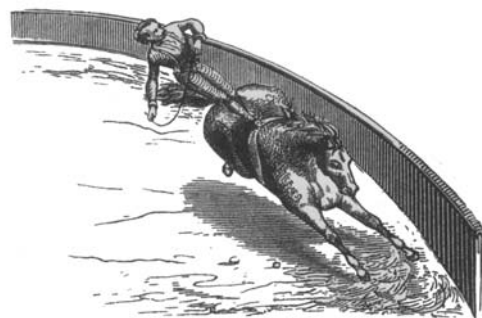


Fig. 299. En Cirkusrytter

en lignende skrå Stilling, som Jernbanetoget bør have; det samme er Tilfældet med Hest og Rytter i en Cirkus.

Når man nærmere vil studere Forholdene ved Kresbevægelsen, så benytter man den såkaldte *Centrifugalmaskine* (Fig. 300). Hovedsagen er den at få en lodret Akse (*A*) til at løbe hurtigt rundt, og dette kan opnås på forskellige Måder; ved Apparatet, der her er afbildet, sker det derved, at der på Aksen sidder en lille Trisse *V*, og denne er ved et Snorløb forbundet med et større Hjul, der har et Håndtag *S*, på hvilket man tager fat og drejer rundt; hvis det store Hjul har en 6 Gange så stor Diameter som Trissen *Y*, drejer den sidste sig 6 Gange rundt for hver Gang, Hjulet går 1 Gang rundt. Aksen *A* 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 sådanne Apparater, hvis Virkemåde vi nu har let ved at forstå efter det, der er fortalt i det foregående.

Fig. 301 viser en Ramme, i hvilken er udspændt en vandret, stiv Metaltråd, og ind over den er skudt Kugler, der er gennemboret efter en Diameter, og som let kan glide frem og tilbage. Sidder der kun én Kugle på Tråden, og den er med sit Centrum lige over Omdrejningsaksen, vil den blive siddende, om så Omdrejningen går nok så hurtig for sig; til hvad Side skulde den også gå? ligeså godt til den ene som til den anden!

Men sidder Kuglen noget ud til Siden på Tråden. så vil den, når Aksen drejes rundt, fare ud til Trådens Ende.

Det går nemlig med Kuglen her ganske på samme Måde som med Kuglen i Røret, der bliver svinget rundt (Fig. 293 og 294).

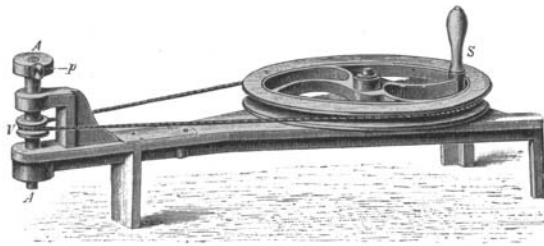


Fig. 300. Centrifugalmaskine.

Sidder der to Kugler på Metaltråden, og de er forbundne med hinanden ved en Snor, så kan man anbringe dem på sådanne Steder af Tråden, hver på sin Side af Aksen, at når man drejer rundt, bliver de på deres Pladser; Snoren imellem dem

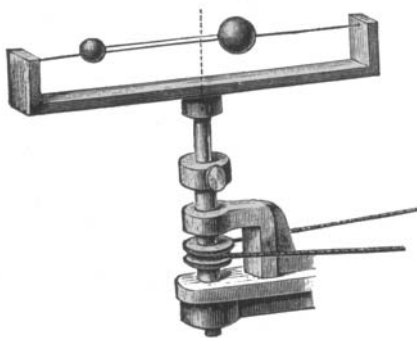


Fig. 301.

bliver da spændt og trækker ved sin Spænding lige stærkt i begge Kugler. Dette finder Sted, når det fælles Tyngdepunkt for de to Kugler ligger i Omdrejningsaksen, og dette er Tilfældet, når den lille Kugle sidder ligeså mange Gange længere fra Aksen, end den store gør, som dens Vægt er mindre end den stores Vægt.

I Fig. 302 ses en lignende Ramme, men i hvilken der er fastgjort to for Enderne lukkede Rør, der ligger højere yderstend inderst; i det ene Rør ligger en Kugle (eller en Del Hagl), i den anden noget Kviksølv og oven derpå Vand. Sættes dette Apparat på Centrifugalmaskinen, og man drejer rundt, så kommer Kuglen (eller Haglene) til at trille opad og ender med at ligge i Rørets øverste Ende; og i det andet Rør vil det tunge Kviksølv stige op over Vandet og lægge sig øverst op i Røret med Vandet lige under sig.

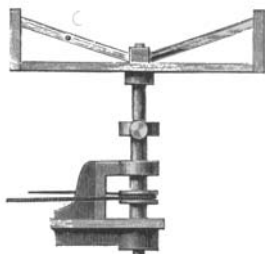


Fig. 302.

Fig. 303 er en lodret Stang, hvor der til en lille fast Plade forneden er befæstet nogle lige lange Stålfjedre, 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 så på 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 går fra Pol til Pol; det går da med Jorden på samme Måde som med Fjedrene i Fig. 303; de midterste Dele fjerner sig mere fra Aksen, og Formen bliver noget fladtrykt. Når man taler

om Jordens Form, så menes dermed den Form, som Havets Overflade har; selve den faste Jordskorpe har jo en meget uregelmæssig Form, om end Uregelmæssighederne er små i Forhold til Jordens Størrelse; medens Jordens Radius er godt halvnende Hundrede Mil, er de højeste Bjerge kun godt vel en Mil høje.



Fig. 303.

Fig. 304 er en Beholder, som er tænkt dannet af den nederste Del af et stærkt Lampeglass, der er lukket forneden med en Bund. I Beholderen findes Vand og noget Kviksølv. Bliver Beholderen drejet rundt, på Centrifugalmaskinen, stiger Vædskerne ved Siderne og falder i Midten. Ved hurtig Omdrejning får man Bunden helt tør, så at der dannes et Hulrum ned igennem Vædsken, som næsten har cylindrisk Form. Kviksølvet søger under Rotationen så langt ud som vel muligt og lægger sig i en Beholder med den Form, der her er



Fig. 304.

benyttet, som et blankt, spejlende Bånd over Karrets videste Del.

På Centrifugalmaskinens Aksel *A* kan man sætte en vandret Stang, i hvis Ender der hænger en Spand (Fig. 305), som man kan fylde næsten helt med Vand; dreier man Maski-



Fig. 305.

nen rundt, svinges disse Spande ud i skrå Stillinger, og jo hurtigere man drejer, desto mere nærmer Spandene sig til at ligge vandret ud. Vandet bliver dog helt og holdent i Spandene,

idet dets Overflade altid stiller sig omtrentlig parallelt mod Bunden; når Bunden bliver næsten lodret, ja så bliver også Vandoverfladen næsten lodret.

Et Forsøg af en lignende Art, og som kan anstilles uden



Fig. 306. Et Glas Vand svinges rundt.

Hjælp af Apparater, er det, der er vist i Fig. 306. Man fylder et Glas med Vand og tager på det med Hånden, ikke som man



Fig. 307. Et Tokronestykke triller hen ad et Bord.

holder Hånden, når man vil drikke, men med Hånden drejet om. Fører man så Glasset hurtigt rundt i en Bue, kan man sætte det ned på Bordet igen, uden at der undervejs er faldet noget Vand ud af det.

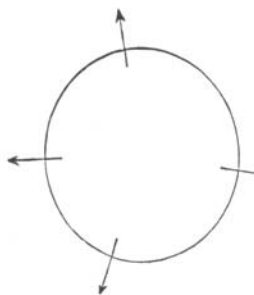


Fig. 308.

Når noget er sat i Omdrejning om en Akse, så vil de forskellige Dele stræbe efter at blive ved med at bevæge sig rundt i de samme Baner; dette virker altså som en Bestræbelse til at lade Aksen beholde den Retning, den én Gang har. Man kan måske ikke få et Tokronestykke til at stå på Kanten, men man kan let få det til at trille hen ad Bordet; når det triller, så vil i hvert Øjeblik dets enkelte Dele (Fig 307) have Bestræbelsen efter at gå lige ud i den Bevægelsesretning, de i det Øjeblik har, hvilket medfører et Drag udefter bort fra Midten (Omdrejningsaksen), så at Mønten forsvundet sig, som om den stod stille, men

der virkede Kræfter udefter på den til alle Sider i dens egen Plan (Fig. 308). Disse Virkninger udefter søger jo at holde Mønten i denne Plan, altså de søger at forhindre Mønten i at falde om på Siden. Denne Virkning er desto stærkere, jo større Fart Mønten har.

På det samme Forhold grunder Cyklekørselen sig; en Cyk-

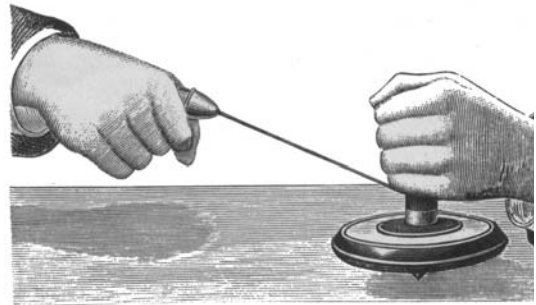


Fig. 309. En Snurre trækkes af.

le står ikke af sig selv, men man kan køre på den; jo langsommere den kører, desto vanskeligere er det at få den til at lade være med at falde.

Snurren, der er afbildet i Fig. 200, Sp. 186, og som sættes i Gang ved Hjælp af en Snor, der vikles tæt op på Aksen og trækkes rask af (Fig. 309) den viser Eksemplet på det samme Princip.

Ved sådanne roterende Legmer er der en Mærkelighed,

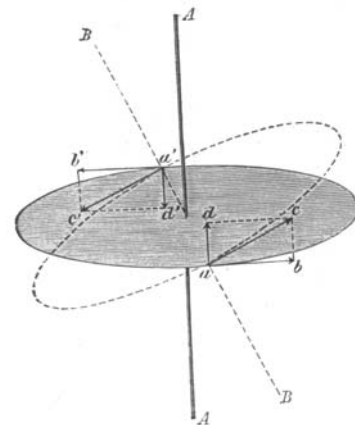


Fig. 310.

som vi ikke vil forbigå; lad os f. Eks. Tage Snurren, fra hvis Midte der går en Stang til Vejrs. Er Snurren sat i gang, og man f. Eks. Med Fingeren giver Aksen et lille Stød indefter, så kommer denne Akse ikke til at gå indefter foroven, men den viger ud til Siden, altså tværs på Stødets Retning, og denne vidgen ud til Siden går altid i den Retning, hvori Omdrejningen sker på Bagsiden af Aksen. Lad os prøve på at forklare denne Ting. I Fig. 310 har vi en Skive, der er sat i hurtig Omdrejning om en Akse $\bar{A}$, hvilken Omdrejning på

den Side, der vender ud imod os, går fra venstre til højre, og på Bagsiden fra højre til venstre. Vi vil nu have denne Akse drejet fra Stillingen $\text{\AA}$ om i Stillingen BB (i Papirets Plan), og vi stiller os da det Spørgsmål: hvorledes skal vi virke ind på Aksen for at få den til at foretage denne Drejning? Når Aksen er drejet, så har jo også Skiven fået en ny Stilling i Rummet, angivet ved den punkterede Kreds i Figuren. Dette fordrer, at et Punkt a på Skiven, der vender ud imod os, fra at have en Bevægelse ab har fået en Bevægelse ac dette sker derved, at a ved Påvirkning udefra har fået en Bevægelse ad opad, hvilken Bevægelse i Forening med Bevægelsen ab frembringer en ny Bevægelse ae i den forlangte skrå Stilling (se Sp. 228 o. flg.). Punktet a' på Skivens Bagside skal fra at have Bevægelsen $a'b$ vandret til-

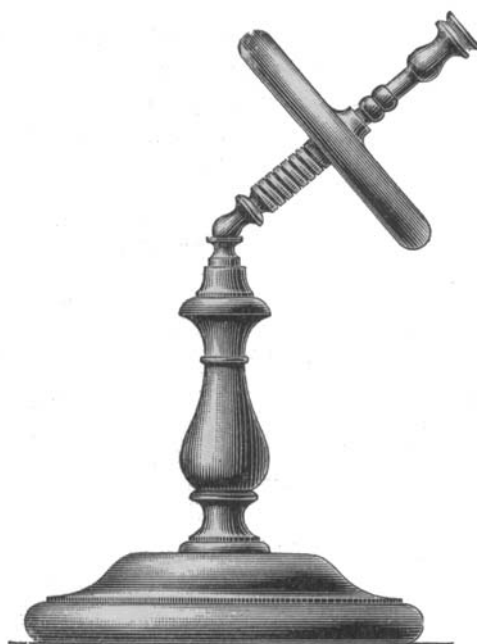


Fig. 311. En Snurre.

venstre have den skråt nedefter gående 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: Påvirkningen udefra skal være således, at Forsiden (a) løftes og Bagsiden (a') sænkes, men dette Mål opnår man jo ved at påvirke Aksens øverste Del med et Tryk indefter. Altså omvendt: et Tryk foroven på Aksen indefter bringer Aksen til at vige ud til Siden, og denne Vigen ud til Siden sker i vor Figur til Venstre, d. v. s. netop i den Retning, som Bagsiden (a') af Skiven bevæger sig i. — Tingen hører måske nok til de sværere at forstå, men læser man det langsomt en Gang til igennem, og tænker man sig rigtig det hele i Rummet — man kan jo også lave sig en lille Model til Hjælp — så går det nok.

Fig. 311 viser en Snurre, der med sin Fod er stillet op på et Stativ; denne Snurre vil, når den ikke er sat i Gang, selvfølgelig falde ned, når man slipper den; men er den sat i hurtig Rotation, falder den ikke ned, den bliver på Stativet, men dens Omdrejningsakse beholder ikke hele Tiden den samme Stilling; Snurren svinger rundt på sin Spids, idet Aksen beskriver en Kegleflade i Luften, så længe Rotationshastigheden

er nogenlunde ens. Og dette forstår vi nu let efter det, vi nylig har lært: Tyngdekraften vil jo nemlig søge at vælte Snurren ned, og Tyngdekraften virker altså ganske på samme Måde som et Tryk skråt nedefter på 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 må da gå som beskrevet. — Således bevæger en Top sig jo også.

Fig. 312 og 313 viser os Snurren sat let bevægelig ind i en

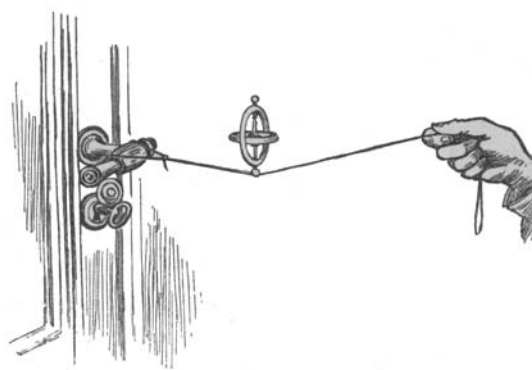


Fig. 312. En Snurre på et Stykke Sejlgarn.

Ring; man holder på Ringen, medens man ved et rask Tag trækker det på Aksen viklede Sejlgarn af. Vil man dreje Apparatet, medens man holder det i Hånden, og det løber rundt, så mærker man tydelig den Modstand, der ovenfor (S. 255) er talt om. Har den ene af de små Kugler, som findes udenpå Ringen lige i Flugt med Snurrens Akse, en lille Indskæring, så kan man, når Snurren er sat i hurtig Gang, sætte den op at ride på et Stykke Sejlgarn og få den til at flytte sig frem og tilbage på Sejlgarnet ved at løfte eller sænke den Hånd, som man holder Sejlgarnet med. Og man kan få Apparatet til at flytte sig hen ad Kanten på et tyndt Glas (Fig. 313).



Fig. 313. En Snurre på et Vandglas.

En Snurre som den her omtalte koster c. 50 Øre; for 10 Øre kan man købe sig en lille Snurre som den i Fig. 314 viste. Den består af en Jernnål, om hvilken der sidder en hul Metalkugle løst, og på Nålen sidder et Træhåndtag. Tager man Fig. 313. En Snurre på et Vandglas. dette i Hånden, lægger Kuglen an imod Ærmet, et Tæppe eller andet sådant, og fører Apparatet med et rask Tag hen ad dette, så kommer Kuglen til at løbe hurtig rundt uden om Pinden, og stiller man Snurren ned på Gulvet, holder den sig længe oprejst.

Fig. 315 viser en syngende Snurre; under Rotationen drives Luften i Snurrens Indre ud igennem side hullerne, der ligger

langt fra Aksen, og til Gengæld strømmer der Luft ind i det



Fig. 314. En Snurre.

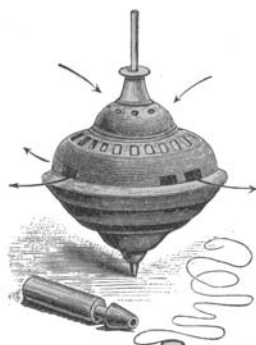


Fig. 315. En syngende Snurre.

Indre igennem Hullerne foroven nær ved Aksen; under denne Luftens Strømning kommer nogle Fjedre i det Indre i Svingninger og frembringer de Toner, som høres.

Anvendelsen af riflet Skyts beror på de her omtalte Forhold. I Kanonens Indre er der skåret en meget stejl Skruegang,

denne, ligesom et Stykke Kork eller Træ, som man bringer ned i Vand, stiger op til Overfladen, når man giver slip på det; Fløden er en Samling af disse Fedtkugler. Denne Måde at udskille Fløde af Mælk på, går dog meget langsomt for sig, og det bliver ikke nogen fuldstændig Udskilning; Fløden udgør omtrent 5 Procent (5 »af hundrede«, altså en Tyvendedel) af Sødmælken, men selv under de gunstigste Forhold bliver der altid fra $\frac{1}{2}$ til 1 Procent Fløde tilbage, som det ikke lykkes at få udskilt ad denne Vej. Og det er i Reglen af stor Betydning at få den størst mulige Flødemængde udskilt, thi af Fløden skal der laves Smør, og det gælder da om at få så meget Smør som muligt ud af en vis Mængde Mælk.

Såvel på Hurtigheden som på Renskumningen hjælper Flødeudskilning ved Hjælp af Centrifuge. I Fig. 304, Sp. 254 er afbildet en Beholder, hvori der er Kviksølv og Vand, og af disse to Vædske er den første $13\frac{1}{2}$ Gange så tung som den sidste. Når Beholderen blev drejet hurtig rundt på en Centrifugalmaskine, lagde Kviksølvet sig yderst, d. e. så langt bort fra Aksen som muligt, og Vandet indenfor; foregår Omdrejningen med meget stor Fart, er Rummet i Midten ned igennem Vandet næsten cylindrisk. Dette Princip anvender man nu — og har anvendt praktisk i den sidste Snes År — på Sødmælken, thi heldes denne Vædske i Beholderen, så skiller den tungere Mælkevædske sig ud fra den lidt lettere Fløde; den første lægger sig yderst, den sidste inderst.

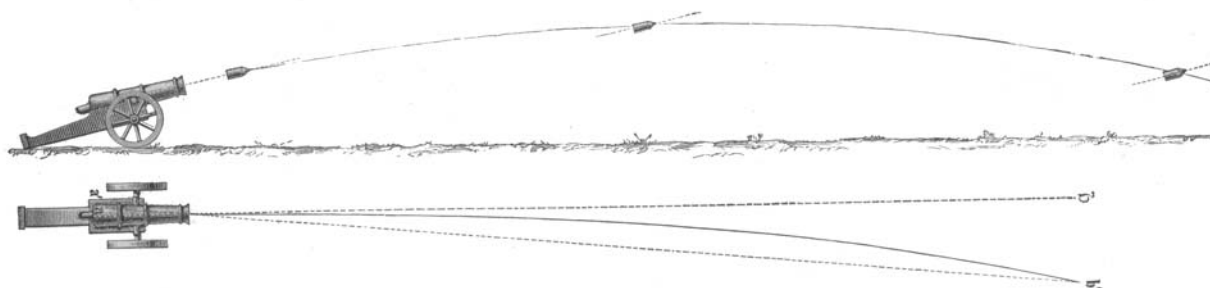


Fig. 316. Skydning med riflet Skyts.

og når Kanonen fyres af, så tvinges Projektilet til, medens det farer frem gennem Kanonen, at følge denne Skrueelinje, hvorved det sættes i en rask omdrejende Bevægelse altid til højre — set fra Kanonen af — om sin Længdeakse; som Følge heraf vil Aksen søge at beholde sin oprindelige Retning i Rummet, altså på Skudbanens forskellige Steder at være stillet således, som det ses i Fig. 316's øverste Parti. Dette Forhold fremkalder imidlertid en »Afdrift« til højre, hvilket er antydnet på Figurens nederste Parti; Luftmodstanden imod Projektilets Bevægelse vil nemlig søge at trykke Projektilets forreste Ende til Vejrs; men vi har lært, at dette må medføre, at denne Ende bøjer ud til Siden, og det til højre set fra Kanonen af, på Grund af den Omdrejningsretning, som Projektilet har. Denne Afdrift må tages med i Beregning, når der sigtes.

Tilbage står at omtale Centrifuger.

Når Sødmælk står rolig hen, lægger der sig et Lag Fløde foroven, idet Fedtkuglerne i Mælken er lidt lettere end Mælkevædsken og derfor har en Tendens til at stige til Vejrs i

Fig. 317 viser disse Forhold nærmere; den forestiller et lodret Gennemsnit igennem en af de første Centrifuger, man anvendte her i Norden. Yderst er der en stor, faststående cylindrisk Beholder S; op igennem Midten af denne Bund går Centrifugens lodrette Omdrejningsaksel, hvilken har en Støtte for neden og endvidere en Støtte i »Halslejet« H. På denne Aksel er Mælkebeholderen fastgjort; den er, som det ses i Figuren, cylindrisk med en optrykket, kegleformig Bund; drejes Akslen rundt, følger denne Beholder altså med. Når der da er Sødmælk i Beholderen, går denne ud til Siden, men således, at der yderst danner sig en Mælkering og indenfor en tynd Flødering; man får Vædsken til at løbe med rundt derved, at der på Beholderens Inderside sidder tre lodrette Stålblader, de såkaldte »Medbringere«. Beholderen er dækket med et ringformigt Låg, der forhindrer Vædsken fra at gå ud foroven, og under dette Låg sidder den såkaldte »Skilleplade«, hvilket er en ringformig Metalplade, der bæres af de tre »Medbringere«, men som ikke går helt ud til Beholderens Indervæg.

På det faststående Kar S's Dækplade D er der befæstet to

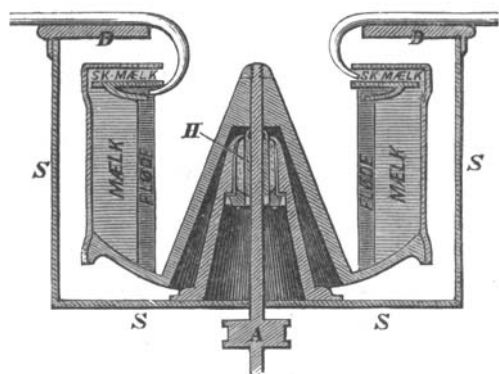


Fig. 317. Centrifuge

Rør, der bøjer om og går med tilspidsede Mundinger ned i Centrifugerummet, således som det tydelig ses på Figuren; den ene Rørspids (den til venstre) går til det Rum, hvor der samler sig, Fløde, og den anden Rørspids (den til højre) udmunder lige over Skillepladen og tjener til at bortføre Mælken, som under Omdrejningen tvinges op bag Skillepladen og ud over denne og under Låget.

Man fører under Centrifugens Omdrejning den søde Mælk i et Rør ned til Centrifugens Bund, og igennem de to Rør foroven strømmer da henholdsvis Fløden og Skummetmælken bort. Skumningen går så hurtig, at hvad der ved den ældre Metode tog Timer, det tager nu Minutter.

I den svenske Centrifuge Separatoren (de Laval) er der ingen Medbringervinger på Beholderens Indervæg, men i Stedet for er Beholderen opfyldt med en Stabel af omvendte, bundløse, dybe Bliktallerkener i ringe Afstand fra hinanden. Mælken, der stømmer ned i Centrifugen, deles derved i en Masse tynde Lag, og det viser sig, at Skumningsevnen i dette Apparat er meget stor.

Centrifugerne løber så hurtig rundt, at der gøres 4—7 Tusinde Omdrejninger i Minuttet.

På mange andre beslægtede Områder har Centrifugen fået Anvendelse.

I store Vaskerier (Hospitaller, Stiftelser osv.) tørres Tøjet i Centrifuger; indenfor et større, faststående cylindrisk Kar findes et Kar dannet af stærk Metaltrådnæt, og heri lægges Tøjet; under dette Trådkars Rotation slynges Vandet ud af Tøjet.

Bl. a. anvendes Centrifugesystemet til Skrælning af Kartofler, hvor dette skal ske i store Masser; det indre Trådkars Inderside er skærpet således, at Skallen på Kartofflerne i Karret flyver af i små Stumper; en Skæppe Kartoffler kan på den Måde skrælles i nogle få Minutter.

GNIDNING (FRIKTION).

Når man sætter en Ting i Bevægelse henad en vandret Flade, så skulde den efter Inertiens Lov (Sp. 185) blive ved med

at gå lige ud med uformindsket Fart, thi Tyngden virker jo lodret, altså tværs på den vandrette Flade, og den vil derfor hverken fremskynde eller hæmme Farten. Dog formindskes Hastigheden, hvad Erfaringen lærer os, og ofte er den meget hurtig tilintetgjort, således f. Eks. når man skyder til en Kasse, en Stol osv. der står på Gulvet. Vil man i sådanne Tilfælde vedligeholde Bevægelsen, er der intet andet for, end at man må lade en Kraft stadig virke på Tingen; så kan man nok holde den i en jævn Bevægelse. Denne Kraft bruges altså til at overvinde den Hindring, der åbenbart er til Stede for Bevægelsen; denne Hindring kalder man *Gnidningsmodstand* eller *Friktion*. Man mærker denne Hindring, dels når man vil sætte et Legeme, der er i Hvile, i Bevægelse hen over et andet, dels når man vil vedligeholde en Bevægelse af det hen over et andet.

Gnidningsmodstanden hidrører fra, at Legemerne ikke er absolut hårde og glatte; deres Overflader er mer eller mindre ujævne eller ru, og jo mere ru de er på Berøringsfladerne, desto større er Gnidningsmodstanden. En Ting, der ligger på en anden, vil altid bore sig lidt ned deri og kan ikke føres frem over den uden at trykke andre Partier ned, hvad der skal Arbejde til for at gøre; og Ujævnhederne gør, at man stadig under Bevægelsen må løfte Tingen lidt, med mindre Ujævnhederne slides af; til begge Dele medgår der Arbejde. Sp. 205 og 206 er der nævnt et Eksempel på, at man holder et Legeme i Bevægelse henad et Bord ved Hjælp af en Kraft på 3 Pd.; denne Kraft bruges ene og alene til at overvinde Gnidningsmodstanden og er altså et Mål for dennes Størrelse. Den Gnidning, der er Tale om i dette Tilfælde (se Fig. 230), er en *glidende* Gnidning: Legemet glider henad Underlaget. I Modsætning hertil har man den rullende Gnidning, der er betydelig mindre. I Vogne bruges Hjul, for at Gnidningen imod Gader og Veje skal blive lille, men om Vinteren, når man har Sne på Gader og Veje eller Is på Vandet kan Hjulene ombyttes med Kælker eller Meder.

Når en tung Ting skal flyttes, kan man lægge Ruller under for at formindskes Gnidningen og således lette Arbejdet; når en

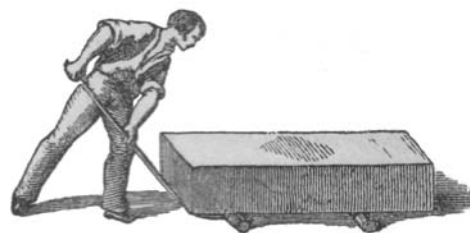


Fig. 318.

Vogn kører ned ad en Bakke, kan man omvendt hæmme den stærke Fart, der let vilde opstå, ved at lade Hjulet løbe ind på en Klods (Fig. 319), hvorved Gnidningen fra at være rullende laves om til at være glidende; en sådan Indretning er en *Bremse*. Bremsen kan imidlertid også klemmes ind til Hjulet på et eller andet Sted af dens Omkreds, og ved Hjulets Gnidning imod den hæmmes dets lette Omdrejning. Gnidningen vil man altså snart gøre lille, snart stor; som yderligere Eksempler på

det første skal nævnes i Maskinerier, hvor Aksler løber rundt i deres Lejer; her formindskes Gnidningen ved Smørelse med Olje (til Træ bruges Tælle), idet de glidende Flader så bliver

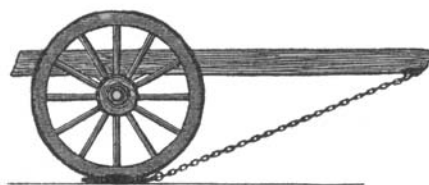


Fig. 319.

glattere. Hvor der er Gnidning, udvikles der Varme, og al den Slags Varmefrembringelse i Maskiner er et Tab.

Gnidningen er af stor Betydning i det daglige Liv; var der ingen Gnidning, kunde man ikke holde Ting fast, ikke stå eller gå, ikke bruge Søm, Skruer osv.; på et glat Gulv eller blank Is falder man som bekendt let. For at forhindre, at Hesten falder i glat Føre, skærper man eller brædder man Hesteskoene, hvorved man gør deres Underflader mer eller mindre ujævne for at tilvejebringe en stor Gnidningsmodstand. Var der ingen Gnidningsmodstand, vilde et Lokomotiv, hvis Hjul man satte i Gang, blive på sin Plads, medens Hjulene løb rundt; Betingelsen for, at et Tog kan løbe frem, er, at der er en så stor Modstand imod en glidende Gnidning imellem Hjulene og Skinnerne, at den er større end den Modstand, som hele Toget gør imod at komme i Gang; jo større Tog, der skal trækkes, og jo stærkere Banestigningen er, desto tungere må Lokomotivet være, for at den nævnte Gnidning kan blive tilstrækkelig stor.

VÆDSKETRYK.

Der er den store Forskel på Vædske og på 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 Smådele ganske bestemte Pladser i Forhold til hinanden, og man kan ikke Hytte rundt imellem dem, uden at Legemet går itu. Denne Letbevægelighed af en Vædskes Smådele 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 både forneden og rundt på Siderne, og man så slår ned på Træstykkets Overside, så forplanter dette Tryk sig nedefter til Hylsterets Bund, men ikke i nævneværdig Grad ud til Hylsterets Sider. Forholdet bliver forandret lidt, når Hylsteret fyldes med Hagl i Stedet for med Træstykket, og man dækker Haglene med en Træplade og slår ned på den; da vil Hylsterets Sider også mærke noget til dette Tryk, og dette ligger i, at når det enkelte Hagl får et Tryk oppe fra, så vil det give efter for dette Tryk og søge at bane sig Vej frem, hvor der er nogen Mulighed tilstede herfor; det vil da også søge at kline sig ind imellem sine Nabohagl til Siderne, foruden at det naturligvis fortrinsvis vil stræbe efter at komme nedad. Det er altså den Lethed, hvormed de enkelte Haglkorn

kan bevæge sig forbi hinanden, der er Årsag til, at det Tryk, der kommer oppe fra nedefter, også går noget ud til Siderne, men allermest fuldkomment sker dette, når vi har den størst mulige Letbevægelighed, og dette er Tilfældet med en Vædskes enkelte Smådele. *Et Tryk, der udøves på et Sted af en indesluttet Vædske, vil forplante sig videre igennem Vædsken ligelig i alle Retninger.*

Fig. 320 giver os et Billede af, hvad der her er Tale om; det forestiller et rundt Kar, lukket på Siderne, foroven og forneden; men så er der på Siderne nogle Rør, og i disse er der tætsluttede, men bevægelige Stempler; Rørene tænker vi os af samme Vidde. Når man nu udøver et Tryk *P* på Stemplet i et af Rørene (*E*), så vil dette Tryk fra Stemplet forplante sig over i Vædsken ved *A*, men det går ikke alene lige ud i Retningen *A C* over til Stemplet i Røret *G*, men det går rundt i Vædsken til alle Sider, altså det forplanter sig også hen til Stemplet *B* i Røret *F* og til Stemplet *D* i Røret *H*; og alle disse Stempler såvelsom alle ligeså store Flader af Karrets Indervæg modtager Tryk udefter af nøjagtig samme Størrelse. Når man derfor vil holde de bevægelige Stempler i Rørene *F*, *G* og *H* på deres Pladser, så må man udefra udøve ligeså store Modtryk *P* på dem.

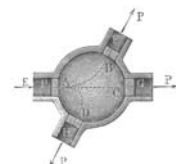


Fig. 320.

Dette er en meget vigtig Egenskab ved Vædskerne.

At et Tryk på en Vædske udefra i én Retning forplanter sig til alle Sider, og at Trykkene overalt står tværs på de Vægge, der indeslutter dem, viser man f. Eks. med det i Fig. 321 viste lille Apparat: en Glaskugle, gennemboret med forskellige Huller og forsynet med et længere Rør; heri heldes Vand, og med et lille Stempel udøves et Tryk nedad på Vandet; dette strømmer da ud af alle Hullerne og overalt netop tværs på Kugleoverfladen.

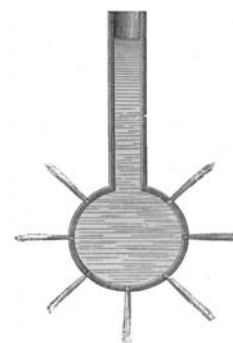


Fig. 321.

Når en Vædske står rolig hen i et Kar, stiller den sig med vandret Overflade, d. v. s. Overfladen går nøjagtig tværs på Lodlinjens, d. e. Tyngdekraftens, Retning. Jordens kugleformede Skikkelse (se Sp. 187 og 188) bevirker, at Lodlinjer på 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 på Skibe, der ses på stor Afstand; 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 også selve Skibsskroget til Syn. Jo højere man er til Vejrs, desto større Del kan man se af et Skib, der er i en vis Afstand fra en.

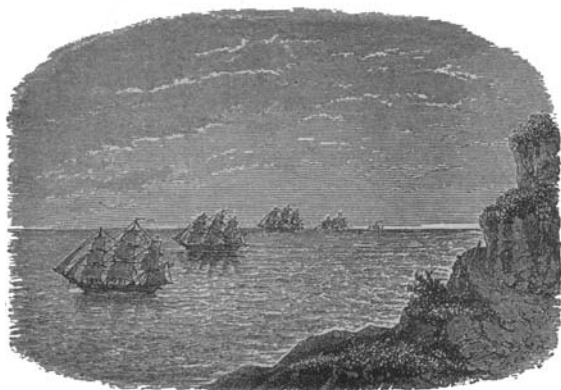


Fig. 322.

Også Overfladen af en Vædske i et Kar, en Balje, 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 så umådelig svag, at den ikke kan iagttages; man ved kun, at den må være der.

En Vædske har jo Vægt ligesom ethvert fast Legeme, og denne en Vædskes Vægt bevirker, at en Vædske trykker på alle Flader, som den ligger an imod, rent bortset fra de Tryk, man udefra kan udøve på indesluttede Vædskemasser, således som det var tænkt i Fig. 320. En Vædskes Tryk på en Flade går altid tværs på Fladen. Fig. 323 forestiller en Karaffel, hvori der er Vand, hvis Overflade er MN. Dette Vand trykker på alle Dele af Karaffelens Indervæg, som det er i Berøring med. Vandet trykker på Bunden AB, og dette Tryk går lodret nedad, men Vandet trykker også ved n, ved r, ved s osv. Pilene angiver Trykkenes Retninger; skønt Tyngdekraften, der er Årsag til Trykkene, virker i lodret nedadgående Retning, så kan dog Trykkene virke lige godt i alle Ret-

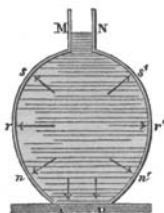


Fig. 323.

ninger, og f. Eks. ved s virker det skråt opefter. Trykkene er imidlertid ikke overalt ens i Størrelse, selv når man tænker på lige store Fladedele overalt; jo dybere vi er nede under Vædskens Overflade, desto større er Trykket; i s er Trykket altså mindre end i r, og i r mindre end i n; allerstørst er Trykket nede på Bunden.

Hvor stort er Trykket på en Kvadrattomme af Bunden AB? Ja, det beror på, hvor højt Vædsken står over Bunden, og på, hvad det er for en Vædske. Lad det være Vand og lad os antage, at Bunden ligger 12 Tommer under Overfladen; da er Trykket på hver Kvadrattomme af Bunden nøjagtig det, som

en Vandsøjle vejer, hvis Grundflade er 1 Kvadrattomme og hvis Højde er 12 Tommer; denne Søjle rummer 12 Kubiktommer Vand, og denne Vandmængde vejer ca. 43 Kvint (Se Sp. 190). Er Bundens Flademål 7 Kvadrattommer, så er Vandets Tryk på hele Bunden 7 X 43 Kvint, hvilket er meget nær 3 Pund. Havde der været Kviksølv i Beholderen til samme Højde, så havde Bundtrykket været 13 ½ Gange så stort, altså godt 40 Pund; havde der været Sprit i Beholderen til samme Højde (12 Tommer), så vilde Bundtrykket kun være omtrent 4/5 af 3 Pund, altså ca. 2 Pund 40 Kvint.

Hvis Stedet s ligger 3 Tommer i lodret Dybde under Overfladen MN, og der er Vand i Beholderen, så vil 1 Kvadrattomme på dette Sted modtage et Tryk fra Vandet, som er Vægten af 3 Kubiktommer Vand, og det er ca. 11 Kvint. Den Retning, som en Flade har i Vandet — om den er vandret eller lodret eller skrå — har slet ingen Indflydelse på, hvor stort Tryk Vandet udøver på 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 på en Flade, der er nede i en Vædske, og særlig har vi beregnet Størrelsen af det Tryk, som Bunden AB i den i Fig. 323 afbildede 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 på 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. 324. Det består for det første af en Vægt, hvor der dog kun på den ene Side er en Skål til Anbringelse af Lodder,

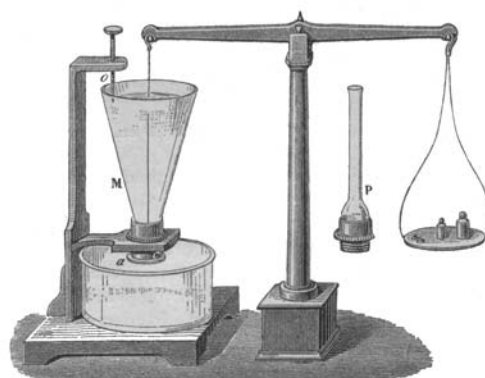


Fig. 324. Trykket på Bunden af et Kar beror ikke på karrets Form.

medens der på den anden Side findes en Tråd, som foruden bærer en Metalplade a, hvis Overside er sleben ganske plan. Så er der (til venstre) et Stativ, fra hvilket der går et Brædt vandret ud; dette Brædt har et Hul, hvori der sidder fast et nedadgående kort Messingrør c, hvis nederste Kant også er

plansleben, og som indvendig foroven har nogle Skrugænger. Når man lægger Vægtlodder på Skålen til højre, så 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

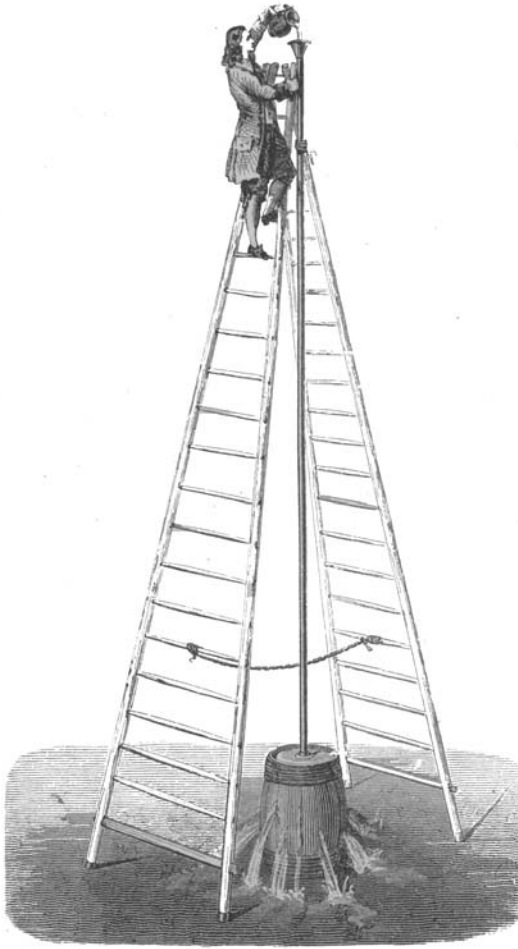


Fig. 325. Førsøg over Vandets Tryk (fra ca. År 1700)

(*M* og *P*) er tegnede på Figuren; de er af Glas, men med Messingindfatninger forneden, hvilke Messingindfatninger er ganske ens og forsynede med udvendige Skruegænger, der passer nøjagtig til de indvendige i Røret *c* på Stativet; Karrene har ellers forskellige Former og Vidder. — Et af Karrene skrues på Røret *c*, Pladen *a* trækkes op imod *c* ved Hjælp af Lodderne på Skålen, og da danner *a* altså Bund for Karret. Man holder så Vand ned i dette Kar og bliver ved hermed, indtil det begynder at pible ud for neden mellem *a* og *c*; når der er løbet lidt ud, holder dette op, og Vandets Tryk på Bundfladen holder da Ligevægt med Lodderne på den anden Side. Foroven på Stativet sidder en Nål eller Skruer *o*, som anbringes i en sådan Stilling, at dens nederste Spids rører lige ved Vandets Overflade. Helder man mere Vand i Karret, løber der så meget ud forneden, at Overfladen igen rører ved Spidsen. Man skruer så Karret (*M*) af — dets Vandindhold løber ud

i Opsamlerkarret underneden — og skruer et andet Kar (P) på; man helder Vand i dette Kar, og da viser det sig, at når Vandet kommer op over Spidsen af o, så løber det ud forneden imellem *a* og *c*, og dette Udløb standser, når Overfladen står nøjagtig i Højde med Spidsen. Atter holder Trykket på Bundpladen Ligevægt med de samme Lodder på den anden Side som før, så at vi ser, at så længe vi har den samme Størrelse af Bunden (og det har man jo her, idet Pladen *a* danner Bunden), og så længe vi bruger den samme Vædske, er det alene Vædskehøjden, men ellers ikke Vædskemængden, der bestemmer Trykrets Størrelse.

Et Eksempel på, hvorledes man i Kraft af, hvad der her er lært, kan udøve et meget stort Tryk med en forholdsvis ringe Vandmængde, viser det Forsøg, som er afbildet i Fig. 325. I en Tønde, der står på sin ene Endeflade, er der foroven indsat vandtæt et meget langt, snævert Rør; i dette Rør heldes der Vand, så at Tønden fyldes helt dermed, og det står højt op i Røret; da kan let Vandtrykket på Grund af den store *Vandhøjde* blive så stærkt, at Tønden sprænges forneden.

At en Vædske trykker opad på en Flade, der er nede i den, det viser man ved følgende simple Forsøg: Man lægger med den ene Hånds Fingre et Stykke Karton (Kortblad) tæt an imod den nederste Rand af et Lampéglas, og bringer Glasset lidt ned i Vand; når man da giver Slip med Fingrene, bliver Kartonen alligevel siddende ved Glasset, holdt op dertil ved Vandets Tryk derpå fra neden, og til dette Tryk opad svarer der ikke noget Tryk nedad, da der intet Vand er i Lampeglas-

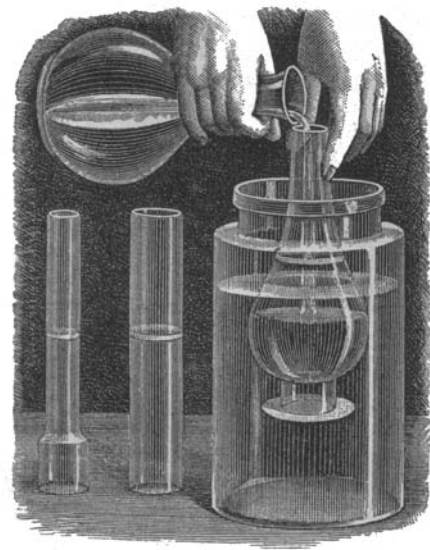


Fig. 326. En Væske trykker opad.

set. Men helder man nu Vand ned i Lampeglasset, så kommer der et Tryk også fra oven, men Kartonen falder først fra, når Vandet inde i Lampeglasset står i Højde med Vandet udenfor.

Man kan ved dette simple Forsøg få en Bekræftelse på Rigtigheden af, hvad vi nylig har lært om Bundtrykkets

Størrelse; man kan nemlig tage forskellig formede Lampeglass, dog alle med samme Vidde forneden, og i samme Højde på dem klæber man små Papirstrimler. Man anstiller da Forsøget, som er afbildet i Fig. 326, efterhånden med alle Glassene, idet de altid stikkes ned i Vandet til Pa-pirstrimmelen; heldes der så Vand ned i Glasset, falder Kartonen for neden altid af, når Vandhøjden inde i Lampeglasset er den samme, skjønt der i det vide Lampeglas er meget mere Vand end i et snævert.

I en Båd, hvori der er Huller, ser man Vandet sprøjte ind i små Stråler, der står tværs på Båden på de vedkommende



Fig. 327. En Båd

Steder; der er Tryk på Båden såvel opefter fra neden som ind på Bådens Sider der, hvor den er nede i Vandet, og Trykket står tværs på de Flader, som Vandet beskyller.

Det Sidetryk, som en Vædske på Grund af sin Vægt ud-

øver på det Kar, hvori den befinder sig, er omtalt i det foregående (Fig. 323), og dets, Tilstedeværelse røber sig derved, at når man borer et Hul i Karrets Sidevæg, strømmer Vædsken ud deraf; sætter man en Prop ind i et sådant Hul, og Proppen ikke er klempt tilstrækkelig fast, så presser Vædskens Sidetryk den ud, og Vædsken følger efter som en Stråle. Denne Stråle har desto større Fart ud til Siden, jo dybere Hullet er under Vædskens Overflade.

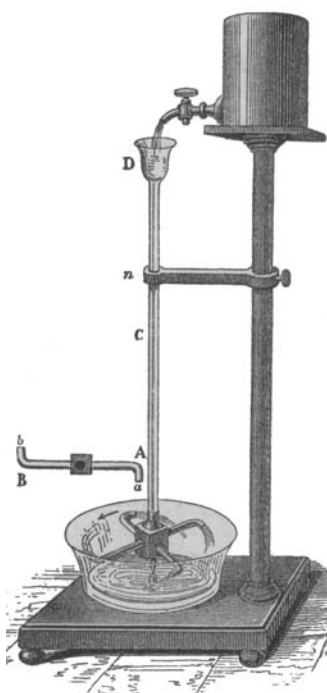


Fig. 328. Vandturbine.

Et Kar, som en Vædske strømmer ud af igennem en Sideåbning, har en Tendens til at flytte sig til den modsatte Side, og dette ligger i, at Vædskens Tryk på den Side, hvor Hullet sidder, bliver mindre end på den

modsatte Side, thi der mangler jo ligefrem på Hullets Plads en Del af Sidevæggen til at trykke på. Denne Sidebevægelse kommer også i Virkeligheden i Gang, når blot Karret er anbragt tilstrækkelig letbevægelig, hvilket f. Eks. kan ske ved at stille det på et Stykke Kork, der flyder på Vand i et større Kar eller Bassin.

På dette Princip beror — i alt Fald tildels — de Vandturbiner, der benyttes, hvor man har rindende Vand, for at udnytte dette Vands Bevægkraft. De fire Figurer 328, 329, 330 og 331 viser forskellige Måder, man kan indrette sig på for ved Forsøg at overbevise sig om Sagens Rigtighed.

Turbinen i Fig. 328 er et lodret Rør C, der foroven har en videre Munding og forneden er lukket med en gennemboret

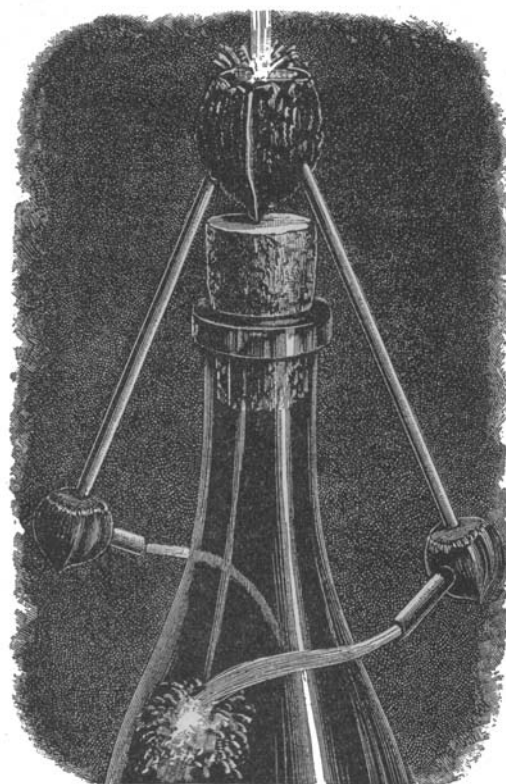


Fig. 329. vandturbine, dannet af Nødeskaller og Strå.

Klods (der også kan være en lille tærningformet Kasse), i hvilken der er indsat vandret gående Siderør (A og B som ude i Enderne er bøjede om, alle i samme Omdrejningsretning. Det således indrettede Apparat er for neden ved en spids Nål støttet til en lille udhulet Knap i Midten af et Opsamlerkar, og højere oppe går det løst igennem et Hul på Sidearmen n; det er på denne Måde blevet stillet således, at det kan løbe let rundt. Man helder så Vand foroven i en stadig Strøm ned i D), og dette Vand løber ud af Rørmundingerne forneden; samtidig ser man så Apparatets drejelige Del løbe rundt i den af Pilen viste Retning, d. e. modsat Udløbsretningen.

Nemme Turbiner viser Fig. 329 og 330; den første er

dannet af en Valdnøddeskal, to Hasselnøddeskaller og Stykker af Strå, der er indsat i små Huller, som man har boret i Nøddeskallerne, og med Lak f. Eks. bringes Stråene til at slutte vand-

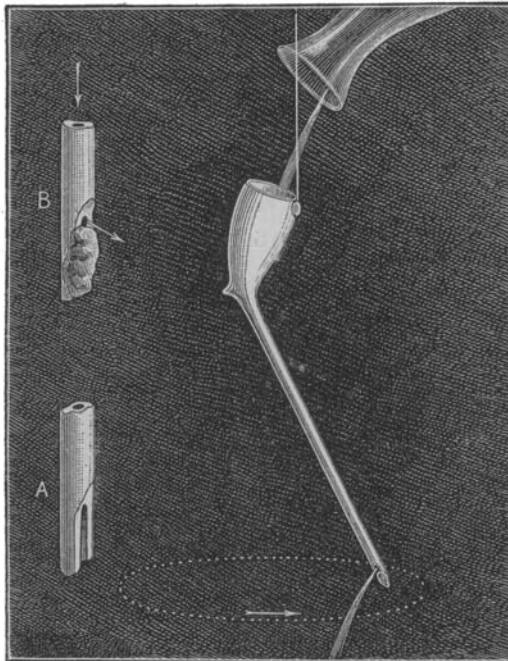


Fig. 330. Vandturbine, dannet af en kridtpibe.

tæt til; Hullerne laves lettest ved Hjælp af en spids rund Fil, som man gør glødende. Kridtpiben, som Fig. 330 viser, danner man til således: man skærer med en Kniv lidt af Kridtpiben af

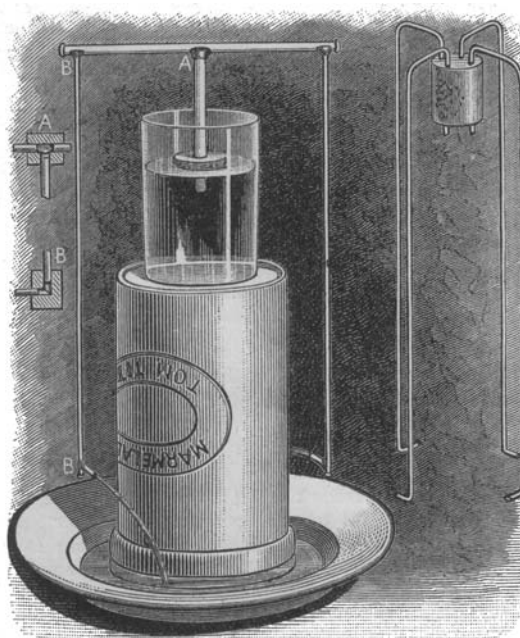


Fig. 331. Vandturbine, hvor tillige Hævert-Princippet kommer til Anvendelse

på den ene Side ude ved Mundspidsen (A), sætter en Klat Lak således på (-B), at der kommer et lille Hul, og hænger Kridtpiben op i en Tråd. Når den er kommen i Ro, hvad der sker, når der ingen Snoning er i Tråden, hælder man Vand i en jævn Strøm ned i Piben, og ved Vandets Udløb for nedden giver Piben sig til at dreje rundt.

Turbinen i Fig. 331 er sammensat af Strå, og ved det lille Rør i Midten, der går ned fra A, er den befæstet til en Korkprop, så at dette Rør går helt igennem Proppen; ved Hjælp af denne Prop bringes det hele til at flyde på Vand, og to Mand suger så med Munden Vandet ud igennem de to Mundinger forned; så snart man føler Vandet i Munden, holder man op med at suge, og så fortsættes Udløbet af sig selv; samtidig drejer det hele rundt. Efterhånden som Vandet løber ud, synker Proppen foroven; når den støder imod Bunden, hælder man Vandet fra Tallerkenen forned op i Glasset foroven, og så kan det hele begynde forfra. — Turbinen kan også indrettes med flere Udløbsrør, hvilket er antydnet tilhøjre i Figuren.

Waterpas eller Niveau (Fig. 332) bruges, når det gælder om at stille en Plade, en Kikkert osv. vandret. Det består af et i begge Ender lukket Glasrør, der er indlagt i et Metalrør, af hvilket der er skåret en hel Del af den opad vendende Side



Fig. 332. Waterpas.

bort; Glasrøret er på Oversiden hvælvet ganske svagt opad, og det er fyldt så nær helt med Vand, at der kun er en lille Luftblære tilbage. Denne Luftblære søger altid så højt op i Røret som muligt; når derfor Røret er lidt skråt, f. Eks. således at højre Side er højst, så findes Blæren i denne Ende — og omvendt; når Røret er nøjagtig vandret, så lægger Blæren sig i en aflang Form lige på 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 på, har en vandret Stilling.

Forbundne Kar. Når flere Kar eller Rør er fyldte med en og samme Vædske, og de står i Forbindelse med hinanden, så vil alle Overfladerne ligge i samme vandrette Plan (Fig. 333); Karrenes eller Rørenes Vidde og Form har ingen som helst Betydning, med mindre man har med uhyre snævre Rør at gøre, thi så kan der nok komme en Afvigelse fra det her sagte frem, men det skal blive omtalt senere. Overalt i samme vandrette Plan i en Vædske må 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 på Afstanden

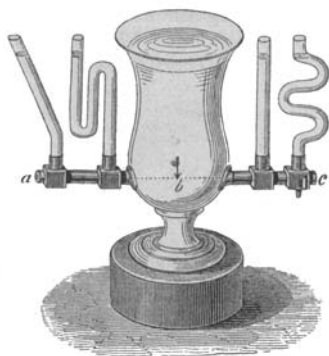


Fig. 333.

fra Overfladen, og altså må Overfladerne ligge i ens Højder.

Nivellement. På det nysomtalte Forhold grunder sig en Metode til at finde den lodrette Afstand imellem to Steder ude i Terrænet; at gøre en sådan Bestemmelse kalder man at *nivel-*

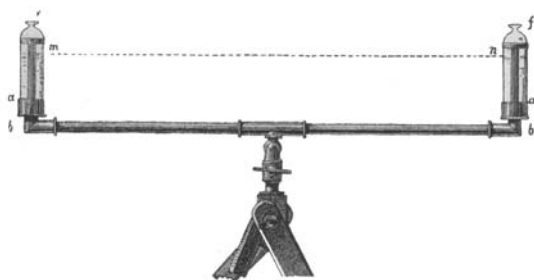


Fig. 334. Et Nivelérinstrument.

lere (bestemme Niveauforskel). Man benytter da hosstående Apparat (Fig. 334): på et trebenet Stativ sidder foroven — let drejelig — et langt Metalrør *bb*, som er bøjet om for Enderne og her bærer to foroven åbne Glasrør *e* og *f*, der står tvers på Metalrøret; der er Vand i det hele, og Vandoverfladerne stiller sig da altid i Flugt med hinanden (d. e. i samme vandrette Plan), hvad enten Metalrøret er nøjagtig vandret, eller det står noget skråt. Når man derfor lægger Øjet til den ene Vandoverflade *m* og kigger hen til den anden *n*, så er denne Sigtelinje altid vandret.

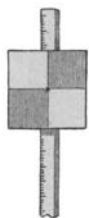


Fig. 335.

Til Målingerne bruges en lodret, i Længdemål inddelt Stang (Fig. 335), op og ned ad hvilken man kan forskyde en firkantede Plade med to hvide og to sorte Felter. Skal man nu finde Højdeforskellen imellem to Steder *A* og *B* (Fig. 336) ude i Terrænet opstilles Nivelérinstrumentet, Fig. 334, på et Sted, hvorfra man kan se hen til begge Steder; en Mand går med Målestangen hen på det ene Sted *A* og stiller den op i lodret Stilling, medens en anden Mand sigter på den ovenfor omtalte Måde; denne sidste Mand giver med Hånden Tegn til den første, om han skal hæve eller sænke Pladen på Stangen, idet han nemlig vil have Pladen flyttet hen til en sådan Stilling, at hans vandrette Sigtelinje (mn, Fig. 334)

træffer Pladens Midtpunkt. Når dette er opnået, aflæser Manden ude ved Stangen den Plads, Pladen har på Stangen, hvorefter han går med Stangen hen til det andet Sted *B*, og her går det

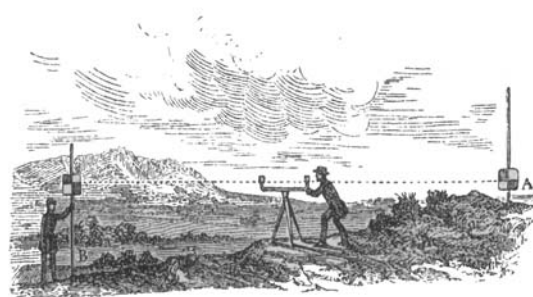


Fig. 336.

samme for sig igen; den, der sigter, har da at dreje Røret rundt på Stativet, så at det nu er rettet imod *JS*, medens det før var rettet imod *A*. Når man da trækker de to Aflæsninger fra hinanden, har man den søgte Højdeforskel.

Nuomstunder bruger man som Nivelérinstrument hyppigst en Kikkert på et lignende trebenet Stativ, og Kikkerten får man til at være vandret ved Hjælp af et Waterpas.

Fig. 337 viser en anden Anvendelse af Loven om de forbundne Kar; fra en stor Beholder, der er delvis skjult af Parkens Træer, går et Rør nede i Jorden hen til et Bassin og udmunder i et lille lodret Rør; hvis dette Rør gik højt op i Luften, så vilde Vandet stille sig heri i samme Højde som i Beholderen, hvor vid denne



Fig. 337.

end er; nu da Røret imidlertid udmunder langt nede ved Jorden, strømmer Vandet op deraf i en Stråle, idet det søger at komme op i den samme Højde, hvad der dog ikke ganske sker, især fordi Luftens Modstand virker hæmmende.

Almindelige og artesiske Brønde. Når man borer ned i Jorden, hænder det undertiden, at Borehullet fyldes med Vand, og det kan endog hændes, at Vandet springer ud af Hullet foroven i en større eller mindre Stråle; den Vandåre, man da er stødt på,

står da i Forbindelse med et vandførende Lag eller med et åbent Vand. I Fig. 338 udgår der en Vandåre MN fra Søen A; Vandåren er et sandet eller stenet Lag omgivet af lerede Lag,

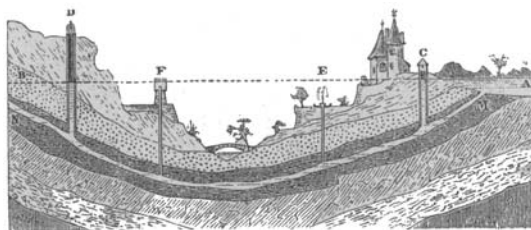


Fig. 338.

der er uigennemtrængelige for Vand. Der 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 sådan 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 Stråle; 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 *artesiske Brønd*, hvilket Navn hidrører fra, at sådanne Indretninger i Frankrig først er blevne udførte i Artois (udt. artoä).

Ved *Sluseværker* sætter man to Vande i Forbindelse med hinanden, imellem hvilke der er en stor Niveauforskel, således at det bliver muligt at bringe et Fartøj fra det ene Vand til det andet. Fig. 339 viser, hvorledes dette kan lade sig gøre. Sluseporten skiller to Vandmasser fra hinanden, der har forskellig Højde, og det store Vandtryk på den ene Side fordrer, at Porten

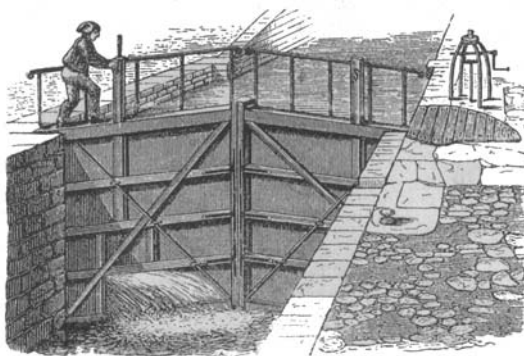


Fig. 339. En Sluseport.

må 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 også er lukket. Når man da danner en Åbning forneden på Porten ved at trække en Plade, der nede

ved Bunden lukker for, tilvejs, så 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; når Vandhøjden er bleven den samme, åbnes Porten, hvad der nu sker let, og Skibet

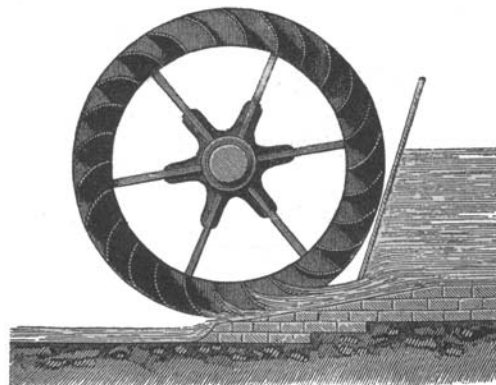


Fig. 340. Et Underfaldshjul.

føres frem igennem Porten, hvorpå denne lukkes igen. Således når Skibet efterhånden det lavest liggende Vands Overflade, og det er nu let at forstå, hvorledes Flytningen lige så kan foregå ad den modsatte Vej.

Vandmøller. Foruden at Vand trykker ved sin Vægt, så kan det også udøve Tryk, når det er i Bevægelse, i Kraft af den Energi eller Arbejdsevne, som ethvert Legeme har, der er i

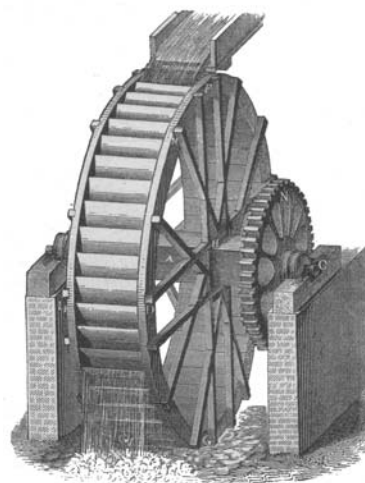


Fig. 341. Et Overfaldshjul.

Bevægelse (se Sp. 208 og 209). Stadig rindende Vands Energi udnyttes dels i *Turbiner* (se Sp. 270), dels i *Vandmøller* eller *Møllehjul*, og i disse lader man Vandet virke såvel ved sin Vægt som også ved Trykket, der skyldes Bevægelsen. Fig. 340

viser et Møllehjul, der kommer til Anvendelse, når der ikke er noget stort Fald til Stede, men ellers en ret rigelig Vandmængde. Ved et såkaldt *Stigbord* dæmmer man op for Vandet og lader det strømme ind forneden på Hjulet, som er forsynet med Skovle eller en Slags Skufler, der tager imod Vandet og helst må være formede således, at Vandet ikke ligefrem udøver Stød på Hjulet. Et sådant Hjul er et *Underfaldshjul* i Modsætning til det *Overfaldshjul*, der er afbildet i Fig. 341, og som benyttes, når man har et højt Fald til sin Rådighed. Vandet ledes da i en Rende hen til Hjulets øverste Parti, og denne Rende gyder Vandet ud i Skovlene heroppe på Hjulet; ved Vandets Vægt føres da Hjulet rundt, og Skovlene holder deres Vandindhold ud for neden, så at Skovlene på den anden Halvdel af Hjulet ingen Vand fører. En tredje Art Vandhjul er *Brysthjul*, hvor Vandet ledes ind i Skovlene på Siden af Hjulet. Endelig er der de såkaldte *Strømhjul*, der har Skovle, som ligefrem er Plader, der går lige ud fra Hjulkransen uden at være bøjede; disse Strømhjul lægges ud på en Pram i en Flod eller Å, således at Skovlen rager ned i Vandet, og ved dettes Tryk imod Skovlene drejes Hjulet rundt.

Et Dampskib drives enten frem ved to Hjul, et på 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 på 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 på den Retning, i hvilken Omdrejningen sker.

OPDRIFT I VÆDSKER (ARCHIMEDES'S LOV).

Når en Ting er nede i Vand, synes den os lettere, end når den er oppe i Luften. Man kan let prøve det med en Sten, man tager op af Vandet; den bliver straks tungere, når den passerer Vandoverfladen. Hvori ligger nu det?

I Fig. 342 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 på alle seks Flader og tvers ind på dem alle. På Oversiden *d* går Trykket nedad, på Undersiden *c* går Vandets Tryk opad, og på de fire lodret stillede Flader går Trykkene vandret.

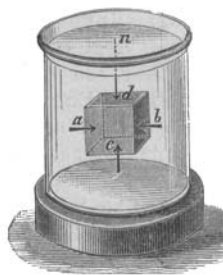


Fig. 342.

Trykket nedad på Oversiden *d* er mindre end Trykket opad på Undersiden *c*, thi Trykket på en Flade beror på dennes Afstand fra Overfladen (se Sp. 265—266); Trykket nedad på *d* er netop lig Vægten af den Vandsøjle, der ligger lige over *d*, som altså når fra *d* op til Overfladen *n*; Trykket opad på *c* er så stort som Vægten af den Vandsøjle, der kunde nå fra *c*

op til Overfladen, når Klodsen var borte, og blot Fladen *c* blev tilbage og beholdt samme Plads i Vædsken. (Man må endelig huske på, at Vædsken Tryk opad på Fladen *c* slet ikke beror på, hvor langt *c* er fra Karrets Bund; Karrets Dybde er ganske ligegyldig; det er alene *c*'s Afstand fra Overfladen, der har Indflydelse på Trykkets Størrelse). Det er da nu let at forstå, at *det, som Trykket opad på c er større end Trykket nedad på d, netop er så meget, som det Vand vejer, der kunde indtage Legemets Plads*. Dette Overskud af Tryk opad kalder man for *Opdrift*, og da Tyngdekraften (æ: Legemets egen Vægt) jo søger at trække Legemet nedad, så ser vi, at Tyngdekraften bliver modarbejdet af Opdriften — af Vandets Tryk på Legemet — så at det altså forekommer os, at Legemet vejer mindre i Vandet end i Luften, og efter hvad her er forklaret er denne tilsyneladende Vægtformindskelse netop så stor som det, den Vandmasse vejer, som Legemet har fortrængt.

Trykkene på de to og to modsatte Sider, der har en lodret Stilling (f. Eks. på *a* og på *b*), de er lige store og går imod hinanden, så at de ingen Betydning får.

Vi har ganske vist udledet Læren om Opdriften — den såkaldte Archimedes'ske Lov — alene for en firkantet Klods, men den gælder om alle Legemer, hvilke Former de end har, og det kan let godtgøres ved Forsøg.

Vi vil anstille sådanne Forsøg med en Vinkelbismær, der i én Skikkelse er afbildet i Fig. 266 (Sp. 227) og her vises med

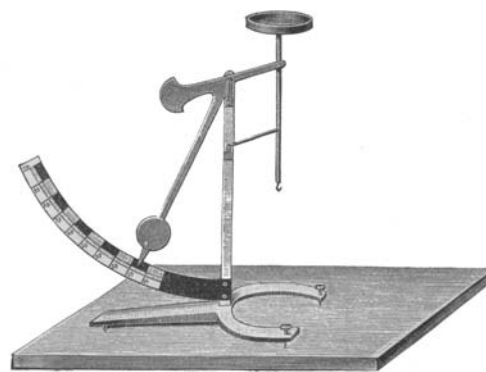


Fig. 343.

et lidt andet Udseende (Fig. 343). Skålen eller Pladen, som den Ting, der skal vejes, skal anbringes på, bæres af en lodret Stang, der holdes af to parallelle, drejelige Stænger; Indretningen ses så tydelig af Figuren, at videre Forklaring er overflødig. Stangen, på hvilken Skålen sidder, har en Krog for neden.

Dernæst bruger vi til Forsøget et Glaskar med Udløb, således som det ses i Fig. 344; et ombojet, snævert Glasrør *h* klemmes ved Hjælp af en Prop eller en Metal-



Fig. 344.

trådsbøjle fast til Glassets Rand, således at Rørets ydre Munding er lidt lavere end Glaskarrets Rand. Ved Brugen af dette lille og simple Apparat bærer man sig altid således ad: man fylder Karret næsten helt til Randen med Vand og suger ved Rørets Munding, så at man får Vandet til at løbe ud igennem Røret; dette Udløb sagtner snart, sker derpå i rask faldende Dråber og standser tilsidst helt; Vandet står da ved Rørets frie Munding med en skarp begrændset Flade, hvilken er i Højde med Overfladen i Karret. Hvis man så vil helde mere Vand i Karret, begynder Udløbet straks påny og standser igen på samme Måde, og når det er standset, så er der nøjagtig løbet en så stor Vandmængde ud, som man heldte mere i Karret.

Man gør så Forsøget f. Eks. med en Sten, binder en fin Tråd om den og hænger den op i Vinkelbiserens Krog; af Visernes Stilling på Buen erfarer man, hvad Stenen vejer, lad det være 32 Kvint.

Dernæst stiller man et Glas med Vand hen ved Vægten,

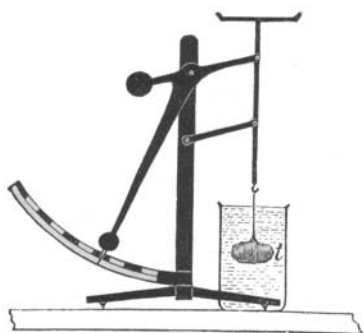


Fig. 345.

således at Stenen kommer til at hænge helt ned i Vandet (Fig. 345); man ser da Viseren gå et Stykke tilbage på Buen, så at Stenen synes at være bleven lettere: Vandet bærer noget af Stenens Vægt. Hvis Viseren nu står på 23 Kvint, så har Stenen åbenbart tabt 9 Kvint i Vægt; dette er altså Opdriftens Størrelse.

Så tager vi Stenen af Vægten og tørrer den om hyggelig.

Derpå bruger vi et eller andet let Bægerglas, som vi stiller op på Vægtens Skål, og af Viserens Udslag bestemmer vi dets Vægt; lad det være 7 Kvint. Dette Bægerglas *b* anbringes så under Udløbsrøret på det i Fig. 344 afbildede Kar, hvilket vi har fyldt med Vand på den beskrevne Måde, og derpå lader man Stenen forsigtig plumpe ned i Karret (Fig. 346); der løber da en Del Vand ud i Bægerglasset, og når Udløbet er til Ende, stiller man igen Bægerglasset op på Vægtens Skål. Da vil man af Viserens Stilling se, hvormeget Glasset og

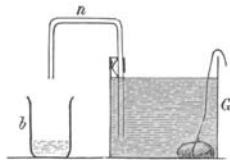


Fig. 346.

Vandet tilsammen vejer, og det vil — med de her nævnte Taleksempler — vise sig at være 16 Kvint; da Glasset alene vejede 7 Kvint, så må Vandet veje de 9 Kvint.

Men 9 Kvint var jo netop Stenens Vægttab i Vand, og dermed er det altså godtgjort, at Stenen taber netop så meget i Vægt ved at komme i Vand, som den Vandmængde vejer, som Stenen fortrænger.

Rumfang og Vægtfylde. Når man ved Vejningsforsøg har fået at vide, hvor meget et Legeme taber i Vægt ved at vejes i Vand i Stedet for i Luften, så kan man let regne ud, hvor stort Rumfang Legemet har.

Stenen, vi nylig havde med at gøre, tabte 9 Kvint i Vægt ved at komme ned i Vandet, og 9 Kvint er altså Vægten af det Vand, der indtager samme Rum som Stenen. Nu ved vi imidlertid (Sp. 190), at 1 Kubiktomme Vand meget nær vejer $3 \frac{1}{2}$ Kvint; en Vandmasse, der vejer 9 Kvint, må da rumme så mange Kubiktommer som det Antal Gange $3 \frac{1}{2}$ går op i 9; det bliver imellem 2 og 3 Gange, nøjagtig $2 \frac{4}{7}$, og Stenens Rumfang er derfor $2 \frac{4}{7}$ Kubiktommer.

En anden Ting kan man også få at vide af Forsøget. Stenen selv vejer 32 Kvint, det samme Rumfang Vand vejer 9 Kvint, altså er Stenen så mange Gange tungere end Vand, som 9 går op i 32; 32 divideret med 9 giver $3 \frac{5}{9}$, og Stenen er altså $3 \frac{5}{9}$ Gange så tung som Vand. Man siger, at Stenens Vægtfylde er $3 \frac{5}{9}$, idet man ved en Tings Vægtfylde forstår det Antal Gange, Tingen vejer mere, end det samme Rumfang Vand vejer.

I efterfølgende Tabel er nogle Stoffers omtrentlige Vægtfylde angivet:

Platin 21	Aluminium $2 \frac{1}{2}$
Guld $19 \frac{1}{3}$	Glas $2 \frac{1}{2}$
Bly $11 \frac{1}{3}$	Is $\frac{9}{10}$
Sølv $10 \frac{1}{2}$	Kork $\frac{1}{4}$
Kobber $8 \frac{3}{4}$	Kviksølv $13 \frac{1}{2}$
Jern $7 \frac{1}{2}$	Vand 1
Zink 7	Petroleum $\frac{6}{7}$
Diamant $3 \frac{1}{2}$	Sprit $\frac{4}{5}$

Meningen er altså den, at f. Eks. et Stykke Bly vejer $11 \frac{1}{3}$ Gange så meget som et ligeså stort Rumfang Vand; 1 Kubikfod Bly vejer altså $11 \frac{1}{3} \times 61$ Pund 83 Kvint, hvilket er meget nær 700 Pund — Medens 1 Pot Vand vejer 2 Pund, vejer 1 Pot Sprit ca. $\frac{4}{5} \times 2$ Pund, hvilket er $1 \frac{3}{5}$ Pund.

Legemer, der flyder på Vand. Når 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 så stort Drag nedefter på det som Tryk opefter. En sådan Ting lægger sig da i Vandskorpen med noget under og noget over Overfladen; da må Legemets Vægt være ligeså stor som Opdriften, og Opdriften er nu lig Vægten af det Vand, der fortrænges af den Del af Legemet, som er under Vandet. Et Stykke Kork lægger sig højere op på Vandet end et Stykke Træ, fordi det er lettere, og derfor ikke skal fortrænge en forholdsvis så stor Vandmasse, når dennes Vægt skal være lige stor med Korkens Vægt.

I Henhold hertil vil et Skib veje netop så meget, som det Vand vejer, det fordriver; hvis man altså af Skibets Form, Størrelse og Dybtgående kan beregne det Rumfang, som er under Vandfladen så 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 derpå.

Ved et lille Forsøg vil vi nu godtgøre Rigtigheden af den Lov om Legemer, der flyder på Vand. Vi bruger da igen Vinkelbismeren (Fig. 343) og det i Fig. 344 afbildede Kar; endvidere et let Bærgglas (*b*, Fig. 347) og et i den ene Ende lukket Glasrør (Reagensglas) *s* med så mange Hagl i, at det

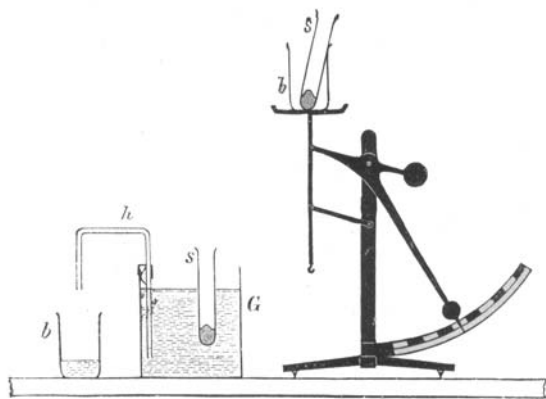


Fig. 347.

synker et godt Stykke ned i Vand i lodret Stilling. Karret med Udløbsrøret er fyldt med Vand, som det ovenfor er beskrevet. Op på Vægtens Skål eller Plade stiller man Bærgglasset *b*) og Glasrøret med Hagl i; man ser efter på Inddelingen, hvor meget disse Ting i Fællesskab vejer. Derpå stiller man Bærgglasset *b* ind under Karrets Udløbsrør og anbringer derpå Glasrøret *s* på Vandet; derved løber der en Del Vand ned i *b*, og når dette Udløb er standset, stilles *b* igen op på Vægten; Viseren går 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.

Også ved en anden Betragtning end ved en Undersøgelse af Trykforholdene, således som vi har gjort Sp. 277—278, 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 må 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 Stens Rumfang. Ved en sådan Påhældning af Vand måtte imidlertid Karrets Vægt forøges; den bliver altså også forøget, når 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, så kan vi slutte, at Stenen må have en ligeså stor Vægtformindskelse, og dette er jo Loven. — Og at Karret vinder i Vægt, når man holder en Ting ned i Vandet, det kan man let vise ved at stille et Glas med Vand på den ene Side af en Vægtskål og afbalancere; blot man stikker en Finger ned i Vandet

(uden at røre ved selve Glasset), går denne Side af Vægtskålen nedad.

Vi har i det foregående stadig talt om Vand, men det gælder altsammen naturligvis lige godt om alle Vædske. Det, der bestemmer, hvor stor Opdriften eller det tilsyneladende Vægttab er, det er disse to Ting: det nedsænkede Legemes Rumfang og Vædskenes Beskaffenhed d. v. s. hvor tung den er.

Hvad taber mest i Vægt ved at komme i Vand: 1 Kubikfod Jern eller 1 Kubikfod Aluminium? — De taber lige meget, nemlig det, som 1 Kubikfod Vand vejer, og det er ca. 62 Pd. — 1 Kubikfod Jern vejer ca. $7\frac{1}{2} \times 62$ Pd., hvilket er ca. 465 Pd., men nedsænket i Vand kun ca. 403 Pound.

Når 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 én Vædske, kan lægge sig i Overfladen af en anden. En Jernnøgle synker til Bunds i Vand, men flyder på Overfladen af Kviksølv.

Vi anstiller følgende simple Forsøg: i Glasset *A* holdes rent Vand og i Glasset *B* Vand, hvori der er opløst en hel Del Salt; når man lægger et Æg på det rene Vands Overflade, synker det til Bunds, hvorimod det godt kan flyde på Overfladen af det salte Vand; dette er altså tungere end Ægget, hvorimod det rene Vand er lettere end Ægget. Man tager så et tredje Glas *C*, som rummer mere end de to andre Glas tilsammen; i *C* holder man først det salte Vand fra *B* og derpå ganske langsomt og forsigtigt, medens *C* holdes skråt, det rene Vand fra *A*; når man da forsigtigt bringer Ægget ned i *C*, synker det ned igennem Vandet, til det når den næsten usynlige Skilleflade imellem det og det nedenunder liggende salte

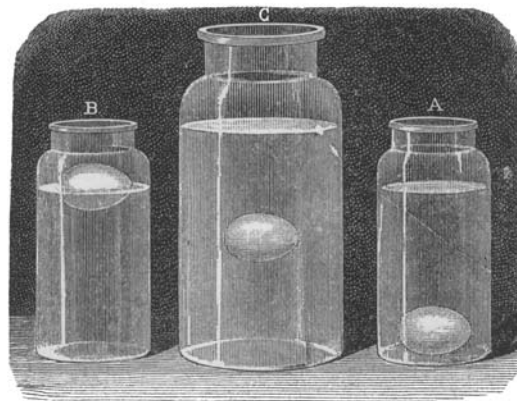


Fig. 348. Et Æg i ulige tunge Væsker.

Vand; her tager Ægget Plads, således at det dels går ned i Saltvandet, dels rager op i det rene Vand. Rører man rundt med en Pind i Glasset *C*, blandes de to Vædske let, og da vil man som Regel se, at Ægget enten stiger langsomt op til Overfladen eller synker langsomt til Bunds; man kan dog få

Ægget til i denne Blanding at forblive på det Sted nede i Vædsken, hvor man anbringer det, nemlig ved i første Tilfælde at gøre Vædsken lettere ved gradvis 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 gradvis noget mere Salt deri.

Et Menneske er som Regel tungere end Vand, d. e. vejer mere end et ligeså stort Rumfang Vand; man vil derfor kun kunne forhindre, at man synker til Bunds, ved at udføre sådanne Svømmebevægelser, at de derved fremkaldte Modtryk

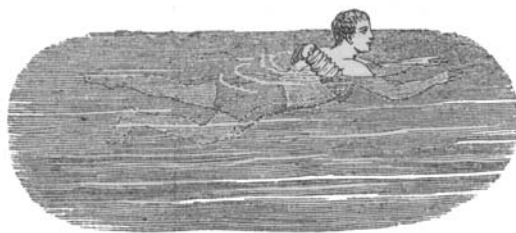


Fig. 349.

hjælper En. Da Saltvand er tungere end fersk Vand, synker man lettere til Bunds i fersk Vand. Kork er meget lettere end

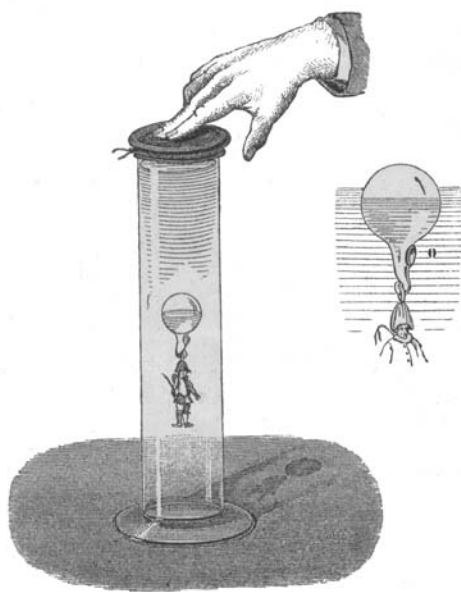


Fig. 350. En cartesiansk Djævel.

Vand, og ved at tage en Korksele af passende Størrelse om Livet kan man komme til at flyde på Vand uden at behøve at foretage Svømmebevægelser. — Knoglerne i Kroppen er tungere end de bløde Dele, og derfor kan fede Folk lettere flyde ovenpå end magre. — Når man ikke kan svømme, må man, når man er falden i Vandet, se at komme til at flyde på Ryggen, hvorved man kan holde Ansigtet oven Vand og altså ånde og komme til at råbe om Hjælp, men dette fordrer ganske vist en åndsnærværelse, som er sjelden; sådanne Mennesker søger derimod først og fremmest at få

Hænderne op over Vandet, hvad der ingen Nytte er til; de synker hurtig ned igen, får Hovedet under Vand, og selv om de kan nå at få det op igen, så er Mund og Næse bleven så stærkt fyldt med Vand, at man ikke kan få åndet i den korte Tid, Hovedet kan holdes oppe.

Ved Navnet *cartesianske Djægle* betegner man små Glasbeholdere, ofte formede som Djægle (heraf Navnet), hvilke har et Hul (o i Fig. 350) forneden; inden i er der Luft og desuden så meget Vand, at de netop kan flyde oppe i Overfladen af noget Vand i et højt Glaskar. Dette Glaskar overbindes med en Blære, 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«; når denne derved modtager noget mere Vand, bliver den tungere og synker; ophører Trykket, udvider Luften i »Djævelen« sig igen, driver Vandet ud, og den går atter til Vejrs.

Fiskene har Evnen til at stige og synke i Vandet, og hertil bruger de den såkaldte Svømmeblære; når den trykkes sammen, bliver hele Fiskens Rumfang lidt mindre, uden at dens Vægt undergår nogen Forandring, og den vil da synke; omvendt stiger Fisken til Vejrs ved at udvide sin Svømmeblære.

Flydevægt eller Aræometer. Dette er et lille Redskab af Glas, med hvilket man skaffer sig Oplysning om en Vædskes Vægtfylde, og som beror på, at et Legeme, der flyder på en Vædske, synker desto dybere ned i den, jo lettere Vædsken er; Legemet vil jo nemlig altid synke så dybt, at den fortrængte Vædskemængde vejer lige så meget, som Legemet selv

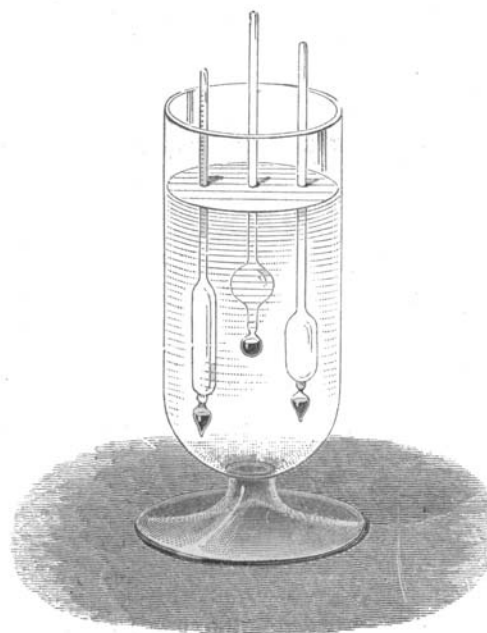


Fig. 351. Flydevægte.

vejer. Fig. 351 viser sådanne Flydevægte, bestående 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. På 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 give os Oplysning om Sammensætningen af en Vædskeblanding Brændevin er således en Blanding af Sprit og Vand; jo mere Sprit, desto mindre vægtfyldig er Brændevinen. Apparatet synker altså dybest i den stærkeste Brændevin. Efter den spendrupske Skala angives Brændevinens Styrke i »Grader«, således 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). På 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 pålidelig Prøve kan man dog ikke anstille på denne Måde.

OM VÆDSKERS OVERFLADE. VÆDSKEHINDER, SÆBEBOBLER, HÅRRØR.

Det er, som om en Vædskes Overflade er en fin Hinde oven på den øvrige Del af Vædsken, er som en Slags elastisk Tæppe. Her skal nu anføres en Række Forsøg, der gør dette klart.

1. Enhver kan let komme til at se, at man — når man gør



Fig. 352.

dette lidt forsigtig — kan lægge en Synål vandret ned på Vand i et Glas, og Nålen bæres da af Overfladen, som bøjer sig lidt ned under Nålen; og dog: Nålen er dannet af Jern,

Jern er tungere end Vand, og Jern plejer derfor at synke til Bunds i Vand! Stikkes Nålen igennem Overfladen og kommer blot lidt ned under denne, synker den også til Bunds.

Har man ikke let Håndelag nok til at lægge Nålen ned på Vandet med to Fingre, kan man enten lægge den tvers over Grenene på en Gaffel og føre denne langsomt ned i Vandet, hvor da Nålen bliver liggende, eller man kan lægge Nålen på et Stykke Silke- eller Trækpapir og anbringe dette på Vandet; Papiret gennemtrænges snart med Vand, synker og lader Nålen blive liggende på Overfladen.

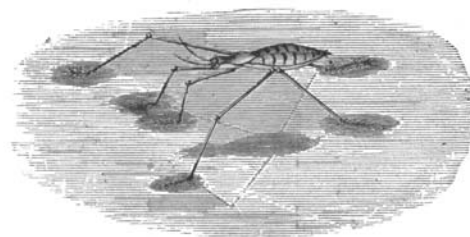


Fig. 353.

I Forbindelse hermed er at nævne, at visse Insekter bevæger sig henover en Vandflade (Fig. 353).

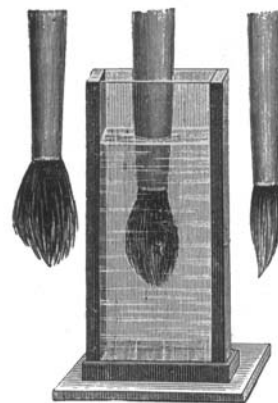


Fig. 354.

2. Når man vil have Hårene af en Pensel til at klæbe ved hinanden og gøre Penselen spids, så væder man den. Men det er dog egentlig ikke dette, at den er våd, der er det afgørende; thi stikker man den tørre Pensel ned i et Glas med Vand, kan man tydelig se, at Hårene ikke kommer til at hænge sammen, medens den er nede; det er først, når den er taget op af Vandet, at de gør det. Vandet i Penselen har da en Overflade ud imod Luften, og denne Overflade trækker sig ligesom tilbage og presser derved Hårene sammen, klæber dem til hverandre.

3. Når man vil helde en Vædske fra et Glas ned i en Flaske med snæver Hals og vil forhindre, at der løber en Del uden om Flasken, eller når man vil helde en Vædske ned i et Kar i en regelmæssig Strøm, så at den ikke så let sprøjter omkring, så holder man en Træpind eller Glasstang eller lign,

til Renden af det Glas, man helder ud af, og får da Vædsken til at følge Pinden, medens den løber ned (Fig. 355), selv om Pinden holdes skråt, går det, og det er, ligesom om Vandet på



Fig. 355.

Pinden havde en elastisk Hinde, der virkede som en Slags Slange, i hvilken Vædsken løber ned.

4. Den Vedhængning, vi i det forrige Forsøg så, der var imellem en Vædske og Glas eller Træ, og som jo viser sig daglig for os derved, at en Træspand eller et Vandglas, der har været fyldt med Vand, er våd på Indersiden, når Vandet er heldt ud, den kan vi gøre os yderligere klar ved følgende Forsøg.

Af et Stykke Karton skærer man en Cirkel og en længere Strimmel; Strimlen lakkes med sin ene Ende til Cirklen og bøjes så to Gange om i Vinkel til modsatte Sider, det ene Sted lige ved Cirklen, det andet 2 Tommer derfra; det hele har da

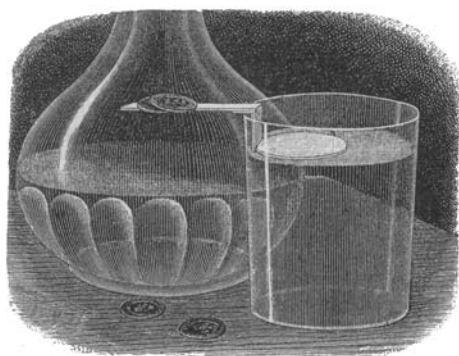


Fig. 356.

Form af en Murske; man styrker "Skaftet" yderligere ved at lakke en anden kort Strimmel fast til den første, der er bøjet om som den. Man lægger det så op på Renden af et Vandglas og skyder det frem og tilbage, til det balancerer i vandret Stilling, så at den ringeste Overvægt, der lægges ude på Strimlen, bringer Overbalance frem. Så helder man Vand i Glasset, indtil det når op til Berøring med Kartonkresen; når dette er sket, vil man erfare, at man kan lægge en hel Del Mønter op på Strimlens frie Ende, uden at Kartonen går op fra Vandet, og det er en ikke ringe Vægt, der skal til, for at få den til at slippe. Slipper den så endelig, er den våd på Undersiden, så at man ligesom har revet Vandet over.

5. Når man vil helde Vand eller en anden Vædske dråbevis ud af en lille Flaske, så må det jo gøres ganske forsigtig, og man ser, at der dannes en lille Dråbe, som vokser i Størrelse, og så, når den har fået en bestemt Størrelse, pludselig falder af; med den næste går det på samme Måde, den falder, når den er bleven lige så stor som den første, o. s. fr. Var det ikke således, så vilde der ingen Mening være i, at en Læge ordinerer f. Eks. 15 Dråber af en eller anden Medicin, thi det kunde så let udgøre højst forskellige Mængder. Hvad er da Grunden til dette Fænomen? Hvorfor falder Vædsken ikke straks ned, når den er kommen ud over Flaskehalsen, men venter, til den har samlet sig til en Dråbe? Det er dens Overflades Beskaffenhed; den hængende Dråbes Overflade er som en lille Sæk, der omslutter den indre Vædske, men bliver Vægten for stor, så brister Sækken, og Dråben falder.

Af Sprit får man på denne Måde mindre Dråber end af Vand, og hvorfor? Jo, Spritoverfladen er ikke i Besiddelse af en så stor Spænding som en Vandoverflade, og Dråbens »Sæk« går derfor itu, når der er kommen en mindre Mængde Vædske ned i den, og det skønt Sprit er lettere end Vand.

6. Man kan, når man har en stor Skål eller en Tallerken med plan Bund, tydelig erfare, at Vandets Overfladespænding er større end Sprittens. Man helder lidt Vand ud i Skålen eller

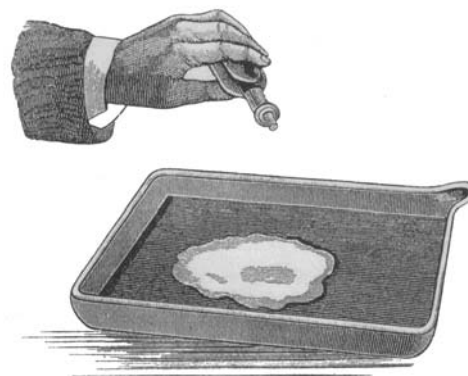


Fig. 357.

på Tallerkenen, så at det lægger sig i et tyndt Lag derpå; derefter helder man en lille Smule Sprit ned på Vandet, og

straks ser man Vandet trække sig tilbage, trække Spritten efter sig og efterlade en bar Plet i Midten. Den Spænding, der er i en Vædskes Overflade, vil naturligvis bevirke, at Overfladen søger at trække sig så meget sammen som muligt; det Sprit, man helder ned på Vandet, vil søge at trække sig sammen, det udenfor værende Vand ligeledes, og dette sidste sker med størst Kraft, hvorfor Spritten må give efter og følge med udefter, så at der kommer den tørre Plet i dens Midte.

7. Det nys omtalte Forhold kan man se et Eksempel på i et lille Fænomen, som mangan måske ofte har set, men ikke skænket nogensomhelst Opmærksomhed. Når man har drukket lidt af et Glas Portvin eller Brændevin, eller man ikke har fyldt Glasset helt og så helder det lidt, så at Glassets Inderside ovenover Vædsken bliver befugtet, så ser man, at der er en livlig Bevægelse i denne Hinde på Glasset: der trækker sig Vædske op ad den, og denne samler sig til små Dråber, der løber ned igen. Årsagen hertil er følgende: fra den tynde Hinde fordamper den flygtige Sprit så let, at Hinden bliver forholdsvis mere vandholdig, men da vokser dens Overfladespænding, og derved drages der Vædske op, hvis Overfladespænding ikke er så stor; Tyngdekraften kan imidlertid bringe en Del af den hævede Vædske til at falde tilbage.

8. Man bruger Benzin til at tage Fedtpletter af Tøj med. Fedtholdig Benzin har en større Overfladespænding end ren Benzin, og man bærer sig derfor ikke rigtig ad, når man helder Dråber af Benzin ned på Fedtet, thi når det første Benzin, der kommer ned på Pletten, opløser Fedtet, og der så kommer mere ned, så går det ligesom i Forsøg 6; Benzinen går udefter med Fedtet. Man bør først lave en Ring af Benzin udenom Pletten og så helde Benzin på Fedtet, thi da trækker den fedtholdige Benzin sig tilbage fra den rene Benzin, samler sig i Midten og kan så tages af med en ren Klud.

9. Man laver en lille Spiral af tynd Ståltråd og befugter den let med Olje, for at den skal kunne flyde på Vand. Så



Fig. 358.

suger man lidt Sæbevand eller Sprit op i et Strå og lader en Dråbe falde ned i Spiralens Centrum; straks giver Spiralen sig til at løbe nogle Gange rundt i den ved Pilen angivne Retning;

når Omdrejningen er holdt op, kan man atter få den i Gang med en ny Dråbe.

10. Man ligger i et Vandfad nogle Tændstikker på Vandoverfladen, således at de danner en Stjerne og stikker så Enden af et Stykke Sæbe ned der, hvor Spidserne vender imod hinanden; straks farer de væk fra hinanden (Fig. 359, 1). Grunden er den, at Spændingen er mindre i det sæbeholdige Vand end i

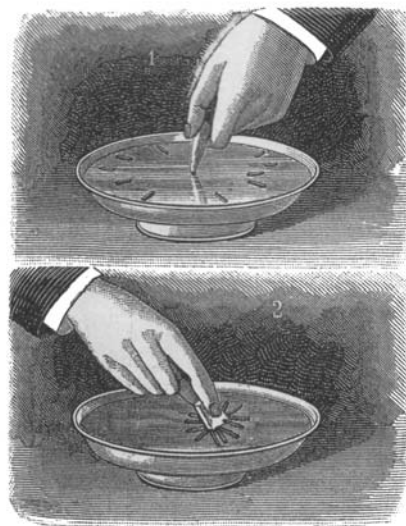


Fig. 359.

det rene Vand uden omkring. — Stikker man derimod et Stykke Sukker ned i Vandet, vil Tændstikkerne hurtig fare hen til Sukkeret (Fig. 359, 2). Vandets Opsugning i Sukkeret frembringer denne Bevægelse i Overfladen indefter.

11. Af et Stykke Papir udklipper man en Figur i Fiskeform, hvilken ses i naturlig Størrelse foroven Fig. 360; i Mid-

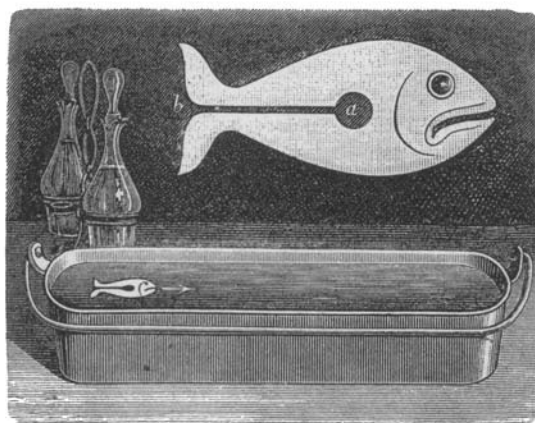


Fig. 360.

den klippes et Hul *a* og derfra en Kanal *ab* ud til Hale-Enden. Denne Figur lægger man så ned på Vand, så at hele

Undersiden rører ved Vandet, Oversiden derimod er tør, og man drypper en Oljedråbe ned i Hullet a; da farer »Fisken« frem. Oljen udbreder sig på Vandets Overflade, hvad der kun kan ske igennem Kanalen ab, og ved en Slags Reaktionsvirkning går Papiret den modsatte Vej.

12. På Overfladen af noget Kviksølv drysses Sand, og en Glasslang stikkes ned i Kviksølvet (Fig. 361); man ser da Sandet forsvinde ned i Dybet med Kviksølvet, ganske som om der var et Tæppe med Sand foroven og dette blev tvunget ned i Midten. Trækkes Glasstangen atter op kommer »Tæppet« atter frem, og Sandet lægger sig på Overfladen ligesom før.

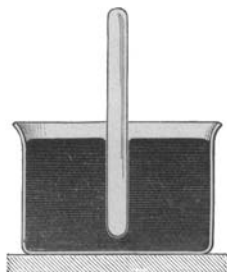


Fig. 361.

13. Et lignende Forsøg som det nys omtalte kan man også gøre med Vand (Fig. 362). Man kaster en Mønt, Ring eller andet ned på Bunden af Vandet og kan da på følgende Måde tage den op med Hånden, uden at denne bliver våd: man



Fig. 362.

drysser noget Lykopodiumpulver, som man kan få at købe hos en Materialist, ud over Vandet; dette Pulver befugtes ikke af Vandet, og stikkes Hånden rask ned i Vandet og tages op igen, er den ganske tør. Pulveret har ligesom dannet en Handske udenom Hånden, som Vandet ikke virker på.

Drysser man noget Kolofonpulver (Harpiks) ud på Blæk, kan man dyppe et Stykke Papir ned i Blækket, uden at det bliver sort.

Ænderne kan dykke ned i Vandet uden at blive våde, idet det Fedt, der udsondres af deres Fjer, virker på samme Måde som Pulveret i de nys nævnte Forsøg.

14. Dråber har nærmest Kugleform, fordi det er den Form, en Masse skal have, når dens Overflade skal være så lille som muligt, og Spændingen i Dråbens Overflade søger jo netop at gøre Overfladen så lille som muligt.

Tyngdens Indflydelse kan dog ændre Formen noget.

Ligger en Dråbe på et Underlag, som den ikke befugter, antager den en Form omtrent som Fig. 363 viser; denne Form har

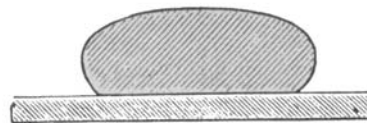


Fig. 363.

en Kviksølvdråbe på et Bord og en Vanddråbe på en Flade, som er bestrøet med Lykopodium.

Men fjerner man Tyngdens Indflydelse, får man den rene Kugleform frem, og dette kan ske således. Olivenolje er lettere end Vand, men tungere end Sprit, og Oljen blander sig ikke med disse Vædske; man laver da en Blanding af Vand og Sprit, som er ligeså tung (har samme Vægtfylde) som Oljen, og suger man så noget Olje op i et Strå eller en Stikhævert (Fig. 421) og lader den herfra løbe ud i Blandingen, former Oljemassen sig straks til en Kugle, der holder sig svævende i Blandingen. — Man bærer sig lettest ad således, at man først blander Vand og Sprit i lige store Mængder og lader Oljen løbe ned; synker den da til Bunds, sætter man gradvis Vand til; og rører rundt, indtil man får Oljen svævende.



Fig. 364.

15. Hvem har ikke leget med Sæbebobler? En Sæbeboble er en tynd, omtrent kugleformig Hinde af Sæbevand; inde i den er der Luft. Den lille Smule Vand, som en Sæbeboble består af, har to meget store Overflader, en ydre og en indre; det Hele er som en elastisk Hinde, som man kan klemme

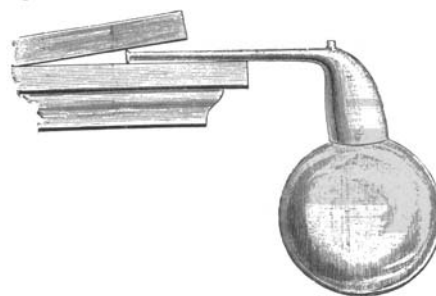


Fig. 365.

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 fået blæst Sæbeboblen, hen på Kanten af et Bord, således som Fig. 365 viser, og lader den ligge der, vil man se, at Boblen trækker sig sammen, bliver mindre; i Begyndelsen går det langsomt, men jo mindre den efterhånden 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 fået den mindst mulige Størrelse; blæser man i Piben, får man Boblen dannet på ny.

Sæbebobler er just ikke nogen moderne Opfindelse. I Kunstsamlingen i Louvre i Paris er der en ældgammel etruskisk Vase, på hvilken man ser Børn lege med Sæbebobler.

Når man har blæst en Sæbeboble og med et rask Tag får den til at give slip på Piben, synker den nedad, med mindre Vinden fører den afsted, og så kan det gå både op og ned. Men har man Gas i Huset og en lille Gummislange til sin Rådighed, kan man få en Sæbeboble til at gå til Vejrs som en Ballon. Man fæster så Slangen på Gasrøret, skyder dens anden Ende ind over Pibestilken og klemmer den fast omkring den; når Pibehovedet så er dyppet i Sæbevand, og der åbnes ganske lidt for Gassen, dannes der en Boble; men den vil opad, og vi drejer derfor Piben rundt, så at Boblen får Lov til at danne sig over Piben. Når Boblen har fået en passende Størrelse, lukkes der for Gassen, og ved et rask Tag nedad får 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.

16. 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 sådanne Forsøg, laver man sig f. Eks. på følgende Måde. En ren Flaske fyldes til tre Fjerdedele med destilleret Vand eller rent Regnvand, og der opløses heri ren, hvid Marseillesæbe, så meget, at Vægten er ca. $\frac{1}{40}$ af det anvendte Vands Vægt (en Pot Vand vejer 2 Pd. eller 200 Kvint, og hvis man altså bruger en Pot Vand, skal man tage 5 Kvint [25 Gram] Sæbe; bruger man mindre Vand, så skal også Mængden af Sæbe formindskes i samme Forhold). Så 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 Dråbe stærk Ammoniakvædske er det godt at sætte til. Når Vædsken ikke bruges, bør den, hvis den skal holde sig god i lang Tid, stå i Mørke og godt tillukket, aller helst med en Glasprop.

En anden, rigtig god Vædske får man ved at opløse 4 Kvint Marseillesæbe og 6 Kvint Sukker i 1 Pot kogende Regnvand; man kan også bruge en Vædske, der går i Handelen under Navn af »Spek-tralin«.

Når man skal bruge Sæbevand, bør man kun tage så meget af sin Beholdning, som er nødvendig, og ikke helde det, der muligen bliver tilovers, tilbage i Beholdningen.

Vi benytter nogle Figurer, som let laves af tyk Kobbertråd eller galvaniseret Jerntråd. Lad os tage en til en Firkant bøjet Metaltråd, således som den er vist i Fig. 366, men den kan godt tages dobbelt så stor på hver Led. Stikker man denne Tråd helt ned i Sæbevædsken og trækker den op, medens den holdes lodret, så er hele Firkanten udfyldt af en plan Vædskehinde og den er temmelig sejg. Blæser man på Hinden, eller vipper man Tråden frem og tilbage, så svinger Hinden ud og ind, som om man havde udsپændt en tynd elastisk Hud i Tråden.

— Vi lægger nu en tynd Metaltråd (ab i Fig. 366), som vi først har dyppet ned i Vædsken, så at den er fugtig, forsigtig ned på den firkantede Ramme og Hinden. Stikker man så Fingeren igennem på 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 så stor Kraft, at den tager Tråden ab med sig.

Tager vi så fat på den Del af ab , som rager udenfor Rammen, og fører den tilbage til den tidligere Stilling, dannes Sæbehinden på ny, men slippes ab , vandrer den tilbage. Der skal Kraft til at modstå Hindens Sammentrækning.

Til en lukket Trådfigur er der bundet en Sytråd acb (Fig. 367) fast ved dennes to Ender. Man stikker det hele ned i



Fig. 367.

Sæbevandet og tager det op igen; der er da en Hinde udsپændt i Metaltråden, og på denne Hinde lægger Sytråden sig i en eller anden Form acb . Tilintetgør man nu den Del af Hinden, som ligger på Sytrådens ene Side, trækker den tilbageværende Hinde sig sammen til sin mindst mulige Størrelse; Sytråden strammes derved ud, så den får en Cirkelbues Form (adb), og det kan matematisk bevises, at det netop er Cirkelbueformen, den må

have, for at Overfladen kan blive så lille som vel muligt.

Lad Sytråden på et Stykke være dobbelt; når Hinden er dannet, tilintetgør vi den der, hvor den findes imellem de to Tråde, og disse former sig da straks til en Cirkel; denne kan glide hen over Hinden, men beholder stadig sin Form uforandret. Hinden uden om trækker i den cirkelformede Tråd lige stærkt til alle Sider.



Fig. 368.

Vi vil nu med vort gode Sæbevand gøre en Del ganske morsomme Forsøg.

Vil man blæse en stor Sæbeboble, kan man bruge en lille Glas- eller en Bliktragt, som jo haves i mange Huse; Sæbevandet heldes ud i en Talleiken, man dypper Tragtens Rand



Fig. 369.

helt ned deri; forsigtig hæves den op, medens den holdes lodret, så at den Hinde, der danner sig over Randen af Tragten ikke sprænges, og så blæser man Boblen med sine Lungers fulde Kraft. Vil man have den til at beholde sin Størrelse, må man sætte Fingeren over Mundingen. Hvis man ikke gør dette, går det som omtalt Sp. 292, men meget hurtigere, og Uddrivningen af Luften ses tydelig, når man vender Mundingen imod et tændt Lys.

Foruden en Kridtpibe og en Tragt til at blæse Sæbebobler med, kan man til små Bobler bruge et Halmstrå, der i den ene Ende er spaltet i 4 Dele, og disse Dele er bøjede om i ret Vinkel, således som det ses i Fig. 371.

Suger man noget Tobaksrøg ind i Munden og blæser Sæbeboblen med den, bliver den uigennemsigtig, og lukker man op for Pibe, Tragt eller Rør, står Røgen ud deraf som af en Skorsten i det små.

En Sæbeboble kan lægge sig på Stoffer af Uld (Multum, Klæde, Flonel etc.), når de er tørre, uden at bryde. Man kan da

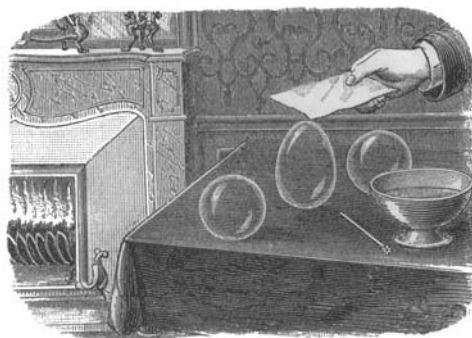


Fig. 370.

nærme til den et Stykke varmet og derpå med Hånden gnedet Papir, og man ser den da forandre Form, ja man kan endog få

den til at hæve sig op fra Bordet, tiltrukket af Papiret; dette skyldes Papirets Elektricitet (se Sp. 28). Vi vil nu af Jertråd lave os nogle Figurer; f. Eks. en Ring, der står på 3 Ben, som er loddede til (man kan forme Tråden om en Flaske på ca. 3 Tommers Diameter). Denne Ring væder vi godt med Sæbevandet, og man kan da få en Sæbeboble til at lægge sig an mod Ringen og holde sig der længe. Vi bruger da en anden ligeså stor Ring med et Håndtag (Fig. 371, tilhøjre), og den fører vi, efter at den er vædet med Sæbevandet, ned på Sæbeboblen, som da slutter sig til Ringen så inderlig, at når vi løfter Ringen op igen, følger Hinden med og antager da en Form som den, Figuren viser, og man kan få den til at være helt cylindrisk på Siderne med små Kuglehatte for Enderne.

Man kan endvidere bruge en Trådfigur, der er formet som en Tærning og har et Håndtag; Tråden må helst ikke være glat på Overfladen. Når man stikker den helt ned i Sæbevandet og så tager den forsigtig op, ser man, at der er udsprængt Vand-

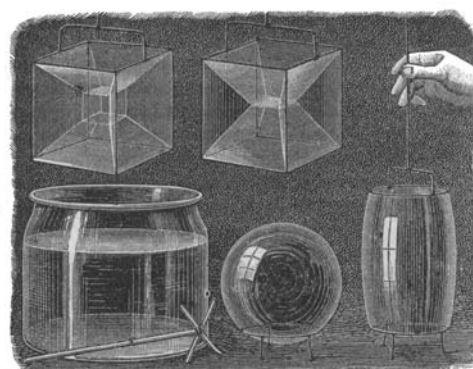


Fig. 371.

hinder i dens Indre, således som Tærningen, der er længst tilhøjre i Figuren, viser: i Midten en firkantet Hinde, hvis Sider er forbundne med Tærningens Kanter ved Hinder. Når 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 Trådtærningens Kanter med skrå Hinder (se Figuren tilvenstre). Hvis den ene af den lille Tærnings Sider stikkes ud, får man den forrige Figur igen.

Man kan få blæst en Sæbeboble inden i en anden større på følgende Måde: den større Boble bringes til at hænge på en Trådring som nylig omtalt; med Fingeren fjerner man den lille Vanddråbe, som let samler sig forneden. Derpå væder man det Halmstrå, hvormed man vil puste den indre Boble, med Sæbevand, ryster det, så at der hænger så lidt ved som muligt, idet den indre Boble må være let og ikke kan have nogen Dråbe hængende forneden, og man fører Strået forsigtig igennem Sæbeboblens Hinde og blæser en lille Boble. Giver man Strået et lille Stød, slipper Boblen og falder ned på

Bunden af den store Boble, og Strået kan fjernes med Forsigtighed. De to Bobler rører i Virkeligheden ikke ved hinanden;



Fig. 372.

der er et lille Mellemrum af Luft, om man end ikke kan se det.

I Fig. 373 har vi først blæst en stor Sæbeboble og fået den anbragt imellem to Trådringe, der trækkes ud, så at man får en Cylinder ud af det; denne drejes om i omtrent vandret

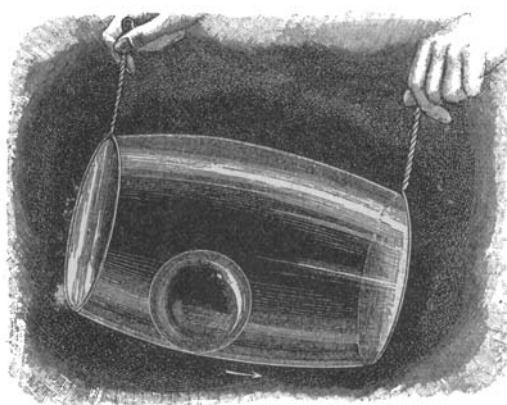


Fig. 373.

Stilling. Ved at stikke Strået ind igennem denne Cylinder kan vi få dannet en lille kugleformet Boble i dens Indre; denne falder blødt ned i Cylinderen, og ved at helde denne kan man få Kuglen lil at trille derinde.

Hårrør. Det er omtalt Sp. 272 o. fl., at i to Beholdere, der står i Forbindelse med hinanden, vil en Vædske stille sig således, at Overfladerne ligger lige højt, d. v.s. i samme vandrette Plan; ligeledes når man tager et vidt, åbent Rør og stikker det ned i en Vædske, så vil denne stille sig i samme Højde inden i Røret som udenfor (Fig. 374).

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 på, 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 dets Sider, det vil befugte disse Ting, der er en stor Vedhængning tilstede. Kviksølv vil derimod (se Fig. 361) krumme sig nedefter i et Glas, og dette ligger i, at dets egen Sammenhængskraft er betydelig i Forhold til dets Vedhæng-



Fig. 374.

ning ved Glasset, og det befugter heller ikke Glasset.

Når man nu stikker et meget snevert Glasrør ned i Vand, så 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 står højere inde i Røret end udenfor.

Vandet hefter 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 snevrere Røret er, og vi kan let gøre os Rede for, hvilken Lov der her må være gældende. Betragt vi to snevre Rør, af hvilke det enes Vidde er dobbelt så stor som det andets, så hefter Overflade-hinden ved en dobbelt så stor Kreds til Glasset, og der bliver altså en dobbelt så stor Kraft til at bære Vandsøjlen; men Vandsøjlen i det videste Rør har et fire Gange så stort Tværsnit som i det snevre, og der vilde af den Grund også behøves en fire Gange så stor Kraft til at bære den, hvis den skulde have samme Højde; da der nu som nævnt kun er en to Gange så stor Kraft til Stede, så vil Vandet i det vide Rør kun komme til at stå halvt så højt som Vandet i



Fig. 375. Hårrør

det snevre. Loven er i al Almindelighed den, at Stigningen af Vandet står i omvendt Forhold til Rørvidden. I meget snevre Rør (*Hårrør*) kan man få en meget betydelig Stigning; når Røret er så vidt, at Overfladen inde i Rørets Midte er plan og ikke krum, kommer der slet ingen Stigning frem.

Stikker man et snevert Glasrør ned i Kviksølv, så 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

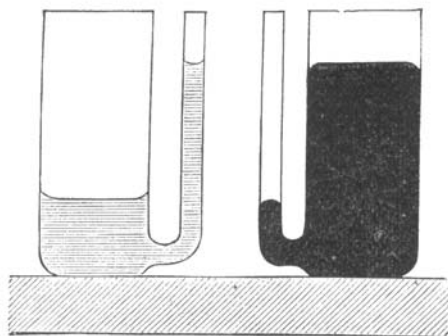


Fig. 376.

bliver imidlertid synlig for os, når vi bærer os ad på en lidt anden Måde, nemlig bruger et Kar, som er forsynet med et lodret opadgående, snevert Rør, således som det ses i Fig. 376; helder man Kviksølv i et sådant Kar, stiger det ikke så højt i Røret som i Beholderen, idet Spændingen i den hvælvede Overflade i Røret trykker det ned. Helder man derimod Vand i et sådant Kar, vil Vandet gå højere op i Røret end i Karret.

Man kalder disse Fænomener for *Hårrørvirkninger*. Det skyldes f. Eks. dem, at Kaffe og The suges op i et Stykke Sukker, idet dets fine Porer virker som Hårrør; ligeså at Petroleum suges op i Vægen osv.

LUFTENS TRYK. BAROMETRET.

At Luft har det tilfælles med faste Legemer og med Vædske, at den gør Modstand, når andre Ting vil trænge frem igennem den, kan let på vises. Tager man et Stykke Papir ved et af Hjørnerne imellem to Fingre og fører det frem igennem Luften, bøjer det sig på Grund af Luftens Modstand. — Vender man Bunden af et Vandglas i Vejret, stikker det i den Stilling dybt ned i en Spand Vand, og så tager det op igen i samme Stilling, vil man se, at Glassets Inderside er helt tør, når man lige netop undtager den ved Randen nærmest liggende Del; nemmest er det at se, når man har klæbet en Stump Papir fast indvendig i Glasset, thi dette er ikke blevet befugtet; eller man kan lægge en Prop på Vandets Overflade og stikke Glasset ned over denne; den føres da med ned med Glasset, men stiger ikke synderlig op i dette.

Og således kunde man nævne flere Eksempler. Vejer Luft noget, sådan som faste Legemer og Vædske gør? Ja, *Galilæi* viste dette i den første Del af det syttende Århundrede, idet han først vejede en Beholder, hvori der var Luft, og så presede 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 slået over dette Resul-

tat, ligeså lidt som han drog nogle videre Konsekvenser deraf, og det var dog en meget vigtig Sag. *Aristoteles* havde halvfjerde Hundrede År f. Chr. Fødsel prøvet på at veje Luften, men fundet, at den intet vejede: han tog en stor Blære og vejede den, og så pustede han den ud og vejede den igen, og han fandt samme Vægt. Dog siger dette Forsøg intet, thi har Luften Vægt, så må der være lignende Trykforhold i den, som der er i en Vædske, og så må der bl. a. være en Opdrift til Stede; ved at puste Blæren ud måtte denne Opdrift blive større, og når Blærens Vægt forøges i samme Forhold som dens Opdrift, så må en Vejning give samme Resultat som før. Man kan altså ikke drage nogen pålidelig Slutning af dette Forsøg, Enhver kan let gøre Forsøget med en af de så almindelige Gummi-Luftpuder. Forsøget vilde kun være afgørende, dersom Blæren havde indtaget samme Rumfang begge Gange; man måtte med andre Ord have en Beholder, hvis Rumfang forblev uforandret, om der var Luft i eller ej. Et sådant Forsøg anstillede *Otto van Guericke*, den berømte Opfinder af Luftpumpen (Borgmester i Magdeborg) i Året 1650; han benyttede en kugleformig Glasballon med en Messingindfatning med Hane på (Fig. 377); denne Ballon pumpede han Luften ud af



Fig. 377.

ved Hjælp af sin Pumpe, drejede Hanen for og hængte Ballonen op under den ene Skål på en Vægt og bragte Ligevægt til Veje; derpå åbnede han Hanen, Luften susede ind, og denne Side af Ballonen dalede. Her kan der ingen Tvivl være; van Guericke lagde Lodder på den anden Skål og fik således Ligevægten bragt til Veje igen og fik at vide, hvad den indstrømmede Luft vejede. — Det kan ligeså godt straks her nævnes, at 1 Kubikfod almindelig Luft vejer meget nær 8 Kvint, og at Luften altså er henimod 800 Gange lettere end Vand.

I Løbet af de 10 År, der gik umiddelbart forud for dette Forsøg, var der gjort meget vigtige Opdagelser med Hensyn til Luftens Forhold.

Alt fra Oldtidens Dage havde man formået at hæve Vand ved Hjælp af Hæverter og Pumper, men man havde ikke forstået, hvad der her 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 sådant tomt Rum skulde opstå (*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 Grændser for denne Frygt. I 1640 skulde Storhertugen af Toskana til nogle Vandspring bruge Pumper, der kunde løfte Vandet til en Højde af 40 å 50 Fod, men det gik ikke; Galilæi så, at Vandet kun steg til omtrent 32 Fods Højde, og man skulde nu tro, det lå nær for ham, der havde bevist, at Luften har Vægt, at slutte, at den Kraft, der bragte Vandet til inde i Pumpen at stå ca. 32 Fod højere end i Brønden, at det var det Tryk, som Atmosfæren på Grund af sin Vægt udøver på Vandet i Brønden; men denne Slutning drog den berømte Fysiker ikke.

Det var Galilæis Discipel, *Torricelli*, der 3 År 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 $13\frac{1}{2}$ Gange så let som Kviksølv (se Sp. 280). Forsøget er følgende:

Man tager et Glasrør, hvis Vidde er mindst $\frac{1}{4}$ Tomme, og som er godt 5 Kvarter langt; Røret er lukket i den ene og åbent i den anden Ende. I dette Rør heldes Kviksølv, hvilket lettest sker ved Hjælp af en lille Glastragt, og det fyldes næsten helt dermed; man ser, at der sidder en Mængde små Luftblærer

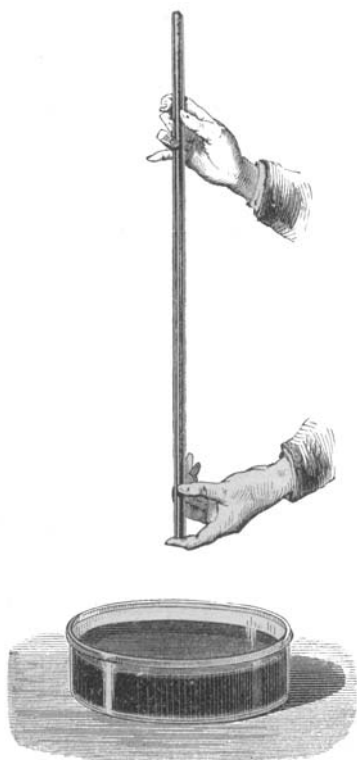


Fig. 378

imellem Glasset og Kviksølvet, og disse, som man helst må af med, får man bort ved at lukke for Røret med en Finger og dreje det om i en omtrent vandret Stilling; ved så skiftevis at løfte den ene og den anden Ende af Røret lidt, får 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 dog tager den da de små Luftblærer i sig. Når dette er gjort, fylder man Røret op til Randen med Kviksølv, sætter Fingeren over således, at der ingen Luft er

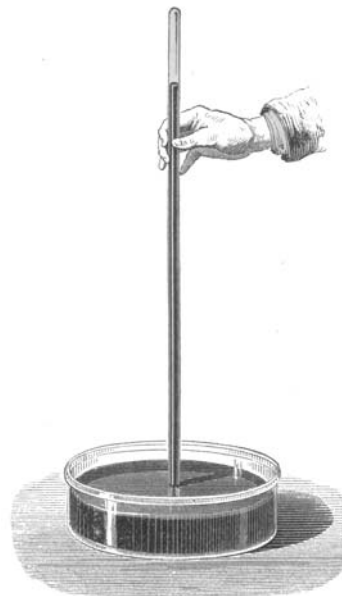


Fig. 379.

imellem, vender Røret om, bringer det ned i en Skål med Kviksølv og tager, når Rørmundingen er helt nede under Overfladen, Fingeren fra. Da ser man (Fig. 379), at Kviksølvet falder lidt i Røret, men dog ikke mere, end at der står en Søjle af Kviksølv i Røret på en Højde af omkring 29 Tommer, regnet fra Overfladen af Kviksølvet i Skålen.

Rummet over Kviksølvet i Røret er lufttomt, og det må være Luftens Tryk på Kviksølvet, der bærer Kviksølvet i Røret, hvilket ellers vilde falde ud af Røret på Grund af sin Vægt.

Når dette Forsøg, for hvilket Torricelli selv gav den rette Forklaring, blev afgørende, så skyldes det fornemmelig det Forsøg, som *Pascal* lod udføre med Torricellis Apparat 1648 (altså for nøjagtig halvtredje Hundrede År siden); man målte nemlig Kviksølvsøjle's Højde, da Apparatet blev anbragt ved Foden af Bjerget Puy-de-Dorne ved Clermont i Frankrig, og da det blev anbragt på Bjergets Top; det viste sig, at Kviksølvet stod 3 Tommer 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 Skålen i første end i sidste Tilfælde; den Luft, der ligger lavere end Bjergetoppen, kan ikke ved sin Vægt trykke på Kviksølvet i Skålen, når Apparatet er anbragt på Bjergetoppen.

Kviksølvs Højde i det Torricelliske Rør er ganske den samme, hvilken Vidde Røret end har, når det blot ikke er så snevert, at Hårrørsvirkningen (Sp. 299) 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 skrå Stilling, så stiger der så meget Kviksølv fra Skålen op i Røret, at den lodrette Afstand

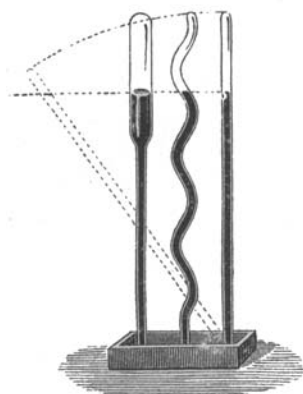


Fig. 380.

imellem de to Overflader bliver den samme som før. Disse Forhold er nærmere oplyste i Fig. 380.

Vi vandre altså hernede på Jorden på Bunden af et Luft hav, der omgiver Jorden i et Lag, om hvis Højde vi intet bestemt vide, men som dog neppe er under 25 Mile; dette er dog ikke meget i Forhold til Jordens Radius, hvilken som før omtalt er godt

850 Mile. 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 samme Tryk på en vis Del af Jordoverfladen, som en Kviksølv søjle på den samme Flade vilde gøre, når dens Højde er ca. 29 Tm. Dette har Torricellis Forsøg lært os. Og hvor meget er da det? Lad os f. Eks. sige: Trykket på 1 Kvadrattomme. Vi får da med en Kviksølv søjle at gøre, der rummer 29 Kubiktommer; 1 Kfd. Vand vejer ca. 62 Pd., 1 Kfd. Kviksølv altså $13 \frac{1}{2} \times 62$ Pd., hvilket er ca. 840 Pd. eller 84000 Kvint; der går 1728 Kubiktommer på 1 Kfd. (se Sp. 189), og hver Kubiktomme Kviksølv kommer da til at veje ca. 84000 Kv. : 1728, eller ca. $48 \frac{1}{2}$ Kvint; da vejer 29 Kubiktommer Kviksølv $29 \times 48 \frac{1}{2}$ Kvint, hvilket er lidt over 14 Pd.

På 1 Kvadratfod af Jorden bliver Luftens Tryk godt 144X14 Pd. eller meget nær 2000 Pd.

Regner man et voksent Menneskes Overflade til ialt 15 Kvadratfod, så bliver Luftens samlede Tryk på Mennesket ca. 30 Tusinde Pund! Når man ikke mærker noget til dette mægtige Tryk, så ligger det i, at Luften også virker i vort Indre med samme Kraft; men forandres det ydre Tryk hurtig — f. Eks. ved en rask Stigning med en Luftballon — så at det indre ikke kan få Tid til at sætte sig i Ligevægt med det forandrede Tryk, så kan f. Eks. de fine Årer springe og Blodet pible frem. For visse Brystsygdomme bruger man den Kur at anbringe Patienten et Par Timer daglig i en »Klokke« med to Atmosfæres Tryk; Trykket forøges gradvis ganske langsomt og formindskes, når Tiden er forløben, ligeledes langsomt, og da mærker man ikke noget til det.

Luften trykker altså på alt, hvad den berører; på en vandret Plade trykker den både fra oven nedad og fra neden opad; på en lodret stillet Plade trykker den i vandret Retning, idet Trykket — ligesom Vædskestryk — altid står vinkelret på Fladen. Trykket kommer man til at observere, når man fjerner det fra en tynd Plades ene Side; Fig. 381 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; når man da med en Luftpumpe pumper Luften inde i Glasset ud, vil den ydre Lufts Tryk nedad på 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; Sprængningen kan i hvert Fald fremkaldes, når man stikker et lille Hul i Blæren med en Knivspids.



Fig. 381.

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 således, at Trykforskellen straks ophæves. Da Loftet i en Stue ligger højere tilvejs end Gulvet, så er Luftens Tryk opad på Loftet mindre end dens Tryk nedad på Gulvet, og Forskellen imellem disse to Tryk er netop så meget, som den i Værelset værende Luft vejer; dette er adskilligt mere, end man i Almindelighed tror. Hvis Værelset således er $5 \frac{1}{2}$ Alen på den ene Led, 7 Alen på den anden og $4 \frac{1}{2}$ Alen højt, så er dette jo i Fod henholdsvis 11, 14 og 9; Værelsets Rumfang er da $11 \times 14 \times 9$ eller 1386 Kubikfod, og da 1 Kfd. Luft vejer 8 Kvint, bliver Luftens Vægt ca. 110 Pund. — Tænkte man sig, at Værelset blev hermetisk tilsluttet, så vedbliver Trykkene imod Loft, Gulv, Vægge osv. at være de samme som før, men for andres nu ikke mere, når den ydre Lufts Tryk forandres; indespærret Luft trykker væsentlig på Grund af sin Udvidekraft, sin Bestræbelse efter at brede sig videre ud i et så stort Rum som muligt, hvorimod dens egen Vægt i Forhold hertil kun frembringer små Tryk, og Luften i Værelset var jo i sammentrykket Tilstand før, nemlig sammentrykket ved Vægten af Atmosfæren udenfor helt op til dennes yderste Grænse.

Lufttrykkets Tilstedeværelse kan man vise ved at fylde et Glas helt til Randen med Vand, lægge et Stykke Papir over, så at det slutter til Glassets Rand, og der ingen Luftblære er under. Glasset kan da vendes om, uden at Vandet falder ud (Fig. 382). Ja, man kan gøre dette Forsøg på den Måde, som Fig. 383 viser. Til Papirets Midte er fæstet en Tråd — går denne igennem et Hul i Papiret med en Knude på den anden Side, så må Hullet lakkess til for at opnå Luft-tæthed. Det med Vand helt fyldte Glas kan da ved Hjælp af Tråden bæres af Papiret, som trykkes ned imod Vandfladen af den ydre Lufts Tryk, og man kan sætte det i Svingninger frem og tilbage. Det kan være godt at fedte Glassets Rand lidt for at opnå,



Fig. 382.

at der ikke er nogen Åbning, hvor Luften udefra kan trænge ind.

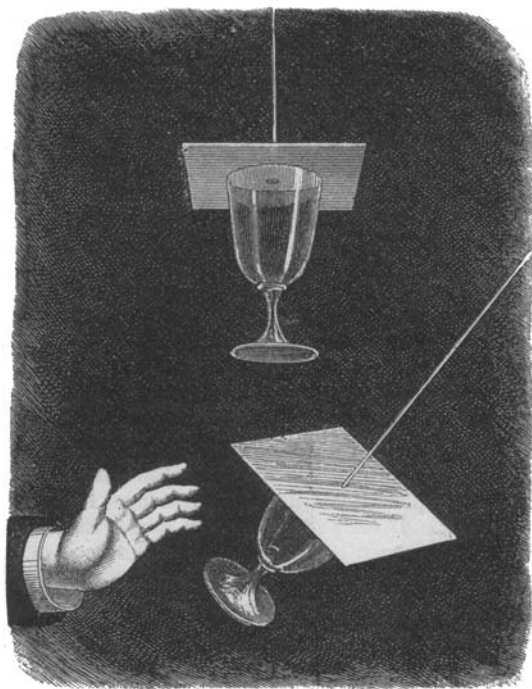


Fig. 383.

Torricellis Forsøg blev gjort med Kviksølv. Hvis man vilde gøre det samme Forsøg med Vand, så måtte Røret være meget længere, thi når Lufttrykket er i Stand til at bære en Kviksølv-søjle på ca. 29 Tm.s Højde, så kan det, da Vand er $13 \frac{1}{2}$ Gange så let som Kviksølv, bære en Vandsøjle på $13 \frac{1}{2} \times 29$ Tm., hvilket bliver et Par og tredive Fod. Anstilles Forsøget med et Rør, der ikke har denne Længde, så ser man, at hele Røret holder sig fyldt med Vand; det falder slet ikke, men udøver tværtimod et Tryk opad på Rør-Enden, idet det har Tendens til at gå højere til Vejrs.

Fylder man en Flaske helt med Vand, sætter en Prop for og så 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, når Munden kommer op over Vandet, og Udløbet sker nu, fordi Luftbobler stiger op i Flasken, samler sig oppe ved Bunden og trykker nedad på Vandet i Flasken.

Når man skal angive en Luftmasses eller Damps Tryk, så kan det ske på forskellige Måder. Man kan sige, at Trykket er så og så mange Tommer Kviksølvs Tryk, man kan sige, det er så og så mange Punds Tryk pr. Kvadrattomme, og man kan sige, det er så og så mange Atmosfærers Tryk. I Atmosfæres Tryk er ca. 29 Tommers Kviksølvtryk og godt ca. 14 Punds Tryk på Kvadrattommen.

Udøver Dampen i en Dampkedel et Tryk af 5 Atmosfærer, så trykker den med en Kraft af godt 70 Pund på hver Kvadraltomme af alt, hvad den er i Berøring med, og Trykket er så stort, at det kunde hæve en Kviksølv-søjle på 5×29 eller 145 Tommer i et luftomt Rør.

Indesluttet Lufts eller Damps Tryk måles med et *Manometer* (Trykmåler), hvilket vil blive omtalt senere hen (Sp. 310).

Atmosfærens Tryk måles med et *Barometer*. Torricellis Apparat er et Barometer; det skal da blot forsynes med en lodret Målestok, for at Kviksølv-højden 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. 384 viser: det lange Barometerrør er ombøjet for neden og forsynet med en Udvidelse, et videre Rør, som er åbent foroven, om end denne Åbning 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 luftomt; da Atmosfærens Tryk virker på Kviksølvoverfladen i Udvidelsen forneden, så står Kviksølvet meget højere (omkring 29 Tm.) i Røret; Atmosfærens Tryk får man da ved at måle den lodrette Afstand imellem de to Overflader, og denne Afstand kalder man *Barometerstanden*. Da Lufttrykket er noget foranderligt, så er Barometerstanden også snart en, snart en anden, men den varierer dog hos os kun imellem 27 og $30 \frac{1}{2}$ Tommer. Aflæsningen sker ved Hjælp af en Målestok, der sidder fast på det Brædt, hvortil Barometerrøret er befæstet; de Inddelinger, som findes på den, har deres Udgangspunkt (Nulpunkt) nede i Højde med Kviksølvoverfladen i Udvidelsen; det er ingen Nytte til at have Inddelinger langs det hele Barometerrør. Aflæsningen sker derved, at man ser efter, hvad det er for en Inddeling, som er i Flugt med Søjle's Overflade i Røret.

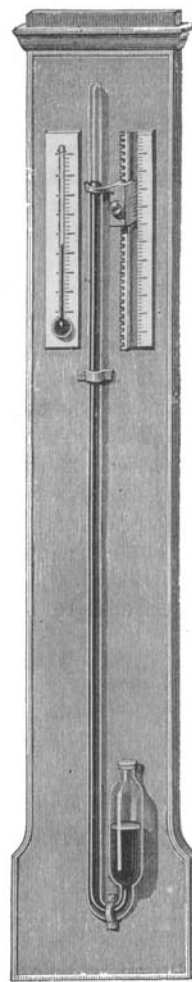


Fig. 384. Barometer

Vokser Lufttrykket, så går der noget mere Kviksølv op i Røret, og det må altså gå ud af Udvidelsen forneden, og omvendt når Lufttrykket formindskes. Overfladen nede i Udvidelsen har altså ikke nogen uforanderlig Stilling, og dette bevirker da, at man egentlig altid skulde indstille Målestokken, forskyde den lidt op eller ned; dette gør man dog ikke, men den Fejl, man derved begår, er forsvindende lille, når blot Udvidelsen er meget vid i Forhold til Røret.

På Barometerbrættet oppe til venstre i Figuren er anbragt et Termometer til Aflæsning af Temperaturen.

Det skal bemærkes, at de Tommer, i hvilke man på almindelige Barometre aflæser Barometerstanden, ikke er danske Tommer, men »Parisertommer«, og det er omtrent så, at 29 danske Tommer er 28 Parisertommer. Barometerstanden

angives naturligvis også i Centimeter eller Millimeter; 28 Parisertommer er meget nær 76 Cm. Når Barometerstanden er nøjagtig 76 Cm., siger man, der er *normalt* Lufttryk. I København har Barometerstanden været nede på 72 Cm. og oppe på 78 ½ Cm.

Jo højere man stiger til Vejrs, desto lavere vil Kviksølvet i Barometret stå; fra Havets Overflade må man stige ca. 33 Fod (10 1/3 Meter) til Vejrs for at Barometerstanden skal gå 1 mm ned; på Toppen af Rundetårn er Barometerstanden 3 ½ mm mindre end nede på Købmagergade. Men alt som man kommer højere til Vejrs, må man stige et stadigt større og større Stykke til Vejrs for at få en yderligere Sænkning af Barometerstanden på 1 mm, hvilket hidrører fra, at Luften bliver finere og lettere, da den ikke presses så meget sammen af den overliggende Luftmasse. Byen Potosi i Sydamerika ligger mere end ½ Mil over Havets Overflade, og der må man stige over 50 Fod (16—17 Meter) til Vejrs for at få et Barometerfald på 1 mm.

Forandringerne i Barometerstanden hidrører fra Forstyrrelser i Atmosfærens Ligevegt, og der er derfor en Sammenhæng imellem Barometerstanden og Vejret; denne Sammenhæng er dog ikke meget simpel. På Barometrets Målestok er der i Reglen sat Betegnelserne (fra neden og opad): Storm, Regn eller Blæst, ustadigt, smukt Vejr, meget tørt, men meget pålidelige er disse Angivelser dog ikke. Man får, når Barometret skal tjene som Vejrprofet, bedre Oplysning, når man ser, i

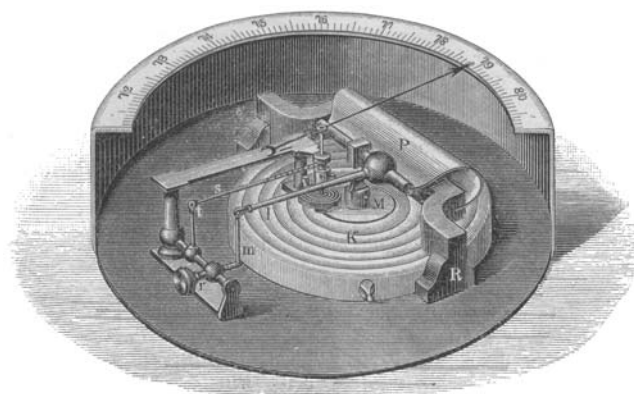


Fig. 385. Aneroidbarometer.

hvilken Retning Barometret forandrer sig, end af selve dens Værdi i Øjeblikket.

Af det, der er sagt Sp. 304, forstår vi, at et Barometer, der hænger inde i en Stue, giver os Oplysning om Lufttrykforandringerne også ude i det frie.

Hyppig bruger man i Husene det såkaldte *Aneroidbarometer*, der intet Kviksølv indeholder; udvendig at se til er det en rund Trækasse i en mer eller mindre smuk Indfatning, med Glas på Forsiden, så at man kan se noget af Mekanismen i det indre; Fig. 385 viser os denne afdække! Hoveddelen er en flad Metaldåse K med tynde, riflede Bunde; denne

Dåse er pumpet lufttom, og Bundene tvinges fra hinanden af den stærke Fjeder P, der er sat fast; skete dette ikke, vilde Lufttrykket trykke Dåsen aldeles flad. Fjederens Forbindelse med Dåsen er således: den bærer Vægstangen l, der er forbunden med den lille Støtte M på Midten af. Dåsens opadvendte Bund. Forøges Lufttrykket, så går denne Bund lidt mere ned og tager M med, formindskes det, hæves M. Disse svage Bevægelser forstørres på følgende Måde: Fra l's frie Ende går Stangen m ned til en kort Tap på Akslen r, og til denne r er fæstet den lille Stang t, forøges Lufttrykket, trykkes m lidt ned, og t's øverste Ende går til Siden (til højre); formindskes Lufttrykket, trækkes m lidt op, og t går forover til modsat Side (til venstre). I Midten af hele Barometerkassen sidder der nu en Aksel, hvortil der er befæstet en lang Viser, der peger på en inddelt Kreds; fra denne Aksel går der en lille Metalkæde s hen til t's øverste Ende, og en til Akslen fastklemmt Spiralfjeder tvinger den rundt i en sådan Retning, at Kæden altid holdes stram; t's svage Bevægelser overføres på den Måde til Aksen og dermed til Viseren. Af Viserens Stilling kan man se Barometerstandens Størrelse; på Figuren angives denne i Centi- og Millimeter. Disse Inddelinger er lavede således, at man har sammenlignet dette Barometer med et Kviksølvbarometer nogle Gange, at man hver Gang har overført Standen fra dette sidste til det første og derpå har inddelt.

Når man skal aflæse et Aneroidbarometer, bør man altid banke lidt med Fingeren på Glaslåget, fordi de elastiske Forhold i Metaldelene ikke er så ideelle, at de straks giver efter for en lille Lufttrykforandring.

BOYLE-MARIOTTES LOV.

Man kender fra sine Barneår Knald-bøssen, i hvis ene Munding man klemmer en Prop ind, og igennem hvis anden Munding man skyder et på en Stang siddende Stempel ind, der udfylder Rørvidden så 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, så vil Luften, medens Sammentrykningen går for sig, let kunne slippe ud på Stemplets Sider på Grund af Utæthederne her. Vi ser, at når en begrænset, en afspærret Luftmasse får et mindre Rumfang, så 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 Rumfang står i omvendt Forhold til det Tryk, den udøver (eller er underkastet), populært udtrykt således med Tal-eksempler: giver jeg en bestemt Luftmasse et 3 Gange så stort Rumfang at være i, så formindskes Trykket af den til 1/3 af dets tidligere Størrelse; udøver jeg et 7 Gange så stort Tryk på en Luftmasse, så får den kun 1/7 af det tidligere Rumfang. — Det er her forudsat, at Luftmassens Varmegrad ikke

undergår nogen Forandring samtidig.

På følgende simple Måde kan man indenfor visse Grænser undersøge Lovens Rigtighed.

Man tager et langt, snevert Glasrør (Hårrør), — lad os sige, det er 1 Meter = 100 Cm. langt; i dette Rør indbringer man en lang Kviksølv søjle — hvorledes dette nemt kan ske, skal straks blive omtalt.

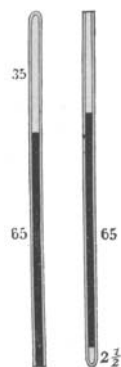


Fig. 386.

Vi holder nu Røret lodret med den åbne Ende nedad (Fig. 386 tilv.); der findes da afspærret en vis Luftmasse oven over Kviksølvet i Røret, og med den vil vi beskæftige os. Lad os sige, at Søjleens Længde er 65 Cm.; der er da Luft i en Rørlængde på 35 Cm., når Kviksølvet når helt ned til Rørets åbne Ende. Denne Lufts Tryk findes således: den ydre Luft trykker opad på Søjleens nederste Ende, og lad os antage, at Barometerstanden er 75 Cm.; imod dette Tryk virker for det første Kviksølv søjleens Vægt, og da dens Højde er 65 Cm., så bliver der 10 Cm. tilbage, og

10 Cm. Kviksølv må da være det Tryk, som den indespærrede Luft udøver. Altså: Rumfang 35, Tryk 10.

Nu vender vi Røret op og ned, og Kviksølvet glider dybere ned i Røret; den indespærrede Luft må nu bære både denne Kviksølv søjle og den ydre Luft, som trykker ned på Kviksølv søjlen foroven. Det viser sig, at Luften kun spænder over en Rørlængde på $2\frac{1}{2}$ Cm., og Trykket måles ved en Kviksølv søjle på ialt 65 Cm. + 75 Cm. = 140 Cm. Altså: Rumfang $2\frac{1}{2}$, Tryk 140.

Rumfanget er altså nu $\frac{1}{14}$ af, hvad det var før, og Trykket er 14 Gange så stort som før!

Dels for at fylde Kviksølv på Røret og dels for at kunne gøre flere end disse to Forsøg med den samme Luftmasse, så at man kan få 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. 387. Der er en Flaske med to Halse og tætsluttende Propper i dem begge, hvilke Propper er gennemborede; man kunde også tage en almindelig Flaske med vid Hals, sætte en Prop i denne og bore to Huller i Proppen. I Flasken holder man noget Kviksølv, og i det ene Hul stikkes vort Glasrør, der skal bruges til Forsøget, så at Munden går ned i Kviksølvet; i det andet Hul stikkes et Glasrør, der skal føre til en Luftpumpe — denne omtales Spalte 312 og flg. Man pumper noget af Luften ud af Flasken, og slipper så atter Luft ind;



Fig. 387.

derved drives der en hel Del Kviksølv op i Røret, og man tager så Røret ud og anstiller de to ovennævnte Forsøg. Når dette er gjort, stikker man Røret ned igen i Flasken som før, dog med den Forskel, at Munden ikke må komme ned i Flaskens Kviksølv; man pumper så ganske lidt, og der falder noget af Kviksølv søjlen fra Røret ned i Flasken. Røret tages så op, og de to Forsøg anstilles igen; Luftmassen i

Røret er jo vedblivende den samme. Og på denne Måde kan man blive ved en hel Del Gange.

TRYKMÅLERE (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 Trykmåler.

Den bedste Trykmåler er det i Fig. 388 afbildede åbne Kviksølv-Manometer der er sat fast på Muren i Kedelrummet;

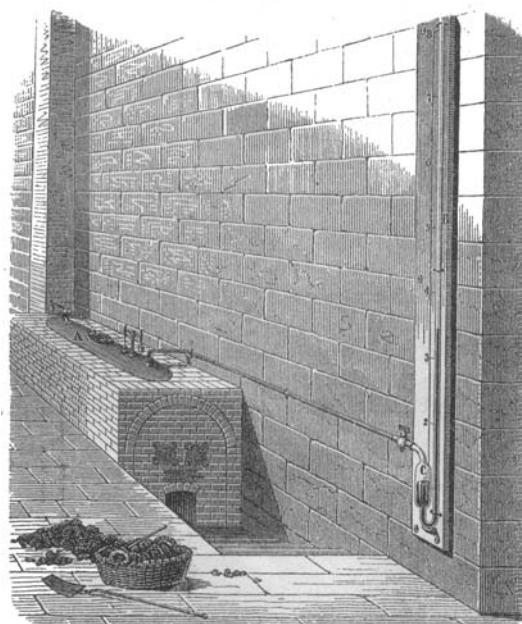


Fig. 388. Åbent Kviksølv-Manometer

det består af et højt, foroven åbent Glasrør, som er bøjet om forneden og forsynet med en Udvidelse C, i hvilken der findes en hel Del Kviksølv; fra denne Udvidelse fører et Rør hen til den indmurede Dampkedels Indre. Åbner man for en Hane på dette Rør, strømmer Dampen ind over Kviksølvet i C og driver det til Vejrs i det høje Rør, desto mere, jo større Damptrykket er. For hver »l Atmosfæres Tryk«, som Dampen udøver ud over den ydre Lufts Tryk, drives Kviksølvet ca. 29 Tm. til Vejrs i Røret; i Figuren står Kviksølvet omtrent midt imellem Tallene 3 og 4 på Røret; Dampen udøver da et Tryk på $3\frac{1}{2}$ Atm. Tryk eller et Overtryk over den ydre Luft på $2\frac{1}{2}$ Atm. Kviksølvet står i Røret $2\frac{1}{2}$ Gange 29 Tm. over Kviksølvet i C.

Skal man måle meget store Tryk med et sådant Manometer, må det være meget højt, og foruden at Glasrøret må være stærkt, må det tillige være gjort godt fast.

På det til Verdensudstillingen i Paris 1889 byggede Eiffeltårn, der efter Udstillingen er taget i Brug til forskellige videnskabelige Undersøgelser, særlig på Meteorologiens Område, findes det største åbne Manometer i Verden. Kviksølv

beholderen (C) findes ved Tårnets Fod, og Rørets hele Højde i lodret Retning er ca. 300 Meter; det er således ikke langt fra, at man kan måle 400 Atm. Tryk med dette Instrument.

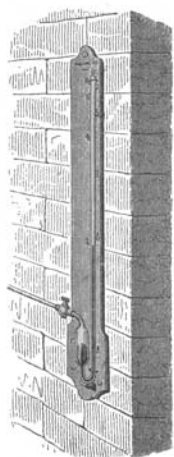


Fig. 389. Lukket Kviksølv-Manometer.

Røret fortæller os, hvor mange Atm. Tryk Dampen udøver; jo højere vi kommer op på Røret, desto tættere ligger Tallene ved hinanden.

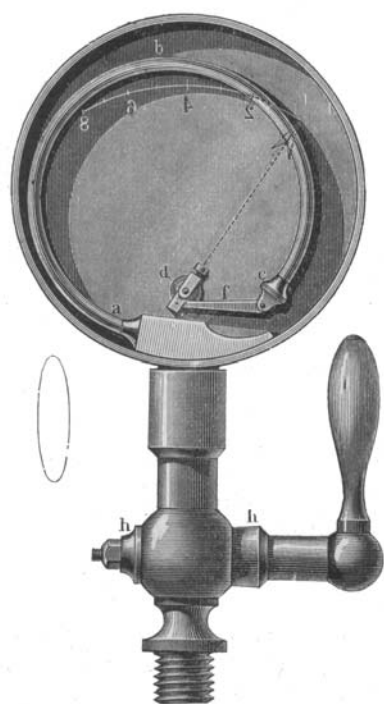


Fig. 390. Metal-Manometer.

I Praxis bruges hyppigst et Metal-Manometer (Fig. 390); her ledes Dampen (ved Hjælp af Hanen *hh*) ind i et i Kredsløbet Metalrør (*abc*) hvis Gennemsnitsform er tegnet til

venstre. Jo større Dampens Tryk er, desto mere søger den at rette Røret ud, *a*: at føre Endepunktet *c* til højre; *c* trækker da ved Hjælp af Stangen *f* i Væglstangen *d*, hvortil en lang Viser er befæstet. Viserens Stilling overfor Mærkerne på en inddelt Bue fortæller os, hvor stort Tryk Dampen udøver.

LUFTPUMPEN.

Den almindelige *Luftpumpe* eller *Fortyndingspumpe*. 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 på her, hvorimod vi vil beskrive den almindelige Stempel-Luftpumpe, hvis Hoveddele Fig. 391 viser os.

Der er et Pumperør, bestående af en omhyggelig udboret Metalcylinder, i hvilken et Stempel kan bevæges lufttæt op og

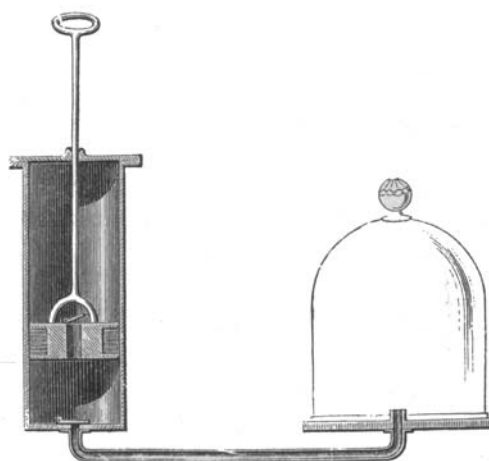


Fig. 391. Luftpumpe.

ned; dette Stempel har en Gennemboring, som er dækket med en lille Klap eller Ventil, der kan åbne sig opad, og som slutter lufttæt til Stemplet, når den er lukket. Fra et Hul i Pumpe-rørets Bund fører et Rør ud til Siden og udmunder i den såkaldte Tallerken: en rund Metalplade dækket med en Glasplade, hvis Overflade er plansleben; på denne Tallerken stilles en Glasklokke med plansleben Rand, og for at få dem til at slutte aldeles tæt til hinanden, gnider man Randen ind med lidt Fedt. Hullet i Stempelrørets Bund er også dækket med en Ventil, der kan åbne sig opad.

Når Stemplet står stille, er begge Ventilerne lukkede på 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, så at Luften i Klokken er afspærret fra Luften i Pumperøret; derimod er Stempel ventilen åben under denne Bevægelse, når Luften er så meget sammenpresset, at dens Tryk opad på Ventilen er større end den ydre Lufts Tryk nedad på Ventilen (Pumperøret er ikke tæt tillukket foroven, så at der er fri Adgang til Luften

udenfor). Under Stemplets nedadgående Bevægelse går Luften i Pumperøret under Stemplet op over Stemplet, og når Stemplet går 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 altså 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 det vanskeligere og vanskeligere at trække Stemplet op, thi nedad på Stemplets Overside virker jo altid den ydre Lufts Tryk, hvilket er ca. 14 Pd. på hver Kvadrattomme af denne Overside, men Trykket opad på Stemplets Underside bliver stedse mindre og mindre.

Man bøder på denne Ulempe ved at forsyne Pumpen med to Pumperør (Fig. 392), hver med sit Stempel, og begge står ved det samme Rør i Forbindelse med Klokken; de to Stempler bevæges samtidig således, at det ene går ned, når det

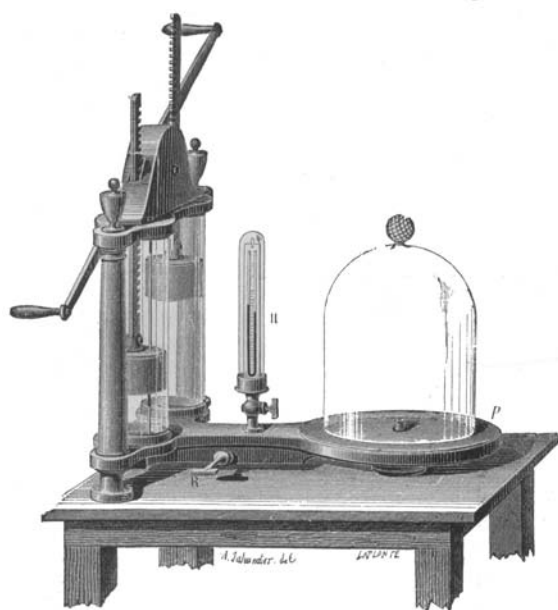


Fig. 392. Luftpumpe med to Pumperør.

andet går op; den ydre Lufts Tryk fremmer da det ene Stemplets Bevægelse ligeså meget, som det hæmmer det andet Stemplets Bevægelse, og disse Virkninger ophæver så hinanden. Bevægelserne udføres på den Måde, at man med Hænderne tager fat på to Håndtag, der sidder på Enderne af en Vægtstang; denne Vægtstang sidder fast til et Tandhjul (i Figuren dækket med et Hylster), og dettes Tænder griber ind i Tænderne på Stempelstængerne; ved at dreje skiftevis til den ene og til den anden Side, føres Stemplerne op og ned. — Man opnår tillige ved denne Indretning, at Udpumpningerne sker dobbelt så hurtig, thi der er under Pumpningen jo altid ét Stempel, der går til Vejrs, og der går derfor altid Luft ud af Klokken.

I Figuren forestiller *H* et lukket Glasrør, der forinden er i Forbindelse med Røret, som fører hen til Klokken; også af dette Rør udpumpes da Luften, og et i Røret anbragt

Barometerrør fortæller os, i hvor høj Grad Luften fortyndes; når således Kviksølvet i Barometrets lukkede Gren er kommen til at stå 1 Tomme højere end Kviksølvet i dets åbne Gren, formår den afspærrede Luft i Pumpen kun at bære 1 Tomme Kviksølv, og dens Tryk er da kun ca. $\frac{1}{29}$ Atmosfæres Tryk.

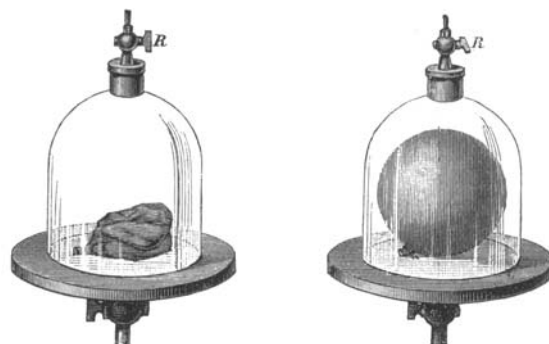


Fig. 393.

At Luften fortyndes i Klokken under Udpumpningen viser sig forøvrigt derved, at det bliver meget vanskeligt, måske umuligt ved Håndens Kraft alene at løfte Klokken op fra Tallerkenen. Hvor stor Kraft udfordres da hertil? Vi må da vide, hvor stort et Areal af Tallerkenen Klokken dækker over; lad det være 50 Kvadrattommer. Hvis så Lufttrykket inde i Klokken kun er $\frac{1}{29}$ Atm. Tryk, så svarer dette til ca. $\frac{1}{2}$ Punds Tryk pr. Kvadrattomme, og regnes den ydre Lufts Tryk til 14 Pd. pr. Kvadrattomme, så bliver der $13 \frac{1}{2}$ Pd.s Tryk at overvinde. Ialt bliver det da $50 \times 13 \frac{1}{2}$ Pd. = 675 Pd., og en så stor Vægt kan Enkeltmand ikke løfte; man kommer til at løfte hele Pumpen op, når man prøver på at tage Klokken af. — Klokkens Højde har ingen som helst Indflydelse på Kraftens Størrelse.

I Fig. 393 er afbildet en Klokke, der er forsynet med en Hane *R* foroven; under Klokken lægger vi en tillukket Gummiblære, hvori der er lidt Luft. Når da Hanen *R* er drejet for, og vi pumper Luften ud af Klokken, spiler Blæren sig ud, idet

Luften derinde udvider sig i et så stort Rum som muligt, når der kun er ringe Tryk udefra. Åbner man så Hanen *R*, strømmer der Luft ind i Klokken, og Blæren falder sammen.



Fig. 394. Magdeborgske Halvkugler.

De magdeborgske Halvkugler (Fig 394 og 395) er to Halvkugle-skaller af Metal, hvis Rande er planslebne, så at de, når de gnides ind med lidt Tælle eller Vaseline, slutter lufttæt til hinanden; den ene Halvkugle bærer et Rør med en Hane på, den anden et Håndtag. 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 udpumpede. Apparatet har fået 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

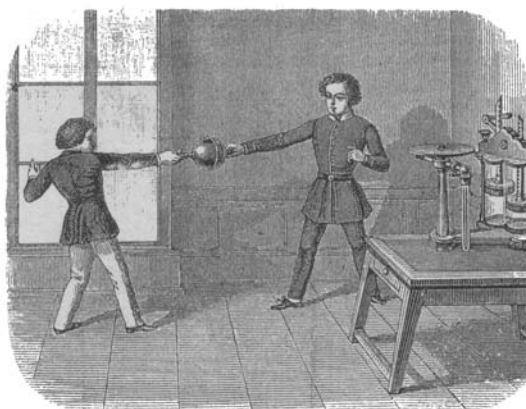


Fig. 395. Magdeburske Halvkugler.

Diameter på ca. 16 Tommer, og 16 Heste, 8 på hver Side, havde stor Møje med at rive Halvkuglerne fra hinanden; da det skete, hørtes et vældigt Knald. — Åbner man Hanen på den udpumpede Kugle, suser Luften ind, og da skilles de to Dele let fra hinanden.

Det i Fig.381 afbildede Forsøg bør erindres her. Inde i Klokken på en Luftpumpe kan man frembringe et lille Springvand; Forsøget vil blive omtalt senere (Fig. 418), idet det også 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 får Vand fra et Vandværk, så at Vandet står



Fig. 396. Vand-Luftpumpe.



Fig. 397.

i Ledningerne under et vist Tryk; den er lavet af Glas og har den Form, som Fig. 396 viser. Ved Hjælp af en Kautschuk-slange (helst med Lærredsindlæg) forbindes Røret foroven

med Vandledningen, og åbner man for Vandet, så at dette strømmer ned igennem Apparatet, suger Vandstrømmen Luften med sig, og der foregår da en stadig Indstrømning af Luft igennem Siderøret; står dette Rør derfor i Forbindelse med en lukket Beholder, bliver Luften i denne delvis udpumpet.

Fortætningspumpen anvendes til at sammenpresse (komprimere) Luften i en Beholder, og tænker vi os i den i Fig. 391 afbildede Pumpe Ventilerne vendte om, således at de alene kan åbne sig den modsatte Vej, vil det let forstås, hvorledes Pumpen da bringes til at sammentrykke Luft i Stedet for til at fortynde Luft. Disse Pumper kan dog også 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 sådan Grad, at dens Tryk er det dobbelte af almindeligt Lufttryk; åbnes en Ventil så et Øjeblik, driver Luften ved sit Tryk et Projektil ud af Løbet med stor Kraft. *Den whiteheadske* (udt. vejtske) *Fiske-Torpedo* er forsynet med en lille Drivskruer bagtil, som drejes hurtig rundt af et lille Maskineri, der drives af stærkt komprimeret Luft; Torpedoen, der også udskydes ved Hjælp af komprimeret Luft, farer afsted med meget betydelig Hastighed. 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

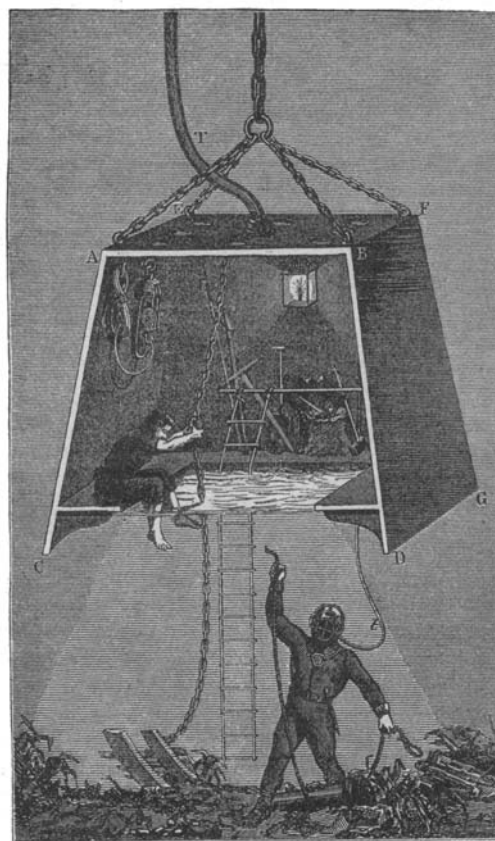


Fig. 398. Dykkerklokke.

Paris, sker Bevægelsen med $\frac{3}{4}$ Atm. Overtryk, og Hastigheden er ca. 1400 Alen i hvert Minut. Komprimeret Luft bruges nogle Steder som Bevægkraft for Sporvogne; Luftbeholderen (Akkumulatoren), som Vognen fører med sig, indeholder Luft ved henimod 200 Atm. Tryk. — Komprimeret Luft anvendes på Jernbanetog til at sætte Bremsene i Virksomhed (Westinghouse Bremsen).

I Dykkerklokken. og Dykkerhjelmen anvendes komprimeret Luft. Når man stikker et med Bunden opadvendt Glas ned



Fig. 399. Dykker.

i Vand, så må det stikkes et Par og tredive Fod ned, før Vandet udfylder Halvdelen af Glasset; da er nemlig Luften i Glasset sammentrykket til det halve Rumfang, og dette kræver det dobbelte Tryk, altså to Atm. Tryk; den ene er det ydre Lufttryk, der virker på Overfladen af Vandet, hvori man har stukket Glasset ned, den anden må hidrøre fra det over Glasset værende Vand, og dette må have en Højde af ca. 33 Fod for at kunne udøve det, vi kalder 1 Atm. Tryk (se Sp. 305) Stikkes Glasset dybere ned endnu, stiger Vandet højere op deri.

For nu at holde Vandet ude af Dykkerklokken — hvilken er en stor Kasse, der vender Åbningen nedad —, så at Dykkeren kan sidde derinde og arbejde derinde, går der en stærk Slange ned til Klokkens Overdel, og igennem den drives der komprimeret Luft ned fra en Fortætningspumpe; den ved Åndedrættet efterhånden fordærvede Luft skal tvinges ud forneden, og der må derfor stadig ske en Luftfornyelse ved Pumpningen.

Skal Dykkeren spadseres omkring på Havbunden, ifører han sig en vandtæt Dragt af Kautschuk, på Fødderne Sko med Blysåler og over Hovedet en Dykkerhjelme. Dragt og Hjelme er befæstet til en ringformig Metalplade, han får 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 foregår i Dybder på ca. halvandet Hundrede Fod.

VANDPUMPER. BRANDSPRØJTEN.

Når Vandpumpen bruges til at hæve Vandet fra et dybere liggende Bassin, kaldes den en *Sugepumpe*. Den består af et Pumperør, ganske som det i Luft pumpen (Fig. 391); der

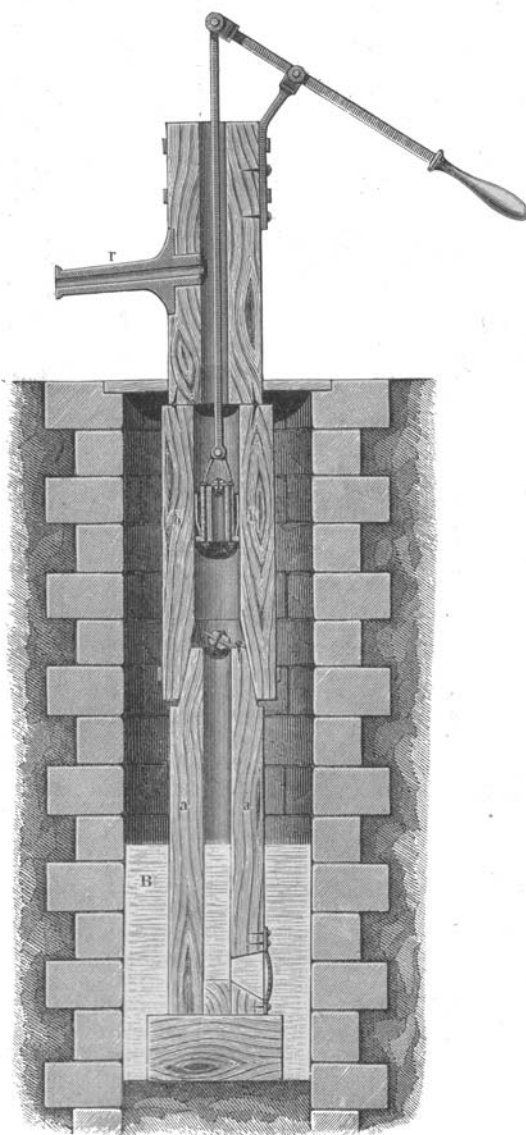


Fig. 400. Vandpumpe.

er et lufttæt sluttende Stempel med en Ventil i, der kan åbnes opad, og i Bunden en Ventil, der dækker for et Rør; men medens dette Rør i Luftpumpen gik hen til Tallerkenen, så går det her ned i Vandet, som skal hæves; man kalder dette Rør for Sugerøret og Ventilen, der lukker for det, for "Hjertet"; Stemplet kaldes også for Spanden. Når Pumpningen begynder, virker Pumpen som Luftpumpe, der suger Luften ud af Sugerøret (å, Fig. 400); men så snart dette begynder, stiger Vandet til Vejrs i dette Rør, og altid netop så højt, at det Tryk, den hævede Vandsøjle udøver, udgør Forskellen imellem den ydre Lufts Tryk på Overfladen af Vandet i Bassinet {B} og den indre Lufts Tryk; da dette sidste kun i det aller gunstigste Tilfælde kan blive ingen Ting, så kan Vand højst stige ca. 33 Fod



Fig. 401. Vandpost.

ved Sugning. Derfor må Hjertets Højde over Vandet i B være mindre end 33 Fod; kun da er det muligt at få Vandet til at gå op over Hjertet, og føres Stemplet så helt ned til Hjertet, trænger Vandet igennem Stemplets Ventil op over Stemplet og føres op med dette, så at det kan komme til at løbe ud af Tuden (r i Fig. 400).

Altid når Stemplet går ned, er Hjertet lukket og Stempelventilen åben; omvendt når Stemplet trækkes til Vejrs.

Stemplet og Ventilerne tættes gerne med Læder; men når Pumpen ikke bruges i nogen Tid, trækker Læderet sig sammen og slutter ikke lufttæt til; man må derfor helde noget Vand fraoven ned i Pumperøret for atter kunne få Pumpningen i Gang.

Når 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, så anvendes Trykpumpen (Fig. 402). Den har Sugerør med Hjerte ligesom Sugepumpen, men

Stemplet har ingen Gennemboring, hvorimod der fra Pumperørets nederste Del udgår et Siderør, "Stigrøret", der har en Ventil, som kan åbne sig udefter fra Pumperøret, når der inde fra dette kommer et større Tryk, end der virker i den modsatte Retning fra Stigrøret. Det forstås da, at når der er suget Vand op i Pumperøret ved Stemplets Bevægelse opad, at så dette Vand, når Stemplet går ned, drives ind i Stigrøret, og i dette kan Vandet drives så højt, det skal være, når man blot anvender tilstrækkelig stor Kraft på Stemplet. På 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 Vandtårn; når denne Beholder er fyldt, løber det overflødige Vand af.

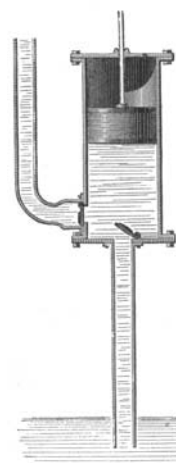


Fig. 402. Trykpumpe.

Det Tryk, som Vandet står med på et vist Sted af Ledningen, beror derfor på, hvor stor den lodrette Dybde er, som dette Sted har under Vandspejlet i Vandtårnet. Vandtrykket er derfor større i Stueetagen i et Hus end i de højere Etager. Laver man et Vandspring, der får Vand fra et sådant Vandværk, kan Vandspringets øverste Punkt aldrig komme op over det nævnte Vandspejl (se Fig. 337).

I Brandsprøjten (Fig. 403) er der to Trykpumper opstillede i en stor Beholder, som fyldes med Vand, og Stemplerne bevæges således ved Hiælp af en stor Vægtstang foroven, at det ene går op, når det andet går ned. Den Ventil på Siden, som i Fig. 402 fører ud til Stigrøret, fører her fra begge Pumper ind til en større Beholder midt imellem Pumperne, den

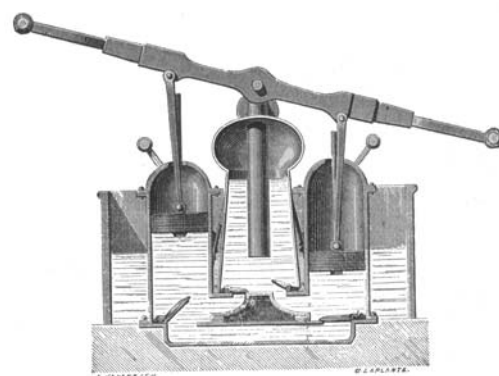


Fig. 403. Brandsprøjte.

såkaldte Vindkedel, den er helt lukket til, og ind igennem den foroven går et Rør, som er åbent i begge Ender; på den Ende, som rager udenfor Vindkedlen, skrues Sprøjteslangen fast.

Da der under Brugen altid går et Stempel ned, så trykkes der altid Vand ind i Vindkedlen og herfra 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 Stråle og forhindrer stødvis Udsendelse af Vandet.

Af de Stillinger, som Ventilene på Figuren har, kan man se, at højre Pumpes Stempel i Øjeblikket går ned, venstre Pumpes Stempel op.

ATMOSFÆREN. LUFTVEJNING. LUFTBALLONEN.

Det er omtalt Sp. 300 og vist i Fig. 377, hvorledes man har vejet den atmosfæriske Luft, og det blev nævnt, at 1 Kubikfod Luft meget nær vejer 8 Kvint ved almindelig Temperatur og Lufttryk.

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 så er der desuden omtrent 1 Procent Argon, en Luftart, som man først i de sidste År har opdaget, og at den kunde skjule sig godt så længe, ligger i, at den står 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 små Mængder.

Men så 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., når Solen skinner ind igennem Vinduerne, og blæser det efter nogen Tids Tørvej, så 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 så, at Himlens blå Farve hidrører fra Luftens Indhold af mikroskopisk Støv; uden Støv i Luften vilde Himlen være sort. Dette kan vi nu ikke her gå nærmere ind på; derimod skal der nævnes nogle Eksempler på, hvilke uhyre Mængder fine Støvkorn, der kan findes i Luften, og ser man på disse Tal, så forstår man også, hvor umådelig fine de må være.

Undersøgelser i England gav, at der i hver Kubiktomme var i klar Luft på Landet ca. 9500 Støvpartikler, i tyk Landluft derimod 180,000, i London gennemsnitlig ca. 2 Millioner. I et Værelse fandtes der til en Begyndelse 9 Mill. Støvpartikler i hver Kubiktomme, men da der havde brændt 4 Gasblus i Løbet af 2 Timer, var Antallet steget til ca. 900 Millioner. — Renest er Luften, når det klarer op efter nogen Tids Regnvej og især Snevej.

Af Bakterier fandtes der i hver Kubikfod på Spidsen af Pantheon i Paris 6, i Rivoligaden i Paris 120, de nye Dele af Paris 150, de ældre 1200; i Bjergluft forekommer der kun 1 Bakterie for hver 30 Kubikfod, ude på Verdenshavene endnu færre. Det skal her indskydes, at et Menneske indånder daglig mellem 150 og 300 Kubikfod Luft. — Med Hensyn

til Årstidens Indflydelse på Bakteriernes Antal skal det nævnes, at 10 Års Undersøgelser af Luften på Place St. Gervais i Paris gav i hver Kubikfod:

Vinter	Forår	Sommer	Efterår	Året
120	190	260	150	180

Forskellige Luftarter, der kommer sammen, vil ret hurtigt blande sig med hinanden, så at Blandingen er ligelig overalt, og endskønt Bestanddelene i Atmosfæren er ulige tunge, så er den dog en sådan ligelig Blanding af dem, hvortil iøvrigt Vindene bidrager deres. Men ligesom man i nogen Tid kan have Sprit stående over Vand (Sp. 185, Fig. 199), skønt disse to Vædsker uhyre let blandes sammen, således kan man også have to Luftarter, der er ulige tunge, en kort Tid skilt fra hinanden, om end Grænsen ikke er meget skarp. Vi vil som Eksempel på en let Luftart tage Brint, som Eksempel på en tung Luftart Kulsyre; den første er 14 ½ Gange lettere end atmosfærisk Luft, den sidste 1 ½ Gange tungere.

Sp. 95 er det omtalt, og i Fig. 109 vist, hvorledes man kan lave sig noget Brint på en overmåde simpel Måde. Lader man Brinten strømme fra Flasken igennem et Rør op i et Glas, som holdes ovenover dette Rørs Munding, så stiger Brinten til Vejrs i dette, samler sig foroven i det og driver gradvis den atmosfæriske Luft ud forned; efter kort Tids Forløb er Glasset helt fyldt med Brint. Man kan holde denne Brint nogen Tid i Glasset, men man må da først og fremmest holde Glasset med Mundingen nedad, og heldigt er det naturligvis desuden at lægge en Glasplade op til Mundingen, så at man søger at spærre Brinten af fra Luften udenfor. At der er Brint i Glasset, viser sig derved, at en brændende Tændstik, som føres hen til Glassets Munding, antænder Brinten, idet man hører et lille Puf, men stikkes Tændstikken helt op i Glasset, slukkes den, thi Brinten kan vel brænde der, hvor den er i Berøring med Luften, men den kan ikke vedligeholde Tændstikkens Ild (den nærer ikke Forbrændingen).

Denne Brint kan man helde fra et Glas til et andet, men man må da helde franed og opad, således som Fig. 404 viser, og gøre det rask.

Kulsyre kan man skaffe sig på forskellige Måder. Man kan således bruge et ganske lignende Apparat som det, der bruges til Brintfremstillingen, men i Flasken skal man putte Stykker af Kalksten eller Kridt eller Marmor i Stedet for Zink og så helde fortyndet Svovlsyre eller Saltsyre ovenpå; det bruser stærkt nede i Flasken, og ud af Røret i Proppen strømmer da Kulsyre; dette

Udløbsrør må helst være bøjet, således som Fig. 405 viser, thi den usynlige Kulsyre kan da strømme ned i et Kar og efterhånden fylde det mere og mere; Kulsyrens Tilstedeværelse viser sig derved, at en brændende Tændstik, som man bringer ned i



Fig. 404.

Karret, slukkes. (Et Glasør, kan man selv bøje som man ønsker det, ved at ophede Røret forsigtig i en Flamme på det Sted, hvor man vil bøje det; når Røret begynder at gløde, er det så blødt, at Bøjningen kan ske, men det må gøres forsigtig, og Stedet må hele Tiden under Bøjningen holdes i Flammen).



Fig. 405.

Et almindeligt Stearinlys kan levere os Kulsyre; dets Flamme består nemlig af tre forskellige Partier (Fig. 406): en indre og mørk Del C, en stærkt lysende Del B og så endelig en meget hed Del A yderst, som dog ikke lyser; denne sidste Del består af Kulsyre, og ved Hjælp af et bøjet Glasrør (Fig. 407) kan man få denne Kulsyre ledet ned i et Kar.

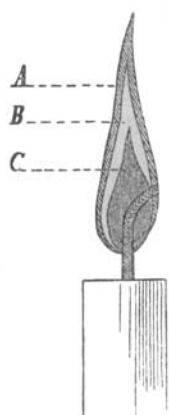


Fig. 406.

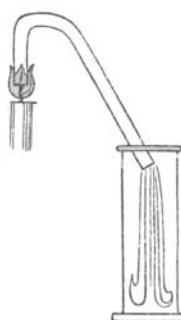


Fig. 407.

Dog kommer det an på den Stilling, som Glasrørets Munding har i Flammen, hvad man får ledet igennem Røret ned i Karret. Når Mundingen nemlig så langt ind i Flammen, som det ses i Figuren, så går der hvide Stearindampe over fra den mørke Del C; når Mundingen ind i B, går der en stærk Kulrøg over i Karret, men når Mundingen kun ind i den øverste Del af A, så går der Kulsyre over; man kan da ikke se, at der kommer noget ned i Karret, men efter nogen Tids Forløb ser man, at en Tændstik eller et Lys slukkes, når det bringes ned i Karret. Disse Forsøg er lette og morsomme.

Endelig kan man få Kulsyre fra Sodavand, thi når Sodavand holdes fra en Flaske eller sprøjtes fra en Sifon over i et Glas eller Kar, udvikles der en Mængde Kulsyreluft fra Vandet (se Fig. 410).

Kulsyre kan man helde fra et Kar over i et andet ganske på samme Måde, som når man helder Vand fra et Glas over i et andet; men der går naturligvis et noget til Spilde på Vejen. Efter nogen Tids Henstand i et åbent Glas er Kulsyren forsvunden, ø: den har bredt sig ud i Luften, og Luft er til Gengæld trængt ind i Glasset.

At Brinten er lettere og Kulsyren tungere end almindelig Luft, kan vises ved ligefrem Vejning. Har man en Vægt med

Kroge under Skålen til sin Rådighed, bruger man til Hjælp et stort, men let Glas: det overbindes med et Stykke Papir, og der

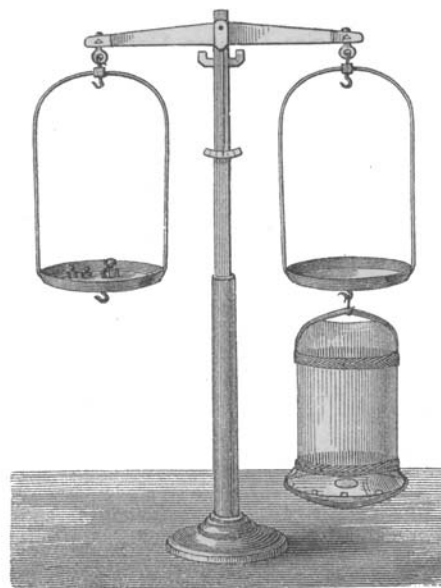


Fig. 408.

bindes Bændler således omkring det, at det kan hænges op i omvendt Stilling. Gælder det Brint, så hænges Glasset op i omvendt Stilling, således som Fig. 408 viser, og ved Lodder på den anden Skål sørger man for, at Glasset er afbalanceret. Så leder man igennem et Rør Brint fra et Brintudviklings-apparat op igennem Hullet på Papiret, og man ser da, at den Skål går til Vejrs til Tegn på, at Glasset fyldt med Brint er lettere end Glasset fyldt med atm. Luft. — Gælder det Kulsyre, stiller man Glasset opret op på Skålen (i dette Tilfælde behøver der ingen Kroge at være under Skålene), og når det er afbalanceret, lader man Kulsyre strømme ned igennem Hullet; Skålen synker da.

Hvis man ingen Vægt har, så kan man selv lave sig én, der kan bruges her, af Metaltråd, som det ses i Fig. 409, der næppe behøver nærmere Forklaring; Skålen til Lodderne kan være

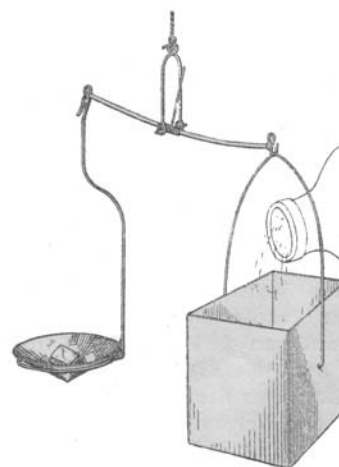


Fig. 409.

lavet af Papir, og på den anden Side er Skålen erstattet af en stor, firkantet Papirkasse, der kan vendes både op og ned. Man afbalancerer først og derpå helder man Kulsyreluft ned i Papirkassen, hvilken vender Åbningen opad. Gælder det Brint, vender man Bunden i Vejret på Kassen og lader Brint strømme op i den.

For Luft må Archimedes's Lov gælde (Sp.278): et Legeme vejer mindre, når det er i Luften, end hvis det var i det tomme Rum, og Forskellen i Vægt må netop være det, som den Luftmængde vejer, som Legemet fortrænger. Da 1 Kubikfod atm. Luft vejer ca. 8 Kvint, så vil 1 Kubikfod Jern veje 8 Kvint mindre i Luften, end den vilde veje, hvis den blev bragt ind i et lufttomt Rum. Hvis man har et Legeme, af hvilket 1 Kubikfod vejer mindre end 8 Kvint, så vil det gå et sådant Legeme i Luften på samme Måde, som det går et Stykke Kork i Vand :

det stiger til Vejrs; en Sæbeboble fyldt med Gas er et sådant Legeme (se Sp. 293).

Har man en tung Luft, som f. Eks. Kulsyre, stående i et Kar, så vil et Legeme, der er tungere end atm. Luft, men lettere end Kulsyre kunne lægge sig på Kulsyren, således som Kork,



Fig. 410.

et Skib osv. flyder på Vand. Et sådant Legeme er en på almindelig Måde blæst Sæbeboble. Lader man en sådan falde ned i et Glas (A), brister den ved Bunden, men falder den ned i et Glas med Kulsyre (S), holder den sig svævende på Kulsyren; den bliver efterhånden større og større (C), hvilket ligger i, at der trænger Kulsyre ind igennem den tynde Vandhinde, og samtidig bliver den tungere, så at den synker dybere ned. Man må passe på, at Sæbeboblen falder ned i Glassets Midte, da den brister, når den berører Siden af Glasset; bedst er det derfor at tage et vidt Kar.

Har man en Luftpumpe til sin Rådighed, kan man vise, at Archimedes's Lov gælder for Luftarter, ved det lille Apparat Fig. 411: på en let bevægelig Vægtstang er afbalanceret et lille, massivt Legeme og en stor, hul, men lufttæt lukket Kugle.

Stilles dette Apparat på Tallerkenen, og Klokken stilles over det, vil man se, at når Udpumpningen går for sig, bliver Lige-

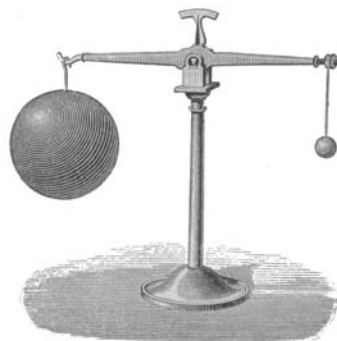


Fig. 411.

vægten forstyrret, idet den store Kugle synker; den blev nemlig før båret af Luften, men denne Opdrift formindskes nu efterhånden; det lille Legeme mister ganske vist også sin Opdrift, men dette er på Grund af dets lille Rumfang ikke af nogen Betydning.

På 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 $\frac{1}{2}$ á 1 Krones Penge; den er lavet af Silkepapir med et stort Hul forneden, og i dette sidder et Ståltrådkors; man folder Ballonen noget ud,

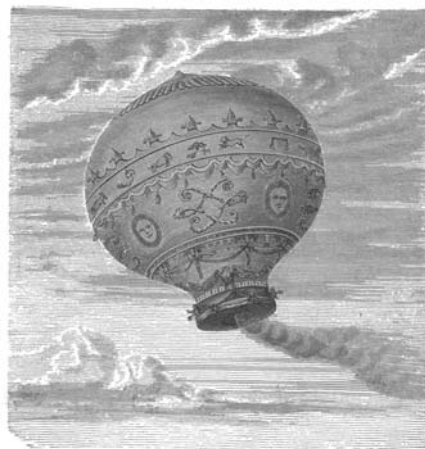


Fig. 412. En Montgolfière.

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 går til Vejrs; først når Ilden er slukket, og Luften i det indre efterhånden afkøles, daler Ballonen igen.

En Montgolfière gik første Gang op i Frankrig, i Året 1783, først uden Passagerer i Juni, dernæst, i Overværelse af Kongen, med et Bur, hvori der var et Får, en Hane og en And (September), og endelig med to Adelsmænd i November (Fig. 412). 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 Charliéren må man skaffe sig en let Luft i Ballonen ved at lede Brint eller Gas ind i den; Brint er for så vidt bedst, som den er lettest, nemlig 14 ½ Gange lettere end Luft, medens Gas er halv så tung som Luft, men Gas er, hvor man har Gasværker, meget billigere, og den siver ikke så let ud igennem Ballontøjet, som Brint gør; en Ballon med Gas må være større end en Ballon med Brint, når de skal løfte lige meget. I 1783 gik også den første Charliére op (fra Paris), men den gik itu oppe i Skyerne, hvilket hidrørte fra, at den var lukket helt og var helt fyldt med Brint; når den da kommer op i Regioner, hvor Lufttrykket er stadig mindre og mindre, vider den indesluttede Luft sig ud og kan da let sprænge Ballontøjet. Charliéren bør ende i en lang, åben Hals forneden, og den bør til en Begyndelse kun være delvis fyldt med den lette Luftart; efterhånden som Ballonen stiger højere, vil denne Luftart vide sig ud og tilsidst fylde hele Ballonen. Gondolen er af Kurvefletning og hænger i Snore, der går ned fra et Fletværk af Tov, som omgiver hele Ballonen, for at Trykket kan blive ligelig fordelt.

Når man vil stige højere til Vejrs, udkaster man Ballast (Sand); vil man dale, åbner man, ved at trække i en Snor, en Ventil øverst på Ballonen, hvorved der strømmer Gas ud, medens der trænger atmosfærisk Luft ind forneden igennem Halsen.

Til Luftfarer anvendes nu alene Charliéren. Ballontøjet er ferniseret Silketuft eller Bomuldstøj.

Det farligste ved en Ballonfart er Nedstigningen, der let kan komme til at gå for sig ude på Vandet eller i Træer osv., og blæser det stærkt, kan man blive tumlet godt omkring; Luftskipperen søger med et Anker at få fat i et Træ eller anden fremstående Ting.

Under den fransk-tydske Krig 1870 nåede en fra Paris opsendt Ballon helt op til Norge i Løbet af 15 Timer; dette er den i Øjeblikket bekendte Ballonfart, der har strakt sig over den største Vejlængde. Derimod har en Ballonfart fra Berlin og op til det sydlige Jylland i Februar 1894 strakt sig over en endnu længere Tid, nemlig 18 ½ Time.

Foruden til Lystfarer er Ballonerne blevne benyttede meget i videnskabeligt Øjemed, særlig med det Formål for Øje at udforske Atmosfærens Tilstand i de højere Regioner. Det er navnlig i Frankrig og Tyskland, at denne Sag er bleven godt organiseret i de senere År. Man benytter dels Balloner, som medtager Passagerer foruden meteorologiske Instrumenter m. m., dels Balloner, som alene tager Instrumenter med, og som er bestemte til at nå 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 så, at de opskrive de Forhold, som de bliver underkastede.

Den største Højde, et Menneske har været i pr. Ballon, er 29,000 Fod (beregnet af Barometrets Stand); Luftens Tryk var i denne Højde kun ca. 9 Tommer (23 cm.) og Temperaturen - 48° C. Når man kommer op over en Højde af ca. 15,000 Fod, bør man for Åndedrættets Skyld medføre komprimeret Luft i Stålcylindre. — Allerede i Århundredets Begyndelse var man nået næsten en Mil til Vejrs.

I store Højder føler man Ildebefindende, bliver sløv og kraftesløs, Pulsen slår stærkt, Læber og Årer svulmer op, Stemmen mister sin Klang og Styrke, Mund og Hals bliver tør af den ringe Fugtighed i Luften, så at man kun med Besvær kan synke Mad; også Synet svækkes.

Temperaturen er meget lav i store Højder; den laveste Temperatur, man kender fra Balloner uden Bemanding, er - 75° C., hvilket en fransk Ballon gav, som havde været oppe i en Højde af ca. 57,000 Fod, d. e. 2 3/8 Mil. Den største Højde, en sådan Ballon har nået, var over 2 ½ Mil (fra Berlin), og den her målte Temperatur var - 68°.

Ved "Ballon captif" forstår man en Ballon, der er bunden til Jorden ved en Line eller Metiltråd; den bruges til små Lyst-Opstigninger, i geografisk og i militært Øjemed.

Den dristigste Ballonfart af alle er planlagt og iværksat 1897 af den svenske Meteorolog Andrée; i det Øjeblik, dette skrives, 3 Fjerdingår efter at Rejsen blev tiltrådt, ved man intet om hans Skæbne. Planen var at stige op fra Spitsbergen Nord for Norge og af de sydlige Vinde, som efter alle Undersøgelser at domme hersker i disse Egne en stor Del af Sommeren, at blive ført hen over Egnene omkring Nordpolen og nå over på den anden Side til Asiens eller Nordamerikas Kyster. Ballonen rummer godt og vel 14,000 Kubikfod og er fyldt med Brint (en 10 Gange så stor Ballon påtænkes bygget til Verdensudstillingen i Paris 1900). For at forhindre, at Ballonen daler i Utide, og for at gøre Ballasten så lille som muligt, benyttede Andrée Slæbetove, d. e. tre tykke Tove, som hænger ned fra Gondolen og slæber på Jorden; de er 7—800 Fod lange. Når f. Eks. Ballonen befinder sig i Skyggen af en Sky og derfor afkøles og begynder at dale, så lægger der sig en større Del af Slæbetovene ned på Jorden og Ballonen, som således er berøvet en Del af sin Vægt, vil da holde op med at dale og kan, når den atter kommer ind i Solskin, stige til Vejrs igen; skulde man derimod for at opnå dette have kastet Ballast ud, så vilde denne jo være gået tabt med det samme. Når Ballonen på den anden Side begynder at stige ved en pludselig Opvarmning af Luften, så kommer den til at bære en større Længde af Tovene og hemmes derved i sin Stigning; uden Slæbetove måtte man for at hemme Stigningen slippe nogen Luft ud foroven, men den Luft havde man så mistet med det samme. Det er da klart, at Slæbetovene i høj Grad må kunne forlænge Fartens Varighed; det var beregnet, at der vilde medgå en Ugestid til at nå lige over Polen ned til Beringstrædet (Strædet langt imod Nord, hvor Asien og Nordamerika mødes), men Ballonen skulde være i Stand til at holde sig oppe i Luften en Månedstid. Hvis alt er rigtig beregnet, og ingen Uheld støder til, er der ingen Grund til at betvivle, at en sådan Fart lader sig udføre med Held. Ekspeditionen var forsynet

W
W
W
S
V
E
N
D
E
N
D
I
K

med Redningsbåd, Slæder, Proviant og Ammunition for adskillige Måneder; Proviantens gradvise Forbrug er jo også en Ballastformindskelse.

Foruden de Balloner, som i Luften føres frem af Vinden, har man også konstrueret Balloner, som *drives* frem i Luften på samme Måde som et Skrueskib drives frem i Vandet. Ballonen

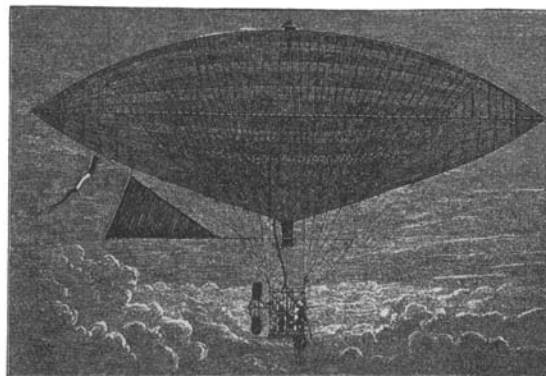


Fig. 413.

har da en Form, der nærmest ligner Cigarformen (Fig. 413), og den er forsynet med en Vinge, der gør samme Tjeneste som Skibsskruen og drejes rundt enten af en lille Dampmaskine eller af en Dynamo, som får Strøm fra et Akkumulatorbatteri (se Sp. 174). Ved Hjælp af et Sejl, der kan drejes ud til Siden, er man i Stand til at ændre Ballonens Retning, ligesom man styrer et Skib med Roret; det er henholdsvis Luftens og Vandets Modstand imod, at Sejl- og Ror-fladen føres frem igennem Luften og Vandet, som forårsager Drejningen. Opgaven, der er Tale om at løse i denne Slags Balloner, er dog ikke helt løst, idet Vinden har en så stor Indflydelse på Ballonens Retning.

I Fig. 414 og 415 er afbildet en *Faldskærm* henholdsvis sammenfoldet og udslået; en Ballon kan f. Eks. medføre



Fig. 414.



Fig. 415.

en sådan, og man kan da lade sig dale ned til Jorden med Faldskærmen, imod hvis Fald Luften byder en så stor Modstand, at Hastigheden ikke bliver stor. Oppe ved Skaftet er der et Hul i Tøjet, for at den Luft, der under Faldet hober sig op under Skærmen, kan undvige regelmæssig; var der ikke noget sådant Hul, så blev Luften tvungen til at vige bort ved Skærmens Rand, men derved kom den let i stærke Svingninger og kunde slå om.

ANVENDELSER AF LUFTTRYKKET.

Man kan lave sig et lille Springvand, der beror på Lufttryk, på følgende Måde (Fig. 416). Man fylder Vand til $\frac{3}{4}$ i en Flaske og lukker den til med en Prop, som har et Hul, hvori der er sat

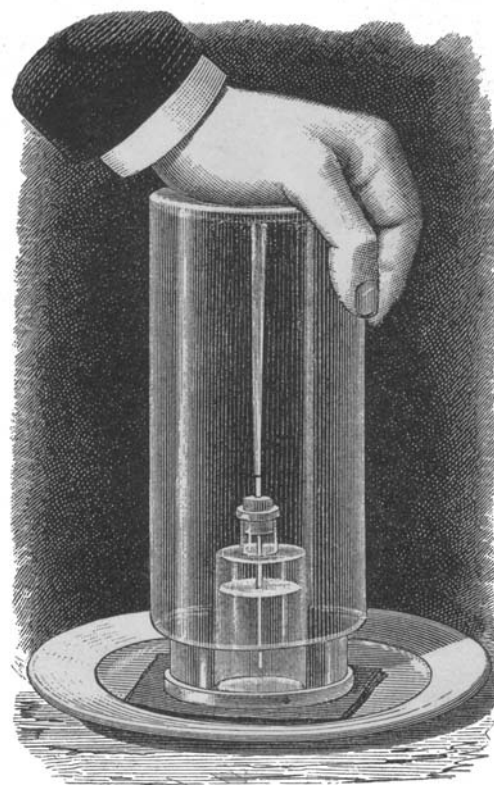


Fig. 416.

et Glasrør fast; dets nederste Ende når ned i Vandet. Man stiller dette Glas på nogle Papirblade, som er gjort våde og lagt ned på en Tallerken og fører da et større Glas ned over Flasken, efter at man først har holdt Munden af dette Glas over en Stearinflamme. Glasset trykkes med Hånden stærkt ned imod Papiret, så at der ingen Luft kan trænge ind udefra, og man ser da Vandet stige ud af Røret i en Stråle. Grunden hertil er følgende: da Luften i Glasset blev ophedet, udvidede den sig og gik delvis ud forneden; når da Glasset er sat på sin Plads, som Figuren viser, afkøles Luften i den igen, og da der nu er mindre af den end før, udøver den

www.svendee.dk

ikke så stort et Tryk; Luften, som er inde i Flasken, vil derimod udøve sit gamle Tryk på Vandet, og Trykforskellen inde i Flasken og udenfor den vil da drive Vandet op i Røret og ud af det.

Har man en Luftpumpe til sin Rådighed, kan man få Vandspringet frem ved at stille Flasken med Vand ind under Klokken og så blot gøre et Pumpeslag eller to.

I Forbindelse hermed kan nævnes Forsøget, der er afbil-

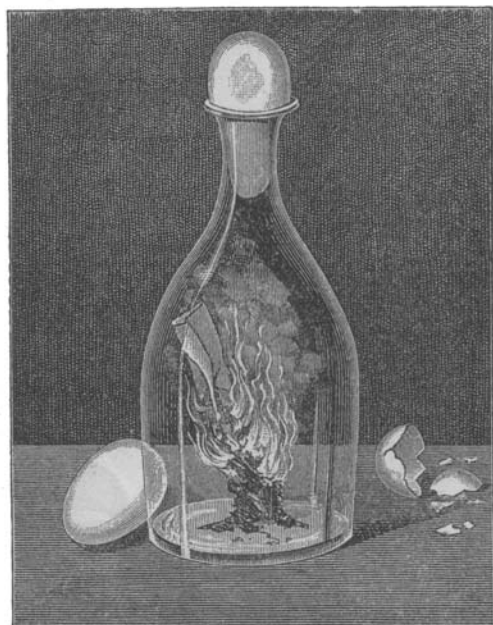


Fig. 417.

det i Fig. 417; noget brændende Papir puttes ned i en Karaffel, og når det har brændt et lille Øjeblik, lukkes Halsen tæt til med et hårdkogt Æg, som Skallen er taget af. Da ser man, hvorledes Ægget drives nedad af det ydre Lufttryk og tilsidst falder ned i Karaffen.

Fig. 418 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 på Siden, og her synker da efterhånden Overfladen, men først når den er kommen så langt ned, at der slipper lidt Luft op i Karret, træder der lidt nyt Blæk ud i Tuden.



Fig. 418.

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 også, når man vil tage Prøven, uden at Vædsken kommer i kendelig Bevægelse. Det er et Glasrør, hvis nedad vendte Munding er meget snever, og som har en Udvidelse på Midten. Efter at Spidsen er stukket ned under Vædskens Overflade, suger man foroven; Sugningen består i, at man udvider Brystkassen og sænker Mellemgulvet; derved bliver der mere Plads til Luften i Brystet, og der strømmer så Luft udefra ind

igennem Munden; I nærværende Tilfælde kommer denne Luft fra Hævertens Indre, og da må den ydre Lufts Tryk på 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; når 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 trænger Luft ind samtidig, som kan indtage den udløbne Vædskes Rum, men Mundingen forneden er for snever til, at Vædske og Luft her kan passere forbi hinanden.



Fig. 419.

Et regelmæssigt Udløb af Vædske fra et Kar til et andet kan man frembringe med en *togrenet Hævert*, hvilken ganske simpelt er et bøjet Rør; i Fig. 420 er en sådan Hævert lavet af en udhulet Nød og to Strå, der er sat lufttæt ind i Huller i denne Nød. Hæverten anbringes, som Figuren viser;

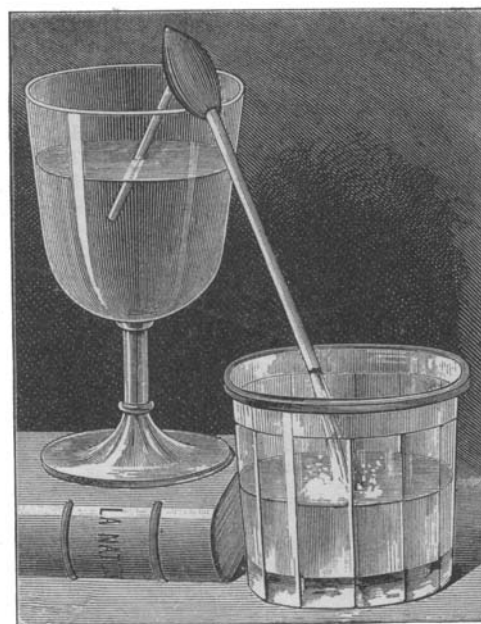


Fig. 420.

man suger i den frie Ende, Vædsken stiger da til Vejrs og fylder Hæverten, hvortil Lufttrykket på Vædskens Overflade er Årsagen, og når man føler Vædsken i Munden, tager man denne bort: Vædsken bliver da ved med at løbe, når blot *den frie Munding ligger lavere end Overfladen i det Kar, hvorfra Vædsken strømmer bort*. Det er klart, at når Vædsken i dette Kar efterhånden synker så dybt, at Hæverten ikke mere når ned deri, så hører Udløbet op.

Det er ikke altid rart at få en Vædske, der skal løbe igennem Hæverten, ind i Munden; man kan da bruge en

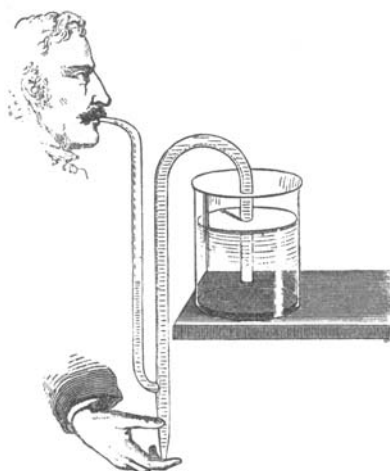


Fig. 421.

Hævert med Sugerør (Fig. 421); man må da under Sugningen lukke for Hævertens nederste Hul, og når den er bleven fyldt med Vædsken, kan man tage både dette Lukke og Munden væk; Vædsken løber da ud i en stadig Strøm.

Fig. 422 viser os et Vanspring, der skyldes

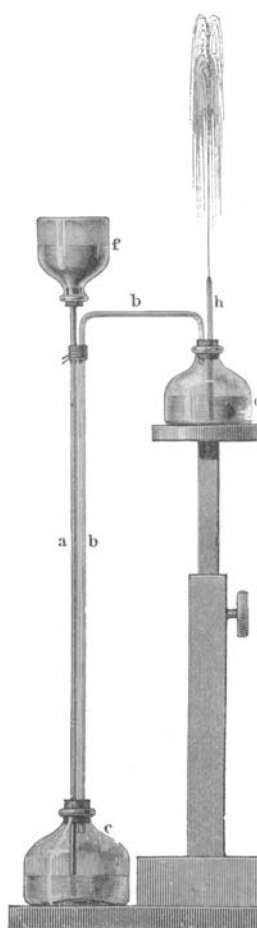


Fig. 422.

des afspærret Lufts Tryk, det såkaldte *Heron's Vandspring*. De to Flasker c og d har begge tætsluttende Propper med to Huller i; Røret b, der kun når lige nedenfor Propperne, forbinder Flaskerne med hinanden. I det andet Hul i de to Propper er der stukket lodrette Rør, som når helt ned til Bundene; det, der går ned i c's Prop, nemlig a, er højt, medens det, der er stukket igennem d's Prop (Røret h) er kort og løber spidst til foroven. Til en Begyndelse er d næsten helt fyldt med Vand og c tom. Man helder så Vand ned i c gennem Røret a; så snart dette Vand når op over a's nederste Munding, er der afspærret Luft i c, Røret b og Flasken d's øverste Del; denne Luft presses sammen, når der heldes mere Vand ned, og ved dens Tryk på Vandoverfladen i Flasken d, drives Vandet her op igennem Røret h og står ud i en lodret Stråle, der bliver desto større, jo højere Vandet står i Røret a; thi Vandhøjden i a er Mål for det Overtryk, som den afspærrede Luft er underkastet.

Fig. 423 viser os et Gennemsnit af en af de store Beholdere med Gas, som findes på 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 går Gassen igennem en Række Renseapparater, i hvilke den befries for en hel Del Urenheder, som vilde svække Gassens Lysstyrke, og når 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 Å ned, åben forneden og med Bund foroven og lavet af sammennittede Jernplader. Op igennem Vandbassinet går der to Rør, RR og SS, så højt op, at Mundingerne af dem er over Vandspejlet. Når der nu skal strømme Gas ind i Cylinderen igennem Røret RR, så er SS samtidig

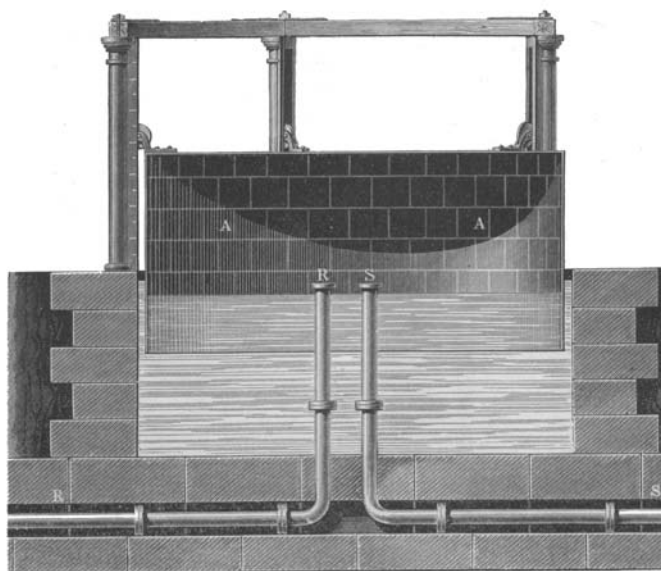


Fig. 423. En Gasbeholder.

lukket med en Hane; efterhånden som der kommer mere og mere Gas ind, hæver Cylinderen sig, og den hindres i at vælte derved, at der rundt omkring den står Jernsøjler, som tjener til at styre dens Bevægelse. Når så Beholderen er bleven fyldt med Gas, lukker man af for RR, og derpå åbnes Hanen på SS, og herigennem kan Gassen komme ud i Gasledningen, trykket derud igennem af Beholderens Vægt. Dette Tryk på Gassen bevirker også, at Vandet inde i Klokken står 1—2 Tommer lavere end Vandet udenfor. Efterhånden som Gassen benyttes ude i Ledningen, synker Cylinderen dybere og dybere.

I Forbindelse hermed skal omtales Indretningen af *Gasmåleren* eller *Gasuret*, på hvilket man kan se, hvor megen Gas (målt i Kubikfod eller Kubikmeter) der er forbrugt i en vis Tid; en sådan Måler opstilles hos alle dem, der er Gasforbrugere og skal betale Gassen. — Udefra at se til er Gasmåleren en overalt lukket, vandret liggende Metalcylinder (se Figur 424), med et Rør, der fører Gassen ud og ét (c), hvorfra den strømmer ud i Husets Ledning. Inden i denne Cylinder ligger en

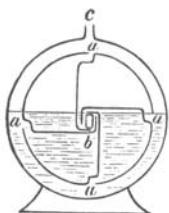


Fig. 424.

Tromle, lavet af Metalblik og delt i Rum, der ved Spalterne *a* står 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 når der nu bruges Gas i Huset, så går denne ud igennem *c* fra de Rum af Tromlen, der har Åbningerne *a* oppe over Vandet; derved kommer Vandet til at stige lidt i disse (til venstre i Figuren), de synker ned i Vandet, og de på den anden Side (til højre) hæver sig og afgiver den Gas, der strømmer ind i dem, til Cylinderen og til Brænderne. Når de

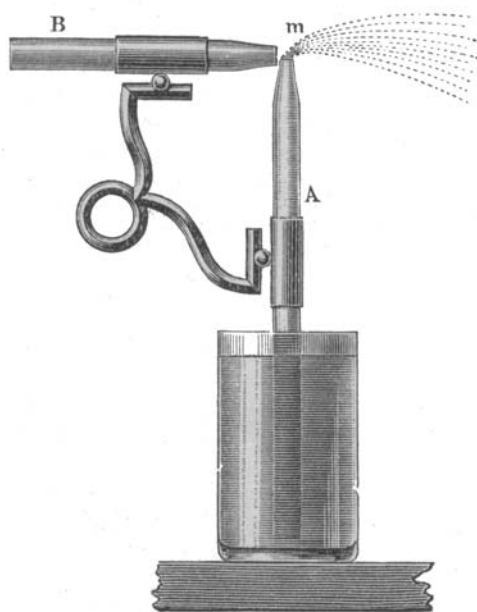


Fig. 425.

fire Rum har afgivet deres Gasindhold, er Tromlen gået én Gang rundt; et Tællværk, der drives af Tromlens Akse, giver Oplysning om Gasforbruget.

Når der strømmer Luft ud af et Rør eller af et Hul, fremkommer der nogle mærkelige Sugningsfænomener, hvorpå der her skal nævnes nogle Eks. empler.

Holder man den udstrakte Hånd ned over et Stykke Papir i en ringe Afstand derfra og puster imellem to af Fingrene ned imod Papiret, så ser man, at Papiret farer op imod Hånden, skønt man skulde have ventet det modsatte. Det ligger i, at når Luften er kommen igennem Hånden, så kan den straks brede sig ud 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 på Bagsiden af Papiret drive dette op imod Hånden.

På dette Fænomen beror en *Blomster sprøjte* eller *Eau-de-Cologne-Forfrisker*, som den Fig. 425 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 går ned i en Vædskebeholder; Luftfortyndingen ved *m* bevirker, at der suges Vædske op i *A* og rives med Luftstrømmen, pulveriseret til meget fint Dråbestøv.



Fig. 426.

Når man holder et Stykke Papir med et Hul i op foran et Lys og blæser imod Papiret (Fig. 426), skulde man vente, at Luftstrømmen, der går igennem Hullet, vilde bøje Flammen bort og måske 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



Fig. 427.

tilbage fra dette og derved frembringer en Sugning igennem Hullet.

Stikker man Røret på en Trag i Munden og holder Tragten vandret ud for et Lys, således at dette er ud for Midten af Tragtabningen (Fig. 427), vil Lyset, når man blæser stærkt, bøjes ind imod Tragten; men befinder Lyset sig noget hen ad Tragtranden til, vil det kunne pustes ud af Luftstrømmen.

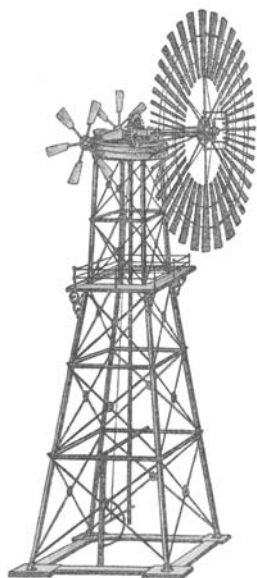


Fig. 428. Vindmotor.

Den her omtalte Sugning spiller en ikke ringe Rolle ved Bevægelserne af Møllevinger såvel i de ældre Vindmøller som også i de nyere Vindmotorer (Fig. 428), idet de får en stærkere Bevægelse, end det var at vente af det Tryk, som Vinden udøver imod Vingefladerne.

LYD OG TONER.

Vi ved alle, at Lyd er noget, vi opfanger med vort Øre; vi ved, at Lyden kommer fra et bestemt Sted, fra en Lydgiver, og vi kommer nemt under Vejr med, at der skal noget til for at forplante Lyden hen til vort Øre: dersom man stiller et Vækkeur på en Pude ind under Klokken på en Luftpumpe og så pumper Luften ud, kan Uret »vække« (ringe) nok så stærkt; vi hører det ikke. Igennem det tomme Rum kan Lyden altså ikke forplante sig, og det er Sp. 328 nævnt, at i tynd Luft er Lyden svag.

Lyden forplanter sig fortræffelig igennem Træ; lægger man Øret ned til en Bordplade og slår med en Finger let imod Bordet, eller lægger man et Ur på det, høres Slagene stærkt; lægger man Øret til en Dørstolpe, kan man lettere høre, hvad



Fig. 429. Stetoskopet



Fig. 430. Trådtelefon

de siger i Etagen ovenover eller nedenunder; Stetoskopet, som Lægerne bruger til Brystundersøgelser, er simpelthen et Træør (Fig. 429), hvis ene Ende lægges an imod Brystet, medens Øret lægges til Rørets anden Ende,

som har en pladeformig Udvidelse, og man kan da høre Herteslaget m. m. og opdage mulige Uregelmæssigheder. — Også igennem Jorden forplanter Lyden sig godt; lægger man Øret ned til Jorden, kan man høre Trin, Hovslag osv. i stor Afstand. — Trådtelefonen (Fig. 430) afgiver også Eksempel på Lydforplantningen. Her er to korte Rør eller Mundstykker med Bunde af udspændt Pergamentpapir (det bindes på, medens det er vådt), og disse to Bunde er forenede ved en lang Tråd; ved Brugen strammes denne Tråd ud, og Tale, der føres imod det ene Mundstykke, vil da høres i stor Afstand af den, der holder det andet Mundstykke til Øret.

Lyd bruger Tid om at forplante sig; ser man på Afstand en Mand sidde og hugge Sten, ser man en Ramklods falde ned på en Pæl for at ramme denne ned i Jorden, så hører man Slaget lidt efter, at man har set det falde; jo længere man er borte, desto større Tidsforskel. Nærmere Undersøgelse af forskellig Art har vist, at Lyden kommer henimod 1100 Fod frem igen-

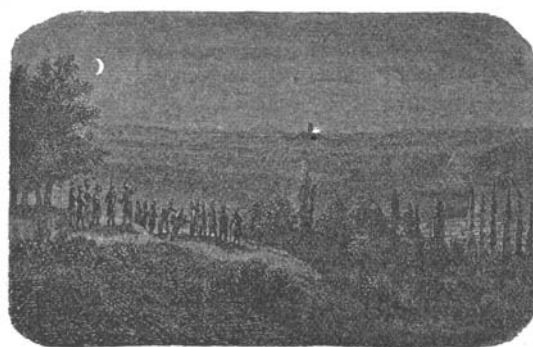


Fig. 431. Lydens Hastighed bestemmes.

nem Luften i hvert Sekund, hvilket altså vil sige, at når man står 1100 Fod fra en Lydgiver, så høres Lyden nøjagtig 1 Sekund efter, at den er bleven frembragt; står man 4400 Fod derfra, varer det 4 Sekunder.

Den første Bestemmelse af Lydens Hastighed skete ved Paris for ca. halvandet Hundrede År siden; om Natten blev en Kanon affyret på en stor Slette, og en Mand i betydelig Afstand derfra iagttog på et fint og akkurat gående Ur det Klokkeslet, da han så Glimtet, og det Klokkeslet, da han hørte Skuddet; Tidsforskellen er så den Tid, som Lyden har været undervejs, og når så Afstanden fra Kanonen hen til Manden med Uret er udmålt, kan man regne ud, hvor lang Vej Lyden kommer frem i hvert Sekund, og det er som sagt ca. 1100 Fod.

Hvad er det nu, der giver Anledning til en Lyd, og hvori består Lydforplantningen?

En Lyd opstår 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 foregår, sættes Luften altså i en sitrende Bevægelse, Delene svinger frem og tilbage, i et vist Øjeblik går nogle udefter,

d. v. s. bort fra Lydgiveren, medens andre svinger henimod den; der hvor Luftdelene svinger imod hinanden, må der frem-

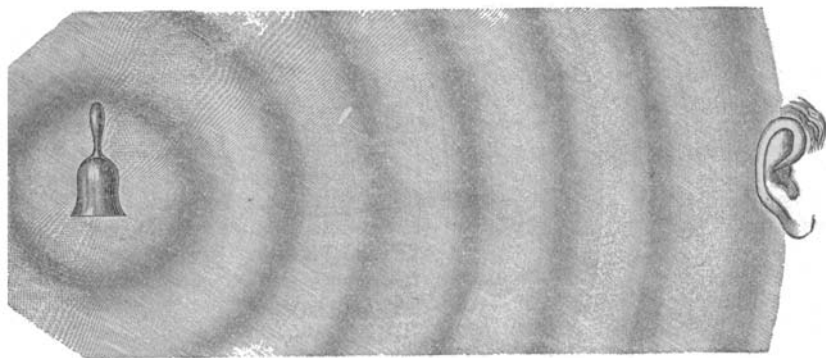


Fig. 432. Lydbølger i Luften.

komme en Luftfortætning, og der, hvor de svinger bort fra hinanden, en Luftfortynding. Rummet bliver således fyldt med

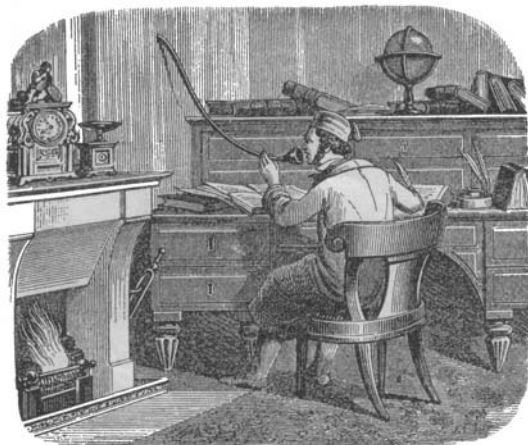


Fig. 433. Talerør.

en Række af skiftende Fortætninger og Fortyndinger, med de såkaldte Lydbølger. Lydgiverens Svingninger kan holde op, og dog kan Lydbølgerne skride videre udefter igennem Luften.

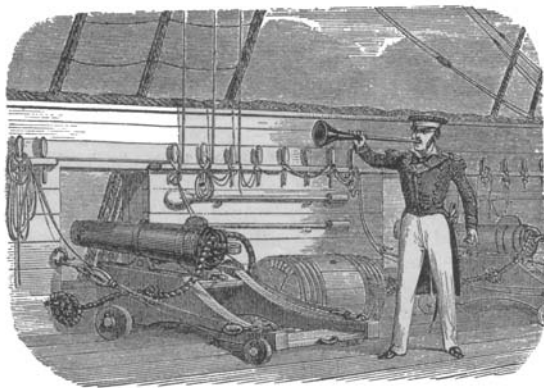


Fig. 434. Råber.

Da Lydbølgerne, efterhånden som de skrider frem i Luften, breder sig over flere og flere Luftdele, så må de blive svagere,

og det er jo også vel bekendt, at jo længere man står fra en Klokke eller fra En, der råber til En o. s. fr., desto svagere høres Lyden. Ved at begrænse den Luftmasse, som Lyden breder sig i, kan man forhindre dens Svækkelse, og dette sker, når man taler ind i et Rør (Talerør, Fig. 433). Også ved en Råber (Fig 434), et kegleformigt Rør, begrænser man noget den Luftmasse, som bliver gennembølget af Lyden, og får derved denne til at nå længere frem i Rummet. — Omvendt kan man koncentrere Lydbølgerne til en mindre og mindre Luftmasse og får dem derved forstærkede; dette kommer til Anvendelse i Hørerøre! (Fig. 435), hvor den snevre Munding

stikkes ind i Øret, og der tales imod den vide Munding; Talen bliver derved forstærket.

Ekko beror på, at Lydbølgerne kastes tilbage fra større Flader som Husflader, Klippevægge, Udkanten af en Skov o. s. v., og den, der hører Ekkoet, får da Indtryk af, at der står En bag en sådan Flade og råber hen til En. Står man 550 Fod fra den Flade, der skal give Ekko, og råber, så hører man Ekkoet I



Fig. 435. Hørerøret.

Sekund senere, thi Lydbølgerne skal løbe 550 Fod ind imod Fladen og derefter 550 Fod tilbage, og dette tager ialt en Tid af 1 Sekund. Råber man da så hurtig, at man udtaler fire Stavelser i hvert Sekund, så vil Ekkoet gentage de fire sidste Stavelser, man har sagt, umiddelbart efter, at man er færdig.

Når Lydbølgerne kastes tilbage først fra én Flade, så fra en anden, dernæst fra en tredje osv., kan der opstå mange Ekko; således skal i Kolonaden til et Slot næved Milano et Pistol-skud kunne høres henimod et halvt hundrede Gange. Når Fla-

derne er hvælvede, så kan Lydbølgerne blive tilbagekastede særlig henimod visse Steder, hvor da Lyden høres stærkt, medens den andre Steder høres forholdsvis svagt; en Skriftestol i en katolsk Kirke måtte man derfor en Gang flytte, thi Talen i Skriftestolen kunde man på Grund af Lydens Tilbagekastning fra Kirkens Hvælvinger høre ganske tydelig på et Sted lige indenfor Kirkedøren.

TONER.

Lyd har man efter deres Art givet forskellige Navne som Larm, Skrald, Knald, Raslen osv., men dertil kommer så Tonerne.

Lyd, der ikke er Toner, opstår ved uregelmæssige Svingninger i Lydgiveren. Vi kan som Eksempel nævne *Kastagetter*

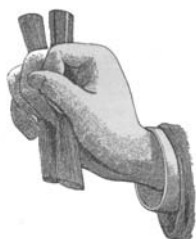


Fig. 436. Kastagetter

(Fig. 436): to Stykker Træ, der holdes imellem Fingrene og slås imod hinanden; der fremkommer herved en Række Lyd, som dog er væsentlig forskellige fra Toner; kun ved at Slagene følger hurtigt efter hinanden, får man et Indtryk, der minder om Tonen. — Et andet Eksempel er *Skrallen* (Fig. 437), hvor temmelig stive Træfjedre springer fra en Tand over på en anden, når Rammen med Fjedrene svinges rundt, medens Tænderne, der sidder fast til Håndtaget, bliver på deres Plads; Lyden gør et alt andet end behageligt Indtryk på Øret.

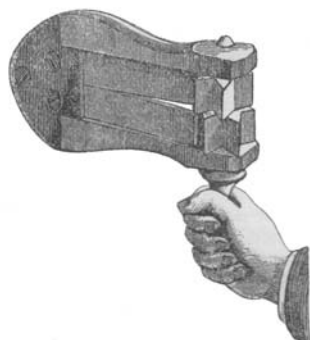


Fig. 437. En Skralle.

En Tone fremkommer ved regelmæssige og ligetidige Svingninger i Lydgiveren; hertil kræves, at dennes elastiske Forhold er så fuldkomne som muligt.

Vi taler om høje og dybe Toner. Tøns Højde er ene og alene afhængig af, hvor hurtig Svingningerne går for sig, thi jo hurtigere Svingninger, desto højere Tone. For at regelmæssige og ligetidige Svingninger skal kunne fremkalde en Tone, må de følge så hurtig efter hinanden, at der er allermindest en Snes Stykker i Sekundet, men Antallet kan i de højeste Toner, man kan frembringe ad kunstig Vej, nå op til 30—40 Tusinde pr. Sekund. Meget høje Toner kan ikke opfattes af alle Øren; de højeste Naturtoner, man har, er visse Fugles Kvidren, Græshoppesang o. lign. På et almindeligt Fortepiano er den dybeste Tone (a) på $27 \frac{1}{2}$ Svingninger

i Sekundet, det højeste a på 3480 Svingninger; i Violinen varierer Svingningstallet fra 195 til 3500, i Piccolofløjten går det op til 4700.

Alle Toner forplanter sig frem igennem Rummet . med samme Hastighed, og var det ikke så, vilde det jo også være skrækkeligt at høre et Musikstykke på Afstand. Da vi nu i Fig. 432 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, så forstår vi også, at disse må ligge desto tættere ved hinanden, jo højere Tonen er, som frembringes.

Ved Oktaven til en Tone forstår man en Tone, der har et dobbelt så stort Svingningstal som Tonen; Oktaven til en Tone med 435 Svingninger pr. Sekund har 870 Svingninger.

Toner kan frembringes på mange forskellige Måder.

I Træ-, Glas- eller Metalharmonikaen (Xylofonen) er der lagt en Række Plader af ulige Længde hen over to Stænger, der ikke løber parallelt med hinanden; anslås en af Pladerne, kommer den i Svingninger, således at dens to Hvilesteder på Stængerne holder sig i Ro, er *Knudepunkter*, medens det mellemliggende Stykke såvelsom også de to frie Ender er i Bevægelse; Tonen er desto højere, Svingningerne altså desto hurtigere, jo kortere Pladen er.

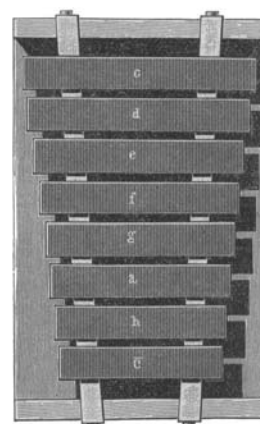


Fig. 438. Xylofon.

I Spilledåsen og Lirekassen frembringes Tonerne af Fjedre, der er gjort fast i den ene Ende, medens den anden er fri. En Valse er forsynet med små Stifter, der ved at støde an imod Fjedrene sætter dem i Svingninger, så at de toner;

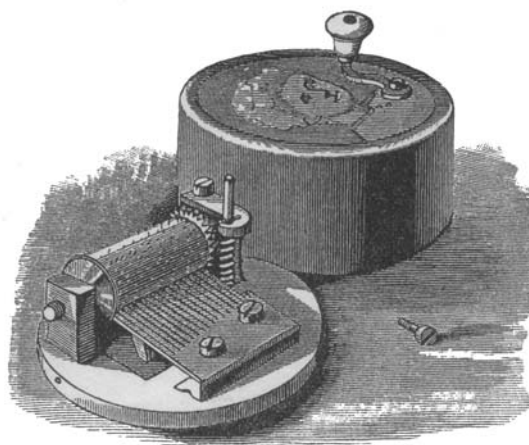


Fig. 439. En Spilledåse.

Fjedrene giver hver sin Tone, og Stiften e er ordnede således på Valsen, at man får en bestemt Melodi frem ved at dreje den rundt.

Tager man en Træpind (et Penneskæft f. Eks.) i den ene Ende imellem to Fingre og anslår den imod en skarp Kant, har den tonelignende Lyd, der fremkommer, en desto større Højde, jo nærmere Anslagsstedet er ved Pindens frie Ende.

I *Mundharmonikaen* sættes Fjedre i Svingninger ved en Luftstrøm fra Munden.

En *Stemmeaffel* er en togrenet Stålgaffel med Skaft; man tager Skaftet imellem Fingrene og anslår 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 Stemmeaffler er det en Tone med 435 hele Svingninger pr. Sekund, hvilken Tone i Musikken betegnes ved a.



Fig. 440. Stemmeafflen.

Stemmeafflens Tone er dog meget svag; man forstærker den ved at sætte Skaftet fast ned imod en Bordplade; derved kommer denne også i Svingninger, idet Grenenes Svingninger overføres til Bordet igennem Skaftet. Bordet fungerer som *Resonansbund*, en sådan findes i ethvert Fortepiano, og uden en sådan vilde Klaverstrengenes Toner ingen Styrke have.

I en Mængde Strenginstrumenter — Zitheren, Violinerne og de dermed beslægtede Instrumenter, Harpen — bruges en Resonanskasse.

STRENGEINSTRUMENTER.

Zitheren stammer oprindelig fra Tyrol; Strengene er spændte ud over to Lister, af hvilke den ene er krummet, og som er fastgjorte til en flad Trækasse af den Form, som Fig. 441 viser. Af en øvet Zitherspiller kan der spilles overordentlig kønt på dette Instrument.

Zitherens Streng kan sættes i Svingninger på forskellig Måde, hvorved der kan fremkomme Toner af ulige Højde. Den dybeste Tone, som en Streng kan give, får man, når den anslås således, at den kommer til at svinge som Helhed, så at kun

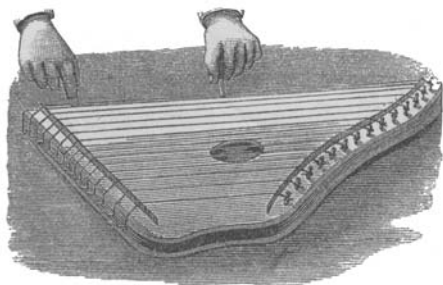


Fig. 441. En Zither.

Endepunkterne der, hvor den ligger an imod Listerne, er i Hvile. Lægger man derimod en Pind let an imod Strengens

Midte og anslår Strengen henne ved den ene Side, høres der en Tone med dobbelt så mange Svingninger pr. Sekund som den forrige; Strengen er delt i to svingende Dele, idet den har et Knudepunkt på Midten foruden de to i Enderne. Lægges Pinden an imod Strengen i en Afstand af $\frac{1}{3}$ fra dennes ene Ende, deler Strengen sig, når den anslås, i 3 svingende Dele, så at der ialt er 4 Knudepunkter, og den Tone, som høres, har et 3 Gange så stort Svingningstal som den førstnævnte Tone. — Tilstedeværelsen af Knudepunkter og svingende Stykker kan, når Strengen gør stærke Udsving, påvises, når man hænger lette, bøjede Papirstykker over Strengen, thi disse bliver da under Strengens Svingninger siddende ved de første, men falder af fra de sidste.

I *Harpen* er der udspændt en Række Streng i en Ramme, som er hul og derfor tjener som Resonanskasse. Hver Streng giver sin Tone, hvorfor de har forskellig Længde og forskellig Tykkelse.

De korteste, de letteste og de tyndeste Streng giver altid de højeste Toner.

I et *Fortepiano* kan enhver Streng ligeledes kun give én Tone; denne frembringes ved, at en med Skind besat Hammer slår an imod Strengen, og denne Hammerens Bevægelse iværksættes ved et Tryk på en af Fortepianoets »Tangenter«; hver Tangent står i Forbindelse med sin Hammer, og der er ligeså mange Tangenter, som der er Streng. For at Strengen imidlertid ikke skal kunne lyde længere, end man ønsker det, så 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 slår an imod Strengen, der svinger, så længe man holder Tangenten nede; men tager man atter Fingeren fra Tangenten, så træder Dæmperen i Berøring med Strengen og standser dens Svingninger. Ved Hjælp af en »Pedal«, der bevæges med Foden, er man i Stand til på én Gang at fjerne alle Dæmperne, og dette gør man, når man vil have Tonerne til at klinge endnu, efter at man har taget Fingrene fra Tangenterne.

I *Guitaren* og i *Violinen* er der kun få, henholdsvis 6 og 4 Streng, men ved med Fingertryk at forkorte den frie, svingende Del af Strengen, opnår man at kunne frembringe en Mangfoldighed af Toner. I Violinen (Fig. 442) er de fire Streng fastgjort i Brættet g; herfra går de op over »Stolen« p, over den fremspringende Kant s og derpå 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 på Violinen afstemmer man den ved at give Strengene den rette Spænding.

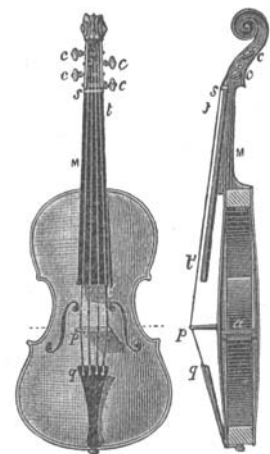


Fig. 442. Violinen.

På Violin "halsen" *M* sidder et langt, smalt, sortmalet Ebonit-brædt *tf* lidt under Strengene.

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 Hår; trykker man med en af Fingrene på den venstre Hånd, med hvilken man griber om Violinhalsen, Strengen fast ned til Brættet under den, så 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 Brættet lægger Fingeren ganske let an imod Strengen, så deler Strengen sig, når 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 på følgende Måde til Violinkassen, således at dennes Bunde kommer til at svinge med, og Tonen får den fornødne Styrke. Violinstolen *p* hviler an imod Kassen ved to Fødder, og når Strengen svinger frem og tilbage omtrent i Retning med Overkanten af *p*, så kommer disse to Fødder til at trykke med skiftende Styrke på Kassens øverste Bund, og denne sættes derved i Svingninger, der går i Takt med Strengens. Ved en Pind *a*, der inde i Kassen går fra Bund til Bund, og som står lidt fra Stolens Plads, overføres Svingningerne til den nederste Bund. Ved de to Bundes Svingninger vil Luften inde i Kassen undergå Forandringer i Tætheden, der let kunde hæmme Bundenes Svingninger; derfor er Kassens Indre sat i Forbindelse med den ydre Luft igennem to *f* formede Udskæringer.

VELKLANG. NODER.

Forinden vi beskæftiger os med andre Måder at frembringe Toner på end dem, der er omtalt i det foregående, vil vi høre lidt om, hvad det er, der bestemmer Velklang, Konsonans, af Toner, der klinger samtidig eller i Rækkefølge.

Den simpleste Konsonans haves, når flere synger eller spiller efter de samme Noder, altså frembringer den samme Melodi, så er Sangen eller Spillet *unisono*. Men fuldere Velklang kan man få ved en Samklang af Toner, der har ulige Højde; det kræves dog i så Tilfælde, at Tonerne har sådanne Højder, at deres Svingningstal står i simple Forhold til hinanden; er dette ikke Tilfældet, kan Samklangen let blive en Dissonans.

Dersom således to Toner klinger samtidig, som har Svingningstallene 424 og 636, så forholder disse to Tal sig som 2 til 3, idet det ene fås 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 $\frac{3}{2}$ Gange så 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.

Således 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 Musikken betegnes sådanne to Toner med samme Bogstav. Det er nævnt, at en Tone med 435 Svingninger betegnes med Bogstavet *a*; med samme Bogstav betegnes da også Toner med Svingningstallene 870, 1740, 3480; endvidere med $217\frac{1}{2}$ ($\frac{1}{2} \times 435$) Svingninger, $108\frac{3}{4}$ ($\frac{1}{2} \times 217\frac{1}{2}$) 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 på det næstnederste Mellemrum af de fire, der findes imellem Nodesystemets fem Streger. På Streger og Mellemrum kan der



Fig. 443



Fig. 444.

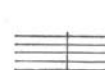


Fig. 445.

ialt anbringes 9 Noder, og jo højere Tonen skal være, desto højere oppe på Stregerne sættes Noden. Skal Tonen være så høj eller så dyb, at dens Node ikke kan anbringes på de fem Streger, så tilføjer man nogle Streger for denne enkelte Nodes Vedkommende; således skrives det *a*, der er Oktav til den nysnævnte *a*, således som Fig. 444 viser, medens det *a*, som har *a*'et i Fig. 443 til Oktav, er angivet i Fig. 445.



Fig. 446

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. 446).

Vi skal efter at have nævnt dette ikke her gå videre ind på denne Sag.

TONERØR.

En svag Tonegiver, f. Eks. en Stemmegaffel, kan man få til at give en kraftig Tone, når man holder den hen for den ene Ende af et Rør, vel at mærke, når dette har en til Tonens Højde afpasset



Fig. 447.

Længde. Vi vil gøre Forsøget. Man tager et højt Glas, og ved at helde Vand i det får man Luftsøjlen i det til at blive kortere. Vi anslår en Stemmegaffel og holder den hen over Mundingen af Glasset, medens det er tomt; Tonen forstærkes måske ikke derved, men helder man nu Vand i Glasset i Småpartier og af og til anslår Stemmegafflen — da dens Tone ikke kan holde sig så grumme længe — så får man Tonen til at lyde kraftig, når en vis Vandhøjde er nået, altså når Røret oven over Vandet har en vis Længde; dersom man så forkorter denne sidste ved at helde mere Vand ned i Glasset, så hører Toneforstærkningen Op igen. — Havde man to Stemmegaffer, der gav ulige høje Toner, vil man finde, at den højeste Tone fordrer den korteste Luftsøjle for at forstærkes.

Hvis man ikke til disse Forsøg har et højt Glas til Rådighed, kan man lave sig et Rør af Papir, 2—3 Tommer vidt, og deri forskyde en Papirprop, som udfylder Røret, for at tilvejebringe den rette Længde.

Tonen kan også forstærkes ved at bruge et i begge Ender åbent Rør; det åbne Rør, der forstærker en vis Tone, viser sig da at være dobbelt så langt som et i den ene Ende lukket Rør, som forstærker den samme Tone.

I Fig. 448 gør Munden den Tjeneste, som Røret nylig gjorde. Holder man en almindelig Bordklokke foran den åbne



Fig. 448. Mundharpen.

Mund, kan man ved at åbne den mer eller mindre såvelsom også ved at bevæge Tungen i Munden finde en sådan Mundstilling, at Tonen lyder kendelig stærkere end ellers. Med *Mundharpen* (Fig. 448) kan en øvet Spiller frembringe meget forskellige Toner ved forskellige Mundstillinger og Regulering af Åndedrættet.

Vi har i disse Eksempler havt en særlig Tonegiver og så 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, så ordner disse Svingninger sig således, at de giver en Tone, hvis Højde retter sig efter Rørets Længde; jo kortere denne er, desto højere er Tonen.

I Fig. 451 er den gamle *Panføjte* afbildet; den består af en Mængde Rør ved Siden af hinanden, alle med en Prop i forinden, hvilken Prop man kan skyde mer eller mindre op i Rørene og således

varierte de Toner, Fløjten kan give, så at de er afstemte efter hinanden. Man blæser på Fløjten ved at spidse Munden og

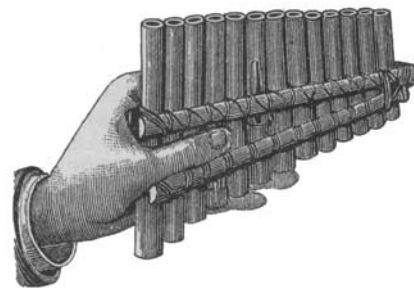


Fig. 449. Panfløjten.

puste Luften ud igennem den imod Rørets frie Ender foroven.

Den almindelige *Fløjte* har kun ét Rør, men ved Hjælp af Huller på Røret, hvilke Huller er forsynede med Klapper, som bevæges af Fingrene, varierer man Tonehøjden. Det samme er

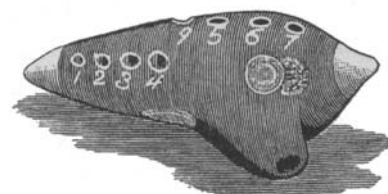


Fig. 450. Okorinaen.

Tilfældet med Klarinet, Oboe, Fagot; i *Okorinaen* (Fig. 450) lægges Fingerspidserne direkte på Hullerne.

I *Trækbasunen* (Fig. 451), der giver blødere Toner end VentilBasunerne, er der et Udtræksrør MN, hvis to Grene er skudte ind over to lige Rør. Blæser man imod Mundstykket, får man en Tone frem, hvis Højde er bestemt ved Rørets Længde.

STEMMEN. FONOGRAFEN.

I den menneskelige Stemme, der er det fineste af alle musikalske Instrumenter, har vi med meget fint sammensatte Svingninger at gøre; når man blot tænker på, at neppe to Menneskers Tale lyder ens, selv når de siger akkurat det samme og »på samme Måde«, d. v. s. med samme Tonehøjde, og der er vel. ca. 1500 Millioner Mennesker på Jorden, og når man overvejer, at Forskellen i Stemmeklang må hidrøre fra Forskel i Svingemåden, ja så forstår man, hvor fin en Mekanisme vi her har for os. Og når vi så husker, at man i en Telefon ofte kan kende Folk på Stemmen, i dette Apparat, hvor Talens fine Svingninger først omsættes til elektriske Strømme, og disse derpå igen til Sving-



Fig. 451. Trækbasun.

VARMEN.

ninger, så får man rigtig Respekt for den høje Udvikling, som Videnskaben har nået i dette i Indretning dog så simple Apparat. Noget ganske lignende gælder om *Fonografen*, et Apparat, som kan optage Tale, Sang, Musik i sig og bagefter gengive den, nårsomhelst det ønskes; også her kan man kende Folk på Stemmen, hvad der, når man rigtig går til Bunds i, hvad dette vil sige, uægtelig er forbløffende.

Fig. 452 viser os en Fonograf, vel i en Skikkelse, som den tidligere havde, men da man af den tydelig ser, hvad der er det

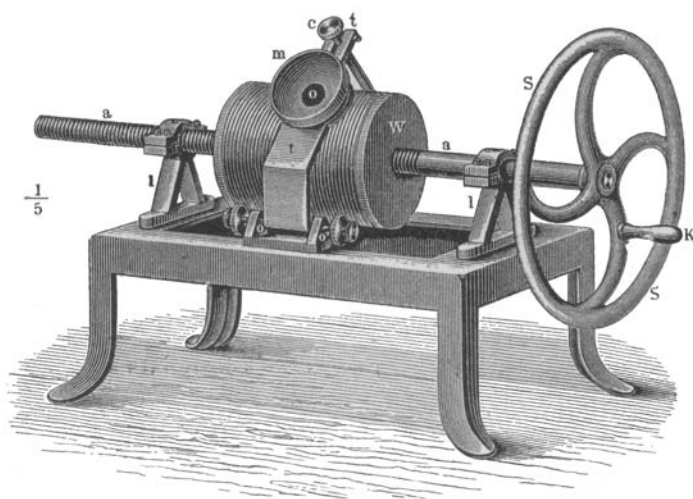


Fig. 452. Edisons Fonograf.

væsentlige, kan man af Fig. og af de følgende Linjer få en tilstrækkelig klar Forestilling om, hvad det hele går ud på. Fig. viser os en Aksel $\hat{a}$ i to Lejer l, l , $\hat{a}$ har en Skruegang på den ene (venstre) Halvdel, og det herværende Leje l indeslutter en Møtrik, således at Aksen $\hat{a}$, når man drejer rundt på Håndtaget K, forskyder sig langsomt enten til højre eller til venstre, alt efter den Retning, i hvilken man drejer rundt. Fast til Akslen $\hat{a}$ sidder en tykkere Messingvalse W , og ind over den kan man skyde et Rør af en Vokskomposition, hvis Overflade er nøje cylindrisk og glat (i den ældre Fonograf lagde man simpelthen et Staniolblad omkring Valsen). En Tragt m har i Bunden en overordentlig tynd Hinde o (af Glas, Glimmer eller a. Stoffer), og på Midden af dens Underside sidder der befæstet en lille, spids Nål; denne Tragt m sidder i det drejelige Led tt , som man ved Hjælp af Skruen c kan stille således.

at Nålespidsen, der nylig blev omtalt, trykkes ganske lidt ind i Vokscylinderens Overflade. Gør Nålespidsen dette, og man så drejer Hjulet SS og dermed Akslen $\hat{a}$ rundt, så ridser Nålen en Fure, der ligger som en Skruelinje i Overfladen; Afstanden imellem to Vindinger er bestemt af Skruenhøjden på $\hat{a}$'s Skru.

Man drejer så tilbage igen, så at Nålespidsen står ved den skrueformede Fures Begyndelse. Taler man så ind imod Hinden o og samtidig drejer regelmæssig rundt, så opskrives Talen på Vokscylindren, thi Hinden sættes i Svingninger af Talen, Svingninger, hvis Art ganske er bestemt ved Talens Indhold, og da Nålen på Hinden kommer til at svinge med op og ned, så laver den større eller

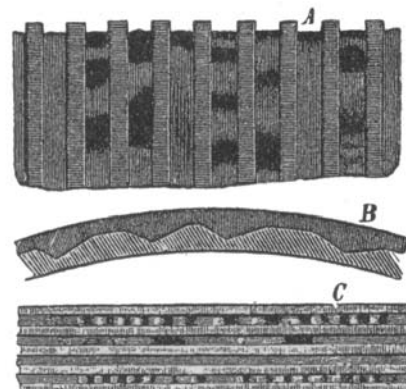


Fig. 453.

mindre og forskellig formede Fordybninger i Furens Bund; denne får altså Ophøjninger og Indsænkninger, således som Fig. 453 viser det i stærkt forstørret Målestok, men Bunden bliver glat, så længe Hinden med Nålen er rolig. I *A* og *C* ser man fra oven af ned i Furevindingerne, *B* viser os et Stykke af et Tværnit igennem Cylinderen, lagt efter en af Furevindingerne.

Den således indgraverede Tale — eller Sang, Musik osv. — kan Apparatet give fra sig igen, nærmest muligt man ønsker det. Nålen anbringes da på sin Plads ved Furens Begyndelse med et let Tryk ned imod Furens Bund; drejer man så rundt, vil Ujævnhederne i denne Bund, idet de skal fremefter, tvinge Nålen til at hoppe op og ned, og da kommer Hinden, som den sidder på, til at udføre ganske de samme Svingninger, som den udførte, da man talte ned imod den; disse Svingninger går fra Hinden over i Luften, og et Øre, der opfanger dem, hører Tælen.

VARMEN.

TERMOMETRET.

Det Termometer, som man hyppigst ser, består af et Brædt med Inddelinger på, og i en Udkæring 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 Spirit. Når man skal aflæse Varmegraden (Temperaturen), så ser man efter, hvor den øverste Ende af denne Vædskesøjle er, og hvilken af Inddelingerne der er i Højde hermed; Tallene på Inddelingerne stiger

opefter, og jo højere Vædskesøjlen når op, desto højere er den Varmegrad, man aflæser. Selve Beholderen er gerne beskyttet ved nogle Metalstrimler.



Fig. 454.

Når vi nu ser bort fra, hvad Inddelingerne skal betyde, så er det, vi ser efter, jo egentlig, hvor stort Rumfang Vædsken inde i Glasset har; jo større dette Rumfang er, desto højere må Vædskesøjlen nå op i Røret, og desto højere er Varmegraden. Brugen af Termometret beror altså på, at Legemerne udvider sig, når de opvarmes, og trækker sig sammen, når de afkøles, og Legemet, som vi i Termometret har med at gøre, er Vædsken.

Der er to Temperaturer, som man, når man skal lave Inddelingerne, går ud fra, og det er "Frysepunktet" og "Kogepunktet"; her menes Vandets Frysepunkt, hvilket er det samme som Isens Smeltepunkt, og Vandets Kogepunkt.

Hvad først Frysepunktet angår, så er dette en uforanderlig Temperatur. Stikker man nemlig Termometerrøret ned i våd, stødt Is eller i Sne, så vil Overfladen af Vædsken i Røret altid stille sig på samme Sted; da Vædsken altså altid under sådanne 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°).

Når man dernæst (hvis Røret er langt nok, Fig. 455) anbringer Termometerbeholderen i Overfladen af Vand, der koger — en Dag, når Barometerstanden er 76 Cm. (normalt Lufttryk) — ser man, at Vædsken inde i Røret stiller sig på et bestemt Sted, og altid under de samme Forhold på det samme Sted. Heraf slutter vi, at Vand altid under disse Forhold koger ved den samme Temperatur. Denne siger vi, er 80 Grader (80°), når vort Termometer skal have Reaumur's Skala (udt. *réomyr*), men 100 Grader (100°), når det skal have Celsius's Skala.

Hvis man nu har sat Mærker på Røret på de to Steder, som Vædskesøjlen nåede op til, da Termometret var anbragt henholdsvis i smeltende Is og i kogende Vand, så har vi Fryse- og Kogepunktet på Skalaen, og så 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 går 4 Réaumur'ske Grader på hver 5 Celsius'ske; 24° R. er altså samme Temperatur som 30° C.

Har man tilvejebragt disse Inddelinger, så kan vi afsætte dem opefter oven over Kogepunktet og nedefter under Frysepunktet. Når Vædskeoverfladen i Røret da står 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., så kan et Kviksølvtermometer ikke bruges ved denne og lavere Temperaturer; det kan derimod et Sprittermometer. Dette sidste kan derimod ikke bruges ved høje Temperaturer på Grund af Sprittens Flygtighed.

På de Termometre, der går i Handelen for en billig Penge (Fig. 454), findes Frysepunktet, men ofte ikke Kogepunktet; den højeste Temperatur, der kan aflæses, er måske en 40 á 50 Grader. For at tilvejebringe Inddelingerne benytter man da foruden Frysepunktet en anden Temperatur, som man får ved at stikke Termometret sammen med et nøjagtigt og inddelt Termometer ned i en lunken Vædske; viser dette sidste så f. Eks. 36°, sætter vi 36 på vort Termometer på det Sted, hvortil Vædskesøjlen inde i Røret når, og så inddeles Afstanden herfra og ned til Frysepunktet i 36 lige store Dele.

Jo snevrere Termometerrøret er, og jo større Beholderen for neden er, desto længere bliver Graderne på Røret, og desto bedre kan Temperaturen derfor aflæses; til store Beholdere er imidlertid klæbet den Ulempe, at det tager længere Tid at få hele Vædsken gennemvarmet, så at Termometret ikke er så følsomt overfor hurtige Temperaturvekslinger. Termometret bliver mere følsomt, når 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. 455 viser et sådant Termometer, hvor Rørvæggen er gjort så tyk, at Termometret får samme Bredde over det hele.

Der er forresten en Termometerskala til foruden de to nævnte, nemlig *Fahrenheit's*, der f. Eks. bruges i England og Amerika; på denne Skala står der ikke 0 ved Frysepunktet, men 32, og der står 212 ved Kogepunktet: der findes altså 180 Grader imellem disse to Temperaturer, og 32 af disse Grader under Frysepunktet findes 0. Der går derfor 9 Fahrenheit'ske Grader på 4 Réaumur'ske eller på 5 Celsius'ske. — Når 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 Reaumur's Skala, skal man først trække 32 fra, thi så får man at vide, hvor mange Fahrenheit'ske Grader, der ligger over Frysepunktet; det bliver 45. Dernæst skal man dividere dette Tal med 9 og multiplicere med 4; man får da 20° R.

Et Termometer, der skal angive os Luftens Temperatur, må anbringes således, at det er helt beskyttet imod, at Solens Stråler falder på det, såvelsom at det ellers modtager Stråle-

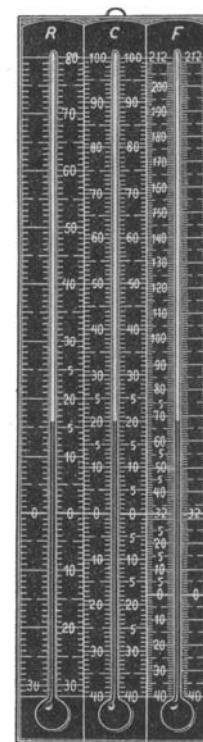


Fig. 456.

Varme fra varme Legemer, det må også beskærmes imod at blive vådt af Regnen, men Beskærmningen må på den anden Side ikke være så 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 på Indsugning af Varmestråler, på Termometervædskenes 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.

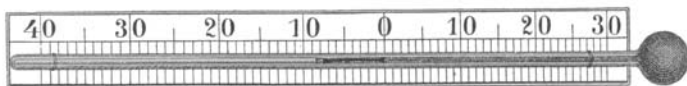


Fig. 457. Minimumstermometer.

Oftentimes ser man i Husene eller rettere sagt udenfor Husene et *Minimumstermometer*, dette skal fortælle os om Morgenens, 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 så ligger der i Røret indenfor Spritten en lille Nål, som, når Termometret holdes skråt, glider nedad; men holder man Termometret skråt på den Måde, at Beholderen er øverst, så glider Nålen kun så langt ned, at dens yderste Ende støder til Vædskeoverfladen; udenfor denne kommer Nålen ikke. Og afkøles Termometret, så at Overfladen trækker sig tilbage, så følger Nålen med, hvis dens yderste Ende rører ved Overfladen. Brugen af Termometret er følgende: Minimumstemperaturen sidste Nat er den Temperatur, som aflæses ud for Nålens yderste Ende; efter Aflæsningen drejes Termometret lidt, så at Beholderen hæves, og da glider Nålen ud, indtil den støder til Vædskesøjleens Ende, hvorpå Termometret atter drejes vandret. Stiger nu Temperaturen i den kommende Tid, så bliver Nålen liggende, medens Vædskesøjlen går frem, og synker Temperaturen, så føres Nålen tilbage, så snart Vædskesøjleens Ende støder til Nålen; dennes Stilling må derfor altid vise den laveste Temperatur, der har været, siden Nålen sidst blev bragt på Plads.



Fig. 458.

I Fig. 458 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 Kviksølv søjlen er skilt fra den øvrige Del ved en Luftblære. Når Temperaturen stiger, så skydes den fraskilte Kviksølvstråd til Vejrs, og den bliver heroppe, når Termometret derefter afkøles; man kan altså aflæse Temperaturen, efter at man har taget Termometret væk fra det Sted, hvis Temperatur skulde bestemmes. Før man gør en ny Temperaturbestemmelse må man ved at svinge Termometret få Kviksølvstykket

ket til at synke ned i Røret, men Luftblæren såvelsom Ombøjningen på Røret forhindrer det i at forene sig med Kviksølvet i Beholderen. Blodets Temperatur er normalt 37°C .; Termometret er delt i Tiendedelsgrader og har kun de Inddelinger, der ligger i Nærheden af denne Temperatur.

Termometerrøret er altid ved Tilsættelse lukket foroven; inde i det er der et lufttomt Rum oven over Vædsken; hvis der var Luft derinde, så vilde, når Temperaturen stiger, denne Luft blive presset sammen og udøve et stort Tryk, og til Trykkets Vækst bidrager også 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 så stort, at Beholderen gik itu.

UDVIDELSE VED OPVARMNING.

Termometrets Indretning grunder sig som omtalt på *Vædskenes Udvidelse* ved Opvarmning. Petroleum udvider sig særlig meget ved Opvarmning, hvilket man kan vise ved at helde noget Petroleum i et 6—8 Tommer langt Reagensglas og sætte et Mærke ved Overfladen; stikker man så Glasset ned i varmt Vand, ser man straks, at Petroleumens Overflade hæver sig i Røret, og når Røret tages ud af Vandet, synker Overfladen igen, indtil den atter står ved Mærket, når Petroleum en har antaget Stuens Temperatur.

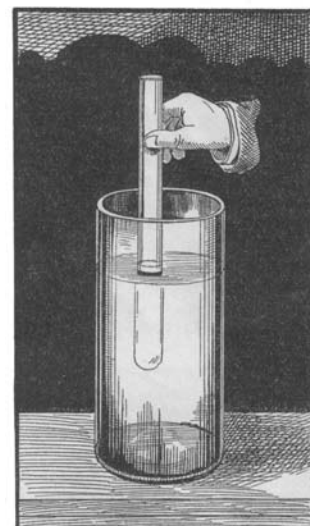


Fig. 459. Udvidelse af Petroleum ved Opvarmning.

Vand viser dog et mærkeligt Forhold, thi det udvider sig kun ved Opvarmning, når det er over 4°C .

varmt; er det derimod koldere, så vil det ved Opvarmning trække sig lidt sammen, så længe indtil de 4° er nået. Altså: opvarmes Vand ved 4°C ., så udvider det sig, og afkøler man Vand ved 4° , så udvider det sig også.

Nu vil man let forstå, 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, fremgår det da, at Vand ved 4°C . har en større Vægtfylde end Vand ved højere eller ved lavere Temperaturer.

Når Temperaturen i Luften om Efteråret falder, så 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 nedadgående Strømninger afkøles Vandet hurtigere helt igennem, end om Strømningerne ikke var der, thi Vand leder Varmen meget langsomt igennem sig, når Ledningen ikke understøttes af Strømningerne. Således går det dog kun, indtil Vandet er blevet afkølet til 4° C; afkøles det foroven mere endnu, så vil Vanddelene her udvide sig, blive lettere og derfor forblive oppe i Overfladen; Vandet i Overfladen af en Sø kan måske fryse til Is, medens Temperaturen nede ved Bunden er henimod 4° C. Opvarmes Vandet så igen om Foråret fra Overfladen af ved Berøring med den varme Luft, så trækker Vanddelene i Overfladen sig sammen, synker ned, og vi har atter Strømningerne i Gang. så at Opvarmningen går let for sig, indtil de 4° er nået. Men ved en yderligere Opvarmning oppe fra kommer der ingen Strømninger i Gang, så at Vandets Opvarmning nu skrider langsomt fremad.

Vil man opvarme en Vædske så hurtig som muligt og med den mindst mulige Brug af Brændsel, opvarmes den altså fra neden.

Når Vand ved 4° C. har større Vægtfylde end ved andre Temperaturer, så er også Opdriften (se Sp. 277 o. flg., særlig 282) størst i Vand ved 4° C. Herover kan man ved Vintertid

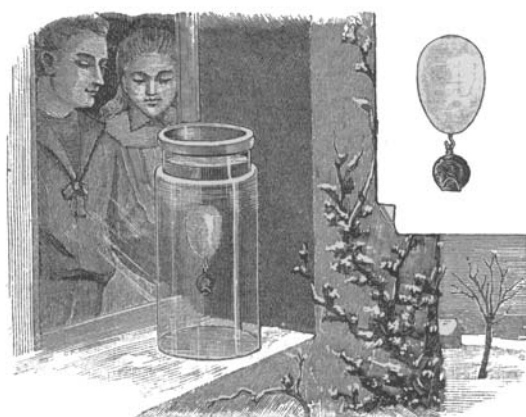


Fig. 460.

gøre et ganske morsomt Forsøg- Man stikker et Hul i et Æg, tømmer Indholdet ud og lakker Hullet til; ved Hjælp af Ståltråd hænger man Mønter op i Ægget og klipper successive Trådstumper af, indtil Ægget, og hvad derpå hænger, lige netop synker langsomt til Bunds i et Glas med Vand, som står inde i Stuen, hvor der er en 12—20 Graders Varme. Man sætter så dette Glas med Vand og Svømmeren ud i Frostvejr, og Vandet vil jo så gradvis afkøles; man ser da Ægget stige ganske langsomt til Vejrs, og når det i nogen Tid har holdt sig på sin øverste Stilling, synker det igen til Bunds; stikker man et Termometer ned i Vandet, medens Ægget er på det højeste, viser det, at Vandet er 4° varmt. Tager man Glasset, når

Vandet er afkølet ned under 4° C., og Flyderen altså er gået til Bunds igen, ind i Stuen, så ser man det atter stige til Vejrs, indtil Vandet er blevet 4° varmt, og derpå synke igen. — Forsøget kan også gøres på andre Tider end om Vinteren, men så må 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 påvise den, hvilket er afbildet i Fig. 461.

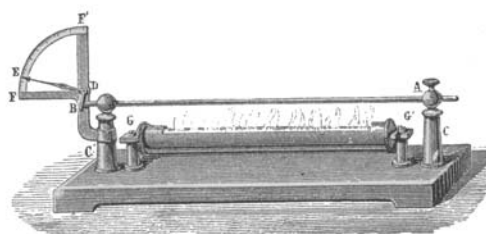


Fig. 461. En Stangs Udvidelse ved Ophedning.

Stangen AB, hvis Udvidelse man vil påvise, er klemt fast i sin ene Ende A, medens den anden, frie Ende B støder til en Vinkelvægtstang BDE's korte Gren BD; det forstås 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 er følgende: en Messingstang er bøjet, så at den har Formen abcd, og imellem Enderne a og d passer akkurat Messingstangen ef, så at den lige holdes fast; man holder nu Stykket bc ind i en hed Flamme, medens man sørger for, at ef opvarmes så lidt som muligt; da falder ef ud som Følge af den Udvidelse, bc har fået, og som jo har fjernet Enderne a og d fra hinanden.

Et tredje Forsøg viser Fig. 463. En lang Metalpind stikkes igennem en Prop i Midten, og i denne Prop befæstes to Søm således, at Pinden kan hvile på dem som Ben; i Pindens Ender gøres Propper fast, i dem stikkes en Del Søm, og man får det hele til at balancere, så at Pinden holder sig svævende i vandret Stilling. Når man da opvarmer den ene Halvdel af Metalpinden, daler denne Side, idet Vægten ude i Enden får en længere Arm at virke på og altså får et større Moment (se Sp. 211).

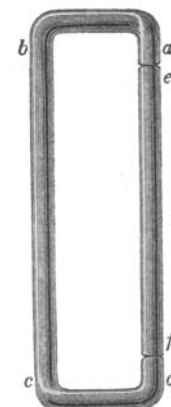


Fig. 462

Er faste Legemers Udvidelse ved Opvarmning end ringe, spiller den dog nogen Rolle. Når Smeden skal lægge et Jernbånd om et Hjul, laver han Båndet meget knebent i Størrelse, men opheder det så, og han kan da let lægge det om; ved Afkøling trækker Båndet sig sammen og slutter fast omkring Hjulet. Telegrafråde er strammere om Vinteren end om Som-

meren. Jernbaneskiner, der ligger i Flugt med hinanden, har om Vinteren en kendelig Afstand fra hinanden, thi der må være

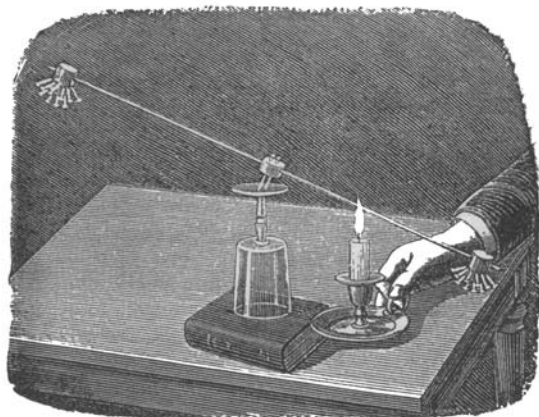


Fig. 463.

Plads til Udvidelse, når Sommersolen opheder dem. — Ved lange Rørledninger til Gas og Vand må man sørge for, at Rørene har tilstrækkelig Plads til at udvide sig i. — Ristestænger bøjer sig, når de ikke har Plads til at udvide sig. — Tykt Glas



Fig. 464. Smeden lægger Ring om Hjulet.

springer lettere, når 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, når der fyres, udsat for idelige Temperaturvekslinger og river derved let Mørtelen udenom løs, så at der fremkommer en Åbning i Muren. — En Glasprop, der er klemmt fast i en Flaskehals, kan man få løs ved at ophede Flaskehalsen; men man må ikke varme så længe, at også Proppen bliver varm og udvider sig.

Forhindrer man Udvidelsen af en Stang, så vil den ved Ophedning komme til at udøve et stort Tryk på 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 kommen til at helde skråt 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 så ophedet, Møttrikerne skruede fast ind til Murenes Yderflader, og når så 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, så at Murenes Rejsning gik ganske regelmæssig for sig. Man fik på den Måde Murene i den rette Stilling igen, og Huset kunde atter tages i Brug.

Luftarter udvider sig langt stærkere ved Ophedning end Vædske 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 $\frac{1}{273}$ af det Rumfang, den har, når den er 0° varm, vel at mærke når den får Lov til frit at udvide sig, d. v. s. når det Tryk, den er underkastet, ikke forandrer sig. Har man f. Eks. 1 Kubikfod Luft ved 0° , så vil den ved at opvarmes til 273° udvide sig så meget, at dens Rumfang bliver til 2 Kubikfod, forsåvidt Trykket ikke undergår nogen Forandring; dens Vægt er selvfølgelig forbleven den samme, og de 2 Kubikfod ved 273° vejer altså 8 Kvint, nemlig det, som de vejede, da de ved 0° kun rummede 1 Kubikfod; hver Kubikfod Luft ved 273° vejer altså kun 4 Kvint, når der er almindeligt Lufttryk.

På mangfoldige Måder kan man vise, at Luft udvider sig ved Opvarmning, således ved de i Fig. 416 og 417 afbildede Forsøg. — Når Luft opvarmes, bliver den som nævnt lettere, d. v. s. får mindre Vægtfylde, og dette fremkalder let Strømninger i Luften. Skinner Solen således på 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 på en varm

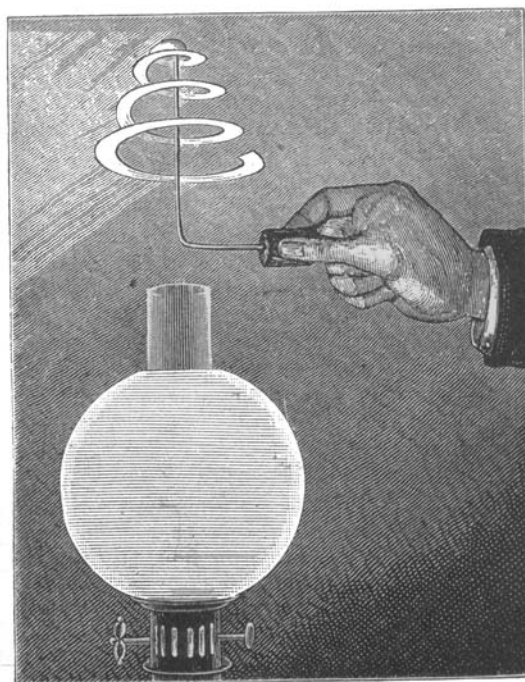


Fig. 465. Varm Luftstrømning fra en Lampe.

Dag ligesom sitrer. — Holder man en Papirspiral, hvis inderste Ende hviler på en Metaltrådspids hen over en tændt Lampe

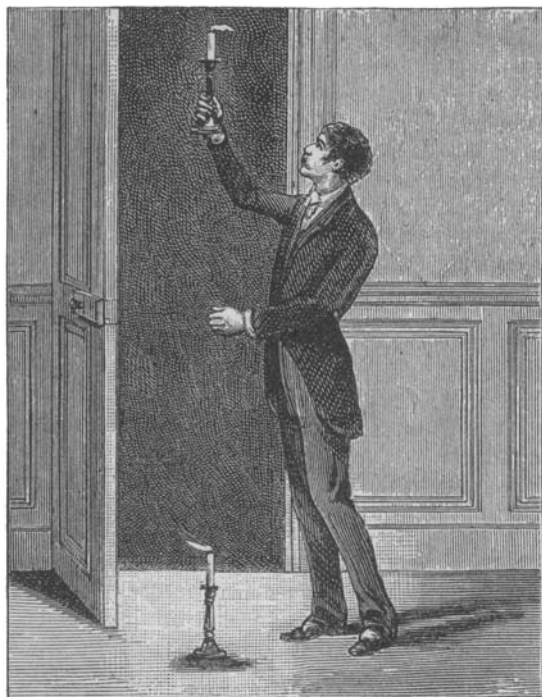


Fig. 466. Døren imellem en varm og en kold Stue åbnes.

(Fig. 465), sætter den opadgående varme Luftstrømning Spiralen i livlig Omdrejning. — Åbner man en Dør imellem et varmt og et koldt Værelse, strømmer Luften fra det varme Værelse igennem Døråbningen foroven, og Luften fra det kolde Værelse igennem for neden; disse Strømninger iagttager man let ved at holde et tændt Lys i Døråbningen.

Når man derfor åbner Døren fra en varm Stue ud til en kold Gang, mærker man Kulden først om Fødderne.

Den ulige Ophedning af forskellige Dele af Jordens Overflade er den vigtigste Årsag til Fremkomsten af Vindene.

Varm og derfor let Luft fremkalder Stigkraften i Montgolfieren (Sp. 326). Den varme Luft i et Lampeglass og i en Skorsten går til Vejrs og frembringer derved en Sugning forneden, så 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 går til Vejrs; derved opstår der en Luftstrømning i Værelset, ved hvilken der går 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 foregår en Luftfornyelse i Værelset.

SMELTNING. VAND OG IS.

Når et fast Legeme opvarmes mere og mere, vil det ved en vis Temperatur, *der stedse er den samme for et og samme Legeme*, gå 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.

Når omvendt et flydende Legeme afkøles, vil det ved en vis Temperatur gå over til at blive fast, til at *størkne*, og den Temperatur, ved hvilket det størkner, er den samme som den, det samme Stof i fast Tilstand må have for at begynde at smelte. Vand fryser ved 0° , og Is smelter også ved 0° ; Kviksølv stivner ved -40° C., og fast Kviksølv, hvilket har en endnu lavere Temperatur, må op på -40° , førend det begynder at smelte.

Is	smelter	ved	0°
Tælle	—	-	40°
Stearin	—	-	49°
Tin	—	-	235°
Bly	—	-	325°
Aluminium	—	-	625°
Sølv	—	-	c. 1000°
Kobber	—	-	1100°
Guld	—	-	1100°
Støbejern	—	-	1100°
Smedejern	—	-	1600°
Platin	—	-	1800°

Rent Kulstof (Grafit, Diamant) har man ikke kunnet smelte, men ellers kan sikkert alle Legemer bringes til at smelte, når de ophedes tilstrækkelig stærkt, dog naturligvis ikke de Stoffer, som omdannes forinden, således Træ, Stenkul o. fl.

Det er dog ikke nok for at smelte et Stof, at det opvarmes til Smeltepunktet; der må så yderligere føres Varmer til Stoffet for at få det over i den flydende Tilstand, men under denne yderligere Varmetilførsel vil Stoffets Temperatur ikke stige således som hidtil, og dette lærer os, at denne Varmetilførsel, medens Smeltningen står på, anvendes helt og holdent til at løse Stoffets Smådele således fra hverandre, at vi får den flydende Tilstand, Vædske tilstanden, frem.

Lægger man et Pund Is, der er lige på Smeltepunktet (0°), ned i et Pund kogende Vand, som vi har taget af Ilden — det er altså 100° varmt — så synker Vandets Temperatur rask, og samtidig smelter Isen; når al Is er smeltet, har de to Pund Vand en Temperatur af 10° . Medens det varme Vand blev afkølet 90° (nemlig fra 100° til 10°), så afgav det en vis Mængde Varmer, og denne Varmer 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 Pund Vand kun at afkøles selv 10° , og vi lærer altså, at der til at gøre det første, nemlig til at smelte et Pund Is, medgår så stor en Varmemængde, som et Pund Vand mister ved at afkøles 80° .

Man måler Varmemængder i *Varmeenheder* eller *Kalorier*, idet man ved 1 Varmerenhet eller Kalorie forstår den Mængde Varmer, der skal til for at opvarme 1 Pund Vand 1° , eller som 1 Pund Vand afgiver ved at afkøles 1° . — Opvarmes 3 Pund

www.svend.no

VARMEN.

Vand fra 15° til 32° , altså i alt 17 Grader, så fordrer det dertil 3 X 17, d. e. 51 Varneenheder eller Kalorier.

Så forstår vi, at Isens *Smeltevarme* er 80 Kalorier, hvormed menes, at der fordrer en Tilførsel af 80 Kalorier, for at et Pund Is ved 0° skal kunne blive flydende; det Vand, der fremkommer ved denne Smeltning, er ikke varmere end Isen (det er altså også 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 Pund.

Omvendt må hvert Pund Vand for at fryse berøves 80 Kalorier; dette vil sige, at det ikke er tilstrækkeligt for at få Vand til at fryse, at man afkøler det til 0° , man må »afkøle« det yderligere, d. v. s. man må berøve det mere Varme og netop 80 Kal. for at få det til at fryse altsammen. Skal 5 Pund Vand ved 0° omdannes til Is ved samme Temperatur, må man berøve det 5 X 80 eller 400 Kalorier. Man siger, at der ved Frysningen af 1 Pund Vand *frigøres* 80 Kalorier.

Isen har en langt større Smeltevarme end noget andet Stof; man huske, ikke at forveksle Smelt *punkt* med Smeltevarme.

Vand fryser ved indtrædende Frostvejr kun langsomt, netop fordi der skal tages så meget Varme fra eller, som man siger, fordi der skal tilføres det så megen Kulde.

På dette Forhold grunder sig også Isens Anvendelse som *Afkølingsmiddel*, og for at have Is til sin Rådighed til dette Brug i den varme Sommertid samler man om Vinteren Is sammen i Ishuse. Disse Ishuse må have Vægge, Gulv og Loft af en sådan Beskaffenhed, at der ikke let trænger Varme ind i Ishuset, thi al den Varme, som trænger ind på denne Måde, vil blive benyttet til at smelte noget af Isen; for hver 80 Varneenheder, der er trængt ind i Ishuset, smelter der 1 Pd. Is. Da det nu er uundgåeligt, at en Del af Isen smelter af denne Grund, så gælder det om at fylde Ishuset så godt og tæt som vel muligt, thi desto mere Is forbliver der fast til Afkølingsbrug. Væggene i Ishuset laver man af en »slet Varmeleder«, og hertil bruges Tørvesmuld, Risskaller, Tang, Fåhår 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, så at man på sit Frakkeærme kan se de enkelte Iskorn, bliver man var, hvor kønt Sneen krystalliserer.

Når Vand fryser, udvider det sig og det forholdsvis betydeligt, idet 11 Kubiktommer Vand bliver til 12 Kubiktommer Is; omvendt trækker Is sig sammen, når det smelter. Vandet udvider sig med stor Kraft, når 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 slået fast i, ud i stærk Frost, og Proppen blev slynget ud, efterfulgt af en Issojle, hvil-

ket viser, at Frysningen først foregik i det Øjeblik, Proppen blev

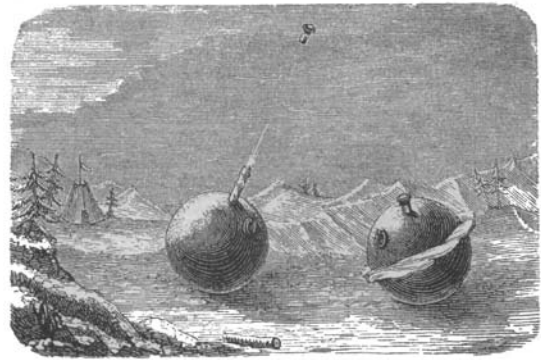


Fig. 467.

drevet ud. En anden Gang var Proppen skruet fast, og Bomben

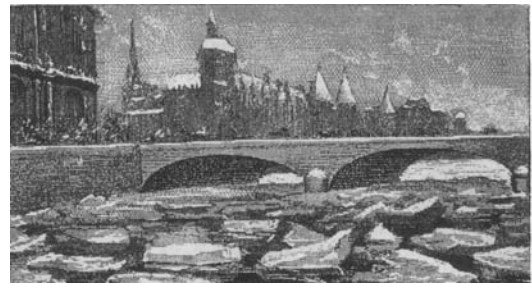


Fig. 468. Drivende Isflager.

revnede da i Frysningsojeblikket; med en Flaske, der er helt fyldt med Vand og lukket med en Prop, kan dette sidste Forsøg let gentages.

Isen må altså være lettere, d. v. s. have mindre Vægtfylde, end Vand, og vi ser jo også Isen flyde på Vandet; en sådan Is, f. Eks. Isbjerger, har kun $\frac{1}{12}$ af Rumfanget over Vandet, men de $\frac{11}{12}$ under Vandet.

Is ved 0° vil give sig til at smelte, når det underkastes stærkt Tryk, og dette ligger i, at Smeltepunktet trykkes ned, kommer til at ligge under 0° . Lægger man en Kobbertråd over en Isblok og

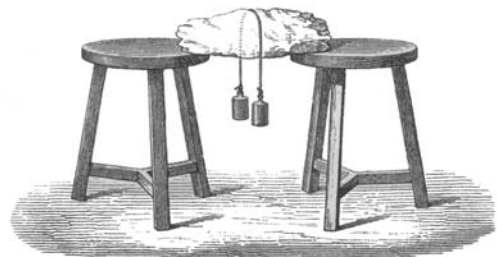


Fig. 469.

belaster den i de to Ender, vil Tråden på Grund af sit Tryk på

Isen kunne smelte denne og således skære sig igennem, men Blokken er ikke derfor bleven delt i to Dele; thi Isen frøs straks sammen igen; Varmen, der medgik til Isens Smeltning, toges fra Kobbertråden, der imidlertid leder mere Varme fra Stuen hen til Isen, fordi Kobber er en god Leder for Varmen.

Således som Vand forholder sig ved Frysning, nemlig at det udvider sig, idet det bliver til Is, således bærer også en Del andre Legemer sig ad, når de størkner, og de Metaller, der gør det, egner sig derfor godt til Støbning. Når man støber Jern, så 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 holdes så det i Højovne smeltede Metal, og når det så størkner, har det Modellernes Form; når Metallet så udvider sig i Størkningsøjeblikket, kommer det til at gengive på 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 angående Smeltepunktet, at en Del Legemer ikke har noget skarpt Smeltepunkt, idet de bliver blødere og blødere ved Opvarmning og gradvis går over til den flydende Tilstand. Dette gælder således 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 æltes, glødende Glas blæses, og glødende Smedejern smeddes. — Stearin f. Eks. smelter uden først at blive blødt; når man derfor vil stille et Stearinlys fast ved at dryppe lidt Stearin ned på et Bord og så stille Lyset deri, må man skynde sig, thi idet Stearinen er bleven fast, er den tillige hård.

FORDAMPNING OG KOGNING.

Vand, der står hen i en flad Skål, vil efterhånden »forsvinde«. Det går 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 Tåge — sker der ingen Fordampning.

Helder man noget Eau de Cologne på Hånden, iagttager man to Ting: Hånden 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 Hånden, som da får en øjeblikkelig Afkøling.

Ved at puste på varm Kaffé svaler man den af; man blæser nemlig Dampene over Kaffen bort, hvorved Fordampningen fra den varme Vædske fremmes; men da Fordampningen fordrer Varme, så afkøles Kaffen. — Vil man vide, hvorfor Vinden kommer, væder man Fingeren ved at stikke den ind i Munden og derpå 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, må man ikke stå i Træk, da man så let bliver forkølet, thi Trækken fremmer Fordampningen fra Huden og dermed dens Afkøling.

Ombinder man et Termometers Beholder med lidt Vat og holder en flygtig Vædske som Sprit, og endnu bedre Æther på, så ser man Termometers Temperatur dale godt, især når man bevæger det rask frem og tilbage i Luften; Afkølingen hidrører ikke fra, at Spritten i Flasken er kendelig koldere end Termometret, men derfra, at når man holder noget Sprit ud på Vattet, får det en stor Overflade, fordamper derfor livligt og tager til denne Fordampning Varme fra det, som er nærmest, altså fra Termometret, hvis Vædske så trækker sig sammen.

Ved Bestemmelsen af Luftens Fugtighedsstilstand kommer dette Forhold til Anvendelse; den almindeligste Fugtighedsbestemmer er nemlig et Instrument, der består af to Termometre, af hvilke det ene er ombundet med et Stykke Gaze, der, når Bestemmelsen foretages, vædes med Vand. Når dette Vand fordamper, afkøles Termometret ned til et bestemt Punkt; jo fattigere Luften er på Fugtighed, desto stærkere fordamper Vandet, og desto lavere bliver det »våde« Termometers Temperatur. I en Tabel kan man af det »tørre« og det »våde« Termometers Angivelser se, hvad Fugtighedsstilstanden 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, fig. 471. Fugtighedsmåler. at Luften indeholder 79 Procent af den Fugtighedsmængde, som den ved den forhåndenværende Temperatur højst kan indeholde.

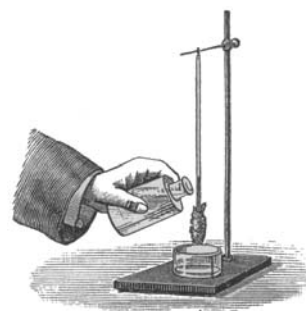


Fig. 470.

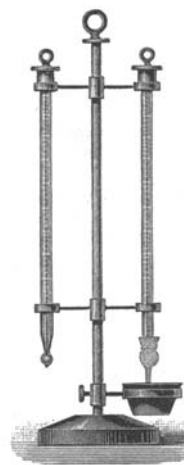


Fig. 471. Fugtighedsmåler.

Vil man afsvale en Karaffel Vin, lægger man et Klæde om den (Fig. 472) og holder det fugtigt. — *Vandkølere* eller *Alca-*



Fig. 472.



Fig. 473.

raccas er porøse Lerflasker, hvori Vand holder sig koldt på Grund af den Fordampning, som sker igennem Flaskens Porer (Fig. 473).

Jo varmere en Vædske er, desto livligere fordamper den; så længe Vædsken ikke koger, foregår 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 går Dampen Boblen over i Luften og blander sig med den. Sådanne Boblers Tilstedeværelse er altså Kendetegnet på, at en Vædske koger; bedst ser man Boblerne, når Kogningen går for sig i en Glasbeholder, hvilken da helst må være af tyndt Glas; for at forhindre Glassets Sprængning sætter man det på et Metaltrådnæt eller i lidt tørt Sand på en flad Metalskål;



Fig. 474. Vand koger.

under Nettet eller dennes Skål findes Flammen. Vanddamp er usynlig ligesom Luften; den Tåge, der stiger op fra varmt Vand og ud af Tuden på en Kedel kogende Vand, er delvis fortættet Damp, nemlig bitte fine Vandkugler fremkomne ved Dampens Fortætning i den koldere Luft; lige udenfor Tuden ses Tågen heller ikke, først lidt længere ude.

Når man har fået Vand i Kog, må man blive ved med at fyre under for at holde det i Kog; men der er så 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 så fyrer nok så stærkt. Dette viser os, at al den Varme, som under Kogningen tilføres Vandet, ene og alene bliver anvendt til Dampdannelsen, men slet ikke til nogen Temperaturstigning. Vi har altså her et med Smeltningen beslægtet Fænomen. Den til Dampdannelsen forbrugte Varme, siger man, findes i *bunden* Tilstand i Dampene, og når Dampene fortættes, frigøres denne Varme igen, ligesom der frigøres Varme, når et flydende Legeme størkner. Man kan brænde sig godt, når en Hånd føres igennem en Dampstråle

fra en Kedel kogende Vand, netop fordi der, når Damp fortættes på Hånden, 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. Når man på denne Måde fortætter 1 Pund Damp til Vand, frigøres der så megen Varme, at 5 1/3 Pund Vand dermed kan ophedes fra 0° til 100° C.; der frigøres altså ca. 533 Varmerenheder eller Kalorier (se Sp. 360), og en ligeså stor Mængde Varme kræves der omvendt til at forvandle 1 Pund Vand ved 100° til Damp ved den samme Temperatur. Har vi 1 Pund Vand ved 0° og vil deraf lave Damp ved 100°, så medgår der først 100 Kalorier til at ophede Vandet til 100° og dernæst 533 Kalorier til Dampdannelsen; det bliver ialt 633 Kalorier, og 633 Kalorier indeholder 1 Pund Damp ved 100° altså mere end 1 Pund Vand ved 0°.

Vand koger som nævnt ved en Temperatur af ca. 100°; det er nøjagtig 100° en Dag, når der er normal Barometerstand (76 cm.); er Lufttrykket højere, så ligger Kogepunktet lidt over 100°; er det lavere, ligger Kogepunktet lidt under 100°, men store Variationer er der dog ikke Tale om. Imidlertid kan man kunstig frembringe et stort eller et lille Tryk på 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 nået en af Sikkerhedsventilens Belastning bestemt Størrelse, og da kommer Kogepunktet til Vejs; er Trykket således 2 Atmosfærers Tryk, sker Kogningen ved 120° C., er det 3 Atm., sker Kogningen ved 134°, er det 10 Atm., ved 180°.

At Kogning af Vand kan indtræde ved en Temperatur under 100°, når Trykket er lavt, kan man påvise ved følgende Forsøg. Man bringer Vandet i Kog i en Glasflaske

med lang Hals, og når Kogningen har været i Gang i nogen Tid, lukkes til med en Prop. Man tager så Flasken af Ilden, vender den om og stikker Halsen lidt ned i lunkent Vand (Fig. 475), så at der ingen Luft kan trænge ind; for ikke at brænde sig kan man have bundet noget Kork om Flaskehalsen og tage på det. Helder man så koldt Vand ned over Flasken, vil Kogningen, der jo var

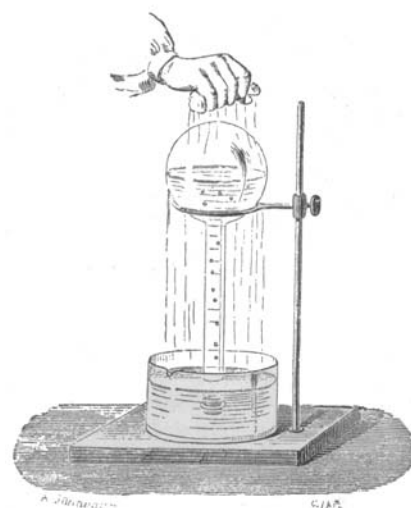


Fig. 475. Kogning ved lavt Tryk.

hørt op, da man tog Flasken af Ilden, begynde igen, og dette hidrører fra, at de Dampene, der er inde i Flasken oven over Vandet, de bliver fortættede til Vand; Damptrykket på Vandet formindskes altså betydeligt, og Kogningen indtræder ved den Temperatur, Vandet har. — Ved almindeligt Lufttryk koger Sprit ved 78°, Æther ved 35°, Kviksølv ved 337 ° C.

DESTILLATION.

Destillation er en Proces, hvorved man skiller en flygtig Vædske fra de Stoffer, som er opløste i den, eller skiller Vædske af forskellig Flygtighed fra hinanden; det sker derved, at man ved Opvarmning fordamper den Vædske, som man vil skille ud, og så bagefter ved Afkøling fortætter Dampene.

Fig. 476 viser et Destillationsapparat; Vædsken, der skal destilleres, befinder sig i Metalkedlen A med Låget B, og Dampene kan gå bort igennem det skrå nedadgående Rør C, der fortsættes i et Spiralrør S, som er omgivet af et større Kar

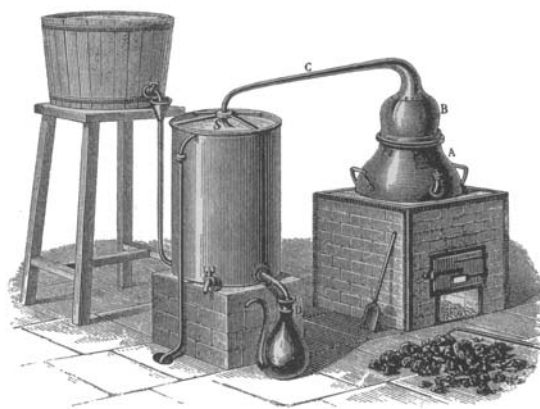


Fig. 476. Destillationsapparat.

og går ud igennem dette Kars Væg for neden for at udmunde i Beholderen D. Det nævnte Kar får, når Destillationen går for sig, tilført koldt Vand forned, og dette Vand får Afløb igennem et Rør, der går ud af Karret foroven og på Figuren videre nedad igennem et Hul i Gulvet. Når Dampene fra Vædsken i A kommer ned i Slangerrøret S, bliver de fortættede til Vædske, hvilken Vædske løber ned i D; ved denne Fortætning af Dampene udvikles der jo store Varmemængder, og de går over i Svalevand i Karret, som derved opvarmes, hvorfor man, når Svalevandet skal beholde sin Afkølingsevne, må sørge for stadig frisk Tilførsel af koldt Vand.

Hvis man i A koger almindeligt Vand, så får man i D kemisk rent Vand (destilleret Vand), medens de Stoffer, som i forskellig Mængde findes opløst i Vandet, bliver tilbage i A. — Er der i A en Blanding af Sprit og Vand, og denne bringes i Kog (Temper. ligger imellem 78° og 100°), så fordamper hovedsagelig Spritten, og man får i D Sprit, som kun har et ringe Indhold af Vand.

En Destillation i det store foregår daglig i Naturen; thi Vandet i Have, Floder, Søer osv. fordamper, Dampene fortættes oppe i Luften og falder ned som Regn, Sne osv.,

der altså er destilleret Vand (»blødt« Vand).

DET LEIDENFROST'SKE FORSØG.

Når man holder nogle Dråber Vand ud på en blank, til en 300° opvarmet Metalplade eller -skål, ser man den Mærkelighed, at dette Vand ikke breder sig ud på Metallet og koger bort, men det lægger sig som en blank Dråbe ligesom Kviksølv på et Bord; Vandet befugter ikke Metallet, men kører frem og tilbage derpå. Det fordamper, thi man ser, at Dråben 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 Dråben oppe, og denne Damp leder Varmen kun langsomt fra Pladen over i Dråben, og her bruges Varmen til Fordampning, ligesom den også tildels går over i Luften. Afkøles Metallet, medens Vandet ligger på den, kan det hændes, at der kommer Berøring tilstede imellem Vandet og Metallet, og i en Fart koger da Vandet bort med en stærk hvislende Lyd.

På dette Fænomen beror det, at man uden Fare en kort Tid kan dykke en fugtig Finger ned i glødende, flydende Jern eller Bly, idet et tyndt Damplag omhyller Hånden som en Slags Handske og derved forhindrer en direkte Berøring imellem Hånden og Jernet. Man kan gå på glødende Jern, stryge glødende Jern på Hånden uden at føle nogen Svie. Hårene og de fremstående Dele af Neglene svides derimod af. Man har herigennem Oplysning om Middelalderens Ildprøve; der behøves for at gå den igennem kun en hel Hud.

HVORLEDES LAVER MAN KUNSTIG KULDE?

To Måder har man til at skaffe sig kunstig Kulde på, nemlig et fast Legemes Overgang i flydende Tilstand, og en Vædskes Overgang i Luftform (altså dets Fordampning). Vi ved jo, at der til begge disse Forvandlinger fordres Varme, og denne Varme må da tages fra noget andet, og dette andet bliver da afkølet.

Helder man f. Eks. det faste, hvide Salmiak eller Salpeter eller salpetersure Ammoniak i et Glas Vand og rører rask rundt, falder Temperaturen mange Grader, hvad man dels kan føle på Glasset, dels kan prøve med et Termometer. Opløser man 1 Pd. pulveriseret Salpeter og 1 Pd pulveriseret Salmiak i en Pot Vand, og rører rundt deri en halv Snes Minutter med et lille Reagensglas, som er - halvt fyldt med Vand, så fryser en Del af dette Vand.

En kraftigere Afkøling får man ved Hjælp af en Kuldeblanding; man benytter her Is i Stedet for Vand, idet der nemlig så forbruges en stor Mængde Varme til at smelte Isen foruden den Varme, der medgår til at gøre det andet Stof flydende. Hyppigst bruges en Blanding af 3 Vægtdele Is og 1 Vægtdele Salt, hvilket f. Eks. Konditoren anvender, når han skal lave »Is«; den Is, der bruges i Kuldeblandingen, må være fint stødt, og bedst er derfor Sne; der må røres godt rundt, så at Iskornene og Saltkornene kommer i så 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 sådan Kuldeblending, afkøles godt, idet den til Smeltningen fornødne Varme tages fra dem.

Ved Hjælp af en sådan Kuldeblending kan man få Vand til at fryse ved sin egen Fordampning. Man bruger da den såkaldte Frost flytter (Fig. 477): to Glaskugler, forbundne ved et to Gange bøjet Glasrør, og inden i er der Vand og ellers lufttomt, så at der alene er Vanddamp i det tomme Rum. Man får sådan et Rør lufttomt på følgende simple Måde: det er til en Begyndelse åbent et Sted, og man bringer så Vandet, der er bragt ind i Kuglerne, i Kog; under Kogningen driver Dampen Luften ud, og man tilsmelter Røret efter nogen Tids Forløb. Når Forsøget skal gøres, holder man Røret således, at alt Vandet løber over i den ene Kugle (A), og den anden Kugle stikkes derpå godt ned i en Kuldeblending; efter nogen Tids ($\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{2}$ Times) Forløb

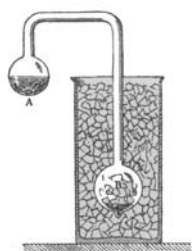


Fig. 477.

ser man da, der danner sig Is på Overfladen af Vandet. Grunden hertil er følgende: i den Kugle, som er nede i Kuldeblendingen, fortættet Dampen sig, derved formindskes Trykket på Vandet i den anden Kugle, Vandet fordampes da her, og stadigvæk bliver der fortættet Damp i den afkølede Kugle (B), og der fordampes Vand i den anden (A); ved denne Fordampning afkøles Vandet her (man ser, der slår sig Dug, ja Rim ned på 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 på, at der frembringes Afkøling ved Fordampning.

Man bruger i disse Maskiner en flygtig Vædske, som man får til at fordampe regelmæssig ved stadigvæk at suge Dampene bort. Man brugte først Æther, der koger i Luften ved 35°C. ; anbringes Æther i et lukket Kar, og suger man ved Hjælp af en Luftpumpe Dampene over Ætheren bort, så fordampes Ætheren livlig ved det lave Tryk, den er underkastet, og den bliver kold; dens Temperatur kan f. Eks. gå ned til en halv Snes Graders Kulde, og den Luft, som kommer i Berøring med denne Beholder — der kan forgrene sig i Rør — såvelsom en Vædske, der kommer i Berøring med den, afkøles. Maskinen er nu indrettet så, at Ætheren ikke går tabt ved Fordampningen; de bortpumpede Ætherdampe leder man nemlig ind i en anden Beholder, som holdes nogenlunde kold ($+ 10$ á 12°C.) ved Hjælp af Svalevand, og når Dampen trykkes sammen i denne Beholder, fortættes den igen til Æthervædske, og denne kan så ledes ind i den første Beholder, hvor den bringes til at fordampe igen; og således fortsættes Kredsløbet, så 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 Ammoniak, der er trykket sammen til Vædske, efter ganske det samme Princip, men også Kulsyre.

Kulsyre er jo en Luftart under almindelige Forhold (se Sp. 322—325), men når man underkaster den et stærkt Tryk, så bliver den til Vædske. Man kan jo nu om Stunder købe flydende Kulsyre på Jernbholdere. En sådan Beholder kan fyldes på følgende Måde med Kulsyrevædske: man holder den afkølet til 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 når det er nået op til 36 Atmosfærers Tryk, stiger det ikke højere, thi fra nu af bliver al den Kulsyre, som indpumpes, til Kulsyrevædske, og når der er tilvejebragt et passende Kvantum heraf, lukkes Beholderen til med en Hane eller Ventil. Bliver denne Beholder udsat for Opvarmning, så stiger det indre Tryk, altså Trykket fra Kulsyrevædskens Damp, d. e. den Kulsyreluft, som ikke er fortættet, og det er en temmelig rask Stigning, Trykket får — det er f. Eks. 50 Atm. ved 15°C. —, så at man på den ene Side må passe på, al Beholderen ikke bliver udsat for særlig stærk Ophedning, og på den anden Side må have tilstrækkelig stærke Beholdere til at udholde det stærke Tryk.

Når man lægger en sådan Beholder op i skrå Stilling, så at Hanen eller Ventilen er forneden, og man så åbner for denne, drives Kulsyrevædsken jo ud af det mægtige, indre Tryk, men den udsættes jo såpludselig for et Tryk (Atmosfærens), der er lille i Forhold til, hvad den kom fra; den giver sig derfor til at fordampe så enormt, at den derved afkøles så stærkt, at den stivner. Man binde f. Eks. en lille Tøjpose for Udløbsrøret; i denne Pose samler sig fin, hvid Kulsyresne, og når man har fået en Del deraf, kan man banke det sammen i en Form, så at man får en mere kompakt Masse. Dette Stykke Kulsyresne kan ligge hen på et Bord i længere Tid, adskillige Timer måske; dets Temperatur er $- 80^{\circ}$, og den stiger ikke, medens det ligger i Luften, thi al den Varme, der går over i det fra Luften, forbruges til Fordampning; det bliver lige som uldent på 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 helde lidt Kviksølv ned deri, thi dette fryser på et Øjeblik; med et Knivsblad kan man tage det faste Kviksølv op og lægge det på Bordet; det vil så snart smelte ved den Varme, som fra Luften går ind i det; Kviksølvs Smeltepunkt er 40 Graders Kulde (se Sp. 360).

Et Stykke Kulsyresne kan man have liggende på Hånden, uden at det gør En nogen Skade, thi vi har det Leidenfrostske Forsøg for os; men trykker man det ned imod Hånden, så svier det, ligesom når man brænder sig.

Alle Luftarter har man opnået at kunne fortætte, selv Ilt, den atmosfæriske Luft og Brint, men der skal meget stærke Afkølinger til. Man kan have flydende Ilt og Brint og atmosfærisk Luft stående i nogen Tid i en Skål på et Bord, men den har en overordentlig lav Kuldegrad. Ved sådanne lave Kuldegrader

får Legemerne mærkelig nok tildels andre Egenskaber, end de har ved almindelig Temperatur, men vi kan ikke her gå nærmere ind på denne Sag, hvor interessant den også kan være.

HVOR FÅR VI VARME FRA?

Jordens vigtigste Varmekilde er Solen.

Solen sender Stråler ud fra sig i alle Retninger, og en lille Del deraf træffer vor Jord, men er det end en lille Del, så er den dog så stor, at den i i Løbet af et År, hvis den blev fordelt ligelig over hele Jorden, kunde smelte et Islag på over 150 Fods Tykkelse. Den samlede Varmemængde, som Solen udsender, er imidlertid 2300 Millioner Gange større; hvis man kunde stå på Solen og se Jorden, så vilde den vise sig på Himlen som en lille bitte Prik, og hele Himmelhvælvingens Flade er det nævnte Antal Gange så stor som denne Prik.

Solens Stråler gennemfare Himmelfrummet med en enorm Hastighed, nemlig 40000 Mil i hvert Sekund; der er anstillet mange Forsøg over den Hastighed, med hvilken Lyset udbreder sig i Rummet, både med Lyset fra Himmelleger og med Lyset fra kunstig frembragte Lyskilder på Jorden, og alle giver de nævnte Resultat. Da Jorden er omtrent 20 Millioner Mil fra Solen, så er Lyset og Solens Strålevarme godt 8 Minutter om at komme fra Solen til Jorden.

Den Varmemængde, som Solen udsender, er så mægtig, at hvis den blev produceret ved Forbrænding af Kul, så måtte der i hver Time forbrænde 1800 Pund Kul på hver Kvadratfod af Solens Overflade. Hvad der er Grunden til, at Solen trods den store Varmemængde, den udsender År for År, ikke er bleven svækket i denne Virksomhed, ved man ikke så nøje, men den Antagelse har størst Sandsynlighed for sig, at Varmedeviklingen i Solen fremkommer ved en stadig Fortætning af Tågemasser. Solens Temperatur antages at være omkring en 7000°.

Solvarmen betinger alt Dyr- og Plantelivs Trivsel på Jorden, og som vi skulle se, er al Arbejdskraft på Jorden i sidste Instans et Resultat af Solvarmen.

Ved Solstrålernes Indvirkning på Planternes Bladgrønt, bliver den Kulsyre, som findes i Atmosfæren (se Sp. 321) adskilt i sine Bestanddele Kulstof og Ilt; Ilten udåndes, men Kulstoffet optages i Bladcellernes Vædske og udgør en væsentlig Bestanddel af det, der får Planten til at vokse. Den frigjorte Ilt benyttes af Mennesker og Dyr til Åndedrættet.

Af Fortidens Planter er der dannet Tørv og Kullag i Jorden, og vi ser altså, at når vi brænder Brænde, Tørv eller Kul, og derved får Varme frem, så er det den Solstrålernes Energi, der i sin Tid blev anvendt til Planternes Vækst, som vi nu på en Måde får igen; den har ligesom været hengemt i lange Tider. En Dampmaskines Gang skyldes Forbrændingen på Ildstedet, men til denne Forbrænding er Solenergien altså Ophavet.

Af Næringsmidlerne i Planterne lever Mennesker og Dyr, og lever de ikke af Planteføde alene, så lever de af andre Dyr, der har fået deres Næring fra Planterne, og Planternes Vækst skyldes Solstrålerne.

Ved Solens Varme fordampes Vandet i Have, Floder, Søer, fugtig Jordbund o. s. v., og disse Dampe stiger op i Luften, hvor de fortættes til Tåge og Skyer, hvorfra det regner og sner, og dette fremkalder Vandløb som Floder, Elve og Åer, 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 når vi i Vejrmøller og andre Vindmotorer udnytter den Energi, der er i Vinden, så er det altså 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 Varmedevikling hidrører fra en kemisk Forening, som ved den høje Temperatur foregår 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 (dårlig Træk), så danner Kulstoffet en Forening med Ilt, som hedder Kulilte, hvori der kun er halvt så megen Ilt som i Kulsyre; denne Luftart er giftig, den virker bedøvende, ja dræbende, når 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 forbrændte, og som sværter Røgen; Dannelsen af stærk Røg sker fornemlig, når man lige har fyret på; jo mindre tæt Røgen er, desto fuldkomnere sker Forbrændingen på Ildstedet, og desto bedre udnyttes altså Brændselet, vel at mærke, når ikke Ilttilgangen er så ringe, at der går Kulilte ud af Skorstenen.

Ved et Stofs Forbrændingsvarme forstår man den Mængde Varmeenheder eller Kalorier, der fremkommer, når 1 Pund af Stoffet forbrænder, og ved en Varmeenhed forstår man jo (se Sp. 360) den Mængde Varme, der skal til for at gøre ét Pund Vand én Grad varmere.

Man har fundet følgende Forbrændingsvarmer:

Rent Kulstof (Grafit, Diamant)	7800
Brint	34,000
Træ (med 12 pCt. Vand)	4400
Kokes	7000
Trækul og Stenkul	7—8000
Petroleum	11,000
Dowsongas	1300
Vandgas	2900
Lysgas	5500

Ved Beregning af de i England, Frankrig, Belgien, Tyskland og Østerrig-Ungarn forhåndenværende Forråd af Stenkul, har man fundet, at der er 360,000 Millioner Tønder. Der bliver heraf hvert År forbrugt ca. 350 Mill. Tønder, og man ser altså, at det tilstedeværende Forråd må blive brugt op i en overskuelig Fremtid; regnes Forbruget i Fremtiden til ca. 500 Mill. Tønder om Året, så slår Forrådet kun til i 6 á 7 Hundrede År, og for Nordamerikas Vedkommende fører en Beregning til det samme Resultat. Det er derfor såre heldigt, at Nu-

tidens og Fremtidens Teknik og Industri søger at udnytte Brændselet på den mest økonomiske Måde og at finde andre Varme- og Arbejds-kilder. Her må da nævnes Udnyttelse af Vand- og Vindkraft og den elektriske Kraftforplantning, der er omtalt under »Elektriciteten«.

Ved en fuldstændig Forbrænding af et Pund gode Stenkul fremkommer der altså så megen Varme, at 100 Pd. 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 Udstråling osv. går Varme tabt, og en Del går også tabt i Røgen; denne er varm, og går derfor bort med noget af den ved Forbrændingen udviklede Varme.

En lignende Forbrænding, som den, der her er omtalt, foregår også i det menneskelige og dyriske Legeme; igennem Næringsmidlerne optager Blodet Kulstof og Brint, og igennem Lungerne optager det fra Hjertet kommende »venøse« Blod Ilt, hvorved det forvandles til »arterielt« Blod, og ved Kulstoffets og Brintens Forening med denne Ilt fremkommer den dyriske

Varme. Ved Fordampning igennem Hudens Porer, ved Bortledning og ved Udstråling tabes en Del Varme, men nævnte langsomme Forbrænding i Blodet holder alligevel Kroppens Temperatur på ca. 37°. Når man arbejder legemligt, så 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 Åndedrættet og dermed Varmeudviklingen er livligere, når man arbejder, hvorfor man også trænger til mere Næring, end når man hviler.

Vi vil nu gå over til en kort Oversigt over de forskellige Måder, på hvilke man opvarmer Huse.

Kakkelovnen må da først nævnes. Fig. 478 forestiller et Snit igennem en af de nu så almindelige *Ventilationsovne*, hvor selve Kakkellovnen står indeni et Hylster (Kappe) af Jernblik, hvor Luften kan strømme ind forneden, opvarmes af Ovn og gå ud foroven; hvis der altså ude fra det frie går en Luftkanal ind igennem Gulvet og udmunder under Ovn, eller der kan komme frisk Luft ind igennem en Kanal, der ligger over Gulvet — Ventilationskassen er indrettet så, at begge Dele kan bruges —, så suges der af den varme Ovn Luft ind udefra, og Værelset bliver således 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, så bevirker Hylsteret, der omgiver Ovn, en livligere Cirkulation af Luften i Værelset, forhindrer Fodkulde, og man generes ikke af Strålevarme fra Kakkellovnen. 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 får man hurtig Kendskab til, hvorledes man skal manøvrere med den for at få Værelset opvarmet, således som man ønsker det. Ventilationen reguleres ved Hjælp af et Luftspjeld i Ventilationskassen. — En Beholder med Vand foroven i Ovn, giver ved Fordampning Luften i Værelset en passende Fugtighed.

I stedse stigende Grad anvender man Centralopvarmning og i Reglen i Forbindelse med et Ventilationsanlæg. Formålet er at få Værelset jævnt opvarmet over det hele, at forhindre Udstråling af Varme fra Ovn, at samle Opfyring og Pasning på et enkelt Sted, at undgå Transport af Brændsel, Aske og Sod igennem Værelserne osv.

I et Værelse kommer om Vinteren Kulden navnlig ind ved Vinduerne, hvor kun de tynde Glasruder skiller Værelset fra det frie; Luften ved Vinduerne afkøles da, synker ned og giver Kulde for dem, der sidder i Nærheden af Vinduerne; Ovn, i et Centralopvarmningsapparat kan imidlertid anbringes inde under Vindueskarmen, og når den kolde Luft fra Vinduet synker ned, blandes den med den varme Luft, der stiger op

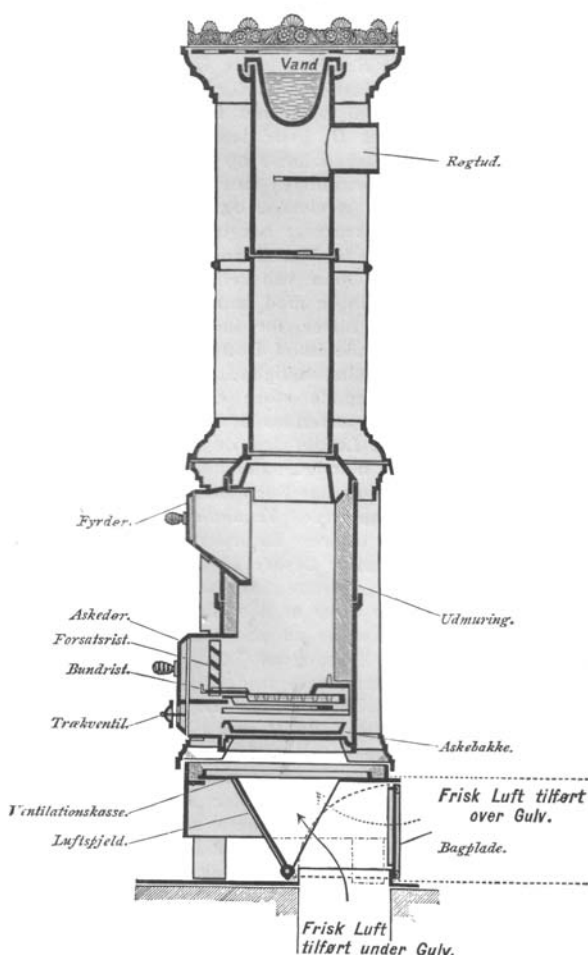


Fig. 478. Ventilationskakkellovn.

fra Ovn, og Kulden ved Vinduet er undgået; til Gengæld kan det imidlertid blive noget vel varmt ved Vinduerne, når der ikke er truffet særlige Ventilationsforanstaltninger. — Folk anvender undertiden Føntiærer om Vinteren: forede, tykke Tøj- eller Tæppestykker, anbragte på Muren under Vinduerne for at lune, men nogen nævneværdig Nytte gør de ikke, da det er en Fejltagelse at tro, at den Kulde, man kan føle om Benene, kommer fra, at der trænger Kulde ind igennem dette Murstykke; den hidrører fra den kolde Luft, som synker ned fra Ruderne. — Gulvtæpper giver Hygge og Indtryk af Lunhed, men når der fyres i Lejligheden underneden, så stjæler man dog mere Varme fra Beboerne underneden, når man ikke har Tæppe på Gulvet.

Til Central-Opvarmning benyttes tre Systemer: Varm Luft, Damp og varmt Vand.

Varm-Luft-Systemet. I Kælderetagen indrettes et stort Fyrsted, der er indrettet således, at det kan opvarme en stor Luftmængde; et sådant Apparat kaldes en *Kalorifere*, og man har heraf mange forskellige Former, de fleste indrettede til Forbrænding af Kokes. Fyret er et Magasinfyr, så at man kan nøjes med at fyre et Par Gange i Døgnet, og Apparatet står ellers og passer sig selv.

Kaloriferen indrettes for det meste således, at Forbrændingsprodukterne (Røgen) fra Fyret ledes igennem store Jernrør, der udvendig kan være forsynede med fremstående Ribber, for at Luften omkring dem kan få så stor Berøringsflade med dem som muligt. Fig. 479 viser et Snit igennem en sådan Kalorifere. I er Ildstedet, og Røgen herfra gå igennem de Sformede Ribberør til Røgrøret R, der fører til Skorstenen. Den kolde Luft ledes ind ad Porten K, opvarmes af Ribberørene og

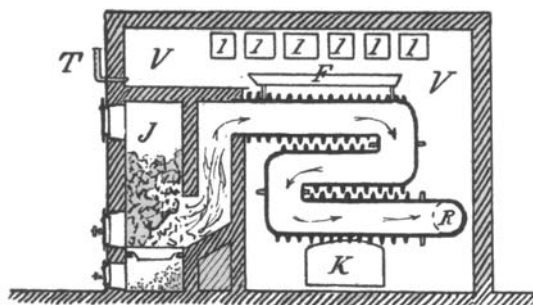


Fig. 479. Kalorifere.

stiger op i Varmekammeret V, hvor den optager Damp fra en Vandbakke F, og herfra ledes den så ad Varmluftskanalerne til Værelserne oppe i Huset. For at man kan kontrollere Temperaturen af den varme Luft, findes et Termometer T, som rækker ind i Varmekammeret. For Fyring og Rensning, der foregår fra Fyrpladsen — altså ikke i Kaloriferens Luftrum — findes selvfølgelig de fornødne Låger og lign. Da almindelig Kokes er et temmelig dyrt Brændsel, har man bestræbt sig for at konstruere Kalorifere til Fyring med Kul eller endog Kulaffald og Kokessmuld, og i den Henseende

har man fået en særlig økonomisk Forbrænding af billigt Brændsel ved »Etag-Kalorifere«, der er fremstillet i Fig.

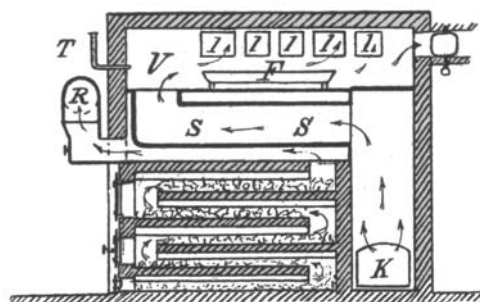


Fig. 480. Etag-Kalorifere.

480. På et System af Hylder af ildfast Materiale ligger Brændselet (Kulaffald o. lign.) spredt i temmelig tynde Lag, og Ilden drager vekselvis frem og tilbage op imellem Hylderne, og foroven kommer Forbrændingsprodukterne op i et Røgekammer, hvor de strømmer uden om et System af Jernrør S og derfra til Røgrøret R. Den kolde Luft træder ind ved K, går langs Kaloriferens Sider og trækker igennem Jernrørene S; som opvarmet Luft trænger den ind i Varmekammeret D, hvor den befugtes, og derfra går da Varmluftskanalerne op til Lokalerne.

Varmluftopvarmningen kan indrettes således, at Luften tages fra Værelserne og føres i Kanaler ned til Kaloriferen, opvarmes her og føres ad andre Kanaler igen tilbage til Værelserne, men dette Cirkulationssystem får man vanskelig til at virke godt i almindelige Bygninger med mange Værelser, da Kanalsystemet her bliver for indviklet og frembyder for store Modstande imod Luftbevægelsen; dette anvendes derfor i Almindelighed kun ved Opvarmning af Kirker og lignende store enkelte Lokaler. Det kan heller ikke anvendes i Sygehuse og lignende Bygninger, fordi Luften fra de forskellige Værelser så vilde blive blandet sammen i Varmekammeret, hvilket vilde begunstige Forplantningen af Smitte.

Som oftest anvendes *Ventilationsopvarmning*, idet der fra det frie tilføres Kaloriferen frisk kold Luft, der på den ovenfor beskrevne Måde opvarmes og derefter ledes i murede Kanaler op til Værelserne. Udsugningen fra disse af den tildels afkølede og fordærvede Luft sker da ad andre murede Kanaler, der udmunder over Bygningens Tag. I Fig. 481 er Systemet fremstillet: tværs under Bygningen findes en gennemgående 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 går den opvarmede Luft igennem Kanaler op til Værelserne, hvor den træder ind igennem en Reguler-Ventil L Til Udsugningskanalerne 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, når det på Grund af Belysningens Virkning (Gas f. Eks.) eller lignende ønskes, kan foretage Udsugning af den varmere

Luft ved Loftet igennem den øverste.

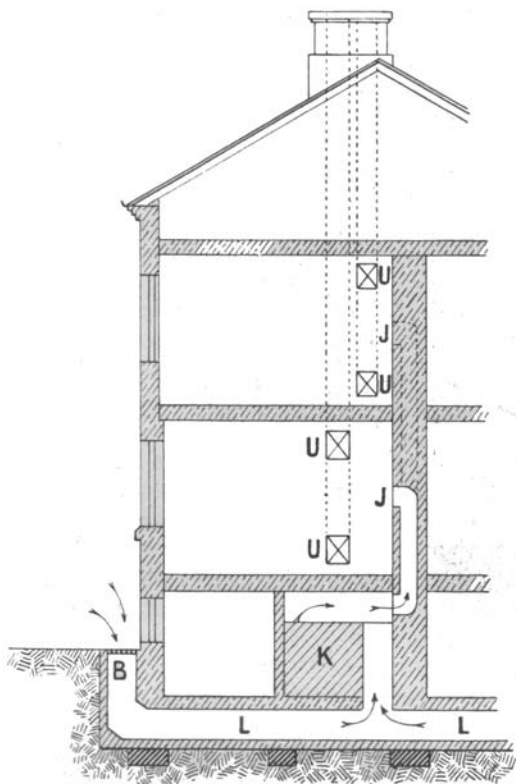


Fig. 481.

Som det ses heraf, kræver Apparaterne i Værelserne næsten ingen Plads; der fordres blot i Bygningen en Del murede Kanaler, dels for Varmluft og dels for Udsugningsluft. Ved dette System får man tilligemed Opvarmning en kraftig Ventilation, og det egner sig derfor godt for Hospitaler, Skoler og lignende Bygninger, hvor man ønsker en stærk Luftfornyelse. De murede Kanaler optager jo nogen Plads i Bygningen, og når Apparatet skal virke tilfredsstillende, må hvert Værelse have sin særlige Varmluftskanal og Udsugningskanal; hvis Bygningen er langstrakt, må man anvende to eller flere Koloriferer med Varmekamre, da Varmluftskanalerne ikke kan føres ret langt i vandret Retning (under Kælderloftet) fra Varmekammeret.

Ved denne Opvarmningsmåde sker Luftbevægelsen der- ved, at den varme Luft er lettere end den ydre kolde, og at den derfor stiger op igennem Kanaler og Værelser, så at Lufttryk- ket i de forskellige Rum og udenfor har Indflydelse på hele Opvarmnings Gang. Dette System kan derfor lade sig på- virke noget af tilfældige Vindforhold, så at der i Reglen let vil blive mindre varmt i den Side af Huset, hvor Vinden står på, end i Læsidet, fordi der altid findes mindre Utætheder ved Vinduer o. lign. I denne Henseende kan man opnå mere regel- mæssig 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

Varmeovnen er baseret på den store Mængde Var- me, som Damp afgiver, når den fortættes (se Sp. 366).

Det vigtigste Led i dette System er Kedlen, hvori Dampen udvikles; den opstilles sædvanligvis i et Kælderrum, dog undertiden i et særligt Kedelhus i umiddelbar Nærhed af den Bygning, der skal opvarmes. I Reglen bruger man særlige, såkaldte Lavtrykskedler, der er konstruerede specielt for Opvarmningsøjemed, således at de har et Magasinfyrsted og i det hele er således beskafte med Hensyn til Træk og Ildkanaler, at de kan drage god Nytte af Brændselet. Dog kan også de almindelige Kedelformer anvendes (se Sp. 382 o. flg.).

Hovedanordningen af et Dampopvarmningsanlæg er i Reglen således, som det er antyd- et i Fig. 482. 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 Damp- rør N, der fører Damp til de enkelte Ovne (O) i Værelserne. I disse (og tildels i Rørledningerne) fortættes Dampen på Grund af Afkølingen til Vand, og dette afledes fra Ovnene i særlige Rør L, der går ned til Kælderen og her fører Vandet tilbage til Dampkedlen. Det er således det samme Vand, der stadig opvarmes, fordamp- er, stiger op i Kredsløbet og vender tilbage, og man behøver kun en Gang imellem at fylde en ubetydelig Smule frisk Vand på Kedlen; derved undgås den skadelige Dannelse af Kedelsten,

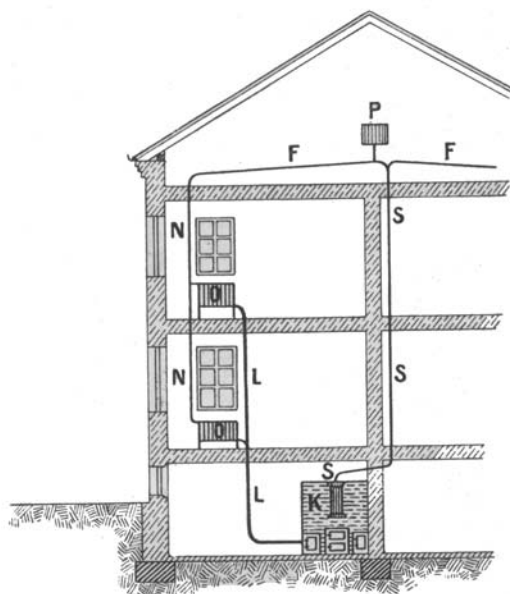


Fig. 482.

der fremkommer, når en Kedel stadig skal forsynes med nyt Vand. Undertiden har man ikke Loftsrums af en sådan Beskaf- fenhed, at man kan have Fordelingsledningerne liggende der; man kan da også lade Hoveddamp- røret forgrene sig i Kælderen og have opadgående Damp- rør derfra til Ovnene.

På den særlige Dampledning, der fører til en Ovn i Stuen, findes en Regulerings- shane, hvorved man kan regulere Damp- tilførselen og helt lukke for den. Selve Var- meovnene er i Reglen af Støbejern, deres Form og Udseende meget forskel-

ligt og retter sig efter, hvor og hvorledes de skal opstilles. I Fig. 482 er de vist under Vinduerne, og det er ofte behageligt at have dem der, dels på Grund af det Sp.374 og 375 omtalte

borttaget på et Stykke, så at Ovnens her bliver synlig. Den friske Luft går da igennem Kanalen til Ovnens, hvor den bliver opvarmet, og træder derefter ud i Værelset.

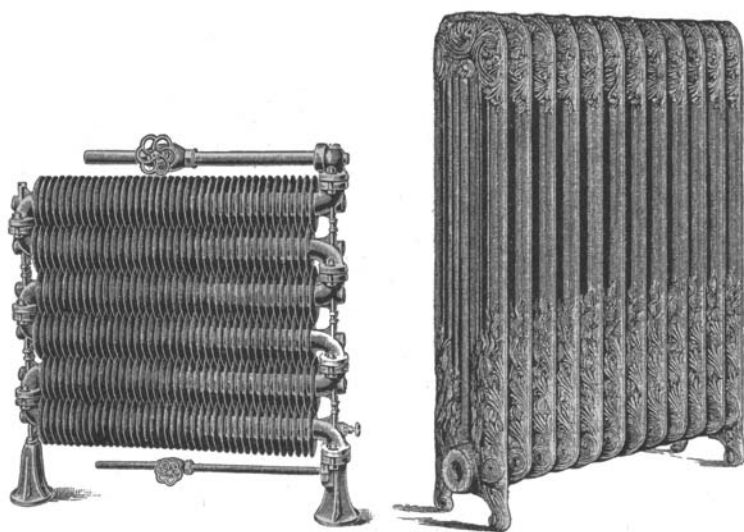


Fig. 483 og 484. Dampovn.

Forhold, dels fordi de da ikke ses meget. I Fig. 483 og Fig. 484 er fremstillet to forskellige Former af sådanne Dampovne, som ofte anvendes. Ovnens i Fig. 483 er lavet af støbte Ribberørselementer og bruges mest bag en gennembrudt Forklædning (se Fig. 485); Ovnens i Fig. 484 bruges mest som fritstående. Sådanne Ovne kan uden Vanskelighed kombineres med Tallerkenvarmere, små Vandfordampere o. lign., og man har mange smukke Udførelser heraf, ligesom de undertiden indbygges i Marmor eller Majolika Kaminer.

Denne Opvarmningsmåde kan let forenes med Ventilation, idet man i Kælderen opstiller en stor Dampovn, der forsynes med Damp ganske på samme Måde som Ovnene oppe i Etagerne. Det Rum, hvori denne Ovn opstilles, er da Varmekammer, og Tilledningen af frisk Luft dertil, Opvarmning og Befugtning og den forvarmede Lufts Ledning til Værelserne samt Udsugningen fra disse kan da være ganske, som det er omtalt under Varm-Luft-System et, idet den store Dampovn her træder i Stedet for Kaloriferen.

Man anvender også en anden, nemmere, men tilfredsstillende Måde, idet man har Dampovnen stående ved Værelsets Ydermur og i denne en kort Luftkanal, der er forsynet med Rist og Reguleringsspjæld, således som det er angivet i Fig. 485 for en Ovn under et Vindue; Ovnens er vist i Figurens venstre Del efter et lodret Snit tværs på Muren, og i dens højre Del er Forklædningen ind imod Stuen

Dampopvarmningen kan også bekvemt forenes med Varmt-Vands-For-syning til Vadskekummer og Badeappa-rater. Der opstilles da i Reglen i Kedel-rummet en Varmt Vands-Kedel, der har Tilførsel af koldt Vand fra Vandværket, og Ledninger for varmt Vand op til de forskellige Steder, hvor det skal bruges. Vandet i Varmt-Vands-Beholderen opvarmes ved, at der inde i den findes et spiralformet Kobberrør, hvorigennem der ledes Damp fra Dampkedlen. Sådanne Anlæg er især almindelige i Skoler og Hospitaller. I disse sidste benyttes Dampen fra Opvarmningsanlægget også til Desinfektionssovne; i Spisehuse og Vadskeanstalter til Kogning ved Damp, i Fabrikker til Tørreevne, Lakerovne o. s. v.

Lavtryks-Damp-Systemet kan anvendes i Bygninger af meget stor Udstrækning såvel som i mindre. Man kan sætte flere Kedler ved Siden af hinanden i samme Kedelrum, så at Pasningen bliver simpel. Foruden Lavtryksdamp som ovenfor beskrevet anvendes også undertiden Højtryksdamp og Spildedamp til Opvarmning, hvor man har Dampkedler og Maskiner til andet Brug, f. Eks. til elektrisk Belysning og Fabriksdrift. I sådanne Tilfælde er selve Opvarmningssystemet dog i Hovedtrækkene ligesom ved Lavtryksdamp, idet Damptrykket i Almindelighed redu-

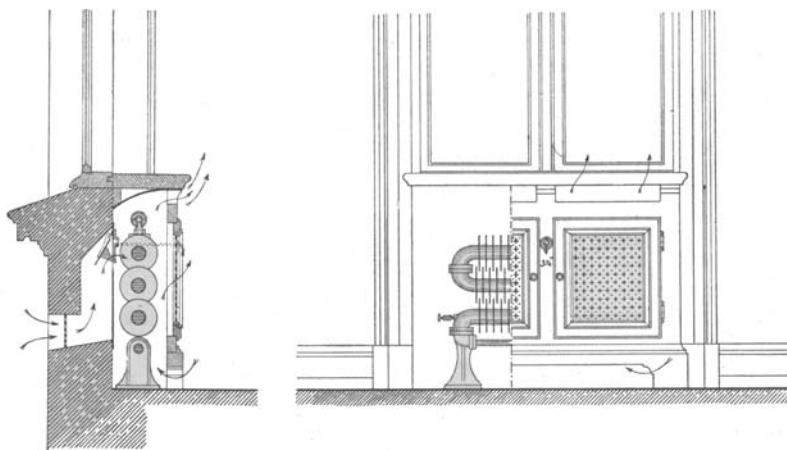


Fig. 485. Placering af Dampovn i Vinduesnicke med Ventilationsapparat.

ceres før Brugen til Opvarmning.

Varmt- Vands-Systemet er, hvor man ønsker at opnå fuldkommen jævn, mild Opvarmning, som let og med Sikkerhed kan reguleres, at foretrække både for Varm-Luft- og for Damp-Systemet.

Anlægget af det er i Hovedtrækkene ligesom ved Lavtryksdamp, men i Kedlen opvarmes Vandet ikke

så stærkt, at det koger, nemlig i Almindelighed kun til 60 å 70° C., højest til 80 å 90°. Kedlens Besætning er derfor naturligvis anderledes, og navnlig er den selvregulerende Regulator, der i den før omtalte Kedel er indrettet så, at den spærrer af for Trækket til Ildstedet, når Damptrykket har nået den rette Størrelse, her indrettet således, at den spærrer af for Trækket, når Vandets Temperatur stiger, og åbner for Trækket, når den synker, så at man får en henholdsvis formindsket og forøget Varmeutvikling. Rørledningen anlægges ganske på samme Måde, og der anvendes de samme Former af Ovne som ved Damp. Både 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 måske sprænges noget af det, anbringes der i Loftsetagen ved det øverste Punkt af Rørsystemet en Ekspansionsbeholder (P i Fig. 482), der er i åben Forbindelse med Luften, så at Vandet frit kan udvide sig deri. Opvarmningen foregår da således, 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.

Ligesom ved Damp kan der etableres Ventilation ved at indrette Varmekammer i Kælderen eller ved at tage Luften direkte ind til de enkelte Ovne. Der kan også dannes Forbindelse med Varmtvandsforsyning ved de samme Midler som ved Damp, når der blot i Stedet for Damp ledes varmt Vand fra Opvarmningskedlen igennem det spiralformede Kobberør.

Medens man ved Damp-Opvarmning ikke kan holde lavere Temperatur i Kedlen og Rørledningerne end noget over 100° C., så kan man ved Varmt-Vands-Systemet regulere Temperaturen af Vandet i selve Kedlen i Forhold til den ydre Temperatur, hvilket man opnår ved at stille på den omtalte selvvirkende Regulator. Som Følge af den lavere Temperatur vil Varmafgivningen blive mildere og behageligere end ved Damp, og den kan yderligere reguleres ved Ventilhaner på Ovnene. — Varmt-Vands-Systemet er da også, navnlig i den allernyeste Tid, bleven meget anvendt i herskabelige Boliger, Villaer, Café- og Selskabslokaler, Kontorer, nogle Hospitaler og Stiftelser.

Foruden den her omtalte almindelige Varmt-Vands-Opvarmning anvender man i enkelte Tilfælde et såkaldt *Hedt-Vands-System*, idet hele Anlægget består af et enkelt, særlig stærkt Jernrør (Perkinsrør), der danner både Kedel, Rørledning og Ovne, idet der i Stedet for Kedel er dannet en stor og tæt Rør-slyngning, der påvirkes direkte af Ilden, og Ovnene består af lignende mindre Rørslyngninger. Trykket i Røret kan her blive meget højt, da der ingen egentlig Ekspansionsbeholder er, men kun en lille, lukket Luftbeholder, der tjener til at give nogen Elasticitet. Disse Anlæg er billige, men de frembyder ikke så gode Forhold med Hensyn til Reguleringen som den almindelige Varmt-Vands-Opvarmning.

Opvarmning ved Damp og Vand fordrer et ret omfangsrigt Rørsystem, men det er i Almindelighed Rør med små Diametre, der er Tale om, og i nye Huse kan man uden Vanskelighed anbringe dem således, at de slet ikke ses

eller i hvert Fald kun er lidet fremtrædende. På sådanne Steder, hvor de helst ikke må 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 fået en sådan Udvikling, at den har nogen almindelig praktisk Betydning; den har den Fordel, at Ledningerne er lette at anbringe og ikke optager Plads (se Sp. 149).

Den Ventilation, der er omtalt under de forskellige Opvarmningssystemer, er den såkaldte selvvirkende Ventilation, men undertiden kræves der en kraftigere og sikrere Luftfornylelse, og da anvendes der mekaniske Hjælpemidler, i Reglen Skrueventilatorer eller Centrifugalblæsere, der med Kraft kan fremdrive en Luftstøm. Mindre Ventilatorer anbringes undertiden til Udsugning fra enkelte Lokaler, men man har også Anlæg, hvor der er en mekanisk, central Ventilation. Der tages da Luft fra det frie på et passende friskt Sted, og den suges ind i et Rum — Støvkammeret — hvor tilfældig medrevne Urenheder (Blade, større Støvfug) falder til Jorden, passerer igennem et Regnbad og et Filter af Musselin eller fint Metaltrådsvæv, 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 gå 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 består 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 Cylin-

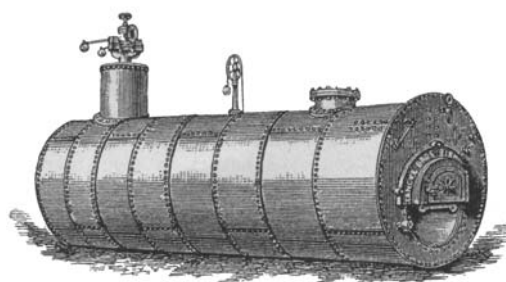


Fig. 486. Almindelig Dampkedel.

der; hvor det lader sig gøre, bør den være indmuret, for at Varmetabet skal blive så lille som muligt. Ildstedet kan være under Kedlen, men findes ofte indvendig i Kedlens ene Ende. Det er Formålet at få en så stor *Varme-flade* som vel muligt,

d. v. s. at få Vandet i Kedlen opvarmet igennem så mange af Ildstedet og Røgen ophedede Flader som muligt; Røgen ledes derfor fra Ildstedet igennem de såkaldte Ildkanaler, som Vandet berører, før den går ud i Skorstenen; på Vejen tages der så 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. 486 viser, hvor der inde i Kedlen går en lang Cylinder fra den ene Ende til den anden, og i denne Cylinders ene Ende findes Ildstedet, hvorfra Forbrændingsprodukterne (»Røgen«) så stryger igennem hele denne Cylinder; er Kedlen så indmuret (se Fig. 488), så er der i Murværket dannet Kanaler, hvorigennem Røgen, når den er kommen igennem nævnte Cylinder, føres fremefter langs Kedlens Ydersider og derpå tilbage langs Kedlens Underside for så tilsidst at udmunde i Skorstenen. Det gælder som nævnt om at tage så megen Varme fra Røgen som muligt til Vandets Overgang i Dampform; når Røgen træder ud i Skorstenen, har den en Temperatur af omkring 300°. Den opadgående Luftstrøm, som den varme Skorsten fremkalder, frembringer en Sugning i Kanalernes Indre, og ved denne Sugning strømmer der Luft ind udefra til Ildstedet; en sådan Lufttilførsel er nødvendig for Forbrændingen, thi under denne forener Brændsels Kulstof (og Brint) sig med Ilten i Atmosfæren. Skal Brændselet udnyttes så meget som muligt, så må Forbrændingen være fuldstændig, og da må hvert Pund Kulstof have 2 2/3 Pund Ilt til sin Forbrænding, d. e. ca. 12 Pund atmosfærisk Luft eller med andre Ord ca. 150 Kubikfod. Meget Luft slipper imidlertid igennem Ildstedet uden at forene sig med Kullet, men kan man blot indrette det således, at der ikke føres mere end 300 Kfd. Luft til for hvert Pund Kul, så er det endda så godt et Resultat, som man kan opnå; for megen Luft skader jo derved, at den gør Røgen koldere.

Ildstedet består af en øvre og en nedre Del: *Ildrummet* og *Askerummet*, skilte fra hinanden ved en *Rist*, på hvilken Brændselet lægges; Luften strømmer fornemlig ind i Askerummet og går igennem Riståbningerne op til Brændselet.

Ved Røgens Indtrædelse i Skorstenen er der et Spjæld, som kan åbnes mere eller mindre af Fyrbøderen; når Damptrykket bliver stort i Kedlen, behøves der ikke så livlig Forbrænding på Ildstedet, og omvendt; man regulerer undertiden Forbrændingen automatisk ved at forsyne Kedlen med en Indretning, ved hvilken nævnte Spjæld lukker mere for, når Trykket i Kedlen stiger, men giver større Åbning, når Trykket i Kedlen falder.

Selv de bedste og største Dampmaskiner kan kun udnytte ca. en halv Snes Procent af det Kul, der forbrænder på Ildstedet.

Da den indre Ildkanal ophedes stærkt, udvider den sig også forholdsvis meget; for at den ikke derved skal komme til at udøve uheldigt store Tryk på Kedlens Endeflader, gør man ofte dens Sider bølgeformede, hvorved Elasticiteten bliver stor, og man opnår tillige at forstørre Ildpåvirkningsfladens Areal samt at give Kanalen større Modstand imod Dampenes Tryk, der virker udvendig på Kanalen, og med Tilbøjelighed til at klappe den sammen.

Fig. 487 og 488 viser en anden Form for Kedlen end den i Fig. 486, 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; *B* og *B* og disse Forbindelsesrør er helt fyldte med Vand, *PQ* derimod kun godt og vel halvt. Det hele er indmuret således, at der er et stort Røgrum *FF* under Rørene *BB*, og over dem går der tre lange Kanaler *D, C, D*; Røgen går fra Ildstedet tilbage igennem *FF*, dernæst fremefter igennem Midterkanalen *C* foroven,

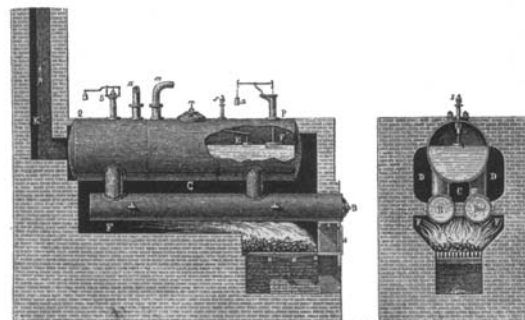


Fig. 487.

Fig. 488.

bøjer derpå om og går tilbage igennem Kanalerne *DD* for så tilsidst at gå ud i Skorstenen *K*.

Man kan også lade Ilden virke først på den store Kedel og derpå lede den omkring de nedre Cylindre; Disse sidste kaldes da Forvarmere.

De på Kedlens Overside anbragte Apparater er følgende: *S* er Sikkerhedsventilen; *n* er Føderøret, som går ned næsten til Kedlens Bund, og hvorigennem Kedlen forsynes med frisk Vand — til Erstatning for det, som fordamper — ved Hjælp af den såkaldte Fødepumpe, der drives af Dampmaskinen selv;

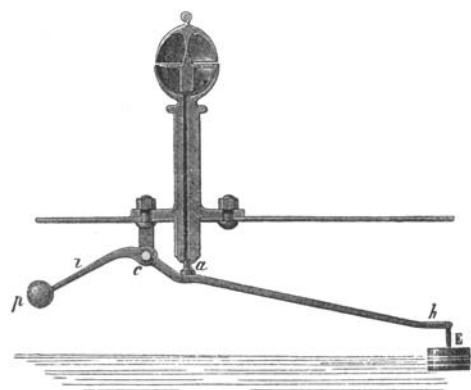


Fig. 489.

m er Damp røret, som fører Dampen hen til Maskinen, *T* Mandehullet, *f* en Alarmfløjte og længst til højre en Svømmer, der angiver Vandstanden.

Alarmfløjten, der ses i større Målestok i Fig. 489,

begynder at pibe, når Vandstanden i Kjledlen synker lavere, end den bør. Den består af en Flyder *E* på Vandet, befæstet til den ene Ende af en lang Vegtstang *ih*, der har sit Hvilepunkt i *c* og en Kontravegt *p* på den anden Arm. Vegtstangen bærer en kegledannet Prop *a*, som lukker for et i Kjledlens Overdel anbragt lodret Rør, der oventil har en Fløite, som kommer til at lyde, så snart *a* går ned, idet der da kan slippe Damp ud gennem Røret op til Fløiten. Ved normal Vandstand har Flyderen en sådan Stilling, at den trykker *a* op mod Røret; men når Vandstanden synker, så følger Flyderen med, og da er det, at Fløiten piber for at tilkjendegive, at Kjledlen trænger til Vand.

Svømmeren *F* (Fig. 487) er befæstet til en Metaltråd, der går op gennem Kjledlen til en Vegtstang, i hvis anden Ende der hænger et Vegtlo *a*; *F* er tungere end *a*, men da den går noget ned i Vandet, får den en Opdrift fra dette, og når Vandstanden er normal, står Vegtstangen vandret. Synker Vandet derimod under det normale, bliver Opdriften på *F* mindre, og den synker med, så at Vegtstangen kommer til at helde til den modsatte Side. Vandstanden kan således bedømmes efter den lille Vegtstangs Stilling (på Kjledlen i Fig. 486 er Vegtstangen ombyttet med en Trisse).

Men til Undersøgelse af Vandstandens Høide bruges desuden altid — og det er påbudt i Loven — de to Indretninger Vandstandsør og Sikkerhedshaner.

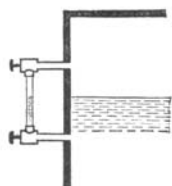


Fig. 490. Vandstandsør

Vandstandsørret (Fig. 490) er et sterkt Glasrør, indsat i to Metalrør, der går vandret ud fra Kjledlen, det ene noget over og det andet noget under normal Vandstand; i dette Glasrør stiller Vandet sig i samme Høide som inde i Kjledlen, og man kan altså se på Røret, hvor høit Vandet står i Kjledlen.

Sikkerhedshanerne er 3 i Antal; det er korte Rør med Hane på, der går ud fra Kjledlens ene Endeflade. Det ene Rør er lidt over, det andet 3 Cm. og det tredje 8 Cm. under normal Vandstand; man skal altså altid få Damp ud af det øverste, Vand ud af det nederste og normalt Vand ud af det mellemste Rør; giver det sidstnævnte Rør Damp, trænger Kjledlen til Påfyldning af Vand.

De sidst beskrevne Apparater har alle til Hensigt at vise Kjledlens Vandstand, hvorledes Vandstanden er, og alarmere ham, inden Vandet synker under den tilladelige Grænse. Dette er nemlig et Punkt af stor Vigtighed, idet Kjledlens Overdel kan blive glødende, når de ikke er berørte af Vandet, og hvis dette indtræder, og man derefter pumper Vand ind i Kjledlen, vil der pludselig finde en voldsom Dampudvikling Sted, der som Regel vil have en Eksplosion af Kjledlen til Følge.

Sikkerhedsventilen sees på Fig. 491. Fra Kjledlens Overside går et Rør *A* op, som er dækket med en Prop *c*, og denne Prop holdes ind til Røret ved det Tryk ned på den, som Vægten *p* frembringer, der hænger ude i Enden af Vegtstangen *ba*, hvilken hviler på Proppen *c* og er dreibar om en Akse ved *a*. Under Opfyringen vil Damptrykket i Kjledlen stadig vokse, indtil det bliver så stort, at det kan løfte Proppen *c*, hvorved Dampen

kan undvige; det vil altså sees, at jo tungere *p* er, og jo længere Arm den hænger på, desto højere kan Trykket i Kjledlen stige. Alle Dampkjedler er underkastede offentligt Tilsyn, og ved dette kontrolleres det, at Ventilens Belastning ikke er for sterk til, at Kjledlen ikke kan tåle det Tryk, der er fornødent til at åbne den.

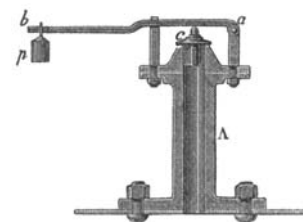


Fig. 491. Sikkerhedsventil

Mandehullet er et Hul på Kjledlen så stort, at en stor Gut kan komme derigennem ind i Kjledlen for at rense den for den Kjledelsten, der efter længere Tids Brug har sat sig fast derinde og beklæder Kjledlen med et varmeisolerende Lag, der hemmer Varmens Overgang fra Røgen til Vandet. Under Kjledlens Brug er Hullet dækket med en påskruet Plade.

Enhver Dampkjedel skal endvidere være forsynet med et Manometer (se Sp. 310—12), og her bruges da så godt som altid det på Fig. 390 afbildede Metal-Manometer.

På Dampørret, der tjener til at føre Dampen hen til den egentlige Maskine, sidder der en Hane eller Ventil, så at man ved at dreie på denne efter Behag kan slippe Dampen ind i Maskinen og stoppe op for den; men desuden er der inde i Dampørret et Spjeld (v i Fig. 494), som udefra kan dreies om i forskellige Stillinger, så at det lukker mere eller mindre af for Dampen; dette Spjeld er sat i Forbindelse med en Regulator på Maskinen på en sådan Måde, at jo hurtigere Maskinen går, desto mere lukkes Spjeldet for, og jo langsommere Maskinen



Fig. 492. Lokomotivkjedel.

går, desto mere åbnes Spjeldet for Damptilførselen; i det første Tilfælde får man da en langsommere, i det sidste Tilfælde en hurtigere Gang af Maskinen, og det er jo netop Formålet, når man vil have en så regelmæssig Gang som muligt. Den Del af Maskinen, der på denne automatiske Måde dreier Spjeldet i

Damprøret, er *Centrifugal-Regalatoren*, hvilken senere (Sp. 390) skal blive omtalt.

Lokomotivkjedlen er indrettet således, at der er en Mængde snævre Ildkanaler, *o*: Rør, gennem hvilke Røgen fra det indvendige Ildsted ledes til Skorstenen, og Ildstedet og disse Ildkanaler er omgivne af Vandet. Dampen, der udvikles, samler sig i en Kuppel ovenpå, og herfra kan den slippes ind i de to Maskiner på Kjeldens Sider; Lokomotivføreren har det i sin Magt (Håndtaget *d*, Fig. 492) ved at åbne et Spjeld mer eller mindre at slippe Damp ned til Maskinen i forskjellig Grad.

I de senere Tider anvendes den såkaldte *Vandrørskjedel* i stigende Udstrækning. Ilden ledes her i Bugtninger omkring en

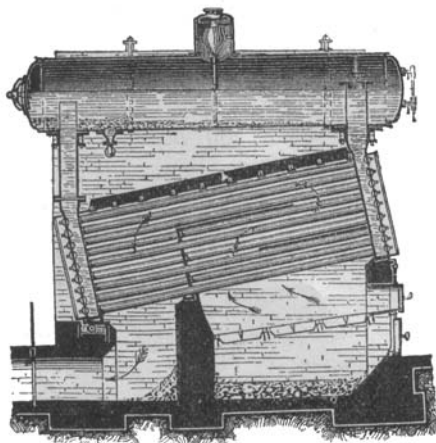


Fig. 493. Vandrørskjedel.

Række af parallelle skråt-liggende Rør, der er forbundne med hinanden ved begge Ender og her tillige med Rør er sat i Forbindelse med en cylindrisk Kjedel ovenpå (Fig. 493). I Rørene og en Del af Kjeden er der Vand, og der frembringes her under Ophedningen en meget kraftig Cirkulation af Vandet, hvad der bl. a. medfører, at Afsætningen af Kjedelsten kun er ubetydelig. De snævre Rør kan modstå meget betydelige Tryk og dog være temmelig tynde i Materialet; disse Kjedler bruges især, når man skal have høit Damptryk, op til 10 Atmosfærer. Kjedler med sådanne snævre Rør byder stor Sikkerhed mod farlige Eksplosioner, ikke alene fordi Rørene kan tåle sterke Tryk, men også derved, at den Vandmængde, som indesluttet i et Rør, og som umiddelbart deltager i Eksplosionen, er meget liden. Men Kjedlen er vanskelig at betjene og fordrer omhyggelig Fyring og Vandforsyning, når Damptrykket skal holdes konstant. Cylinderen ovenpå kan enten være direkte udsat for Ilden også, eller den kan ligge frit over det Murverk, som afslutter Ovnens ovenpå.

Vi går så over til at beskrive Indretningen af selve Maskinen. Dampen ledes fra Kjeden til Maskinen gennem Damprøret (*x*, Fig. 494), hvori sidder den tidligere (Sp. 386) omtalte Drottellhælv *v*. Dampen træder fra Røret først ind i Gliderkassen *d*, der er anbragt på 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 står lodret. Gliderkassen er nøiagtig plansleben på den Side, som vender ind mod Cylinderen og langs denne plane

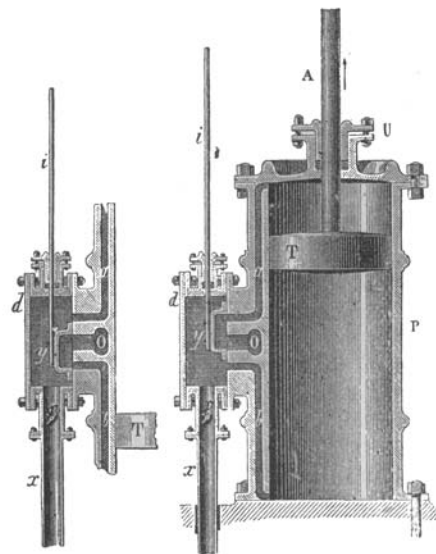


Fig. 494. dampcylinder med Gliderbane.

Flade kan en Skål, »Glideren« *y*, med plansleben Rand føres frem og tilbage (op og ned). I den tykke Væg mellem Gliderkasse og Dampcylinder går der tre Kanaler, nemlig de to »Dampgange« eller »Næsebor« *a* og *b*, som udmunder ved Dampcylinderens to Endeflader og et tredje Rør *o*, som fører fra Gliderkassen ud gennem Siden, enten til det Frie eller til den såkaldte Kondensator; dette Rør, der kaldes Spildepamprøret, udgår fra Gliderkassen midt mellem Dampganges Udgangssteder. Glideren er så stor, at den kan dække over Indgangen til dette midterste Rør og den ene af de to Dampgange. Såvel fra Stemplet *T* som fra Glideren *y* går der Stempelstænger (*A* og *i*) dampetæt ud gennem den ene Endeflade af de respektive Cylindre.

Virksomheden er nu følgende: Lad os antage, at Glideren i Øieblikket har den Stilling, som den høire Del af Figuren viser; Dampen, der kommer ind i Gliderkassen, vil herfra strømme gennem Dampgangen *b* ind i Dampcylinderen og presse Stemplet *T* tilveirs ved sit Tryk. Under denne Stemplets opadgående Bevægelse fører Maskinen selv Stangen *i* og dermed Glideren *y* nedad, og når *y* derved kommer til at dække over Indgangen til *o* og til *b* (venstre Del af Figuren), så kan Dampen slippe fra Gliderkassen gennem 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* tilveirs, den trykkes nu af Stemplet ud gennem Dampgangen *b*, op i Glideren *y* og derfra ud gennem Røret *o*. Så flyttes *y* igjen op, Dampen kommer ind under Stemplet gennem *b*, og Dampen ovenover Stemplet drives ud gennem *a*, Glideren og Røret *o*. Vi ser altså, at når man blot sørger for, at Glideren går på rette Måde op og ned, så går 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 omdreieende Bevægelse, og det gjælder da at få Stemplets Bevægelse frem og tilbage omsat til en roterende Bevægelse. Dette sker ved Hjælp af en *Krumtapsmekanisme*.

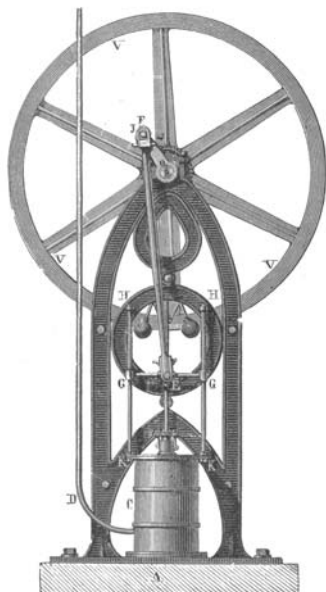


Fig. 495.

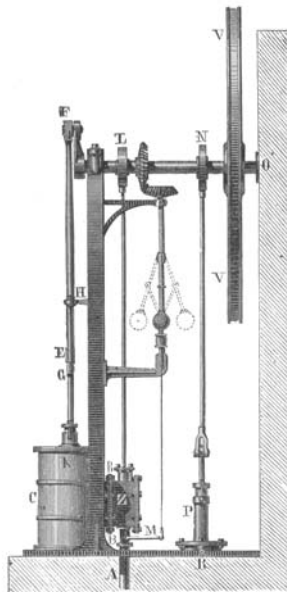


Fig. 496.

Fig. 495 og 496 viser os en lodret stående Dampmaskine, seet fra to Sider; helst anbringer man den i vandret Stilling, da den så kan lægges på et muret Fundament (se Fig. 498), og alle Akselleier da er anderledes fast anbragte.

A er Dampprøret, Z er Gliderkassen, C Dampcylindren; D er Spildedampprøret, gennem hvilket den i Dampcylindren forbrugte Damp forlader Maskinen. Stempelstangen har en Tverarm GG, hvis Ender glider op og ned ad de to lodrette Søiler KH, hvorved den styres, og fra Stempelstangens øverste Punkt E udgår den såkaldte Vævstage EF, hvis øverste Punkt F er hængslet til Armen, Krumtappen, OF, der ved O sidder fast på Maskinakslen og udgår lodret på denne. Når Stemplet går opad, trykker Stempelstangen gennem Vævstagen EF på Endepunktet af Krumtappen, hvorved Aksen dreies rundt, idet Punktet F beskriver en Cirkel omkring O. Når Stemplet har nået sin høieste Stilling og derpå går nedad, så skal Vævstagen ved sit Træk i Krumtappen dreie Akslen O videre i den samme Retning. Men vi forstår da, at Stempelstangen virker ulige gunstig på Akslen efter Krumtappens forskjellige Stillinger, og at Maskinen får to Dødpunkter, nemlig Stemplets øverste og nederste Stilling; thi da ligger Krumtappen henholdsvis bag og i Forlængelsen af Vævstagen, 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 Hjulkrands; dette Hjul sidder fast på

Maskinakslen og føres altså med rundt. Et sådant Hjul vil, når det en Gang har fået en vis Fart, ikke så let forandre denne, og det regulerer altså Maskinens Gang og fører den ud over Dødpunkterne. Hvor Forholdene gjør Anbringelsen af et Svinghjul umulig, der må man anvende to Dampcylindre, hvis Stempelstænger virker hver på sin Krumtap på Akslen, og disse Krumtappe er anbragt således i Forhold til hinanden, at den ene så vidt muligt er i den gunstigste Stilling, når den anden er i et Dødpunkt; de hjælper da hinanden ud over de døde Punkter.

Gliderens taktfaste Bevægelse op og ned besørger Maskinen ved Hjælp af en på Maskinakslen siddende, krumtaplignende Indretning, som kaldes *Ekscentriken* eller en *ekscentrisk Skive* (L).

Drottelhvælven i Dampprøret A dreies ved Hjælp af Vegtstangen MB (Fig. 496), der står i Forbindelse med *Centrifugalregulatoren*, hvis lodrette Akse dreies rundt af Maskinen; under Omdreiningen slår de to svære Kugler ud og desto mere, jo hurtigere Maskinen går, altså jo mindre den har at trække; en Skyver omkring Regulatorens Akse trækkes derved tilveirs, og det er denne Skyver, som derved kommer til at dreie MB.

N er en anden ekscentrisk Skive, hvorved Maskinen driver Fødepumpen P.

Høitryksmaskiner og Lavtryksmaskiner. Når Damptrykket i Kjleden er op imod $1\frac{1}{2}$ Atm. Tryk, kalder man Maskinen for en Lavtryksmaskine, hvorimod det går op til 10 Atm. i en Høitryksmaskine.

Ved Høitryksmaskiner lader man den i Dampcylindren nyttiggjorte Damp strømme gennem Røret O, Fig. 494, eller Røret D, Fig. 495, ud i det Frie, hvorved ganske vist Stemplet på sin Vei fremad må overvinde den ydre Lufts Tryk, men det er en så liden Brøkdel af Damptrykket, at det ikke får synderlig Betydning, og man bliver fri for en hel Del Biapparater; i Lokomotivkjedlen (Fig. 492) bruges denne Damp til at fremme Trækken i Skorstenen (gennem Røret F), hvad der er en Nødvendighed, fordi Skorstenen på Lokomotivet er for lav til, at den uden en sådan ekstra Udblæsning kan tilveiebringe det fornødne Træk på Ildstedet.

I Maskiner, der arbejder med lidet Damptryk, lader man derimod Spildedampprøret føre ned til en *Kondensator* (Fortætter), der består af en lukket Kasse, som er omgivet af koldt Vand, eller i hvilken koldt Vand indsprøites; herved vil Dampen for største Del fortættes, og det derved dannede Vand pumper ud 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 får så kun at overvinde det Tryk, som den ikke fortættede Damp i Kondensatoren udøver, og dette Tryk beror på Temperaturen; denne er ca. 40° , og Damptrykket ved denne Temperatur er kun ca. $1/10$ Atm. Tryk. Luftpumpen pumper Vandet fra Kondensatoren over i Varmvandskassen, og herfra pumper en Trykpumpe, *Føde-*

pumpen, det tilbage til Kjleden igjen. Alle disse Pumper drives af Maskinen selv.

Ekspansion. Man lader sjældent Dampen fra Gliderkassen vedblive at strømme ind i Dampcylinderen, indtil Stemplet er kommen til Enden af Cylinderen, men man indretter Glideren og dens Bevægelse således (f. Eks. ved små Fremspring ved Gliderens Rand, se Fig. 494, eller ved 2 Glidere), at der stoppes af for Damptilførselen, når Stemplet er kommen en liden Del af sin Vei frem, og så lader man den Damp, der er kommen ind i Cylinderen, drive Stemplet videre frem ved sin Udvidelseskraft, sin *Ekspansion*. Herved spares der Damp og dermed Brændsel. I Almindelighed varieres Fyldningsgraden efter Maskinens Arbeide, således at Cylinderen får en større Fyldning, når Maskinen har meget at trække, og omvendt en mindre Fyldning, når Maskinen løber tom eller kun har et ubetydeligt Arbeide at udføre. I Regelen bliver Fyldningsgraden varieret automatisk af Regulatoren (Sp. 390), som da står i Forbindelse med Glideren, og det tidligere omtalte Spjæld i Damprøret (Drottelhvælven) udelades. Ved denne Reguleringsmåde opnår man bl. a. stor Dampbesparelse.

Høi- og Lavtryksmaskine er Navnet på Maskiner, ved hvilke den nysnævnte Ekspansion foregår derved, at man benytter to Cylinder. Tænker vi os, at Dampen kommer ind i den første Cylinder, Høi-trykscylinderen, ved 8 Atm. Tryk, så kan man ved Ekspansion f. Eks. lade dens Tryk blive formindsket til 2 Atm. Tryk, og denne Damp ledes så ind under Stemplet i den anden Cylinder, Lavtrykscylinderen, hvor Damptrykket måske ved Ekspansion formindskes til 1/4 Atm. Tryk. Dette er mere økonomisk, end om man anvendte én Cylinder og indrettede Glideren således, at der blev spærret så hurtig af for Dampen, at Dampens Tryk ved Ekspansion i denne Cylinder faldt fra 8 Atm. Til 1/4 - Tryk; thi ved en så kraftig Ekspansion sker der en så sterk Afkøling af Cylinderen, at en Del af den næste Gang indtrædende Damp vilde fortættes til Vand, så at Damp- og dermed Brændselsforbruget vilde blive større; desuden vilde der foredes sterkere Maskindele. De to Cylinders Stempelstænger virker ved Krumtappe på én fælles Maskinaksel, og Maskinen kaldes også for en *Compound-Maskine*. Man er gået videre og har indrettet Compound-maskiner med 3, ja med 4 Cylinder.

Endnu skal nævnes den af Svenskeren *Laval* konstruerede Damp turbine, som han ved at kombinere den med Centrifugen »Separator« har fået til at give meget gunstig Nytevirkning. Princippet beror på et meget gammelt og simpelt Forsøg (Fig. 497): En Glaskugle har på to diametralt modsatte Steder indsat to Rør, der går ud i modsatte parallelle Retninger og ude i Enderne er bøiede til modsatte Sider. Ved Hjælp af en bøiet, stiv Metaltråd med »Øine« i Enderne er Kuglen lagt op således, at den let kan dreie sig om den Diameter, der forbinder de Steder på Kuglen, hvorfra Rørene går ud. Der bringes lidt Vand ind i Kuglen, og man holder ved at tage på Metaltråden med Fingrene Kuglen hen over en Flamme, hvorved Vandet kommer i Kog, og Dampene strømmer ud gjennem Rørene;

Kuglen med Rørene kommer da til at dreie sig rundt i en Retning, der er modsat Dampstrålernes. — Anbringes Damp turbinen således, at dens Rotationsakse er lodret stillet, kan denne Akse og Centrifugens være fælles for dem begge, og man undgår Overføringsindretninger, der altid frembringer et Krafttab. — Laval's nyeste Damp turbine gjør 30,000 Omdrejninger i Minutet, hvilket er mange Gange mere, end man kan drive det op til med de almindelige Dampmaskiner.

Hestekraft. Ved en Hestekraft forstår man en Arbeidsydelse i hvert Sekund på 75 Kilogrammeter (se Sp. 207); når altså en Dampmaskine under Gangen udfører et så stort Arbeide, at den kan i hvert Sekund løfte 75 Kilogram 1 Meter til Veirs, så er den på 1 Hestekraft. Kan den udføre et 3½ Gange så stort Arbeide, da er den på 3½ Hestekraft. Men de fleste har vistnok læst om effektiv Hestekraft, nominel Hestekraft og indiceret Hestekraft, hvorfor det vel vil være rigtigt at forklare disse Benævnelsers Betydning.

Ved *effektiv* Hestekraft forstås det Arbeide, som Maskinen kan udføre ved Hjælp af sin Maskinaksel.

Ved *indiceret* Hestekraft forstås det Arbeide, som Dampen meddeler Stemplet, altså den Arbeidsværdi, som Dampen, der kommer ind i Dampcylinderen, afgiver til Stemplet; den kan måles ved Hjælp af et lidet Apparat, *Indikatoren*, som sættes i Forbindelse med Dampcylinderen. På Grund af Modstandene, der er at overvinde i selve Maskineriet, bliver altid Maskinens effektive Arbeide 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.

Begrebet *nominet* Hestekraft er meget usikkert og skriver sig fra de første Dampmaskiner, hvor Dampens Tryk var meget nær 1 Atm. Tryk; det forekommer nu næsten aldrig.

Man har bygget Dampmaskiner så store, at de var på 15 Tusinde effektive Hestekræfter.

Det første Dampskib skriver sig fra 1807, da Amerikane-ren *Robert Fulton* seilede fra New-York til Albany med Dampbåden »Clermont«. Det første Dampskib, der kom til Kristiania, var »Konstitutionen«, som kom til Norge omkring 1830.

Det første Lokomotiv (»Raketten«) blev bygget 1829 af *George* og *Robert Stephensen* og gik mellem Liverpool og Manchester i England. Den første Jernbane i Norge (Kristiania—Eidsvold) blev åbnet 1. Septbr. 1854.

Man har udregnet, at de for Tiden værende Dampmaskiner i Nordamerika arbeider med 7½ Millioner Hestekræfter, i England med 7 Mill., Tyskland 4½ Mill., Frankrige 3 Mill. og Østerige 1½ Mill. Men hertil kommer så noget over 100000 Lokomotiver, der giver 3 Mill. Hestekraft. I Frankrig skal



Fig. 497.

der være 80000 Landkedler, 1850 Skibskedler og 7000 Lokomotiver; i Tyskland derimod 59000 Landkedler, 1700 Skibskedler og 10000 Lokomotiver. Af samtlige Dampmaskiner er ikke mindre end de 4/5 byggede i de sidste 25 År. De bevægelige Dampmaskiner anslås til i alt over 30 Millioner Hestekraft.

GAS- OG PETROLEUMSMASKINER. DOWSON-GAS.

Disse Maskiner egner sig særlig til Brug for den lille Industri foruden i Landbrugets Tjeneste; elektriske Motorer i samme Øjemed er omtalte under *Elektriciteten* (Sp. 170).

De er en Slags Eksplosionsmaskiner, idet der ved Antændelse af en Blanding af lidt Gas eller Petroleumsdamp og en halv Snes Gange så megen atmosfærisk Luft opstår en stærkt eksplosionslignende Udvidelse, der udgør Drivkraften i disse Maskiner. I Hovedsagen er Indretningen af en Gas-maskine følgende:

Til Dampcylinderen i Dampmaskinen svarer her en Cy-

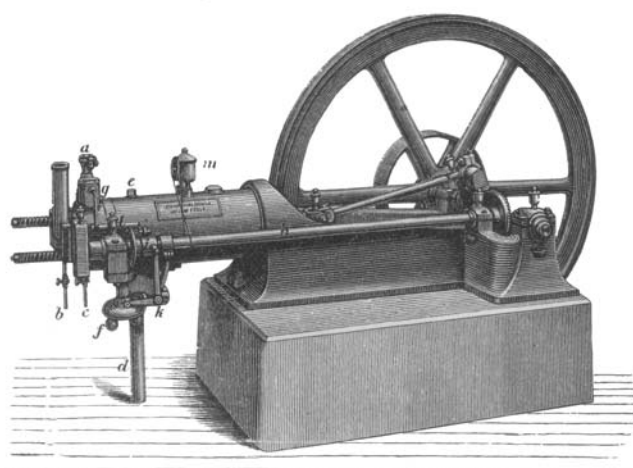


Fig. 498. Gasmaskine.

linder, der kun er lukket i den ene Ende, men åben i den anden, og i denne Cylinder kan et tætsluttende Stempel gå frem og tilbage. Fra Stempelstangens frie Ende går en Plejlstang hen til Krumtappen på Maskinakslen, hvilken bærer et Svinghjul. I Bunden af Cylinderen er der et Par Åbninger med Ventiler: én, igennem hvilken der ved Hjælp af en Glider kan suges noget af den nævnte Luftblanding ind i Cylinderen, og én, igennem hvilken Forbrændingsprodukterne kan ledes ud af Cylinderen. Maskinen har en Firetaktsgang som følger: Når Stemplet går frem første Gang, suger det Luftblanding ind i Cylinderen, og når det derefter går tilbage, presser det denne Blanding sammen, og ved en Mekanisme åbnes der nu ind til et lille Rum, hvor en lille Gasflamme brænder, hvorved Blandingen eksploderer, og Stemplet drives med stor Kraft frem, hvorefter det ved sin Tilbagegang trykker Forbrændingsprodukterne ud i det frie; Spillet begynder så forfra igen med, at



Luftblanding suges ind, o. s. v. Svinghjulet spiller her en meget stor Rolle, thi når det ved Eksplosionen har fået en kraftig Påvirkning fra Stemplet og altså har fået en stor Hastighed, så skal det nu føre Stemplet under de tre følgende Bevægelser: Uddrivning af Forbrændingsprodukterne, Indsugning af Luftblanding, Sammenpresning af denne, før det får nogen ny Påvirkning, og så skal det desuden bevæge de Maskiner, som Gasmotoren er sat til at drive, samt de små Mekanismer som den omtalte Glider m. m., der i rette Tid skal udføre deres Bevægelser, når Maskinen skal have en nogenlunde regelmæssig Gang. Endvidere skal Maskinen selv drive en Pumpe, der skal pumpe koldt Vand rundt omkring Cylinderen med det Formål, at denne ikke skal blive ophedet for stærkt af den Varme, som opstår ved Gassens Forbrænding.

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 går frem.

Disse Maskiner har den overordentlig store Fordel, at de kan sættes i Gang og standses på et Øjeblik, medens det tager lang Tid at fyre op under en Dampkedel, og under Opfyringen og Afkølingen går 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 sådan Gasart er *Dowson-Gas*. Den fremstilles i en ildfast, cylindrisk, lodretstående Beholder, der i Låget har en Indfyrings-tragt med dobbelt Lukke og forneden en Rist, hvorpå Brændselet ligger; Brændselet er Anthracit eller Kokes. Under Risten føres en Strøm af Luft og [Vand-damp ind ved Hjælp af en Dampstråleblæser; ved Berøring med det glødende Kul eller Kokes spaltes Dampen i sine to Bestanddele Ilt og Brint, af hvilke Brinten i Forening med Luftens Kvælstofindhold går uforandret op igennem Apparatet, medens Ilden derimod først ved Forbrændingen danner Kulsyre med Kullene, men denne Kulsyre bliver derpå, når 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, altså Halvdelen, er Kvælstof. Dowson-Gassen er på Grund af sit Kulilteindhold giftig, men den giver som sagt store økonomiske Fordele anvendt i en Gasmaskine, så at denne endog i så Henseende overgår store Dampmaskiner. Gassen afsætter ingen Sod, hvilket også er en Fordel.

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, når den udsender Lys, som påvirker 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*. Således er Månen et mørkt Legeme, fordi Månen kun lyser på den Side, hvor den beskinnes af Solen; her træffes den af Sollyset og kaster dette tilbage, så at denne Side af Månen gør Indtryk af selv at kunne udstråle Lys. Vi ser et Hus, en Stol, en Bog o. s. v., når der fra disse udgår Lys, som påvirker 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, så ser vi dem ikke, thi så træffes de ikke af noget Lys og kan derfor ikke sende noget tilbage.

Man får Legemerne til at være selvlysende ved at ophede dem så 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; Stjernesked og Ildkugler, hvilket er Meteor, 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 sådanne faste Partikler, der gløder, lyser kun meget svagt, hvorimod de er meget hede; søger 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 såkaldte Auer-Lamper bruges en Brænder, der giver en meget svagt lysende Flamme, og denne Flammes Varme bruges så til at ophede et fint Net af ildfast Stof, som derved bliver glødende og udstråler et i Forhold til Gasforbruget meget intensivt Lys. — Dog har man Eksempler på Legemer, der lyser uden at være synderlig stærkt ophedede; Geisslerske Rør (Sp. 155) lyser, når Elektricitet af høj Spænding sendes igennem dem, men Temperaturen i det indre er ofte ikke så høj som Vandets Kogepunkt; enkelte Dyr har Organer, der lyser.

Lyset forplanter sig frem igennem Rummet med en så stor Fart, at det kunde gå 7 ½ Gang omkring Jorden i 1 Sekund (se Sp. 371); Lysets Udbredelse sker altså ikke pludselig, men den går dog så hurtig for sig, at man kun ved meget fine Undersøgelser kan opdage, at der går Tid med fra det Øjeblik,

et Lys tændes, til det Øjeblik, da det ses at blive tændt, om man så også er mange Mil borte fra Lyset.

Med Hensyn til Lysets Natur, så 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 formår at sætte denne Æther i ganske overordentlig hastige Svingninger, ligesom en Tønegiver, når den er sat i Svingninger, formår at sætte Luften i Svingninger (se Fig. 432); man taler derfor om Lysbølger, således som man taler om Lydbølger. Enhver Retning, i hvilken Lyset forplanter sig, kalder man en Lysstråle; ved at lade Sollyset falde ind i et Værelse igennem et meget lille Hul, får man et meget smalt Lysstrålebundt ind i Værelset, og jo mindre Hullet er, desto mere nærmer man sig til at have med en enkelt Lysstråle at gøre. Lysstråler selv er usynlige: når man kan se Retningen af Strålebundtet, der igennem et Hul falder ind i et mørkt Værelse, ligger det i, at Lyset ved at falde på Støvet i Luften oplyser dette.

Ad den Vej, som her blev omtalt, overbeviser man sig om, at Lysstrålerne er rette Linjer, så længe de forplanter sig igennem Luften — og vi tilføjer straks, at det er de, så længe de forplanter sig igennem et og samme Stof. Vi ved det også deraf, at en Ting i Almindelighed ses i den Retning, i hvilken den i Virkeligheden befinder sig; gik Lysstrålerne ad andre Baner end de retlinjede, så behøvede denne Kendsgerning ikke at finde Sted. Igennem hele Lyslæren har vi Stadfæstelse på

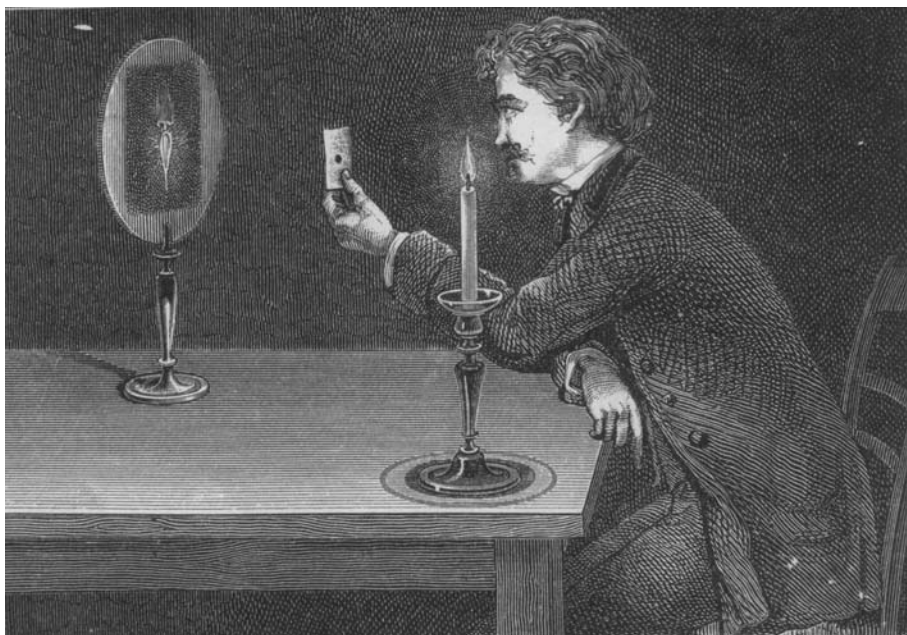


Fig. 499

dette at Lyset går i retlinjede Baner; her vil vi nævne et lille Forsøg, nemlig Billeddannelsen ved Hjælp af små Huller: I et mørkt Værelse tændes et Stearinlys, i nogen Afstand herfra holdes et Blad Papir med et lille Hul i, og noget bag dette anbringes en hvid Skærm, men også Væggen kan anvendes. Man ser da på denne Skærm et svagt, omvendt Billede af Flammen.

Et enkelt Punkt af Flammen sender et smalt Lysstrålebundt igennem Hullet og frembringer henne på Skærmen en lille Lysplet nærmest af Hullets Form; det gør nu alle Flammens Punkter, og der falder derfor på Skærmen en Masse små 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 det 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. Sådanne runde Solbilleder ses i Mængder på Jorden, når Solen skinner igennem de fine Åbninger i Skovens Løvtag.

SPEJLING OG LYSBRYDNING.

Når et Lysstrålebundt falder på 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 så, at noget kastes tilbage, og noget går ind i Legemet; af det Lys, der går 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. Når Legemets Overflade er blank, vil det Lys, der tilbagekastes fra Overfladen, blive *regelmæssig* tilbagekastet, og Legemet er da *spejlende*; al Spejling beror på Lysets regelmæssige Tilbagekastning. Særlig er blankt poleret Metal godt spejlende (specielt en ren Kviksølvoverflade), men også Overfladen af Vand, Glas o. s. v. er spejlende.

Når en Lysstråle *SÅ* (Fig. 500) træffer en plan, blank Flade, bliver den tilbagekastet i en sådan Retning *AØ*, at *SÅ* og *AØ* danner lige store Vinkler med en Linje, der tegnes tværs (vinkelret) på den blanke Flade. Alle Stråler fra det samme

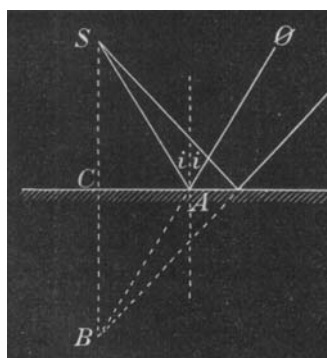


Fig. 500.

Strålepunkt *S* vil da efter Tilbagekastningen have sådanne Retninger, at når man tænker sig dem forlængede bagud, altså ind igennem den blanke Flade, så mødes disse Forlængelser alle i det samme Punkt (*B*), hvilket Punkt ligger ligeså langt bag Fladen, som *S* ligger foran den (*SC* er lige stor med *CB*). Et Øje (ved *Ø*), som da modtager det fra Fladen tilbagekastede Lys, vil få Indtryk af, at *S* er i *B*, d. v. s. inde i Spejlet, ligeså langt bag det, som det i Virkeligheden er foran det. Erfaringen lærer os jo også, at vi ser Spejlbillederne af Ting på den her nævnte Måde; i Fig. 501 ser man Gangen af de Lysstråler fra Flammens øverste Punkt, som bevirker, at Øjet ser dets Spejlbillede; flyttes Øjet et andet Sted hen,

bliver det nogle andre Stråler fra Punktet, der når ind i Øjet efter Tilbagekastningen; hver Gang gør kun en lille Del af

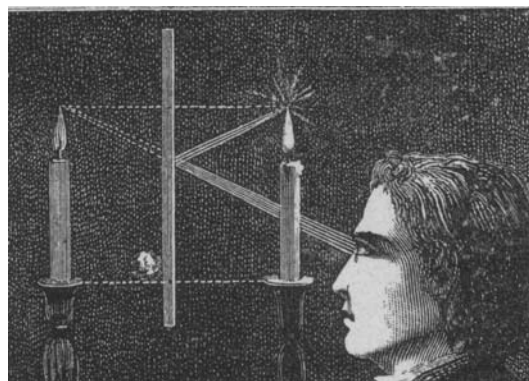


Fig. 501.

Spejlet Nytte. Prøv på at bevise, at et Spejl, i hvilket man skal



Fig. 502.

kunne spejle sig selv fra Top til Tå, kun behøver at være halvt så højt, som man selv er!

En almindelig Glasplade er svagt spejlende: man kan udefra spejle sig i en Vinduesrude! — Genstandens og dens Spejlbildes symmetriske Beliggenhed er i Fig. 502 tænkt anvendt til at aftegne en Fortegning; en Glasplade stilles lodret op på Bordet, Fortegningen lægges på den ene Side og et Stykke hvidt Papir på den anden, og ser man igennem Glaspladen skråt ned på dette hvide Papir, så ser man et Spejlbillede af Fortegningen, som om dette Billede fandtes på Fortegningen, og det kan da eftertegnes.

Man benytter Spejlinger fra en Glasplade til at gøre

Forskellige Kunststykker, således til at lade Ånder komme frem på en Scene og forsvinde igen, Ånder, igennem hvilke man frit kan bevæge sig. Foran Scenen (Fig. 503) stilles en mægtig, ubelagt Plade af Spejlglass, der har en passende Hældning foroven ud ad imod Publikum. I Kælderen under Scenens

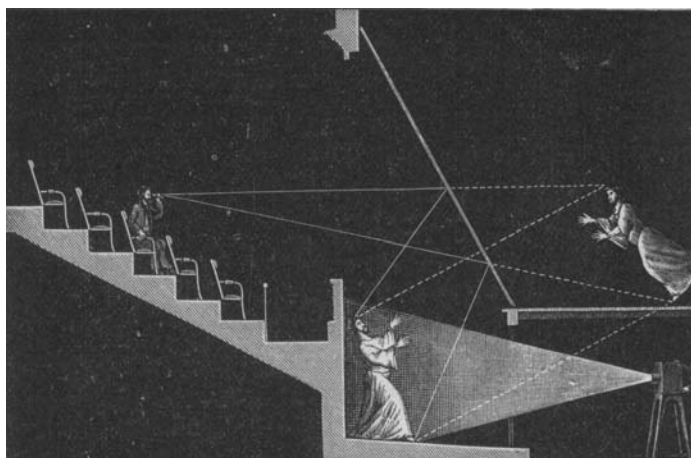


Fig. 503.

Gulv findes den Person, der forestiller Ånden, og han belyses stærkt på den Side, der vender bort fra Tilskuerne; Glaspladen vil da danne et Spejlbillede af ham, hvilket Spejlbillede af Tilskueren ses oppe på Scenen; den kraftige Belysning må til, fordi det meste Lys går igennem Glaspladen og kun en ringe Del tilbagekastes. — Ved en stor Mængde Taskenspillerkunst er dette Forhold bragt i Anvendelse.



Fig. 504.

En Vandoverflade er spejlende i forskellig Grad efter den Retning, det indfaldende Lys har. Læner man sig ud over Rælingen på en Båd og ser sit Spejlbillede, er det mørkt: kun en lille Del af Lyset bliver kastet tilbage, når Lyset falder vinkelret ned på Vandet, medens det meste går ned i Vandet. Står man derimod ved Bredden af en Sø og ser den modsatte Bred spejle sig, så er Spejlbilledet af Kysten med Træer, Huse osv. lyst, næsten ligeså lyst som Tingene selv; her falder Lyset, der efter Tilbagekastningen går ind i Øjet, meget

skråt imod Vandfladen, og en stor Brøkdel af det kastes tilbage. Fra en Flade, der ikke er fuldkommen glat og blank, kastes Lyset tilbage i alle mulige Retninger, og den, der ser imod Fladen, får derved Indtryk af, at Fladen af sig selv sender Lys ud i alle Retninger; man ser altså i dette Tilfælde Fladen, men når den er blank, så ser man den ikke, hvorimod man ser de Ting, som sender Lys imod den, således som det ovenfor er forklaret.

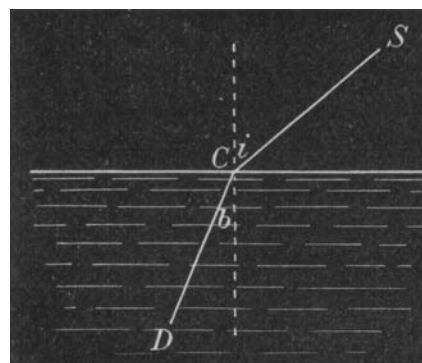


Fig. 505.

Blæk spejler ligeså godt som klart Vand; men medens den Del af Lyset, der trænger ind i Vandet, går så temmelig usvækket igennem det, så 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 på Grænsefladen, end det var før Indtrædelsen; en Lysstråle SC (Fig. 505), der træffer en Vandoverflade, går nede i Vandet i en Retning CD, der danner en mindre Vinkel (*b*) med den lodrette på Vand-



Fig. 506. Lysets Brydning.

overfladen, end SC gjorde. Omvendt vil en Lysstråle, der kommer nede fra Vandet i en Retning DC , gå ud i Luften i en Retning CS . Kun det Lys, der kommer nøjagtig tværs på Fladen, får ingen Retningsforandring. Dette Brydningsfænomen kan man vise på mange Måder, bl. a. ved det i Fig 506 viste Forsøg: Man lader Solens Lys falde igennem to Huller i et Papirblad ned på Bordet; på Strålerne Vej fra det ene Hul holdes et Glas med noget Vand i i en sådan skrå Stilling, at Glasset holdes i Strålerne Retning; på Bordet vil man da se den Lysplet, der hidrører fra det Lys, som er gået igennem Vandet, forskudt bort fra det Sted, hvor den vilde falde, hvis Glasset med Vand var borte.

Et andet Forsøg er følgende (Fig. 507): man lægger en Mønt på Bunden af en Skål og holder Øjet O (Fig. 507) såle-

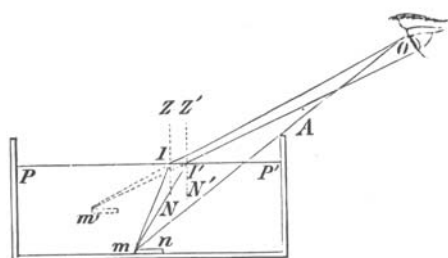


Fig. 507.

des, at Kanten (A) på Skålen lige dækker for Mønten, så at man ikke ser den. Derpå hældes man Vand i Karret, og Mønten ses; den ses nærmere ved Vandfladen, end den er, fordi de Lysstråler, der udgæder fra den skal nå ind i Øjet, forandrer Retning, når de passerer Overfladen, og denne Retningsforandring er således, at man får Indtryk af, at Mønten er ved m' i Stedet for ved m .

Er Bunden af et Kar eller en Sø synlig, ses Vandet mindre dybt, end det er, og det skyldes den samme Lysbrydning, at en

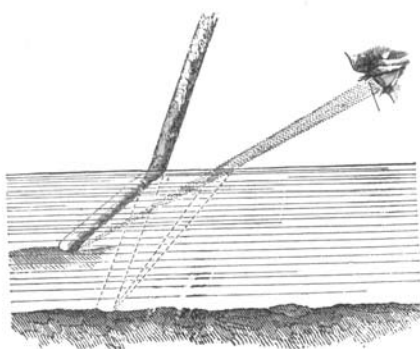


Fig. 508.

Stang eller en Ske, der står ned i Vand, synes knækket i Vandets Overflade (Fig. 508).

Almindelige Spejle er af Glas med en Belægning af Tina-malgam (Legering af Tin og Kviksølv) på Bagsiden; det er dette Metallag, der fortrinsvis virker spejlende, og Glasset beskytter det imod at »anløbe« og derved miste sin spejlende Evne. Et sådant Spejl giver imidlertid flere Billeder.

I Fig. 509 sender et Strålepunkt S Stråler ned imod et sådant Spejl, og vi vil nu undersøge, hvorledes det går en sådan Stråle. Når Strålen træffer Glassets Forside, bliver en lille Brøkdel

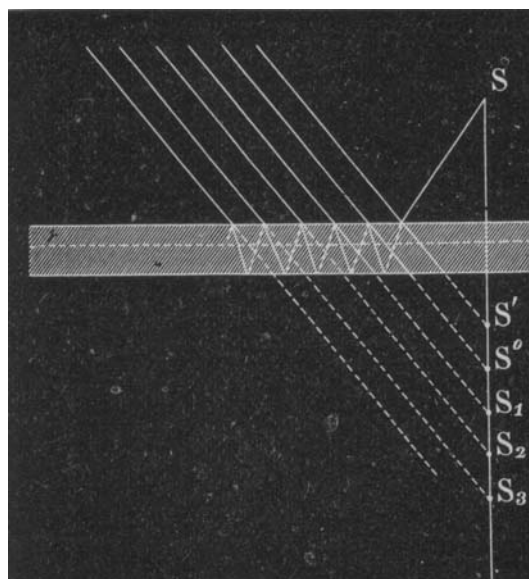


Fig. 509.

tilbagekastet og giver Anledning til Dannelsen af Spejlbilledet S' , men det meste Lys går ind i Glasset i en Retning, der er noget mere tværs derpå; dette Lys bliver for den allerstørste Del tilbagekastet og når atter op til Glassets Forside; her deler det sig i to Dele, af hvilke den ene og største Del brydes ud i Luften (parallel med det fra Glassets Forside tilbagekastede Lys) og frembringer Spejlbilledet S'' , medens den anden Del kastes ind i Glasset igen, sendes tilbage fra Metalbelægningen, og ankommen til Glassets Forside sker der nu med den samme Deling som nylig omtalt, og således fortsættes der. Men Strålerne bliver efterhånden svagere og svagere. — Der dannes altså en Række af Spejlbilleder $S', S'', S1, S2$ osv., af hvilke i Almindelighed S'' langt er det lyseste; jo tykkere Glasset er, desto længere ligger Spejlbillederne fra hinanden, og er det tyndt, ser man ikke noget videre til dem. Er det ikke et Strålepunkt, men en Genstand, der spejler sig, vil Spejlbillederne altid delvis dække hinanden (Fig. 510).



Fig. 510.

Hulspejlet udgør en Del af en Kugleflade; og er spejlende på den hule Side; når det stilles op således, at Solens Stråler falder lige ind på det, vil man ved at føre en Pind hen foran Spejlet se, at der, når Pinden har en bestemt Stilling i Forhold til Spejlet, fremkommer et lille, skarpt Solbillede på den Side, der vender hen imod Spejlet. Solens Stråler er kastede tilbage fra Hulspejlet og derved

blevne samlede igen på dette Sted; Stedet kalder man for Hulspejlets *Brændpunkt*. Da Solstrålerne ikke alene lyser, men



Fig. 511.

også varmer, kommer der en så stærk Koncentration af Varme på dette Sted, at let antændelige Ting, som holdes her, bryder i Brand.

Når man omvendt anbringer et Lys i Brændpunktet for et Hulspejl, så vil Strålerne, der herfra går hen til Hulspejlet, kastes tilbage fra dette i indbyrdes parallelle 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 på en Ting igennem en tresidet Glasstang — et Glasprisme — på den i Fig. 512 viste Måde, så kommer man til at se Tingen i en anden Retning end den, hvori den befinder sig, og dette hidrører fra den Retningsforandring, som Lysstrålerne fra Genstanden undergår ved fra

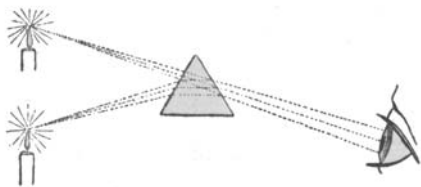


Fig. 512. Lysbrydning i et Prisme.

Luften at brydes ind i Prismet og så fra en anden Sideflade på 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 i og ud af Prismet; holdes denne Kant altså opad, så synes Tingen højere til Vejrs end den i Virkeligheden er.

Hvis Glasstangen var begrænset af krumme Flader i Stedet for plane, vilde der ske en lignende Afbøjning til Siden af

de Stråler, 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 (Sp. 412).

LINSER.

Linseformer. Man har de 6 Former for Linser, som Fig. 513 viser; det er gennemsigtige Legemer, der er begrænsede af to Kugleflade-Stykker eller ét sådant og en plan Flade, og ved de forskellige Stillinger, Fladerne kan have til hinanden, fremkommer da de nævnte 6 Former. De tre første ses at være tykkeste på Midten og tyndest ved Randen; de tre sidste er det modsatte. Denne Forskel betinger en decideret Forskel imel-

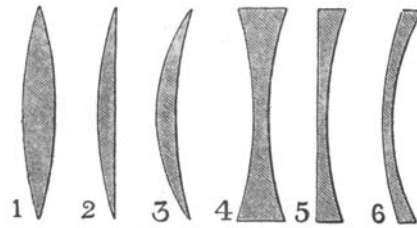


Fig. 513. Linser.

lem de to Grupper, idet Linserne af den første Gruppe bøjer Strålerne, som træffer dem, af på en sådan Måde, at de søger at samle dem, medens den sidste Gruppens Linser bøjer dem således af, at de søger at sprede dem mere fra hverandre. Vi taler derfor om *Samlelinser* og *Sprede-linser*.

Ved en Linses *Akse* forstår man en Linje tværs på den igennem dens Midte; en Stråle, der følger denne Akse, går

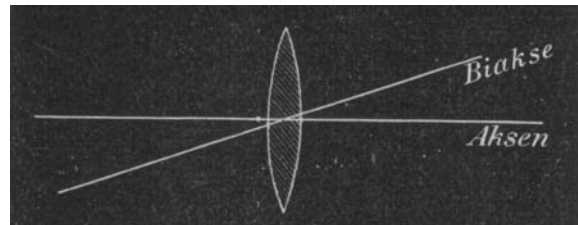


Fig. 514.

ubrudt igennem Linsen, fordi den kommer til at gå tværs på begge Linsefladerne. Men også en Stråle, der går noget på skrå igennem Linsens Midte (Fig. 514), lider heller ingen Retningsforandring; en sådan Skrålinje kaldes ofte for en *Biakse*.

Holder man en Samlelinse op imod Solen på samme Måde, som vi i Fig. 511 stillede et Hulspejl op for Solstrålerne, og holder man en Skærm på den anden Side af Linsen, finder man et Sted for Skærmen, hvor der på denne tegner sig en lille cirkelrund Lysplet, et Billede af Solen; der kan her komme så megen Varme, at man kan brænde Huden, tænde sin Cigar eller Pibe osv. Stedet kalder man for Linsens *Brændpunkt* (*F* Fig. 515), og dettes Afstand fra Linsen er dennes *Brændvidde*. Enhver Linse har to Brændpunkter, et på hver Side, i lige store Afstande fra Linsen. Jo krummere Linsefladerne er, desto mindre er Linsens Brændvidde, og omvendt: jo fladere Linsen

LYSET.

er, desto længere er Brændvidden. Det nævnte Solbillede bliver desto større, jo større Linsens Brændvidde er.

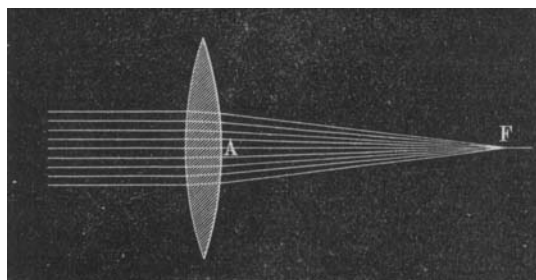


Fig. 515.

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. 516 være en sådan Genstand; af alle de uendelig mange Stråler, der udgår

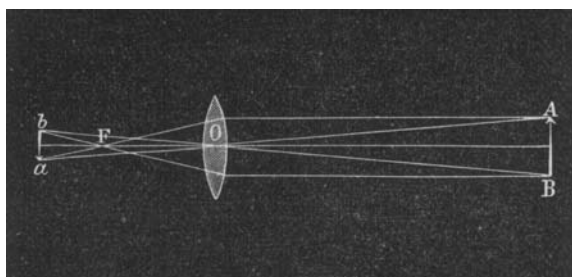


Fig. 516. Billedannelse i en Linse.

fra et Punkt A og træffer Linsen, betragter vi to: 1) den, der går parallelt med Linsens Akse, hvilken Stråle brydes således igennem Linsen, at den bagefter går igennem Linsens Brændpunkt F , og 2) den Stråle, der stiler imod Linsens Midte O , thi den går som nævnt ubrudt igennem Linsen. Disse to Stråler vil efter Gangen igennem Linsen krydse hinanden i a , og her mødes så tillige alle andre fra A udgåede Stråler, som har ramt Linsen; a siges at være et Billede af A . På ganske samme Måde

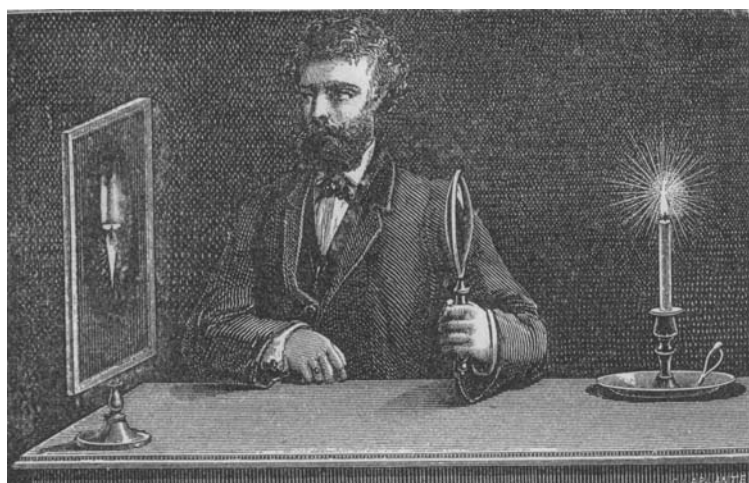


Fig. 517.

finder man Billedet b af et Punkt B på Genstanden; denne bliver afbildet som ab . Billedet er omvendt.

Fig. 517 viser, hvorledes man kan gøre Forsøg med en Samlelinse; man bruger et Lys og en Skærm af hvidt Papir, men har man ingen Linse, så kan man også hjælpe sig med en rund Karaffel (Fig. 518), der er fyldt med Vand, thi Lyset kommer da ind på Karafflens ene Side og går ud af den modsatte, og disse virker da ganske som en Linses to Flader. — Forsøgene bør gøres i et mørkt Værelse.

Ved da at holde Lyset på den ene Side af Linsen (Karaffen) og Skærmen på den modsatte, vil man som Regel kunne flytte denne hen til en sådan Plads, at man ser et skarpt Billede

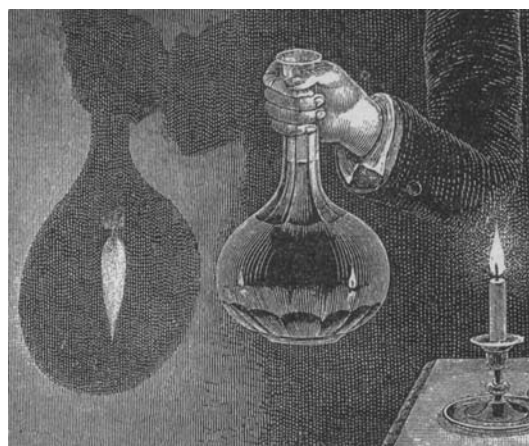


Fig. 518.

af Lyset på den; dette Billede er altid omvendt, hvad man også måtte vente af Konstruktionen i Fig. 516. Det viser sig da, at når der fås et skarpt Billede når Linsen holdes netop midt imellem Lyset og Skærmen, da er Billedet på Skærmen af samme Størrelse som Lyset, og udmåler man i dette Tilfælde Afstanden fra Lys til Linse, så finder man, at denne Afstand er lige dobbelt så stor som Linsens Brændvidde. — Rykkes så

Lyset længer bort fra Linsen, må Skærmen nærmere ind til denne, hvis Billedet skal blive skarpt, men hvor langt man end rykker Lyset bort fra Linsen, kan man dog aldrig få Billedet af det til at falde nærmere ved Linsen, end Brændpunktet er. Under denne Flytning bliver Billedet bestandig mindre og mindre, og det er altså hele Tiden mindre end Genstanden (Lyset). — Hvis vi atter går ud fra den Stilling, hvor vi havde Linsen midt imellem Lyset og Skærmen, og altså havde Billedet af Lyset ligeså stort som dette selv, og vi så nærmer Lyset langsomt ind til Linsen, må vi flytte Skærmen længer tilbage, hvis vi vil have et skarpt Billede af Lyset at se på Skærmen; nu er Billedet større end Genstanden, og det bliver stadig større, når den nævnte Flytning fortsættes. En lille Flytning af Genstanden forårsager en stor Flytning af Skærmen. Men vi må holde os med Lyset udenfor Linsens Brændpunkt, hvis man vil

have et virkeligt Billede på Linsens modsatte Side. Kommer man med Genstanden indenfor Linsens Brændpunkt, så formår Linsen ikke at samle Strålerne fra den så meget, at der kan ske en Forening på Linsens anden Side, om den end bestræber sig derfor. Fig. 519 viser dette nærmere; de to Stråler fra A: den,

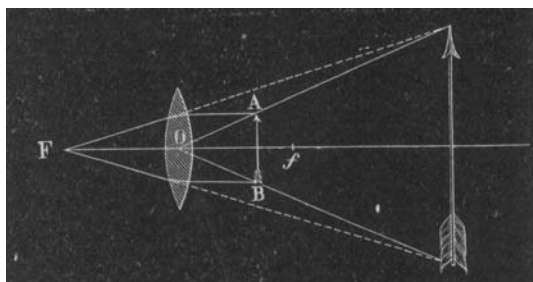


Fig. 519.

der går til Linsen parallelt med Aksen og brydes hen igennem Brændpunktet F , og den, der går igennem Midtpunktet O , de vil, når de tænkes forlængede bagud, skære hverandre 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 Stråler, der fra A går hen til Linsen, brydes igennem den, således at de efter Udtrædelsen af Linsen nær Retninger, som om de kom fra det nævnte Punkt, og et Øje på venstre Side, der tager imod disse Stråler, vil se A , som om det lå i dette Punkt. — På denne Måde virker Samlelinsen som *Lupe* eller *Forstøringsglas*, hvad der nærmere er oplyst i Fig. 520.

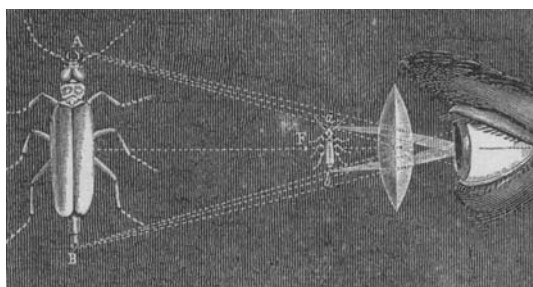


Fig. 520. Lupen.

Den lille Genstand (et Insekt) ab , der skal ses forstørret ved Hjælp af Lupen, anbringes bag Linsen indenfor dennes derværende Brændpunkt F , og Strålegangen fra ab igennem Linsen og ind i Øjet viser, hvorledes Øjet kommer til at se ab , som var det AB , Øjet direkte så.

Mikroskopet består af to Linser, nemlig en lille Samlelinse o, Fig. 521 og 522, 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 Formål at danne os et virkeligt og forstørret Billede af den lille Genstand, man vil betragte, og som vi lærte af vore Linseforsøg (Sp. 406), må Genstanden derfor anbringes ganske lidt udenfor denne Linsens 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 så 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 breddes så meget, må Genstanden være særlig belyst; er den gennemsnitlig, sendes der Lys op imod den franteden ved Hjælp af et Hulspejl M (Fig. 521), som Dagslyset eller kunstigt Lys falder på, og er den uigennemsnitlig, belyses den fra oven ved Hjælp af Samlelinsen L (Fig. 522). — De to Linser, Objektivet og Okularet, sidder i et indvendigt sværet Metalrør, der ved Hjælp af Skruen D kan hæves og sænkes i Forhold til det »Bord«, hvorpå den lille Genstand således at man kan se den tydelig.

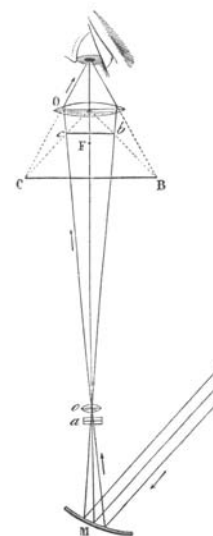


Fig. 521. Billeddannelsen i et Mikroskop.

*Sprede*linsen danner indbildte og formindskede Billeder. De Stråler, der fra et Lyspunkt L (Fig. 523) træffer en Sprede-

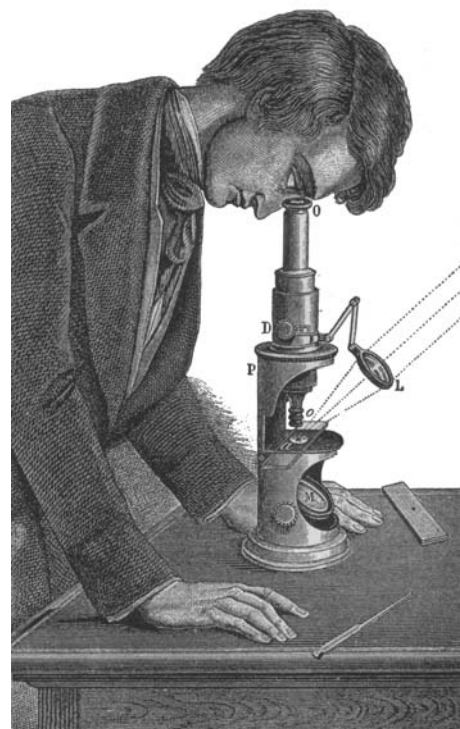


Fig. 522. Mikroskopet.

linse, brydes således 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 I , der ligger nærmere ved Linsen, end L gør.

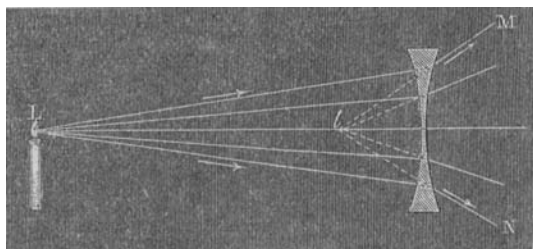


Fig. 523.

Kikkerten. Medens Lupe og Mikroskop bruges til at se nære, små Ting med, således at man får forstørrede og dermed tydeligere Billeder af dem, bruges Kikkerten til at betragte fjerne Genstande med, så 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.

Den astronomiske Kikkert har en Objektivlinse, der, anvendt i Astronomiens Tjeneste, kan have meget store Dimensioner for at give kraftig Forstørrelse eller lyse Billeder; Objek-

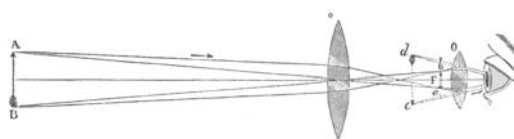


Fig. 524.

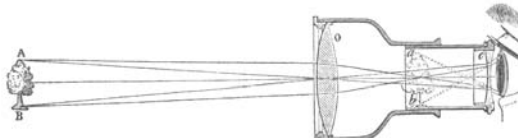


Fig. 525.

tivet tjener til at danne et virkeligt, formindsket og omvendt Billede ab (Fig. 524) af den store, fjerne Genstand AB , og dette Billede ab betragter man så 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 angår, så ses den fjerne Genstand AB (Fig. 525) ved Hjælp af Kikkerten som ab , idet Objektivlinsen O søger at danne et Billede af Genstanden, ligesom det skete i den astronomiske Kikkert, men før Strålerne efter Gennemgangen gennem O når at blive samlede, rammer de Spredelinsen o ; følger vi de to på Figuren tegnede Stråler 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 altså A i a . Tingene ses opret

Linser bruges i det fotografiske Camera, der er en indvendig sortmalet Kasse, som på den ene Side bærer et Bør A , hvori der sidder en Linse eller

et System af Linser, og den modsatte Væg dannes af en Plade af mat Glas G . Kassen består af to Dele M og N , der kan sky-

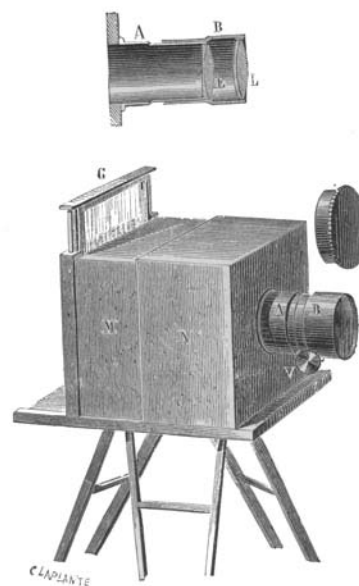


Fig. 526.

des ud og ind i hinanden (man bruger også en Harmonika-Kasse i Stedet for), og skal man fotografere, forandrer man herved G 's Afstand fra Linserne således, at man opnår så nogenlunde at se et tydeligt Billede af Genstanden, der skal

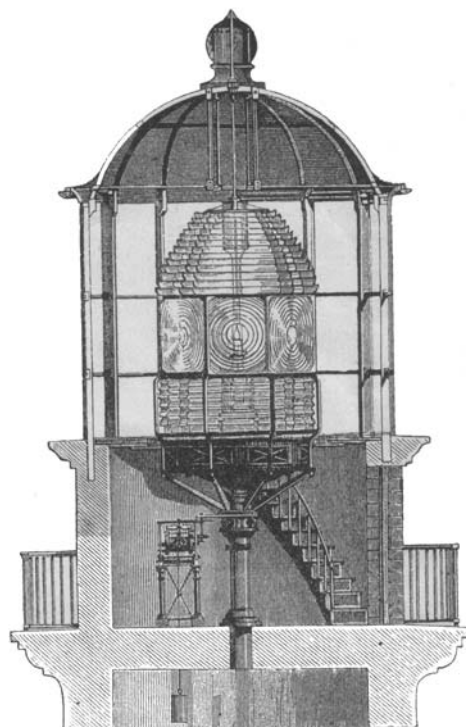


Fig. 527. Linsefyr.

fotograferes, på Glaspladen (man slår et mørkt Tæppe over

Hovedet for ikke at generes af Dagslyset, der vilde hindre, at man så noget videre af Billedet, i alt Fald så det klart); den finere Indstilling foretager man så ved at dreje på Skruen V og derved flytte Rørstykket B, hvori Linserne sidder, ud eller ind, indtil Billedet ses så skarpt som muligt.

I *Linsefyr* (Fig. 527) er et meget kraftigt Lys omgivet af en Slags Glastønde med sådanne Linse-Slibninger, at alle de Stråler, der udstråler fra Lyset til Tøndens Inderside, efter Gennemgangen Igennem den er bøjet om i vandret Retning, hvorved man opnår at få næsten alt det Lys, der ellers vilde stråle rundt omkring i alle Retninger, til at gå vandret ud og i denne Retning altså lyse kraftigt.

Forstørrede Billeder på en Skærm frembringes ved Hjælp af en *Laterna magica* (Fig. 528). På en Glasplade *ab* er det

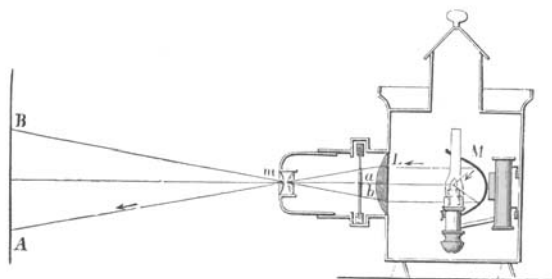


Fig. 528. Laterna magica.

Billede malet eller tegnet, som skal ses forstørret; det bliver da belyst kraftig af Lyset fra en Lampe, hvis Blus sidder i Brændpunktet for Hulspejlet M, så at Strålerne, der rammer M, kastes i parallelle Retninger hen på Linsen L og af denne koncentrerer hen på *ab'*, på *ab*'s modsatte Side sidder Forstørrelseslinsen (eller Linserne) *m*, ved Hjælp af hvilke det forstørrede

W
W
W
s
v
e
n
d
a
a

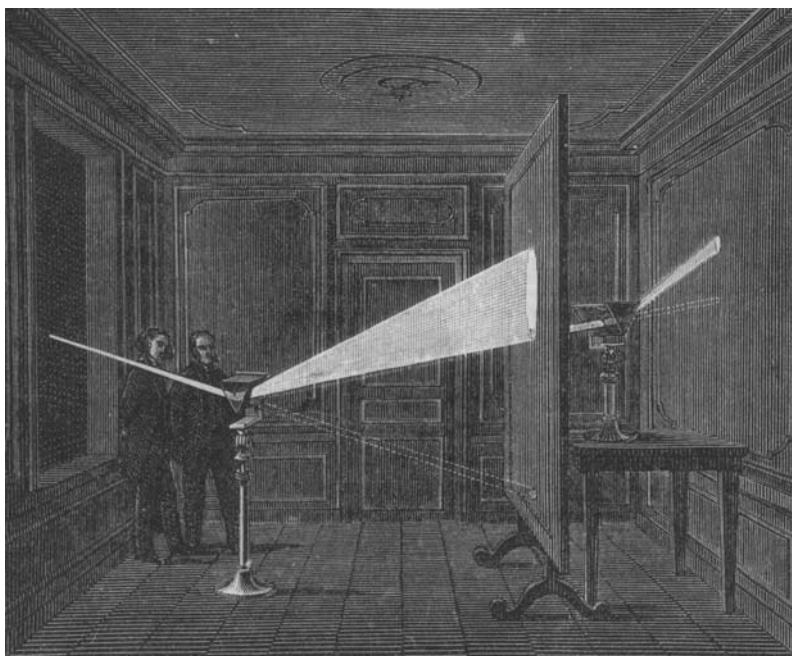


Fig. 529. Lysets Farvespredning.

Billede *AB* skal dannes; dertil kræves, at *ab* skal være ganske lidt udenfor *m*'s Brændpunkt.

Meget lysstærke Billeder får man frem ved at benytte det elektriske Buelys, Zirkonlys, Acetylenlys o. s. v.

STRÅLERNES FORSKELLIGHED OG EGENSKABER

Vi har Sp. 403 set, at Lysstrålerne forandrer Retning ved at gå 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.

Når man lader et smalt Lysstrålebundt trænge ind igennem et lille Hul i en Vinduesskodde ind i et mørkt Værelse, så vil der jo på den modsatte Væg eller der, hvor Lyset træffer en fast Genstand, ses et lille rundt, hvidt Solbillede. Men stiller man et Glasprisme op på Strålernes Vej igennem Værelset, så forsvinder dette Solbillede, og i dets Sted kommer der en aflang, farvet Stribe, hvis Længderetning er tværs på Prismets Længderetning, og denne Stribe falder på en anden Plads end nævnte Solbillede, idet Strålerne er bøjede 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, blåt, indigo, violet; rødt nærmest hen imod den nævnte Kant (i Figuren altså nederst), violet fjernest derfra (øverst); nogen skarp Grænse imellem Farverne er der ikke, de går jævnt over i hinanden. Er der Støv i Værelset, ses det tydelig, at medens der kommer et smalt Strålebundt hen til Prismet, kommer der en bredere Strålevifte ud af det; dette viser os, at Strålerne i Sollyset er blevne bøjede ulige meget af. Farvebilledets Dannelse hidrører fra, at *det hvide Sollys indeholder Stråler, som brydes ulige meget i det samme Legeme; når disse Stråler brydes igennem et Prisme, får de forskellige Afvigelser fra den oprindelige Retning; de mindst brydbare afviger mindst fra de indfaldende Strålers Retning, de mest brydbare afviger mest. De forskellige brydbare Stråler gør forskelligt Indtryk i Øjet:* de mindst brydbare fremkalder således det Farveindtryk, vi kalder rødt, og for Nemheds Skyld taler man om *røde* Farvestråler; på samme Måde taler man om blå, grønne etc. Farvestråler, skønt Strålerne, som selv usynlige, naturligvis ikke er farvede.

Farver. Den Farve, hvormed en Ting viser sig for os, beror dels på Tingens Beskaffenhed og dels på Beskaffenheden af det Lys, der falder på den. Når man nævner en Tings Farve, så er det den Farve, den har i Dagslyset, altså når Solens hvide Lys direkte eller indirekte falder derpå; men at Farven kan være forskellig i Dagslys og ved Lampelys, det har sikkert de fleste opdaget; således antager man jo let i Lampelys blå Tøjer for at være grønne. Den Farve, hvormed en Ting viser sig, beror nemlig på, at Tingen fortrinsvis tilbagekaste nogle af de i Lyset forekom-

mende Farvestråler og indsuger andre ; Legemet Farve er da de tilbagekastede Strålers Blandingsfarve. Et grønt Tæppe tilbagekaster således fortrinsvis de grønne Stråler, der falder på det, men indsuger de øvrige. Vil man undersøge hvilke Farvestråler et Legeme tilbagekaster, kan man lade Farvebilledet (Fig. 529) falde derpå; på de Steder, hvor Farvestrålerne bliver helt indsugete, er Legemet da aldeles sort; på Steder, hvor Farvestrålerne alle bliver tilbagekastede, ser man Farvebilledet ligeså lyst, som hvis denne Del af Spektret var falden på en hvid Skærm.

Et Legeme er *hvidt*, når 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 *gråt*. Et Legeme er *sort*, når det ikke tilbagekaster nogen af Farvestrålerne, men indsuger dem alle. Træffes en hvid Flade kun af blå Lys, viser den sig blå; i grønt Lys viser den sig grøn osv. Når et grønt Tæppe anbringes i et Rum, som alene oplyses af rødt Lys, så er Tæppet omtrent sort, Thi den eneste Slags Lys, der falder på det, er rødt, og det bliver så godt som alt indsuget.

Den Farve, som gennemsigtige Legemer viser sig med (farvet Glas, farvede Vædske), hidrører fra Beskaffenheden af det Lys, de lader slippe igennem; de andre Farvestråler indsugetes.

Strålerne Varmevirkninger. Når man fører et fint Termometer — meget mere følsomt end de Termometre, der er omtalt her i Værket — igennem Stråleviften, Fig. 529, så iagttager man en Opvarmning, så at Lysstrålerne tillige er Varmestråler. Varmevirkningen er desto større, jo længere man kommer bort fra det violette og hen i det røde, men så viser der sig desuden det mærkelige, at når man herfra fører Termometret videre (altså i Fig. nedad), så stiger Opvarmningen endnu et lille Stykke og aftager så, indtil den tilsidst ikke mærkes mere. Dette sidste lærer os, at Sollyset også udsender Varmestråler, der ikke gør Indtryk på vort Øje, ikke er Lysstråler, og at disse »mørke« Varmestråler brydes svagere, end Lysstrålerne gør. Alle Lyskilder, selv Solen, udsender flere mørke end lyse Varmestråler.

Kemiske Virkninger af Lyset kommer til Anvendelse i *Fotografien*. I Fig. 526 er det fotografiske Camera afbildet; når der er indstillet således, at Billedet af den Genstand, der skal fotograferes, dannes skarpt på den matte Glasplade, erstattes denne af en lysfølsom Plade, hvilket er en Glasplade, der på den ene Side er belagt med en hvid Gelatinehinde, hvori der er opløst en Sølvforbindelse; denne Plade er i Forvejen lagt ind i en tæt tillukket »Kasette« inde i Mørkekamret, som kun må oplyses af rødt og gut Lys, hvilket nemlig ikke har nogen kendelig Virkning på Hinden. Når »Pladen« skal »tages«, åbnes Kassetten så at Hinden ligger åben for det Lys, man vil lade slippe ind igennem Cameraets Linse, og en sådan Belysning lader man finde Sted et lille Øjeblik ved at fjerne et Lukke på Linserøret. Ved denne »Eksponering« er Sølvopløsningen vel ikke bleven sønderdel!, men den har fået Evnen til at lade sig sønderdele, når man anvender et såkaldt Reduktionsmiddel på den; denne Påvirkning kalder man

for »Fremkaldelse« og hertil anvendes en Vædske (»Fremkalderen«), af hvilke der gives mange Slags, som fås i Handelen. Fremgangsmåden 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 Skål med noget af Fremkaldervædsken; langsomt sværtes så de Partier, der har været udsatte for Lyset, og mest de Dele, der har fået det kraftigste Lys; når denne Sværtning har nået 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 påvirkede af Lyset; derved bliver Pladen »fikseret«, og den kan tages ud i Lyset uden at forandres af dette; Pladen udvaskes omhyggelig. Man har da fået en »negativ« Plade, hvor Genstandens lyse Partier er gengivet ved mørke, og omvendt. Et »positiv« Billede på et Papir får man så frem ved at lægge Negativet på et Papir, der er gennemtrukket med en Sølvopløsning, og udsætte det for Dagslyset; dette trænger da lettest igennem Negativets lyseste Partier og svarer Papiret under disse, og disse mørke Steder kommer altså til at gengive Genstandens mørke Steder.

Kemisk virksomme er navnlig de blå og violette Stråler og så nogle mørke Stråler, der brydes stærkere end disse, og som kaldes *ultraviolette* Stråler.

SYNET.

Øjet er et Camera obscura (Sp. 410), idet der i Øjet indenfor den gennemsigtige Hornhinde (HH, Fig. 530), som udgør

den forreste Del af den ellers hvide, ugenomsigtige Senehinde (S), sidder en Linse (L), Krystallinsen, ved Hjælp af hvilken der dannes Billedet på Øjets Baggrund af de Ting, som sender Lys ind i Øjet. Billedet, der dannes på Øjets Baggrund, er omvendt (se Sp. 405), men når man alligevel ser Tingene opret, ligger det i, at man søger Årsagen til et Lysindtryk ud i den Retning (igennem Linsens Midtpunkt), hvorfra det kommer. På denne Øjets Baggrund udbreder Synsnerven sig som »Nethinden«, og ved Lysindtrykkene på den ser man. Foran Krystallinsen sidder Regnbuehinden eller Iris (I) med et Hul, Øjeåbningen eller Pupillen, i Midten; ved Muskeltråde trækker man ubevidst Pupillen sammen, når der kommer stærkt Lys ind i Øjet. På Øjets Inderside udbreder den sorte Årehinde sig og dækker Senehinden, og ser man ind i et Menneskes Øje, så 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 dets Baggrund hen ad Næsen

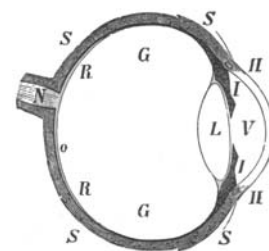


Fig. 530. Øjet.

til (ved N), og Fig. 530 forestiller altså et vandret Snit igennem det højre Øje.

Medens Linsen i et almindeligt Camera kan skydes frem og tilbage, så at man kan få Billedet til at falde på det rette Sted, er det i Øjet så, at man ved Hjælp af en Muskel kan krumme Linsen mer eller mindre og derved få et skarpt Billede af det, man ser, til at falde på Øjets Baggrund, selv om dette snart er i én og snart i en anden Afstand fra Øjet. Der er imidlertid Grænser for denne Afpasningsevne, som Øjet anvender ganske ubevidst. Det normale Øje kan få skarpe Billeder af Ting, der ligger udenfor en Afstand af en halv Snes Tommer, om denne Afstand så er nok så stor. Mindsteafstanden er for den langsynede en hel Del større, idet Øjet her er for kort fra for til bag, til at Billedet, når Genstandens Afstand er mindre, kan falde på Øjets Baggrund; Krystallinsens Brydning må altså forstærkes, og dette kan ske ved Hjælp af Brilleglas, der er Samlelinser, ligesom den selv er Samlelinse. I den nærsynedes Øje er der derimod for stor Afstand fra Krystallinsen til Øjets Baggrund, til at Billedet af fjerne Genstande kan falde på denne sidste, de falder foran den; derfor må Krystallinsens Brydning svækkes, og dette opnås ved Brilleglas af Spredelinser. — Den langsynede bruger sine Brillen, når han skal se næved, den nærsynede, når han skal se i større Afstande.

Den Blindhed, man kalder *den grå Stær*, beror på, at Krystallinsen mister sin Gennemsigtighed, og den kan helbredes



Fig. 531.

derved, at man opererer Krystallinsen ud af Øjet; dette må 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, når Billedet af det, man ser, falder på det Sted o (Fig. 530) af Øjets Baggrund, der ligger lige bag Linsen. Når 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 påvises ved følgende Forsøg: man lukker det venstre Øje og stirrer med det højre Øje stift lige ned på det lille Kors til venstre i Fig. 531; man ser så noget utydelig den store, hvide Plet tilhøjre i Figuren, men bevæger man Hovedet langsomt til eller fra Figuren, finder man let en Stilling, hvor denne Plet ikke ses; hvorimod den ses såvel i større som i mindre Afstand end denne bestemte. Når Pletten er forsvunden, falder dens

Billede i Øjet på 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, når Billederne falder på enslyggende Steder af Nethinden, Genstanden enkelt, så at de to Billeder i Bevidstheden smelter sammen til ét, men Billedernes Forskelligheder tjener så 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 på 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 når en Sten svinges hurtigt rundt i en Snor, ses Snoren som et fint Net; en Glød, der svinges hurtig rundt, ser ud som en lysende Kreds, osv. Herpå beror det Legetøj (Zootropen), der er afbildet i Fig. 532: en rund, foroven åben Papæske kan med Hånden drejes rundt på et lodret Håndtag; på Æskens Sider er der en Række Huller i lige store indbyrdes Afstande, og inde i Æsken lægges en Papirstrimmel an imod Æskens Inderside, på 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 så



Fig. 532.

at sige konstruerer de utallige Mellemstillinger. — Et andet Eksempel: på en lille rund Papskives ene Side er et Billede af en Fugl, på den anden Side Billedet af et Fuglebur; når der så foroven og forneden på Skiven er bundet Tråde i den, og man ved at trille disse imellem Fingrene svirrer Skiven hurtig rundt, ser det ud, som om Fuglen sad i Buret.

Det her omtalte Fænomen har Edison kombineret med sin Fonograf (Sp. 349) til et Apparat *Kinetoskopet*. Der opføres f. Eks. en Dans til Musik; af Dansen tages en Masse Øjebliksfotografier i hurtig Rækkefølge, og Musikken optages af en Fonograf; når man så lader Fonografen aflevere Musikken, og Billederne samtidig passerer forbi den Hørendes Øjne, er det, som om Dukker dansede til Musik.