

TH. SUNDORPH

LÆREBOG I FYSIK

FOR MELLEMSKOLEN

FØRSTE DEL

ATTENDE UDGAVE

VED

F. HJERTING

ADJUNKT VED RYSENSTEEN GYMNASIUM

GYLDENDALSKE BOGHANDEL - NORDISK
FORLAG - KØBENHAVN - 1953

*Bogen er gennemset af
„Dansk Brandværns-Komite“*

FORORD

På grund af det ønskelige i at kunne benytte flere udgaver sammen af lærebogen, er der hidtil kun foretaget meget få ændringer, og disse er hovedsagelig henlagt til tillægget.

Da billedmaterialet nu alligevel skulle udskiftes, har forlaget foreslået mig samtidig at modernisere bogen, således at stof, der ikke mere er så vigtigt, enten beskæres stærkt eller helt udelades, medens mere moderne stof tages med i stedet. Dette har bevirket, at denne udgave ikke kan benyttes sammen med de tidligere.

De to afsnit, som særlig er omarbejdet, er: tryk i vædsker og elektrostatiske: her er tænkt anvendt nogle af de moderne kunststoffer, som er papir, lak, glas o. s. v. stærkt overlegne. Af andre ændringer kan nævnes, at den gammeldags elektrisk maskine, som kun har historisk interesse, er erstattet med den moderne van de Graaf-maskine. Telefonen og dynamomaskinen er behandlet på en anden måde, medens vekselstrømsdynamoen er indført på grund af vekselstrøms stadig stigende anvendelse.

Bogen er beregnet for første og anden mellemskoleklasse. Muligvis kan man gemme det sidste af elektricitetslæren til tredje mellem, og i stedet for at tage noget kemi i anden mellemskoleklasse.

Det er meningen, at de kommende udgaver skal kunne benyttes sammen med denne. Jeg har forsøgt at foretage de forskellige tilføjelser sådan, at de faldt i bogens stil, og håber, at bogens læsere vil være tilfreds med resultatet. Bogens sidetal er blevet et par sider større end før; forøgelsen skyldes, at der er kommet flere figurer, og at der er medtaget en del petit-stof, beregnet på interesserede elever.

F. Hjerting.

MEKANISK FYSIK I

Længder, flader og rumfang.

1 meter deles i 10 decimeter; hver decimeter deles i 10 centimeter, og hver centimeter deles i 10 millimeter. 1000 meter kaldes en kilometer.



Fig. 1. Målestokken er 1 dm lang.

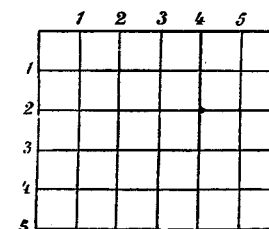


Fig. 2. Skolestuens gulv er delt op i m^2 .

Gulvets størrelse måles i kvadratmeter (m^2). En kvadratmeter er et kvadrat, hvis sider hver er 1 m. Tegningen forestiller et gulv, der er 6 m langt og 5 m bredt; det er inddelt i kvadratmeter. Hvor mange kvadratmeter er der i hver række? Hvor mange rækker er der? Hvor mange kvadratmeter er så gulvet? Vi ser, at vi kan finde gulvets størrelse (areal) ved at multiplicere de to tal, som angiver, hvor mange meter stuen er lang og bred.

Hvis stuen er 4 m høj, hvor stort er da arealet af hver af de 4 vægge, og hvor stort er loftets areal?

Hvordan kan vi finde, hvor mange cm^2 en af vinduesruderne er?

Hvor mange cm^2 går der på en dm^2 og på en m^2 ?

Stuens størrelse måles i kubikmeter. En kubikmeter (1 m^3) er en kasse, hvis kanter hver er 1 m; hver af sidefladerne er altså 1 m^2 . Hvor mange kasser, der hver er 1 m^3 , kan der stå på gulvet fig. 2? Hvor mange

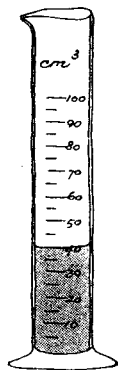


Fig. 3. Måleglas. Vædsken har et rumfang på 40 cm³.

lag kasser kan man stille oven på hinanden, hvis stuen er 4 m høj? Hvor mange kasser er der så i stuen? Heraf ser vi, at *stuens størrelse (rumfang) findes ved at multiplicere de tre tal, som angiver, hvor lang, bred og høj stuen er.*

Hvor mange cm³ går der på en dm³ og en m³?

En dm³ kaldes også en liter.

Tegningen viser, hvordan et måleglas ser ud; det er inddelt i cm³. Undertiden står der milliliter (ml) på måleglasset. En milliliter er en tusindedel af en liter. Hvor mange cm³ er 1 ml?

Hæld vand i et måleglas, f. eks. til mærket 40, og lad en nøgle glide ned deri. Hvor mange cm³ er nøglen, hvis vandet stiger til mærket 44?

På bunden af mange medicinflasker står der et tal. Find en medicinflaskes rumfang ved hjælp af måleglasset og se, hvad tallet betyder.

Vægtfylde.

1 kilogram deles i 1000 gram, hvert gram deles igen i 1000 milligram. 1000 kg kaldes 1 ton.

Stil måleglasset på vægtens ene skål og læg hagl på den anden, indtil der er ligevægt. Læg 8 g på den skål, hvor haglene ligger, og hæld vand i måleglasset, indtil der igen er ligevægt. Vi må hælde 8 cm³ vand i glasset; *1 cm³ vand vejer altså 1 gram.*

Hæld kviksølv i måleglasset, f. eks. til mærket 10, og vej kviksølvet; det vejer 136 g. Hvor meget vejer så 1 cm³ kviksølv?

Find på samme måde, hvor meget 1 cm³ sprit eller petroleum vejer.

Det tal, som angiver, hvor mange gram 1 cm³ af et stof vejer, kaldes stoffets vægtfylde. Vandets vægtfylde er 1; kviksølvs vægtfylde er 13,6.

Regn ud, hvor meget en liter vand og en m³ vand vejer.

1 cm³ vand vejer 1 g.

1 dm³ vand vejer 1 kg.

1 m³ vand vejer 1 ton.

Vi skal nu se, hvordan vi kan finde faste tings vægtfylde, f. eks. messings; vi må bære os lidt anderledes ad, end når vi finder vædskers vægtfylde. Vi finder først et stykke messings rumfang ved at hælde vand i måleglasset og se, hvor meget vandet stiger, når vi sænker messingstykket ned deri. Vi må helst file så meget af messingstykket, at vandet netop stiger til en delestreg på glasset. Messingstykkets rumfang kan f. eks. være 20 cm³. Så vejer vi messingstykket: det vejer omtrent 170 g. Hvor stor er så messings vægtfylde? På samme måde kan vi finde jerns vægtfylde; *den er ca. 7½.*

Vi vil nu finde vægtfylden af et stykke træ. Først vejer vi træpinden; så skal vi finde dens rumfang. Men da træ svømmer oven på vand, må vi sætte en knappenål i enden af træstykket, trykke det ned under overfladen af vandet i måleglasset og se, hvor meget vandet stiger. Hvordan kan vi nu finde træstykkets vægtfylde? *Træ har mindre vægtfylde end vand; man siger, at træ er lettere end vand.*

Luften har også vægt. Vi kan vise det ved hjælp af glasbeholderen i figur 4. Den kaldes en rundbundet glaskolbe og er forsynet med en gummiprop og et glasrør med en hane, så kolben kan holdes helt tillukket. Vi åbner først for hanen og sætter ved hjælp af en gummislange glasrøret i forbindelse med en luftpumpe; hvordan denne er indrettet, skal vi senere høre om. Efter at vi har pumpet kolben lufttom, lukker vi for hanen. Gummislangen fjernes, hvorefter vi hænger kolben op på en følsom vægt og vejer kolben. Lukker vi luft ind i kolben ved at åbne for hanen, finder vi at den vejer mere end før, da den var lufttom.

Vægtforøgelsen bliver måske 1,25 g; det må være vægten af luften, som blev pumpet ud. Luftens rumfang kan vi finde ved at tage proppen af kolben og fylde denne med vand. Vandet hældes i et måleglas, og rumfanget bestemmes. Lad rumfanget være 1000 cm³. 1000 cm³ luft vejer altså 1,25 g. Hvad vejer så 1 cm³ luft?

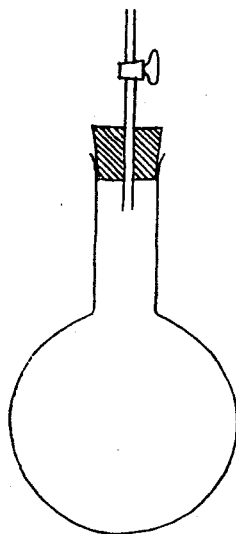


Fig. 4. Luftvejningskolben.

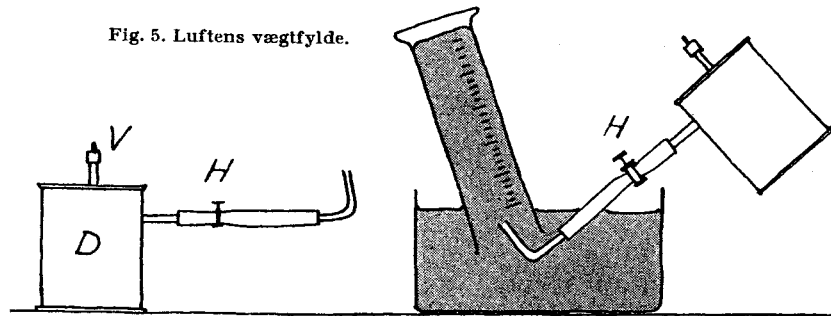
Luftens vægtfylde er omtrent 0,00125 eller $\frac{1}{800}$.

Regn ud hvor meget 1 m³ luft vejer. Hvordan kan vi finde, hvor meget luften i skolestuen vejer? Er luftens vægt større eller mindre end din vægt?

En anden måde at bestemme luftens vægtfylde på er følgende: Dåsen *D* er forsynet med en cykelventil *V*. Siderøret er lukket fuldstændig med klem-skruen *H*. Dåsen anbringes på en vægt, og man skaffer ligevægt tilveje. Dernæst pumper man med en cykelpumpe noget luft ind i dåsen. Den anbringes atter på vægten, og det viser sig, at der ikke mere er ligevægt. Vægtforøgelsen må være lig vægten af den luft, vi har pumpet ind.

Vi mangler nu at finde rumfanget af luften. Dette kan vi gøre ved at anbringe dåsen med det bøjede glastrør stukket op i et omvendt måleglas (1000

Fig. 5. Luftens vægtfylde.



cm³). Dette skal være fyldt med vand. Vi åbner for hanen *H*, og overskuddet af luft i kolben går op i måleglasset, så vi straks kan måle luftens rumfang. Når vi har både vægten og rumfanget af luften, kan vi finde vægtfylden.

Tabel over nogle stoffers vægtfylde:

guld	19	mælk	1,03
kviksølv	13,6	vand	1
sølv	11	is	0,9
jern	ca. 7,5	sprit	0,8
glas og porcelæn	2,5	luft	$\frac{1}{800}$

Når man finder en tings rumfang ved hjælp af måleglasset, kommer der let en lille fejl, fordi man ikke nøjagtig kan se, hvor meget vandet stiger. Senere lærer vi at finde rumfanget på en bedre måde.

Kræfter.

Jorden prøver på at trække alle legemer ned imod sig. Vi ser det f. eks. om efteråret, når æblerne får æbletræets grene til at bøje sig ned til jorden. Denne tiltrækning mellem jorden og æblerne kaldes *tyngdekraften*. Bind et lod fast til den ene ende af en snor, tag den anden ende i hånden og løft den op, så loddet hænger frit i luften. Snoren kaldes en lodsnor, og dens retning siges at være *lodret*.

Loddet sænkes ned i et kar med vand, og med en tegnetrekant viser vi, at vandoverfladen går på tværs af den lodrette retning; vandoverfladen siges at være *vandret*. Nævn eksempler på ting, der er lodrette og vandrette.

Fig. 6. Lodret og vandret.

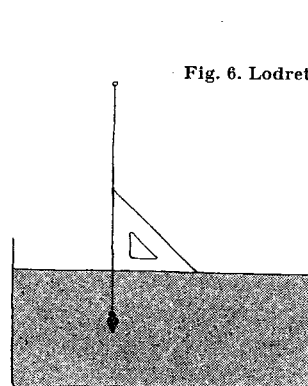
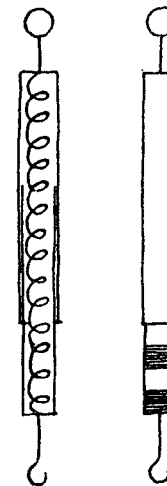


Fig. 7. Fjedervægten. Til venstre er den set i tværsnit, medens højre figur viser dens virkelige udseende. Trækket i fjederen er 40 g.



Når vi holder i lodsnoren, mærker vi et træk nedad i hånden. Vi kan måle trækket ved at binde snoren fast til en fjedervægt, hvis indretning ses af fig. 7: En skruefjeder befinder sig indeni to hylstre af pap eller metal. Det inderste hylster kan let forskydes i forhold til det yderste. Fjederen er gjort fast til låget på det yderste hylster og til bunden af det inderste. Hænger vi en ting på krogen forneden, bliver fjederen forlænget, og et stykke af det inderste rør bliver synligt. Jo tungere tingen er, des mere ser man af det inderste rør. Der er anbragt en inddeling på dette hylster, så man straks kan se, hvor meget tingen vejer. Hvordan har fabrikanten fået inddelingens mærker anbragt på de rigtige steder?

En ting fastgøres til fjedervægtens krog. Går det inderste hylster ned til mærket 40 g, er trækket 40 g.

En loftslampe vejer 5 kg; hvor stort er trækket i den snor, der bærer lampen, og i hvilken retning går det?

Find nogle eksempler på vandrette og skrå træk.

Hold hånden vandret og sæt et tungt lod oven på den. Du kan mærke, at loddet presser ned på hånden; i hvilken retning går kraften? Hvis loddet vejer 500 g, er presset på hånden 500 g.

En lampe, der står på et bord, vejer 5 kg; hvor stor er kraften på bordet, og i hvilken retning går den?

Et glas med lodrette vægge har en bund på 1 dm^2 ; presset på bunden er 2 kg, hvis der er 2 kg vand i glasset; hvor stor er kraften på hver cm^2 af bunden? Kraften, der virker på 1 cm^2 af bunden, kaldes *trykket* på bunden.

Vi har nu set, at kræfter kan måles i kilogram eller gram.

Luftens tryk.

Over den ene ende af et glas uden bund binder vi et stykke tyndt cellofanpapir og sætter glasset med papiret opad på luftpumpens tallerken. Papiret buer nedad, når vi pumper luften ud af glasset. Måske sprænges papiret med et knald. Luften over cellofanpapiret må presse stærkere på papiret end den fortyndede luft inde i glasset.

Læg en legetøjsballon under en glasklokke på luftpumpens tallerken. I ballonen er der lidt luft; den er lukket med en snor eller en elastik.

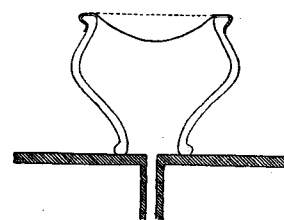


Fig. 8. Blæresprængningsglas.

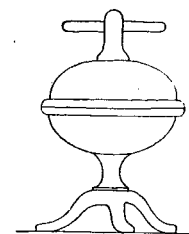


Fig. 9. De magdeburgske halvkugler.

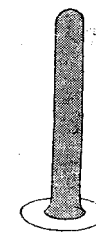


Fig. 10. Luften presser opad.

Fig. 11. Det inderste reagensglas presses opad.



Luften inde i blæren presser lige så meget på ballonen som luften udenfor. Når man pumper luften ud af glasklokken, ser man ballonen svulme op. Ved udpumpningen bliver luftens pres på ballonens yderside stærkt formindsket, og herved kan luften inde i ballonen spile den ud. Når der igen kommer luft ind under glasklokken, falder ballonen atter sammen.

Vi pumper luft ud af det rum, der er mellem to halvkugleformede skåle, hvis rande slutter tæt til hinanden. Hvorfor kan I ikke trække skålene fra hinanden? De to skåle kaldes to magdeburgske halvkugler, fordi forsøget først blev gjort i Magdeburg.

Sæt glasklokken på tallerkenen og pump luft ud; hvorfor kan vi nu ikke rokke klokken?

Disse forsøg viser, at *luften presser på alt, hvad den rører ved, og at den både presser nedad, opad og til siden. Tynd luft presser mindre end tæt luft på en bestemt flade*. Luftens pres afhænger af fladens størrelse; er fladen dobbelt så stor, er presset også dobbelt så stort. *Luftens pres på 1 cm^2 kaldes luftens tryk.*

Af et tyndt stykke papir klipper vi en rund skive, der er lidt større end åbningen på et reagensglas. Fyld reagensglasset helt med vand, læg papiret over åbningen og vend glasset forsigtigt om i den stilling, som tegningen (fig. 10) viser; papiret falder ikke af.

I hvilke retninger trykker vandet og luften på papiret?

At luften presser opad kan ses af forsøget fig. 11. De to reagensglas har kun et meget snævert mellemrum; foroven er der vand imellem dem. Man holder på det yderste glas og ser, at det inderste langsomt stiger til vejrs, medens vandet siver ned mellem glassene.

Forbundne kar.

To kar eller rør, som er i forbindelse med hinanden, kaldes *forbundne kar*. Et eksempel herpå har vi i fig. 12, hvor et glasrør og en glastragt er forbundet med en gummislange. Spænd rørene fast i stativer, hæld vand i rørene og mål afstandene fra bordpladen og op til vandoverfladerne. Hæld mere vand i tragten og se, hvordan vandoverfladerne nu stiller sig.

Løft gummislangen og se, om vandet stiller sig anderledes. Hvordan går det med vandoverfladerne, når glasrøret stilles skråt?

Når to åbne rum, der indeholder samme vædske, står i forbindelse med hinanden, stiller vædsken sig lige højt i dem. De to rum behøver ikke at være lige brede, og det er ligegyldigt, på hvilken måde de står i forbindelse med hinanden.

Kan du nævne eksempler på forbundne kar?

Sugehæverten: Fyld et bøjet glasrør med vand, hold for enderne og vend røret om. Sæt så den ene ende ned i et glas vand ved A, sådan som tegningen (fig. 13a) viser, og tag fingrene bort. Karret bliver efterhånden tømt for vand.

Årsagen hertil er følgende: Tyngdekraften trækker i vandet i røret AB og påvirker det i retningen mod A. Vandet i BC bliver påvirket af tyngden i retningen mod C. Man kunne nu tro, at vandet ville løbe ud

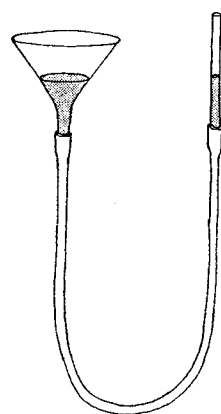


Fig. 12. Forbundne kar.

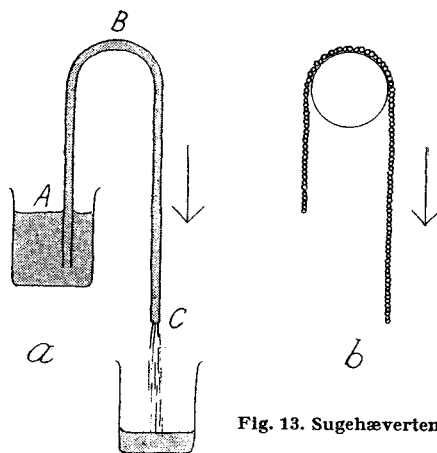


Fig. 13. Sugehæverten.

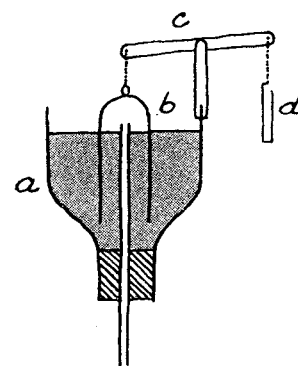


Fig. 14. Cisterne-model.

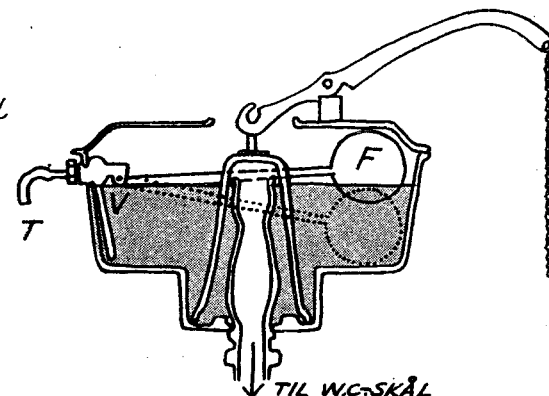


Fig. 15. W.C.-cisternen.

både ved A og C, så der blev et hulrum ved B. Nabovanddele trækker imidlertid så stærkt i hinanden, at der ikke kan komme noget hulrum. I BC er der den længste vandsøjle, og vandet her vil trække det øvrige vand ud. Forholdene kan sammenlignes med dem vi har i fig. 13 b, hvor en kæde ligger over en glat rundstok eller en letløbende trisse. Kæden vil bevæge sig i pilens retning.

Hvordan vil det gå, hvis C ligger over vandoverfladen i karret?

Sugehæverten anvendes, når man vil tappe vædske ud af et kar og ikke ønsker, at vædsken skal blive rystet.

W.C.-cisternen. Fig. 14 er et apparat, der skal vise, hvordan en W.C.-cisterne er indrettet. a er en glasbeholder, som forinden er forsynet med en gummi-prop, hvorigennem går et glasrør. Over dette rør befinder der sig et kort reagensglas b ophængt i en vandret stang c, som kan dreje sig om en akse. I glasbeholderen er der vand, der når næsten op til glasrørets overkant.

Nu trækker man pludselig i snoren ved d; herved kommer vandet i reagensglasset i skvulpende bevægelse, og noget løber ud gennem glasrøret. Luftens rives med ud, og så er der fremkommet en sugehævert. Den virker, indtil næsten al vandet er løbet ud af glasbeholderen.

Når vandet er løbet ud af W.C.-cisternen (fig. 15), begynder der at løbe nyt vand ind ved T, og det fortsætter, indtil vandet er steget til den rigtige højde. Det er flyderen F, en hul kobberkugle, som besørger lukningen. Efter at vandet er løbet ud af cisternen, befinder flyderen sig i den punkterede stilling, og vandhanen V er åben. Er der kommet tilstrækkelig vand i cisternen, er flyderen kommet til stilling F, og hanen ved V er blevet lukket.

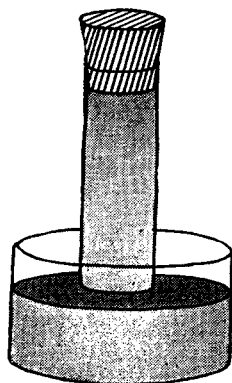
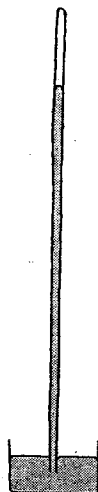


Fig. 16. Luftens pres holder kviksølvet oppe.

Fig. 17. Torricellis forsøg.



Torricellis forsøg.

Vi vender tilbage til luftens tryk. Tag et kort, *ikke for smalt* glaserør, sæt en prop i den nederste ende og fyld det med kviksølv. Luk for åbningen med fingeren, vend glasset om og stik åbningen ned i en skål med kviksølv.

Kviksølvet løber ikke ud, når du tager fingeren bort. Det er luften, der presser på overfladen af kviksølvet i skålen og holder det oppe i glasset.

Tager vi proppen af, stiller kviksølvet sig lige højt i røret og i skålen, fordi rør og skål er to forbundne kar. *Hvorfra og hvortil gik den kviksølvssøjle, som blev holdt oppe i røret af luftens tryk?*

Vi gør forsøget om igen med et glaserør, der omtrent er 80 cm langt og er lukket i den ene ende (fig. 17). Kviksølvet synker nu et stykke, så at der fremkommer et lufttomt rum over kviksølvet i røret. Hvorfra og hvortil går den kviksølvssøjle, som luftens tryk holder oppe? Den er omtrent 76 cm lang.

Dette forsøg er først gjort af italieneren Torricelli*) for godt 300 år siden. Man har også prøvet at bruge vand i stedet for kviksølv; røret må da være meget langt, da luften kan presse vandet 10 m op.

Vi får senere at se, hvordan vi ved hjælp af Torricellis forsøg kan regne ud, hvor stort luftens tryk er; *det er omtrent 1 kg på en flade, der er 1 cm² stor.*

*) udtales [torritjelli].

Hold et stykke papir vandret og prøv, hvor let det kan bøjes. Luften trykker på det både fra oven og fra neden, men kan ikke bøje det. *Altså trykker luften lige stærkt opad og nedad.*

Hvor stor er den kraft, hvormed luften trykker på 1 m²?

Hvor stort er luftens pres på en bordplade, der er 2 m lang og 1 m bred? Hvorfor knuser denne kraft ikke bordet?

Barometret.

Torricellis apparat (fig. 17) kaldes et barometer; højden af kviksølvet i røret kaldes barometerstanden. Måler vi daglig barometerstanden, ser vi, at den forandrer sig; den er i reglen mellem 73 cm og 79 cm. Når barometerstanden stiger meget, er det tegn på godt vejr; synker den stærkt, er der udsigt til regn og blæst. *Hvis barometerstanden er 76 cm, siger man, at luftens tryk er 76 cm kviksølv, eller 1 atmosfæres tryk.*

På rejser i flyvemaskiner og oppe på bjergene har man set, at barometerstanden bliver lavere og lavere, jo højere man kommer til vejrs. Ved forsøgene med luftpumpen så vi, at fortyndet luft trykker mindre end tæt luft. *Luften bliver altså tyndere og tyndere opefter.* Ved at måle, hvor højt kviksølvet står ved foden og på toppen af et bjerg, kan man nogenlunde regne ud, hvor højt bjerget er.

Barometret er tit indrettet, således som billedet viser (fig. 18). Den lange gren er lukket foroven, den korte åben. Hvorfra og hvortil når den kviksølvssøjle, som holdes oppe af luftens pres? På den træplade, der bærer glaserøret, er der afsat en målestok oppe ved rørets øverste ende; hvilke tal står der på målestokken?

Hvor skulle tallene 1 cm, 2 cm o. s. v. stå, hvis hele målestokken var afsat på træpladen?

Hvordan stiller kviksølvet sig oppe i røret og nede i beholderen, når luftens tryk bliver større?

Skulle målestokken egentlig ikke flyttes, når luftens tryk forandrer sig?

Hvorfor bliver fejlen lille, når beholderen er meget bredere end glaserøret?

Kan barometret være lukket i begge ender?



Fig. 18. Kviksølv-barometret.

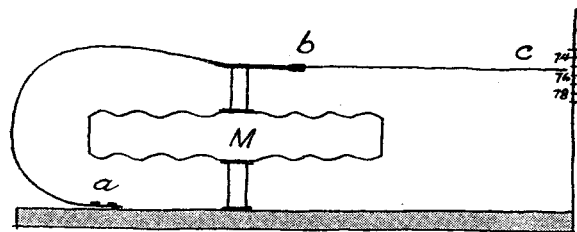


Fig. 19. Aneroidbarometret.

Man bruger tit et andet barometer, som kaldes *aneroidbarometret*; det betyder på dansk: barometret uden vædske. Tegningen viser, hvordan det er indrettet. *M* er en omtrent lufttom metalæske, hvis låg og bund er meget tynde, *ab* er en stærk stålfjeder, som forhindrer, at æskens låg og bund presses helt sammen af luftens tryk. Stålfjederen stræber altså efter at trække låget *opad*. *bc* er en viser, der peger på en målestok.

I hvilken retning presser luften på låget og på bunden?

Hvordan går det med låget og bunden, hvis luftens tryk bliver større?

Tegn den nye stilling af æskens låg og bund, af fjederen *ab* og viseren *bc*.

På målestokken kan man se, hvor stort luftens tryk er. Fabrikanten har afsat inddelingerne ved at sammenligne aneroidbarometret med et kviksølvbarometer; afstanden mellem to inddelinger, f. eks. 75 og 76 er ikke 1 cm.

Inde i stuen er barometerstanden lige så stor som udenfor. Hvis lufttrykket f. eks. var større udenfor, ville luften presses ind gennem sprækker i vinduerne, indtil der var samme tryk ude og inde.

Vandpumper.

Hold en sprøjte med spidsen under vand, således som billedet (fig. 20) viser, men sørg for, at det lille rum under stemplet i forvejen er fyldt med vand. Hvorfor følger vandet med i sprøjten, når vi trækker stemplet til vejrs?

Gør forsøget om, men lad der denne gang være et rum med luft under stemplet. Træk stemplet op og forklar, hvordan det går med lufttrykket under stemplet; hvorfor går vandet også denne gang op i sprøjten? — Stik den ene ende af et glastrør ned i vand og sug noget luft ud af glastrøret; hvorfor går vandet op i røret?

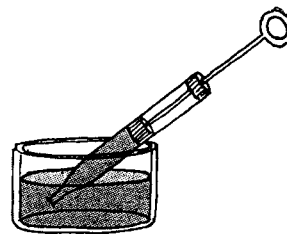


Fig. 20. Håndsprøjten.



Fig. 21. Stikhæverten.

Billedet (fig. 21) viser, hvordan en *stikhævert* ser ud. Vinhandleren bruger den, når han vil have vin op af et anker uden at hælde det. Når han har suget vin op i hæverten, lukker han i en fart for dens øverste åbning med fingeren og flytter den hen over et glas. Når han tager fingeren bort, falder vinen ned i glasset.

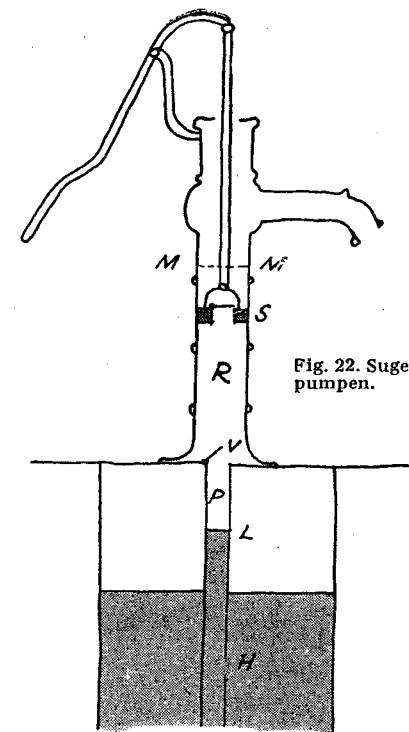


Fig. 22. Sugepumpen.

Sugepumpen. Vi kan nu forklare, hvordan man pumper vand op af en brønd. På billedet (fig. 22) ser vi en vandpumpe. Gennem stemplet *S* går der et hul, som kan lukkes med en ventil, det vil sige en klap, der kan dreje sig om et hængsel. Når stemplet står stille, ligger klappen hen over hullet og lukker for det; men hvis trykket fra neden bliver større end trykket fra oven, drejer klappen sig om sit hængsel og står åben. *V* er en anden klap, der er indrettet ligesom stempel-ventilen. Gennem hullet *H* kan der strømme vand ind i røret *P*.

Stemplet går opad. Fra først af er begge ventiler lukkede. Når vi trækker stemplet til vejrs, fortyndes luften i rummet R og trykker mindre end før. Lufttrykket i rummet P kan nu åbne ventilen V , og der strømmer luft fra P over i R . Luften bliver altså fortyndet både i P og i R , og luftens tryk på vandoverfladen ude i brønden presser vand op i pumpen f. eks. til stillingen L .

I samme øjeblik som stemplet standser i sin øverste stilling, falder klappen V ned og lukker for hullet. Hvorfor løber vandet i røret P ikke tilbage i brønden?

Stemplet går ned. Luften i R trykkes sammen. Ventilen V er lukket, medens stempelventilen åbner sig, så luften i R kan slippe ud. Ventilen lukker sig atter i det øjeblik, hvor stemplet standser.

Stemplet bevæger sig op og ned nogle gange, og vandet stiger stadig højere. Lad os tænke os, at det står ved linien MM , når stemplet er øverst oppe. Stemplet føres nu ned. Er V åben eller lukket? Er ventilen i stemplet åben eller lukket? Når stemplet er kommet helt ned, befinder der sig en del vand over stemplet. I det øjeblik stemplet er i sin nederste stilling, lukker stempelventilen sig igen.

Stemplet går atter opad. Trækker vi nu stemplet til vejrs, løftes det vand, der er oven på stemplet, med op, og noget løber ud af tuden. Lufttrykket på vandoverfladen ude i brønden presser mere vand ind i pumpen, så der stadig står vand helt op til stempels underkant. Mens stemplet går op, holder det vand, der fra P strømmer op i R , ventilen V åben. I det øjeblik, stemplet standser i sin øverste stilling, lukker ventilen V sig.

Forklar, hvordan det går med ventilerne og vandet, 1) når vi igen skyder stemplet ned, 2) når stemplet standser i sin nederste stilling, 3) når vi trækker stemplet op.

Er der nogen grænse for, hvor højt pumpen må befinde sig over vandoverfladen i brønden?

Trykpumpen. Se på billedet, hvordan en trykpumpe ser ud. Der er ingen ventil i stemplet, og til højre er der et smalt rør, som kaldes stigrøret. Forneden, hvor det munder ud i det brede pumperør, er der en ventil K , som kun kan åbne sig ind i stigrøret. Inden vi begynder at pumpe, står vandet lige højt i brønden og inde i pumpen. Stemplet står i sin laveste stilling, det vil sige lidt over ventilerne, som begge er lukkede.

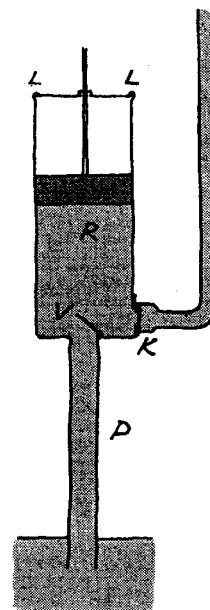


Fig. 23. Trykpumpen.

Stemplet trækkes op. Tegn stemplet i sin nye stilling. Må låget LL slutte lufttæt? Hvorfor åbner ventilen V sig? Hvorfor går der vand fra brønden op i rummet R ? Trykket af vandet i stigrøret holder ventilen K lukket.

Stemplet standser i sin øverste stilling. Hvordan går det med ventilerne? Løber vandet tilbage i brønden?

Stemplet skydes ned. Hvordan går det med ventilerne og med vandet i R og P ?

Hvordan stiller ventilerne sig, når stemplet standser i sin nederste stilling, og hvordan går det, når vi trækker stemplet op og ned?

Man kan med de beskrevne pumper ikke suge vand op fra større dybde end ca. 10 m (se side 14).

Centrifugalpumpen. På mange vandværker anvendes centrifugalpumper. Fig. 24 er et snit gennem en sådan pumpe. Sugerøret fra brønden går bag om pumpen ind til den hule aksel, hvortil der er fastgjort en række skovle af krummet form. Aksel og skovle drejer hurtigt rundt i den retning, som pilen til højre angiver. Herved slynges vandet udad, bort fra akslen og i de små piles retning. Det presses opad i stigrøret, medens der suges nyt vand op gennem røret fra brønden. Pumpen er altså en slags suge- og trykpumpe. (En støvsuger er indrettet på lignende måde).

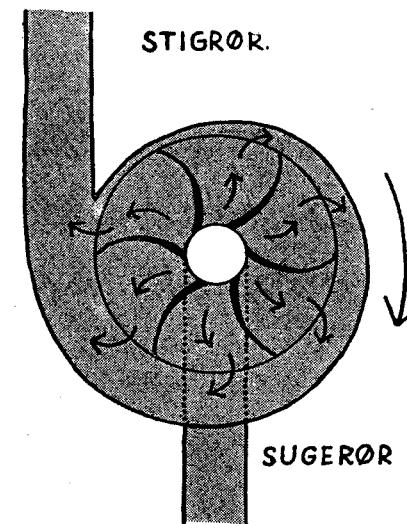


Fig. 24. Centrifugalpumpen.

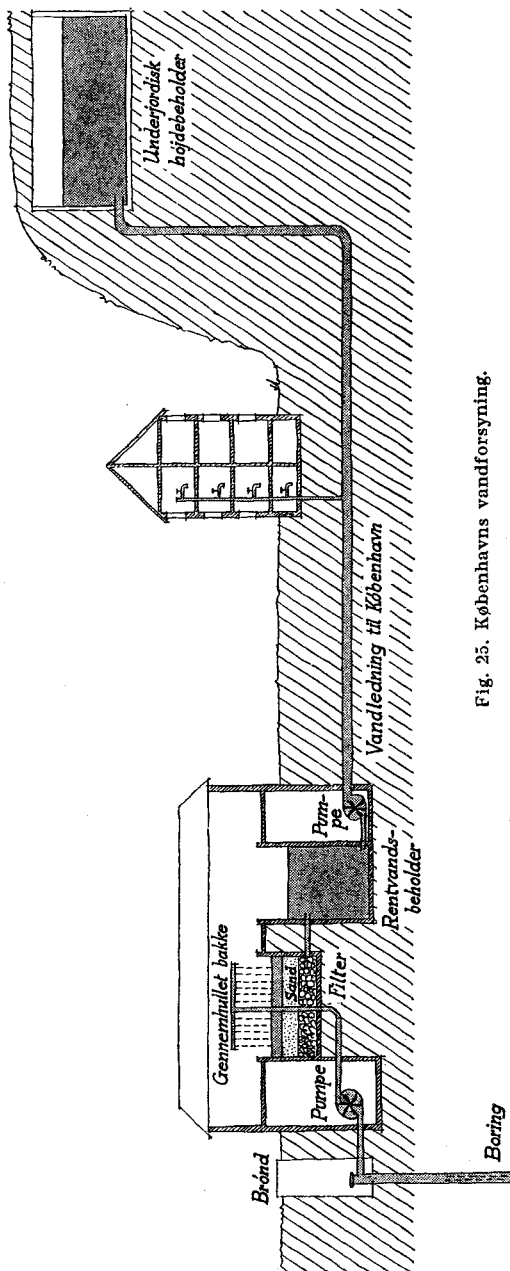


Fig. 25. Københavns vandforsyning.

I mange byer får man vand fra et vandværk. På billedet kan man se, hvordan København forsynes med vand. I venstre side af figuren har vi de vigtigste dele af et vandværk. Fra borerne dybt ned i jorden til de vandførende lag pumpes vandet op på en bakke med gennemhullet bund. Herfra bruser vandet ned til et filter. Ved vanddråbernes fald gennem luften får man fjernet ubehagelige luftarter, medens de opløselige jernforbindelser omdannes til rust. I filtret løber vandet gennem lag af sand og småsten, som

optager rusten og andre urenheder. Derefter opsamles vandet i en rentvandsbeholder. Nu pumpes det gennem en underjordisk ledning ind til København, og gennem ledningerne, der befinder sig under gaderne, op i husene. Hvis de fleste vandhaner i byen samtidig var lukket, ville vandets tryk sprænge vandrørene. For at forhindre dette har man bygget en underjordisk højdebeholder ved Tinghøj mellem Søborg og Buddinge. Højdebeholderen er i stand til at regulere vandtrykket.

Luftpumper.

Cykelpumpen. På fig. 26 ser vi den nederste del af cykelpumpen. Stempellet består af et stykke læder, som er gnedet godt ind i olie; det er fastspændt mellem et par metalplader. Når stemplet trykkes nedad, presses læderskiven op mod cylindervæggen; trækkes stemplet op, kan der kile sig luft ind mellem cylindervæggen og læderskiven. Skal cykelpumpen slutte tæt til foroven?

Gummipakningen *P* på siden af cykelpumpen presses ned mod cykelslangens ventil. Skil en cykelventil ad (din egen!). Der er et hulrum ned igennem ventilen; hulrummets nederste åbning er dækket af ventilgummiet.

Skubbes cykelpumpens stempel ned, trykkes der luft ind gennem ventilen. Ventilgummiet bliver presset til side (se fig. 27), og der kommer luft ind i cykelslangen. Når pumpens stempel atter trækkes op, vil luften ikke kunne komme ud af slangen; ventilgummiet bliver presset ind imod ventilen, og hullet i den dækkes.

En pumpe, som kan sammenpresse luft, kaldes en fortætningspumpe. Cykelpumpen er en fortætningspumpe.

Vandluftpumpen anvendes, når luft skal fortyndes. Pumpen er foroven sat i forbindelse med vandhanen. Idet vandet strømmer gennem

Fig. 26. Cykel-pumpen.

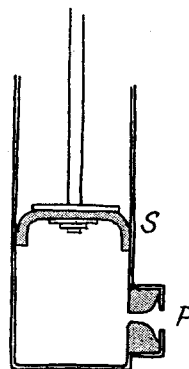


Fig. 27. Cykelventilen.

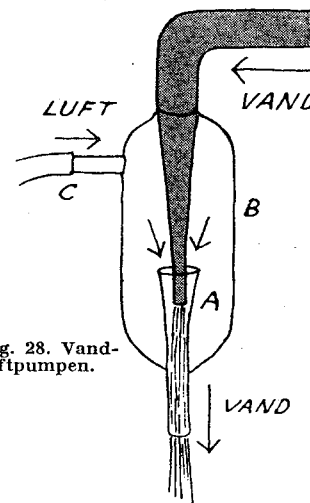


Fig. 28. Vandluftpumpen.

den snævre åbning ved A og ud i det bredere rør, river det luft med sig, og herved formindskes luftens tryk i beholderen B. Den ting, som skal pumpes lufttom, er sat i forbindelse med beholderen ved C. Når luften i B er blevet fortyndet, strømmer der ny luft gennem C ind i beholderen, og efterhånden får vi et næsten lufttomt rum.

Dykkeren.

På billedet ser vi en dykker, som arbejder på havbunden. På hovedet har han en hjelm med små ruder, som han kan se igennem. Fra dykkerskibet går der en slange ned til hjelmen; gennem slangen pumper folkene luft ned til ham med en fortætningspumpe. Hans dragt er lavet af gummi, og hele dragten går ud i eet. Den må slutte tæt om håndled og hals, for at vandet ikke skal trænge ind. Hjelmen må ikke slutte tæt om halsen, for at den luft, der pumpes ned til ham, kan have et sted at slippe ud. Hans støvler er beslået med bly og meget tunge, for at han kan holde sig oprejst i vandet.

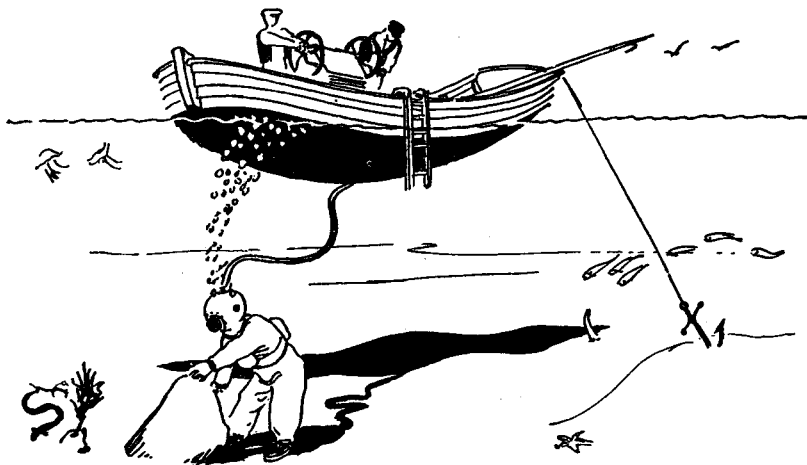


Fig. 29. Dykkeren.

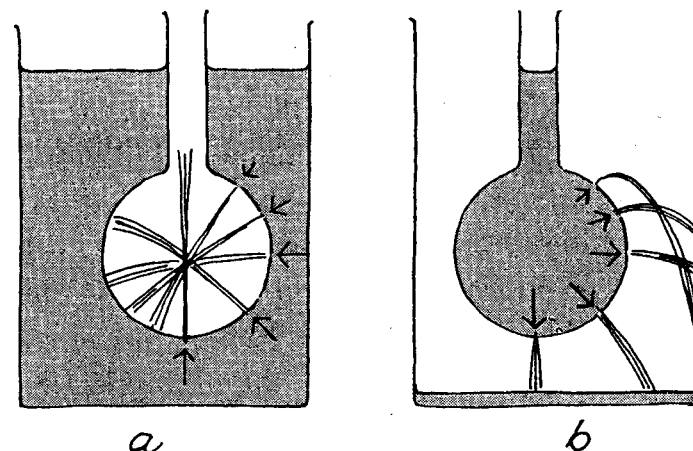


Fig. 30. Trykkraften virker vinkelret på fladen, hvorpå vædsken presser.

Tryk i vædsker.

En rundbundet kolbe er forsynet med fem fine huller. Kolben trykkes ned i et kar med vand (fig. 30 a), og man ser, at vandet presses ind gennem hullerne i retninger, der er vinkelrette på glasvæggen. Ved hullerne møder vandets pres ikke modstand fra væggen. I fig. 30 b er det kolben, som er fyldt med vand. Vandet stråler ud, og også her er strålerne lige ved hullerne vinkelrette på kolbens væg.

Overfladen af et legeme, som sænkes ned i en letflydende vædske, bliver påvirket af kræfter, der vil forsøge at presse legemet sammen. Ligeledes bliver væggene af den beholder, som indeholder vædsken, udsat for kræfter; de vil forsøge at spile væggene ud. Kræfterne kaldes trykkræfter; de er rettet vinkelret på fladen, som de presser på.

Fig. 31 viser en metaldåse a, hvis ene endeblade b er af tyndt gummi. Dåsen kan drejes ved c omkring den punkterede linie, sådan at gummi-hinden kan vende opad, nedad eller til siden. Apparatet er fremstillet sådan, at b kommer til at ligge på samme sted, når metaldåsen drejes en halv omgang. Inde i dåsen og i røret er der luft, som afspærres af noget farvet sprit ved d.

Med en finger trykker man på hinden b; man ser, at vædsken ved d flytter sig. Jo mere man trykker, des mere bevæger vædsken ved d sig. Vi kan benytte forskydningen som mål for den trykkræft, der virker på b.

Stativet med apparatet flyttes hen til glaskarret (fig. 32), og dåsen (med gummiblæren opad) anbringes nede i vandet. Ved at se på spritoverfladen ved d finder man, at den nedadgående trykkraft på dåsen vokser, når apparatet sænkes dybere ned.

Stativet, der bærer apparatet, flyttes hen langs bordet, hvorved metaldåsen ikke ændrer sin dybde under vandoverfladen. Overfladen ved d holder sig uforandret, selv om blæren kommer ind under det omvendte glas, der ses til venstre i glaskarret. Den nedadgående trykkraft på dåsen er den samme i samme vandrette lag.

Endelig kan man med en metalbøjle eller med hånden vende trykdåsen, så gummihinden b vender nedad eller til siden. Man finder, at trykkraften på samme sted er uafhængig af fladens retning.

Den kraft, hvormed vandet presser på 1 cm^2 af en flade, der sænkes ned i en vædske, kaldes vædskens tryk på det sted, hvor fladen er anbragt. Man får af forsøgene, at trykket vokser med dybden, men er ens i samme vandrette lag. Trykket afhænger desuden af vædskens vægtfylde.

Fig. 33 a viser et bredt glastrør, der er slebet glat forneden. Det har en løs bund af tyndt glas el. lign., som ved hjælp af en metalstang (eller snor) kan trækkes op, så den slutter tæt til rørets slebne rand. Fastgør røret i et stativ, træk i messingstangen og anbring apparatet i vand, som fig. 33 b viser. Når vi slipper messingstangen, falder bunden ikke af; det er vandets opadgående pres, som er skyld heri.

Hæld forsigtigt farvet vand fra et måleglas ned i glastrøret og læg mærke til, hvor meget vand der er i røret, når bunden falder af.

Når det farvede vand (omtrent) står ud for den øvrige overflade, falder glaspladen ned. Man har da, at vandets opadgående trykkraft på glaspladen og det farvede vands nedadgående trykkraft er lige store.

Glasrøret fra sidste forsøg hænges op som vist på fig. 34. Vi spænder fjedervægten så meget, at viseren står på f. eks. 200 g. Der hældes vand ned i glastrøret, og når vandet står i en bestemt højde, presser det nedad på glaspladen med en kraft, som også er 200 g; hældes mere vand i røret, vil glaspladen slippe bunden, og vandet løbe ud.

Glasrøret erstattes nu med andre glastrør (b og c på fig. 35), hvis bundåbninger har samme størrelse som det først anvendte rør. Prøv først at hælde lige så meget vand ned i det brede rør som før i det cylindriske. Bunden falder ikke af. Først når vandet står i samme højde som før, strømmer vandet ud. Det samme iagttages med røret c .

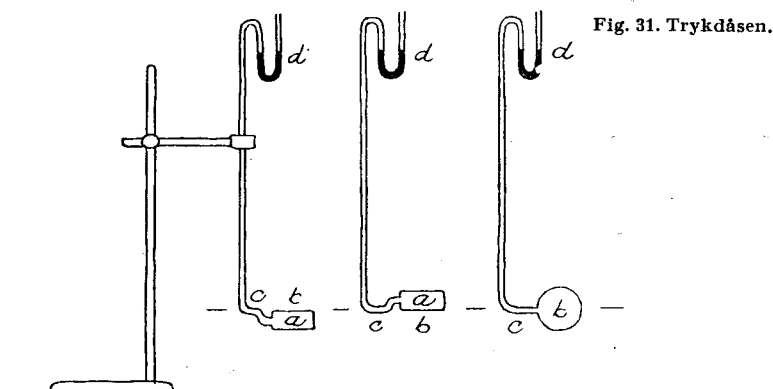


Fig. 31. Trykdåsen.

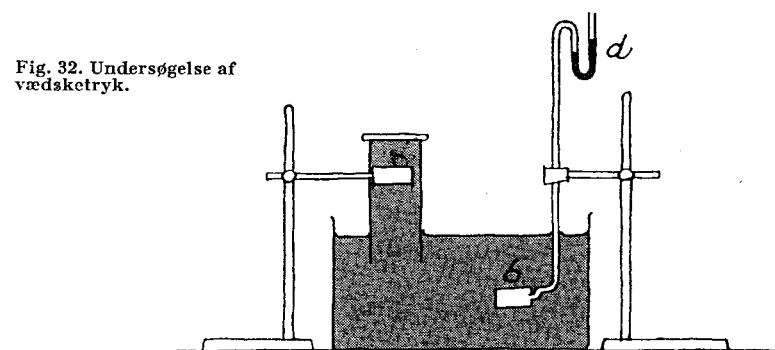


Fig. 32. Undersøgelse af vædsketryk.

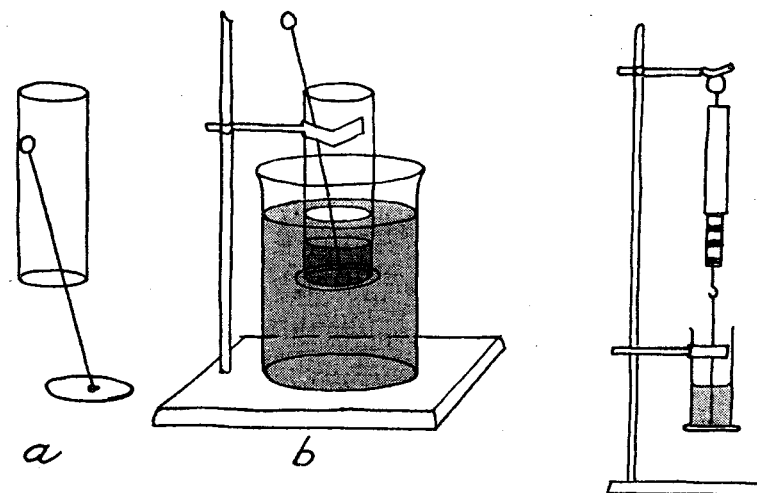


Fig. 33. Vand presser opad.

Fig. 34. Bundkraftens størrelse.

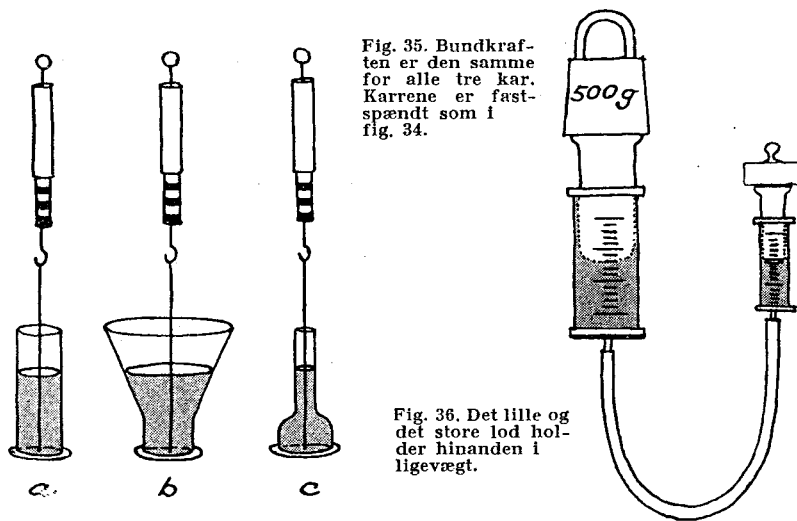


Fig. 35. Bundkraften er den samme for alle tre kar. Karrene er fastspændt som i fig. 34.

Fig. 36. Det lille og det store lod holder hinanden i ligevægt.

Man får, at trykkraften på bunden er lig vægten af vandet i det cylindriske kar, men at den ellers er uafhængig af karrets form.

Hæng to glassprøjter (20 cm³ og 2 cm³) op i stativer og forbind sprøjterne med en gummislange. Hulrummet er helt fyldt med vand.

Ovenpå det venstre stempel lægges et 200 g-lod, på det højre et 100 g-lod. Det lille lod viser sig at være i stand til at presse det store i vejret. 200 g-lodet erstattes med et, som vejer 500 g. Nu holder lodderne hinanden i ligevægt. Af forsøget får vi, at den lille kraft på 100 g er istand til at flytte den store på 200 g og at opveje en kraft på 500 g.

Dette benytter man sig af i mange apparater. Lad f. eks. overfladen af det store stempel (fig. 37) være 100 gange så stor som overfladen af det lille, så vil en kraft på 15 kg på det lille stempel kunne bære 1500 kg på det store. En bil, der vejer 1,5 tons, kan altså holdes i vejret af en kraft på 15 kg. Når bilen skal løftes i vejret, må pumpen P presse vand ind i vædskerummet mellem stemplerne.

Andre steder, hvor man anvender dette princip, er i tandlægestole, hydrauliske automobilbremser og i hydrauliske presser, hvor papir, bomuld eller andre ting presses sammen, så rumfanget bliver meget mindre. Hydrauliske presser bruges også til at presse olien ud af kopra, jordnødder og andre olieholdige stoffer.

I bjergrige egne visse steder i udlandet har man spærret en hel bjergdal af med en mægtig mur. Vandet fra floden, som løber gennem dalen, kan ikke slippe bort, og der dannes en kunstig sø. På dæmningen virker der store tryk, og da trykkene vokser stærkt med dybden, må dæmningen være særlig tyk og solid forneden (fig. 38). Man lader noget af søens overfladevand gå gennem

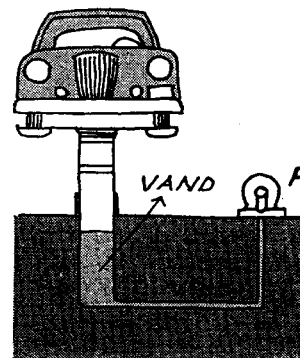


Fig. 37. En lille kraft kan løfte et automobil.

tykke rør ned til elektricitetsværket, som befinder sig ved foden af dæmningen. I elektricitetsværket ledes vandet gennem turbiner.

Turbinens virkemåde ses af fig. 39. Vandet strømmer ind fra de tykke rør, hvorefter det rammer skråt ind på en række propelblade, som herved bliver sat i en bevægelse rundt om deres akse. Pilen foroven viser hvilken vej, turbinen drejer rundt. Akslen driver nu en dynamo, som frembringer elektricitet. Herom skal vi høre nærmere, når vi kommer til afsnittet om elektricitet.

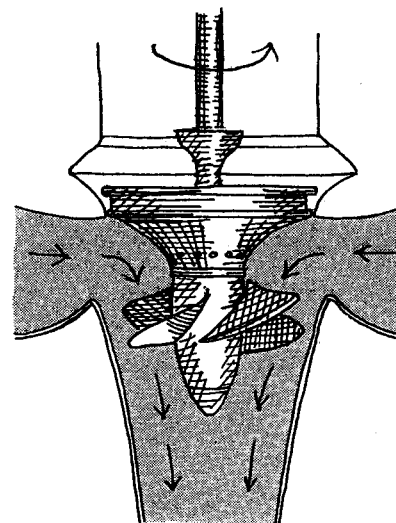


Fig. 39. Vandturbinen.

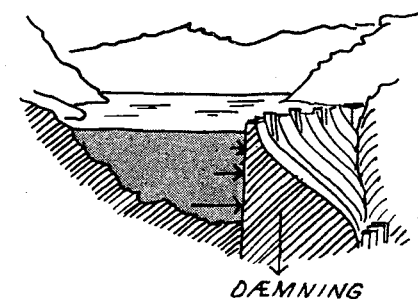


Fig. 38. Sidetrykket vokser med dybden, hvorfor dæmningen må være meget tyk forneden.

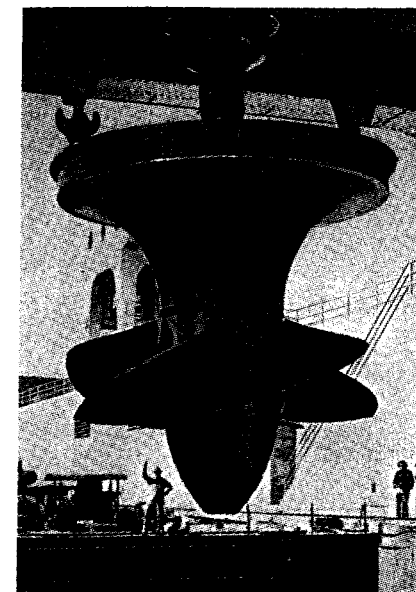


Fig. 40. Turbinens skovlhjul fotograferet.

Arkimedes lov.

Med en sytråd binder vi et stykke metal fast til krogen under den ene vægtskål og lægger hagl på den anden, indtil vægtstangen står lige. Vi stiller et glas vand under metalstykket og løfter glasset op, så at metalstykket kommer ned i vandet. Vi ser, at *metalstykket bliver lettere*.

Læg lodder på vægtskålen, indtil vægtstangen igen står lige; vi må f. eks. lægge 20 gram på. Find så metalstykkets rumfang med måleglas- set; det viser sig, at vandet i måleglas- set stiger 20 cm³.

Hvor meget har metalstykket tabt i vægt?

Hvor meget vejer det vand, metalstykket fortrænger?

Heraf ser vi, at en *ting, der sænkes ned i vand, taber lige så meget i vægt, som det fortrængte vand vejer* (Arkimedes lov).

Gør igen samme forsøg med samme metalstykke, men kom sprit i glasset. Vi ser, at en *ting taber mindre i vægt i en let vædske end i en tung*; da metalstykkets rumfang er 20 cm³ og sprittens vægtfylde om- trent 0,8, vejer den fortrængte sprit $20 \times 0,8 \text{ g} (= 16 \text{ g})$. Forsøget viser, at metalstykket taber omtrent 16 g i vægt, altså lige så meget som den fortrængte sprit vejer: *Arkimedes lov gælder for alle letflydende vædsker*.

I et smalt reagensglas kommer vi så meget kviksølv eller sand, at det hele vejer f. eks. 8 g. Vi hælder vand i måleglas- set til et eller andet mærke og sætter reagensglasset ned i vandet; dette stiger 8 cm³. Da reagensglasset flyder, må det have tabt hele sin vægt; ellers ville det synke dybere eller gå til bunds.

Hvor meget har reagensglasset tabt i vægt, og hvor meget vejer det fortrængte vand?

Af dette forsøg ser vi, at en *ting, der svømmer på vand, taber så meget i vægt, som det fortrængte vand vejer*.

En cm³ jern vejer 7½ g. Hvor meget ville den tabe i vægt, hvis vi bandt en snor i den og sænkede den ned i vand? Hvad ville der ske, hvis vi klipper snoren over?

En cm³ kork vejer ¼ g. Skal den helt under vand for at miste hele sin vægt? Hvor stor en del af den er under vandet, når den svømmer?

Disse to eksempler viser os, at *ting, der har større vægtfylde end vand, går til bunds. Ting, der har mindre vægtfylde end vand, svømmer ovenpå*.

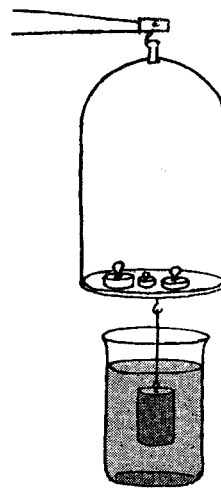


Fig. 41. Arkimedes lov.

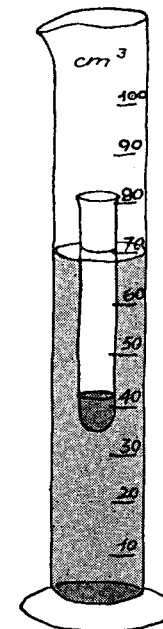


Fig. 42. En ting, som flyder på en vædske, har tabt hele sin vægt.

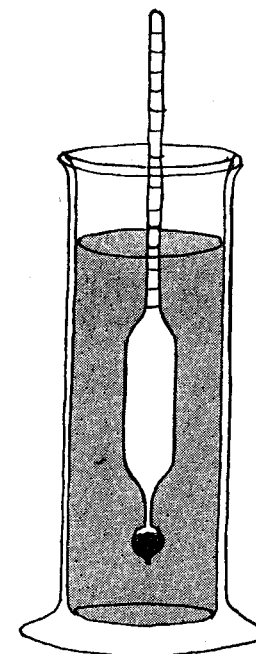


Fig. 43. Flydevægten.

Hvad er grunden til, at man kan flyde på vand?

Hvorfor er det lettere at svømme i saltvand end i ferskvand?

Hvorfor må dykkerens dragt være meget tung?

Et fartøj vejer med hele sin last 100.000 kg; hvor meget vejer det vand, som fartøjet har fortrængt?

En ting vejer 7 g, og dens rumfang er 10 cm³. Skal den helt ned under vand for at miste hele sin vægt? Kan den svømme på vand, eller går den til bunds?

Er isens vægtfylde større eller mindre end vandets?

Er flødens vægtfylde større eller mindre end mælkens?

Hvorfor går et jernskib ikke til bunds?

Fig. 43 viser, hvordan en *flydevægt* ser ud; den er lavet af glas og er hul. I kuglen forneden er der kviksølv eller hagl for at holde den lodret, når den stikkes ned i en vædske. Hæld vand i et glas, stik flyde-

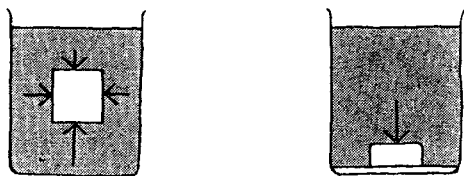


Fig. 44. I venstre figur er der en opdrift, derimod ikke i højre.

vægten ned deri og se, hvor dybt den synker. Hælder vi nu sprit i vandet, ser vi, at flydevægten synker dybere, fordi blandingen er lettere end rent vand. Hvorfor kan man bruge en flydevægt til at prøve, om mælk eller sprit er fortyndet?

Vi vil finde årsagen til, at der virker en opdrift på legemer, som sænkes ned i en vædske. I det venstre bægerglas på fig. 44 befinder sig et kasseformet legeme. Vædsken trykker på alle seks sideflader. De vandrette kræfter, som er tegnet ind på figuren, er lige store og modsat rettede. De kan klemme legemet lidt sammen, men kan ikke flytte det. Dette kan derimod kræfterne, som virker i lodret retning. På den øverste sideflade virker der en nedadrettet trykkraft; på den nederste flade er trykkraften større og opadrettet. Forskellen mellem de to trykkræfter vil påvirke legemet opad. Er nu denne forskel i kræfterne større end legemets vægt, vil legemet stige til vejrs; er forskellen lig legemets vægt, bliver det svævende og er endelig forskellen mindre end vægten, vil legemet synke til bunds.

I højre bægerglas er der anbragt en paraffineret korkprop, som slutter helt tæt til bunden*). Hvis man meget forsigtigt hælder vand ned, kan man foretage forsøget sådan, at der ikke trænger vand ind under proppen. Denne er nu påvirket af vandets nedadgående pres, men der mangler det opadgående, så der virker ikke nogen opdrift. Først når man med en pind rækker ved proppen, kommer der vand ind under den, og den stiger til vejrs.

Luftballonen.

Et legeme, som er nedsænket i en vædske, er påvirket af en opdrift. Det samme gælder for en ting, der befinder sig i jordens atmosfære. Dette kan indses ved følgende forsøg: En ballon er fyldt med luft; den er lukket med en glashane A og anbragt ovenpå en flaske med en sideåbning. Ved hjælp af en luftpumpe pumper vi nu luften ud af flasken,

*) Man har først hældt smeltet paraffin i bunden af bægerglasset; når paraffinen er smeltet, er overfladen plan. Proppen er dyppet i smeltet paraffin og gnedet på en glasplade, så proppens underside bliver plan. Før proppen anbringes på bunden, dækkes denne med heksemel, som forhindrer vandet i at trænge ind under proppen.

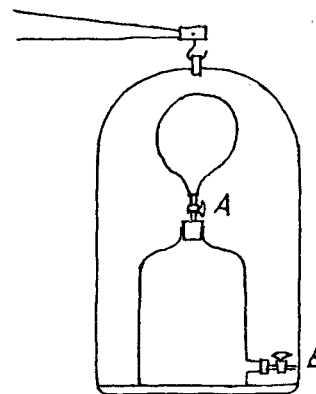


Fig. 45. Opdrift i luften.

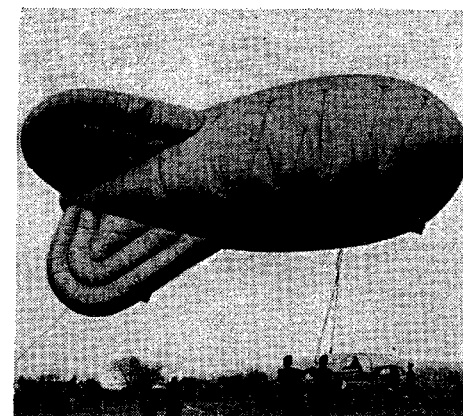


Fig. 46. Ballon.

som lukkes ved B og anbringes på den ene vægtskål af en vægt. Man sørger for, at der er ligevægt. Nu åbnes der for hanen A, og noget af luften fra ballonen strømmer ned i flasken. Selv om det er nøjagtig de samme ting, vi har på vægten, er der ikke mere ligevægt.

Dette skyldes, at ballonen ikke fylder så meget mere, og herved er opdriften blevet mindre. Opdriften er jo lige så stor som vægten af den luft, ballon og flaske fortrænger. Vil vægtskålen med ballon og flaske gå op eller ned? Hvorfor går ikke alle ting, der er omgivet af luft, til vejrs?

En luftballon består af et stort hylster af imprægneret silketøj eller et andet materiale, som er lufttæt. Den fyldes med en let luftart: gas eller brint. Er luftballonen blevet så let, at den vejer mindre end den luft, den fortrænger, vil den blive drevet til vejrs.

Luftballoner har hovedsagelig militære anvendelser (observationsballoner og spærreballoner). Balloner kan også anvendes til undersøgelsen af jordens atmosfære. Med stratosfæreballoner, hvor de rejsende befinder sig i en lukket metalkugle, der er ophængt under ballonen, er man nået over 20 km i vejret.

Flyvemaskiner og raketter.

To legetøjsballoner er ophængt ved siden af hinanden (fig. 47). Med munden puster vi ind mellem ballonerne. Er luftens hastighed stor eller lille i mellemrummet mellem ballonerne? Bevæger de sig fra hinanden eller mod hinanden?

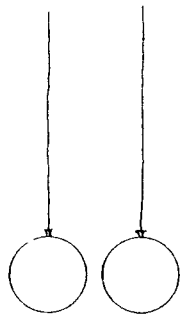


Fig. 47. Til stor hastighed svarer et lille tryk.

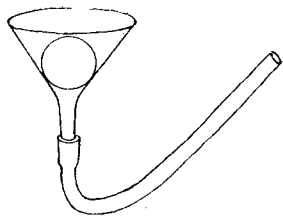


Fig. 48. Pust bordtennisbolden bort.

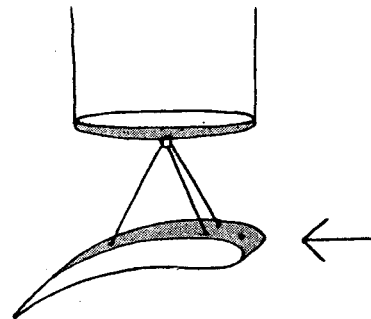


Fig. 49. Man puster i pilens retning og lagttager, at vingen går til vejrs.

Man iagttager, at ballonerne går sammen, og vi har her et eksempel på sætningen: *Til en stor lufthastighed svarer et lille tryk. Jo større hastighed, jo mindre tryk.*

Anbring en bordtennisbold i en glastragt (fig. 48) og prøv, om du kan puste bolden bort. Forklar forsøgets resultat! Hvorfor smækker en dør let i, når der er gennemtræk?

En flyvemaskine er forsynet med kraftige motorer, som drejer en eller flere propeller meget hurtigt rundt. Propellerne slynger luften bagud, og herved drives maskinen fremad. Propellerne virker på samme måde som en skibsskrue, der driver en damper frem gennem vandet. Når flyvemaskinen bevæger sig fremad, vil luften strømme forbi maskinen. Flyvemaskinevingerne har nu en sådan form, at luftstrømmen bliver kraftigere og luftens hastighed større over vingen end under den. Anvend sætningen, vi lige har hørt om, og fortæl, hvordan det går med luftens tryk over og under vingen.

At der til den store lufthastighed over vingen svarer et lille tryk, kan vises ved forsøget fig. 49: Et stykke træ af samme form som en del af en flyvemaskinevinge er ophængt under en vægtskål på en vægt, og ved hjælp af hagl har vi sørget for, at der er ligevægt. Nu puster vi ind mod vingen i pilens retning, og vi ser, at træstykket går til vejrs. Holder man op med at puste, synker vingen igen.

I dette forsøg er det vingen, som er i ro, mens luften blæser forbi. Under virkelige forhold er det flyvemaskinen, som bevæger sig, mens luften er i ro, men resultatet bliver det samme.

Når en flyvemaskine skal starte, bliver propellerne sat i gang og bremseklodserne ved hjulene fjernet. Så kører maskinen afsted hen over flyvepladsen med stadig voksende fart. Når denne er blevet tilstrækkelig stor, er trykforskellen mellem vingernes over- og underside så stor, at maskinen løftes i vejret.

Propellerne er ikke istand til at give en flyvemaskine en fart på over 800 km i timen; dette kan derimod opnås med den såkaldte reaktionsdrevne motor, som findes i *jetflyvemaskiner*. (jet betyder: stråle og udtales [djet]). Fig. 50 viser en aflang legetøjsballon, som vi har pustet op. Når vi slipper den, drives luften ud gennem åbningen til højre. Vi ser, at ballonen farer afsted i modsat retning.

På en jetflyvemaskines vinger sidder jetmotorerne. Fig. 51 viser en sådan motor. Dens forreste ende er til venstre. Her findes en pumpe P , der suger en mængde luft ind i rummet F . Pumpens virkemåde skal vi ikke komme ind på. Rummet F kaldes forbrændingskammeret. Herind leder vi brændstof, (ved B) og ved den heftige forbrænding opstår der en meget høj temperatur. Vi skal senere lære, at når temperaturen stiger, vil luften udvide sig. Gennem P kan den ikke komme bort fra forbrændingskammeret, og den eneste udvej er nu ved L . Luften bevæger sig i en kraftig stråle denne vej ud, og så går det som ved legetøjsballonen: Motorerne og hermed flyvemaskinen bevæger sig i den modsatte retning. T er en turbine, som drives rundt af den udstrømmende luft. Turbinen anvendes til at få pumpen P til at løbe rundt.

Fig. 52 forestiller en jetjager; man kan tydeligt se de to jetmotorer, en på hver vinge. Bagest på maskinen ser vi halefinnen; den er delt i to dele, og den bageste af delene, sideroret, kan drejes, og herved kan flyvemaskinens bevægelsesretning ændres i vandret retning. Midt på halefinnen har vi højderoret, som drejes, når maskinens flyvehøjde skal forandres.

Når du er på en cykeltur i blæsevej, mærker du, at luften gør modstand mod din bevægelse; jo større luftens fart er, des mere luftmodstand mærker du.

Skibe, tog, biler og flyvemaskiner bevæger sig jo med store hastigheder i forhold til luften, og så kommer luftmodstanden til at spille en meget stor rolle. Modstanden afhænger stærkt af legemets form, og derfor må de forskellige luftfartøjer bygges på en sådan måde, at luftmodstanden bliver så lille som muligt. Man kalder et sådant legeme for *strømlinieformet*.

Vi ska' senere hen lære, at lyden er ca. 3 sekunder om at bevæge sig en

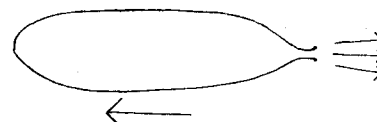


Fig. 50. Legetøjsballonen flyver til venstre.

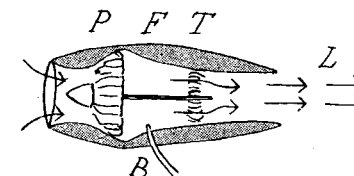


Fig. 51. Jetmotor.

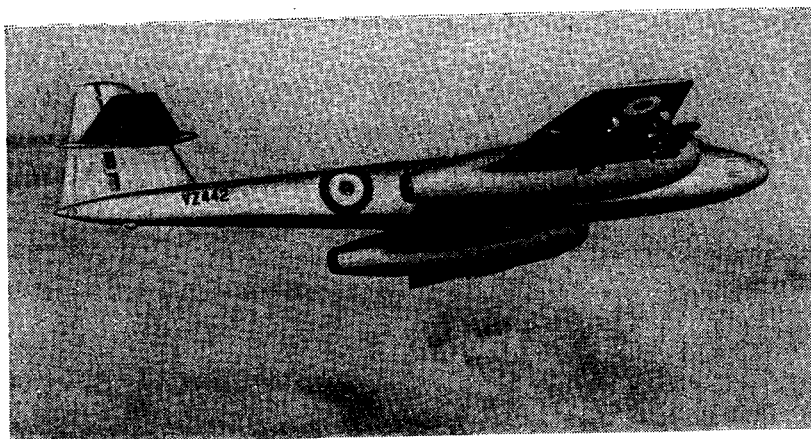


Fig. 52. Jetjageren.

kilometer gennem luften. Når en flyvemaskines hastighed vokser, så den er omtrent lige så stor som lydens, møder maskinen en uhyre stor luftmodstand. Ved endnu større hastigheder aftager modstanden atter. Den meget store modstand kaldes undertiden *lydmuren*.

I Amerika foretager man forsøg med kæmperaketter. Man har kunnet sende dem flere hundrede kilometer op i luften, før de atter falder ned. Hvis man kunne give raketterne en meget stor hastighed, ville de slet ikke falde tilbage til jorden igen. Det er muligt, at man engang vil kunne sende en bemandet raket til månen eller en anden klode. En sådan raket kaldes et *rumskib*.

I raketens bageste del findes et forbrændingskammer, hvorfra de glødende luftarter slynges bagud, medens raketten bliver drevet fremad. Raketten medbringer beholdere med brændstof og flydende ilt, der bruges til forbrændingen.

Størrelsen af luftens tryk.

Man har fundet, at trykket nede i en vædske på en vandret flade af størrelsen 1 cm^2 er lig med trykket på 1 cm^2 af overfladen plus vægten af den vædskesøjle, der ligger over den nederste flade.

Tegningen forestiller Torricellis barometer. Vi tænker os, at barometerstanden er 76 cm. De flader, der har numrene 0 til 81, er 1 cm^2 store og ligger 1 cm under hinanden. I røret er der ikke tegnet så mange flader, som der skulle være; ellers ville tegningen blive for stor.

Vi vil finde luftens tryk på flade 81:

Der er intet tryk på flade 0, fordi der ingen luft er i rummet over kviksølvet.

Find trykket på flade 76.

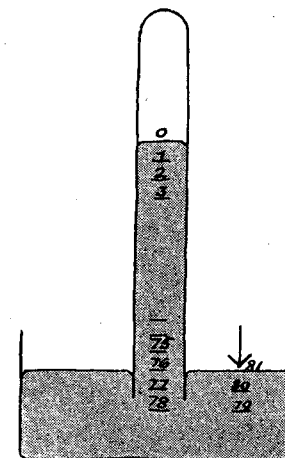


Fig. 53. Luftens tryk.

Hvor meget er trykket på 78 større end på 76?

Hvoraf ved vi, at trykkene på 78 og 79 er lige store?

Hvor meget er trykket på 81 mindre end på 79?

Vi ser, at trykkene på 76 og 81 er lige store.

Luften trykker på 1 cm^2 med en kraft, der er lig med $76 \times 13,6 \text{ g}$; det bliver omtrent 1 kg .

Hvor stort er luftens tryk, når barometerstanden er 73 cm, og når den er 79 cm? Hvor stor er forskellen?

I radioens vejrmeldinger bliver luftens tryk angivet i millibar (mb). Når 1000 millibar svarer til 75 cm kviksølv, hvor mange millibar er så 1 cm kviksølv lig med? Og 76 cm kviksølv?

Mariottes lov.

Vi har tit talt om, at tæt luft trykker stærkere end tynd luft. Vi vil nu måle, hvor meget luftens tryk vokser, når den sammenpresses.

Vi bruger et bøjet glastrør, som sidder på et lodret bræt (fig. 54). Glasrørets korte gren er lukket foroven, den lange gren er åben. På tegningen (fig. 55) ser vi glastrøret alene; det er den tegning, vi skal se på i det følgende.

Vi hælder kviksølv ned i den lange gren, indtil det står til linien *ab*; det står *lige højt* i begge grene. Vi har nu afspærret noget luft i den korte gren; da den trykker lige så meget som luften i stuen, er dens tryk på kviksølvoverfladen omtrent 1 kg på hver cm^2 .

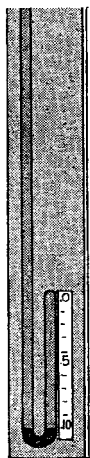


Fig. 54. Mariottes lov.

Nu hælder vi igen kviksølv ned i den lange gren, indtil kviksølvet er presset midt op i den korte. Den afspærrede luft har nu halvt så stort rumfang som før. I den lange gren står kviksølvet til *c*.

De små vandrette flader, der er tegnet i røret, er hver 1 cm² og ligger 1 cm under hinanden.

Vi vil finde den indespærrede lufts tryk på flade 0.

Hvorfor er trykkene på 3 og 4 lige store?

Vis på samme måde som ved Torricellis barometer, at trykkene på 0 og 7 er lige store.

Mål afstanden fra 7 op til kviksølvoverfladen ved *c*. (Hvis barometerstanden er 76 cm den dag, vi gør forsøget, er afstanden fra 7 op til *c* også 76 cm). Find, hvor stort trykket er på flade 7 (husk, at luftens tryk på overfladen ved *c* omtrent er 1 kg på hver cm²).

Hvor stort er så den indespærrede lufts tryk på flade 0?

Vi ser, at den indespærrede lufts tryk vokser omtrent fra 1 kg til 2 kg pr. cm², når dens rumfang formindskes til det halve.

Mariotte har vist, at der altid gælder følgende regel: Når indespærret lufts rumfang formindskes, bliver trykket lige så mange gange større, som rumfanget bliver mindre, og omvendt. Dette gælder dog kun, hvis temperaturen holder sig uforandret.

Hvor stort blev den indespærrede lufts tryk, hvis vi hældte så meget

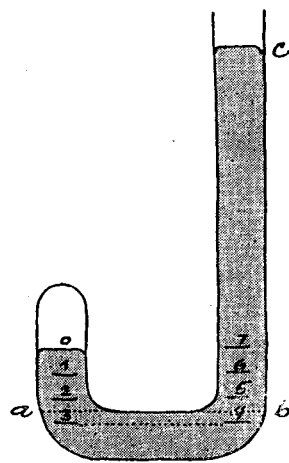


Fig. 55. Måling af trykket af den sammenpressede luft.

kviksølv i den lange gren, at rumfanget blev en tredjedel af det oprindelige? Hvor højt ville kviksølvet stå i den lange gren?

Hvordan går det med indespærret lufts vægtfylde og tryk, når rumfanget formindskes til det halve, en tredjedel, en fjerdedel eller en femtedel af det oprindelige?

Når luftens tryk forøges (ved sammenpresning), bliver dens vægtfylde lige så mange gange større, som trykket bliver større.

Nøjagtigere bestemmelse af vægtfylde.

Faste stoffer. Ved hjælp af Arkimedes lov kan vi finde faste stoffers rumfang nøjagtigere, end det lader sig gøre med måleglasset.

Lad os finde en nøgles vægtfylde. Med en tråd binder vi nøglen til krogen under vægtskålen, så at den hænger frit i luften. På den anden vægtskål lægger vi lodder, til vægtstangen står lige; nøglen vejer f. eks. 78 g. Vi stiller nu et glas vand under nøglen, løfter det op, så at nøglen kommer under vand, og lægger lodder på, til vægtstangen står lige; vi har lagt 10 g på.

Hvor meget vejer det vand, som nøglen fortrænger?

Hvor stort er så nøglens rumfang?

Hvor stor er nøglens vægtfylde?

Vædske. Vi vil finde petroleums vægtfylde. Vi afbalancerer en flaske med snæver hals på en vægt; på halsen er der anbragt et mærke. Vi hælder petroleum på, til det står til mærket og finder dets vægt. Vi skyller flasken, hælder vand i til mærket, og finder vandets vægt. Hvordan kan vi deraf finde flaskens rumfang op til mærket og petroleums vægtfylde?

Hårrør.

Hold et barberblad vandret et lille stykke over vandet i et glas; slip det, så det falder ned på overfladen. Barberbladet bliver liggende og trykker en lille fordybning i vandet, ligesom når en ting falder ned på et stramt udspændt klæde. Trykker vi bladet lidt ned i vandet, går det til bunds, fordi dets vægtfylde er større end vandets.

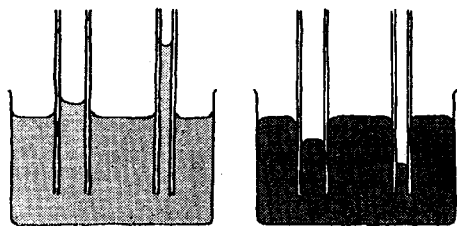


Fig. 56. Hårrør. Vand til venstre og kviksølv til højre.

Overfladen af en vædske er altså temmelig stærk; det er, som om vædsken var overtrukket med en meget tynd, elastisk hinde.

Insekter kan derfor løbe om på overfladen af en dam.

Hæld vand i et glas og læg mærke til, hvordan overfladen stiller sig henne ved glassets sider. Stik nogle glasrør af forskellig tykkelse ned i vandet og se, hvordan vandet stiller sig uden for og inde i rørene (fig. 56, tegningen til venstre).

Gør samme forsøg med kviksølv i stedet for vand (fig. 56, tegningen til højre). Rør, der er så snævre, at hele vædskeoverfladen inde i røret er buet, kaldes hårrør. Vi har før lært, at en vædske står lige højt i to forbundne kar, hvis der er samme tryk på overfladerne. Forsøgene med hårrør viser os, at en udadbuget overflade må trykke indad på vædsken; den søger at forhindre den i at komme ind i hårrøret. En indadbuget overflade trækker vædsken ind i hårrøret. Jo snævrere et rør er, desto større er hårrørsvirkningen.

Sukker, klatpapir, lampevæger, svampe og mange andre ting indeholder en mængde fine kanaler; sådanne stoffer kaldes porøse. Ligesom vandet før gik op i glasrøret, stiger blækket op i klatpapir, petroleum i lampevægen og kaffe i et stykke sukker, selv om det ikke er dyppet helt ned.

Planter og træer får en del af deres næring fra jorden; gennem fine kanaler stiger jordens vædske helt op til toppen af de højeste træer.

Hvorfor kan klatpapir ikke suge kviksølv op?

VARMELÆRE

Udvidelse ved opvarmning.

Sæt en prop i et reagensglas, stik et glasrør gennem proppen og hold reagensglasset med glasrørets ende under vand, således som billedet viser. Der bobler luft op gennem vandet, når vi opvarmer reagensglasset; når dette bagefter afkøles, går der vand ind i det. Luft udvider sig altså ved opvarmning og trækker sig sammen ved afkøling.

Lad os prøve, om vand udvider sig, når det opvarmes. Vi fylder en kogeflaske helt med vand og sætter en prop med glasrør i halsen. Lidt af vandet går op i glasrøret; ved at binde en tråd om røret kan vi mærke os, hvortil det står. Nu opvarmer vi flasken. Først synker vandet lidt; det kommer af, at flasken udvider sig, inden vandet er blevet varmt. Men når varmen har fået tid til at trænge ind i vandet, stiger dette et stykke op i glasrøret. Lad flasken stå og blive kold; vandet synker nu

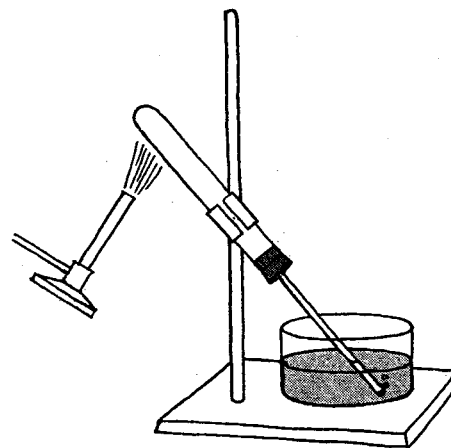


Fig. 57. Luften udvider sig ved opvarmning.

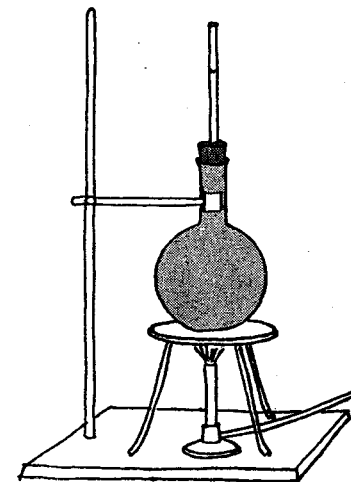


Fig. 58. Vandets udvidelse.

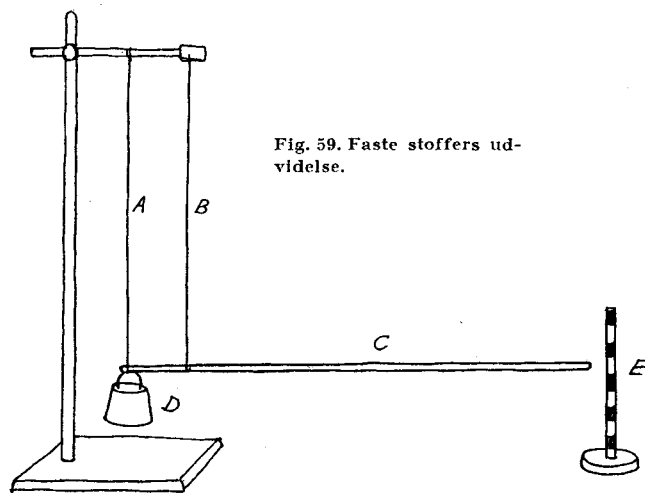


Fig. 59. Faste stoffers udvidelse.

igen. Vi må bruge kogt vand til dette forsøg, ellers samler der sig luft fra vandet oppe under proppen.

Vi må nu prøve, om faste ting kan udvide sig. På fig. 59 ser vi til venstre et stativ, hvorpå der er ophængt to kobbertråde A og B, som bærer en vandret jernstang C. Til tråden A er der endvidere fastgjort loddet D ($\frac{1}{2}$ kg). E er en lodret målestok.

Med en gas- eller spritflamme varmer vi tråden B op. På målestoken ser vi, at enden af jernstangen har bevæget sig nedad; tråden B må være blevet lidt længere. Sluk så flammen: viseren går nu atter tilbage til sin oprindelige stilling. Hvorfor får vi et stort udslag på målestokken, når A og B er anbragt tæt ved hinanden?

Faste stoffer udvider sig meget lidt; en jernstang, der ved 0° er 1 m lang, er ved 100° kun $1\frac{1}{4}$ mm længere.

Næsten alle stoffer udvider sig, når de opvarmes, og trækker sig igen sammen, når de afkøles. Faste stoffer udvider sig mindre end vædske og luft. En undtagelse fra denne regel er vand under 4° C; det udvider sig, når det afkøles. Vand, der er 4° varmt, udvider sig både, når det opvarmes, og når det afkøles; kun ved 4° er vandets vægtfylde nøjagtigt 1.

En jernbaneskinne kan om sommeren være nogle millimeter længere end om vinteren. Skinnerne ligger derfor ikke lige i forlængelse af

Fig. 60. Glasset knækker over ved bunden.

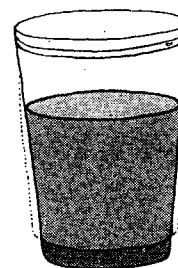
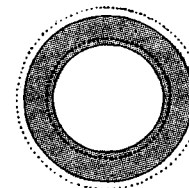


Fig. 61. Udvidelse af en glasing.



hinanden; der må være et lille mellemrum, for at de kan have plads til at udvide sig.

Når vi hælder varmt vand i et glas med tyk bund, bliver siderne hurtigere gennemvarmede end bunden og udvider sig hurtigere. På tegningen viser de punkterede linier, hvordan glassets sider udvider sig, når der kommer varmt vand i det. Vi kan se, at glasset let knækker omtrent nede ved bunden.

Hvorfor har reagensglas og kogeflasker meget tynde vægge?

Hvorfor springer glasset på en tændt lampe, når der sprøjter vand hen på det?

Tegningen forestiller en glasing. De punkterede linier viser inder-sidens og ydersidens stilling, når ringen bliver opvarmet. En glasprop, der sidder fast i en flaske, kan man få op ved at varme halsen lidt; hvorfor det? Hvorfor må man ikke varme halsen for længe, inden man prøver at vrikke proppen løs?

Termometret.

På tegningen (fig. 62) ser vi to termometre. Beholderne og et stykke af røret er fyldt med kviksølv, og røret er inddelt i lige store dele, der kaldes grader. Lad os se på det venstre termometer. Det sted på termometret, hvor der står 0, kaldes *frysepunktet*; det sted, hvor der står 100, kaldes *kogepunktet*.

Hvorfor stiger kviksølvet i termometret, når der bliver varmere i stuen?

Stik termometret ned i en kogeflaske med rent vand og varm vandet

op, til det koger. Læg mærke til, om kviksølvet standser ved kogepunktet (termometrets beholder må ikke stå på flaskens bund).

Stik termometret ned i is eller sne, der er ved at smelte; se efter, om kviksølvet standser ved frysepunktet.

Vi kan prøve, om kogepunkt og frysepunkt på et termometer er rigtigt afsat, ved at stikke det ned i kogende vand og i smeltende sne eller is. Kogende rent vand er 100° varmt, hvor stærkt det end koger. (Barometerstanden skal være 76 cm). Is og sne kan godt være under 0°, men ikke over; når isen og sneen smelter, har de nemlig temperaturen 0°.

Rummet oven over kviksølvet i et termometer er lufttomt; hvis der var luft, ville den blive stærkt sammenpresset, når kviksølvet stiger meget højt; det kunne da let hænde, at termometret blev sprængt.

Den første, som benyttede vandets frysepunkt og kogepunkt som faste punkter for termometerinddelingen, var danskeren Ole Rømer. Hans opfindelse blev glemt, og i lang tid troede man, at det var tyskeren Fahrenheit, der havde æren for opfindelsen.

Fahrenheit benyttede tre faste punkter. Ved vandets frysepunkt satte han 32°, mens han satte 212° ved kogepunktet. Afstanden mellem frysepunkt og kogepunkt blev altså delt i 180°. 0° satte han der, hvor kviksølvet standser, når termometret stikkes ned i en blanding af vand, salmiak og sne. En sådan blanding er meget kold og kaldes derfor en kuldeblanding; vi lærer senere mere om den. Fahrenheits termometer benyttes i England og U.S.A.

Den slags termometerinddeling, vi bruger her i landet, stammer fra svenskeren Celsius. Som vi har hørt det ovenfor, satte han 0° ved frysepunktet og 100° ved kogepunktet og delte afstanden i hundrede lige store dele. (I tidligere tid anvendte man her i Danmark en temperaturinddeling, som gik fra 0° til 80°).

Hvilke af de to termometre i fig. 62 har de længste grader? Hvordan har man fået afsat kuldegraderne på celsiustermometret? 18° kulde kaldes også $\div 18^\circ$. Find på tegningen hvor mange grader Fahrenheit, der svarer til 20° Celsius. Undertiden læser man i avisen, at temperaturen i Amerika har været mere end 100°. Hvordan kan det gå til? Hvorfor skal termometerrøret være snævert i sammenligning med beholderen?

I termometret er der tit vinånd (ren sprit) i stedet for kviksølv. Vinånd ligner vand; for bedre at kunne ses farves det rødt, blåt eller gult.

Fig. 62. Celsius- og Fahrenheit-termometret.

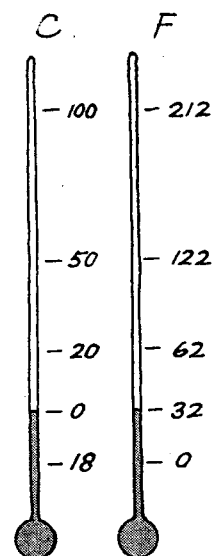
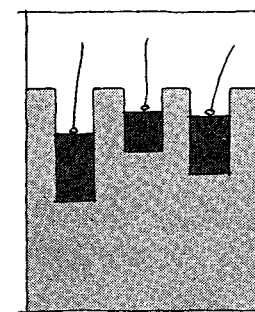


Fig. 63. Metalleres varmeyde.



Vinånd fryser meget vanskeligt; vinåndstermometre bruges derfor i lande langt mod nord, hvor der om vinteren tit er mere end 50 graders kulde. Kviksølvttermometret kan kun bruges til 39 graders kulde, da kviksølv fryser ved denne temperatur. Vinånd koger ved en temperatur, der er mindre end 100°. Hvordan har man så fået inddelingerne sat på?

I lægetermometret er termometerbeholderen en langstrakt cylinder; termometerrøret er meget tyndt, hvorfor der bliver stor afstand mellem inddelingerne, som f. eks. kan gå fra 35° til 43° celsius. Man kan aflæse tiendedele af grader på termometret. Kviksølvet fylder ikke beholderen fuldstændig ud, før temperaturen har nået ca. 34°, og først da begynder det at stige op i røret.

Røret er forneden forsynet med en indsnævring, som forhindrer kviksølvet i at løbe tilbage til beholderen, når termometret er benyttet. Skal det atter anvendes, tager man fat i den øverste ende af termometret og slår hånden hårdt mod knæet.

Har vi lige store vægtmængder af forskellige stoffer, indeholder de ikke lige meget varme, selv om de har samme temperatur. Dette kan vi vise på følgende måde: Et stykke glat træ er stillet skråt; ved hjælp af

træ- eller metallister har vi anbragt et stykke af en bitavle af voks sådan, at afstanden mellem træ og vokstavle er en halv cm (fig. 63).

Tre lodder af forskellige metaller, men med samme vægt, har været anbragt nogen tid i kogende vand, sådan at alle tre lodder er 100° varme. Nu tages lodderne, så vidt muligt samtidig, op af det kogende vand og hen, således at de hviler på vokspladen. Noget voks smelter, og lodderne synker nedad. Da de ikke synker lige langt, har de haft forskelligt varmeindhold, vi siger, de har forskellig *varmefylde*.

Hvis vi skal sammenligne varmefylden for vand og et metal, kan vi bære os ad på følgende måde: Et par små jernnøgler bindes sammen og sænkes ved hjælp af en snor ned i et bæger med kogende vand. Nøglerne er i forvejen vejjet; lad os sige, at de vejer 41 g. $41 \text{ cm}^3 (= 41 \text{ g})$ vand hældes i et reagensglas, og dette stilles også ned i kogende vand.

I to måleglas hældes 50 cm^3 vand ved samme temperatur. Ned i det ene måleglas sænkes nøglerne fra det kogende vand. Der røres rundt, og man aflæser den højeste temperatur. Dernæst hældes de 41 g kogende vand fra reagensglasset ned i det andet måleglas. Også nu rører vi rundt og måler den højeste temperatur.

Hvordan kan temperaturstigningen ved forsøgene vise os, om jern eller vand indeholder mest varme?

Lige store vægtmængder af forskellige stoffer indeholder ikke lige megen varme, selv om de har samme temperatur. Blandt alle flydende og faste stoffer er vandet det, der indeholder mest varme. Vand er derfor vanskeligt at opvarme og vanskeligt at afkøle.

Jorden modtager i årets løb en mængde varme fra solen. Om sommeren opvarmes havene ikke så stærkt som landjorden. Til gengæld afkøles de heller ikke så stærkt om vinteren. I de lande, der ligger ved havet, er der derfor kølige somre og milde vintre; det kaldes øklima. Inde i de store fastlande er der varme somre og kolde vintre; det kaldes fastlandsklima.

Varmens bevægelse.

Fyld et smalt reagensglas med varmt vand, stik et termometer ned deri og se efter, hvor længe termometret er om at synke f. eks. fra 50° til 30° . Vi gør samme forsøg en gang til, men har i forvejen viklet en tyk, ulden klud om reagensglasset og bundet den fast med sejl garn, så at

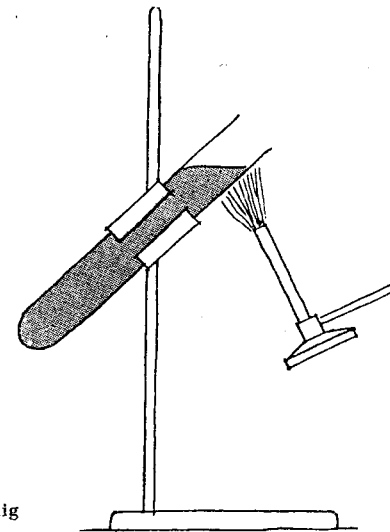


Fig. 64. Vand er en dårlig varmeleder.

den slutter tæt; denne gang synker temperaturen langsommere fra 50° til 30° .

Svøber vi en ulden klud om et reagensglas og hælder vand i, der har samme temperatur som stuen, bliver vandet ikke varmere.

Disse forsøg viser os, at *tøj holder på varmen, men det kan ikke varme en ting op; det kaldes en dårlig varmeleder.*

Forklar, hvad nytte klæderne gør.

Tag fat i den ene ende af et søm og stik den anden ende ind i en gasflamme. Sømmet bliver snart så varmt, at vi ikke kan holde på det. Gør samme forsøg med en træpind, der omtrent er lige så lang og tyk som sømmet; den brænder vi os ikke på. Varmen går altså let fra flammen gennem sømmet til hånden, men den går ikke gennem træ; *jern er en god, træ er en dårlig varmeleder.*

Prøv også med papir, kobbertråd eller et stykke glas. Papiret leder dårligere, kobbertråden bedre end glasset.

Lad os også prøve med vand. Vi fylder et reagensglas (fig. 64) med vand og opvarmer den øverste ende af reagensglasset. Vandet her kommer i kog og kan koge længe, uden at temperaturen af vandet i bunden stiger ret meget; *vandet må være en dårlig varmeleder.*

Alle metaller er gode varmeledere, særlig sølv og kobber. Andre ting

leder ikke nær så godt. De dårligste ledere er træ, papir, luft og ting, der indeholder meget luft, f. eks. fjer, halm, hø og uldtøj.

Ville det være rart at bo i et jernhus om vinteren?

Hvorfor er der træhanke på kaffekander?

Hvorfor er jern koldere at føle på end træ?

Når maden er kommet i kog, sætter man den tit ned i en kasse, der er foret mod hø eller papir; hvorfor gør man det?

Folk vikler om vinteren halm om posten, for at vandet i pumperøret ikke skal fryse. Halmen opvarmer ikke posten, men den forhindrer den varme, der er inde i posten, i at gå bort. Varmen inde i posten kommer nede fra brønden; i en nogenlunde dyb brønd er vandet selv i en kold vinter over frysepunktet, da frosten kun trænger nogle få meter ned i jorden.

Luften er en dårlig varmeleder; jo mere den fortyndes, des dårligere leder den. Termoflasken er en dobbelt flaske, og luften mellem de to flasker er stærkt fortyndet. Derfor kan termoflasken anvendes både til at holde varm kaffe varm og til at holde koldt vand koldt.

Strømme i vand og luft.

Før opvarmede vi det øverste af vandet i et reagensglas (fig. 64); vi så, at varmen meget langsomt lededes ned til bunden. Lad os opvarme vand fra neden og se, hvordan det så går.

Vi fylder et glastrør som det, der er vist i fig. 65, med vand; derefter gør vi det fast i et stativ og lægger et par korn fuchsin i foroven. Opvarmer vi nu forsigtigt røret i det ene hjørne med en sprit- eller gasflamme, kan vi se, at det varme vand stiger til vejrs, medens det kolde vand i den anden gren af røret bevæger sig nedad.

Når en gryde vand står over ilden, får vandet ved bunden varme fra ilden og stiger til vejrs, mens det kolde vand søger ned til bunden og bliver opvarmet.

Hvorfor fremkom der ikke strømme i vandet ved forsøget fig. 64?

Når luften bliver opvarmet, udvider den sig, og dens vægtfylde bliver mindre. *Opvarmet luft stiger altså til vejrs.* Hold hånden et stykke over og under en tændt lampe; hvorfor er der varmest over lampen?

Sæt et lampeglas på to træklodser og tænd et stearinlys inde under lampeglasset, således som tegningen viser. Blæs tobaksrøg hen mellem

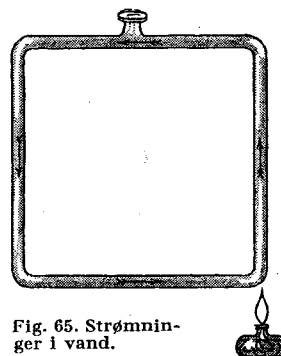
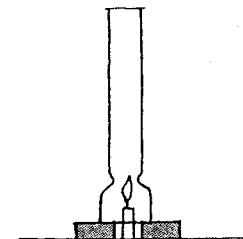


Fig. 65. Strømnin-ger i vand.

Fig. 66. Der er træk i et opvarmet rør.



klodserne og læg mærke til, hvor hurtigt den hvirvler op gennem glasset. Hold en brændende tændstik hen ved glassets nederste rand; vi ser, at flammen bøjer sig indad. *Der er træk i et opvarmet rør; den varme luft går ovenud af røret, og frisk luft suges ind forneden.*

Se, hvordan det går med lyset, når vi lukker for lampeglassets øverste ende, eller når vi sætter lampeglasset helt ned på bordet. Lyset går snart ud.

Stil et tændt lys under klokken på luftpumpen; lyset går snart ud, selv om vi ikke pumper. Pumper vi luften ud af klokken, slukkes det hurtigt.

For at en ting kan brænde, må der ikke alene være luft om flammen, men der må stadig komme frisk luft til.

Hvorfor går ilden ud, når ventilerne i kakkelovnen er helt lukkede? Forklar, hvad nytte skorstenen gør.

Den luft, som går ind i kakkelovnen, kommer fra stuen. Luften her ville snart være opbrugt, hvis der ikke strømede ny luft ind gennem sprækker i vinduer og døre. Man kan mærke, at det trækker der. Om vinteren, når man fyrer i kakkelovnen, trækker det mere end om sommeren.

Luften er en dårlig varmeleder. Når der er ild i kakkelovnen, føres varmen rundt i stuen af strømme i luften. Luften lige om kakkelovnen opvarmes, stiger til vejrs og samler sig under loftet. Når den bliver afkølet, synker den lavere ned. Den kolde luft ved gulvet strømmer hen til kakkelovnen, opvarmes, går til vejrs op under loftet, og sådan bliver det ved. Da den varme luft under loftet afkøles mest ved yder-væggene, er der her de stærkeste nedadgående luftstrømme. Lægger

man røgelse på kakkelovnen, lugter man den først henne ved vinduerne. Når en petroleumslampe oser, går den varme os op under loftet og føres med luftstrømmene. Den, der sidder ved vinduet, mærker lampe-osen før den, der sidder lige ved lampen.

Luk døren på klem til et koldt værelse og hold et tændt stearinlys i dørsprækken. Foroven, hvor den lette, varme luft strømmer ud og går op under loftet i den kolde stue, blæser flammen udad. Forneden, hvor den kolde, tunge luft strømmer ind og erstatter den, der er strømmet ud foroven, blæser flammen den modsatte vej; midt i dørsprækken står den omtrent lige. På samme måde går det ved vinduessprækkerne. Vi ser, at disse luftstrømme forøger trækken ved den nederste del af vinduet og formindsker den foroven. (I stedet for stearinlyset kunne vi have benyttet en legetøjsballon i snor).

Vi har før lært, at havets temperatur ikke forandrer sig så let som landjordens. På stille sommerdage bliver luften ikke opvarmet så meget over havet som over land. Den kolde søluft strømmer nede ved jordens overflade ind over land, ligesom luften fra det kolde værelse strømmer ind i det varme nede ved gulvet.

Her ser vi grunden til, at der i stille vejr er pålandsvind. I de højere luftlag strømmer den varme luft ud over havet.

Om natten afkøles landet mere end havet; hvilken vej blæser vinden nu, og hvorfor er der vindstille morgen og aften?

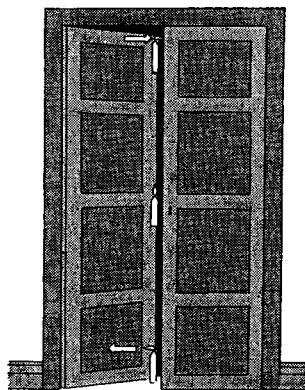
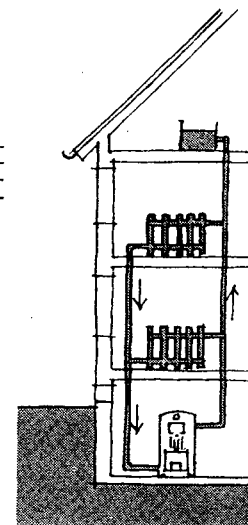


Fig. 67. Luftstrømme i en dørsprække.

Fig. 68. Centralvarmeanlægget. I kælderen befinder kedlen sig, medens den åbne beholder, ekspansionsbeholderen, ses på loftet.



Centralopvarmning.

I stedet for at have en kakkelovn i hvert værelse kan man fyre i en stor ovn i kælderen og lede varmen herfra rundt i huset. Værelserne kan opvarmes ved varmt vand, damp eller varm luft.

I første tilfælde findes der i kælderen en kedel, hvorfra der går rør med varmt vand op gennem de forskellige værelseres radiatorer (hule varmeapparater af jern) og tilbage igen. Dersom hele anlægget var lukket, kunne man risikere, at det sprængtes på grund af vandets udvidelse ved opvarmning. Rørsystemet er derfor i forbindelse med en varmeisoleret åben beholder på loftet, og vandet når et stykke op i den.

I biografer, teatre og andre steder, hvor der opholder sig mange mennesker, sker opvarmningen og luftfornyelsen hyppigt ved hjælp af rensat varm luft. Ved opvarmning med fjernvarme sendes der fra en fabriksvirksomhed varmt vand eller vanddamp gennem isolerede rør under gaden. Fra rørene føres der så siderør op gennem husenes radiatorer.

Opløsning og smeltning.

Opløs henved 50 g salmiak i 100 g koldt vand, rør rundt med termometret og se, hvordan det stiller sig. Vi ser, at der forsvinder varme, og at vandet ikke fryser, skønt det får en temperatur, der er flere grader under frysepunktet.

Vi kan frembringe større kulde ved at blande salmiak og sne eller hellere salt og sne. Efterhånden smelter sneen, og saltet opløses. Temperaturen synker, fordi der forsvinder varme ved smeltningen og opløsningen; hvis vi tager rigeligt med salt, går den en snes grader under frysepunktet. Blandingen kaldes en *kuldeblanding*.

Hvad nytte gør det at strø salt på sporvognsskinnerne i snevejr?

Da vi lærte om termometret, så vi, at is og sne er 0° , så længe smeltningen står på.

Har vi et glas med is eller sne, der er 0° varm, stående i stuen, går der stadig varme fra stuen over i sneen, men dennes temperatur stiger alligevel ikke. *Der må altså forsvinde varme under smeltningen.*

Hæld lidt vand i et reagensglas, sæt det ned i en kuldeblanding og rør rundt i vandet med et termometer. Vi ser, at vandet stadig er 0° , mens det størkner. Skønt der går varme fra vandet over i kuldeblandingen, synker vandets temperatur ikke under størkningen. *Der må altså under størkningen opstå varme i vandet. Den varme, der forsvinder, når is smelter, kommer frem igen, når vandet størkner.*

Når vandet i en sø begynder at fryse, opstår der varme. Vandet kan derfor længe vedblive at være 0° , selv om luften er langt koldere. Om foråret, når isen smelter, forsvinder der varme; vandets temperatur kan derfor længe holde sig ved 0° , skønt luften er langt varmere.

På samme måde som det går med is og vand, går det med alle stoffer, der smelter. Opvarmes f. eks. tin til 230° , begynder det at smelte; først når tinnet er smeltet, stiger temperaturen igen. Afkøles smeltet tin, synker temperaturen til 230° og bliver ved med at være 230° , til tinnet er helt størknet; så begynder først temperaturen igen at synke.

Hæld lidt saltvand i et reagensglas, stik det ned i en kuldeblanding

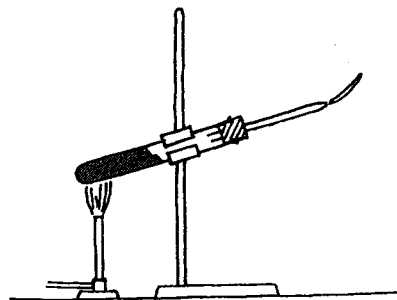


Fig. 69. Opvarmning af savsmuld.

og rør rundt med termometret; saltvand fryser ikke ved 0° . Jo mere salt vandet indeholder, jo vanskeligere fryser det. En mættet saltopløsning (en opløsning, der indeholder så meget salt som muligt) fryser først ved 21 graders kulde. *Havvand fryser ved $\frac{1}{2}$ —2 graders kulde.*

Tabel over nogle smeltepunkter:

Platin	1800°
Jern og stål	1100—1600°
Kobber, guld og sølv	1000°
Bly	330°
Tin	230°
Stearin	60°
Is	0°
Kviksølv	$\div 39^{\circ}$

Nogle ting bliver bløde, før de smelter, f. eks. voks og glas. Det benytter vi os af, når vi bøjer et glasrør; vi holder det sted af røret, hvor bøjningen skal være, i en gasflamme og drejer røret langsomt rundt i flammen; efter kort tids forløb er glasset blevet så blødt, at vi kan bøje det. Andre ting bliver ved at være hårde, lige til de begynder at smelte, f. eks. is.

Når is bliver til vand, bliver rumfanget mindre. Men når rumfanget bliver mindre, bliver vægtfylden større; vi kan nu forstå, at vand har større vægtfylde end is.

Det er ikke alle stoffer, der kan smelte. Fyld et reagensglas halvt med tørt savsmuld, sæt en prop i og stik et glasrør gennem proppen. Varm savsmuldet op og hold en brændende tændstik til glasrørets åbning. Vi ser, at *træ kan ikke smelte. Når det opvarmes, dannes der brændbare luftarter, og en fast rest, der bliver tilbage i reagensglasset; det er trækul.* På samme måde går det med papir, stenkul, tøj og flere andre ting.

Fordampning og fortætning.

Hæld æter eller sprit på hånden; den bliver kold. Bind et stykke tøj om en termometerbeholder, hæld æter på tøjet og læg mærke til, hvor stærkt kviksølvet synker. I disse forsøg forsvinder æteren; den er bleven til usynlige æterdampe, som vi kan lugte.

Fig. 71. Afkøling ved fordampning.

Fig. 70. Skålen fryser fast.

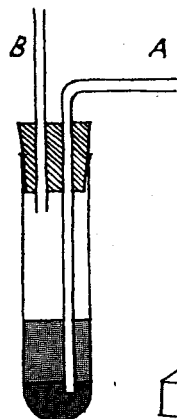
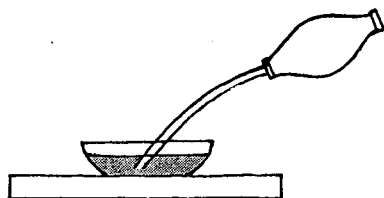
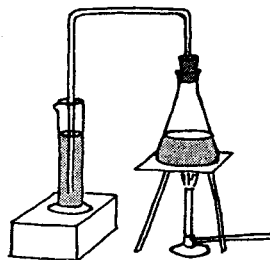


Fig. 72. Ved fortætning opstår varme.



Anbring et par dråber vand på et stykke træ og stil ovenover en jernskål med noget æter. Apparaterne har vi stillet i vindueskarmen ved det åbne vindue for at blive fri for alt for megen æterdamp.

Nu blæser vi i nogen tid luft gennem æteren; vi anvender en gummi-blæser med ventil. Æteren kommer i berøring med meget luft og fordampes derfor stærkt. Til sidst kan vi løfte op i jernskålen, og træstykket følger med. Vanddråberne mellem skål og træplade er frosset til is.

Forsøget kan også udføres på følgende måde (fig. 71): gennem gummi-proppen i det store reagensglas er ført glastrørene A og B. Forneden i reagensglasset har vi lidt vand og noget æter, der flyder ovenpå. Røret A skal gå helt ned i vandet.

Røret A forbindes nu med gashanen, og man leder gas gennem de to vædske. Op gennem B vil der altså gå en blanding af æterdampe og gas. Blandingen tændes ved rørets munding og brænder med en høj og pragtfuld flamme. Efter kort tids forløb ser man, at der sætter sig dug på glasset, og til sidst fryser vandet til små isklumper, som sprøjter op på glassets inderside. I dette øjeblik slukker man for gassen, og flammen går ud*).

Alle vædske fordamper. Ved fordampning forsvinder der varme. Æter og sprit fordamper lettere end vand, æter lettest.

*) Reagensglasset kan være 3 cm bredt, og man kan tage ca. 3 gange så meget æter som vand. Hvis man blot sørger for, at gasslangen slutter tæt for reagensglasset, er forsøget fuldstændig ufarligt.

Faste ting kan også fordampe. Man kan lugte et stykke kamfer. Tøj kan tørre i frostvejr; is kan altså fordampe.

Hæld vand i en kogeflaske og mål dampens temperatur, når vandet koger; den er 100° . Sæt en prop i flasken, stik den ene ende af et bøjet glastrør gennem proppen og den anden ende langt ned i et måleglas med koldt vand, således som billedet viser; i måleglasset kan der f. eks. være 70 cm^3 vand, der er 16° varmt. Når dampene kommer over i det kolde vand, fortættes de igen til vand, og vi afbryder forsøget, når vandet i måleglasset f. eks. er steget 10 cm^3 ; samtidig er temperaturen steget til omtrent 90° . Hvor mange gram vanddamp à 100° er blevet fortættet til vand?

Hæld vandet ud af måleglasset og kom igen 70 cm^3 vand à 16° i det. Hæld så 10 cm^3 kogende vand i glasset og rør rundt med termometret; det stiger omtrent til 25° .

Vi ser, at 10 gram damp à 100° opvarmer vandet i måleglasset meget mere end 10 gram vand à 100° .

Dampe fortættes ved afkøling. Når dampe fortættes, opstår der varme. Den varme, der forsvinder, når en vædske fordamper, kommer frem igen, når dampen fortættes.

Kom lidt æter på bunden af et reagensglas og drej reagensglasset rundt mellem fingrene. Efter kort tids forløb er æteren fordampet.

Gør forsøget om igen, men sæt en prop i reagensglasset: denne gang forsvinder æteren ikke.

Når der er prop i reagensglasset, kan æterdampene ikke slippe ud. Luften derinde har snart optaget så mange æterdampe, at den ikke kan optage flere; man siger, at den er *mættet* med æterdampe. Dampene kaldes selv *mættede dampe*. *En vædske hører op med at fordampe, når rummet over den er mættet med dampe fra vædsken.*

Når vi skal drikke noget varmt, blæser vi på det. Det er den mættede luft, vi blæser bort, så at den varme vædske kommer til at fordampe stærkt og bliver kold. Vi kan se, at den fordamper stærkere, når vi blæser.

Hvorfor har gryder låg?

Hvorfor bliver en fugtig vej hurtigere tør, når det blæser stærkt, end når det er stille vejr?

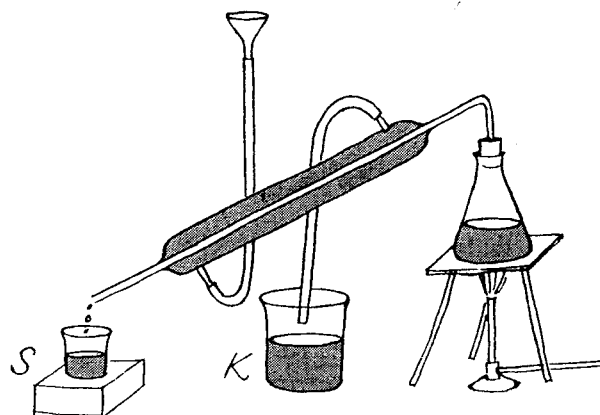


Fig. 73. Destillationsapparatet.

Destillation.

Hæld lidt vand i et rent reagensglas og kog vandet bort; vi kan se på glasset, at vandet ikke var rent.

Vi skal nu se, hvordan vi kan rense vand for faste stoffer. Tegningen viser os, hvordan et *destillationsapparat* ser ud. I kolben kommer vi saltvand. Gennem proppen sætter vi et glasrør; det er bøjet skråt nedad og udmunder over skålen S. Uden om glasrøret er der et bredt rør, som kaldes *svalerøret*. Gennem tragten foroven hældes der koldt vand gennem svalerøret ned i karret K. Når kolben opvarmes, fordampes vandet, men dampen fortættes igen, når den går gennem det kolde svalerør og vandet løber ud i skålen S.

Når alt vandet er fordampet, er saltet tilbage i kolben, og vandet i skålen smager ikke salt.

Når vand, der indeholder faste stoffer, fordampes, bliver de faste stoffer tilbage. Fortættes dampene, får vi rent vand; det kaldes *destilleret vand*.

Kølemaskinen.

I to reagensglas hældes lidt æter, ca. $\frac{1}{2}$ cm³ i hvert. Det ene stilles til side; i det andet sættes en prop og et glasrør, der fører hen til en anden prop (fig. 74, højre figur). Proppen sættes over hullet på luftpumpens tallerken; når der pumpes, suges proppen fast, og æteren fordampes. (Evt. smøres proppens underside med fedt). Benyttes vandluft-

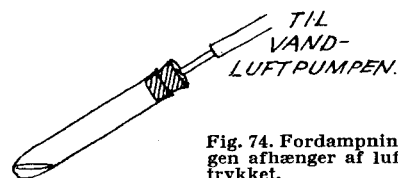


Fig. 74. Fordampningen afhænger af lufttrykket.

pumpe, er opstillingen som fig. 74, venstre figur. Resultatet af forsøget er, at jo mindre trykket er på overfladen af en vædske, desto hurtigere fordampes den.

I *kølemaskiner* er der en lukket beholder, som f. eks. kan indeholde æter. Over æterens overflade er der æterdampe, som pumpes bort af en luftpumpe, der stadig er i gang. Æteren fordampes stærkt og afkøler omgivelserne.

De bortpumpede æterdampe ledes gennem rør, der er omgivet af koldt vand. Derved fortættes de til æter, som igen kan bruges i kølemaskinen. I stedet for æter bruges i reglen andre vædske, f. eks. flydende ammoniak.

På fig. 75 ser vi en kølemaskine. Den flydende ammoniak findes i spiralrøret i beholderen A, som er fyldt med mættet saltvand (frysepunkt $\div 21^\circ$). Dampene over vædsken i røret pumpes bort, derved fordampes vædsken livligt og afkøler saltvandet i beholderen under

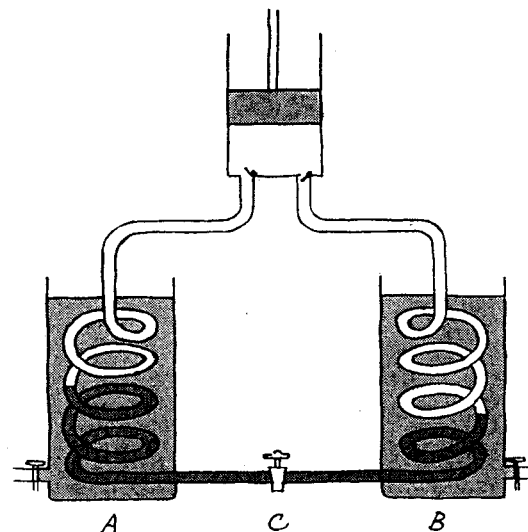


Fig. 75. Kølemaskinen.

0°. Det kolde saltvand ledes gennem rør til det rum, der skal afkøles eller benyttes til fabrikation af kunstig is, idet forme, der er fyldt med rent vand, hænges ned i det kolde saltvand. De dampe, der pumpes væk fra røret i A, pumpes over og fortættes i den anden beholder B, der afkøles med koldt vand. Ved hjælp af hanen C kan den fortættede ammoniak atter føres over i spiralrøret i A og bruges igen.

I de skibe, der sejler med smør og kød til udlandet eller med bananer her til landet, er der kølemaskiner, som afkøler luften i et rum i skibet. Den kolde luft føres gennem rør til lastrummene og holder temperaturen der så lav, at fødemidlerne ikke fordærves.

Vanddampe i luften.

Have og søer fordamper. Luften indeholder derfor vanddampe; de er usynlige. Den hvide tåge, vi ser, når et lokomotiv fløjter og en gryde koger, er ikke vanddampe; det er meget små vanddråber, som fremkommer ved, at noget af dampen fortættes.

Luften indeholder ikke altid lige mange vanddampe. Er den meget fugtig, fortættes de ved en ringe afkøling; er den meget tør, skal der stor afkøling til. *Den temperatur, som luften skal afkøles til for at være mættet med de vanddampe, den indeholder, kaldes dugpunktet.*

Når vi henter en karaffel vand ind fra posten, hænder det tit, at der sætter sig *dug* på den. Er vandet f. eks. 6° varmt og stuens dugpunkt 8°, afkøles luften lige om karaffen under dugpunktet: vanddampene fortættes og sætter sig på karaffen. Hvor varmt skal vandet være, for at der ikke skal sætte sig *dug* på den? Hvorfor sætter der sig *dug* på ruderne? Sidder den indvendig eller udvendig?

Om aftenen afkøles jordskorpen og de nederste luftlag let under dugpunktet; der sætter sig så *dug* på græs og træer. Over søer og enge, hvor luften er mest fugtig, danner der sig hvide tåger. Afkøles duggen under frysepunktet, bliver den til *rim*.

Skyerne er tåger, der dannes ved vanddampenes fortætning i den koldere luft højere oppe. Temperaturen bliver nemlig lavere oppefter. De fine, hvide skyer, som tit ses højt oppe, når himlen ikke er overtrukket, består af små isnåle. De kan være henved 15 km over jorden; ellers er skyerne meget længere nede. I stærk tåge når de helt ned til jorden.

På varme sommerdage bliver jorden stærkt opvarmet, og luften oven-

over bliver ligeledes varm og stiger til vejrs. Højere oppe i jordens atmosfære er lufttrykket lille, så de opstigende luftmasser udvider sig. Når luft udvider sig, sker der en afkøling. I en bestemt højde over jordoverfladen er temperaturen så lav, at dugpunktet bliver nået, og der vil dannes ganske fine vanddråber. Deres diameter er kun omkring en hundrededel af en millimeter, og da dråberne er så små, kan de holde sig svævende og danne en sky af den slags, man kalder klodeskyer. I skyen optræder der kraftige luftstrømninger, og det forklarer skyens uregelmæssige former opadtil; forneden er skyen derimod næsten plan.

Hvis vanddråberne skal kunne falde ned og nå jorden som regn, må de have en diameter på ca. 0,05 mm. Denne størrelse kan de opnå ad en omvej, idet der først dannes iskrystaller. Klodeskyen når meget højt op i luften, og et stykke oppe i skyen er temperaturen sunket ned under frysepunktet.

Alligevel omdannes vanddråberne ikke til iskrystaller; man siger at vanddråberne er underafkølet. Hvis skyen når op i en sådan højde, at temperaturen er omkring $\div 10^\circ$, begynder der at dannes iskrystaller. Har toppen af skyen en temperatur, der er mindre end $\div 12^\circ$, vil iskrystallerne trække så meget fugtighed til sig fra de underafkølede vanddråber, at de opnår en sådan størrelse, at de begynder at falde. Hvis iskrystallerne smelter, omdannes de til store regndråber; i modsat fald får vi hagl.

Særlig i Amerika og Australien har man lavet forsøg med kunstig regn. I disse lande er det af vigtighed, at regnen ikke falder i ørkener, men i de dyrkede områder. Svæver der nu over et sådant sted en sky, hvis top har en temperatur på omkring $\div 10^\circ$, er der ikke så koldt i skyen, at der dannes tilstrækkelig mange iskrystaller, til at regn- eller haglvejret kan starte. Dette sker jo først, når temperaturen er mindre end $\div 12^\circ$.

Man kan da fra en flyvemaskine, som svæver over skyen, kaste nogle kilo tåris (kulsyresne) ud i toppen af skyen. Tåris har en temperatur på omkring $\div 80^\circ$, og man opnår så, at skyens top bliver koldere end $\div 12^\circ$. Det er så muligt, at det bliver regnvejr nogle minutter efter, at tårisen er udkastet.

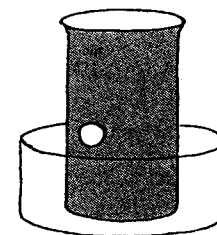


Fig. 76. Apparat til efterligning af forsøgene med kunstig regn.

Man kan efterligne disse forsøg i en mindre målestok: Et højt bægerglas er sværet mattsomt indvendigt, idet man dog har ladet et lille rundt vindue være tilbage. Bægerglasset er limet fast til en glasskål*).

I glasskålen kommes en blanding af tøris og paraffinolie. Man sender stærkt lys ind gennem vinduet i bægerglasset, hvorefter man ånder ned i glasset. Herved iagttages en tåge af ganske fine vanddråber. Nu tager man en smule tøris og lader det falde ned i bægerglasset (brug handsker!). Et øjeblik efter ser man iskrystaller glimte nede i lyset i bægerglasset. Bægerglasset kan gnides af indvendig med en vattot med glycerin, og forsøget kan gentages et stort antal gange.

Man har benyttet sig af flere andre metoder til at frembringe kunstig regn. Resultaterne er ikke så store, som man oprindelig ventede. Dette skyldes, at der ikke er så mange skyer af den rigtige slags: toppen skal være varmere end $\div 12^\circ$, men samtidig koldere end $\div 10^\circ$; ellers kan man ikke frembringe regn.

Mættede dampes tryk.

Hold et barometerrør med åbningen opad; hæld kviksølv i, til det står nogle få millimeter fra randen, og fyld resten af røret med vand. Sæt fingeren over åbningen, vend røret om og stik åbningen ned under overfladen af kviksølvet i en skål.

Mens vi vender røret, stiger vandet op gennem kviksølvet; forklar hvorfor. Når vi har sat røret ned i kviksølvskaalen og taget fingeren bort, fyldes rummet over kviksølvet med mættede vanddampe.

Mål, hvor højt kviksølvet står i røret. Det står lavere end det ellers plejer i et barometerrør. Hvad er det, der trykker kviksølvet ned?

Varm den øverste ende af røret med en flamme; kviksølvet stiller sig endnu lavere end før.

Vanddampe trykker på de ting, de rører ved; jo varmere vanddampe er, desto mere trykker de.

Gør samme forsøg med æter og sprit. Vi ser, at æterdampe og spritdampe trykker stærkere end vanddampe, der er lige så varme.

Hvis vi opvarmer vanddampene i barometerrøret til 100° , stiller kviksølvet i røret sig i højde med kviksølvet i skålen. Vi har tidligere lært, at kviksølvet også ville stå lige så højt i røret som udenfor, hvis røret indeholdt luft og var åbent foroven. Vi ser altså, at *mættede vanddampe, der er 100° varme, trykker lige så meget som luften.*

*) Bægerglasset er f. eks. 20 cm højt og 10 cm i diameter. Glasskålen: 8 cm høj og 15 cm i diameter.

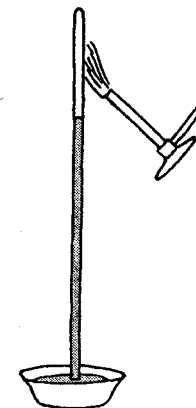


Fig. 77. Mættede dampes tryk.

Mættede vanddampe, der er over 100° , trykker mere end luften; er de 121° varme, trykker de dobbelt så stærkt. Trykker vanddampe lige så stærkt som luften, siger man, at de har 1 atmosfæres tryk, trykker de dobbelt så stærkt, har de 2 atmosfæres tryk o. s. v.

I disse forsøg må vi sørge for, at der ligger lidt ufordampet vædske oven på kviksølvet; ellers kan vi ikke være sikre på, at dampene er mættede. Hvordan kunne vi ved hjælp af barometerrøret prøve, om trykket af dampe, der ikke er mættede, også vokser med temperaturen?

Kogning.

Vi har tit set vand koge. Lad os engang prøve, hvordan det går med vandets temperatur, mens vi opvarmer det. Kom vand i en kogeflaske, stik et termometer ned deri og sæt en gaslampe under. Når flammen stadig brænder lige højt, går der i hvert minut lige meget varme over i vandet. Lad os prøve, om temperaturen hele tiden er lige længe om at stige 10° .

Vi ser, at det ikke passer helt. Den er f. eks. lidt længere om at stige fra 80° til 90° end fra 30° til 40° . Det kommer af, at flasken afgiver mest varme til omgivelserne, når den er varm.

Hvordan går det med vandets og dampens temperatur under kogningen?

Mens vandet koger, tilføres der stadig varme, uden at temperaturen stiger. Har vi før lært noget om, at varme kan forsvinde? Kan du huske et forsøg, hvorved vi har vist, at vi kan få den frem igen?

Når en vædske koger, foregår fordampningen ikke alene fra overfladen, men også ved karrets sider og bund. Skønt der stadig tilføres varme, forandrer vædskens temperatur sig ikke. Den varme, som fra

ilden går over i vædsken, forsvinder på grund af den voldsomme fordampning. Vi kan få den frem igen, hvis vi fortætter dampene.

Vand koger ved 100° , sprit ved 79° , æter ved 35° , kviksølv ved 358° .

Vi vil nu forklare, hvorfor vand ikke kan koge under almindeligt lufttryk, hvis dets temperatur er under 100° . Når vand koger, skal der danne sig dampbobler inde i vandet. Dampen må kunne skyde vandet til side og lave sig et lille hul, som den kan være i; det er dette dampfyldte hul, vi kalder en dampboble.

Udefra er der på dampboblens vægge et tryk, der er lidt over 1 atmosfære. Hvad er det, der frembringer dette tryk?

Når dampen skal skaffe sig plads og danne dampboblen, må dens tryk udad være lidt større end trykket udefra. Men hvad ved vi om tryk af damp, der er under 100° ? Kan der så dannes dampbobler i vandet, når det er under 100° ?

Vand under 100° kan ikke koge ved almindeligt lufttryk, fordi der ikke kan danne sig dampbobler nede i vandet ved lavere temperaturer.

Kogning ved lavt og højt tryk.

Bring vandet i en kogekolbe i kog og lad det koge nogen tid. Vanddampene river da al luften med sig ud af kolben. Sæt en prop i og vend kolben om. Oven over vandet er der nu kun vanddampe. For at være sikker på, at der ingen luft slipper ind ved proppen, stikker vi den ned i en skål med vand, således som tegningen viser.

Vi hælder nu koldt vand på kolbens bund for at afkøle dampene. Deres tryk bliver mindre end før, og vi ser, at vandet i kolben igen giver sig til at koge.

Vend nu kolben med proppen opad, tag proppen ud og mål vandets temperatur. Vi ser, at vandet har kogt, skønt dets temperatur var langt under 100° .

Forklar, hvorfor der i dette forsøg kan danne sig dampbobler inde i vandet, skønt temperaturen er under 100° .

Jo mindre trykkel er på en vædskes overflade, desto lavere ligger kogepunktet.

Når trykket på vandets overflade er over 1 atmosfære, koger det først, når det bliver mere end 100° varmt. Er trykket på overfladen f.

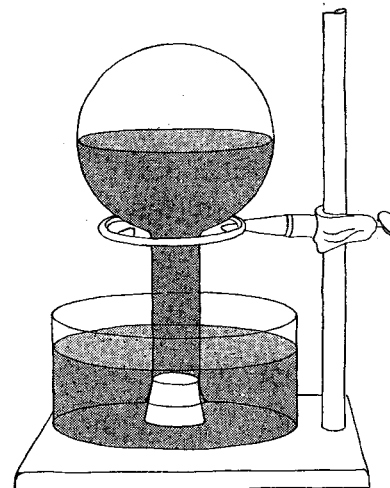
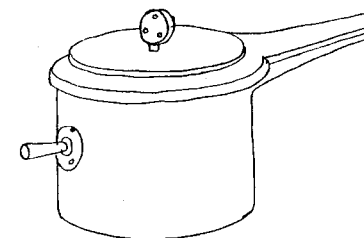


Fig. 78. Kogning ved lavt tryk.

Fig. 79. Trykkoger. Sikkerhedsventilen ses foroven. Den tap, som stikker ud fra venstre side af gryden, er et hjælpehåndtag.



eks. 2 atmosfærer, koger vand ved 121° . Er det 3 atmosfærer, koger det ved 134° .

Forklar, hvorfor vandet først koger ved 121° , når trykket på overfladen er 2 atmosfærer.

Trykkogeren er en gryde med et helt tætsluttende låg. Når man varmer op under gryden, vil noget af vandet i den fordampe, og trykket stiger. For at forhindre en eksplosion, er der på grydens låg anbragt en sikkerhedsventil, som åbner sig, når trykket bliver over 2 atmosfærer. Ved dette tryk er kogepunktet for rent vand jo 121° . Ved det store tryk og den høje temperatur sprænges cellerne i kød og grøntsager hurtigere end i en normal gryde, og man sparer derfor både tid og gas ved at anvende trykkogeren.

Vi har lært, at lufttrykket ved jordens overflade forandrer sig; vandets kogepunkt må altså også forandre sig lidt. Det er kun, når barometerstanden er 76 cm, at vandets kogepunkt nøjagtig er 100° .

Hvordan må det gå med vandets kogepunkt oppe på bjergene?

Leidenfrost's forsøg.

Vi opvarmer en ren metalplade stærkt og lader en vanddråbe falde ned på den; den holder sig meget længe, skønt pladens temperatur er flere hundrede grader. Den del af dråben, som støder op til pladen, fordam-

per; der findes altså et damplag mellem pladen og dråben. Damp er en dårlig varmeleder, så at dråben ikke modtager synderlig varme fra pladen.

Fra den varme luft modtager den lidt varme og fordampet efterhånden. Ved fordampningen forsvinder der så megen varme, at dråbens temperatur holder sig under kogepunktet.

Når man slukker for gassen, synker pladens temperatur, og damp-laget mellem dråbe og plade bliver tyndere. Ved en bestemt temperatur rører dråben ved pladen, og dråben vil under stærk sprutten koge bort i løbet af et par sekunder.

Dampmaskinen.

Til venstre på tegningen ser vi *dampkedlen*; den er godt halv fuld af vand. Oven på den sidder *sikkerhedsventilen*; det er en prop, som af spiralfjederen trykkes fast ned i et hul i kedlens overdel. Lad os antage, at spiralfjederen er så stærk, at sikkerhedsventilen først åbner sig, når trykket i kedlen er 10 atmosfærer (d. v. s. 10 kg på 1 cm²). Fra kedlen udgår damprøret; hanen *H* tænker vi os foreløbig lukket.

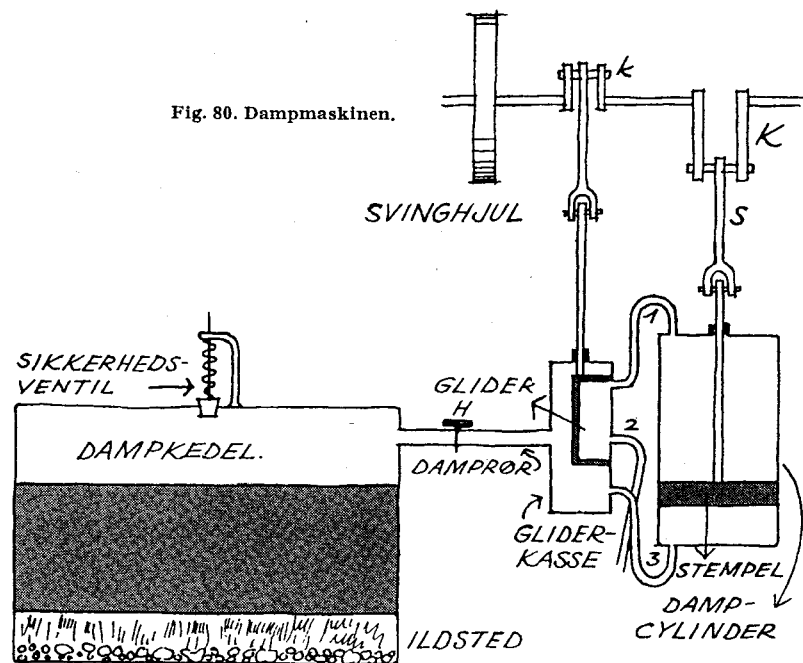
Fyres der under kedlen, fordampet vandet, men dampene kan ikke slippe bort, og trykket i kedlen vokser efterhånden til 10 atmosfærer; større kan det ikke blive, da sikkerhedsventilen i så fald åbner sig, og der slipper damp ud. Vandet koger ikke, når det bliver 100° varmt, men først ved en meget højere temperatur på grund af det store tryk.

Til højre på tegningen (fig. 80) ser vi selve maskinen. Den består af *gliderkassen*, hvorfra der udgår tre rør, som på tegningen har numrene 1, 2 og 3. 1 og 3 fører over til *dampcylinderen*, hvor et *stempel* kan glide op og ned; 2 udmunder i luften. I gliderkassen er der en skål, der kaldes *glideren*; den sidder på en stang og dækker over det midterste rør (2) og et af de andre.

Åbner vi nu hanen *H*, strømmet dampen fra kedlen gennem damp-røret ind i gliderkassen, derfra gennem røret 3 ind under stemplet og trykker stemplet op. Den luft, der er over stemplet, presses gennem røret 1, gliderskålen og røret 2 ud i luften.

Mens stemplet går op, skydes glideren ned; når stemplet er i sin øverste stilling, dækker gliderskålen over rørene 2 og 3. Dampen går nu fra gliderkassen gennem røret 1 og presser stemplet ned. Hvor bliver nu den damp af, som før strømede ind under stemplet?

Fig. 80. Dampmaskinen.



Dampmaskinen besørger selv gliderens bevægelse; vi skal om lidt høre, hvordan det går til.

Lad os tænke os, at stempefladen er 500 cm², og at stemplet går opad. Hvor store er kræfterne på stemplets underste og øverste flade?

Dampmaskinen bruges til at få en aksel til at løbe rundt, f. eks. hjul-akselen på et lokomotiv. Vi må derfor forklare, hvordan stemplet ved at gå op og ned kan dreje en aksel rundt.

På akselen sidder der et tungt *svinghjul* og en *krumtap K*. Stangen *S* er med hængsler gjort fast til krumtappen og stempelstangen. Går stemplet op, skydes krumtappen opad, og akselen begynder at gå rundt.

Når stemplet er i sin øverste stilling, står krumtappen lodret opad og kan ikke mere bevæges af stemplet. Men svinghjulet har nu fået fart på og tager akselen med sig, så at krumtappen kommer til at stå skråt bagud. Nu går stemplet ned og trækker krumtappen med.

Når stemplet er i sin nederste stilling, står krumtappen lodret nedad. Stemplet kunne igen ikke bevæge akselen, hvis svinghjulet ikke var der og hjalp akselen over denne stilling.

De to stillinger, hvori svinghjulet må besørge akselens drejning, kaldes *de døde punkter*.

Læg mærke til den lille krumtap *k*. Når den svinger rundt, trækker den glideren op og ned. Hvor står glideren, når den lille krumtap står lodret opad, og når den står lodret nedad?

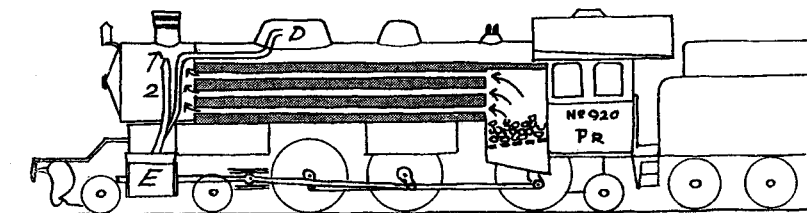
Billedet (fig. 81) viser, hvordan et lokomotiv ser ud indeni. Vi vil nu finde de ting, som vi har lært hører til en dampmaskine. Den største del af lokomotivet er fyldt med vand. Fra ildstedet slår flammer og røg gennem vandrette rør ud i skorstenen. Rørene er tegnet lyse på billedet. Uden om rørene ser vi vandet; det er tegnet mørkt. Røgen ledes gennem de lange rør for at få tid til at afgive sin varme til vandet. Til venstre ser vi dampcylindren *E*; lige ovenover er gliderkassen. Gliderstangen er ikke tegnet med.

Vanddampene går op i den store kuppel, som vi ser foroven på lokomotivet; derfra går de gennem damprøret *D* ned til gliderkassen. Det rør, som vi før kaldte nr. 2, og som udmunder i luften, kaldes også 2 på billedet; det udmunder oppe under skorstenen. Gennem det var det jo, at den brugte damp blev stødt ud i luften. Her går den ud i skorstenen for at forøge trækken.

På lokomotivet er der ikke svinghjul. Det behøves ikke, for der er to maskiner, een på hver side af lokomotivet. De er ikke samtidig i de døde punkter, så at den ene arbejder, når den anden ikke kan.

Idet stømpelstangen bevæger sig frem og tilbage, tvinges de tre store hjul til at dreje rundt.

Fig. 81. Lokomotivet.



MAGNETISME

Fig. 82. Kompasnål.

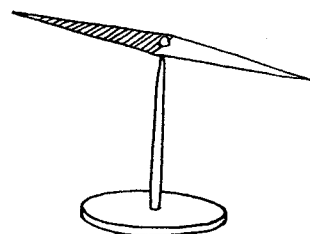


Fig. 83. Den store magnet bringes til at dreje.

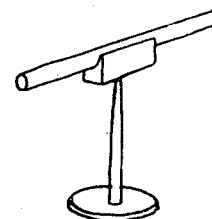
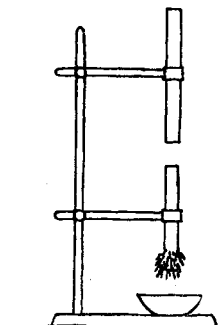


Fig. 84. Et stykke jern bliver magnetisk og kan tiltrække jernfilspåner.



I flere lande findes i jorden et jernholdigt stof, som kaldes magnetjærsten. Der er enkelte stykker af dette stof, der har den mærkelige egenskab at kunne tiltrække jern, stål og nikkel; de kaldes *naturlige magneter*. Oldtidens folk kendte dem og gav dem navn efter byen Magnesia i Lilleasien, hvor de først fandt dem. Vi bruger magneter af stål; de er bedre end de naturlige.

Vi dypper en magnet i jernfilspåner; vi ser, at de hænger ved. *De steder, hvor der hænger flest ved, kaldes magnetens poler*. En magnet har i reglen to poler, men den kan have flere.

En tynd magnet kaldes en magnetnål. Hænges den op på en spids, således som tegningen viser, kan den dreje sig vandret. Den kaldes så en *kompasnål*. Vi stiller en kompasnål på bordet; læg mærke til, i hvilken retning den peger. Stød til den og se, hvordan den står, når den er kommen i ro. *Den ene ende peger altid mod nord; den kaldes nordpolen. Den anden kaldes sydpolen.*

Også en stor magnet kan bringes til at dreje sig vandret, så man kan finde polerne; læg mærke til, hvor den har sin nordpol. Tag magneten i hånden, nærm fra siden dens nordpol til kompasnåls poler og se, hvad der sker. Vend magneten om og nærm dens sydpol til kompasnåls poler.

Fig. 85. Magnetisering af en strikkepind. Magneten føres i pilens retning.

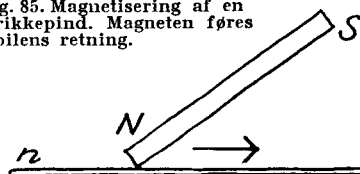
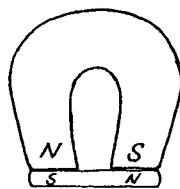


Fig. 86. En hestesko-magnet med pålagt anker.



Vi ser, at nordpol frastøder nordpol, sydpol frastøder sydpol; nordpol og sydpol tiltrækker hinanden.

I fig. 84 er den nederste stang et stykke blødt jern. Den øverste stang er i første omgang fjernet. Løftes skålen med jernfilspåner op til jernstangen, hænger ingen småspåner ved. Fastspænder vi derimod den øverste stang, som er en magnet, bliver jernstangen stærkt magnetisk og holder på jernfilspånerne, når skålen atter løftes og dernæst sænkes.

Hvordan kan vi med kompasnålen finde, om der er nordpol eller sydpol i jernstykkets nederste ende?

Tag magneten bort; de fleste småspåner falder nu af.

Når vi nærmer en magnet til et stykke jern, bliver det magnetisk. Er det en nordpol, vi nærmer, får jernet sydpol nærmest ved magneten og nordpol længst borte. Fjerner vi magneten, forsvinder jernets magnetisme.

Når vi dypper en magnetpol ned i jernfilspåner, bliver hver lille småspån magnetisk. Forklar, hvor småspånerne får nordpol og sydpol, hvis det er en sydpol, vi har dyppet ned i dem. Hvorfor hænger de ved hinanden?

Gør samme forsøg med et stykke stål, f. eks. en smånål eller en pen; stålet bliver svagt magnetisk og beholder magnetismen.

Læg to magneter med en nordpol og en sydpol oven på hinanden og dyp dem ned i småspånerne. Hvorfor hænger der kun få småspåner ved?

Vi kan gøre en stålstang, f. eks. en strikkepind, stærkt magnetisk ved at stryge den med en magnet. Læg strikkepinden på bordet, sæt en nordpol på dens ene ende og stryg den langs hen ad strikkepinden. Når nordpolen er kommet til den anden ende, løfter vi den op. Stryg den flere gange, men stadig samme vej. Prøv med kompasnålen, hvor strikkepinden har fået nordpol og sydpol.

En stålstang, der stryges med en nordpol, får sydpol i den ende, hvor magneten løftes op. Stryges den med en sydpol, kommer der nordpol her.

Vi vil nu lave en magnet med flere poler. Stryg først den ene halvdel af en strikkepind og bagefter den anden med en nordpol; stryg fra midten af strikkepinden ud mod enderne. Prøv med jernfilspåner og med kompasnål, hvor mange poler der er, og hvad slags poler det er.

Få en magnetiseret strikkepind til at gløde og prøv, om det forandrer magnetismen; en magnet kan miste hele sin magnetisme, når den glødes.

Magneter bøjes tit, så de får form som en hestesko. På tegningen bærer en hesteskomagnet et stykke jern, som får nordpol til højre og sydpol til venstre. En magnet kan bære mere, hvis den har form som en hestesko, end hvis den er lige, dels fordi den bærer med begge sine poler, dels fordi den magnetiserer jernstykket stærkere.

Når vi ikke bruger magneten, lægger vi et stykke jern, der kaldes ankeret, tværs over polerne; magneten bevarer så bedre sin magnetisme.

Jordmagnetismen.

På tegningen ser vi en nål, der kan dreje sig lodret. Dens omdrejningsakse *ab*, der går gennem nålens midtpunkt, er vandret og bæres af en messingbøjle, der hænger i en snor. Nålen stiller sig skråt med nordpolen nedefter og kaldes derfor *hældningsnålen*.

Hængte vi den op nede ved ækvator, ville vi få at se, at den stillede sig vandret. Går vi fra ækvator mod nord eller syd, stiller den sig mere

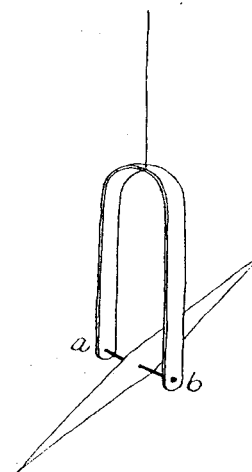


Fig. 87. Hældningsnål.

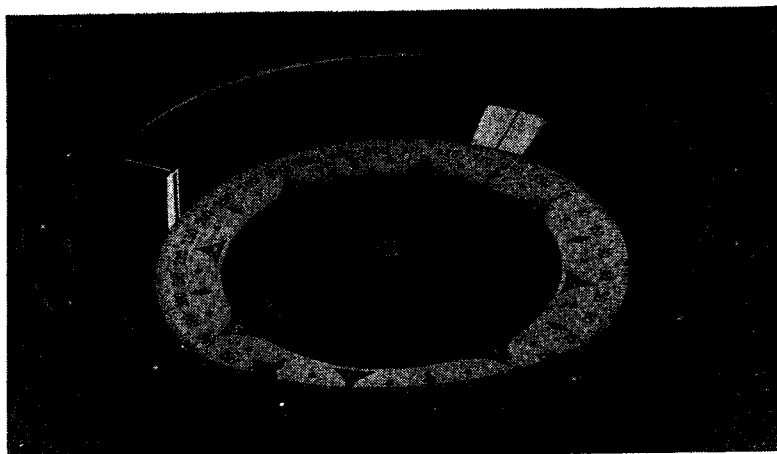


Fig. 88. Kompas.

og mere skråt. På den nordlige halvkugle vender nordpolen nedefter, på den sydlige sydpolen.

De steder, hvor hældningsnålen står helt lodret, kaldes *jordens magnetiske poler*. Den ene blev opdaget for godt 100 år siden af englænderen Ross; den ligger i det nordlige Nordamerika. Den anden ligger i Antarktis syd for Australien.

Hvor kan det nu være, at hældningsnålen stiller sig så forskelligt? Læg en magnet på bordet, før hældningsnålen langs magneten fra dens sydpol til dens nordpol og læg mærke til, hvordan den stiller sig. Vi ser, at den drejer sig på samme måde som en hældningsnål, der blev flyttet fra den ene af jordens magnetiske poler til den anden.

Jorden er magnetisk; den har sydpol i Nordamerika og nordpol i Antarktis syd for Australien.

Alt jern magnetiseres lidt af jordmagnetismen. Nærm kompasnåleens sydpol til den øverste ende af en lodretstående jernting, f. eks. et jernstativ. Bliver den frastødt eller tiltrukket?

Sømændene bruger kompasnålen til at se, hvad retning de sejler i. På skibskompassets nål er der fastgjort en rund skive, hvorpå verdenshjørnerne er afsatte. Skiven ligger oven på nålen og drejer sig sammen med den. N og S står lige over nåleens poler. Den sorte streg i den hvide skive er et stykke af linien fra skibets forstavn til bagstavnen; det hvide stykke og strengen er malet på kompassets rand. Står skiven som tegningen viser, styrer skibet i en retning mellem nord og nord-vest.

Kompasnålen peger ikke lige mod nord. I Danmark afviger den lidt mod vest. I andre lande afviger den i reglen mere eller mindre end her; man siger, at *misvisningen* er anderledes end hos os. I England er misvisningen større end her, i Sverige mindre. I Stockholm er misvisningen 0° (1953). Steder, der ligger lidt nord og syd for hinanden, har omtrent samme misvisning.

Kompasnålen peger i nordlig retning, fordi dens nordpol tiltrækkes af jordens magnetiske sydpol.

Se på et kort, hvor de magnetiske poler ligger, og find nogle steder, hvor kompasnålen peger lige mod nord. Find steder, hvor misvisningen er østlig eller vestlig.

Misvisningen er i København for tiden ca. 3° vest (1953), men vinklen bliver stadig mindre. Søkortet over Vesterhavet viser, at i 1949 var misvisningen 6° vest ud for Jyllands vestkyst.

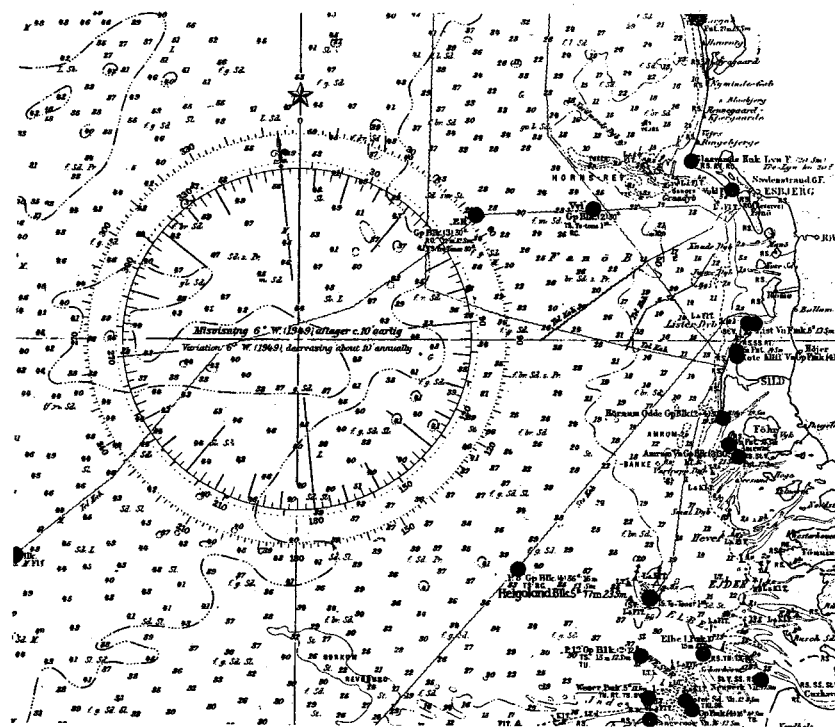


Fig. 89. Udsnit af søkort over Vesterhavet.

ELEKTRICITET

Der er to slags elektricitet.

Der eksisterer en slags kunststof, som kaldes *telchon*. Gnider vi en stang af dette stof med et stykke filt, kan den tiltrække hår, små stykker papir og andre meget lette ting. Man siger, at stangen er blevet *elektrisk*. Også andre stoffer kan blive elektriske. Gnider vi en plexiglasstang med et stykke katteskind, kan den ligeledes tiltrække lette ting. I oldtiden vidste folk, at rav kunne tiltrække ting, når det blev gnedet. Rav hedder på græsk *elektron*; deraf kommer ordene elektrisk og elektricitet.

Vi vil nu nærmere undersøge elektriske tings egenskaber: På det stativ, hvor vi tidligere anbragte en magnet, lægger vi nu en telchonstang, som vi har gnedet med filt (fig. 90). En anden gnedet telchonstang holdes hen i nærheden af den første. Vi ser, at de frastøder hinanden.

Gnid en plexiglasstang med et stykke katteskind, og hold den hen til telchonstangen; vi ser, at denne bliver tiltrukket af glasstangen.

Prøv også med en gnedet ebonitstang, en lakstang og en ravstang. Disse stoffer opfører sig på samme måde som telchonstangen. Andre stoffer opfører sig som glasstænger.

Der må være forskel på telchon-elektricitet og den, som stammer fra plexiglas. Den slags elektricitet, som plexiglas får, når det gnides med et katteskind, kaldes *positiv*; den slags, telchon får, når det gnides med et stykke filt, kaldes *negativ*. Af forsøgene med de drejelige stænger får vi, at *ting med samme slags elektricitet frastøder hinanden, ting med modsat elektricitet tiltrækker hinanden*.

Gnid en plexiglasstang med et stykke katteskind, og nærm stangen til den drejelige telchonstang; vi ser, at der kommer tiltrækning. Holder vi derimod katteskindet hen til telchonstangen, viser det sig, at de

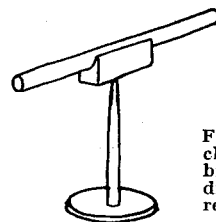
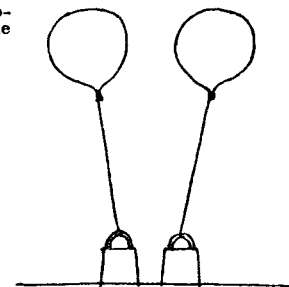


Fig. 90. En telchonstang er anbragt, så den kan dreje om en lodret akse.

Fig. 91. To balloner med samme slags elektricitet frastøder hinanden.



frastøder hinanden. Når to forskellige stoffer gnides mod hinanden, bliver det ene positivt og det andet negativt elektrisk.

Et stof får ikke altid den samme slags ladning ved gnidning. Et stykke plexiglas af form som en pil er anbragt i stedet for telchonstangen. Inden glaspilen sættes på stativet, har man gnedet dens ene ende mod sit tøj og den anden ende mod håret.

Et andet stykke plexiglas er ligedes gnedet mod tøj. Idet vi nærmer glasstykket til den drejelige pil, opdager vi, at pilens ene ende bliver frastødt, medens den anden tiltrækkes. Pilens to ender må altså have modsat slags elektricitet.

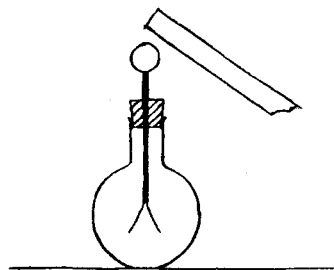
I stedet for at benytte opstillingen fra fig. 90 kan man bære sig ad på følgende måde: med en gummiblæser med ventil har man fyldt en legetøjsballon med gas fra gashanen. Ballonens snor gøres fast til et lod på bordet. Ballonen gnides med et stykke filt, hvorefter man nærmer en telchonstang, en glasstang, en ebonitstang el. lign. til ballonen. Der kommer enten tiltrækning eller frastødning; vi får, at der er to slags elektricitet. Nærmer vi en anden ballon, der ligeledes er gnedet med et stykke filt, til den første, får vi, at ballonerne frastøder hinanden, som tegningen viser det. Ting med samme slags elektricitet frastøder hinanden.

Ledere og isolatorer.

Apparatet på fig. 92 kaldes et elektroskop. Det består af en metalstang, som foroven ender i en lille messingkugle og forneden i et par tynde blade af aluminium eller guld. For at beskytte bladene er de sænket ned i en glasflaske. Messingstangen går gennem en prop, der kan bestå af ebonit eller telchon*).

*) Hvis ebonitproppen i årenes løb er blevet ledende, så elektroskopets udslag ikke kan holde sig, kan det anbefales at få erstattet det inderste af proppen med telchon.

Fig. 92. Elektroskopet.



En telchonstang gnides med et stykke filt og føres hen, så den berører kuglen på elektroskopet; vi ser, at bladene slår ud fra hinanden. Man siger, at elektroskopet er *opladet*. Vi fjerner telchonstangen, og elektroskopet er stadig opladet. Nu tager vi den ene ende af en ikke gnedet glasstang i hånden; med den anden ende berøres kuglen på elektroskopet. Bladene falder ikke sammen. Vi kan erstatte glasspatlen med en metalstang, og nu falder bladene straks sammen ved berøring. Elektroskopet lades igen op, hvorefter det berøres med en træpind. Bladene falder langsomt sammen.

Stoffer, som kan lede elektriciteten bort, kaldes *ledere*, og stoffer, som ikke har denne egenskab, kaldes *isolatorer*.

Glas, porcelæn, rav, gummi, ebonit, telchon, paraffin, silke og tør luft er isolatorer. Metaller, kul, jorden, postevand og fugtige ting samt det menneskelige legeme er gode ledere. Træ og hornstof leder den elektriske strøm i nogen grad. (Har man fået for stort et udslag på elektroskopet, kan man et øjeblik berøre dets kugle med en negl, til udslaget er passende stort. Berørte vi derimod elektroskopkuglen med selve fingeren, ville udslaget med det samme falde til nul).

Når vi gnider en telchonstang med et stykke filt, kommer der negativ elektricitet på overfladen af telchonstangen. Da telchon er en isolator, kan elektriciteten ikke bevæge sig i stangen; den må blive på overfladen. Idet forskellige steder af telchonstangen berører elektroskopets messingknop, går elektriciteten over på elektroskopet. Da dette består af gode ledere, vil elektriciteten brede sig over både stang, kugle og aluminiumblade, og når bladene har fået samme slags elektricitet, frastøder de hinanden.

Elektrisk fordeling.

Messingkuglerne skrues af to elektroskoper, og i stedet anbringes der to stykker messing. Elektroskoperne stilles sådan, at messingstykkerne rører hinanden (fig. 93, venstre figur); der er intet udslag på elektroskoperne. Nu føres en gnedet telchonstang hen i nærheden af messingstængerne (fig. 93, højre figur). Der kommer udslag på begge elektroskoperne. Man siger, at *der er opstået en elektrisk fordeling*. Fjerner vi telchonstængerne, forsvinder udslagene. Har vi derimod først flyttet de to elektroskoper lidt fra hinanden, inden telchonstangen bortfjernes, holder udslagene sig.

Når vi skal eftervise, at det venstre elektroskop er negativt opladet, gør vi det på den måde, at vi nærmer en telchonstang, som vi jo ved er negativt opladet. Herved vil mere negativ elektricitet frastødes fra messingstangen ned i bladene og udslaget bliver større (fig. 94).

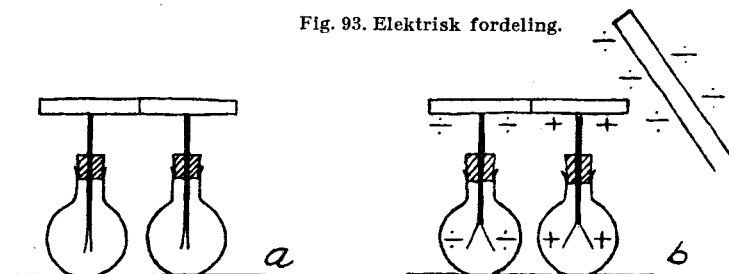
Hvordan kan vi bære os ad med at konstatere, at højre elektroskop er positivt opladet?

Messingstykkerne erstattes med ebonitstænger, og vi gentager forsøgene. I isolatorer kan der ikke opstå elektrisk fordeling, da elektriciteten ikke kan bevæge sig.

I virkeligheden er det kun den negative elektricitet, som bevæger sig. Man kalder de enkelte negative elektricitetsdele for *elektroner*.

Idet man gnider en glasstang med et katteskind, kommer de to overflader meget tæt til hinanden. Herved går der elektroner fra glasstangen over på katteskindet, så dette bliver negativt, medens stangen bliver positiv. Det er ikke gnidningen mellem de to stoffer, men den nære berøring mellem dem, som er vigtig for fremkomsten af elektricitet. Dette vises på følgende måde: En glasstang er stukket gennem en paraffinklump. Denne skal have en frisk overflade, og derfor smelter man det alleryderste lag af klumpen. Så stikkes

Fig. 93. Elektrisk fordeling.



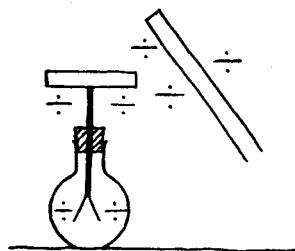


Fig. 94. Når den negative stang nærmes, bliver udslaget større.

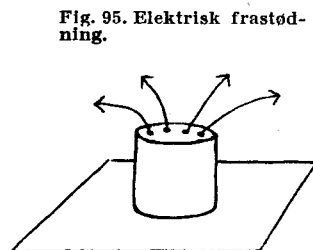


Fig. 95. Elektrisk frastødning.

paraffinklumpen ned i et glas med destilleret vand. Der går elektroner fra vandet over på paraffinklumpen, og når den er taget op af vandet, er den altså ladet. Dette kan man vise ved at lade paraffinklumpen berøre et elektroskop, hvis blade herved slår ud. Hvordan kan man vise, at udslaget skyldes negativ elektricitet?

Et stykke ganske tyndt plexiglas anbringes på et glat bord, og med hånden eller et stykke lærred gnides man kraftigt på pladen. Man opdager, at det er lige som om den er klæbet fast til bordet. Ved gnidningen er pladen blevet positivt ladet på oversiden, og da den er en isolator, må elektriciteten blive på overfladen. I bordpladen, som er en leder (dog ikke særlig god) sker der en fordeling, og der bliver trukket negativ elektricitet hen til den del af bordpladen, som er lige under plexiglaspladen. Glaspladens positive ladning og bordpladens negative trækker i hinanden, og denne kraft skal vi overvinde, når vi løfter glaspladen op.

Plexiglaspladen lægges atter på bordet og gnides kraftigt. En metaldåse anbringes på pladen med bunden opad, hvorefter vi lægger nogle ganske små stanniolstykker (eller lidt tobaksaske) ovenpå.

Idet glaspladen løftes op, vil den positive elektricitet frembringe fordeling i metaldåsen, så dåsens bund og stanniolstykkerne får samme slags elektricitet. De vil derfor frastøde hinanden, og man iagttager, at stanniolstykkerne slynges bort. Hvilken slags elektricitet får stanniolstykkerne og dåsens bund?

Dernæst stilles bægeret med bunden nedad og stanniolstykkerne indeni metalbægeret. Nu slynges de lette metalstykker ikke bort, når plexiglaspladen løftes. En ting, som er helt eller delvis omgivet af metal, er beskyttet mod elektriske kræfter.

Elektrisermaskinen.

Inden vi omtaler elektrisermaskinen, vil vi gennemgå et par småforsøg: På kuglen af elektroskopet på fig. 96 er der anbragt en metalspids. En gnedet plexiglasstang holdes ovenover, og der sker en fordeling i elektroskopet som vist på tegningen. Imod forventning bliver elektroskopets udslag ikke nul, når glasstangen atter fjernes. En nærmere undersøgelse viser, at elektroskopet er positivt opladet. Der er sket det, at den negative elektricitet er forsvundet ud fra spidsen og hen på glasstangen. *Elektricitet kan bevæge sig bort fra spidser.* Man kan lave et tilsvarende forsøg med en telchonstang.

I det andet forsøg (fig. 97) er et metalbæger *B* anbragt på en isolerende fod *F*. En gnedet telchonstang bringes i berøring med bægeret, hvorved det bliver ladet med negativ elektricitet fra stangen. Det er ligegyldigt, om berøringen sker på indersiden eller ydersiden af bægeret.

Nu tager vi en lille metalkugle på et isolerende skaft*) og fører den fra indersiden af bægeret hen til elektroskopet. Der kommer intet udslag. Først når kuglen føres fra bægerets yderside, bliver elektroskopet opladet. Altså har vi, at *elektriciteten befinder sig på ydersiden af en metallisk leder.*

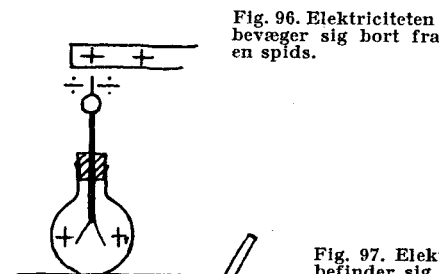


Fig. 96. Elektriciteten bevæger sig bort fra en spids.

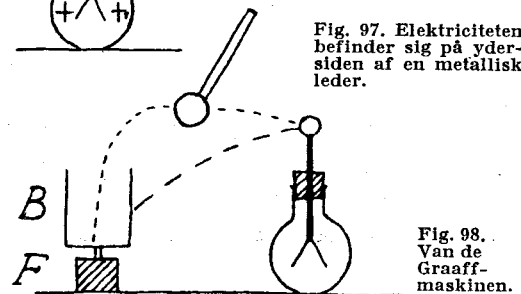


Fig. 97. Elektriciteten befinder sig på ydersiden af en metallisk leder.

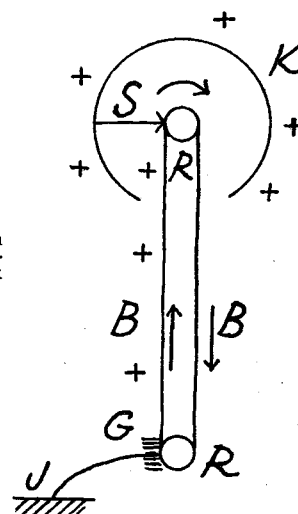


Fig. 98. Van de Graaff-maskinen.

*) Eller et stykke stanniol, viklet om den flade ende af en spatel.

I elektrisermaskinen eller van de Graaff-maskinen (udtales [fan de graf]) findes der et bånd *BB* af gummi el. lign., som kan dreje sig hurtigt om rullerne *R*. Gnidepuden *G* gnider imod båndet og gør det f. eks. positivt elektrisk. Den negative elektricitet ledes bort forneden. Da båndet er lavet af et isolerende stof, må den positive elektricitet følge det i dets bevægelse opad.

Når det opladede bånd er nået helt op, kommer det ind i en metal-kugle *K* med en metalspids *S* (i forbindelse med kuglen), hvorfra der, ligesom i første indledningsforsøg, strømmer negativ elektricitet ud. Det bevæger sig hen på det positive bånd, som derfor bliver uelektrisk på højre side, hvor det løber nedad.

Fra *S* strømmede der jo negativ elektricitet over på båndet, og her-ved bliver spidsen positiv. Spidsen *S* er i forbindelse med kuglen *K*, og vi husker fra det andet indledningsforsøg, at elektriciteten søger ud på ydersiden af en leder, som derfor bliver opladet positivt. Der kan samle sig meget store elektricitetsmængder på ydersiden af kuglen.

Elektrisermaskiner af den lige omtalte type findes på fysiske insti-tutter, bl. a. på Niels Bohr's institut i København.

Elektrisk spænding.

Stil elektroskopet så langt fra elektrisermaskinen, at det ikke bliver elektrisk ved fordeling. Bøj den ene ende af en godt isoleret kobber-tråd (ringeledningstråd) om elektroskopets metalstang og hold tråden således, at den anden ende rører ved elektrisermaskinens metalkugle. Maskinen må ikke virke for kraftigt ved dette forsøg (i modsat fald bruges sejl-garn i stedet for kobbertråd).

Elektroskopets blade hænger først lige ned. Drej elektrisermaskinens bånd *langsomt* rundt; der strømmer nu elektricitet over i elektroskop-bladene, som frastøder hinanden og slår mere og mere ud.

Jo større udslaget er, jo større *spænding* siger man, at elektrisermaskinens kugle har. *En god leders spænding måles ved det udslag, som elektroskopets blade gør, når det sættes i ledende forbindelse med den gode leder. Elektroskopet skal stå så langt borte, at det ikke bliver elektrisk ved fordeling.*

Er den gode leder positiv elektrisk, kaldes spændingen positiv; er den negativ, kaldes spændingen negativ.

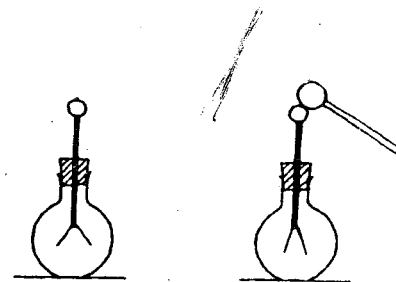


Fig. 99. Spændingen afhænger af lederens størrelse.

Vi oplader igen elektroskopet. Rører vi nu elektroskopets knop med messingkuglen på det isolerende skaft, ser vi, at bladene falder lidt sammen. Spændingen bliver altså mindre, når samme elektricitets-mængde udbreder sig over et større legeme, nemlig over elektroskop plus den isolerede metalkugle. Af dette og foregående forsøg får vi, at *en god leders spænding afhænger af elektricitetsmængden og af le-derens størrelse.*

Elektriske udladninger.

Nærm en finger til elektrisermaskinens metalkugle; fingeren bliver elek-trisk ved fordeling, idet negativ elektricitet trækkes ud i den, mens positiv stødes ned i jorden. Fingerens og konduktorens elektricitet til-trækker hinanden så stærkt, at luften ikke længere kan isolere. De for-ener sig gennem luften, og vi ser en *elektrisk gnist*.

Tag gnister fra konduktoren, når elektrisermaskinens bånd er drejet få gange rundt, og når det er drejet mange gange; i sidste tilfælde er de længst. Var spændingsforskellen mellem finger og konduktor størst, da vi fik lange, eller da vi fik korte gnister?

Stå op på isolerskamlen (en skammel med glasfødder), læg den ene hånd på den positive konduktor og prøv, om du kan trække gnister af den med den anden hånd; ved dette forsøg kommer der ingen gnister. Du hører med til konduktoren og får samme spænding som den.

Mens du står på isolerskamlen og har den ene hånd på konduktoren, fører du pegefingeren på den anden hånd hen til en bunsenbrænder, hvis metaldele er forbundet med gashanen gennem en kobbertråd. Der slår en gnist over mellem finger og bunsenbrænder. Er der åbnet for gassen, kan du måske antænde den ved hjælp af gnisten.

Af disse forsøg ser vi, at *der ikke springer gnister over mellem to gode ledere, der har samme spænding, selv om de begge to er stærkt elektriske. Jo større spændingsforskel der er mellem to gode ledere, jo*



Fig. 100. Tordensky, bestående af klodeskyer med et cirrusslør.

længere kan gnisten blive. Mellem dårlige ledere dannes der kun små gnister; elektriciteten kan vanskeligt slippe ud af dem.

På side 57 hørte vi, at der i klodeskyer herskede stærke opadrettede luftstrømninger. Idet vanddråberne eller iskrystallerne søger at falde nedad, opstår der ved gnidningen mod luften elektricitet, så skyens øverste og nederste del bliver opladet med elektricitet af modsat fortegn.

Klodeskyer, der når meget højt op i atmosfæren, har foroven et slør af iskrystaller (cirrusskyer). I sådanne skyer kan der opstå lyn. Lynene kan gå enten inde i skyen selv, mellem to skyer eller mellem skyen og jorden. Kun hvert tiende lyn er af den sidste slags.

Lynenes længde er i alm. 2—3 km, men man har iagttaget meget længere lyn. Lynenes tykkelse er kun nogle få centimeter. Det egentlige lyn varer blot nogle få hundredtusindedele af et sekund, og i denne korte tid opvarmes den omgivende luft til adskillige tusinde grader. Der foregår en slags eksplosion, hvormed luften med uhyre kraft slynkes ud til siderne i et vældigt brag, som vi hører som *torden*.

Det, som sker ved et lynnedslag, har vist sig at være meget mere indviklet, end man oprindelig regnede med. Lynet starter som regel midt inde i skyen. Både opad og nedad dannes en kanal af luft, der leder den elektriske strøm.

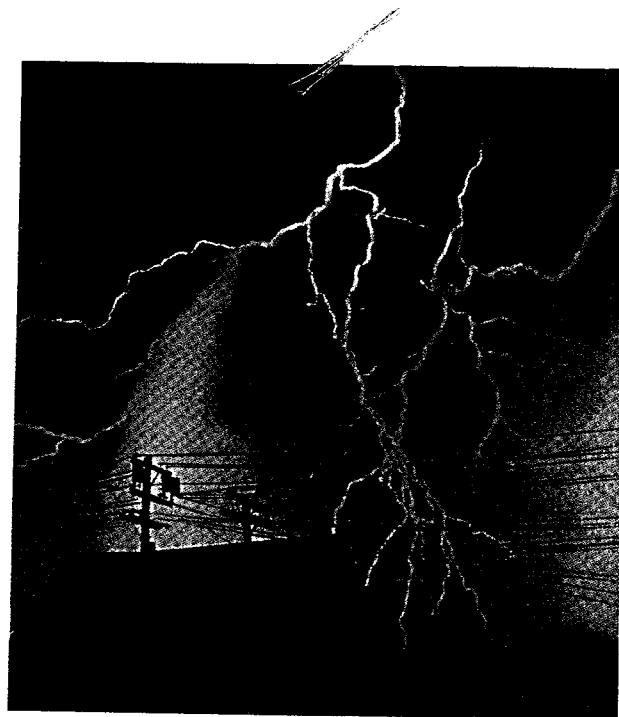


Fig. 101.
Lynnedslag.

Den svagt lysende kanal, der kaldes »ledestrålen«, forgrener sig stærkt, og grenene når både ovenover og nedenunder skyen.

Hvis en af grenene tilfældigvis kommer ned i retning af jordoverfladen, kan elektricitet fra jorden pludselig slå op mod ledestrålen, og man har lynets »hovedslag«. De fleste lyn slår i virkeligheden opad og ikke ned, som vi plejer at sige det.

Ting, der rager i vejret: træer, huse o. s. v., har større sandsynlighed end det flade land for at komme i nærheden af en ledestråle og derfor at blive ramt af lynet. Befinder man sig på åben mark i tordenvejr bør man lægge sig ned.

For at afværge de skadelige virkninger af lynnedslag kan huse være forsynet med en lynafleder. Den kan i sin simpleste form bestå af en ledning, der går fra husets højeste punkt ned i jordens ledende lag. Ved lynnedslag vil lynet gå denne vej uden at forvolde skade.

Vi lærte side 74, at ting, der er helt eller delvis omgivet af metal, er beskyttet mod elektriske kræfter. Man slutter derfor undertiden huset ind i et net af metaltråd, forsynet med metalspidser foroven til at opfange lynet. Selv om maskerne i dette net er meget store, er huset helt beskyttet mod lynnedslag.

Er man godt beskyttet mod tordenvejr, når man sidder inde i en bil?

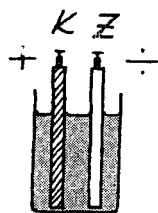


Fig. 102. Kromsyreelement.

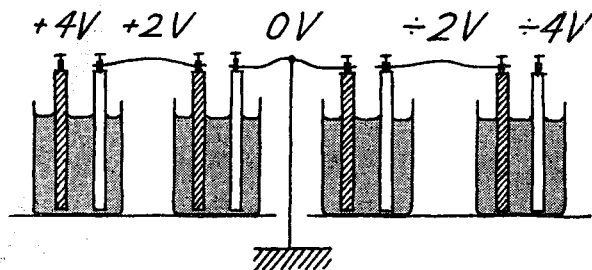


Fig. 103. Batteri, bestående af kromsyreelementer; den midterste ledning er forbundet med jorden. Tallene foroven er spændingerne.

Galvaniske elementer.

På tegningen ser vi et *galvanisk element*. I glasset står der en kulplade *K* og en zinkplade *Z*. Vædsken er fortyndet svovlsyre, hvori der er opløst et orangerødt stof, som kaldes kaliumdikromat. På hver plade er der foroven fastgjort en klemkrue af messing; vi bruger dem, når vi vil klemme metaltråde fast til pladerne. Klemkruerne kaldes *elementets poler*.

Sætter vi flere elementer ved siden af hinanden og forbinder polerne med metaltråde, således som tegningen viser (fig. 103), har vi et *galvanisk batteri*. På tegningen ser vi et galvanisk batteri på fire elementer. Klemkruerne på de to yderste plader kaldes *batteriets poler*.

Klem to kobbertråde fast til batteriets poler og nærm deres fri ender til hinanden. Lad dem røre hinanden. Skil dem igen ad; nu først ser vi noget: der viser sig en meget lille elektrisk gnist. Gnisterne bliver størst, når vi vikler lidt tynd jerntråd om kobbertrådens fri ender og stryger den ene hen over den anden.

Sæt først den ene og så den anden af polerne i forbindelse med elektroskopen; bladene slår ikke ud.

Batteriets poler må altså være elektriske, men spændingsforskellen mellem dem kan ikke være ret stor.

Spørgsmålet er nu, hvor kommer elektriciteten i et galvanisk element fra? Den er jo ikke opstået ved gnidning eller fordeling.

Italieneren *Volta* forsøgte i 1794 at give en forklaring. Han antog, at elektriciteten fremkom der, hvor to metaller, f. eks. klemkrue og plade, rører hinanden. Senere undersøgelser har vist, at elektriciteten opstår der, hvor pladerne og vædskerne rører hverandre. Med meget følsomme elektroskoper kan man vise, at den klemkrue, der sidder på kulpladen,

har positiv spænding, og at den klemkrue, der sidder på zinkpladen, har negativ spænding. Kulpladens klemkrue kaldes derfor elementets *positive pol*, zinkpladens den *negative pol*.

Det element, vi nu har talt om, kaldes kromsyre-elementet. Man har mange forskellige slags elementer. Pladerne er i reglen af kul og zink; de må ikke være af samme stof. Vædsken i glasset skal være en god leder; den må f. eks. ikke være petroleum eller sprit. Et element kan bestå af en kulplade og en zinkplade i saltvand, men det er ikke så godt som kromsyre-elementet. Zinkpladerne skal være indgnedet med kviksølv, ellers angribes de for meget af vædsken. Man kalder det at *amalgamere zinken*.

Tørelementet. Det mest anvendte element er tørrelementet (fig. 104): Inderst har vi kulstangen *K*, og udenom er der en sammenpresset masse *B*, der bl. a. indeholder et mørkt stof, som kaldes brunsten. For at holde sammen på tingene er de svøbt ind i papir eller lærred, og det hele er fastsnøret med garn.

Yderst har vi en beholder *Z* af zink. Mellemrummet mellem *B* og *Z* er fyldt ud med en stivnet masse, som består af stivelse eller hvedemel; den indeholder også salmiak.

Selv om elementet hedder et tørrelement, må den stivnede masse alligevel endelig ikke blive tør; så kan elementet ikke virke. Det er det mørke stof *L*, som forhindrer den stivnede masse i at udtørre. Øverst er der et dæksel *D* samt de to klemkruer $+$ og $\div$. $+$ er i forbindelse med kulstangen, $\div$ med zinkbeholderen.

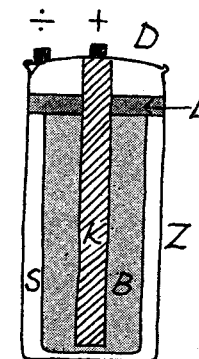


Fig. 104. Tørelement.

Når tørrelementet bruges, går zinkbeholderen efterhånden i opløsning. Er elementet brugt meget længe, kan det ske, at der går hul på beholderen, så den stivnede masse trænger ud.

Cykel- og lommelygteelementer består i virkeligheden af flere elementer, sat sammen til et batteri. Skil et udbændt lommelygteelement ad og se, hvor mange enkeltelementer, der er indeni.

Spændinger måles i volt. Vi vil nu se at danne os en forestilling om, hvor stor en volt er. I et kromsyre-batteri på 4 elementer (fig. 103) har jo den positive pol positiv, den negative pol negativ spænding. Afleder vi batteriets midtpunkt (d. v. s. midtpunktet af den metaltråd, der forbinder de to midterste elementer) til jorden (som har spændingen 0 volt), har batteriets positive pol spændingen $+4$ volt, dets negative pol spændingen $\div 4$ volt; tegnet $\div$ angiver, at spændingen skyldes negativ elektricitet.

Man siger, at spændingsforskellen mellem den positive og den negative pol er 8 volt (sammenlign det med, at der er 8 graders forskel på 4 graders varme og 4 graders kulde).

Er batteriets midtpunkt ikke afledet til jorden, er polernes spændingsforskell alligevel 8 volt, men det kan f. eks. være, at den positive pols spænding er $+2$ volt, den negative pols $\div 6$ volt.

Et kromsyre-elementer har spændingsforskellen 2 volt. I et batteri på 2, 3 og 4 elementer er polernes spændingsforskell 4, 6 og 8 volt o. s. v.

Polernes spændingsforskell kaldes batteriets elektromotoriske kraft.

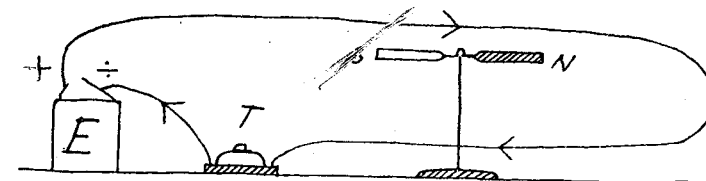
Når et tørrelement har en elektromotorisk kraft på 1,5 volt, hvad bliver så elektromotorisk kraft for et cykellygtebatteri på to elementer og et lommelygtebatteri med tre elementer?

Spændingerne på en elektrisk maskines konduktorer kan være mange tusind volt. Et kromsyre-batteri måtte altså bestå af mange tusind elementer for at give lige så gode gnister.

Den elektriske strøm.

Forbind polerne på et element eller et batteri med en metaltråd og hold tråden over en kompasnål, sådan som tegningen viser. T er en tryk-kontakt af den slags, som anvendes, når en ringeklokke skal virke. Vi trykker på T og ser, at nålen slår ud.

Fig. 105.
Ørstedes
forsøg.



Metaltråden har altså fået den egenskab, at den kan bevæge en magnet. Man siger, at der gennem metaltråden går en elektrisk strøm fra batteriets positive pol til den negative. I elementerne går den fra zink gennem vædsken til kul. Metaltråden kaldes *ledningen*.

Hold ledningen således, at strømmen går hen over kompasnålen i modsat retning; nålen slår nu ud til modsat side.

Forsøget viser, at der gælder følgende regel: *Hold højre hånd ved ledningen med fingerspidserne i strømmens retning og vend håndfladen mod magneten. Ledningen skal være mellem hånd og magnet. Nord-polen slår da ud til den side, hvor tommelfingeren er.* Dette forsøg er først gjort i København af H. C. Ørsted i året 1820.

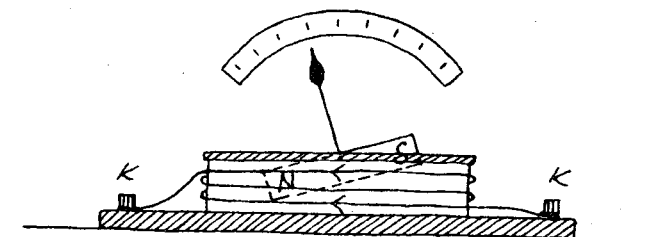
Vi siger, at der i ledningen går en strøm fra $+$ pol til $\div$ pol. Dette er i virkeligheden forkert. Det er de negativt ladede partikler, elektronerne, som strømmer den modsatte vej, altså fra $\div$ til $+$. Den positive elektricitet kan kun i ringe grad forskydes.

Nede i vædsken i et element bevæger der sig positiv elektricitet i retning mod $+$ og negativ i den modsatte retning. De elektriske partikler i vædsken kaldes *ioner*.

Galvanoskoper.

Ved hjælp af magnetnålen kan vi afgøre, om en strøm er stærk eller svag; jo mere nålen slår ud, jo stærkere siger vi, at strømmen er. Apparater, der er indrettet til sammenligning af strømstyrker, kaldes *galvanoskoper*; vi skal nu se, hvorledes det kan se ud.

Fig. 106.
Galvanoskop.



Galvanoskopet fig. 106 består af en stålmagnet *NS*, som er anbragt i en trådrulle, hvis ender er lodret til klemmekruerne *K*. Stålmagneten kan dreje sig om en vandret akse; på magneten sidder der en viser, der peger på en inddelt skala. Går der en strøm gennem rullen i pilenes retning, kan vi ved hjælp af reglen om højre hånd se, at *N* går nedad; viseren flytter sig altså.

Den elektriske strøms styrke.

Send strømmen fra et element gennem en metaltråd (*ab* fig. 107) og et galvanoskop og læg mærke til viserens udslag.

Gør samme forsøg med en anden lige så lang, men tykkere metaltråd af samme stof.

Gør samme forsøg med en metaltråd, der er lige så lang og tyk som en af de foregående, men af et andet stof.

Gør samme forsøg med to metaltråde, der er lige tykke og af samme stof, men som har forskellig længde.

Disse forsøg vil vise os, at *lange, tynde tråde svækker strømmen mere end korte og tykke, og at det ikke er ligegyldigt, hvilket stof tråden er af.*

Man siger, at trådene gør *modstand* mod strømmen. Metaller gør lille modstand, særlig kobber. Modstanden måles i *ohm*. Man har vedtaget, at en *kviksølvstøbe*, som er 106,3 cm lang og har et tværsnitsareal på 1 mm², gør en modstand på 1 ohm, når den er 0° varm. En kobbertråd, der er 1 mm² i tværsnit, skal være omtrent 60 m lang for at have modstanden 1 ohm; en jerntråd med samme længde og tværsnit har ca. 7 gange så stor modstand. Kul gør betydelig større modstand, størst modstand gør vædsker (undtagen kviksølv).

Send strømmen fra et batteri gennem en metaltråd og et galvanoskop (som i fig. 107) og læg mærke til galvanoskopets udslag.

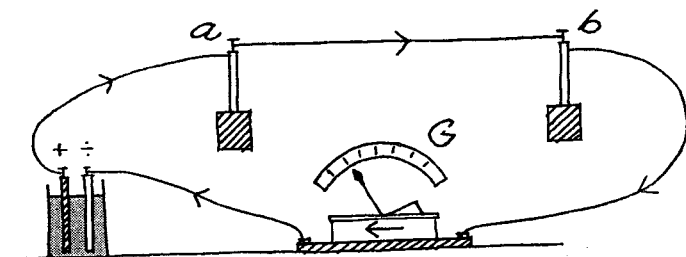


Fig. 107.
Modstandsmåling.

Erstat batteriet med *et enkelt element*; udslaget bliver nu mindre. Har batteriet eller elementet størst elektromotorisk kraft?

Vi ser, at *strømmen bliver stærkest, når vi bruger stor elektromotorisk kraft.*

Strømmens styrke afhænger altså af to ting: den elektromotoriske kraft og modstanden. For at få stærk strøm skal vi have stor elektromotorisk kraft og lille modstand. Strømmens styrke måles i *ampère*.

Elektromagneter.

En elektromagnet er en jernstang, hvorom der er viklet isoleret kobbertråd. Stangen er enten lige eller bøjet som en hestesko. På tegningen ser vi en bøjet elektromagnet; læg mærke til, hvordan den isolerede kobbertråd går over fra elektromagnetens ene gren til den anden (oppe ved *a*).

Send en elektrisk strøm gennem kobbertråden, og dyp elektromagnetens ender ned i jernfilspåner; vi ser, at den er stærkt magnetisk. Vi prøver med kompasnålen, hvilke poler den har, og afbryder derpå strømmen for at se, hvordan det går med dens magnetisme.

Sender vi strøm gennem en elektromagnets kobbertråd, bliver elektromagneten magnetisk; afbrydes strømmen, mister den næsten hele sin magnetisme. Vi kan finde elektromagnetens poler ved hjælp af følgende regel: Tag omkring elektromagneten med højre hånd, således at fingerspidserne peger i strømmens retning. Elektromagneten får nordpol i den ende, som tommelfingeren vender hen imod, sydpol i den anden ende.

Hvorfor skal elektromagnetens kobbertråd være isoleret?

Hvilke poler ville elektromagneten (fig. 108) få, hvis vi vikled kobbertråden således om den højre gren, at kobbertråden ved *a* gik for om

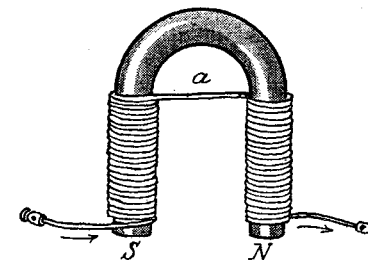


Fig. 108. Elektromagnet.

elektromagneten i stedet for bag om? Kunne den så tiltrække et anker lige så godt som før?

Rul en kobbertråd om en blyant og træk blyanten ud af rullen; vi har nu en spiralformet kobbertråd. Send en strøm gennem den og prøv med kompasnålen, om den er blevet magnetisk. *En spiralformet strøm er svagt magnetisk; dens poler findes ved hjælp af samme regel, som vi brugte ved elektromagneten.*

Det elektriske ringeapparat.

På et træbræt er der fastgjort en elektromagnet. Foran dens poler er der et jernanker *A*, som sidder på en fjeder. Fjederens øverste ende *a* er gjort fast til en lille messingopstander, der er skruet fast i træbrættet; fjederen med ankeret kan altså bøjes frem og tilbage, *S* er en spids, der ligeledes er gjort fast til træbrættet; den rører ved fjederen.

Pilene på tegningen viser, hvilken vej strømmen går. Fra elementets positive pol går den hen til elektromagneten, gennem dennes kobbertråd op til *a*, gennem det øverste stykke af fjederen over på spidsen *S* og derfra gennem trykkontakten *K* tilbage til elementet.

Vi trykker med fingeren ind på *K*. Elektromagneten bliver nu magnetisk, tiltrækker ankeret, og strømmen bliver afbrudt. På hvilket sted bliver strømmen afbrudt?

Når strømmen afbrydes, bliver elektromagneten umagnetisk, og fjederen svinger tilbage til sin oprindelige stilling.

Forklar, hvorfor fjederen bliver ved at svinge frem og tilbage.

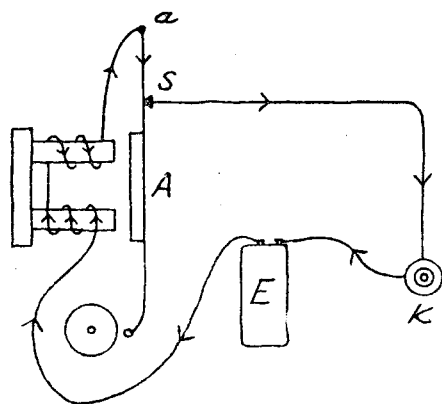


Fig. 109. Ringeapparatet.

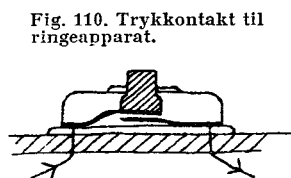


Fig. 110. Trykkontakt til ringeapparat.

Forneden på ankeret er der en tynd stang, der ender i en kugle. Når fjederen svinger frem og tilbage, slår kuglen stadig mod klokken: den ringer.

I trykkontakten kan der under ebonit- eller trælåget være to metal-fjedre, som normalt er adskilt. Først når man trykker på knappen, er de i forbindelse med hinanden (fig. 110).

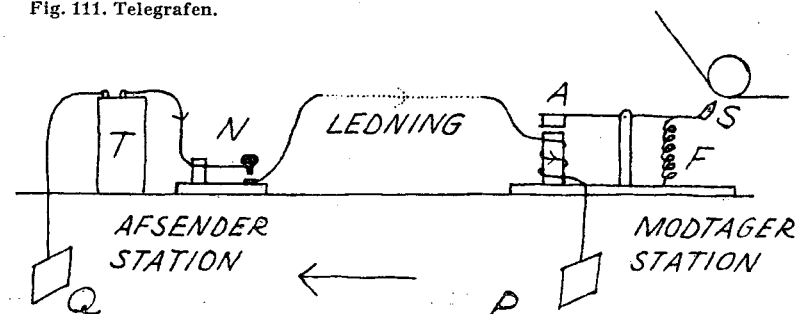
Telegraf.

På modtagerstationen ser vi skriveapparatet. Det består af en elektromagnet; oven over den er der et anker *A*. Det sidder på enden af en stang, der kan dreje sig om en tap. På stangens anden ende sidder der en spids *S*. Lige over spidsen er der en lang papirstrimmel, som af et urværk føres forbi spidsen. Spiralfjederen *F* holder stangen vandret.

På afsenderstationen er der et tørelement *T* (eller et batteri) og en afbryder, som kaldes en telegrafnøgle. Tørelementets ene pol er i forbindelse med en metalplade *Q*, der er gravet ned i fugtig jord. Fra nøglen går der en ledning af jerntråd (beskyttet af et lag zink) hen til modtagerstationen, hvor den er sat i forbindelse med den ene ende af elektromagnetens kobbertråd. Kobbertrådens anden ende er sat i forbindelse med en metalplade, der ligeledes er gravet ned i fugtig jord.

Når telegrafisten på afsenderstationen skal telegrafere, trykker han på nøglens knap. Lad os følge strømmen. Fra elementets positive pol strømmer der elektricitet gennem nøglen ud i den ledning, der bæres af telegrafpælene. Når den kommer til modtagerstationen, går den gennem elektromagnetens kobbertråd ned til jordpladen *P* og fra denne ud i jorden. Strømmen går nu gennem jordens vandførende lag hen til pladen *Q* og derfra videre hen til elementet.

Fig. 111. Telegraf.



Elektromagneten bliver nu magnetisk og trækker ankeret *A* ned. Spidsen *S* går op og ridser i papiret. Slipper telegrafisten straks nøglen, afbrydes strømmen også straks. Elektromagneten bliver umagnetisk, og spiralfjederen trækker spidsen bort fra papiret; den har kun sat en prik. Holder han nøglen nede lidt længere, ridser spidsen en streg på papiret.

Det telegrafiske alfabet består af prikker og streger. En prik betyder *e*, en streg *t*, to prikker betyder *i*; på lignende måde er de andre bogstaver sammensat af prikker og streger. Telegrafisten på modtagerstationen ved, hvad tegnene betyder, og kan læse, hvad der står på papirstrimlen.

Den ledning, der forbinder de to stationer, er gjort fast til porcelænsklokker, der sidder på telegrafpælene; ellers ville en del af strømmen gå gennem pælene ned i jorden.

For at der kan telegraferes den modsatte vej, må stationen til højre have en nøgle, stationen til venstre et skriveapparat.

Telefonen.

For at forstå telefonen må vi vide lidt om, hvordan lyd opstår. Når vi slår på en klokke, kommer den i svingninger; den dirrer. Vi kan ikke se svingningerne, men vi kan føle dem, når vi rører ved klokken. I et klaver er det strengene, som svinger; når du taler eller synger, er det dine stemmebånd, der er bragt i svingning. Svingningerne foregår i en meget hurtig takt: synger du tonen *a*, kammertonen, svinger dine stemmebånd 440 gange frem og tilbage i hvert sekund.

Stemmebåndene bringer luften i bevægelse, og når denne bevægelse når øret, kommer trommehinden i svingninger. Trommehinden svinger også 440 gange i sekundet, og du hører tonen *a*. Synger du en anden tone, svinger stemmebåndene ikke 440 gange i hvert sekund, men i en anden takt.

Opstillingen, vi ser på fig. 112, vil gøre det lettere for os at forstå telefonen. *M* er en lille papæske, som vi ser i tværsnit. På bunden og ved låget er der kobberplader, hvortil man har sat klemkruer. Mellemrummet mellem bund og låg er fyldt op med stykker af buelampekul.

Fra tørrelementet *E* sender vi nu en strøm hen til den øverste kob-

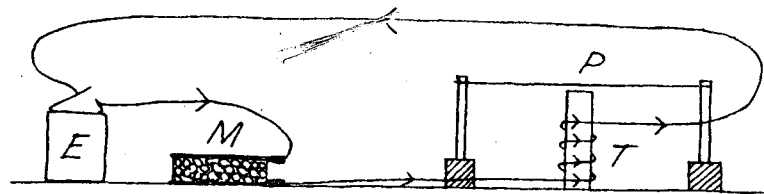


Fig. 112. Telefonmodel.

berplade; strømmen går gennem kulstykkerne til den nederste plade og videre hen gennem trådrullen *T**). Herfra går strømmen så tilbage til tørrelementet. *P* er en tynd jernplade, som er gjort fast til to stativer; den befinder sig et lille stykke over trådrullens jernkerne.

Hvilken pol har vi foroven i jernkernen? Hvorfor bøjer *P* sig lidt nedad?

Hvis du trykker på låget af papæskan *M*, kommer kulstykkerne inde i æsken til at ligge tættere sammen, og de gør mindre modstand. Strømmen, der går gennem kulstykker og ledninger, bliver derfor kraftigere end før, og jernstykket *P* bliver trukket mere ned mod trådrullen. Holder vi op med at trykke på papæskan, går *P* tilbage til sin oprindelige stilling. Når den øverste plade i *M* presses nedad, vil pladen *P* også bevæge sig ned.

Vi går så over til at tale om selve telefonen. Det apparat, man holder for øret, når vi telefonerer, kaldes en *telefon*; det apparat, vi taler i, kaldes en *mikrofon*.

Mikrofonen er indrettet næsten ligesom æsken *M* fra fig. 112, idet vi har to kul- eller metalplader med kulpulver imellem sig. Pladerne er gjort fast i et hylster af isolerende stof.

Også telefonen er omgivet af isolerende materiale. Der er de samme ting som i højre del af fig. 112. Jernkernen i trådrullen *T* har enten form af en stang eller en hestesko. Til *P* svarer en cirkelrund jernplade.

Lad os tænke os, at vi synger tonen *a* ind i afsenderstationens mikrofon. Vore stemmebånd sætter luften i bevægelse, og luften får derefter den yderste plade i mikrofonen bragt i svingninger, 440 gange i sekundet.

Hver gang pladen svinger indad, vil jernpladen *P* i modtager-telefonen også bevæge sig indad. Dette lærte vi, da vi hørte om telefonmodellen. Pladen *P* svinger altså også 440 gange i sekundet, og herved

*) Kan f. eks. være en Roller-Pricks-spole på 600 vindinger.

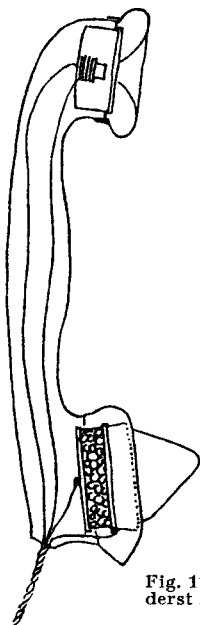


Fig. 113. Et snit igennem en moderne telefon. Øverst telefonen og nederst mikrofonen. Der findes fire ledninger inde i telefonsnoren.

bringes luften udenom den ligeledes i bevægelse. Holder vi øret hen foran telefonen, får luften trommehinden til at svinge, og vi hører tonen *a*.

Det gælder ikke blot for tonen *a*, men i al almindelighed, at pladen på afsenderstationens mikrofon svinger på samme måde som pladen på modtagerstationens telefon. Taler man ind i mikrofonen, kan man i modtagerstationens telefon høre, hvad der er blevet sagt i mikrofonen.

Skal der kunne telefoneres begge veje, må hver station have en mikrofon og en telefon. Telefonen i den ene station er i forbindelse med mikrofonen i den anden, og omvendt. Der går derfor fire ledninger mellem de to stationer. I moderne telefonapparater er telefon og mikrofon sammenbygget (fig. 113).

Den elektriske strøm kan sønderdele vand.

Vi vil nu se, hvad der foregår, når vi sender en elektrisk strøm gennem vand. I fig. 114 er *A* beholderen, som indeholder vandet. Vi kommer lidt svovlsyre deri; vandet gør så mindre modstand mod strømmen. Ledningerne *N* og *P*, hvortil der foroven er fastgjort to små platinplader, er sat i forbindelse med polerne på et batteri. Strømmen går nede i vandet fra den ene plade til den anden. Vi ser, at der bobler luft op fra pladerne; lad os prøve, om det er almindelig luft.

Fyld to glastrør, *I* og *B*, der er lukkede i den ene ende, med vand, hold for åbningerne og stik dem ned i det vand, der er i beholderen. Hvorfor løber vandet i glastrørene ikke ud, når vi slipper? Sæt rørene hen over de to platinplader og hæng dem på de to kroge, der er for oven på stativet.

Luften bobler nu op i de to rør og presser vandet ud af dem; røret *B* fyldes hurtigst. Tag det op, hold det med åbningen nedad og sæt en

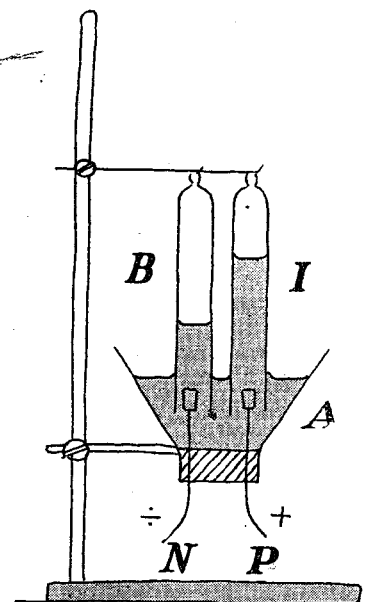


Fig. 114. Vandsønderdelingsapparat.

tændstik til åbningen; vi ser, at luften i røret brænder med svagt lysende flamme. Det er altså ikke almindelig luft, der er i røret; det er en luftart, der kaldes *brint*.

Når røret *I* er fyldt med luft, tager vi det op. Men inden åbningen kommer op over vandet, sætter vi fingeren for. Vi vender nu røret med åbningen opad og tager fingeren bort. Stik en glødende træpind ned i røret; den bryder i flamme. Den luftart, der er i røret, nærer ilden og kaldes derfor *ilt*.

Når vi sender en strøm gennem vand, adskilles det i to luftarter: *ilt* og *brint*. Der dannes dobbelt så meget *brint* som *ilt*. *Brint* kan brænde. *Ilt* nærer ild. *Brint* er lettere end almindelig luft; *ilt* er tungere. *Ilt* dannes ved den plade, hvor strømmen går ind i vandet; *brinten* dannes der, hvor strømmen går bort.

Hvorfor måtte vi før holde det ene rør med åbningen nedad, det andet med åbningen opad?

Jo stærkere strømmen er, jo mere *ilt* og *brint* dannes der i hvert minut. Strømmens styrke måles i ampère. Strømstyrken er 1 ampère, når strømmen i 1 minut danner $7\frac{1}{2}$ cm³ *brint* (kun nøjagtigt ved 20° og trykket 76 cm).

Fyld det ene rør med vand og sæt det over den plade, hvor *brinten*

dannes. Se, hvor mange minutter det varer, inden røret er fyldt med brint. Mål rørets rumfang og regn ud, hvor meget brint, der er dannet i 1 minut. Hvor stor er strømstyrken?

Akkumulatoren.

I et glaskar hældes fortyndet svovlsyre, og der anbringes en træ- eller ebonitplade ovenover. Fra træpladen stikker der et par godt rensede blyplader ned i vædsken. Vi forbinder blypladernes klemmskruer med et galvanoskop; da pladerne er ens, kommer der intet udslag på galvanoskopet.

Dernæst forbinder vi et lommelampebatteri (eller bedre to) med blypladerne og et galvanoskop, sådan som fig. 115 viser det. Idet strømmen går gennem glaskarret, ser vi, at der kommer bobler ved de to blyplader; der dannes ilt og brint. Efter nogen tids forløb ser vi, at pladen, hvor strømmen går ind, er blevet brun. Der er sket dette, at noget af iltten er gået i forbindelse med bly, hvorved der dannes et stof, som kaldes blyoverilte.

Nu er pladerne ikke længere ens, og når vi fjerner lommelampebatteriet, giver galvanometret et udslag, som viser sig at gå i modsat retning af det forrige (fig. 116).

Glaskarret med blypladerne kaldes en *akkumulator*. Når vi sender strøm igennem det, siger vi, at akkumulatoren er blevet opladet. Tager man strøm fra akkumulatoren, siger man, at den udlades. Pladerne vil herved efterhånden blive ens, så man atter må oplade akkumulatoren, for at den kan give strøm.

Akkumulatorer kan bygges sådan, at de kan give en kraftig strøm. De anvendes bl. a. i automobiler.

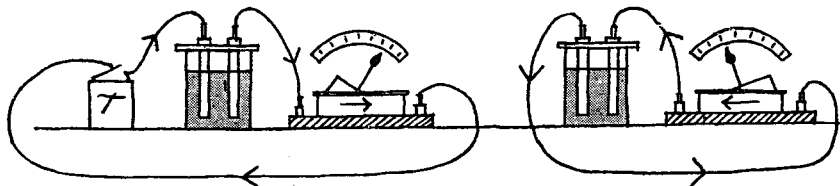
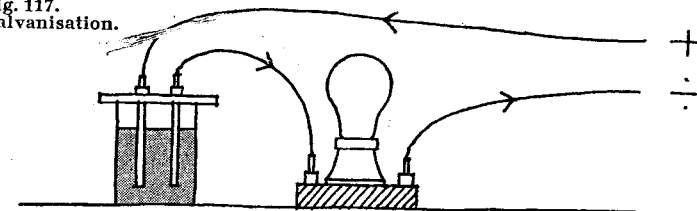


Fig. 115. Fra elementet sendes strøm gennem akkumulatoren.

Fig. 116. Akkumulatoren er opladet og kan frembringe en strøm.

Fig. 117.
Galvanisation.



Galvanisation.

Det er ikke alene vand, der kan sønderdeles af den elektriske strøm. Der udskilles stoffer af alle ledende vædske (undtagen kviksølv), når vi sender en strøm gennem dem.

Lad os opløse noget *kobbersulfat* i vand; vi får en blå vædske. Stik en knivspids ned i den. Vi ser, at der sætter sig kobber på knivspidsen; der er altså kobber i vædsken.

Vi hælder nu den blå vædske i et kar og anbringer 2 metalplader i den. De er fastgjort til en træplade, således som tegningen viser. Vi må sikre os, at der ikke sætter sig kobber på dem; pladerne må altså ikke være af jern ved dette forsøg.

Metalpladerne forbindes med byelektricitetens poler, idet der indskydes en glødelampe som modstand. Strømmen går nu gennem vædsken fra den ene plade til den anden. Når der er gået nogen tid, tager vi pladerne op og ser efter, om der har udskilt sig stoffer på dem.

Sender vi en strøm gennem en vædske, der indeholder et metal, afsætter metallet sig på det sted, hvor strømmen går bort fra vædsken.

Vi vil prøve at sende strømmen gennem en vædske, der indeholder bly. Vi bruger det samme apparat som før, men ombytter træpladen med en anden, hvortil der er fastgjort to blytråde, som stikker ned i vædsken. Denne er en fortyndet opløsning af blyacetat i destilleret vand.

I løbet af kort tid ser vi blanke blykrystaller vokse ud fra den ene tråd; det er bly fra blyacetatet, der afsætter sig på den negative blytråd. Samtidig opløses der lige så meget bly fra den positive blytråd, således at opløsningens blyindhold bliver uforandret.

Hvis man vil forsøve skeer eller gafler, bærer man sig ad på følgende måde: Det kar, som anvendes til forsølvningen, er meget større end det, vi har benyttet til vore galvanisationsforsøg. I karret er en vædske, som

indeholder sølv. Den positive plade består af sølv, medens den anden plade er erstattet med skeerne, der skal forsølves. Når strømmen sendes gennem den sølvholdige vædske, vil der sætte sig et lag sølv på skeerne.

En ske, der er lavet af billigere metaller og overtrukket med sølv, kaldes en plet-ske.

Sølvpladen bliver efterhånden tyndere og tyndere ligesom zinkbeholderen i et tørelement. Derved kommer der nyt sølv i vædsken; det erstatter det sølv, der afsætter sig på skeerne, så at vædsken stadig er lige sølvholdig.

Forgyldning og fornikling foregår på samme måde som forsølvning.

Som eksempel på galvanisation kan vi forsølvne en kobberfemøre. For at få et jævnt og smukt sølvlag på femøren, må vædsken indeholde kaliumsølvcyanid. Uden anvendelse af det meget giftige kaliumcyanid kan man på følgende måde lave sig et passende sølvbad: 2 g sølvnitrat opløses i destilleret vand, og ved tilsætning af lidt saltsyre får man udfældet sølvklorid, der efter omrøring lægger sig som et tungt bundfald på bunden af glasset. Efter at det har stået et par minutter, kan man hælde den ovenstående, klare vædske fra, og derefter skylles bundfaldet et par gange med destilleret vand; sølvkloridet bringes over i en porcelænsskål, som anbringes på en trefod. Der tilsættes 20 cm³ ammoniakvand og 2 g kaliumferrocyanid, og det hele koges i 5 minutter; derpå filtreres. Denne filtrering må i reglen gentages et par gange, da det røde bundfald, som er dannet ved kogningen, er tilbøjeligt til at gå med gennem filtret. Man kan godt benytte samme filtrerpapir hver gang. Vædsken fortyndes op til 200 cm³ med destilleret vand og er klar til brug.

Dernæst må vi rense femøren. Først koges den et par minutter i natriumhydroxyd, tages op og skylles godt; derefter lægges den et øjeblik i salpetersyre, tages op og skylles. Nu er metalfladen fuldstændig ren, og vi kan stille apparatet sammen (fig. 118).

Den ene ende af en kobbertråd skrabes blank og stikkes gennem hullet i femøren og bøjes om; den anden ende fastgøres til et stativ. Som positiv elektrode (anode) kan vi bruge en kulstang; den hele opstilling ses på figuren. Efter nogle minutters forløb er femøren overtrukket med sølv; den tages op og skylles, og derefter poleres den blank med lidt vådt sand.

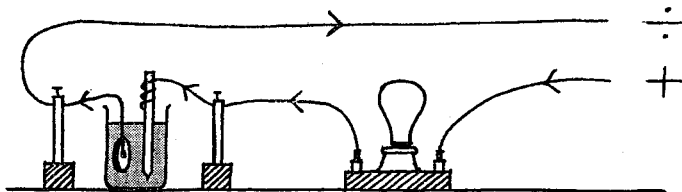


Fig. 118. Forsølvning af en femøre.

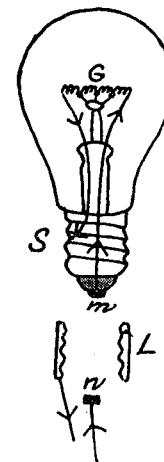


Fig. 119. Glødelampen og lampefoden.

Elektrisk lys.

Klem to kobbertråde fast til et batteris poler og forbind deres fri ender med en kort, tynd jerntråd (eller platintråd). Vi ser, at jerntråden gløder, men kobbertrådene bliver ikke en gang så varme, at vi kan føle det. Det kommer af, at modstanden i jerntråden er meget større end i kobbertrådene.

Prøv med en længere jerntråd, der har samme tykkelse som den forrige; den gløder ikke, fordi den svækker strømmen stærkt på grund af sin store modstand.

Strømmen frembringer varme overalt i ledningen. Der fremkommer mest varme i de dele af ledningen, der har stor modstand; en stærk strøm frembringer mere varme end en svag.

Denne varmeevne hos den elektriske strøm anvendes i elektriske strygejern, i kokekar og i glødelamper.

Glødelampen eller den elektriske pære består af en tilmeltet glasbeholder. Inde i pæren er der et stativ, som bærer en glødetråd G, lavet af metallet wolfram. Enderne af glødetråden er gjort fast til et par metaltråde, der går gennem glasbeholderens væg. Den ene metaltråd fører til skruegangen S, medens den anden fører til messingstykket m. Lampens nederste del, hvor S og m befinder sig, kaldes lampesoklen; den er kittet fast til resten af lampen. I lampesoklen er der ikke ledende forbindelse mellem S og m.

I lampefoden L er skruegangen og pladen n af messing og isoleret fra hinanden. Skrues lampen i lampefoden, rører m og n ved hinanden; pilene angiver, hvilken vej strømmen går gennem lampen.

Glasbeholderen er enten pumpet lufttom eller fyldt med luftarter, som ikke angriber glødetråden. Tråden er snoet i spiralform.

Buelampen. Fra byelektricitetens to poler lader vi ledninger føre hen til to kulstænger; i den ene af ledningerne har vi indskudt en modstand. Vi lader kulstængerne røre hinanden, hvorefter de atter fjernes lidt fra hverandre. Fra kulstængerne og fra luften imellem kommer der nu et meget stærkt lys, som kaldes kulbuelys.

Kulbuelys anvendes indenfor medicinen, da det virker helbredende på visse hudsygdomme. Desuden anvendes det, hvor man skal bruge meget kraftigt lys, f. eks. i biografer og lyskastere.

Lysrør. Billedet viser et tykt glastrør, der i hver ende er lukket med en gummi-prop. Gennem den ene prop går der et glastrør, som sættes i forbindelse med vandluftpumpen V . Desuden går der en kobbertråd (I) gennem hver gummi-prop. Kobbertrådene fører hen til induktionsapparatet, som vi senere skal høre om. Det frembringer høje spændinger. Det viser sig ved forsøget, at når der er pumpet tilstrækkelig luft ud af røret, bliver den ikke-udpumpede del af luften lysende.

Erstattes den atmosfæriske luft med en ny luftart, får vi en anden farve lys frem. Dette benytter man sig af ved reklamebelysning (neonrør).

Lysstofrørene, som har fået en stor anvendelse, indeholder i hver ende en glødetråd; i rørene findes noget kviksølv damp og en luftart, der kaldes argon. Sættes røret i forbindelse med lysnettet, vil luften give sig til at lyse. Dette lys rammer nogle stoffer, der er smurt på indersiden af røret, og disse stoffer udsender lys, som minder om dagslys (dagslysrør). Lysstofrør har flere gode egenskaber, bl. a. er de meget økonomiske i drift.

Smeltesikringen. Kommer elektriske ledninger på en eller anden måde til at røre hinanden, eller forbindes de gennem en meget lille modstand, bliver strømmen så stærk, at ledningen kan smelte og måske antænde brændbare stoffer i nærheden. Man siger, at der er sket en kortslutning.

For at undgå dette indskyder man forskellige steder i ledningen en smeltesikring, som består af en lille porcelænsbeholder PP , der udven-

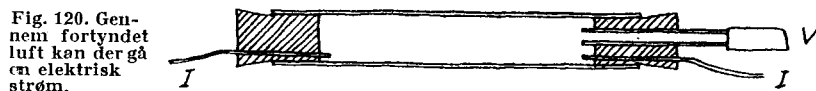
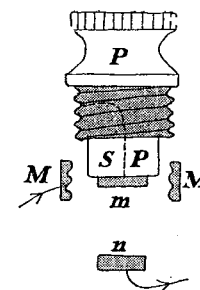


Fig. 120. Gennem fortyndet luft kan der gå en elektrisk strøm.

Fig. 121. Smeltesikringen.



dig har en skruegang af messing, som bliver skruet i messinggevindet MM . Strømmen går ind gennem MM og gennem tråden S til messingstykket m , derfra over til messingstykket n og videre. Tråden er lavet af sølv eller forsølvet kobber. Bliver strømmen for stærk, smelter tråden, og ledningen er afbrudt. Ved en almindelig husinstallation må strømmen ikke overstige 6 ampère.

Ohms lov.

Tidligere har vi lært om enheder for strømstyrke og modstand: *En ampère er den strømstyrke, som i et minut udskiller $7\frac{1}{2}$ cm³ brint i et vandsønderdelingsapparat (0° og 1 atmosfæres tryk).* *En ohm er den modstand, som findes i en kviksølvspøjle, der er 106,3 cm lang, 1 mm² i tværsnit og 0° varm.*

Vi har endvidere lært, at der mellem polerne på et element er en spændingsforskel, og at denne måles i volt.

Det er dog ikke blot mellem polerne af elementet, vi har en spændingsforskel. Det samme gælder for to vilkårlige punkter af ledningen, som forbinder polerne. Elektriciteten strømmer kun fra eet punkt i ledningen til et andet, når der er en spændingsforskel mellem de to punkter.

Fig. 122 skal forestille en ledning, hvorigennem der sendes en strøm på 1 ampère. Lad os antage, at stykket mellem A og B gør en modstand

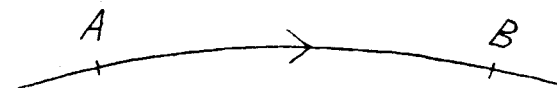


Fig. 122. Mellem A og B er der en spændingsforskel. A har større spænding end B .

mod strømmen på 1 ohm. Så siger vi, at spændingsforskellen mellem A og B er en volt. En volt er den spændingsforskel, som findes mellem to punkter af en ledning, når ledningsstykket mellem de to punkter gør en modstand på en ohm, og der gennem ledningsstykket går en strøm på en ampère.

Mellem de tre enheder ohm, volt og ampère gælder der en sammenhæng, som kaldes *Ohms lov*. Den lyder: spændingsfaldet målt i volt, hen langs en ledning, er lig ledningens strømstyrke, målt i ampère, gange med ledningsstykkets modstand, målt i ohm. Vi skriver loven kortere:

$$\text{volt} = \text{ampère} \cdot \text{ohm} \quad (1)$$

$$\text{eller} \quad \text{ampère} = \frac{\text{volt}}{\text{ohm}} \quad (2)$$

$$\text{eller} \quad \text{ohm} = \frac{\text{volt}}{\text{ampère}} \quad (3)$$

Eksempel 1: I en ledning er strømstyrken 2 ampère og modstanden 4 ohm. Hvad er spændingsfaldet i ledningen?

Vi anvender ohms lov på form (1):

$$\text{spændingsfaldet} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ volt.}$$

Eksempel 2: I en ledning er spændingsfaldet 10 volt, strømstyrken 2 ampère. Find modstanden.

Eksempel 3: Et ledningsstykke har modstanden 100 ohm. Når spændingsfaldet er 20 volt, hvad er da strømstyrken?

Eksempel 4: I en glødelampe er glødetråden et stykke ledning, hvor på vi kan anvende Ohms lov. Hvis spændingsforskellen mellem trådenderne er 220 volt og strømstyrken $\frac{5}{44}$ ampère, hvad er da modstanden?

Vi benytter Ohms lov på form (3):

$$\begin{aligned} \text{modstanden} &= 220 \cdot \frac{5}{44} = 220 \cdot \frac{44}{5} = \frac{220 \cdot 44}{5} = \\ &44 \cdot 44 = 1936 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Betaling for elektricitet.

På en lampe står der anført nogle tal, f. eks. 220 V og 25 w. V betyder volt, medens w er en forkortelse for watt. Antallet af watt er lig produktet af strømstyrke og spændingsforskel, altså:

$$\text{watt} = \text{ampère} \cdot \text{volt}$$

$$\text{eller} \quad \text{ampère} = \frac{\text{watt}}{\text{volt}}$$

Eksempel 1: For en lampe på 25 watt, sat til bynet, får vi:

$$\text{strømstyrken} = \frac{25}{220} = \frac{5}{44} \text{ ampère}$$

Denne lampe er netop den, hvis modstand vi i eksempel 4 i forrige afsnit fandt til 1936 eller næsten 2000 ohm.

Eksempel 2: På et strygejern står der 220 V og 440 w. Find strømstyrken i glødetråden, som ligger inde i strygejernet. Benyt dernæst Ohms lov til at finde trådens modstand.

Bruger man 25 watt-lampen i tre timer, siger man, at det elektriske energiforbrug er $25 \cdot 3 = 75$ watt-timer. En 500 watt-varmeovn, der bruges i to timer, har et energiforbrug på $500 \cdot 2 = 1000$ watt-timer. Denne størrelse kaldes også en *kilowatt-time*.

Når man skal betale for elektriciteten, betaler man for antallet af kilowatt-timer, man har brugt. På elektricitetsregningen står der måske, at forbruget har været 44 kilowatt-timer. Hvis hver kilowatt-time koster 35 øre, hvad lyder elektricitetsregningen da på?

Eksempel 3: En 25 watt-lampe er tændt i 4 timer. Hvor stort er elektricitetsforbruget, målt i watt-timer? Hvor mange kilowatt-timer? En kilowatt-time koster 35 øre. Hvor mange øre har det så kostet at have lampen tændt?

Foruden 220 V og 25 w står der endnu et tal på pæren. Der kan måske stå 235 lm. lm betyder lumen, og tallet er et mål for hvor meget lys, man får fra lampen.

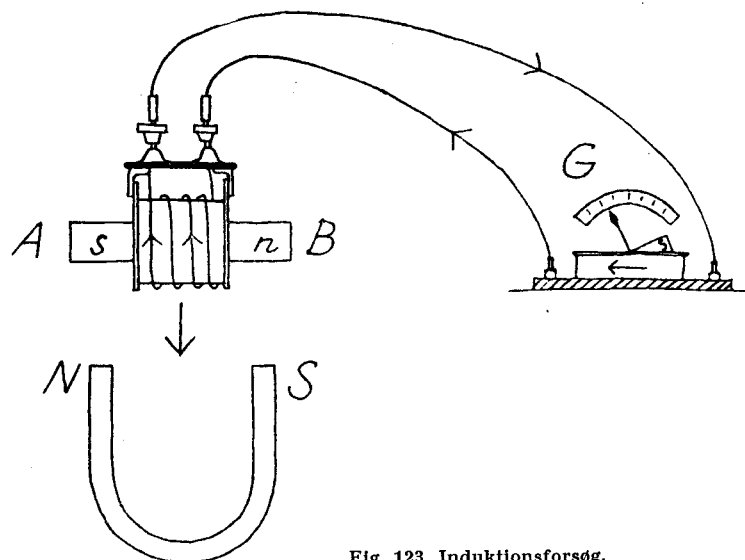


Fig. 123. Induktionsforsøg.

Induktionsstrømme.

Vi har lært, at vi kan frembringe elektricitet ved gnidning og fordeling. I galvaniske elementer fremkommer elektriciteten ved berøring. Vi skal nu tale om endnu en måde at frembringe elektricitet på; den er fundet af englænderen Faraday i året 1832.

AB (fig. 123) er en jernstang anbragt inde i en trådrulle (600 vindinger). Trådrullens ender forbindes med galvanometret G.

Jernstangen lægges hurtigt på polerne af en hesteskomagnet, som har polerne N og S. Vi ser nu, at galvanoskopets nål svinger ud; der må være opstået en strøm i rullen.

Når nålen er kommet i ro, fjerner vi hurtigt AB fra elektromagneten; vi ser, at nålen slår ud til modsat side.

Da vi nærmede jernstangen AB til elektromagneten, opstod der i dens ender polerne n og s; da vi fjernede AB, forsvandt n og s. *Det er denne opstående og forsvindende magnetisme, der har frembragt strømmen i rullen.*

Når der i enderne af et stykke jern opstår eller forsvinder magnetpoter, fremkommer der strøm i en metaltråd, der er viklet omkring jernet. Strømmen kaldes en induktionsstrøm; metaltråden kaldes induk-

tionslederen. De induktionsstrømme, der fremkommer, når magnetismen opstår og forsvinder, går i modsat retning. De varer kun så længe magnetismen er i færd med at forandre sig.

Vi vil nu se, hvilken regel der gælder for induktionsstrømmens retning.

Når jernstangen nærmes til elektromagneten, opstår polerne n og s. På galvanoskopet kan vi se, at induktionsstrømmen går den vej, som pilene på billedet viser. Brug reglen om højre hånd: vi ser, at induktionsstrømmen stræber at lave s om til en nordpol (og n til en sydpol).

Induktionsstrømmen forsøger på at tilintetgøre opstående poler.

Når jernstangen fjernes fra elektromagneten, forsvinder polerne n og s, og induktionsstrømmen går modsat vej; den stræber altså at lave nordpol ved n (og sydpol ved s). *Induktionsstrømmen prøver på at holde på de forsvindende poler.*

Resultatet af forsøget kan også udtrykkes på en anden måde, som vi får brug for ved dynamomaskinen. Når AB nærmes til hesteskomagnetens poler, stræber induktionsstrømmen jo at frembringe en nordpol ved s og sydpol ved n. Hvis det lykkes den at frembringe disse poler, ville de frastødes af N og S, og vi ser altså, at induktionsstrømmen stræber at lave poler, der modarbejder, at jernstangen bliver nærmet. Fjernes AB, forstærker induktionsstrømmen polerne s og n; den stræber altså at modarbejde, at jernstangen bliver fjernet. Vi ser, at *induktionsstrømmen stræber at forhindre den bevægelse, der fremkalder den.*

Induktionsapparatet.

Hvis vi stadig vil have strøm i induktionslederen, skal magnetismen i jernstangen stadig opstå og forsvinde. Vi skal nu se, hvordan dette sker i induktionsapparatet.

Elektromagneten (fig. 124) er indrettet således, at strømmen slutter og afbryder sig selv ligesom ved ringeapparatet. E er elektromagneten; dens kobbertråd er kort og tyk. Ankeret A sidder på fjederen F, der er gjort fast på det bræt, der bærer hele induktionsapparatet. På messingstykket M sidder der en skrue, der rører ved fjederen. Strømmen går fra akkumulatoren Ak gennem M over fjederen F; derfra går den gennem elektromagnetens kobbertråd tilbage til akkumulatoren, sådan som pilene viser.

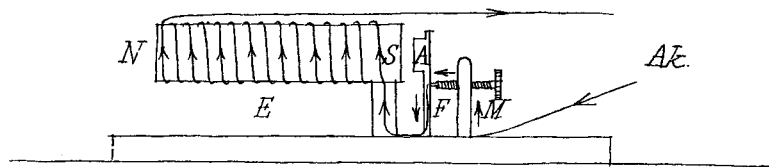


Fig. 124. Induktionsapparat uden induktionsleder.

Elektromagneten er nu magnetisk; hvilken regel skal vi bruge for at se, om polerne *N* og *S* er anbragt rigtigt på tegningen? Sydpolen tiltrækker ankeret, og strømmen afbrydes på det sted, hvor skruen rører fjederen.

Forklar, hvorfor elektromagneten skiftevis bliver magnetisk og umagnetisk.

Uden om elektromagneten er der anbragt en rulle af meget lang, tynd kobbertråd*), induktionslederen, hvis ender er gjort fast til de to klem-skruer oven på rullen (fig. 125). Sætter vi to håndtag af metal i forbindelse med induktionslederens klem-skruer og tager fat i dem, får vi induktionsstrømmen gennem os. Vi kan mærke den i hænderne og armene.

Når batteristrømmen afbrydes, forsvinder polerne *N* og *S* (fig. 125); hvilken vej går så induktionsstrømmen? Når batteristrømmen sluttes, opstår polerne *N* og *S*. Hvilken vej går induktionsstrømmen nu? Strømme, der stadig skifter retning, kaldes *vekselstrømme*.

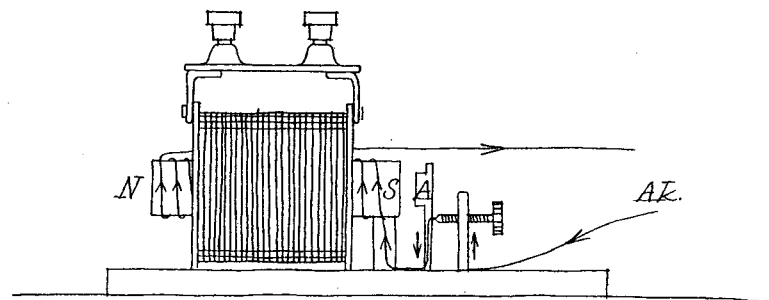


Fig. 125. Induktionsapparat med induktionslederen anbragt.

*) F. eks. en Roller-Pricks-spole på 600 vindinger.

Når apparatet er i gang, opstår der en elektromotorisk kraft i hver af induktionslederens vindinger. Vi kan sammenligne induktionslederen med et batteri, der består af mange elementer; hver vinding svarer til et element. Der er derfor meget stor spændingsforskel mellem induktionsapparatets poler; den kan være mange tusinde volt. Hvor stor er akkumulatorens elektromotoriske kraft, hvis den består af 5 celler, hver med en elektromotorisk kraft på 2 volt?

Induktionsapparatets elektromotoriske kraft er altså meget stor i sammenligning med akkumulatorens.

I et stort induktionsapparat kan induktionslederens kobbertråd være flere km lang; klemmer man to kobbertråde fast til polerne, kan der springe gnister på 1 meters længde over mellem dem.

Den strøm, som går gennem os, når vi tager fat i induktionsapparatets håndtag, er temmelig svag, skønt apparatet har stor elektromotorisk kraft; det ligger i, at modstanden i legemet og i induktionslederen er meget stor.

Dynamomaskinen.

Dynamomaskinen bruges til at frembringe stærke induktionsstrømme. Den er indrettet således, som tegningen viser (fig. 126), *N* og *S* er polerne på en hesteskoformet elektromagnet (*N* er nordpol, *S* er sydpol). Mellem dem er der en jernring, der kan dreje om en akse. Omkring jernringen er der viklet en i sig selv tilbageløbende kobbertråd; den danner altså en spiral, hvis ender er loddet sammen. Kobbertrådens vindinger er blanke på ydersiden, men de er isolerede fra hinanden indbyrdes og fra jernringen; der er i virkeligheden flere vindinger end på tegningen, og de ligger tæt op ad hinanden.

A og *B* er to kobberfjedre, som trykker mod kobbertrådens blanke yderside; de er fastgjorte på opstandere og bliver altså på deres plads, når ringen drejes rundt. Den ledning, som strømmen skal gennemløbe, går fra den ene kobberfjeder til den anden. Ringen drejes rundt i samme omløbsretning som viserne på et ur.

Polerne *N* og *S* frembringer i jernringen polerne *s* foroven og *n* forneden. Når ringen drejes rundt, bliver hvert stykke af den magnetisk, når det er lige ud for *N* og *S*, og umagnetisk, når det ikke er lige ud for *N* og *S*. I jernringens kobbertråd må der altså opstå induktionsstrømme,

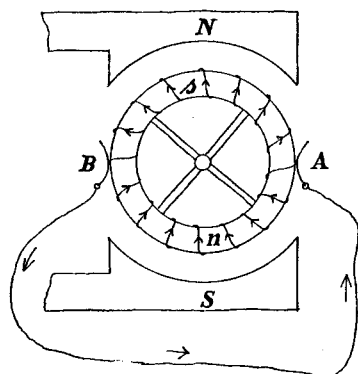


Fig. 126. Dynamomaskinen. Ringen drejes rundt i samme omløbsretning som viserne på et ur.

som stræber at modarbejde denne opstående og forsvindende magnetisme.

At disse induktionsstrømme går i den retning, som pilene på figuren viser, kan vi indse således: betragter vi ringens øverste og nederste halvdel som to halvcirkelformede elektromagneter, ser vi ved hjælp af reglen med højre hånd, at induktionsstrømmen frembringer en nordpol i ringen ved B og sydpol ved A, og vi ser let, at N og S vil påvirke disse poler med kræfter, der stræber at forhindre ringens omdrejning; men dette stemmer jo netop med den sidste regel side 101.

Når dynamoens jernring drejes rundt, opstår der induktionsstrømme i de to dele af kobbertråden, som er viklet om ringens øverste og nederste halvdel. Begge steder løber strømmen hen mod fjederen B og bort fra fjederen A.

B er dynamoens positive pol, A dens negative pol. Fra polerne strømmer elektriciteten ud i ledningen; pilene langs ledningen viser strømmens retning.

En del af induktionsstrømmen ledes gennem elektromagnetens kobbertråd og magnetiserer elektromagneten. Dynamoens drejes rundt af en dampmaskine eller en turbine, som enten kan drives af vanddamp eller af vand (fig. 27).

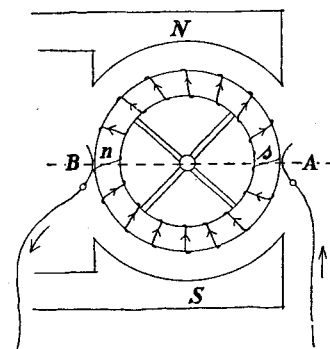


Fig. 127. Elektromotoren.

Elektromotoren.

På tegningen ser vi en elektromotor; den er indrettet nøjagtigt som dynamomaskinen. Sendes der en strøm gennem jernringens kobbertråd, løber ringen rundt. Vi skal nu se, hvordan det kan være.

Lad os antage, at strømmen træder ind ved fjederen A. Den deler sig i to dele; den ene løber om jernringens øverste halvdel, den anden om den nederste halvdel. Ved fjederen B forener de to dele sig igen og løber gennem B ud i den ydre ledning.

Hvordan magnetiseres ringens øverste halvdel af strømmen?

Hvordan magnetiseres ringens nederste halvdel af strømmen?

Passer det, at ringen får nordpol ved n, og sydpol ved s?

Den hesteskoformede elektromagnets poler N og S frastøder og tiltrækker n og s. I hvilke retninger går de fire kræfter, hvormed n og s påvirkes af N og S? Hvilken vej løber ringen rundt?

På elektricitetsværket frembringes strømmen af store dynamoer. Strømmen ledes gennem tykke kobbertråde hen til de steder, hvor den skal bruges. En del af den bruges til elektrisk belysning, en del til at drive elektromotorer.

I sporvogne er der en elektromotor i bunden af vognen. Fra vognens tag går der en stang op i luften; stangen bærer foroven et lille hjul, som rører ved en ledning, der bæres af opstandere i gaderne. Fra elektricitetsværket går strømmen ud i ledningen, fra denne gennem sporvognens stang ned gennem elektromotoren og gennem skinnerne tilbage til elektricitetsværket. Når elektromotorens ring løber rundt, drejer den sporvognens hjul. S-togslokomotiver drives på lignende måde som

sporvogne. De elektriske spændinger er blot meget større, 1500 volt mod sporvognenes 550 volt. Trolleybusser har to stænger, som rører hver sin luftledning. Strømmen ledes ind gennem den ene ledning og bort gennem den anden.

Vekselstrømsdynamo.

Jævnstrøm erstattes mere og mere af vekselstrøm, hvor strømmen i ledningen skifter retning 100 gange i sekundet. Vekselstrøm kan ligesom jævnstrøm få en lampe til at lyse op og kan bruges til at drive en motor.

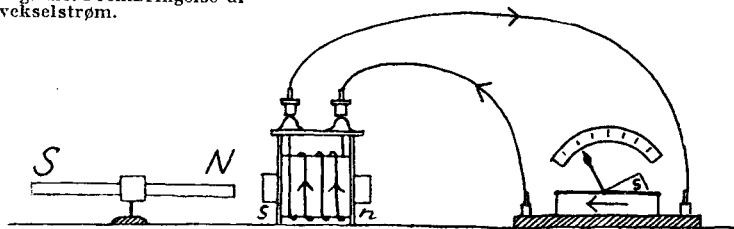
Midt i fig. 128 ser vi en trådrulle (600 vindinger), der er forsynet med en jernkerne. Trådrullens ender går hen til galvanoskopet. Til venstre på figuren er en magnet anbragt sådan, at den kan dreje om en lodret akse.

Lad os antage, at magnetens nordpol er i nærheden af trådrullen, men ikke lige ud for jernkernen. I jernkernen har nordpolen frembragt polerne *s* og *n*. Nu drejer vi magneten hen, så nordpolen kommer lige ud for jernkernen. Herved bliver polerne *s* og *n* stærkere, og dette frembringer en induktionsstrøm i trådrullen. Strømmen i trådrullen vil prøve på at forhindre polerne *s* og *n* i at blive stærkere; den går som angivet på fig. 128 og vil frembringe en nordpol ved *s* og en sydpol ved *n*.

Drejer vi nu magneten videre, bliver polerne *s* og *n* igen svagere. Dette vil induktionsstrømmen prøve på at forhindre ved at danne en sydpol ved *s* og en nordpol ved *n*. Strømmen skiftede retning i det øjeblik nordpolen passerede jernkernen.

Vi drejer magneten om den lodrette akse, og på galvanoskopet iagttag vi, at der er fremkommet en vekselstrøm.

Fig. 128. Frembringelse af vekselstrøm.



I en vekselstrømsdynamo kan man fremstille vekselstrøm med en høj spænding. Denne vekselstrøm kan man let lave om, så den får endnu højere spænding. Når dette er sket, kan man sende elektriciteten billigt over store strækninger. Senere kan elektriciteten atter laves om til en meget lavere spænding, så elektriciteten kan benyttes i huse og fabrikker.

Det er livsfarligt at røre ved ledningerne fra elektricitetsværket til forbrugerne, f. eks. når en mast er blæst om. Lige så farligt er det at røre ved metaltråde eller andre ledende ting (f. eks. en våd snor), der hænger ned fra ledningerne. Man må heller ikke berøre ledningsmasterne, da man også derved udsætter sig for at få den elektriske strøm igennem sig.

ALFABETISK REGISTER

Akkumulator	92	Hydraulisk presse	26
Ampère	91	Induktionsapparat	101
Aneroidbarometer	16	Isolator	71
Arkimedes lov	28, 37		
Ballon	30	Jetflyvemaskine	33
Barometer	15		
Betaling for elektricitet	99	Kogning	59
Buelampe	96	Kompas	68
		Kræfter	9
Centralopvarmning	49	Kunstig regn	57
Centrifugalpumpen	19	Kølemaskine	54
Cykelpumpen	21		
		Leidenfrost's forsøg	61
Dampmaskinen	62	Lokomotiv	64
Damptryk	58	Luftballon	30
Destillation	54	Luftens tryk	10, 14, 34
Dugpunkt	56	Luftpumper	21
Dykkeren	22	Lyn	78
Dynamo	103	Lysstofrør	96
Elektricitet	70	Magdeburgske halvkugler	11
Elektriseringsmaskine	75	Magnetisme	65
Elektrisk lys	95	Mariottes lov	35
Elektrisk spænding	76		
Elektromagnet	85	Ohm	84
Elektromotor	105	Ohms lov	97
Elektroskop	71	Opdrift	30
		Opløsning	49
Fjedervægt	9		
Flydevægt	29	Pumper	16
Flyvemaskine	31		
Fordampning	51	Raket	31
Fortætning	51	Ringapparat	86
Galvanisation	93	Skyer	56
Galvanisk element	80	Smeltning	49
Galvanoskop	83	Stikhævert	17
		Strømlinieform	33
Hårrør	37	Sugehævert	12
		Sugepumpe	17

Telefon	88	Vandsønderdeling	90
Telegraf	87	Vandværket	20
Termometer	41	Varmefylde	44
Torricelli	14	Varmelære	39
Tryk i vædske	23	Varmens bevægelse	44
Trykkoger	61	Vekselstrømsdynamo	106
Trykpumpe	18	Volt	82, 98
Turbine	27	Vægtfylde	6, 37
Tørelement	81		
		W. C.-cisterne	13
Vandluftpumpe	21		
Vandpumpe	16	Ørsteds regel	83

INDHOLDSFORTEGNELSE

Mekanisk fysik	5
Varmelære	39
Magnetisme	65
Elektricitet	70
Alfabetisk register	108