

LÆREBOG

I

MAGNETISME OG ELEKTRICITET.

AF

H. O. G. ELLINGER.

KJØBENHAVN.

C. A. REITZELS FORLAG.

THIELES BOGTRYKKERI.

1887.

INDHOLD.

Magnetisme.

	Side
I. Den magnetiske Tilstand (1—10)	1.
Naturlige og kunstige Magneter. — Nord- og Sydmagnetisme.	
— Magnetisk Magazin. — Magnetpol. — Magnetisk Moment. —	
Hypothese om Magnetismen. — Magnetisering. — Armering	
af Magneter. — Loven for magnetiske Paavirkninger.	
II. Jordmagnetismen (11—19)	14.
Deklination og Inklination. — Magnetometer, Kompas og	
Inklinatorium. — Jordmagnetismens Intensitet. — Magnetiske	
Kort. — De magnetiske Konstanter Variation.	

Elektricitet.

I. Den elektriske Tilstand (20—33)	24.
Elektricitet ved Gnidning. — Elektrisk Fordeling. — Elektro-	
skop. — Elektricitetens Sæde. — Loven for elektriske Paa-	
virkninger. — Elektrisk Tæthed og Potential. — Elektrometer	
— Tab af Elektricitet.	
II. Apparater til Frembringelse og Opsamling af Elek-	
tricitet (34—42)	46.
Elektrophor. — Elektrisermaskine. — Fordelingsmaskiner. —	
Kondensator. — Franklins Ladningstavle. Leydnerflaske. —	
Lanes Maaleflaske. — Kondensator-Elektroskop.	
III. Den elektriske Udladning (43—48)	56.
Den elektriske Gnist. — Udladningsphænomenet. — Luft-	
elektricitet. — Lynaflederen. — Nordlys. — Elektricitetens	
Forplantningshastighed.	
IV. Berøringselektricitet (Galvanisme, Voltaisme) (49—60) 65.	
Berøring imellem faste Ledere. — Voltas Spændingslov. —	
Berøring imellem Metaller og Vædske. — Galvanisk Apparat.	
— Voltas Søjle. — Zambonis Søjle. — Berøring imellem	
Vædske. — Berøring imellem luftbeklædte Metaller og Væd-	
sker. — Konstante galvaniske Elementer.	

	Side
V. Den elektriske Strøm (61—66)	80.
Ohms Lov. — Kombination af flere Elementer. — Strømforgrening. Wheatstones Bro. — Strømvender.	
VI. Strømmens chemiske Virkninger (67—72)	89.
Vandekomposition. — Voltameter. — Chemisk Enhed for Strømstyrken og Ampère. — Faraday's elektrolytiske Lov. — Galvanoplastik. — Galvanisation. — Den galvaniske Polarisation. — Accumulatorer.	
VII. Strømmens magnetiske Virkninger (73—75)	98.
Ørsted's Forsøg. — Multiplikatoren. Differentialmultiplikatoren. — Tangensboussole.	
VIII. Bestemmelse af den elektriske Strøms Konstanter (76—78)	102.
Elektrisk Ledningsmodstand. Siemens' Enhed og Ohm. — Rheostat og Rheochord. — Modstandsbestemmelser. — Bolognetret. — Elektromotorisk Kraft.	
IX. Varme og Elektricitet (79—83)	107.
Varmeudvikling i Strømledningen. — Schönbeins Theori. — Elektrisk Belysning. — Thermoelektriske Strømme. — Peltiers Phænomen.	
X. Elektrodynamik (84—91)	116.
Elektriske Strømmes gjensidige Indvirkning. — En lukket Strømladers magnetiske Moment. — Solenoiden. — Ampères Theori om Magnetismen. — Rotationsapparater. — Webers Elektrodynamometer.	
XI. Elektromagneter. Diamagnetisme (92—96)	123.
Elektromagneter. — Elektrisk Ringeapparat. — Elektriske Uhre. — Elektrisk Telegraph. — Diamagnetisme og Paramagnetisme.	
XII. Absolute Enheder (97—98)	131.
Enheder for Længde, Tid, Masse, Kraft, Arbejde, Varme, Magnetisme, magnetisk Moment, Strømstyrke, Elektricitetsmængde, elektromotorisk Kraft, elektrisk Ledningsmodstand, Kapacitet.	
XIII. Induktion (99—116)	135.
Induktion ved elektriske Strømme og ved Magnetisme. — Extrastømme. — Induktionsstrømme af højere Orden. — Induktion i Legemer. — Induktionsapparater. Ruhmkorffs Maskine. — Magneto- og dynamoelektriske Maskiner. — Den elektriske Kraftforplantning. — Telefonen. — Mikrofonen.	

MAGNETISME.

I. Den magnetiske Tilstand.

1. Magnetisme er en Naturvirksomhed, der ytrer sig ved Tiltrækninger og Frastødninger imellem de Legemer, som besidde den. Den er først funden i enkelte Stykker Magnetjærnsten ved Byen Magnesia i Lilleasien; de Jærnertser, der have Magnetisme, vise denne derved, at Jærnfilspaaner, der komme i Berøring med dem, hænge ved.

Mere end disse »naturlige Magneter« anvender man dog kunstige Magneter, 1: Staal, i hvilket der — paa Maader, der senere skulle blive omtalte — er fremkaldt Magnetisme. Jærn og Staal kunne magnetiseres (s. Diamagnetisme og Paramagnetisme).

De kunstige Magneter kan man give hvad Form, man vil; i Reglen anvendes Stangformen (prismatisk eller cylindrisk) eller Hesteskoformen. Magnetismen er endvidere samlet langt bedre paa enkelte Steder i de kunstige Magneter end i de naturlige og kan gøres langt stærkere end i disse sidste.

Magnetismens Fordeling i en Staalomagnet ses bedst, naar man har sænket den i Jærnfilspaaner; disse hænge da stærkest ved i Magnetens to Ender, og derfra aftager Laget af Spaaner ind efter imod Midten; paa dette Sted finder der ingen Tiltrækning af Spaaner Sted, og det kaldes derfor Ligevægtsrummet. Magnetens to Ender kaldes Polerne.

2. Foreløbig var der ingen Forskjel imellem Polerne, men en saadan iagttages, naar man anbringer Magneten saaledes, at den kan dreje sig frit i en vandret Plan (hvilende paa en

Spids eller ophængt i en fin Traad); Magneten vil da altid søge hen til en bestemt Hvilestilling, om hvilken den udfører Pendulsvingninger, og i hvilken den staar omtrent i Retningen Nord til Syd — ikke nøjagtig: en lodret Plan igjennem Magneten i dens Hvilestilling, den magnetiske Meridianplan, danner med den astronomiske Meridian en Vinkel, som kaldes Deklinationen eller Misvisningen. Den Ende af Magneten, der søger mod Nord, kaldes Magnetens Nordende eller Nordpol, den, der søger imod Syd, dens Sydende eller Sydpol.

De Magneter, der anbringes paa de nævnte eller andre Maader for at være let drejelige, gjøres altid temmelig spinkle og kaldes derfor Magnetnaale; en Magnetnaal, der kun kan dreje sig i en vandret Plan, er en Deklinationsnaal.

Det vil nu altsaa i Reglen være let at finde en Magnets Nord- og Sydpol. At de Magnetismer, som findes i disse Poler, ere forskellige, hinanden modsatte, kan iagttages, naar man nærmer en Magnets Poler skiftevis til en Deklinationsnaals Poler; det viser sig da, at to Nordpoler frastøde hinanden, saavel som to Sydpoler, medens en Nordpol tiltrækker en Sydpol og omvendt. Vi tale derfor om Nordmagnetisme og Sydmagnetisme; to ensartede Poler frastøde hinanden, to uensartede Poler tiltrække hinanden.

3. Naar et Stykke Jærn nærmes til en Magnetpol, virker denne inducerende, s: den gjør Jærnet magnetisk, saaledes at der nærmest Magnetpolen kommer en med denne uensartet Pol, og fjærnest fra den en med den ensartet Pol; er Jærnet i Nærheden af en Nordpol *N*, faar det nærmest denne en Sydpol *s*, og fjærnest fra den en Nordpol *n*. At *n* er magnetisk, ses af den Tiltrækning, den udøver paa Jærnfilsaaner eller andre mindre Stykker Jærn, og at *n* er en

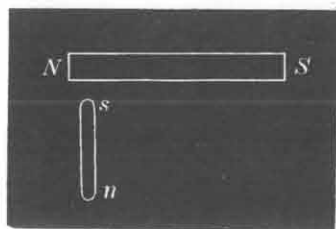


Fig. 1.

Nordpol, ses deraf, at den frastøder en Deklinationsnaals Nordpol.

Jo nærmere Jærnet er ved Magnetpolen, desto stærkere er den i Jærnet fremkaldte Magnetisme; fjærnes Magnetpolen,

bliver Jærnet atter umagnetisk, eller næsten umagnetisk, thi der bliver som Regel lidt »remanent» Magnetisme.

Naar Jærnet bringes til Berøring med Magnetpolen, vil denne kunne bære Jærnet, naar dette er tilstrækkelig let; denne Bæreevne hidrører fra Tiltrækningen imellem de to uensartede Magnetismer. At Jærnets Fasthængen ved Magnetpolen beroer paa, at det er blevet magnetisk, ses deraf, at naar man til *N* nærmer Sydpolen af en anden omtrent lige saa stærk Magnet, vil Jærnstykket falde af, men det er jo ogsaa blevet helt eller næsten umagnetisk, thi denne Sydpol vil ommagnetisere Jærnstykket.

Ogsaa i Staal vil en Magnetpol kunne fremkalde Magnetisme, men langt svagere, ligesom den heller ikke faar sin fulde Værdi strax, men voxer successive. Paa den anden Side vil Staal bevare sin Magnetisme, naar Magnetpolen, der fremkaldte den, fjærnes. Den Modstand, Staalet gjør imod at blive magnetiseret eller miste sin Magnetisme, kaldes dens Coercitivkraft, hvilken er desto større, jo mere hærdet Staalet er; i Jærn er den forsvindende lille.

4. **Magnetiske Magaziner.** Naar man lægger to lige lange Magneter sammen med de ensartede Poler til samme Side, virke de som én Magnet med større Styrke end de enkelte, men hvis Styrke dog ikke er lig Summen af de enkelte Magneters Styrke, fordi enhver af Magneterne vil søge at ommagnetisere den anden og altsaa svække den.

En Samling af Magneter med de ensartede Poler til samme Side kaldes et magnetisk Magazin. Vilde man danne et saadant ved at samle en Mængde Magneter i et Bundt og f. Ex. indeslutte dem i et Messingrør, saa vilde de inderste kun gjøre liden Nytte, da deres Magnetisme bliver svækket betydelig ved de Omliggendes Indvirkning, ja de kunne endog blive ommagnetiserede og gjøre da mere Skade end Gavn.

Man maa helst samle Magneterne saaledes, at deres Poler ligge lidt fra hverandre, hvilket kan ske derved, at Magneterne selv lægges lidt fra hverandre og ikke have nøjagtig samme Længde. Enderne af Magneterne fastgjøres da i Jærnstykker, som det er vist i Fig. 2. Er det f. Ex. 3

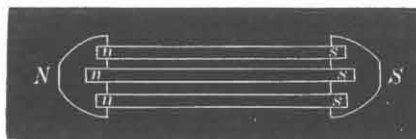


Fig. 2.

yderste; Krumningerne maa være ens.

5. **Magnetens Poler.** Vi have hidtil talt om Magnetens Poler som de to Ender af Magneten, altsaa de Steder, hvor Magnetismen virker stærkest. Vi skulle nu lidt nærmere definere Begrebet Magnetpol.

Betragte vi en Stangmagnet, saa findes der jo, saaledes som Tiltrækningen paa Jærnfilsplaaner har vist os det, Magnetisme langs hele Længden, meget svagt ved Magnetens Midte, stærkest ved Enderne, Nordmagnetisme i den ene Halvdel, Syd magnetisme i den anden. Vi betragte nu f. Ex. den nord-

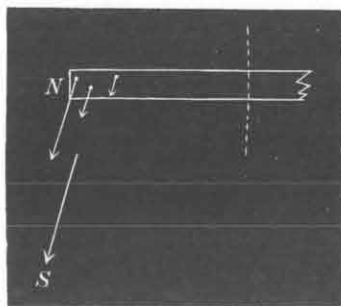


Fig. 3.

magnetiske Halvdel og tænke os en stærk, magnetisk Sydpol saa langt borte, at Retningerne til den fra Nordmagnetismens enkelte Elementer ere parallelle. Denne Sydpol virker da paa disse Elementer med parallelle Kræfter, hvis Størrelser hurtig aftage fra Magnetens Endeflade ind imod Midten; disse Kræfter faa derfor en med dem parallel Resultant, hvis Angrebepunkt

ligger lidt indenfor Endefladen, og dette Punkt er den egentlige Magnetpol. Beliggenheden af dette Punkt er uafhængig af Retningen hen til den nævnte Sydpol.

Magnetens magnetiske Midtlinie eller Axe er en Linie igjennem Magnetens to Poler.

Naar der altsaa er Tale om Virkninger paa Afstand, kunne vi tænke os Magnetismen i en Magnet samlet i dens to Poler, ligesom et Legemes Vægt er samlet i dets Tyngdepunkt; er Polens Magnetisme m og Magnetens halve Længde l (Af-

Hestekomagnet, man vil samle, fastgør man dem ovenpaa hverandre og har sørget for, at den midterste er lidt længere i Grenene end de to

standen imellem Polerne $2l$), da er $2ml$ Magnetens magnetiske Moment. Man har

$$ml = m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots$$

idet $m_1, m_2 \dots$ ere de frie Magnetismer langs hver af Magnetens to Halvdele, og $l_1, l_2 \dots$ disses respective Afstande fra dens Midte.

6. De forskellige magnetiske Forhold kunne forklares ved den Antagelse, at ethvert Stykke Jærns eller Staals Smaadele ere selvstændige Magneter, Molekularmagneter, med to lige stærke Magnetpoler, en Nord- og en Sydpol. I et umagnetisk Stykke Jærn eller Staal ligge Molekularmagneterne uordnede imellem hverandre, vendende Polerne til alle Sider, saa at Virkningen udadtil bliver Nul; men i en Magnet ere de ordnede saaledes, at alle de ensartede Poler vende til samme Side, og i den Ende, imod hvilken Molekularmagneterne Nordpoler vende, havs Magnetens Nordpol, og omvendt. I jo højere Grad denne Ordning er tilstede, desto stærkere er Magneten.

Molekularmagneterne efter en Magnets Længderetning skulle altsaa lejre sig saaledes, som Figuren viser. Det er aabenbart, at Molekularmagneterne ikke kunne være alle lige stærke, thi i saa Fald vilde to sammenstødende, modsatte Magnetpoler overalt ophæve Virkningen udadtil, og kun i de to Endeflader vilde der



Fig. 4.

være Magnetisme med en saadan Virkning; men Erfaringen har vist, at der ogsaa langs Magneten er en magnetisk Tiltrækning. — Det er de inderste Molekularmagneter, som ere de stærkeste, og dette ses let. I Magnetens ene, venstre, Halvdel skal der overalt være Overskud af Nordmagnetisme, altsaa Magnetismen n_1 er stærkere end Magnetismen s , saa at Molekularmagneten $n_1 s_1$ er stærkere end ns ; endvidere maa n_2 være stærkere end s_1 , etc. De Overskud af Magnetisme,

eller de frie Magnetismer, vi faa langs denne Del af Magneten blive da

$$n, n_1 - s, n_2 - s_1 \dots \dots \dots,$$

idet tillige $n > n_1 - s > n_2 - s_1$ etc., saaledes som Erfaringen har vist. — Paa lignende Maade gaar det i Magnetens anden Halvdel.

I hosstaaende Figur er Magnetens Midtlinie AB taget til Abscisseaxe, de frie Magnetismer afsatte som Ordinatorer, og Kurven CDE giver da et Billede af Fordelingen af den frie Magnetisme langs Magneten. Fodpunkterne af de Vinkelrette paa AB fra Tyngdepunkterne af de to Arealer ACD og DBE ere Magnetens Poler.

Naar vi tidligere have talt om Magnetismerne i en Magnet, er der underforstaaet frie Magnetismer.

Magnetiseringen skal altsaa bestaa i at dreje Molekularmagneterne, til de faa den omtalte Stilling; i Staal ere de vanskeligere at dreje

end Jærn, men ere de én Gang blevne drejede, beholde de ogsaa deres nye Stillinger, medens Molekularmagneterne i Jærn let gaa om i andre Stillinger, naar den Kraft, der har drejet dem, ophører med at paavirke dem.

7. At denne Forklaring er højst rimelig, kan ses af en Række Phænomener, ligesom ogsaa det, der er sagt i det Foregaaende, stadfæster den.

a. Knækker man saaledes en Magnet over i Midten eller et andet Sted, faar man ikke to Magneter, hver med én Pol, men to selvstændige Magneter med modsatte Poler i Enderne, og fortsættes Delingen videre, gjentager det samme sig.

b. Maaden at magnetisere paa og Resultatet deraf bestyrker det ogsaa. Vi sé det saaledes af et Stykke Jærns Magnetisering, naar det nærmes til en Magnetpol; den med dennes Magnetisme uensartede kommer nærmest, den dermed ensartede fjærnest. Er Jærnet en lang Stang, kan der dog komme flere end to Poler (Følgepunkter).

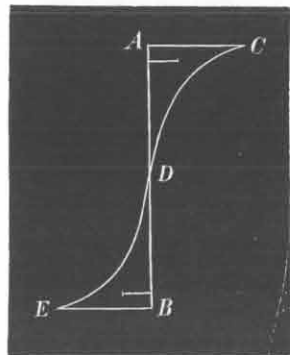


Fig. 5.

Et Stykke Staal magnetiseres derved, at man stryger hen over det stadig i samme Retning med den ene Ende af en Magnet; er dette en Nordpol, faar Staalet en Sydpol der, hvor man under Strygningen løfter Magneten af. Under Bevægelsen har den nævnte Nordpol drejet Molekularmagneterne saaledes, at de alle vende Sydpolerne hen til den Side, imod hvilken Nordpolen bevæges. Dette var Enkeltstrøget. Har man to Magneter til sin Disposition kan Magnetiseringen gaa hurtigere, idet hver Halvdel af Staalet bestryges med sin Magnet (med modsatte Poler), saaledes at der altid stryges fra Midten og ud-efter (det adskilte Strøg).

Ved Dobbeltstrøget benyttes ogsaa to Magneter med de uensartede Poler N og S_1 paa Staalet, og disse adskilte ved en lille Træklods. Træklodsen med de to Magneter bevæges fra Midten ud til den ene Ende af Staalet, tilbage til den anden Ende og saaledes videre frem og tilbage, og tages tilsidst af paa Midten. Alle Molekularmagneter dreje sig da, naar de komme imellem de nævnte to Magnetpoler, idet deres Sydende tiltrækkes af N og frastødes af S_1 , og deres Nordende tiltrækkes af S_1 og frastødes af N , medens Molekularmagneter, der befinde sig udenfor Rummet imellem N og S_1 , ikke drejes af disse, idet Paavirkningerne neutraliseres. Resultatet er, at Staalet bliver magnetiseret i begge Endes Retning.

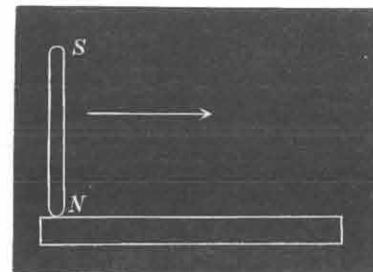


Fig. 6.

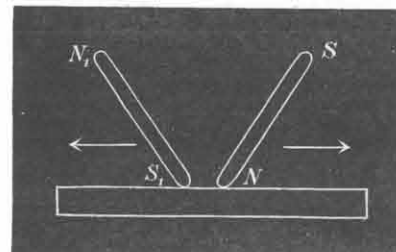


Fig. 7.

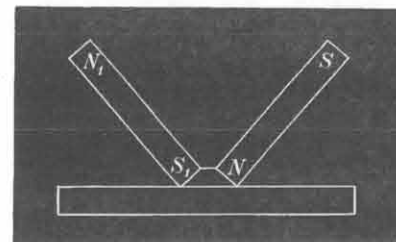


Fig. 8.

tatet viser ogsaa, at der kommer en Sydpol i den Ende af Magneten, imod hvilken N er rettet, en Nordpol i den Ende, imod hvilken S_1 er rettet.

Staalstykker af Hesteskoform magnetiseres paa lignende Maade.

Under Magnetiseringen bør man sørge for, at alle Steder af Overfladen bestryges. Det gavner at have Stykker af blødt Jærn liggende for Enderne af Staalet, medens dette magneti-

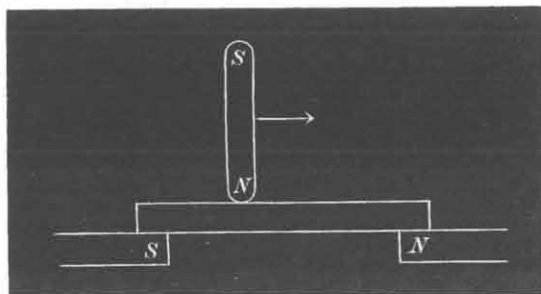


Fig. 9.

seres. Endnu bedre er det at lade Enderne af Staalet under Magnetiseringen hvile paa to modsatte Magnetpoler, som ville magnetisere det paa samme Maade som Strøget.

c. Magnetiseringen fremskyndes, naar Staalet bankes under Processen; derved opstaar der nemlig en Rystelse i det Indre, saa at Drejningen af Molekulerne lettes.

d. Følgende Forsøg stadfæster ogsaa Theorien om Molekularmagneter: Et Reagensglas fyldes tæt med Staalfilspaaner og lukkes med en Prop, hvorefter det stryges med en Magnetpol som nys omtalt, hvorved det bliver magnetisk; men tages saa Proppen af, og rystes Røret, hvorved Spaanerne faa andre Stillinger, gaar Magnetismen tabt.

e. Opvarmer man en stærk Magnet, taber den noget af sin Magnetisme, da Molekulerne ved den højere Temperatur blive lettere bevægelige; ved Afkøling faar den dog noget af Magnetismen igjen. Disse Tab af Magnetisme blive dog mindre og mindre ved gentagne Opvarmninger og Afkølinger, til de tilsidst blive forsvindende, og Magnetismen er da permanent, o: uaf-

hængig af Temperaturforandringer i mindre Maalestok. Ophedes en Magnet til Glødhede, mister den al sin Magnetisme. Omvendt faar man meget stærke Magneter ved at anbringe et Stykke hvidglødende Staal imellem to stærke, modsatte Magnetpoler, og medens det holdes i denne Stilling, afkøle det pludselig ved en Strøm af koldt Vand.

8. **Armering af Magneter.** Vil man bevare Magnetismen i en Magnet, f. Ex. fra Svækkelse eller mulig Ommagnetiseringen ved andre Magneters Indvirkning, maa man armere den, d. v. s. lade dens Poler være i Berøring med blødt Jærn, Armatur. Magnetpolen »tiltrækker» jo nemlig Magnetismen af modsat

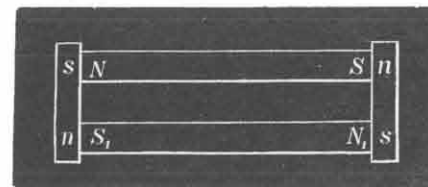


Fig. 10.

Art i Jærnet, og denne Magnetisme virker igjen tiltrækkende tilbage paa Magnetpolens Magnetisme og forhindrer derved en mulig Svækkelse. To lige lange Stangmagneter NS og $N_1 S_1$ armeres bedst paa den i Fig. 10 viste Maade. En Hestekomagnet armeres med ét Stykke Jærn, Ankeret, der lægges til de to Poler og fastholdes af begge disse, tilmed da det magnetiseres paa samme Maade af dem begge.

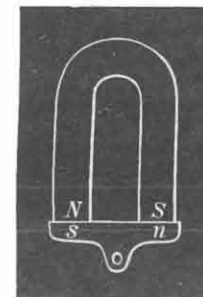


Fig. 11.

En naturlig Magnet armerer man ogsaa, da derved Magnetismen bedre samles. Paa de to Sider af Magneten, der have henholdsvis Nord- og Sydmagnetisme, lægges Plader af blødt Jærn, som ved Messingbaand holdes ind til Magneten; Pladerne have Fremspring forneden, og dér findes den armerede Magnets to Poler, saa at Ankeret lægges til dem.

9. **Magnetens Bæreevne.** Den Vægt, som en Magnetpol kan bære, angiver dens Bæreevne, og den findes

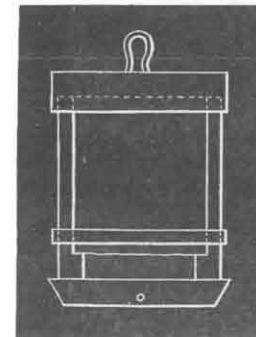


Fig. 12.

derved, at man lægger et Anker til Polen eller, hvis det er en Hestekomagnet og dennes Bæreevne skal findes, til begge Poler, og belaster dette Anker, indtil det netop falder af. Den Vægt, hvorved dette skér, lagt til Ankerets Vægt er den søgte Størrelse.

Vi kunne nu nok slutte, at jo større en Magnetpol eller en Magnets Bæreevne er, desto stærkere er dens Magnetisme, og det laa nær at sætte Magnetismen proportional med Kvadratrod af Bæreevnen, thi tænkes Magnetismen forøget til det dobbelte, fordobles ogsaa den i Ankeret fremkaldte Magnetisme, og Magneten skulde altsaa fastholde Ankeret med en fire Gange saa stor Kraft, men en Magnets Bæreevne afhænger f. Ex. ogsaa af Ankerets Form og Størrelse, saa at vi ikke i Bæreevnen kunne have noget Maal for Magnetismen.

Häcker har fundet, at en Hesteko- eller Stangmagnet, der var saa stærkt magnetiseret som overhovedet mulig, kunde bære $10,33\sqrt[3]{P^2}$ Kilogram, hvor P er Magnetens Vægt i Kilogram, men Formlen er dog ingenlunde paalidelig, thi Staalets Godhed er variabel, og man har fundet langt større Bæreevne.

Dertil kommer, at den Tid, i hvilken Belastningen har fundet Sted, er af ikke ringe Indflydelse. Ved successive at belaste en Magnet med visse Tids mellemrum kan man i betydelig Grad forøge dens Bæreevne, men rives Ankeret saa fra, vender Magneten tilbage til den Bæreevne, det havde fra Begyndelsen af.

10. *To Magnetpoler paavirke (tiltrække eller frastøde) hinanden med en Kraft, der er proportional med Produktet af deres frie Magnetismer og omvendt proportional med Kvadratet paa Afstanden imellem dem.*

Have de to Magnetpoler Magnetismen m og m_1 , og ere de i Afstanden a fra hinanden, skal Kraften, hvormed de paavirke hinanden, altsaa være

$$k = \frac{m \cdot m_1}{a^2};$$

$m = m_1 = 1$ og $a = 1$ (Cm.) giver $k = 1$. Enhed for Magnetisme er altsaa den Magnetisme, som paavirker en anden ligesaa stor Mængde Magnetisme i 1 Centimeters Afstand med Enhed af Kraft (1 Dyn; s. Absolute Enheder).

For at paavise denne Kraftens Afhængighed af Afstanden, ville vi til en Begyndelse antage, at den er omvendt proportional med n 'te Potens af Afstanden, og da bestemme n . Dertil anstilles følgende Forsøg:

a. En Magnet NS lægges vinkelret paa den magnetiske Meridianplan i Nærheden af en meget lille Deklinationsnaal ns , saaledes at dennes Forlængelse træffer Midtpunktet af NS . Naalen ns vil da i Polerne blive paavirket af Kræfter fra Polerne i NS : N tiltrækker s , og S frastøder s med ligestore Kræfter

$$k = \frac{m \cdot m_1}{sN^n},$$

idet m er den frie Magnetisme i hver af Magnetens, m_1 i hver af Magnetnaalens Poler. Disse to Kræfter k give en Resultant ss_1 , der er bestemt af Proportionen

$$\frac{ss_1}{k} = \frac{NS}{sN},$$

$$\text{altsaa } ss_1 = k \cdot \frac{NS}{sN} = \frac{m \cdot m_1 \cdot NS}{sN^{n+1}}.$$

Idet vi nu sætte $NS = 2l$, og antage $sN = a$, Afstanden imellem Magnetens og Magnetnaalens Midtpunkt, faar man

$$ss_1 = \frac{m \cdot m_1 \cdot 2l}{a^{n+1}}.$$

Størrelsen $2ml$ er Magnetens magnetiske Moment; betegnes dette ved M , havs

$$ss_1 = \frac{M \cdot m_1}{a^{n+1}}.$$

Naalens Nordpol n paavirkes af en ligesaa stor Kraft nn_1 til modsat Side, og disse Kræfter ville bevirke, at ns gjør et Udslag α ; naar Naalen kommer i Hvile, maa Resultanten af Kraften ss_1 og den Kraft K , med hvilken Naalens Poler

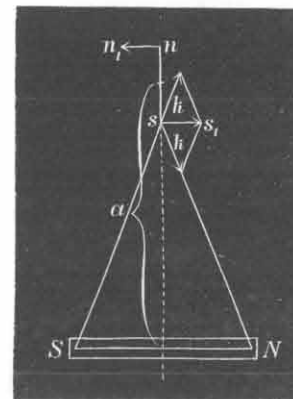


Fig. 13.

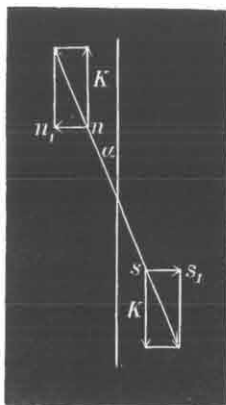


Fig. 14.

paavirkes i Retning af den magnetiske Meridian, ligge i Naalens Forlængelse; Betingelsen derfor er

$$tg \alpha = \frac{s s_1}{K} = \frac{M m_1}{K a^{n+1}}.$$

b. Magneten NS lægges dernæst vinkelret paa den magnetiske Meridian-plan saaledes, at dens Forlængelse træffer Midtpunktet af Naalen ns , og idet Afstanden a imellem Midtpunkterne er den samme som før. Som Forholdene ere i Fig. 15, vil S fratræde s med en Kraft k_1 , N tiltrække s med en Kraft k_2 , og er Naalen ns lille, kunne vi antage, at

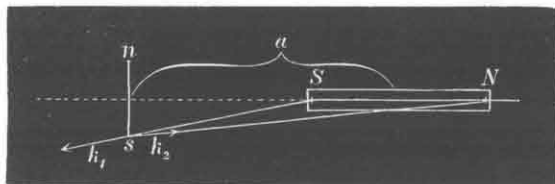


Fig. 15.

disse Kræfter virke imod hinanden, begge vinkelret paa ns ; den resulterende Kraft bliver da

$$\begin{aligned} k_s &= k_1 - k_2 = \frac{m m_1}{(a-l)^n} - \frac{m m_1}{(a+l)^n} = m m_1 [(a-l)^{-n} \\ &\quad - (a+l)^{-n}] = m m_1 \left[a^{-n} + \frac{-n}{l} \cdot a^{-n-1} \cdot (-l) \right. \\ &\quad + \frac{-n(-n-1)}{1 \cdot 2} a^{-n-2} \cdot (-l)^2 + \dots + \left(a^{-n} + \frac{-n}{l} \cdot a^{-n-1} \cdot l \right. \\ &\quad \left. + \frac{-n(-n-1)}{1 \cdot 2} \cdot a^{-n-2} \cdot l^2 + \dots \right) \Big] = m m_1 \cdot \frac{2n \cdot a^{-n-1} \cdot l}{1} \\ &= \frac{n \cdot m \cdot m_1 \cdot l}{a^{n+1}} = \frac{n \cdot M \cdot m_1}{a^{n+1}}, \end{aligned}$$

idet Leddene med lige Potens af l gaa bort af sig selv, og de med ulige Exponent fra Leddet med l^3 bortkastes, da de i Nævneren have en saa høj Potens af a , der jo er stor i Sammenligning med l .

Polen n paavirkes af en lige saa stor Kraft til modsat Side, saa at Naalen vil gjøre et Udslag β , som er bestemt ved

$$tg \beta = \frac{k_s}{K} = \frac{n \cdot M \cdot m_1}{K \cdot a^{n+1}}.$$

Af de i de to Forsøg erholdte Resultater faar man

$$\frac{tg \beta}{tg \alpha} = n,$$

og Forsøgene give dette Forhold lig 2, hvorved Lovens Rigtighed er godtgjort.

Udslagene α og β bestemmes ved Spejlaflæsning paa en Maade, der vil blive nævnt ved Beskrivelsen af Magnetometret; ved at vende Magneten NS om, saa at Polerne skifte Plads, og ved at lægge NS paa modsatte Sider af Naalen, kan man faa en Række Værdier af α og β , af hvilke Middeltallet tages.

Udslagene α og β vise sig at være uafhængige af, hvor stærkt magnetisk Naalen er, saa at Kraften K , med hvilken Naalen indstiller sig i den magnetiske Meridian, maa indeholde m_1 som Faktor og kan altsaa sættes lig $H \cdot m_1$, thi derved bortgaar m_1 af Udtrykkene for $tg \alpha$ og $tg \beta$, der da blive til

$$tg \alpha = \frac{M}{H \cdot a^3} \text{ og } tg \beta = \frac{2M}{H \cdot a^3}.$$

Den Kraft, med hvilken Polerne i den bevægelige Naal i den første Stilling bleve paavirkede, er altsaa

$$s s_1 = n n_1 = \frac{M m_1}{a^3},$$

hvorved Naalen faar et Drejningsmoment, der er lig denne Kraft multipliceret med Naalens Længde; er denne $2l_1$, bliver Momentet

$$\frac{M m_1}{a^3} \cdot 2l_1 = \frac{M M_1}{a^3},$$

hvor $M_1 = 2 m_1 l_1$ er den bevægelige Naals magnetiske Moment.

Er $M = M_1$, bliver Drejningsmomentet $\frac{M^2}{a^3}$, og sættes $M = 1$

og $a = 1$, bliver Drejningsmomentet 1, saa at den Magnet har Enhed af magnetisk Moment, som meddeler en anden Magnet med samme Moment i den nævnte Stilling og i Enhed af Afstand derfra et Drejningsmoment, der er 1, altsaa et Mo-

ment lig det, som 1 Dyn udøver paa Armen 1 Cm.; er Afstanden lig a imellem de to Magneter med Enhed af magnetisk Moment, vil Drejningsmomentet være $\frac{1}{a^3}$.

II. Jordmagnetismen.

11. Vi tænke os en Magnetnaal ns , der er frit drejelig om sit Tyngdepunkt, paavirket af en Magnet NS , hvis Poler ere saa langt borte i forskellige Retninger fra Naalen, at Retningerne fra Naalens to Poler til hver af Magnetens Poler ere parallelle. S tiltrækker da n og frastøder s med lige-

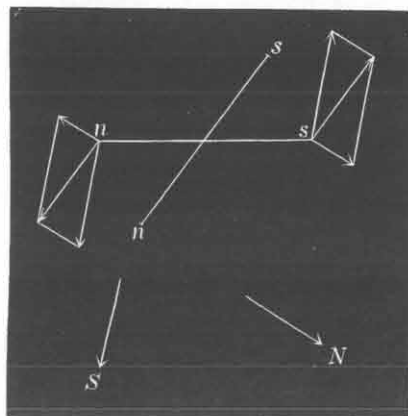


Fig. 16.

store, parallelle Kræfter, N tiltrækker s og frastøder n ligeledes med parallelle, ligestore Kræfter. Resultanterne af de paa n og s virkende Kræfter blive ligestore og parallelle, saa at de ville dreje Naalen om dens Midtpunkt til en Stilling, der er parallel med disse Resultanter, men nogen fremadskridende Bevægelse fremkalde de ikke.

Overalt paa Jorden, hvor vi lade en Magnetnaal dreje sig frit om sit Tyngdepunkt, vil den stille sig i en bestemt Stilling, og bringer man den ud fra denne, vil den søge tilbage dertil.

Jorden forholder sig altsaa som en stor Magnet, ogsaa saaledes, at den virker magnetiserende. Alle lodrette Jærnstykker (Kakkellovne, Vindueshængsler etc.) ere altid lidt magnetiske; stærkest viser denne Magnetisering sig i en Jærnstang, der holdes i den Retning, hvori en frit bevægelig Naal som nys nævnt stiller sig.

En Naal som den nævnte stiller sig i en bestemt lodret Plan, den magnetiske Meridianplan, der danner en vis Vinkel

med den astronomiske Meridianplan, Deklinationen eller Misvisningen, og i denne lodrette Plan stiller den sig med en bestemt Heldning, Inklinationen, imod Horisontens Plan.

Er en Magnetnaal ophængt saaledes, at den kun er drejelig i en vandret Plan, kaldes den, som før nævnt, Deklinationsnaal; en Naal som den nys nævnte er derimod en Inklinationsnaal. (I en fin Silketraad hænger en Metalgaffel med lodrette Grene, og i disse er der Lejer for en vandret Axe igjennem Naalens Tyngdepunkt).

12. Det er altsaa aabenbart, at Jordmagnetismen paavirker en Magnetnaals to Poler med ligestore, parallelle Kræfter i modsatte Retninger, hvilke ere bestemte ved Inklinationsnaalens Retning. Enhver af dem kan opløses i en horisontal og en vertikal Komposant. En Deklinationsnaal indstiller sig alene som Følge af den horisontale Komposant, thi den vertikale er vinkelret paa Naalens Drejningsplan; det er i § 10's Slutning vist, at denne horisontale Komposant er proportional med den frie Magnetisme m i Polen, og vi have sat den lig $H.m$, hvor H er den Kraft, med hvilken Jordmagnetismens horisontale Komposant paavirker Enhed af Magnetisme. Betegne vi hele Jordmagnetismens Virkning paa Enhed af Magnetisme ved I , den vertikale Komposants Virkning ved V , har man, idet Inklinationen er i ,

$$\sin i = \frac{V}{I}, \cos i = \frac{H}{I}, \operatorname{tg} i = \frac{V}{H}.$$

Det er aabenbart, at Jordens magnetiske Nordpol maa findes paa den sydlige Halvkugle af Jorden, den magnetiske Sydpol paa den nordlige Halvkugle.



Fig. 17.

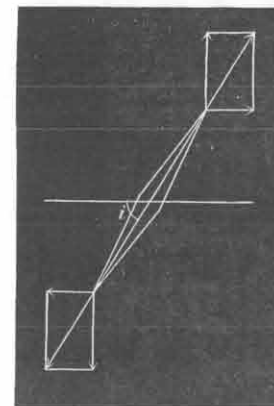


Fig. 18.

13. At Jordmagnetismen paavirker en Magnetnaals Poler lige stærkt til modsatte Sider, kan ses deraf, at en Traad, i hvilken der er ophængt en Deklinationsnaal, hænger fuldstændig lodret, og dersom man lægger en Magnet paa et Stykke Kork, som svømmer paa Vand, vil Korken kun drejes rundt, til Naalen befinder sig i den magnetiske Meridianplan, men anden Bevægelse fremkalder Jordmagnetismen ikke.

Anbringes Inklinationsnaalen saaledes, at den kun er drejelig i en lodret Plan vinkelret paa den magnetiske Meridian (Metalgaflens Grene holdes i den magnetiske Meridianplan), vil Naalen stille sig lodret, da Jordmagnetismens horisontale Komposant i saa Fald ingen Indflydelse har paa Naalens Stilling.

I det Følgende skal det vises, hvorledes Jordmagnetismens Konstanter — Deklination, Inklination og Intensitet — kunne bestemmes.

14. Bestemmelse af den magnetiske Deklination (Misvisning). Hertil benyttes Gauss's Magnetometer. Dette

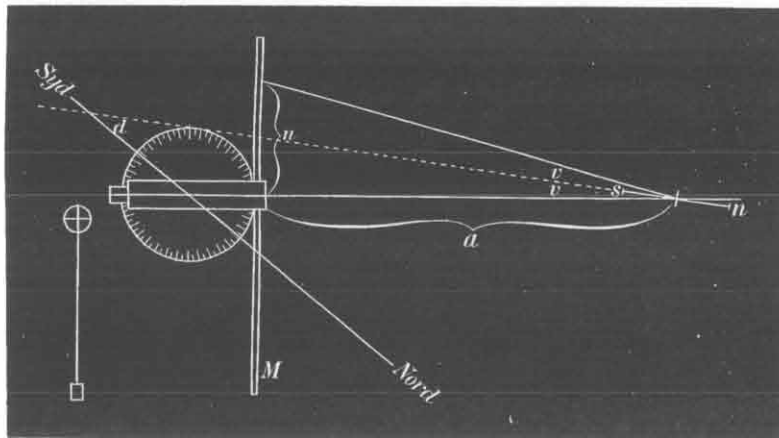


Fig. 19.

bestaar af en Theodolith (vandret, inddelt Kreds, hen over hvilken der kan drejes en Kikkert med Traadkors); omtrentlig vinkelret paa den magnetiske Meridian er der anbragt en Maalestok *M* lidt under Theodoliten. I Kikkertens optiske Axe, naar Kikkerten stilles vinkelret paa *M*, er Ophængningen

for en vandret Magnet, vinkelret paa hvilken der er befæstet et lille plant Spejl. Fra Objectivets øverste Punkt hænger der en Lodsnoer ned, saaledes at denne i Kikkerten ses over ét med Traadkorsets lodrette Traad. Man vil nu i Kikkerten, der er stillet vinkelret paa Maalestokken og rettet imod Spejlet, se Spejlbilledet af en lille Del af Maalestokken, og man iagttager den Inddeling, der dækkes af Traadkorset; Afstanden imellem denne Inddeling og den, foran hvilken Lodsnoeren hænger, være *n*. Idet Vinklen imellem Kikkertens optiske Axe og Magnetens Retning (Indfaldsloddet paa Spejlet) betegnes ved *v*, har man

$$\operatorname{tg} 2v = \frac{n}{a},$$

hvor *a* er Afstanden fra Maalestokken til Magnetens Midtpunkt; af dette Udtryk bestemmes *v*.

[Man vil let se, hvorledes Størrelsen af et Udslag, saaledes de i § 10 nævnte Vinkler α og β , kunne bestemmes med stor Nøjagtighed med dette Instrument].

Dernæst drejes Kikkerten hen i den iforvejen bestemte, astronomiske Meridian, og den tilbagelagte Vinkel α iagttages paa den inddelte Kreds. For Deklinationen *d* have da

$$d = \alpha \pm v,$$

+ eller - efter den Retning, hvori Kikkerten skal drejes hen til den astronomiske Meridian.

Magneten er indrettet paa den Maade, at den kan vendes om, saaledes at den nederste Side kommer øverst, den øverste nederst; faar man derved en anden Værdi af *v*, hidrører dette fra, at Spejlet ikke var nøjagtig vinkelret paa Magneten, og den Værdi af *v*, der indsættes i Udtrykket for *d*, er i saa Tilfælde Middeltallet af de to ved Forsøget fundne.

Nord-Syd Retningen paa et Sted findes ved Hjælp af et Kompass, idet man tager Hensyn til den paa Stedet værende Misvisning. Kompasset bestaar af en paa en Spids hvilende Deklinationsnaal, paa hvis Overside der er befæstet en vandret Skive (Vindrose), der er inddelt med »Streger«: 32 »Helstreger«, 8 i hver Kvadrant; midt imellem to Helstreger 1 »Halvstreg«, og imellem en saadan og en Helstreg

en »Kvartstreg«; magnetisk Nord, Syd, Vest og Øst ere angivne derpaa. Kompasset anvendes meget tilsøes, og for at

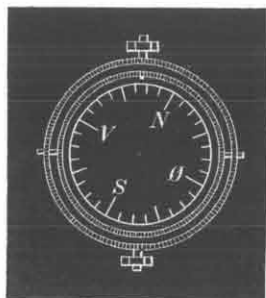


Fig. 20.

være upaavirket af Skibets Bevægelser, er det anbragt i en Cardansk Ophængning: Naalen med Skiven anbringes i en Kasse med Glaslaag, som ved to diametralt modsatte Tapper hvile i en Ring, der igjen kan vugge om en vandret Axe, der er vinkelret paa Linien imellem de nævnte Tapper, og som hviler i to faste Taplejer. Paa Kassens Inderside er der en lodret Streg, og paa Skibet stilles Kassen

saaledes, at Radien ud til denne Streg ligger i Kjølens Retning; ved at iagttage denne Stregs Stilling overfor Skivens Inddelinger og kjende Misvisningen finder man den Retning, i hvilken Skibet sejler.

15. Bestemmelse af den magnetiske Inklination (Heldning). Hertil benyttes Meyersteins Inklinatorium. En

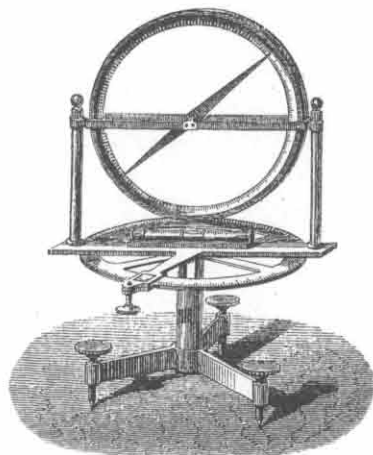


Fig. 21.

lodret, inddelt Kreds er anbragt i en lodret Metalramme, der bærer to vandrette Metalstænger, en paa hver Side af Kredsen; i deres Midte er der en Udskjæring, og i denne er der lagt et Agatprisme med en opadvendende, skarp Kant; disse to Stykker Agat ere Lejer for den vandrette Axe igjennem Inklinationsnaalens Tyngdepunkt; Axen ligger i Kredsens Centrum. Rammen med den inddelte Kreds bæres af en lodret Opstander, der er drejelig om sin

Axe, hvilken forlænget gaar igjennem den lodrette Kred's Centrum. Saaledes kan Naalen drejes hen i en hvilken-

somhelst lodret Plan; Størrelsen af denne Drejning kan aflæses paa en vandret, inddelt Kreds. Ved Stilleskruer bringes Instrumentet i den rette Stilling til Horisonten.

Skal Inklinationen maales, maa man først finde den magnetiske Meridianplan. Man drejer da Rammen om den lodrette Axe, indtil Naalen stiller sig nøjagtig lodret, og fra denne Stilling drejes Rammen 90° om samme Axe (Aflæsningen skér paa den vandrette Kreds), hvorved Naalen kommer til at kunne dreje sig i den magnetiske Meridianplan (13). Naar Naalen er kommen i Ro, aflæses Inklinationen paa den lodrette Kreds, idet Nulpunkterne for Gradeinddelingen her ere Endepunkter af den vandrette Diameter i Kredsen. Ved Aflæsningen kan der være følgende Kilder til Fejl:

a) Naalens Drejningsaxe gaar ikke nøjagtig igjennem Kredsens Centrum; man aflæser da begge Spidsers Stilling og faar den rette Værdi

$$i = \frac{i_1 + i_2}{2}.$$

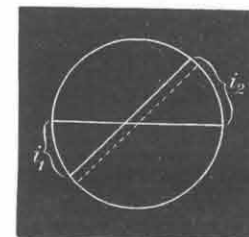


Fig. 22.

b) Naalens geometriske Midtlinie (Linien igjennem Naalens Spidser) falder ikke nøjagtig sammen med den magnetiske Midtlinie (Linien igjennem Magnetpolerne); man lægger da Naalen om, saaledes at den vandrette Drejningsaxes to Dele bytte Taplejer, og Aflæsningen foretages igjen, hvorefter man tager Middeltallet af de fundne Værdier.

c) Den vandrette Drejningsaxe gaar ikke nøjagtig igjennem Naalens Tyngdepunkt. Naalen ommagnetiseres da, og de nævnte Iagttagelser gjentages. Middeltallet giver den virkelige Værdi af Inklinationen.

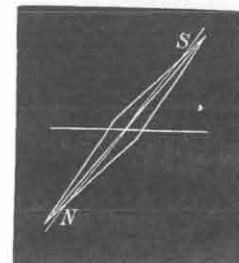


Fig. 23.

16. Bestemmelse af Jordmagnetismens Intensitet. Denne Bestemmelse skér ved først at bestemme den horizontale Komposant H , med hvilken Jordmagnetismen paavirker Enhed af Magnetisme. Vi have tidligere fundet (10, a), at det Udslag α

af en Deklinationsnaal, der fremkaldes af en Magnet, som er lagt vinkelret paa den magnetiske Meridianplan med sit Midtpunkt i denne er bestemt ved

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M}{Ha^3},$$

hvor M er Magnetens magnetiske Moment, og a Afstanden imellem Magnetens og Deklinationsnaalens Midtpunkter; α og a maales. En anden Ligning imellem M og H faaes saaledes: Magnetens ophænges i vandret Stilling i en fin Silketraad; den bringes lidt ud af sin Stilling, og Svingningstiden bestemmes; for denne haves

$$t = \pi \sqrt{\frac{U}{H.M}},$$

hvor U er Magnetens Inertimoment med Hensyn til den lodrette Linie igjennem Ophængningspunktet; det antages bekjendt. Man kan af disse to Ligninger finde H (og M) og derefter, naar Inklinationen kjendes, Jordmagnetismens Intensitet og dens vertikale Komposant ved Relationerne

$$I = \frac{H}{\cos i}, \quad V = H \cdot \operatorname{tg} i.$$

H er hos os omtrent lig 0,15 Dyn.

17. Magnetiske Kort. Over Jordens magnetiske Forhold faar man det bedste Overblik ved at bestemme Deklination, Inklination og Intensitet paa en Mængde Steder, spredte over Jordens Overflade, og afsætte de fundne Resultater paa et Landkort. Idet man nu kan antage, at Værdierne forandre sig kontinuerlig, kan man tegne følgende magnetiske Linier:

Isogoner eller isogoniske Linier ere Kurver igjennem Steder med samme Deklination; Hovedretningen er fra Nord til Syd, men de følge kun undtagelsesvis de astronomiske Meridianer. Alle Isogoner skjære hverandre i Jordens to Poler, thi dér er der ingen bestemt Nord-Syd Retning, medens Deklinationsnaalen har en bestemt Stilling, og tillige skjære de hverandre i to andre Punkter, hvor Naalen ingen bestemt Retning har, fordi Jordmagnetismen dér virker lodret; disse Steder ere Jordens magnetiske Poler, den sydmagnetiske ved Boothia Felix (70° 5' n. B., 96° 46' v. L. fra Greenwich) og den nordmagnetiske Pol Sydvest for Nyholland (cr. 72° 35' s. B., 152° 30'

ø. L. efter Beregning af Gauss). Agonen er Kurven igjennem Stederne med Deklinationen Nul; den gaar igjennem de østlige Dele af Nord- og Sydamerika og paa den anden Side af Jorden omtrent langs Ural, igjennem Lilleasien, afskjærer Arabien fra Asien, bøjer af i østlig Retning og gaar ned igjennem Nyholland. Den deler saaledes Jorden i to Dele, hvoraf den, der indeholder Atlanterhavet, har vestlig, den, der indeholder det store Ocean, østlig Deklination. Dog findes der en Strækning i det sydøstlige Sibirien, nordøstlige China og en tilstødende Del af det store Ocean, hvor Deklinationen er vestlig.

Isokliner eller isokliniske Linier ere Kurver igjennem Steder med samme Inklination. Aklinen eller den magnetiske Æquator er en Linie omkring Jorden, igjennem Steder med Inklinationen Nul; den gaar i Nærheden af Æquator, skjærende denne i to Punkter, det ene i Guinea-bugten, det andet i det store Ocean; i den gamle Verden gaar den Nord for Æquator (indtil 18° n. B.), i den nye Verden Syd for Æquator (indtil 15° s. B.). Nord for Aklinen holder Inklinationsnaalen med Nordenden nedad, Syd for med Sydenden nedad, og desto mere, jo længere man fjærner sig fra Aklinen. Isoklinerne have Hovedretningen Vest-Øst, men afvige desto mere herfra, jo nærmere man kommer de magnetiske Poler; i disse er Inklinationen 90°.

Isodynamer eller isodynamiske Linier ere Kurver igjennem Steder med samme Intensitet; deres Hovedretning er ligeledes Vest-Øst. Ved Aklinen er Intensiteten mindst og kun halvt saa stor som Intensitetens Maximumsværdi; dette Maximum haves dog ikke lige i de magnetiske Poler, ja paa den nordlige Halvkugle gives der endog to Steder, ét i Nærheden af den magnetiske Sydpol og ét i Sibirien, med Maximum af Intensitet.

Endelig haves Kort med magnetiske Meridianer, hvorved forstaaes Linier igjennem Steder med samme Stilling i Rummet af Deklinationsnaalen, saa at denne, naar den flyttes langs en Meridian, bevarer sin Stilling i Rummet, hvorimod Deklinationens Værdi i Reglen forandrer sig under denne Bevægelse.

18. Den første Forklaring af Jordmagnetismen gik ud paa, at Jorden i sit Indre har en lille Magnet med Polerne lige langt paa begge Sider af Centrum; men heraf vilde følge, at Aklinen var en Storcirkel, hvis Plan stod vinkelret paa denne Magnet, at Isokliner og Isodynamer vare Lillecirkler, parallelle med Aklinen, og at Agonen var en Storcirkel paa Jorden, hvis Plan var bestemt ved at skulle indeholde Jordens og den nævnte Magnets Axe; da imidlertid ingen af disse Dele finder Sted, maa denne Forklaring forkastes.

Dernæst tænkte man sig, at der i Jordens Indre var to eller flere ulige stærke Magneter i forskellige Stillinger, men heller ikke denne Antagelse giver Resultater, der svare til de virkelige Forhold. Dertil kommer, at Jordmagnetismens Konstanter ere underkastede Variationer. I Elektricitetslæren vil der blive givet en nogenlunde fyldestgørende Forklaring af Jordmagnetismen.

19. **De magnetiske Konstanter Variation.** Paa ethvert Sted af Jorden sker der Forandringer med Deklinationen, Inklinationen og Intensiteten. Disse Forandringer ere dels periodiske, dels pludselige.

I Kjøbenhavn er Deklinationen vestlig, $\circ$: Nordenden har en Afvigelse fra den astronomiske Meridian mod Vest; dens Værdi er cr. $11\frac{1}{2}^{\circ}$ i 1886. Før 1660 var Deklinationen østlig, i 1660 var den Nul, og derefter blev den vestlig, gradvis voxende, indtil den cr. 1811 havde naaet sin største Værdi, $18\frac{1}{2}^{\circ}$, hvorpaa den aftog og aftager nu aarlig cr. $8'$.

Deklinationen er ogsaa underkastet daglige Forandringer: Nordenden vandrer mod Vest fra Kl. 8 Morgen til cr. 1 Efttrmd., derefter tilbage mod Øst til Kl. 8 Aften, saa atter i 3 Timer ganske lidt mod Vest og Resten af Natten tilbage mod Øst. Disse daglige Forandringer have en elleveaarig Periode, der er sammenfaldende med Solpletternes: hvert 11te Aar er der Maximum af Solpletternes Antal og af Deklinationsnaalens daglige Bevægelers Størrelse, cr. 4 Aar senere er der Minimum af begge, men om nogen Sammenhæng imellem disse Phænomener véd man intet. Disse daglige Bevægelser kunne naa til

Udslag paa $9'$, men ere ellers forskellige paa de forskellige Steder af Jorden, mindst ved Æquator.

Inklinationen og Intensiteten ere ligeledes underkastede regelmæssige Forandringer; i Europa aftager den første, medens den sidste voxer.

Hvad de pludselige Forandringer i Jordmagnetismen angaa, saa vise de dog hyppig den Regelmæssighed, at de optræde i bestemte Aarstider m. m. De ledsage gjerne Jordskjælv, Nordlys, vulkanske Udbrud etc.

ELEKTRICITET.

I. Den elektriske Tilstand.

20. *Thales* (c. 600 f. C. F.) er den første, der har vist Existensen af den Naturvirksomhed, vi kalde Elektricitet; den viste sig derved, at lette Legemer som Haar, Papirstumper m. m. bleve tiltrukne af gnedet Rav (gr. Elektron). En Adskillelse imellem dette Phænomen og de magnetiske Tiltrækninger og Frastødninger blev først gjort af den engelske Læge Gilbert, Livlæge hos Dronning Elisabeth. Indtil han ved sine Forsøg grundlagde Elektricitetslæren, vare foruden Rav kun to Legemer bekendte som besiddende den samme Egenskab. Gilbert viste nu, at et meget stort Antal Legemer ved Gnidning kom i Besiddelse af den samme Egenskab, bleve elektriske (Svovl, Harpix, Schellak, Edelstene, Glas o. s. v.), og at de da kunde tiltrække hvilkesomhelst smaa, faste Legemer og tillige Vædskedraaber, hvorimod han ikke blev opmærksom paa elektriske Frastødninger. Derimod iagttog han, hvad der nu er let forklarlig, at Virkningerne vare langt stærkere i tør end i fugtig Luft.

De elektriske Frastødninger bleve paaviste af Otto von Guericke, som konstruerede den første Elektrisermaskine; denne bestod ganske simpelt af en Svovlkugle paa en 5 Tommers Diameter, som kunde drejes hurtigt rundt om en Axe igjennem Centrum. Blev Kuglen under Omdrejningen gnedet med Haanden, blev den stærkt elektrisk og kunde saa anvendes til Forsøg. Ved disse iagttoges det, at et Legeme, som var tiltrukket af Kuglen og havde været i Berøring med den, der-

efter blev frastødt og først efter at være berørt med en Finger eller nærmet til en Flamme atter lod sig tiltrække; endvidere vistest det, at et Legeme, som var gnedet, fremkaldte Elektricitet i et andet, hvormed det blev bragt i Berøring.

Gray fortsatte i den første Del af det 18de Aarhundrede Gilberts Forsøg og fandt et stort Antal Legemer, som ved Gnidning bleve elektriske, men desuden, at alle Legemer, der bleve dette, medens de holdtes i Haanden, ikke vare Forplantere, Ledere for Elektriciteten, thi i saa Tilfælde vilde den ved Gnidningen fremkaldte Elektricitet strax vandre igjennem det menneskelige Legeme ned i Jorden.

Man ledes derved til at undersøge hvilke Legemer, der vare istand til at lede Elektriciteten, og hvilke ikke. Denne Forskjel er dog ikke kvalitativ, men kun kvantitativ, thi i Virkeligheden lede alle Legemer Elektriciteten, men denne Ledning kan være yderst svag, saa svag, at man vanskelig kan bemærke den; saadanne Legemer kalder man Isolatorer, fordi man maa omgive en god Leder med dem, naar den skal bevare sin Elektricitet, eller naar man ved Gnidning vil fremkalde Elektricitet i den; de isolere da Lederen fra Jorden; denne forholder sig som en i Forhold til alle Legemer paa Jorden uhyre stor Leder.

Hyppig henfører man Legemerne i den nys nævnte Henseende til 3 Klasser: Ledere, Halvledere og Isolatorer (slette Ledere), men Overgangene imellem disse Afdelinger ere ingenlunde skarpe. Glas f. Ex. er saaledes tilmed under almindelige Forhold en Isolator, men opvarmet til 3—400° C. bliver det en Leder, og Luftarter undergaa ved Glødning (Flammer) den samme Forandring.

Man henregner til Ledere: Metallerne, Kul, Graphit, Syrer, Saltopløsninger, dyriske og vegetabiliske Stoffer m. fl.; til Halvledere: Papir, Straa, lufttørret Træ, Alkohol, Æther m. fl.; og til Isolatorerne: Glas, Kautschuk, Lak, Ebonit, Haar, Kalk, Kridt, Svovl, Vox, Rav, ovntørrede Legemer, tør Luft m. fl. Det skal senere vises, hvorledes man kan undersøge Legemernes Ledningsevner.

Al Fugtighed forøger Legemernes Ledningsevne; Glas, der er oversmurt med et tyndt Lag Schellakfernis, vil vise sig at

være bedre isolerende end Glas uden Fernislag, fordi Fugtigheden i mindre Grad fortættes derpaa.

21. De i det Foregaaende nævnte Tiltrækninger og Frastødninger iagttages bedst ved Hjælp af et »elektrisk Pendul«, *o:* en i en Silketraad ophængt Hyldemarvskugle. Ved Forsøg hermed vil man da let iagttage, at der gives to Elektricitetsarter. Nærmer man en med Uld gnedne Glasstang til Kuglen, bliver denne tiltrukken og efter Berøring atter frastødt af Glasstangen; gjøres dette med to elektriske Penduler, ville de to Hyldemarvskugler, efter at de begge have været i Berøring med Glasset, indbyrdes frastøde hinanden. Ligeledes ville de frastøde hinanden, naar de begge have været i Berøring med f. Ex. en med Skind gnedne Ebonitplade; men har den ene været i Berøring med Glasstangen, den anden med Ebonitpladen, tiltrække de hinanden, og det samme vil, om end i svagere Grad, være Tilfælde, naar kun den ene har berørt et af de nævnte Legemer og derpaa nærmes til den anden. Vi have altsaa her aabenbart med to forskellige Arter af Elektricitet at gjøre, og man kan derefter let prøve, hvilken Art Elektricitet andre gnedne Legemer ere komne i Besiddelse af, enten den, der svarer til Glassets, eller den, der svarer til Ebonitens Elektricitet.

Det er du Fay som først har gjort den nys nævnte Opdagelse (1733), og Forklaringen paa Phænomenet er nu ganske simpel. Ved en Hyldemarvskugles Berøring med Glasset, har den faaet noget af dettes Elektricitet, og ved dens Berøring med Eboniten, har den faaet noget af dennes Elektricitet; vi sé da, at ensartede Elektriciteter frastøde hinanden, uensartede Elektriciteter tiltrække hinanden, og ere de Legemer, som indeholde Elektriciteten, let bevægelige, følge de disse Virkninger. En nærmere Redegjørelse gives nedenfor.

Naar nu det Spørgsmaal opstaar: hvilke Legemer faa Glassets, hvilke Ebonitens Art af Elektricitet, saa maa det først bemærkes, at den Elektricitet, et Legeme faar ved

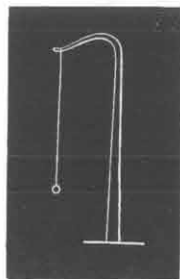


Fig. 24.

Gnidning, afhænger af det Legemes Natur, med hvilket det grides. Dette opdagede Canton (1753), og Wilcke fandt (1758), at altid naar to Legemer blive gnedne mod hinanden, faar det ene Legeme den ene Art Elektricitet, det andet den anden Art; Ledere maa være isolerede (paa et Glashaandtag) under Gnidningen. De to Elektricitetsarter benævnes positiv og negativ Elektricitet, og det er vedtaget, at den Elektricitet er positiv, som blankt Glas faar ved Gnidning med Tøj, og den Elektricitet negativ, som Ebonit faar ved Gnidning med Skind. Det skal senere ved et Forsøg blive godtgjort, at de modsatte Elektriciteter, som udvikles ved Gnidning, ere ligestore.

Nærmere Undersøgelser have derpaa vist, at Legemerne kunne opstilles i Rækkefølge, saaledes at et Legeme bliver positiv ved Gnidning med et, der staar længere frem i Rækken, og dette bliver da negativ elektrisk; Udviklingen af Elektricitet er desto større, jo længere de to Legemer ere fjernede fra hinanden i Rækken.

Michael Faraday's Række sér saaledes ud:

Katte- og Bjerne- skind	Bjergkrystal Flintglas	Haanden Træ
Flonel	Bomuld	Lak
Elfenben	Lærred	Metaller
Pennepose	Hvid Silke	Svovl.

Riess har i denne Række ændret de 3 sidste Led til:

Guld, Sølv, Kobber, Kautschuk, Schellak, Svovl, Gutta-perka, »elektrisk Papir«, Collodium.

Mange have tidligere opstillet saadanne Rækker, men de stemme ikke fuldstændig overens, om der end er visse Resultater, der gaa igjen overalt. Grunden til Afvigelserne er den ofte overordentlig ringe Udvikling af Elektricitet i Forening med de forholdsvis store Forandringer i Legemernes elektriske Forhold, som ydre Omstændigheder kunne fremkalde; der skal herpaa nævnes et Par Exempler. Idet man ved det gnidende Legeme forstaar det med den mindste Flade, der kommer i Berøring med forskellige Dele af den større Flade paa det andet Legeme, det gnedne, fandt man at for to Stykker aldeles ens Glas blev det førstnævnte positiv, det sidste negativ (om-

vendt naar det gnedne Legeme først havde været opvarmet), hvorimod det omvendte var Tilfælde med røde Silkebaand; naar et varmt Baand blev trukket frem og tilbage over et koldt, der altsaa da var det gnidende Legeme, blev det første negativ elektrisk. — Hvad to ellers ens, men forskjelligt farvede Legemer angaa, saa viste det sig, at forskjellig farvet Silke og Uldtøj saavel som Glas altid blev elektrisk paa samme Maade. Dette opdagedes paa følgende ejendommelige Maade i Midten af forrige Aarhundrede: En Mand, der skulde bære Sorg havde trukket nogle sorte Silkestrømper over hvide, men ved at trække de sorte af, viste der sig elektriske Gnister og en kjendelig Tiltrækning; den hvide Strømpe viste sig ved en nærmere Undersøgelse altid at være positiv. — Et hvidt Baand bliver positiv ved Gnidning med et sort nyt; men er det sorte brugt, og det hvide Baand varmt, bliver dette negativ elektrisk. Opvarmet Skrivepapir bliver, gnedet med Metal, negativ, men er Metallet blankt poleret, positiv elektrisk. — Af saadanne Forhold kan der anføres en Mængde. I Almindelighed vil en Opvarming flytte Legemet frem eller ned i Rækken, mod den negative Ende. Hvad Glas, som jo spiller en større Rolle, angaar, saa har Overfladens Beskaffenhed stor Indflydelse i de herhen hørende Forhold. Franklin skjælnet imellem en frisk Overflade, som ubrugt Glas har i nogen Tid efter dets Forfærdigelse, en gammel Overflade, der dannes ved Atmosfærens Indvirkning eller hurtigere ved Gnidning, og en mat Overflade, som Glas faar ved at slibes ued Smærgel eller Sand. Glas med frisk Overflade bliver kun svagt elektrisk, og er forholdsvis godt ledende; gamle Glasoverflader blive positiv elektriske ved Gnidning med de fleste Legemer og ere meget slet ledende; matte Glasplader lede derimod temmelig godt og blive negativ elektriske ved Gnidning med mange Legemer. Gnides en blank Glasplade med en mat, bliver den første positiv, den sidste negativ elektrisk.

Den ved Gnidningen udviklede Elektricitets Mængde er efter Pecllets Undersøgelser (1834) uafhængig af den Hastighed, hvormed Gnidningen foregaar, og ud over en vis Grændse

uafhængig af det Tryk, de to Legemer udøve mod hinanden under Gnidningen.

22. **Elektrisk Fordeling eller Influens**, først nærmere undersøgt af Æpinus (1758). Naar et elektrisk Legeme, f. Ex. en med positiv Elektricitet forsynet ledende Kugle *A* nærmes til en paa Glasfodder isoleret, ledende Cylinder *BC* (med afrundede Endeflader), ville denne Cylinders to Halvdele vise sig elektriske med modsatte Arter af Elektricitet.

Dersom man langs Cylinderen har ophængt nogle Par af Hyldemarvskugler i fine Metaltraade, vil der fremkomme Udslag, som ere størst ved de to Ender af

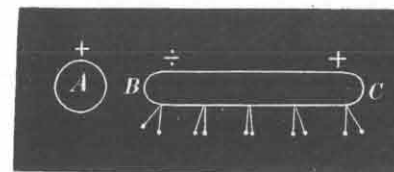


Fig. 25.

Cylinderen og derfra aftager indefter, saa at det et bestemt Sted, der ligger omtrent i Cylinderens Midte — lidt nærmere *A* — er Nul; dette Sted kaldes den neutrale Linie. Af den Retning, hvori Hyldemarvskuglerne strække sig — paa den ene Halvdel henimod *A*, paa den anden bort fra *A* — kan man se, at der nærmest *A* er fremkaldt negativ, fjærnet fra *A* positiv Elektricitet, hvilket ogsaa kan vises paa anden Maade. — Man ser altsaa, at naar et elektrisk Legeme nærmes til en Leder, saa ville de to modsatte Elektriciteter, som antages at være i Lederen, men blandede sammen i ligestore Mængder, adskilles; den med Legemets ensbenævnte Elektricitet frastødes, og den uensbenævnte tiltrækkes. Der er da sket en elektrisk Fordeling eller Influens.

Nærmes *A* mere til Cylinderen, blive Udslagene større, og den neutrale Linie flytter sig stedse længere bort fra Midten; omvendt, naar *A* fjærnes fra Cylinderen, formindskes Udslagene, og den neutrale Linie nærmer sig Midten. Naar *A* er fjærnet tilstrækkelig langt bort, bliver der intet Udslag mere, de to Elektriciteter ere saa atter blandede med hinanden, og man ser altsaa, at der ved Fordelingen frembragtes ligestore Mængder af dem. Har Fordelingen i *BC* været i nogen Tid, og *A* da fjærnes, kan det være, at der paa Grund af et ulige stort

Tab til Luften af de to Elektriciteter, bliver et Overskud af positiv Elektricitet tilbage paa Cylinderen.

Den i *BC* ved Fordeling fremkaldte Elektricitet kan atter virke fordelende eller influerende paa andre Ledere. Anbringes

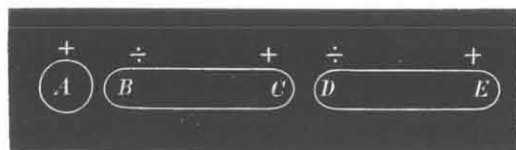


Fig. 26.

saaledes en Cylinder *DE* i Forlængelsen af *BC*, fremkalder *C*'s positive Elektricitet ved Fordeling negativ Elektricitet i den nærmeste Halvdel af Cylinderen *DE* og positiv i den fjerneste Halvdel. Cylinderen *DE* kan atter virke fordelende o. s. fr. Ligeledes vil den negative Elektricitet ved *B* virke tilbage paa Elektriciteten i Kuglen *A*; dersom denne ikke befandt sig i Nærheden af elektriske Ledere, vilde dens Elektricitet være ligelig udbredt overalt, men nu, da den har virket fordelende paa *BC*, vil den op-hobe sig stærkest paa det Sted, der er nærmest *B*, og svagest paa det fra *B* længst fjærnede Sted.

Jo længere en Leder er, desto stærkere bliver den deri ved Fordeling fremkaldte Elektricitet, og den neutrale Linie flytter sig desto længere bort fra det Legeme, hvis Elektricitet har fremkaldt Fordelingen. Berører man Lederen paa et eller andet Punkt afledende med Fingeren, forlænges den saa at sige i det Uendelige; fjærnes derefter Fingeren og det fordelende Legeme, slaa alle Kuglerne ud med den tidligere tiltrukne Elektricitet, der da har udbredt sig over det Hele.

Nærmes det fordelende Legeme til Lederen, vil der tilsidst springe en elektrisk Gnist over imellem dem, og alle Hyldemarvskugler ville da slaa ud med samme Elektricitet som Legemets (*A*); dette vil derefter være svagere elektrisk. En Del af *A*'s positive og al *B*'s negative Elektricitet have neutraliseret hinanden i Gnisten, og paa Cylinderen bliver der kun *C*'s positive tilbage. Da det derved sér ud, som om *A*'s positive Elektricitet var igjennem Gnisten gaaet over paa Cylinderen, siger man — men med urigtig Betegnelse — at Cylinderen er bleven elektrisk ved »Meddeling».

23. Elektroskop. Paa den elektriske Fordeling grunder sig Elektroskopet, Instrument til at undersøge, om et Legeme er elektrisk, og, hvis det er det, bestemme Elektricitetens Art. Det bestaar simplest af en Metalstang, der foroven ender i en Kugle, forneden bærer to Guld- (eller Aluminium-) blade; Stangen er befæstet i Proppen paa en Glasflaske, hvis øverste Del er ferniseret. Nærmes nu et Legeme, hvis elektriske Tilstand man vil undersøge, til Kuglen, foregaar der en Fordeling i denne og Stangen, saa at de to Guldblade ville frastøde hinanden, altsaa gjøre et Udslag, med samme Art af Elektricitet som Legemets. Kommer der intet Udslag, er Legemet uelektrisk. Men vil man nu tillige bestemme Elektricitetens Art, maa Elektroskopet først lades med en bestemt Elektricitet; dette sker derved, at man f. Ex. til Kuglen nærmer en gnedne Glasstang, som altsaa ved Fordeling vil gjøre Kuglen negativ elektrisk og fremkalde et Udslag af Guldbladene med positiv Elektricitet. Berøres Kuglen saa med Fingeren, afledes denne positive Elektricitet, saa at Guldbladene falde sammen, og fjærnes da Fingeren og derpaa Glasstangen, udbreder Kuglens negative Elektricitet sig over det Hele og fremkalder et Udslag af Guldbladene. Derefter nærmes det til Undersøgelse foreliggende Legeme langsomt til Kuglen; er det da positiv elektrisk, trækker det Stangens negative Elektricitet opad, og Udslaget formindskes, er det negativ elektrisk, støder det Stangens Elektricitet nedad, og Udslaget forøges. En Formindskelse i Udslaget kan ogsaa opstaa, naar en uelektrisk Leder nærmes til Kuglen paa Grund af den Fordeling, som Kuglens Elektricitet fremkalder deri, saa at man altsaa maa være varsom med sin Dom og først ved Hjælp af det uladede Elektroskop have overbevist sig om, at Legemet overhovedet er elektrisk.

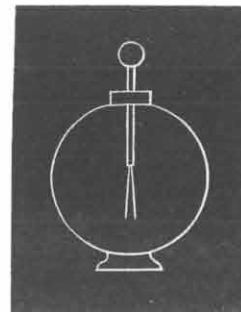


Fig. 27.

Vil man have Elektroskopet mere fintmærkende, kan man istedetfor en Glasflaske tage en Glasklokke, som hviler paa en Metalplade, der bærer to Metalstænger lige overfor Guld-

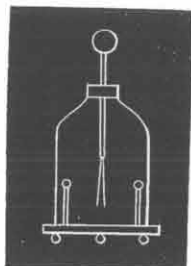


Fig. 28.

bladene. Blive disse elektriske, fremkalde de den modsatte Elektricitet i Stængerne, og Udslaget bliver langt større.

24. Den ved Fordeling tiltrukne — og ligeledes den frastødte — Elektricitetsmængde er mindre end den Elektricitetsmængde, som har fremkaldt Fordelingen; kun i ét Tilfælde ere de ligestore, nemlig naar det fordelende Legeme er helt omgivet af den Leder, hvori Fordelingen er fore-

gaaet; dette er vist paa følgende Maade af Faraday. En Kobbergryde, som er godt isoleret, bliver ved en Metaltraad sat i Forbindelse med et Elektroskop, der befinder sig i nogen

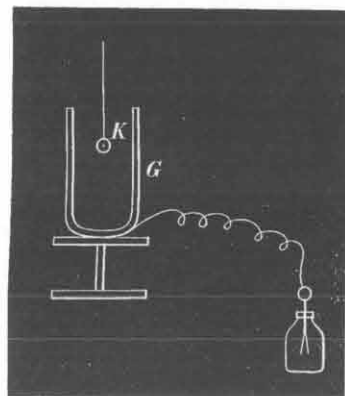


Fig. 29.

Afstand fra *G*. Fører man nu en i en Silketraad ophængt og med f. Ex. positiv Elektricitet ladet Metalkugle *K* ned i Gryden, fordeles Elektriciteten i denne, negativ tiltrækkes til Grydens Inderside, positiv frastødes til Ydersiden og fremkalder et Udslag i Elektroskopet; dette voxer, jo dybere Kuglen sænkes, indtil en bestemt Dybde; og er Kuglen kommen ned under den, forbliver Udslaget konstant, hvor

Kuglen saa end befinder sig. Udslaget forandres ikke, naar der over Gryden lægges et Metallaag, og man kan derfor nu betragte Kuglen som helt omgivet af den Leder, hvori Fordelingen er foregaaet. Bringes Kuglen i Berøring med Gryden, forandrer dette ikke Udslaget; Kuglen og Gryden udgjøre da ét Legeme, og der kan kun være Elektricitet paa Ydersiden, saa at Kuglens positive og Grydens negative maa have ophævet hinanden ganske, hvorfor Kuglen ogsaa, naar den tages ud af Gryden efter Berøringen med denne, viser sig uelektrisk.

Dersom man sænker to eller flere elektriske Kugler ned i Gryden, faar man paa Ydersiden af denne en Ladning, der

er lig den algebraiske Sum af Kuglernes Elektricitetsmængder. Dersom to Kugler altsaa ere lige stærkt ladede med modsatte Elektriciteter, vil der intet Udslag fremkomme i Elektroskopet, naar de samtidig ere nedsænkede i Gryden; paa denne Maade kan man vise, at der ved Gnidning af to Legemer fremkommer lige megen Elektricitet i dem begge.

Dersom man, naar en elektrisk Kugle er nedsænket i Gryden, og Udslaget er sket, berører Gryden afledende, falde Guldbladene sammen, og Kuglen med Gryden udenom forholder sig altsaa overfor Omgivelserne som et uelektrisk Legeme; hæves Kuglen op, gjøre Guldbladene det samme Udslag som før, men med den modsatte Elektricitet.

Dersom man anbringer flere Gryder, den ene inde i den anden, men indbyrdes isolerede, og forbinder den yderste ledende med et Elektroskop, saa vil en i den inderste Cylinder sænket, elektrisk Kugle fremkalde samme Udslag, som naar der kun havde været én Cylinder.

25. Naar en Leder er ladet med Elektricitet, f. Ex. positiv, og der da nærmes f. Ex. en positiv elektrisk Kugle til den, foregaar Fordelingen deri ganske, som om Lederen havde været uelektrisk; fjærnest fra Kuglen bliver Lederen altsaa stærkere positiv, nærmest ved svagere positiv elektrisk, ja den kan her blive uelektrisk, endog negativ elektrisk, naar Kuglen kun er ladet tilstrækkelig stærkt i Forhold til Lederen og er i tilstrækkelig lille Afstand derfra.

26. De i det Foregaaende omtalte Phænomenener ere de samme, naar det Legeme, der fremkaldte Fordelingen, er en Isolator; kun skér der ingen Tilbagevirkning paa denne, og en Berøring paa et enkelt Punkt bringer kun dets Elektricitet paa dette Sted til at forsvinde; der kan ogsaa kun dannes en Gnist imellem Isolatoren og den Leder, hvori Fordelingen er opstaaet, naar den første løber ud i en Spids henimod Lederen.

27. Fordeling i Isolatorer. Hvis der gaves absolute Ikke-Ledere, kunde der paa Grund af Elektricitetens Ubevægelighed ikke fremkaldes Influens i dem; men alle Legemer kunne lede Elektriciteten, selv om det er næsten umærkeligt, og derfor vil der ogsaa kunne fremkaldes en svag Influens i Isolatorer.

Faraday har vist dette saaledes: Tre Messingskiver *A*, *B*, *C* ere anbragte med *B* midt imellem *A* og *C*; disse to ere satte i ledende Forbindelse med to i en Glasklokke *E* hængende Guldblade *a* og *c*. Meddeler man nu *B* svag positiv Elektricitet, virker denne fordelende paa Elektriciteten i *A* og *C*, og Guldbladene frastøde hinanden, da de begge lades med positiv Elektricitet; berøres derefter *A* og *C* afledende, hænge *a* og *c* atter parallelt ned. Sættes nu en Schellakskive *D* ind imellem *A* og *B*, tiltrække Guldbladene hinanden, hvilket hidrører fra, at *a* er bleven positiv elektrisk.

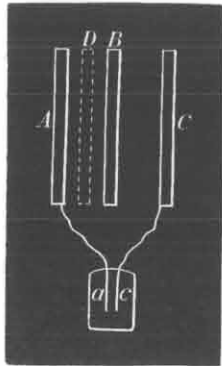


Fig. 30.

B's positive Elektricitet har nemlig i Isolatoren *D* tiltrukket negativ og frastødt positiv Elektricitet; begge disse virke fordelende paa *A*, men den positive stærkest paa Grund af den mindre Afstand fra *A*, og altsaa vil *a* faa lidt positiv Elektricitet og tiltrække *c*. Havde *D* været en Metalplade, vilde Virkningen have været stærkere. — Man sér altsaa, at et elektrisk Legeme fremkalder en større Fordeling i en Leder, naar der imellem dem befinder sig en Isolator istedetfor Luften (en Glasplade imellem dem giver saaledes samme Virkning som et 6 Gange mindre tykt Luftlag), og at den Fordelingselektricitet, der fremkommer i Isolatorer, atter kan virke fordelende.

Ved gjentagne Fordelinger som de nævnte i Faraday's Forsøg, kan der dog let komme Resultater, som vare uventede; et Exempel vil vise dette. Imellem en f. Ex. positiv elektrisk Kugle *K* og et Elektroskop er anbragt en stor Metalplade *M*; i denne vil *K*'s Elektricitet da fremkalde negativ Elektricitet paa Oversiden og positiv paa Undersiden, men den sidste tillige navnlig ud mod Pladens Rand; som Følge deraf kan Virkningen paa

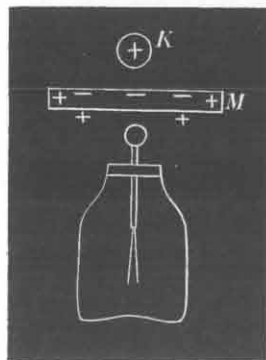


Fig. 31.

Elektroskopet af *M*'s positive Elektricitet let blive mindre end Virkningen af den negative paa *M*'s Overside, og Indskydelsen af *M* vil da fremkalde en Formindskelse istedetfor en Forøgelse af det fra *K* hidrørende Udslag i Elektroskopet. Navnlig sker dette, naar *M* afledes til Jorden. En Isolator kan let vise de samme Forhold.

Det maa bemærkes, at det Legeme, der skal fremkalde en elektrisk Fordeling, maa være stærkt elektrisk, da der ellers ikke spores nogen Virkning. Denne begynder ifølge Faraday med, at de enkelte Molekyler polariseres, d. v. s. faa negativ Elektricitet til den ene Side, positiv til den anden; ved længere Tids Indvirkning begynde disse Elektriciteter saa at vandre igjennem de isolerende Mellemrum imellem Molekylerne, hvorved der ophobes negativ Elektricitet i Isolatorens ene Ende, positiv i den anden, og fjærnes saa det fordelende Legeme, bliver Isolatoren tilbage elektrisk paa den nævnte Maade, idet de adskilte Elektriciteter kun vanskelig atter forenes. — Faraday antager, at Elektriciteten i det Hele ikke virker paa Afstand, men ved de mellemliggende Molekyler's Hjælp; kun naar der er tomt Rum imellem, skær der en Virkning fra Grændse til Grændse. Befinder det elektriske Legeme *A* sig altsaa i nogen Afstand fra Lederen *B*, og der er Luft imellem dem, saa vil *A*'s Elektricitet først paa den nævnte Maade polarisere det nærmest *A* liggende Lag af Molekyler, disse derefter det næste Lag o. s. fr., og endelig polariseres Lederen *B*'s Molekyler paa samme Maade; i *B* vandre derefter Elektriciteterne paa den bekendte Maade.

Wüllner har ved omfattende Forsøg vist, at Influensen voxede indtil en vis Tid og saa holdt sig konstant; de fundne Resultater varierede noget med Luftens Fugtighedstilstand, men Værdien ved Influensens Slutning var uafhængig deraf. Hyppig voxer Influensen med det Antal af paa hinanden følgende Gange, Isolatoren har været udsat derfor, men denne større Bevægelighed af Elektriciteten mistes ved længere Tids Hvile. Wüllner paaviste ogsaa Influens i Vædske.

Følgende Forsøg er anstillet af Faraday og nu let forklarligt. Et Glaskar var fyldt med Terpentiniolie, og deri fandtes smaa Stykker Silketraad; i to modsatte Sider af

Glaskarret var der indsat Metalstænger lige overfor hinanden, endende i Spidser i nogen Afstand fra hinanden; den ene var forbunden med den positive Konduktor paa en Elektriser-maskine, den anden afledet til Jorden. Drejes Maskinen rundt, strømme alle Silketraade sammen og danne en Kjæde imellem de to Spidser; de holde godt sammen, og dersom man sønderbryder Kjæden, danner denne sig paany, naar Maskinen vedblivende drejes rundt.

28. Elektricitetens Sæde. I en Leder vil Elektriciteten kun sætte sig paa Overfladen. Tænke vi os to Partikler i det Indre af en Leder, som er ladet med positiv Elektricitet, kunne de ikke være elektriske, thi deres Elektriciteter vilde frastøde hinanden og vandre saa langt bort som mulig, altsaa til Overfladen.

Biot har vist dette ved at elektrisere en isoleret Metal-kugle K ; paa denne sættes da to med Glashaandtag forsynede

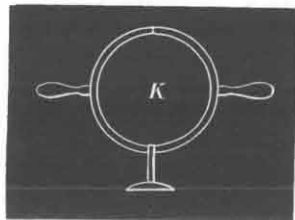


Fig. 32.

Halvkugleskaller af Metal, som passe nøjagtig til Kuglen. Dernæst fjernes de igjen samtidig, og ved Hjælp af et Elektroskop kan man se, at de ere elektriske, men K uelektrisk.

Elektriserer man en hul Metal-kugle, der har et Hul etsteds, vil der ingen Elektricitet være paa Kuglens Inderside. Derom kan man

overbevise sig ved at stikke en Prøveskive, σ : et paa en godt isolerende Schellakstang fæstet Guldblade, ned igjennem Hullet til Berøring med Indersiden (Hullets Rand maa ikke berøres) og derpaa føre Guldblade hen til et Elektroskop, som da intet Udslag vil vise.

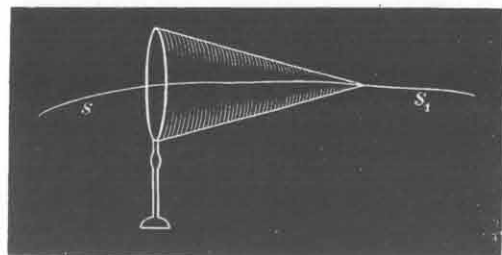


Fig. 33.

Et tredje Forsøg (af Faraday) er følgende: til en isoleret Metalring er der befæstet en Musselinspose med to Silketraade i Toppen, s og s_1 . Elektriseres Po-

sen, kan man med Prøveskiven vise, at den kun er elektrisk paa den ydre Overflade, ikke paa den indre, men krænges saa Posen ved Hjælp af s og s_1 , skifte Overfladerne, og der er da igjen kun Elektricitet paa den nye, ydre Overflade.

Hvad Isolatorer angaar, saa kan Elektriciteten dér ogsaa findes i det Indre. Holder man saaledes en Harpikskage i længere Tid i Berøring med en stærkt ladet, positiv elektrisk Leder, og derpaa gnider den med et Stykke Katteskind, indtil den paa Overfladen er negativ elektrisk, vil den nogle Minuter senere blive uelektrisk paa Overfladen og nogen Tid efter positiv elektrisk; den positive Elektricitet, hvormed Kagen oprindelig var ladet, og som trængte ind i dens Indre, er altsaa kommen ud paa Overfladen, hvor den først har neutraliseret den negative, og derpaa gjort Overfladen positiv elektrisk. Andre Exempler ville blive nævnte senere.

29. Loven for elektriske Tiltrækninger og Frastødninger. *To elektriske Partikler tiltrække eller frastøde hinanden paa Grund af de indeholdte Elektriciteter med en Kraft, der er proportional med Produktet af Elektricitetsmængderne og omvendt proportional med Afstandens Kvadrat.*

Denne Sætning har Coulomb godtgjort ved Hjælp af en Torsionsvægt, der er saaledes indrettet: En cirkulær, cylindrisk Glas-kasse har i Laaget to Gjennemboringer, hvoraf én i Midten, og deri er indkiddet et langt lodret Glasrør, i hvis øverste Munding er indsat et lille Messingrør, dækket med en inddelt Plade; igjennem et Hul i denne gaar en foroven til en Knap befæstet lang, fin Metaltraad, der i sin nederste Ende bærer en tynd, vandret Schellakstang; paa dennes Endepunkter sidde henholdsvis en forgyldt Hyldemarvskugle og en Modvægt.

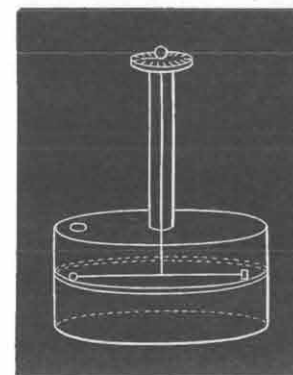


Fig. 34.

Til Knappen er fæstet en Viser, der kan bevæges henover den inddelte Messingplade. Den anden Gjennemboring i Glaslaaget

findes saa langt fra den første, at man ved at dreje paa Knappen foroven kan bringe Hyldemarvskuglen hen lige under Gjennemboringen, og hænger Schellakstangen da ganske rolig, er Metaltraaden ikke snoet. Igjennem den sidstnævnte Gjennemboring fører man nu en elektrisk, forgyldt Hyldemarvskugle, som er befæstet til en tynd Schellakstang; de to Kugler bringes i Berøring med hinanden, blive derved begge elektriske, frastøde hinanden, og anbringes saa den »faste« Kugle paa den bevægeliges tidligere Plads, vil Stangen gjøre et Udslag, og derved snoes Traaden; naar den elektriske Frastødning holder Ligevægt med Snoningen, kommer Stangen i Ro; ved successive Drejninger af Knappen imod Udslagets Retning kan Udslaget saavelsom Snoningsvinklen varieres; det første aflæses paa en inddelt Kreds paa Glaskassen i Højde med Schellakstangen, den sidste, Snoningsvinklen, er Summen af Vægtstangens Udslag og den Vinkel, som Knappen foroven med Viseren er drejet, og som altsaa kan aflæses dér. Vi ville nu antage, at Udslaget er α og den Vinkel, man har drejet Metaltraaden foroven, er β ; Snoningsvinklen er da $\alpha + \beta$;

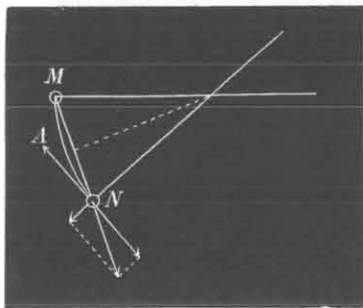


Fig. 35.

M være den faste Kugle, N den bevægelige (paa Vægtstangen). Paa N virker da Snoningsmodstanden som en Kraft NA efter Tangenten til den Cirkelbue, N har beskrevet; NA er proportional med $\alpha + \beta$, og kan altsaa sættes lig $T(\alpha + \beta)$. Endvidere virker paa N den elektriske Frastødning i Chorden MN 's Forlængelse, den Kraft,

$$T(\alpha + \beta) = \frac{C}{MN^2} \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Nu er $MN = 2l \sin \frac{\alpha}{2}$, hvor l er Vægtstangens halve Længde, saa at man faar

$$T(\alpha + \beta) = \frac{C}{4l^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \cos \frac{\alpha}{2},$$

hvoraf $(\alpha + \beta) \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{4l^2 T}$, α : konstant.

Idet man altsaa maaler de forskellige, sammenhørende α og β , skal bestandig $(\alpha + \beta) \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ have samme Værdi, og da Forsøget vil give dette, er ogsaa Forudsætningen, at Kraften er omvendt proportional med Afstandens Kvadrat, rigtig. Den første Værdi af β — strax naar Udslaget er gjort — er Nul.

Resultatet forandres næsten ikke, naar den nævnte Størrelse omskrives til

$$(\alpha + \beta) \frac{\alpha^2}{4}$$

α : Snoningsvinklen omvendt proportional med Kvadratet paa Udslaget.

Ved elektriske Tiltrækninger gjælder den samme Lov. Man gaar da frem saaledes, at man først giver den bevægelige Kugle f. Ex. positiv Elektricitet, hvorpaa den fjernes — tilstrækkelig langt — fra sin Stilling ved Drejning paa Knappen foroven; derpaa gjøres den faste Kugle negativ elektrisk, og den tiltrækker saa, efter at den er anbragt paa sin Plads, den bevægelige Kugle, der bevæger sig, indtil den kommer i Ligevægt i en bestemt Stilling. Tiltrækning og Torsion kan derpaa varieres paa lignende Maade som Frastødning og Torsion.

Dernæst er Tiltrækningen eller Frastødningen proportional med Elektricitetsmængdernes Produkt. Dette kan ses saaledes: Efter at den faste Kugle har frastødt den bevægelige, og denne er kommen i Ro ved en bestemt Torsion, løftes den faste Kugle op og berøres med en lignende, ligesaa stor, men uelektrisk Kugle, hvorved den berøves Halvdelen af sin Elektricitet, og anbringes den saa igjen paa sin Plads i Glaskassen, vil man af Torsionen kunne beregne, at Frastødningen er det halve

af den tidligere; havde man berøvet den faste Kugle al dens Elektricitet og derefter bragt den ned i Kassen til Berøring med den bevægelige Kugle, maatte denne, hvis de to Kugler vare nøjagtig ens, afgive Halvdelen af sin Elektricitet til den faste Kugle, og man vilde finde, at Frastødningen var en Fjerdedel af den tidligere. (Jfr. 33.)

Som Enhed for Elektricitetsmængden kan man tage den, som frastøder en ligesaa stor Elektricitetsmængde i Enhed af Afstand (1 Cm.) med Kraftenheden (1 Dyn.). I Almindelighed anvendes dog en langt større Enhed, 1 Coulomb; en Milliontedel heraf, 1 Mikrocoulomb, er 3000 Gange større end den nævnte Enhed. To Elektricitetsmængder, hver paa en Mikrocoulomb og i Afstanden 1 Cm. fra hinanden, paavirke altsaa hinanden med en Kraft paa 9 Mill. Dyn.

30. Elektrisk Tæthed. Det er tidligere omtalt, at Elektriciteten i en elektrisk Leder kun findes paa Overfladen, og for Simpelteds Skyld ville vi tænke os den som et Lag paa Overfladen. Hvis Lederen er en Kugle, er Laget ensformig udbredt overalt, men har den en anden Form, forandrer ogsaa Fordelingen af Elektricitet sig, og vil man tænke sig, at det elektriske Lag overalt har samme Tykkelse, maa Tætheden variere; ved et Steds elektriske Tæthed forstaar man derfor Forholdet imellem Elektricitetsmængden paa Stedet og Stedets Areal. Bliver der nu Spørgsmaal om den elektriske Tætheds Variation paa en Leder, saa kan dette gøres til Gjenstand for en udelukkende matematisk Behandling, idet Elektricitetens Udbredelse er en Følge af Loven for Kraftvirkningernes Afhængighed af Afstanden; Elektricitetens Virkning paa et Punkt i Lederens Indre maa være Nul, da der ellers vilde ske en Adskillelse ved Influen af dets to hinanden neutraliserende Elektriciteter, og Ligevægten var forstyrret. Undersøgelserne ere i Reglen meget komplicerede. Som Resultat skal her kun nævnes, at Elektriciteten paa en Leder opbeholder sig stærkest der, hvor Krumningen er størst, og at den navnlig samler sig i skarpe Kanter og Spidser. Hvad enten et Legeme er svagt eller stærkt ladet, er Forholdet imellem de forskellige Punkters elektriske Tæthed altid det samme, altsaa alene afhængigt af Formen.

Elektricitetens Udbredelse paa en Leder kan undersøges experimentelt. Bringer man en Prøveskive i Berøring med et Punkt af en elektrisk Leder, overgaar der fra denne en Elektricitetsmængde til Prøveskiven, der er proportional med Tætheden paa vedkommende Sted. Prøveskiven anbringes derefter som fast Elektricitetsbærer i Torsionsvægten, hvis bevægelige Kugle er gjort elektrisk med samme Art Elektricitet, og man bestemmer den Snoning, man maa give Metaltraaden for at faa et bestemt Udslag. Den afledede Prøveskive bringes derefter successive i Berøring med andre Punkter af Lederen, de respective Snoninger af Metaltraaden bestemmes, for at det bestemte Udslag skal vedligeholdes, og derved kommer man altsaa til den søgte Kundskab.

31. Elektrisk Potential (Spænding). Et Legemes elektriske Tilstand er bestemt ved dets Potential. Forbindes to elektriske Ledere ledende med hinanden, og der da strømmer positiv Elektricitet fra den ene over paa den anden, siges den første at have et højere elektrisk Potential end den sidste. — Tænker man sig en lille Partikel med Enhed af positiv Elektricitet (29) saa langt borte fra en positiv elektrisk Leder, at der ingen Virkning er imellem dem, og da flytter Partiklen helt hen til denne Leder, idet det antages, at Partiklen er forbleven upaavirket af andre Legemer undervejs og heller ikke kan frembringe nogen elektrisk Fordeling, saa har man udført et Arbejde imod den elektriske Kraftvirkning, hvilket Arbejde er et Maal for Lederens elektriske Potential. Dette Arbejde er uafhængigt af den Vej, Partiklen med Enhed af Elektricitet har gennemløbet, og alene afhængigt af Lederens elektriske Tilstand; jo stærkere ladet den samme Leder er, desto større er dette Arbejde og altsaa Lederens Potential.

Dersom Partiklen ikke var ført helt hen til Lederen, men indtil en vis Afstand derfra, vilde der være udført et Arbejde, som er mindre end det, der svarer til Lederens Potential, altsaa et Arbejde svarende til et mindre Potential; dette Arbejde er desto større, jo nærmere Punktet, hvortil Partiklen føres, er ved Lederen. Altsaa meddeler en elektrisk Leder alle Punkter omkring sig visse Potentialer, afhængige af Lederens Potential og Punkternes Afstand fra Lederen; Punk-

ter med samme Potential ligge paa samme elektriske Niveauflade. For samme Potentialfald er Afstanden imellem to Niveauflader desto større, jo mindre Potentialernes Værdier ere.

Skal Partiklen med Enhed af Elektricitet føres fra et Punkt i Nærheden af en elektrisk Leder til et andet, kræves der dertil et Arbejde, som maales ved det sidste Punkts Potential minus det førstes; Vejen, ad hvilken Partiklen føres fra en Niveauflade til en anden, er uden Indflydelse paa det dertil krævede Arbejde. Er Partiklen frit bevægelig, saa at den alene følger den elektriske Kraftvirkning, vil den bevæge sig fra Niveauflader med højere Potential til Niveauflader med lavere og desto hurtigere, jo større Potentialfaldet er for den samme Afstand.

Dersom Lederen er ladet med negativ Elektricitet, men Partiklen som før med positiv, er Potentialet negativt, idet Partiklen paa Grund af Tiltrækningen ved sin Bevægelse selv udfører et Arbejde, saa at der udføres et negativt Arbejde for at faa den hen til Berøring med Lederen.

Paa en Leder, hvor Elektriciteten er i Ligevægt, vil Potentialet overalt være det samme; i modsat Fald vilde Elektriciteten som nævnt sætte sig i Bevægelse fra Punkter med højere til Punkter med lavere Potential. Det er altsaa ligegyldigt, til hvilket Punkt af Lederen den før nævnte Partikel nærmes: Arbejdet er det samme. — Lederens Overflade er Niveauflade. Paa en Isolator kan Potentialet derimod godt være forskjelligt paa de forskjellige Steder.

Ved en Leders elektriske Kapacitet forstaaes den Mængde Elektricitet, der maa indføres i Lederen for at forøge dens Potential med Enhed. Her skal foreløbig blot nævnes, at Potentialet maales i Volt, idet en Leders Potential er lig 1 Volt, naar der kræves et Arbejde lig 10 Millioner Dyncentimeter eller Erg (s. Absolute Enheder) for at bringe en Partikel med Elektricitetsmængden 1 Coulomb fra et fjærnt Sted til Berøring med Lederen. Kapaciteten er afhængig af Lederens Størrelse og Form, men, da Elektriciteten kun sætter sig paa Overfladen, uafhængig af Substansen.

Kapaciteten er altsaa Forholdet imellem Lederens Elektricitetsmængde og dens elektriske Potential.

32. Elektroskoper og Elektrometre. Elektroskoper ere Instrumenter til at undersøge, om et Legeme er elektrisk, og, hvis saa er, bestemme Elektricitetens Art; Elektrometre ere Instrumenter til Maaling af Elektriciteten.

Alt tidligere er nævnt Guldblad-Elektroskopet, der ogsaa kan bruges som Elektrometer, idet der da findes en inddelt Bue lige under Guldbladene, saa at disses Udslag kan aflæses; senere vil blive nævnt Condensator-Elektroskopet og Bohnenbergers Elektroskop med den tørre Søjle. Coulombs Torsionsvægt kan ogsaa bruges som Elektroskop og Elektrometer. Det simpleste, men ogsaa mindst fintmærkende Elektrometer er Henleys elektriske Pendul, der bestaar af en lodret, ledende Stang, hvori der er ophængt en Hyldemarvskugle, som frastødes af Stangen, naar denne bliver elektrisk; Udslaget maales paa en inddelt Bue.

Endnu skal nævnes W. Thomsons meget fintmærkende Kvadrantelektrometer. Det bestaar af en Aluminiumnaal, formet omtrent som et Ottetal og ophængt vandret inde i en flad, cylindrisk Metal-kasse, som er delt i 4 Kvadranter, skilte lidt fra hverandre. Naar Instrumentet er uelektrisk, gaar Naalens Symmetriaxe parallel med en af de Diametre, efter hvilken Kassen er delt. To diametralt modsatte Kvadranter (*a* og *b*, *c* og *d*) ere indbyrdes ledende forbundne. Man gaar nu i Almindelighed saaledes frem: to modstaaende Kvadranter, f. Ex. *a* og *b*, forbindes ledende med Jorden, og der gives Naalen en vis elektrisk Ladning; føres der nu Elektricitet til de to andre Kvadranter, gjør Naalen et Udslag til den ene

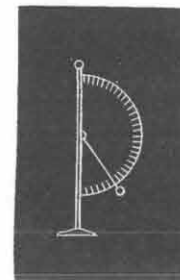


Fig. 36.

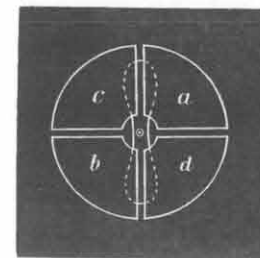


Fig. 37.

eller den anden Side, alt efter Ladningens Art, idet der er en Directionskraft tilstede, enten derved at Naalen er ophængt bifilar, eller der er befæstet en lille Magnetnaal til den; Udslaget er, naar det ikke er meget stort, proportionalt med saavel Kvadranternes som Naalens Potential. Udslagets Størrelse bestemmes i Reglen ved Spejlaflæsning (s. Magnetometret). Naalen lades derved, at der fra dens Underside gaar en Metaltraad ned i concentreret Svovlsyre, og hertil føres Ladningen.

33. **Tab af Elektriciteten.** Dersom et elektrisk Legeme var omgivet af absolute Isolatorer, vilde det bevare sin Elektricitet uformindsket, men baade de Isolatorer, som understøtte Legemet, og den omgivende Luft formindske efterhaanden Legemets elektriske Ladning ved at bortføre Elektricitet fra det.

Undersøger man ved Hjælp af en Prøveskive den elektriske Tilstand af en Glas- eller Schellakstang, som bærer en elektrisk Kugle, saa findes Stangen paa et større eller mindre Stykke fra Kuglen at besidde samme Art Elektricitet som denne, men ud over dette Stykke findes der ingen Elektricitet. Dette Stykke er fundet at være proportionalt med Kvadratet paa den elektriske Tæthed paa Kuglen. Perpendikulærerne,

som i Figuren ere oprejste paa Stangen give et Billede af Elektricitetens Udbredelse paa Stangen. Havde Stangen nu Længden $AC < AB$ og ved C var i Berøring med en Leder, vilde denne strax modtage Elektricitet af C , og dette vil da modtage mere Elektricitet fra de

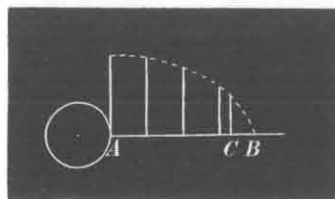


Fig. 38.

nærmest liggende Punkter, saa at der finder et Aflob af Elektricitet Sted, som dog ikke vedvarer, til Kuglen er uelektrisk, thi de nævnte Perpendikulærer formindskes efterhaanden, og efter nogen Tids Forløb er Perpendikulæren i C bleven Nul, hvorved Bortstrømningen af Elektricitet — ad den Vej — ophører. Tabet langs de isolerende Støtter kan for-

mindskes, naar Støtterne forlænges, eller deres Tværsnit formindskes. I fugtig Luft vil tilmed Isolatoren belægge sig med et tyndt Lag af Fugtighed, som forøger Ledningen.

Hvad Elektricitetstabet til Luften angaar, saa hidrører dette dels fra Luftens Ledning og dels fra, at Luftmolekylerne tiltrækkes og derpaa frastødes af det elektriske Legeme, medtagende noget af dettes Elektricitet; et lufttomt Rum er en absolut Isolator. Coulomb har ved Hjælp af Torsionsvægten bestemt Elektricitetstabet i Luften. Den faste og den bevægelige Kugle ladedes med samme Elektricitet, og han maalte da den Snoning, der var nødvendig for at bringe den bevægelige Kugle i en vis Afstand, f. Ex. 20° , fra den faste. Medens nu Kuglerne tabe Elektricitet til Luften, formindskes Udslaget, og han bestemte saa, hvor meget han hvert Minut maatte formindske Snoningen for at vedligeholde det samme Udslag. Da Udslaget er konstant, er Frastødningen proportional med Snoningsmodstanden, altsaa med Snoningsvinklen, og Frastødningens Formindskelse kan altsaa let bestemmes. Denne Formindskelse fandtes at være proportional med Frastødningens Størrelse, og altsaa er Elektricitetstabet i hvert Øjeblik proportionalt med den paa Kuglen værende Elektricitetsmængde.

Ved stærkere Ladninger end dem, der kan være Tale om ved Coulombs Forsøg, ses Elektricitetstabet derimod først at være meget stort, indtil Legemets Ladning er bleven bragt ned til en af Legemets Form afhængig Størrelse, og derpaa gjælder den nævnte Lov.

Elektriciteten vil lettest strømme ud af en elektrisk Leder fra skarpe Kanter og Spidser; vil man altsaa bevare Elektriciteten paa en saadan, maa den ikke have Kanter og Spidser. Strømmer Elektriciteten ud fra en Spids, kan denne Udstrømning, naar den er tilstrækkelig stærk, mærkes som den »elektriske Vind«, der har bevægende Kraft; i Mørke ses tillige en blaalig lysende Dusk paa Spidsen, naar det er positiv, og en lys Prik, naar det er negativ Elektricitet. — Naar man lader en Flamme slikke henad et elektrisk Legeme, danner den mange Spidser, og Elektriciteten taber sig derfor hurtig.

II. Apparater til Frembringelse og Opsamling af Elektricitet.

34. **Elektrophoret.** Dette bestaar af en Kage af Harpix, Terpentin og Beg, støbt i en Metalskaal. Ved Gnidning med et Stykke Skind bliver Kagen negativ elektrisk, og denne Elektricitet vil i Metalskaalen ved Fordeling trække positiv Elektricitet op til Kagens Underside og støde negativ bort til Jorden (Skaalen maa ikke være isoleret); den tiltrukne positive Elektricitet vil drage den negative i Kagen lidt ned i denne, saa at den ikke saa let forlader Kagen,

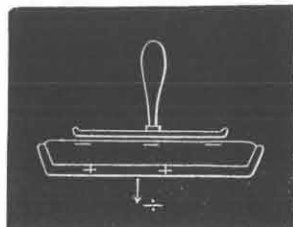


Fig. 39.

men kan holde sig der i flere Uger. Man betjener sig nu af et Skjold, d. e. en med et Glashaandtag forsynet Metalplade; sættes Skjoldet paa Kagen, fordeles dens Elektricitet, $+$ kommer nederst, $\div$ øverst; den sidste afledes med Fingeren, og løftes da Skjoldet op, er det positiv elektrisk, og denne kan benyttes; nærmes saaledes en Finger til Skjoldet, faar den negativ Elektricitet, og denne og Skjoldets positive Elektricitet neutraliseres i en elektrisk Gnist. Skjoldet sættes saa igjen paa Pladen, afledes, løftes op o. s. fr. — En simpel Kautschukplade kan ogsaa træde istedetfor den nævnte Blanding. — Dersom man løfter Skjoldet op fra Kagen uden først at have berørt det afledende, vil det være uelektrisk eller stundom svag positiv elektrisk, idet da lidt af den negative paa Pladens Overside er gaaet tabt til Luften. — En Gnist imellem Skjoldet og Kagen viser der sig ikke, naar det $+$ elektriske Skjold løftes op, men nok, naar Skjoldets Rand nærmes til Kagen.

Har man to Elektrophorer, det enes Kage negativ elektrisk, det andets uelektrisk, kan man føre et Skjold, som paa den nævnte Maade lades med positiv Elektricitet af det første Elektrophor, med sin Rand over til det andets Elektrophor, som derved lades efterhaanden med positiv Elektricitet, hvilken

saa igjen kan bruges til at forøge det første Elektrophors negative Elektricitet o. s. fr., saa at man paa denne Maade kan skaffe de to Elektrophorer Maximum af Ladning.

35. **Elektrisermaskinen.** Otto v. Guericke's meget primitive Maskine er alt nævnt. Nu benytter man mest Skive-maskiner, hvis Konstruktion væsentlig er saaledes. En plan Glasskive er anbragt drejelig om en vandret Axe i et Tapleje, som hviler paa ferniserede Glasfodder; Skiven er ferniseret nærmest om Axen.

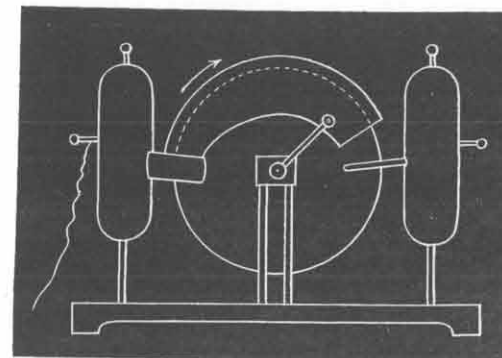


Fig. 40.

Ved Siden af denne Skive er der paa isolerende Glasfodder anbragt to hule Metalcylindre med afrundede Kanter, Konduktorerne. Den ene bærer Gnidetøj, $\circ$: en gaffeldannet Gren af Metal eller Træ, belagt med Metal, hvis to mod Skiven vendte Sider ere forsynede med Læderpuder, der trykkes imod Skiven og ere indgnedne med Zink-Tin-Amalgam; den anden bærer Indsugerens, $\circ$: en gaffeldannet Metalgren, der staar modsat Gnidepuderne og er forsynet med Metalspidser, der vende imod Glasskivens to Sider. Paa Gnidetøj er der oftest anbragt en Træbue henover Skiven og dertil befæstet to Stykker ferniseret Silketøj, som gaa ned over Skiven for at formindske Elektricitetstabet til Luften.

Ved Hjælp af et Haandtag drejes nu Skiven rundt i den ved Pilen angivne Retning. Ved Gnidningen bliver Glasskiven $+$, Puderne og dermed disses Konduktor $\div$ elektrisk; Glasskivens $+$ Elektricitet føres under Omdrejningen over imellem Indsugerens Grene, fordeler Elektriciteten i den dertil hørende Konduktor, saa at denne kommer til at indeholde $+$, medens Spidserne faa $\div$ Elektricitet; denne sidste strømmer fra Spidserne over imod Skiven og neutraliserer dens $+$ Elektricitet,

thi den elektriske Skive bliver imellem Spidserne helt omgivet af en Leder (24); paa Skivens nederste Halvdel er der altsaa ingen Elektricitet. Ved fortsat Drejning faa de to Konduktorer, den negative og den positive, altsaa mere og mere Elektricitet, indtil en vis Potentialforskjel er naaet.

Forbindes den negative Konduktor ledende med Jorden, bliver den og Gnidepuderne uelektriske, og den positive Konduktor faar da et dobbelt saa stort Potential som før.

En Isolerskammel er en Træskammel med Glasfødder; et Menneske, som staar paa en Isolerskammel og har Haanden i Berøring med den positive Konduktor, bliver derved positiv elektrisk; Haarene paa hans Hovede ville frastøde hverandre og altsaa rejse sig; der kan trækkes Gnister af ham, og han kan trække Gnister af de Omkringstaaende. — Paa Konduktoren kan den »elektriske Mølle« anbringes; den bestaar af en lille omvendt Metalhætte, som hviler paa en Spids, og fra hvis Rand der radiært udgaar Metalnaale, som i Enderne ere bøjede om, alle til samme Side; under Skivens Omdrejning vil den elektriske Vind bringe Møllen til at dreje rundt.

Forbindes de to Konduktorer ledende med hinanden, gennemstrømmes denne Ledning under Maskinens Omdrejning af positiv Elektricitet i én Retning og negativ i den modsatte, hvilke Elektriciteter stadig neutralisere hinanden; vi have her en elektrisk Strøm, hvis Retning angives ved den positive Elektricitets Bevægelsesretning; ophører Skivens Drejning, standser Strømmen.

Undertiden har Maskinen to Gnidetøjer og to Indsugere; disse sidde da forskudte 90° for hinanden.

En anden Art af Elektrisermaskiner ere Fordelings- eller Influensmaskinerne, af hvilke vi ville omtale to: Holtz's og Carré's.

36. **Holtz's Maskine.** Denne er i Figuren vist schematisk i vandret og lodret Projection, og Indretningen er i Hovedsagen som følger. AA_1 er en faststaaende Glasskive med 3 Udskjæringer, en rund i Midten og to firkantede ligeoverfor hinanden; af disse to sidste er den enes nederste Del, den andens øverste Del forsynet med en Papirbelægning (C og C_1) med de fremefter bøjede Kartonspidser s og s_1 . Tæt foran denne

Glasskive er der en tynd, ferniseret Glasskive BB_1 , som ved et Snorløb kan drejes hurtig rundt om en vandret, isolerende Axe (denne gaar igjennem den centrale Gjenemskjæring i AA_1 , men er ikke vist i Figuren). K og K_1 ere to isolerede Metalkugler; fra hver af dem udgaar der henimod Skiven en Metalstang, hvilken bærer en Indsuger (I og I_1), hvis Spidser (antydende ved Prikker i den lodrette Projection) vende imod BB_1 ligeoverfor den respective Papirbelægning. Igjennem Huller i K og K_1 kunne to med isolerende Haandtag H og

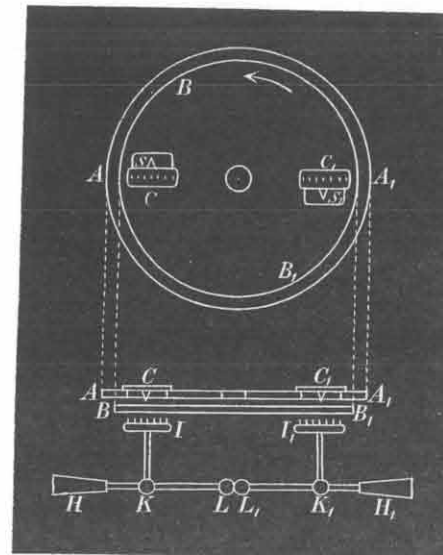


Fig. 41.

H_1 forsynede Metalstænger skydes frem og tilbage; disse ende i de to Kugler L og L_1 , som vi ville tænke os fra Begyndelsen af værende i Berøring med hinanden.

Man sætter nu Skiven AA_1 i Omdrejning, saaledes at den drejes imod Kartonspidserne s og s_1 , og holder samtidig et negativ elektrisk Legeme (en gnedet Ebonitplade) hen til den ene Papirbelægning, f. Ex. C . C lades da med $\div E$, der virker fordelende paa Konduktoren IKL , saaledes at $+E$ trækkes ud i Indsugeren og derfra gaar over paa Skivens BB_1 's forreste Side, medens $\div E$ stødes hen til Kuglen L . Den $+E$ paa BB_1 føres rundt med denne og møder da først Papirbelægningen C_1 med Kartonspidsen s_1 ; Belægningen faar derfor ved Fordeling $+E$, Kartonspidsen $\div E$, og derefter ville baade den $+E$ paa BB_1 's forreste Side og den $+E$ i Belægningen virke fordelende paa Konduktoren $I_1K_1L_1$; $+E$ stødes hen til L_1 , $\div E$ trækkes ud i Indsugeren og derfra over paa BB_1 's forreste Side, tilmed i saa stor

Mængde, at den neutraliserer den derværende $+E$, og Skiven faar dér Overskud af $+E$; Kartonspidserne s_1 's $\div E$ gaar over paa Glasstænger paa den anden Side. Skiven gaar altsaa videre med negativ Elektricitet paa begge Sider, ankommer saaledes til Belægningen C , hvis Elektricitet forstærkes ved de samme Virkninger som nys nævnt, osv. Man kan derfor efter kort Tids Omdrejning tage Ebonitpladen bort, og en ejendommelig Susen tilkjendegiver, at der finder en stadig Udvikling af Elektricitet Sted; dette fortsættes, indtil Forøgelsen af Elektricitet er lig Tabet deraf. Da Kartonspidserne er en Halvleder, er BB_1 's Bagside aldrig ladet saa stærkt som dens Forside. Skér Omdrejningen i Mørke, lyse Spidserne paa den Maade, som er karakteristisk for Udstømning af henholdsvis positiv og negativ Elektricitet (45). — Fordelingen i Glas-skiven spiller ogsaa en Rolle, men er udeladt af Betragtningen.

Dersom man nu fjærner de to Kugler L og L_1 , hvis Elektriciteter hidtil ophævedes, fra hinanden, vil der under Skivens Omdrejning springe Gnister over imellem dem; hvis man fjærner L og L_1 saa langt fra hinanden, at der ikke mere kan springe en Gnist over ved den Potentialforskjel, som L og L_1 kunne faa, ophører Maskinens Ladning fuldstændig, og man maa da begynde forfra, altsaa nærme L og L_1 til hinanden og under Skivens Omdrejning bringe et elektrisk Legeme hen til den ene Belægning.

I Reglen benyttes L 's og L_1 's Elektriciteter til dermed at lade en til Maskinen hørende Leydnerflaske (40), hvorved Gnisterne blive sjældnere, men langt stærkere.

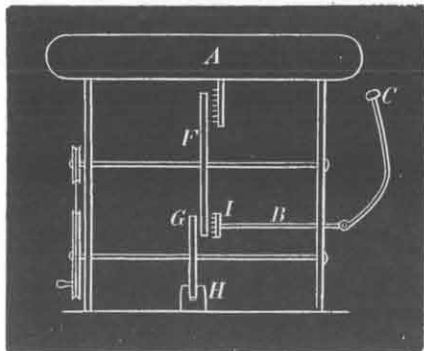


Fig. 42.

37. Carré's Maskine har følgende Indretning. Paa to Glasstænger hviler en stor, hul Metalcylinder, Konduktoren A ; G er en Glasskive og F en Ebonitskive, som ved Hjælp af et Snorløb kunne sættes i samtidig Omdrejning, F hurtigst. I er en Indsuger, der staar ligeoverfor den

øverste Del af G , saaledes at F 's nederste Del er imellem G og I , og den sidder paa en Metalstang B , hvortil den med en Kugle forsynede Metalstang C (den anden Konduktor) er befæstet, drejelig ved et Hængsel. Til A er der ligeledes befæstet en Indsuger, der gaar ned foran F 's øverste Del paa samme Side som I . Imod G trykke forneden Gnidepuderne H , og drejes Skiverne nu rundt, faar G ved Gnidningen $+E$, som efter en halv Omdrejning kommer ud for I , i hvilken den fremkalder en Fordeling, hvorved $+E$ stødes ud til Kuglen paa C , medens $\div E$ tiltrækkes; denne $\div E$ gaar fra Spidserne over paa Skiven F , føres med denne rundt og fremkalder en Fordeling i A , hvorved $+E$ trækkes fra Indsugeren over paa Ebonitskiven og dér neutraliserer dennes $\div E$, medens A lades med $\div E$. Ved en vis Potentialforskjel imellem C og A vil der springe en Gnist over imellem dem.

38. Endnu skal nævnes Armstrongs Dampelektriser-maskine (1840), i hvilken der udvikles store Mængder af Elektricitet ved Udstømning af Damp eller, som Faraday har vist, halvfortættet Damp fra en isoleret Dampkjedel. Udstømningen skér i Almindelighed igjennem bøjede Rør i en Kasse med koldt Vand, og Dampen bliver positiv elektrisk; ligeoverfor Udstømningsaabningerne staar en isoleret Konduktor med Metalspidser vendende imod Dampen, og Konduktoren faar da positiv Elektricitet, medens den i Spidserne tiltrukne negative Elektricitet neutraliserer Dampens positive.

39. Elektriske Opsamlingsapparater eller Kondensatorer. Som tidligere nævnt er et Legemes elektriske Kapacitet den Elektricitetsmængde, som kræves til at forhøje dets Potential med 1. Kan man forøge Kapaciteten, saa kan man derved forøge Mængden af Elektricitet, et Legeme indeholder for samme Potential. Dette skér i de elektriske Opsamlingsapparater eller Kondensatorer.

Den simpleste Form for disse Apparater er følgende: En ferniseret Glasplade A er anbragt paa en Glasfod, og paa dens to Sider findes to lidt mindre Metalskiver, B og C , paa bevægelige Glasfodder. Vi ville nu først tænke os alene C paa sin Plads tæt op til A ; sættes den i ledende Forbindelse med f.Ex. den positive Konduktor paa en Elektrisermaskine, strømmer

Elektriciteten over paa *C* (Kollektorpladen), indtil denne har samme Potential som Konduktoren; flyttes saa *B* hen til *A* paa dennes anden Side vil *C*'s $+E$ ved Fordeling i Pladen *B* (Kondensatorpladen) tiltrække en lidt mindre Mængde $+E$ og frastøde $+E$, hvilken sidste afledes til Jorden. *B*'s $+E$ trækkes helt ind til Glasset og vil igjen drage en stor Del af *C*'s $+E$ ind til Glasset, saa at der bliver en mindre Mængde »fri« Elektricitet paa *C*.

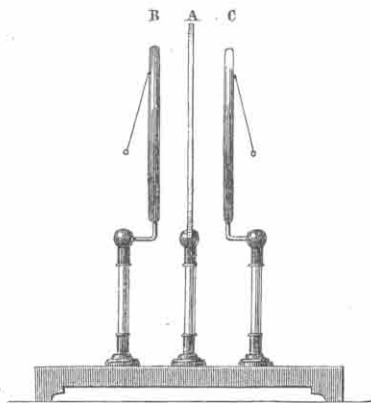


Fig. 43.

Potentialet paa *C* er altsaa blevet mindre, og der vil fra Konduktoren, naar Maskinen holdes i Gang, strømme mere positiv Elektricitet over til *C*, hvilket fremkalder en ny Fordeling i *B*, og dette Spil vil vedblive, indtil *C*'s Potential er ligesaa stort som Konduktorens.

Ved Konduktorens Fortætningstal forstaaes Forholdet imellem den Ladning, Kollektorpladen her har faaet, og den, som den vilde faa, hvis Kondensatorpladen ikke var i dens Nærhed, og det er altsaa tillige lig med Forholdet imellem Kapaciteterne i de to Tilfælde; dette Fortætningstal er omtrent proportionalt med Metalpladernes Størrelse og omvendt proportionalt med Glaspladens Tykkelse.

C's Forbindelse med Konduktoren og *B*'s Forbindelse med Jorden afbrydes derpaa. Dersom de to Metalplader vare forsynede med Hyldemærskugler, vilde den paa *C* gjøre Udslag, den paa *B* hænge ned, thi her er al Elektricitet »bunden«.

Berøres *C* nu afledende, borttages dens frie Elektricitet, og dens Hyldemærskugle falder ned; men saa frigjøres en Del af *B*'s negative Elektricitet, og dens Hyldemærskugle gjør et Udslag, dog mindre end *C*'s. Derpaa kan *B* berøres afledende o. s. fr.; Udslagene blive mindre og mindre og ophøre tilsidst. Istedetfor at udlade Apparatet ved saadanne Partialudladninger,

kan man ogsaa udlade det paa én Gang ved at bringe de to Metalplader i ledende Forbindelse med hinanden. Dette kan ske ved en Udladertang σ : to sammenleddede Metalstænger, forsynede med Glashaandtag; berører man den ene Plade med Enden af den ene Stang og da nærmer Enden af den anden Stang til den anden Plade, saa vil der ved en vis lille Afstand imellem disse sidste springe en stærk elektrisk Gnist over, som dog egentlig er en Række af hurtig paa hinanden følgende Gnister (Partialudladninger), der kun kunne skjælnes fra hverandre, naar man betragter Spejlbilledet af dem i et hurtig roterende Spejl. Man kan ogsaa lægge en Haand paa hver af de to Plader, og man faar da en pludselig, krampagtig Fornemmelse, et elektrisk »Stød«, der, naar det er svagt, navnlig føles i Haandleddene, stærkere i Albuerne, og endnu stærkere i Brystet.

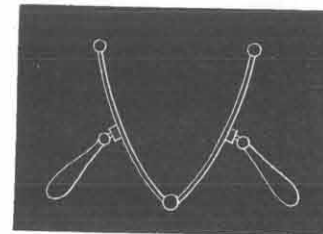


Fig. 44.

Man har dog ved ingen af de nævnte Udladninger helt berøvet Apparatet dets Elektricitet. Sagen er den, at ved de stærke Tiltrækninger imellem Pladernes Elektriciteter, drages disse tildels lidt ind i Glasset, saa at det er en forholdsvis ringe Mængde af den i Apparatet værende Elektricitet, som findes paa Pladerne, og i Udladningen vil foruden disses Elektriciteter kun de i Glaspladen yderst siddende Elektriciteter deltage. At dette virkelig forholder sig saaledes, kunde man vise ved, naar Apparatet er færdig ladet, at flytte Metalpladerne bort og udlade dem, og dersom man saa f. Ex. vilde lægge en Haand paa hver af Glaspladens to Sider, vilde man føle et antageligt Stød.

Naar man derfor har udladet Apparatet, kan man endnu foretage nogle mindre og stedse aftagende Udladninger, de saakaldte Restudladninger. Disse skyldes de Elektriciteter, som have trukket sig ind i Glasset, men som efter Udladningen efterhaanden træde ud paa Metalpladerne igjen.

Som nævnt naaer man en desto større Virkning, jo tyndere Glaspladen er; men paa den anden Side maa det iagttages,

at Pladen ikke er saa tynd, at Elektriciteterne i de to Metalplader ved deres indbyrdes Tiltrækning gjennebore Glasset, da Apparatet saa er ubrugeligt; Erfaringen giver den passende Tykkelse. Metalpladerne ere noget mindre end Glaspladen, da deres Elektriciteter ellers let vilde forenes igjennem Luften udenom den sidste.

Kondensatoren kunde ogsaa, istedetfor at have en Isolator af Glas eller i det Hele taget en fast Isolator, have havt Luft imellem de to Metalplader; men Pladerne maatte saa for at give samme Virkning have staaet i en 6 Gange mindre Afstand fra hinanden (27), hvilket vilde være saa meget mere uheldigt, som Elektriciteten langt lettere gjennebryder Luft end Glas. Om nogen Indtrængen af Elektricitet i Isolatoren kunde der heller ikke blive Tale, saa at Udladningen vilde være langt svagere, og der blev ingen Restudladninger.

40. **Franklins Ladningstavle** er en Kondensator, hvor de to bevægelige Metalplader ere erstattede af Stanniol eller Tinfole (Belægninger), som er klæbet til Glassets to Sider.

Skulle Metalpladerne eller Belægningerne være store, er den nævnte Form for en Kondensator uhensigtsmæssig, og man benytter da Leydnerflasken, konstrueret af Kleist (1745) og Aaret efter, uafhængig heraf, af Cunæus i Leyden. Leydnerflasken er en godt isolerende Glasflaske, paa hvis Yder- og Inderside der er klæbet Stanniolpapir; i Halsen sidder en Træ-

prop, hvori er fastgjort en Metalstang, som foroven ender i en Kugle, og fra hvis nederste Ende der hænger en Metalkjæde ned til den indre Belægning; denne sidste er Kollektorplade, den ydre Belægning Kondensatorplade, og naar Apparatet skal lades, holder man derfor Flasken i Haanden og lader Kuglen berøre den Konduktor, fra hvilken Ladningen skér. Processen er den samme som før nævnt. Vil man udlade Leydnerflasken, bringer man den ydre Belægning i ledende Forbindelse med Kuglen

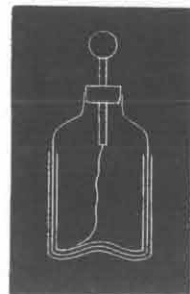


Fig. 45.

og derved med den indre Belægning.

Flere Leydnerflasker kunne samles til et Leydnerbatteri, en bekvemmere Form end en stor Leydnerflaske; alle ydre Belægninger forenes derved, at Flaskerne staa paa et stort Stykke Stanniol, de indre derved, at Kuglerne ere forbundne ved Metalstænger eller -kjæder. Ladningen kan ske paa almindelig Maade eller hurtigere derved, at en Flaskes ydre Belægning forbindes med Kuglen paa den næste Flaske; man fører saa Elektricitet til den indre Belægning i den første Flaske, og enhver anden indre Belægning lades da med den Elektricitet, der er frastødt paa den foregaaende Flaskes ydre Belægning.

41. **Maaleflasken.** Størrelsen af et Batteris Ladning kan maales med Lanes Maaleflaske. Denne bestaar af en Leydnerflaske, fra hvis ydre Belægning der gaar en Metalkjæde op til en Metalstang, som i en isolerende Fod kan forskydes frem og tilbage, og en i dens ene Ende værende Kugle derved bringes i en vis Afstand fra Flaskens Kugle. Det Batteri, hvis Ladning man vil maale, isoleres under Ladningen, og den paa dets ydre Belægning frastødte Elektricitet ledes over til Maaleflaskens indre Belægning; naar Maaleflasken saa er bleven ladet til en vis Grad, forene dens Belægningers Elektriciteter sig i en Gnist imellem de to Kugler, og i Antallet af saadanne Gnister har man derfor et Maal for Batteriets Ladning.

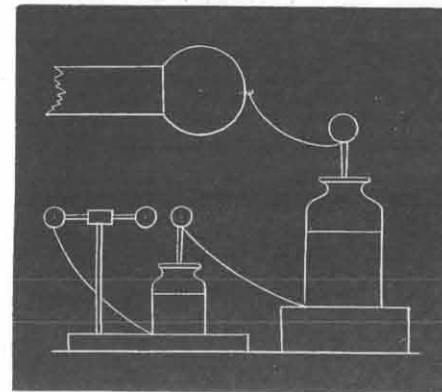


Fig. 46.

42. **Kondensator-Elektroskopet** benyttes til at paavise Tilstedeværelsen af meget svag Elektricitet, hvor det almindelige Elektroskop vanskelig vil kunne gjøre god Nytte. Det bestaar af et Guldblad-Elektroskop, men med en Metalplade istedetfor Metalkuglen, og Metalpladen er ferniseret paa Oversiden; ovenpaa denne Metalplade sættes en anden lig-

nende, som er ferniseret paa Undersiden og er forsynet med et Glashaandtag. Disse Metalplader med det mellemliggende Fernislag udgjøre en Kondensator med stort Fortætningstal. Det til Undersøgelse foreliggende Legeme bringes i Berøring med den nederste Plade, Kollektorpladen, medens den øverste, Kondensatorpladen, afløses, og der vil altsaa bindes saamegen Elektricitet ved Fernislaget, at Legemet mister al sin Elektricitet. Derefter fjernes Legemet, den øverste Plade løftes op, og den i den nederste Plade værende Elektricitet vil da udbrede sig over det Hele og fremkalde et Udslag af Bladene.

III. Den elektriske Udladning.

43. Den elektriske Gnist. Naar to Ledere med forskjellig Art af Elektricitet ere hinanden tilstrækkelig nære, eller i det Hele naar to Ledere med forskellige Potentialer ere hinanden nære, springer der en elektrisk Gnist over imellem dem igjennem Luften. Modsatte Elektriciteter forene sig i Gnisten, der altsaa ikke gaar i nogen særlig Retning. Der ses et Lys og høres et lille Smæld.

Ved spektroskopisk Undersøgelse af Gnisten har man fundet, at der finder en Glødning Sted: smaa glødende Partikler af de to Ledere springe over imellem dem, hvilket kan ses deraf, at naar Gnisten dannes imellem en Sølv- og en Guldkugle, bliver den første paa Gnistens Sted besat med ganske smaa Guldpartikler, den sidste med Sølvpartikler; men tillige kommer Luften i Glød, saa at man kan tale om den egentlige Gnist og en glødende Luft. Smældet hidrører fra Luftens pludselige Opvarmning.

Gnistens Varighed er ikke en Gang en Milliontedel af et Sekund. Dens Farve afhænger efter det Foregaaende af saavel Ledernes som Luftens Art. Er Gnisten kort, er den retliniet, længere Gnister ere zigzagformige, hvilket hidrører fra en ulige Fortætning af Luften under Elektricitetens Overgang.

Ved Slagvidden forstaar man den Afstand, hvortil to Ledere skulle nærmes, for at Gnistdannelsen skal ske; naar

der bortsés fra meget smaa og fra meget lange Gnister, er Slagvidden proportional med Ledernes Potentialforskjel, alt iøvrigt lige.

Skér Udladningen af Ledernes Elektricitet i et luftfortyndet Rum, udebliver den egentlige Gnist, og kun et glødende Luft-hylster kommer til Syne. Dette kan vises ved Hjælp af Geisslerske Rør, der f. Ex. kunne have den i Figuren angivne Form: et Glasrør, der er

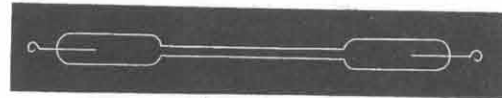


Fig. 47.

snevert paa Midten, og i hvis Ender der er indsmeltet Platintraade; i Røret findes fortyndet Luft. Ogsaa et »elektrisk Æg« kan benyttes: en Glasbeholder af Form som et Æg, indsat i to Messingbøsninger, hvori der er befæstet to i Kugler sig endende Metalstænger (dog saaledes, at den ene er forskydelig); ved Hjælp af et Rør med en Hane kan Ægget fyldes med vedkommende Luftart, og dennes Tryk varieres. De to Metalstænger forbindes med modsat ladede Konduktorer.

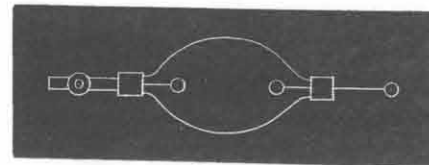


Fig. 48.

Er der atmosfærisk Luft i Ægget, og den fortyndes i tilstrækkelig Grad, spaltes Lyset, idet der dannes længere røde Striber fra den positive Kugle, og mindre violette fra den negative; ved yderligere Fortynding forlænges de første, medens de sidste forsvinde, dog saaledes at den negative Kugle og en Del af dennes Stang vedblivende er omgivet af et violet Lys.

Den elektriske Udladning kan ikke foregaa i det tomme Rum. — Gnister ved Kondensatorens Udladning er omtalt.

44. Udladninger igjennem andre Legemer end Luft iagttages bedst ved Henley's Udlader: to Metalstænger, der bæres af Glasfodder, og som ved Hængsler kunne drejes, ligesom de kunne forskydes frem og tilbage, saaledes at Afstanden imellem de imod hinanden vendende Ender af Stængerne varieres. De to Metal-

stænger ende mod hinanden i Kugler eller Spidser, og herimellem anbringes det Legeme, hvorigjennem Udladningen skal ské, medens Stangens to andre Ender sættes i Forbindelse med Belægningerne paa et Leydnerbatteri. Skér Udladningen igjennem en Metaltraad, opvarmes denne, og Opvarmningen er ligefrem proportional med Traadens Modstand og Kvadratet paa Batteriets Ladning. Op-

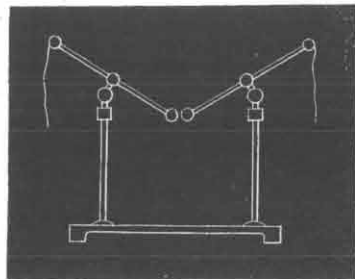


Fig. 49.

varmningen kan blive saa stærk, at Traaden kommer i Glød. Vil man antænde Krudt ved Hjælp af Udladningen, maa denne gaa igjennem en i Krudtet anbragt fugtig Hampesnor, ellers spredes kun Krudtet. Forøvrigt har Udladningen lignende Virkninger udadtil som de elektriske Strømme (se senere).

Gaar Udladningen igjennem en fast Isolator, vil denne kunne gjennebores og sønderknuses; Træ bliver saaledes spaltet og kastet omkring i Stykker; i Glas dannes der et Hul, hvis Rande ere ugjennemsigtige af Glaspulver; her maa Udladningen ské imellem Spidser, og Glasset være vadsket godt med Alkohol og Svovlæther, for at Udladningen ikke skal gaa langs Overfladen. Anbringes Spidserne paa Glassets to Sider, lige ud for hinanden og i Centrum af en Ring af Stearin paa Glasset, vil der under Udladningen komme en Gjennemboring etsteds ved Stearinringens indre Flade; anbringes Spidserne lige langt fra og paa modsatte Sider af Centrum, kommer der en Mængde saadanne Gjennemboringer ved Stearinringen, hvilket alt tyder paa, at Luftlaget over Stearinen er mindre godt ledende end Luften over Glasset, idet der først har fundet en Udbredelse af Elektricitet Sted paa Glasset. Anbringes der to Stearinringe paa Glasset, én paa hver Side, men saaledes, at de skjære hinanden, og Udladerspidserne i disse Kredses Centrer, vil der, naar Udladningen finder Sted, komme en Gjennemboring i det ene Skjæringspunkt imellem de indre Rande. Saadanne Udladningsforsøg ere anstillede i Mængde.

Gaar Udladningen igjennem en lille Pakke Papir eller et Stykke Pap, dannes der et Hul, som er flosset udadtil; de enkelte Huller i Papirstykkerne ligge i en ret Linie. Men ligger der et Stykke Stanniopapir imellem Papirbladene, og staa Spidserne ikke lige over for hinanden, ligge Hullerne paa Stanniolets ene Side i én ret Linie, paa dets anden Side i en anden ret Linie, og begge Linier danne samme Vinkel med Forbindelseslinien imellem Spidserne. Der foregaar nemlig en Fordeling af Elektriciteten i Stanniolet, og Udladningen faar en resulterende Bevægelse.

Igjennem slet ledende Væsker gaar Udladningen under Dannelsen af en Gnist, og Vædsken slynges ofte højt tilvejs, eller, hvis den er indesluttet i et Rør, knuses dette.

Dannes der Gnister i nogen Tid i den atmosfæriske Luft, omdannes nogen Ilt til Modifikationen Ozon, hvorfra den ejendommelige Lugt ved Elektricitetn hidrører; er Luften fugtig, dannes der tillige noget Salpetersyre. Dannes Gnisten i Knaldluft, forenes dens Bestanddele til Vand, og i en Blanding af Chlor og Brint, forene disse sig til Chlorbrinte.

45. Naar man drejer en Holtz's Maskine rundt i Mørke, lyse Spidserne paa de to Indsugere; der viser sig smaa Lysbuske paa de Spidser, hvorfra der strømmer positiv Elektricitet, smaa lyse Prikker paa de Spidser hvorfra der strømmer negativ Elektricitet. Lysphænomenet i Mørke ved Elektricitetens Udstømning er altid langt større for positiv end for negativ Elektricitets Vedkommende. Drejer man Skiven i en stærk Elektrisk maskine hurtig rundt i tør Luft, hører man en stærk Susen, og ere Konduktorerne forsynede med smaa Kugler, sér man paa den positive Konduktors Kugle en Lysbusk med en tyk Rod, hvorfra der vifteformig udgaar Straaler; betragter man Lysbusken i et hurtig roterende Spejl, sér man, at der foregaar en Række hurtig paa hinanden følgende, stødvise Udstømninger. Den negative Konduktors Lysbusk er meget mindre.

46. **Luftelektricitet.** Naar Luften er klar og blaa, viser den sig at være positiv elektrisk tilvejs og desto mere, jo højere man kommer; Jorden derimod har et Overskud af negativ Elektricitet. En lang, lodret Metalstang vil derfor ved Fordeling faa negativ Elektricitet øverst, positiv nederst, hvad

der let kan paavises. Luftelektriciteten maales saaledes: Et Guldblad-Elektroskop har istedetfor en Metalkugle en Kobberstang, hvortil der er befæstet den ene Ende af en lang Metaltraad, i hvis anden Ende der sidder en Messingkugle; skydes denne tilvejs, gjøre Bladene et Udslag og det desto større, jo højere Kuglen stiger. Elektriciteten, der fremkalder Udslaget, findes i Atmosfæren og opstaar ikke ved Gnidning af Kuglen imod Luften, thi der kom intet Udslag, naar Kuglen kastedes vandret ud.

Naar Vanddampene ved deres Fortætning danne Skyer, blive disse ladede med den tilstedeværende positive Elektricitet, der kan bevæge sig i Skyen som i en metallisk Leder; tillige kan Atmosfærens Elektricitet eller en elektrisk Sky virke fordelende paa Elektriciteten i en Sky, og deles Skyen ved Vinden eller paa anden Maade i to eller flere Dele, faa disse mindre Skyer forskjellige Arter af Elektricitet, saa at der kan slaa Gnister over imellem Skyerne indbyrdes og imellem en Sky og Jorden, i hvilken sidste den elektriske Sky fremkalder en Fordeling; disse Gnister kaldes Lyn og det er den sidste Slags Lyn, der ere farlige (Lynet slaar ned), idet de kunne tænde Ild og dræbe eller i alt Fald for en Tid lamme et Menneske, de træffe. Naar Lynet slaar ned, skér det navnlig i de bedst ledende Legemer og fremspringende Dele som Bakker, Træer etc. Tordenen er den Lyd, der ledsager Lynet, ligesom en elektrisk Gnist er ledsaget af et Smæld; Tordenen er dog langvarig og »rullende« paa Grund af Lydens Tilbagekastning fra Skyerne, og fordi der i Reglen dannes flere Gnister paa en Gang. Tordenen skyldes altsaa den pludselige Opvarmning af Luften. Da Lyden forplanter sig med en Hastighed af noget over 1000' i Sekundet, kan man finde, »hvor langt Lynet er borte«, ved at multiplicere 1000 med Antallet af Sekunder, der ligger imellem det Øjeblik, man sér Lynet, og det, man hører Tordenen.

Franklin har først (7. Nov. 1749 i Philadelphia) paavist den fuldstændige Lighed imellem den elektriske Gnist og Lynet og opfordret til Foretagelse af Forsøg derover. Franskmanden Dali-bard gjorde dette efter Franklins Anvisning, idet han i en Have i Nærheden af Paris oprejste en Jærnstang, der foroven endte i en Spids, forneden var isoleret fra Jorden, og havde en Højde

af 13 Meter. Da under en Storm den 10. Maj 1752 Skyer trak hen over Stedet, kunde man i Løbet af et Kvarters Tid trække stundom meget lange Gnister af den nederste Ende af Stangen.

Ubekjendt hermed gjorde Franklin en Maaned senere et lignende Forsøg, men benyttede en Drage, der endte i en Metalspids; Snoren, der førte op til Dragen, var gjort fast i en Nøgle, hvori der var bundet et Stykke Silketøj, som var fastgjort i et Træ. I Begyndelsen iagttog Franklin Intet trods et stærkt Uvejr, men da der saa faldt nogen Regn, blev Snoren fugtig, og han kunde trække Gnister af Nøglen.

»Kornmod« og »Sildeglimt« ere fjærne Lyn i Horisonten.

Lynets Farve er blændende hvid i Atmosfærens lavere Egne, men violet i de højere Regioner.

Undertiden mærkes der i stor Afstand fra det Sted, hvor Lynet slaar ned, et stærkt, undertiden dødeligt Stød, et Bagslag, der hidrører fra, at naar Skyens Elektricitet har neutraliseret sig med den i Jorden tiltrukne Elektricitet, vender Jorden pludselig tilbage til den neutrale Tilstand, og den derved foraarsagede, hurtige Bevægelse af Elektriciteten i Jorden fremkalder Bagslaget.

Ved Lynaflederen, opfundet af Franklin, beskytter man Bygninger etc. imod Lynets ødelæggende Virkninger. Den bestaar af en Metalstang, der føres op langs Bygningen og foroven ender i en Platinspids, medens den med sin nederste Ende gaar ned i et vandførende Lag i Jorden. Den ved Fordeling i Lynaflederen tiltrukne Elektricitet vil da som Regel strømme over imod Skyen og neutralisere dens Elektricitet, og skulde Lynet slaa ned, gaar det kun langs Metalstangen. En Lynafleder regnes at kunne beskytte Rummet indenfor en Kegleflade, hvori den er Axe, og hvis Grundflades Radius er det dobbelte af Lynaflederens Højde.

St. Elmsild ere smaa Lysbuske, der i Mørke vise sig paa fremstaaende Gjenstande (Masterne paa et Skib, Hestøren etc.). De skyldes en jævn Udstrømning af Elektricitet, naar Luften er meget elektrisk.

47. Nordlys ere Lysninger i Atmosfæren, der vise sig mest pragtfulde i de arktiske Egne, men ogsaa iagttages under

lavere Breddegrader. Paa disse sidste sés Nordlyset i Almindelighed som en lysende Bue (mod Nord paa den nordlige, mod Syd paa den sydlige Halvkugle) med Enderne støttede til Horisonten og altsaa begrænsende et paa denne hvilende

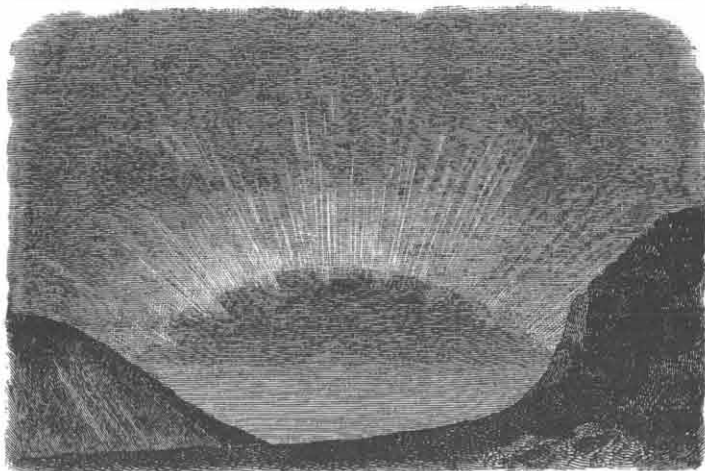


Fig. 49.

mørkt Segment; den lyse Bue er i en stadig Bevægelse i radiær Retning, dens Farve er hvid, men der udsendes hyppig røde og grønne Straaler opefter paa Himlen, og disse Straaler have Retning henimod et Punkt udover Zenith, nemlig det Punkt, hvor Inklinationsnaalens Forlængelse skjærer Himmelskuglen, og hvor Kronen dannes.

I de arktiske Egne iagttages Nordlysene under højst forskellige Former. Simplest viser det sig som en hvidlig Lysning som begyndende Dagslys over en Del af Himlen og altsaa med den øvrige Del som mørke Flader; Lysningen kan være saa stærk, at man kan sé Bjerge i flere Miles Afstand, og den sér ud, som om den hidrørte fra en Lyskilde udefra, der sendte sine Straaler igjennem Atmosfæren som Sol- og Maanelys. Det viser sig ogsaa undertiden som Lyspletter omkring paa Himlen, idet Lyset synes at straalet ud fra disse Pletter selv, eller som lysende Baand, der i Reglen gaa i magnetisk Øst og Vest med en skarp Kant forneden, men udsvømmende Rand foroven, undtagen naar Baandet gaar igjennem

Zenith, thi da ere begge Rande lige skarpe. Saadanne Baand vise sig, naar de ere stærkt udviklede, som folderige Tæpper, der ere i en stadig Bevægelse med Bølger i vandret og i lodret Retning og udsende Straaler imod det magnetiske Zenith, saa at det Hele kan faa et vifteformigt Udseende.

Smukkeste sés Nordlyset som en Mængde Straaler paa forskellige Dele af Himlen og med Retninger op imod det magnetiske Zenith, hvor Kronedannelsen skér; dette Punkt selv er i et lille mørkt Felt omgivet af en stærk Lysbevægelse.

Jo stærkere og smukkere Nordlyset er, desto kortere varer det i Almindelighed. Den store Bevægelighed i Nordlysene er karakteristisk for dem i de arktiske Egne, ligesaa den Omstændighed, at de dér naa ned til Atmosfærens laveste Regioner.

Edlund har forklaret Nordlyset paa følgende Maade: Jordmagnetismen inducerer ved Jordens Axeomdrejning en Strøm af Elektricitet, der gaar fra Jorden opefter i Atmosfæren, medens Jorden bliver tilbage med negativ Elektricitet; ved Æquator gaar Strømmen lodret opefter, men paa Steder med højere Bredder gaar Strømmen skraat opefter, i nordlig Retning paa den nordlige, i sydlig Retning paa den sydlige Halvkugle, og jo længere man kommer fra Æquator, desto svagere er den opad gaaende Strøm, ja i arktiske Egne gaar Strømmen af positiv Elektricitet ned imod Jorden og frembringer da de Lysphænomener, vi kalde Nordlys; Strømmen gaar ned imod Jorden i bestemte Egne, et Nordlysbelte, som efter Edlunds Theori har sit Midtpunkt imellem Jordens magnetiske og geographiske Poler. Erfaringen viser ogsaa, at der strækker sig et saadant Belte igjennem Hudsonsbugten, Syd-Grønland, Spitsbergen og videre temmelig langt mod Nord og saa tilbage. Befinder man sig altsaa Nord for dette Belte, har man Nordlysene imod Syd, og i selve Beltet har man dem i begge Retninger. — Skér Udladningen af Luftens positive og Jordens negative Elektricitet ikke som nævnt ved en jævn Strøm, kan den ské som Gnist, Lynet; dette opstaar hyppigere i de æquatorale Egne.

48. Elektricitetens Forplantningshastighed. Kirchhoff har ad theoretisk Vej godtgjort, at Elektriciteten forplanter sig med samme Hastighed som Lyset, altsaa cr. 40500 Mil i Se-

kundet. Ved de Forsøg, man har anstillet, har man fundet meget afvigende Resultater.

Wheatstone (1834) opstillede 6 isolerede Metalkugler i en ret Linie; 2 og 3 saavelsom 4 og 5 vare indbyrdes forbundne med to meget lange og lige lange Kobbertraade, 1 sættes i Forbindelse med den indre, 6 med den ydre Belægning paa et Leydnerbatteri. I det Øjeblik, den sidste For-

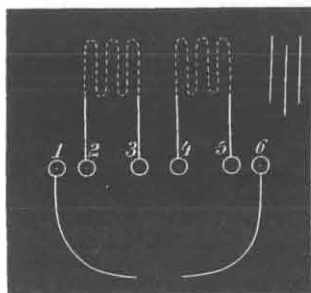


Fig. 50.

bindelse tilvejebragtes, slog der 3 Gnister over, nemlig imellem 1 og 2, 3 og 4, 5 og 6. Men drejedes et plant Spejl meget hurtigt rundt om en Axe, der var parallel med den rette Linie, hvori Kuglerne befandt sig, saa man i dette Spejl 3 aflange, lyse Striber, hver svarende til sin Gnist, og den midterste var forskudt lidt for de to yderste; denne Forskydning, hvis Størrelse maalt, skyldes den Tid, Elektriciteten har været om at gennemløbe de lange Kobberledninger, og er Spejlets Omdrejningshastighed bekendt, kan man beregne Elektricitetens Hastighed. Denne fandtes dog at være cr. 61000 Mil.

W. Siemens (1845) gik saaledes frem: En blank Staalcylinder *C* roterer hurtig om en Axe, og denne er ved to Ledningstraade sat i Forbindelse med de indre Belægningspaa 2 Leydnerflasker, fra hvis ydre

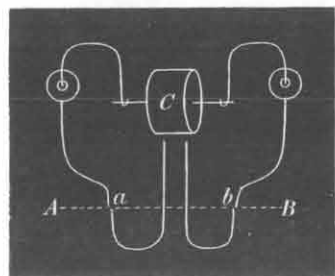


Fig. 51.

Belægningspaa der fører to Traade hen til Cylinderens Overflade i ringe Afstand derfra; disse to sidste Traade have en Afbrydelse ved *a* og *b*. Udskyder man nu en Metalkugle i Retningen *AB*, vil den tilvejebringe Forbindelser ved *a* og *b*, og i samme Øjeblik ses Gnister paa Metalcylinderen; er der brugt nogen Tid til Be-

vægelsen fra *a* til *b*, saa vise de to Gnister sig forskudte for hinanden, hvilket ogsaa vil være Tilfælde, om Forbindelserne

ved *a* og *b* samtidig tilvejebringes, naar den ene Ledning er meget længere end den anden; er dette sidste Tilfælde, saa kan man, som i Wheatstones Forsøg, af Cylinderens Omdrejningshastighed og den ene Gnists Forskydning for den anden beregne Elektricitetens Hastighed. Siemens fandt i Jærntraade en Hastighed af cr. 35000 Mil.

IV. Berøringselektricitet (Galvanisme, Voltaisme).

49. Det første Stød til Berøringselektriciteten gav en italiensk Læge Galvani (1791), men Volta forklarede de af Galvani gjorde Iagttagelser paa rette Maade (fra 1792) og lagde derved Grundstenen til Berøringselektriciteten, som skal omtales i det følgende.

Naar to forskellige Ledere berøre hinanden, opstaar der en vis elektrisk Potentialforskjel imellem dem, hvis Størrelse alene afhænger af de to Legemers Natur og er konstant for de samme to Legemer. Kalde vi denne Potentialforskjel for to bestemte Legemers Vedkommende *p*, saa ville de to Legemer, dersom de under Berøringen ere isolerede, faa Potentialerne henholdsvis $+\frac{p}{2}$ og $-\frac{p}{2}$; er det første afledet til

Jorden under Berøringen, bliver dets Potential 0, det andets Potential $-\frac{p}{2}$, og dersom det andet er afledet, er det førstes Potential $\frac{p}{2}$, det andets 0; dersom de to Legemer under Berøringen ere i ledende Forbindelse med en Elektricitetskilde, og det førstes Potential er *q*, saa er det andets $q - \frac{p}{2}$; er det sidstes Potential *q*, saa er det førstes $q + \frac{p}{2}$.

Der opstaar altsaa ved Berøringen en Kraft, den elektromotoriske Kraft, som driver positiv Elektricitet over paa den ene Plade (den, der faar højest Potential) og negativ over paa den anden (den, som faar lavest Potential), og denne Udvikling af Elektricitet vedvarer, indtil den elektromotoriske Kraft holder Ligevægt med Tiltrækningen imellem de uensartede Elektriciteter. Den elektromotoriske Kraft er kun afhængig af Legemernes Natur og uafhængig af deres

Størrelse og Form saavel som af Berøringsfladens Størrelse, hvilket vil blive vist i det følgende. De udviklede Elektricitetsmængder voxe derimod med Legemernes Størrelser, og det er derfor ved Forsøgene over denne Elektricitetsudvikling bedst at tage store Legemer.

Helmholtz har forklaret den elektromotoriske Kraft som bestaaende i en forskjellig Tiltrækning, et Legeme i umærkelig smaa Afstande skulde udøve paa positiv og paa negativ Elektricitet. Det ene Legeme være A, det andet B; i Laget tæt op til deres Berøringsflade, vil f. Ex. den i B værende positive Elektricitet tiltrækkes stærkere af A end den negative, og den i A værende negative Elektricitet tiltrækkes stærkere af B end den positive; Elektriciteterne ville saa begive sig paa Vandring, den positive over i A, den negative over i B, og dette vil vedblive indtil den Tiltrækning, som Legemerne udøve paa Elektriciteterne, holder Ligevægt med den Tiltrækning, som de frigjorte, uensartede Elektriciteter udøve paa hinanden.

De angivne Virkninger ved Berøringen imellem to Legemer fremkomme ogsaa, men langt mindre kjendelige, naar det ene Legeme er en Leder, det andet en Isolator, ja ogsaa naar de begge ere Isolatorer, og det paa samme Måade som ved Gnidning af de to Legemer. Hvad der er sagt ovenfor, er altsaa almenlydigt. Buff, der har godtgjort dette, antager derfor ogsaa, at Gnidningselektriciteten skyldes Berøringen imellem Legemerne, og at Gnidningen kun bevirker, at Legemerne komme i en inderligere Berøring med hinanden.

50. Berøring imellem faste Ledere. Volta paaviste Elektricitetsudviklingen ved Berøring imellem faste Ledere (Voltas Fundamentalforsøg). Man betjener sig af et Kondensator-Elektroskop med Plader af forskjellige Metaller, f. Ex. en Zink-Kollektorplade og en Kobber-Kondensatorplade, og som sædvanlig med et isolerende Fernislag. Man har da to andre Metalplader uden saadant Fernislag, en Zink- og en Kobberplade, begge forsynede med Glashaandtag. Disse sidste bringes i Berøring med hinanden, skilles derefter ad uden Gnidning, og Zinkpladen bringes i Berøring med Kollektor-, Kobberpladen med Kondensatorpladen; derefter skér det samme

igjen, og saaledes flere Gange. Løftes Kondensatorpladen derefter op, gjøre Bladene Udslag med positiv Elektricitet, og Kondensatorpladen kan let vises at besidde negativ Elektricitet; disse Elektriciteter bleve altsaa udviklede ved Metallernes Berøring og derefter meddelte Kondensatorens to Plader.

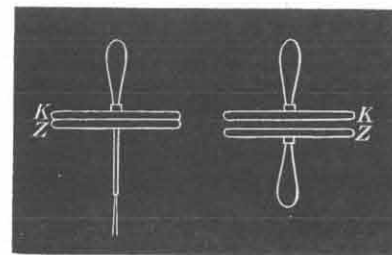


Fig. 52.

Dersom man havde havt en Kobber-Kollektorplade og en Zink-Kondensatorplade, og efter Berøring imellem de uferniserede Metalplader bragt Kobberpladen hen til Kollektorpladen, Zinkpladen til Kondensatorpladen, vilde Bladene, naar den sidstnævnte blev hævet op, have givet Udslag med negativ Electricitet.

Var Elektroskopet tilstrækkelig fintmærkende, kunde man ogsaa have havt de to Plader paa Elektroskopet uferniserede, og ved blot at hæve den øverste Plade op, vilde Udslaget fremkomme paa Grund af den Elektricitet, der ved Berøringen var fremkaldt i den nederste Plade.

Forsøget kan ogsaa vises, naar man bringer Kondensatorens ferniserede Zink- og Kobberplade i Forbindelse med hinanden ved en isoleret Zink- eller Kobbertraad. Den ved Berøringsstedet imellem de forskjellige Metaller fremkaldte Elektricitet vil da vedblivende udvikles og fortættes ved Fernislaget, indtil den rette Potentialforskjel er naaet; Traaden fjernes da, og Kondensatorpladen løftes op. Udslaget forandres ikke, naar man gnider Pladen med Traaden paa det nævnte Berøringssted, saa at den ved Forsøgene ved Gnidning muligvis opstaaede Elektricitet er uden Betydning. Havde man taget en sammenloddet Zink- og Kobbertraad, ført Zinkenden hen til Zinkpladen, Kobberenden til Kobberpladen, eller havde man taget en Strimmel istedetfor en Traad, vilde Udslaget have været det samme, hvilket viser den elektromotoriske Krafts Uafhængighed af Berøringsfladens Størrelse.

51. **Voltas Spændingslov.** Spørges der nu om, hvilke Metaller der faa højst, hvilke lavest Potential ved Berøringen, — og i disse Forhold høre f. Ex. Kul, Graphit, Brunsten med — saa er man kommen til det Resultat, at de alle kunne opstilles i en Række, og om denne gjælder det, at et Led i Rækken faar højst Potential ved Berøring med et efterfølgende, hvilket altsaa faar lavest. Potentialdifferensen bliver desto større, jo længere de vedkommende to Metaller staa fra hinanden i Rækken, og om Potentialdifferensen imellem to Metaller gjælder det, at den er lig Summen af Potentialdifferenserne imellem de to Metaller og hvilkesomhelst andre, imellem dem indskudte Metaller, saaledes at man faar samme Potentialdifferens imellem to Metaller, enten de ere i umiddelbar Berøring med hinanden, eller der imellem dem er indskudt et vilkaarligt Antal andre Metaller. Derfor er Potentialdifferensen imellem to Kobberplader, der ere adskilte ved en Zinkplade, lig Nul.

At den nævnte Lov, Voltas Spændingslov, er rigtig, kan vises derved, at naar man bringer Zink-Kollektorpladen og Kobber-Kondensatorpladen i ledende Forbindelse med hinanden ved en Zink- eller Kobbertraad eller ved en anden Metaltraad, som f. Ex. godt kan være sammenloddet af forskellige Metaller Stykke efter Stykke, saa give Bladene altid det samme Udslag efter Traadens og Kondensatorpladens Fjernelse.

Af Loven følger det endvidere, at man intet elektrisk Kredsløb kan faa i en sluttet Ledning, dannet af Led i denne Række. Lad os tænke os tre Led i Rækken, *A*, *B* og *C*; Potentialdifferensen imellem *A* og *B*, som almindelig skrives $A|B$, være *m*, paa samme Maade $B|C = n$, og vi vide da, at

$A|C = m + n$. Har man nu dannet en sluttet Ledning af disse tre Metaller, saa vil der ved Berøringsstedet imellem *A* og *B* drives positiv Elektricitet over til *A* med en elektromotorisk Kraft, hvis Størrelse maales ved *m*, ved Berøringsstedet imellem *B* og *C* drives der positiv Elektricitet over paa *B* — altsaa i samme

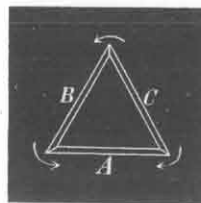


Fig. 53.

Retning som før — med en Kraft *n*, og endelig drives der positiv Elektricitet fra *C* over til *A* — i modsat Retning til

de to tidligere — med en Kraft $m + n$; da altsaa positiv Elektricitet drives med ligestore Kræfter til modsatte Sider i Ledningen, saa er denne i elektrisk Ligevægt. Dette er i og for sig ogsaa ganske naturligt, thi dersom der opstod en elektrisk Strøm, vilde Potentialdifferenserne forandres, og for at holde dem ved deres oprindelige, bestemte Værdier, maatte der stadig opstaa ny Elektricitet; da der imidlertid udvikles Varme ved en elektrisk Strøm, vilde man paa den Maade faa Varme gratis, hvilket strider imod Loven om Energiernes Vedligeholdelse. — Dersom et af de 3 Legemer derimod ikke kunde indordnes i Rækken, følgende Loven, saa vilde der være opstaaet en elektrisk Strøm, idet der saa vilde være et Overskud af elektromotorisk Kraft, som drev den positive Elektricitet til den ene Side, negativ altid i den modsatte Retning; saadanne Legemer ere Vædskerne.

Paa Grund af de hyppig meget smaa Potentialdifferenser imellem to Metaller, kan der let opstaa lidt Usikkerhed ved Opstillingen af Metallernes Række, men Afgivelserne i de forskellige Rækker, der ere opstillede, ere meget smaa. Volta har selv givet en saadan Række; Pfaff's Række er følgende:

Zink, Cadmium, Tin, Bly, Jærn, Wismuth, Antimon,

Kobber, Sølv, Guld, Platin;

ifølge Volta staar Graphit, Brunsten imellem Guld og Platin.

Man har altsaa f. Ex.

Zink | Sølv = Zink | Tin + Tin | Antimon + Antimon | Sølv
eller kortere

$Zn | Ag = Zn | Sn + Sn | Sb + Sb | Ag$

og f. Ex. $Zn | Ag = \div Ag | Zn$.

Man sætter ofte $Zn | Cu$, altsaa Potentialforskjellen eller den elektriske Differens imellem Zink og Kobber, lig 100 (den er iøvrigt lig $\frac{3}{4}$ Volt) og bestemmer de øvrige Differenser i Forhold hertil; saaledes haves $Cu | Pt = 23$ og altsaa $Zn | Pt = 123$.

52. **Berøring imellem Metaller og Vædske.** At der ved en saadan Berøring udvikles Elektricitet, viste Volta. Forsøget kan anstilles saaledes: et Elektroskop har f. Ex. en Zinkplade skruet paa Metalstangen, og paa denne sættes

der en tynd, ferniseret Glasplade med den Vædske, man vil undersøge, f. Ex. fortyndet Svovlsyre. Ved Hjælp af en isoleret Zinktraad bringes Zinkpladen i ledende Forbindelse med Vædsken, Traaden fjernes, Glasset med Vædsken løftes op, og Bladene gjøre Udslag med negativ Elektricitet. R. Kohlrausch fandt paa denne Maade fort. Svovlsyre | Zink = 115, og skulde denne Vædske altsaa gaa ind i Spændingsrækken, maatte den staa foran Zink; men var dette Tilfælde, maatte fort. Svovlsyre | Kobber være større endnu (nemlig $115 + 100$), den er derimod meget lille, hvortil saa endvidere kommer, at den fortyndede Svovlsyre saavel som Syrerne i Almindelighed blive negative ved Berøring med de sidste Led i Rækken, hvilke altsaa blive positive, og det desto mere, jo længere nede i Rækken de staa. Vædskerne kunne altsaa ikke indordnes i Rækken, og deraf følger, at naar et af de i 51 nævnte 3 Metaller, *A*, *B*, *C*, blev erstattet af en Vædske, var der en Kraft tilstede i Kredsløbet, som drev positiv Elektricitet rundt den ene Vej, negativ den modsatte.

Alkaliske Vædsker blive i det Hele positive ved Berøring med Metallerne, og hvad Opløsninger af Metalsalte angaar, saa forholde de sig i Almindelighed overfor et Metal, med hvilket de komme i Berøring, paa samme Maade som det Metal, der indeholdes i Saltet, vilde gjøre. — Metallernes Overflades Beskaffenhed kan naturligvis bringe Resultatet til at variere en Del, og ved længere Tids Berøring imellem et Metal og en Vædske kunne chemiske Virkninger imellem disse forandre Forholdet betydelig.

De Ledere, som lede Elektriciteten uden derved at undergaa chemiske Forandringer (Leddene i Spændingsrækken) kaldes Ledere af første Klasse, medens de Ledere, som kun lede Elektriciteten, naar de samtidig undergaa chemiske Forandringer (især fortyndede Syrer og Saltopløsninger, smeltede Legemer etc.), ere Ledere af anden Klasse.

53. Galvaniske Apparater. Tager man Ledere af første Klasse i Berøring med Ledere af anden Klasse, saa bliver Potentialdifferensen imellem de to yderste lig Summen af Potentialdifferenserne ved alle Berøringssteder i den bestemte Orden, men altsaa ikke lig den Potentialdifferens, man vilde faa,

om de to yderste Ledere vare i directe Berøring med hinanden. En saadan Samling af Ledere er et galvanisk Apparat.

Det simpleste galvaniske Apparat er et galvanisk Element; det simpleste af disse bestaar af 2 Ledere af første og 1 af anden Klasse. Som Exempel ville vi tage et Glaskar med fortyndet Svovlsyre, hvori der er stillet en Kobberplade og en Zinkplade med en paasat Kobberstrimmel. Potentialdifferensen imellem Kobberpladen og Kobberstrimlen er lig

$\text{Cu} | \text{SO}_4 \text{H}_2 + \text{SO}_4 \text{H}_2 | \text{Zn} + \text{Zn} | \text{Cu}$,
hvilken Størrelse altsaa ikke er lig $\text{Cu} | \text{Cu}$,
ikke lig Nul; den er positiv, saaledes at Kobberpladen har højest (positivt) Potential, Kobberstrimlen lavest (negativt).

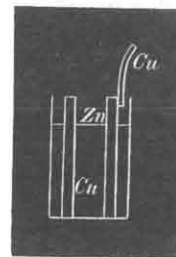


Fig. 54.

Vi sætte den nævnte Potentialforskjel lig $2e$; er da Kobberpladen afledet til Jorden, har den Potentialet 0, Kobberstrimlen altsaa $\div 2e$, er Strimlen afledet til Jorden, har Kobberpladen Potentialet $+2e$; dersom Elementet er isoleret, have Kobberpladen og -strimlen lige store numeriske Værdier af Potentialet, $+e$ og $\div e$.

Bojes Kobberstrimlen ned til Berøring med Kobberpladen, eller forbindes de to med en Kobbertraad, opstaar der ingen ny Potentialforskjel, men saa begynde Elektriciteterne at vandre, idet den positive vil gjenneumløbe Traaden fra Endepunktet med det højeste til Endepunktet med det laveste Potential, den negative den modsatte Vej; derved ville Potentialerne ved Endepunkterne forandres, men Berøringen imellem Lederne i Elementet vil søge at vedligeholde den oprindelige Værdi af Potentialforskjellen, saa at der i Elementet stadig vil strømme positiv Elektricitet i Retning »fra Zink igjennem Vædsken til Kobber«, den, der er betegnet som Strømmens Retning, og negativ den modsatte Vej. I de chemiske Virksomheder, der gaa for sig i Elementet (59), har man Udlæg for den elektriske Strøm, saa at Loven om Energiernes Vedligeholdelse er fyldestgjort; uden saadanne chemiske Virksomheder ved Berøringsfladerne kan Strømmen ikke vedligeholdes (80).

Den Kraft, der driver Elektriciteterne afsted, vil være den samme, dersom man forbinder Kobber- og Zinkpladen med

en Traad af et hvilket som helst andet Metal, f. Ex. af Sølv. Potentialforskjellen $Zn|Cu$ i ovenstaaende Udtryk vil nemlig da blive erstattet af den ligesaa store Størrelse $Ag|Cu + Zn|Ag$.

Den nævnte Kraft — Apparatets elektromotoriske Kraft — er altsaa alene afhængig af Vædskens Natur og de to Metalleres Beskaffenhed, som staa i Vædsken; jo større denne Kraft er, desto raskere vil Elektriciteten, naar Ledningen er sluttet, strømme fra Stedet med det højere Potential, den positive Pol (her Kobberpladen), igjennem den ydre Ledning til Stedet med det lavere Potential, den negative Pol (her Zinkpladen). Idet man ved Strømmens Styrke forstaar Mængden af den Elektricitet, som i en Tidsenhed passerer et Tværnsnit af Ledningen, ses Strømmens Styrke at være proportional med den i Ledningen værende elektromotoriske Kraft. Strømmens Styrke maales nu i Reglen i Ampère, idet den er lig 1 Ampère, naar der i hvert Sekund føres en Elektricitetsmængde lig 1 Coulomb igjennem et Tværnsnit af Ledningen (s. Absolute Enheder).

Det her nævnte Element er Voltas Bægerelement.

54. Flere Elementer kunne samles til et galvanisk Batteri (Voltas Bægerapparat), idet Kobberpladen i det ene Element forbindes, f. Ex. ved en Kobberstrimmel, med Zinkpladen i det næste Element o. s. fr. Potentialforskjellene imellem det sidste Elements Kobberplade og det førstes Zinkplade

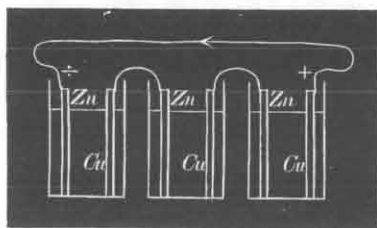


Fig. 55.

vil da blive lig hvert enkelt Elements Potentialdifferens multipliceret med Antallet af Elementer; forbindes de to yderste Metalflader (Polerne) ved en Metaltraad, kommer den elektriske Strøm i Gang.

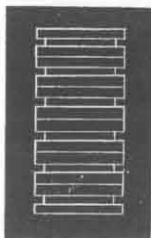


Fig. 56.

Voltas Søjle er et saadant Batteri i en anden Form. Nederst ligger en Zinkplade, derpaa en Pap- eller Tøjskive, der er gjennemtrukket med en Syre eller Saltopløsning, ovenpaa Skiven en Kobberplade,

derpaa en Zinkplade, saa en fugtig Skive, saa en Kobberplade, en Zinkplade o. s. v., indtil der paa den sidste Skive ligger en Kobberplade. Dette er altsaa det samme som det omtalte Bægerapparat; den positive Pol kommer ved den nævnte Orden af Pladerne foroven, den negative forneden, og forbindes de ved en Metaltraad, kommer Elektriciteten i Bevægelse. Oprindelig laa der desuden en Kobberplade under den nederste Zinkplade, og en Zinkplade paa den øverste Kobberplade, men dette er overflødigt, da det ikke forøger Søjle's elektromotoriske Kraft. Tøj- eller Papskiverne ere lidt mindre end Metalskiverne, thi ved Søjle's Vægt presses Vædsken let noget ud af Skiverne, og den forhindres da i at løbe ned ad Søjle's Sider.

55. En anden Søjle er Zambonis tørre Søjle, bygget af uægte Guld- (Kobber) og uægte Sølvpapir (Zink) i runde Skiver; Metalfladerne lægges to og to imod hinanden, saaledes at alle Flader af det ene Metal vende til den ene Side, alle af det andet til den modsatte Side. Den i Papiret værende Fugtighed erstatter de fugtige Skiver i Voltas Søjle; oventorrer man Papiret, bliver Søjlen uvirkelig. — Den tørre Søjle benyttes til Bohnenbergers Søjle-Elektroskop. Søjlen indesluttet da i et vandret Glasrør, og Polerne, som dannes af Messingplader, ere ledende forbundne med to andre Messingplader (*a* og *g*), som ere opstillede i en lille Afstand fra hinanden. Fra en Metalkugle hænger der et Guldblade ned imellem *a* og *g*, og naar det er fuldstændig uelektrisk, er det i Hvile midt imellem de to, med modsatte Elektriciteter ladede Plader; men modtager det blot en lille Ladning af Elektricitet, frastødes det af den ene Plade, tiltrækkes af den anden og gjør da en Bevægelse henimod den sidste.

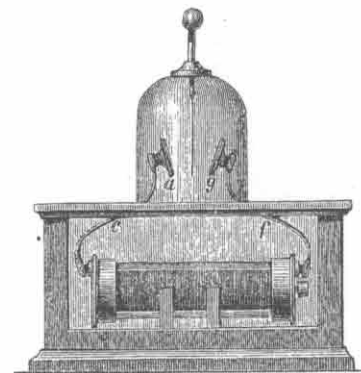


Fig. 57.

56. **Berøring imellem Vædsker.** Elektricitetsudviklingen ved Berøring imellem Vædsker har navnlig Fechner undersøgt.

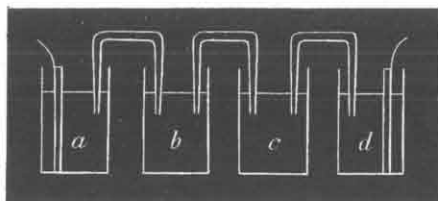


Fig. 58.

Man tage fire Glaskar, hvoraf de to yderste, *a* og *d*, fyldes med samme Vædske, og der stilles en fuldstændig renset Platinplade i hvert af dem; de to andre Kar, *b* og *c*, ere fyldte med to andre

Vædsker. De fire Kar forbindes med 3 Hævertrør, hvis Ender ere trukne ud til Haarrør; i de Rør, der forbinde Karrene *a* og *b*, *c* og *d*, er der samme Vædske som i *a* og *d*, hvorfor Vædskerne i dem fra Begyndelsen af stode lidt højere end i *b* og *c*; disse to sidstes Forbindelsesrør indeholder en af Vædskerne i *b* og *c*. Forbindes nu de to Platinplader ved en Ledningstraad, hvori der er indskudt en fin Multiplikator — Instrument, ved Hjælp af hvilket man kan undersøge Tilstedeværelsen af en elektrisk Strøm (73) — vil Multiplikatornaalens Udslag vise, at der gaar en Strøm igjennem Ledningen, hvilken Strøm kun kan skyldes Berøringen imellem Vædskerne; at den ikke skyldes Metalpladerne, kan vises derved, at naar disse ere nedsatte i et Kar med en Vædske, og Ledningen saa sluttes med en indskudt Multiplikator, opstaar der ingen Strøm; skulde der lige strax vise sig en ganske svag Strøm, skyldes dette lidt Ulighed i Pladerne, som hurtig taber sig. — Betegner man Vædskerne i de 4 Kar ved henholdsvis V , V_1 , V_2 og V , faar man, at Potentialforskjellen imellem de to Platinplader bliver

$Pt|V+V|V_1+V_1|V_2+V_2|V+V|Pt=V|V_1+V_1|V_2+V_2|V$.
Da denne Størrelse nu ikke er 0, sér man, at den Elektricitet der opstaar ved Berøring imellem Vædsker, ikke følger Voltas Spændingslov; herfra maa dog undtages nogle Vædsker, som kunne ordnes i en Spændingsrække, saaledes de neutrale svovlsure Salte af Formlen RSO_4 , der kunne opstilles i en Række, hvor Leddene følge efter hverandre i samme Orden som de

vedkommende Metaller; det samme er Tilfældet med enkelte andre Grupper af Salte.

Den her nævnte Elektricitetsudvikling er meget ringe, undtagen ved Berøring imellem Syrer og Alkaliopløsninger (Syren +, Alkaliet -); Opløsningens Koncentration influerer, som naturligt er, paa Størrelsen af den elektromotoriske Kraft.

57. **Berøring imellem luftbeklædte Metaller og Vædsker.** Elektricitetsudviklingen ved denne Berøring er navnlig undersøgt af Grove med hans Gaselement. Dette bestaar af en 3-halset Flaske, i hvis to yderste Halse der ved Hjælp af Propper er indsat Glasrør, i hvis foroven lukkede Ende der er indsmeltet en Platintraad, hvortil der inde i Røret er befæstet en Platinstrimmel og udenfor Røret slutter sig en lille Platinskaal med Kvægsølv. Igjennem den midterste Hals heldes stærkt fortyndet Svovlsyre ned i Flasken, og efter at der er sat en tætsluttende Prop i, vendes Flasken op og ned, saa at de to Glasrør fyldes helt med Vædske, hvorpaa den vendes om igjen; ved Tilledningsrør bringer man nu Ilt op i det ene Rør, Brint — dobbelt saa meget — op i det andet Rør. Forbindes de to Kvægsølvskaale med hinanden ved en Ledning, hvori der er indskudt en Multiplikator, vil denne vise Tilstedeværelsen af en elektrisk Strøm, som gaar fra Brint igjennem Vædsken til Ilten, saa at der ved Berøringen maa være udviklet Elektricitet. Under Strømmens Gang stiger Vædsken i de to Rør, saa at de til-

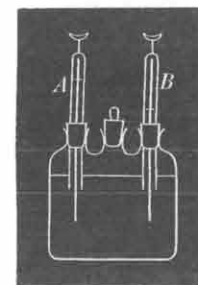


Fig. 59.

sidst blive helt fyldte dermed, og da vil Strømmen standse; Grunden hertil er den, at Strømmen dekomponerer Vandet i dets to Bestanddele Ilt og Brint, hvoraf Ilten gaar til Røret med Brint, Brinten til Røret med Ilt, og i de to Rør ville Brinten og Ilten forenes under Dannelsen af Vand; da der i Vand er dobbelt saa megen Brint som Ilt, vil Vædsken i det Rør, hvor der var Brint, stige dobbelt saa hurtig som Vædsken i det andet Rør.

Man sér altsaa, at det med Brint beklædte Platin ved Berøringen med Vædsken her er bleven negativt, og det for-

holdsvis stærkt, thi Strømmen vilde faa omtrent samme Styrke, om det andet Rør ikke havde været fyldt med Ilt, men helt med Vædsken; det med Ilt besatte Platin bliver positivt, men kun svagt.

58. I den senere Tid har der rejst sig Indvendinger imod hele Voltas Kontakttheori, og det skal nu kortelig angives, hvorledes de i det Foregaaende nævnte Phænomener forklares.

Vi have sét, at naar et Metal stilles i en Vædske, faa disse to forskjellig Elektricitet. Zink bliver saaledes negativ elektrisk, naar det stilles i fortyndet Svovlsyre, og denne bliver positiv; paa samme Maade bliver Kobber negativ elektrisk; Vædsken positiv, men denne Elektricitetsudvikling er svagere. Anbringer man nu successive de forskjellige Metaller i en og samme Vædske, maaler Metallernes Potentialer, og derefter opstiller Metallerne i en Række saaledes, at det, der bliver stærkest negativt kommer først, saa det, der bliver næststærkest negativt o. s. v., og efter det svagest negative det svagest positive o. s. fr., indtil det stærkest positive kommer sidst, saa faar man netop en Række som den tidligere nævnte Voltas Spændingsrække, og altid den samme, hvilken Vædske der end benyttes; Potentialernes Værdier ere derimod forskjellige i forskjellige Vædsker.

Anbringer man to Metaller i en Vædske, faa disse to Metaller altsaa en vis Potentialdifferens; maaler man den, og gjør man det samme Forsøg i samme Vædske med flere andre Metaller, hvilke man vil, saa gjælder Voltas Spændingslov om disse Potentialdifferenser. — Anbringes i fortyndet Svovlsyre en Zink- og en Kobberplade, blive de begge negativ elektriske, men Zinket mest; forbindes de med en Ledningstraad, strømmer der negativ Elektricitet fra Zinket igjennem Traaden til Kobberet; imod den maa der, for at en Neutralisering skal finde Sted, gaa en lige saa stærk Strøm af positiv Elektricitet, altsaa fra Kobberet igjennem Traaden til Zinket.

Idet vi fastholde den ovenfor nævnte Inddeling af Stofferne i Ledere af første og anden Klasse, kan der ikke opstaa Elektricitet ved Berøring imellem to Ledere af første Klasse, men kun ved Berøring af en Leder af første Klasse med en af anden eller ved Berøring imellem to Ledere af anden Klasse.

Naar det nu alligevel af Voltas Fundamentalforsøg fremgaar, at en Elektricitetsudvikling finder Sted, naar Metallerne berøre hinanden, saa maa det erindres, at ethvert Legeme altid paa sin Overflade har et Lag af fortættet Luft og Fugtighed fra Atmosfæren, og dette Lag fjernes vanskelig. Tage vi nu Voltas Kondensatorelektroskop med Zink- og Kobberplade, ferniserede paa de mod hinanden vendende Flader, saa bevirke de nævnte Fugtighedshinder, at saavel Kobberet som Zinket bliver negativ elektrisk, Kobberet mindst, medens Hinderne faa positiv Elektricitet. Bringer man da de to Metaller i Berøring f. Ex. ved en Kobbertraad, medens Hinderne ikke komme i Berøring med hinanden, gaar der negativ Elektricitet fra den stærkest ladede Zinkplade til Kobberet, og løfter man saa dette sidste op, har Zinkpladen mindre negativ Elektricitet end før, medens dens Hinde er positiv elektrisk, og Overskuddet af positiv Elektricitet fremkalder da et Udslag af Guldbladene.

Det vil sés, at dette er en ret rimelig Forklaring, men da det ikke er afgjort, at den er rigtig, og Voltas Forklaring fejl, er den sidstnævnte og ældre Theori lagt til Grund i det Foregaaende (80).

59. **Konstante galvaniske Apparater.** Det i 53 omtalte galvaniske Element (Bægerelementet) og Voltas Søjle ere ikke konstante Apparater, d. v. s. den af dem fremkaldte Strøm svækkes hurtig og ophører tilsidst ganske; Apparatets elektromotoriske Kraft vil altsaa hurtig formindskes, og denne Formindskelse maa hidrøre fra, at der er foregaaet Forandringer med de Legemer, ved hvis Berøring den elektromotoriske Kraft fremkaldtes. Disse Forandringer skyldes kemiske Processer; saadanne ere altsaa Aarsagen til den vedvarende Elektricitetsudvikling, men Produkterne svække dog Strømmen. Under Strømmens Gang igjennem Vædsken i det nævnte Element opløses Zinket i den fortyndede Svovlsyre SO_4H_2 , idet der dannes SO_4Zn (svovlsur Zinkilte, Zinkvitriol, Zinksulphat), medens Brint H_2 udvikles ved Kobberpladen og bobler op langs denne. Som ovenfor sét, vil der imidlertid opstaa en Modstrøm derved, at Kobberet er bedækket med Brint, og dette vil svække Hovedstrømmen. Naar Vædsken nu endvidere kommer til at indeholde SO_4Zn i større og større Mængde, vil der

udskilles Zink paa Kobberet, Forholdet vil da sluttelig blive det samme, som om man havde to Zinkplader overfor hinanden i Vædsken: Strømmen ophører.

Vil man have konstante Elementer, maa man derfor sørge for, at Brinten ikke udvikles paa Kobberet. Af saadanne konstante Elementer er der konstrueret et stort Antal, af hvilke nogle skulle blive nævnte i det følgende.

60. Daniells Element (det første af denne Art, 1836) har Kobber i en Kobbervitriolopløsning, amalgameret Zink i fortyndet Svovlsyre (1 Del Svovlsyre i 12—20 Dele Vand), og de to Vædske ere adskilte ved en porøs Membran (svagt brændt Lerkar); igjennem denne Membran kunne de to Vædske langsomt diffundere. Figuren viser Elementet i Gjennemsnit:

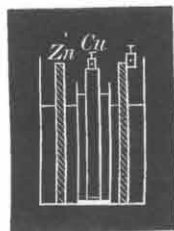


Fig. 60.

yderst et Glaskar, hvori Lerkarret er stillet; udenom dette er stillet et til en Cylinder bøjet Zinkblad i den fortyndede Svovlsyre, og inde i Lerkarret staar en Kobberstang i Kobbervitriolopløsningen. Tilvejebringes nu Strømmen derved, at Ledningen sluttes, vil Svovlsyren omdannes paa den før nævnte Maade, men Brinten, som søger til Kobberet, indtræder i Kobbervitriolopløsningen i Kobberets Plads, medens dette udskilles paa Kobberpladen. Paa Grund af disse Forandringer i Vædskerne er Elementet ikke absolut konstant, idet den Modstand, som Vædskerne byde Strømmen forøges, medens den elektromotoriske Kraft dog ikke varierer meget; Elementet kan holde sig nogenlunde konstant i adskillige Timer. Zinket er amalgameret, fordi Svovlsyren da ikke indvirker paa det, naar Ledningen ikke er sluttet. — Hvad der er udenfor og indenfor Lercellen kan ombyttes.

Elementets elektromotoriske Kraft bliver

$\text{Cu} | \text{CuSO}_4 + \text{CuSO}_4 | \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 | \text{Zn} + \text{Zn} | \text{Cu}$,
hvilket meget nær bliver 1,2 Volt.

Groves Element (1839) har Platin i concentreret Salpetersyre, amalgameret Zink i fortyndet Svovlsyre; dets elektromotoriske Kraft er omtrent 1,7 Gange saa stor som et Daniells Element (1,9 Volt.). Den af Svovlsyren udskilte Brint vil virke reducerende paa Salpetersyren, afilte den, hvorved

den omdannes til Kvælstoftveilt. der atter ved at optage Ilt af Luften iltes til Salpeterundersyre med brunrøde Dampe, der ere giftige.

Bunsens Element (1842) er som Groves, men Platinet er ombyttet med Kul (Gasretortkul, som er haardt og leder Strømmen godt), hvorved Elementet bliver langt billigere; den elektromotoriske Kraft er som i Groves Element.

I Meidingers Element haves Zink i en Bittersaltopløsning (svovlsur Magnesia) og Kobber i Kobbervitriolopløsning; der findes ingen porøs Skillevæg, men den første Vædske staar over den sidste, og Ledningstraaden, der fører ud fra Kobberet, maa derfor være isoleret. Den elektromotoriske Kraft = 1 Volt.

Af konstante Elementer med kun én Vædske skal nævnes:

Leclanché's, som har Zink i en Salmiakopløsning og Kul, omgivet af Brunstenstykker, staaende i et porøst Lerkar. Sluttes Ledningen, dekomponeres Salmiakken i Chlor, Brint og Ammoniak; den første forbinder sig med Zinket til Chlorzink, Brinten reducerer Brunstenen, Manganoverilte, til Manganforilte, idet den danner Vand med en Del af Brunstenens Ilt, og Ammoniakken fordampes. Dette Element kan holde sig meget længe, men byder Strømmen en forholdsvis stor Modstand. Den elektromotoriske Kraft = 1,3 Volt.

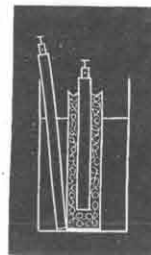


Fig. 61.

Bunsens Neddypningselement har Zink og Kul i en Blanding af Svovlsyre og Kaliumbichromatopløsning og altsaa ingen Lercelle; Zinkpladen har ofte en Kulplade paa hver Side. Her vil den af Svovlsyren udskilte Brint iltes af Chromsyren, men da dette ikke kan ské saa fuldstændig som af Salpetersyre, hvilken man paa Grund af de giftige Dampe ofte ikke vil anvende, taber Elementet sig hurtigere end det før nævnte Bunsenske Element. Naar Strømmen ikke er sluttet, er Zinkpladen hævet op af Vædsken. Den elektromotoriske Kraft = 2 Volt.

For kort Tid siden er der konstrueret et andet saadant Element med kun én Vædske: paa Glaskarrets Bund staar

der en lille Sølvskaal, hvorfra der gaar en Ledningstraad isoleret ud igjennem Glasset; i Sølvskaalen er der Chlorsølv, medens Glaskarret ellers er fyldt med Svovlsyre, og deri staar en Zinkplade. Den af Vædsken udskilte Brint virker dekomponerende paa Chlorsølv, af hvilket der udskilles Sølv paa Sølvskaalen.

V. Den elektriske Strøm.

61. **Ohms Lov.** Det er nævnt tidligere, at naar man forbinder de to Poler af et galvanisk Apparat med en Ledningstraad, ville Elektriciteterne sætte sig i Bevægelse, idet der igjennem Traaden vil strømme positiv Elektricitet fra Polen med det højere Potential til Polen med det lavere Potential og negativ Elektricitet den modsatte Vej. De Forandringer, som derved ville fremkomme i de to Polers Potentialer, blive ophævede ved de Elektriciteter, som ville strømme til Polerne fra Apparatet. Naar Forholdene da ere blevne konstante, maa der langs Ledningen være et Potentialfald fra den positive til den negative Pol, og et Sted er Potentialet 0; hvert Sted af Ledningen har sit bestemte Potential; til den ene Side derfra voxer, til den anden Side aftager Potentialet. Igjennem hvert Tværnsnit af Ledningen maa der i samme Tid strømme den samme Mængde Elektricitet, thi ellers vilde der et Sted ske en Forandring af Potentialet.

Vi ville nu tænke os en Leder $AB = l$, der er ens overalt; A og B have henholdsvis Potentialerne $+e$ og $-e$, og Potentialet i et Punkt C , der ligger i Afstanden x fra A , vil da være

$$e - \frac{2e}{l}x,$$

idet $\frac{2e}{l}$ er Potential-

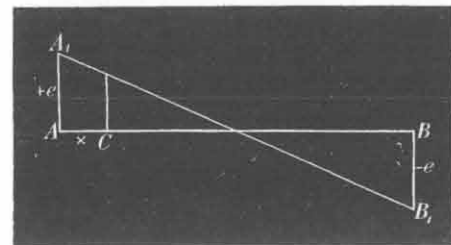


Fig. 62.

faldet for hver Længdeenhed.

Idet Ordinator til AB 's Punkter repræsentere Potentialernes Værdier paa de respective Steder, vil den rette Linie $A_1 B_1$

graphisk fremstille Potentialerne langs Ledningen. Potentialfaldet paa hver Længdeenhed, $\frac{2e}{l}$, er lig tang. til Vinklen imellem $A_1 B_1$ og AB .

Idet vi, som før nævnt, ved Strømstyrken s forstaa den Mængde Elektricitet, som passerer et Tværnsnit af Ledningen i en Tidsenhed, sés s at maatte være proportional med Størrelsen $\frac{2e}{l}$ og endvidere proportional med Tværnittet t , saa at man har

$$s = k \cdot t \cdot \frac{2e}{l},$$

hvor k er den Elektricitetsmængde, som for Værdien 1 af Potentialfaldet paa Længdeenhed gjennemstrømmer Enhed af Tværnsnit i en Tidsenhed, og da k saaledes er afhængig af Stoffets Ledningsevne, kaldes den dets Ledningskoefficient.

Udtrykket kan skrives

$$s = \frac{2e}{\frac{l}{kt}};$$

da s altsaa er omvendt proportional med Størrelsen $\frac{l}{kt}$, kaldes denne Ledningens Modstand, m . Man har da

$$m = \frac{1}{k} \cdot \frac{l}{t} = c \cdot \frac{l}{t},$$

hvor c er Modstandskoefficienten (= den reciproke Værdi af Ledningskoefficienten).

Det sés, at

den Modstand, en Ledning byder den elektriske Strøm, er proportional med Ledningens Længde, omvendt proportional med dens Tværnsnit og ellers afhængig af Ledningens Substans.

Sættes $l = 1^m$, $t = 1^{mm}$, sér man, at Modstandskoefficienten c er lig Modstanden af en Traad, der har de nævnte Dimensioner.

62. Vi ville dernæst tænke os Ledningen bestaaende af to sammensatte Stykker med Længderne henholdsvis l og l_1 , Tværnittene t og t_1 , og Ledningskoefficienterne k og k_1 . Stykkerne være AC og CB ; A og B have Potentialerne $+e$ og $-e$, og i C tænke vi os Potentialet p , f. Ex. positivt. Potentialet falder jævnt langs AC og ligeledes langs CB , men

Potentialfaldet paa Længdeenhed vil i Almindelighed være forskjelligt paa de to Stykker. Man faar fra AC og CB to

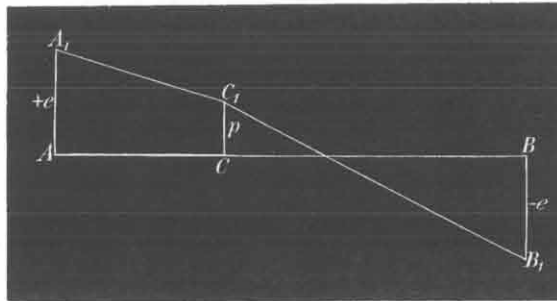


Fig. 63.

Udtryk for Strømstyrken s , der maa være ligestore, nemlig

$$s = kt \cdot \frac{e - p}{l} = k_1 t_1 \frac{p + e}{l_1};$$

hvoraf findes p :

$$\frac{kt}{l} e - \frac{kt}{l} p = \frac{k_1 t_1}{l_1} p + \frac{k_1 t_1}{l_1} e,$$

$$p = e \frac{\frac{l_1}{k_1 t_1} - \frac{l}{kt}}{\frac{l_1}{k_1 t_1} + \frac{l}{kt}};$$

man faar saa

$$e - p = 2e \frac{\frac{l}{kt}}{\frac{l_1}{k_1 t_1} + \frac{l}{kt}},$$

og ved dette Udtryks Indsættelse i det første Udtryk for s :

$$s = \frac{2e}{\frac{l}{kt} + \frac{l_1}{k_1 t_1}} = \frac{2e}{m + m_1},$$

altsaa Strømstyrken lig den elektromotoriske Kraft, divideret med den samlede Modstand. — Dette kan nu let føres videre til at gjælde for flere end to forskjellige Stykker i Ledningen.

63. Vi ville nu antage, at der i Sammenstødsstedet C er en ny elektromotorisk Kraft tilstede, som frembringer Potentialerne $+e_1$ og $\div e_1$ i de to Berøringsflader, og som

f. Ex. virker i samme Retning som den, der fremkalder Potentialerne $+e$ og $\div e$ i henholdsvis A og B .

For Nemheds Skyld ville vi da først tænke os Lederen CB erstattet af en Leder CD med samme Tværsnit og samme Ledningskoefficient som Lederen AC ; er CD 's Længde l_2 , maa man altsaa have

$$\frac{l_2}{kt} = \frac{l_1}{k_1 t_1}, \quad l_2 = \frac{kt}{k_1 t_1} l_1;$$

ovenstaaende Udtryk for s bliver da

$$s = \frac{2e}{\frac{l}{kt} + \frac{l_2}{kt}} = kt \frac{2e}{l + l_2}.$$

Potentialerne, der hidrøre fra den første elektromotoriske Kraft ere fremstillede ved den rette Linie $A_1 D_1$, idet $AA_1 = +e$, $DD_1 = \div e$. Antages det, at AD er den hele Strømkreds, maa A og D berøre hinanden, og ved dette Berøringssted

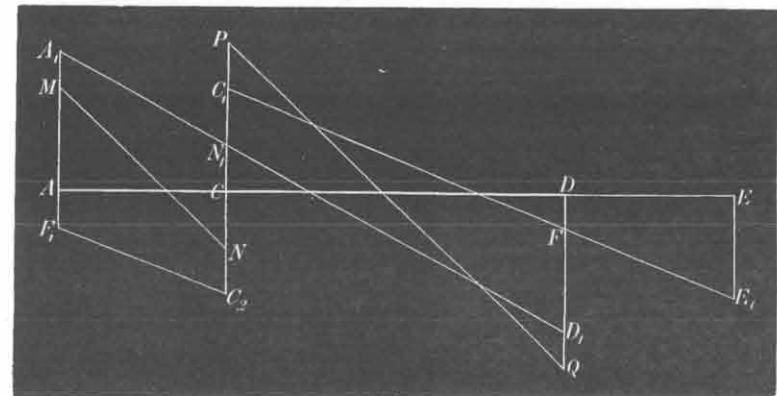


Fig. 64.

virker altsaa den elektromotoriske Kraft $2e$. Den elektromotoriske Kraft, der virker i C , frembringer paa de to Sider deraf Potentialerne $CC_1 = +e_1$ (tilhøjre, med den gjorte Antagelse) og $CC_2 = \div e_1$ (tilvenstre), og ville vi se, hvorledes Potentialerne blive paa AD som Følge af denne sidste elektromotoriske Kraft, afsætte vi DE lig AC , saa at den hele Leder tænkes udstrakt som CE ; i E afsættes Ordinaten $EE_1 = CC_2 = \div e_1$, og den rette Linie $C_1 E_1$ fremstiller da de omspurgte

Potentialer. Af denne Linie skal nu Stykket tilhøre for D , altsaa FE_1 , føres hen til AC , hvilket skér, idet AF_1 oprejses lig DF , og Linien F_1C_2 drages.

Søges dernæst de resulterende Potentialer, skal man i hvert Punkt af Ledningen have Summen (med Fortegn) af de derværende Ordinatorer; derfor afsættes

$$A_1M = AF_1 \text{ nedefters fra } A_1;$$

$$C_2N = CN_1 \text{ opefters fra } C_2, \text{ idet } CN_1 \text{ er Potentialet i } C, \\ \text{hidrørende fra den elektromotoriske Kraft } 2e;$$

$$C_1P = CN_1 \text{ opefters fra } C_1$$

$$\text{og } D_1Q = DF \text{ nedefters fra } D_1.$$

Linierne MN og PQ ville da angive de endelige Potentialer paa de forskjellige Punkter i Ledningen, naar begge elektromotoriske Kræfter ere tilstede og Liniernes Hældning mod AD vil være den samme, $\therefore$ Potentialfaldet paa Længdeenhed ens paa de to Stykker. Dette viser en lille Beregning ogsaa:

For et Punkt imellem A og C i Afstanden x fra A har man, naar $l + l_2 = L$, Potentialerne

$$e - \frac{2e}{L}x \text{ og } e_1 + \frac{2e_1}{L}(x + l_2),$$

idet man, for at faa det sidstnævnte, maa beregne Potentialet i et Punkt, der ligger paa DE i Afstanden x fra D , altsaa i Afstanden $x + l_2$ fra C . Det hele Potential i Punktet er da

$$e + e_1 - \frac{2e + 2e_1}{L}x - \frac{2e_1}{L}l_2.$$

I et Punkt, der ligger i Enhed af Afstand tilhøre fra dette, faaes Potentialet

$$e + e_1 - \frac{2e + 2e_1}{L}(x + 1) - \frac{2e_1}{L}l_2,$$

altsaa Potentialfaldet paa Længdeenhed lig disse Størrelsers Differens:

$$\frac{2e + 2e_1}{L}.$$

Paa samme Maade faar man Potentialet i et Punkt imellem C og D i Afstanden x fra A lig

$$\left[e - \frac{2e}{L}x \right] + \left[e_1 - \frac{2e_1}{L}(x - l) \right] = e + e_1 - \frac{2e + 2e_1}{L}x + \frac{2e_1}{L}l,$$

og derefter som ovenfor Potentialfaldet paa Længdeenhed lig

$$\frac{2e + 2e_1}{L}.$$

Strömstyrken vil altsaa blive

$$s = kt \frac{2e + 2e_1}{L} = \frac{2e + 2e_1}{M}$$

idet M betegner den samlede Modstand.

I Almindelighed vil man altsaa have:

Strömstyrken i en sluttet Ledning er proportional med Summen af de tilstedeværende elektromotoriske Kræfter (regnede med Fortegn) og omvendt proportional med Summen af de efter hinanden følgende Modstande (Ohms Lov 1827; bevist experimentelt af Fechner).

Denne Lov er ganske vist kun vist gyldig for lineære Ledere, men dens Almængyldighed kan let indsés, ogsaa naar Lederne ere flydende. Naar et galvanisk Apparat er sluttet ved en Ledning, ere Modstandene to forskjellige: den, som Apparatet selv (de deri værende Metaller og Vædske) byder, den indre Modstand, og den, som Ledningen udenfor Apparatet byder, den ydre Modstand.

64. Kombination af flere Elementer. Efter Ohms Lov vil man sé, at jo større den elektromotoriske Kraft er, og jo mindre Modstanden er, desto stærkere bliver den elektriske Strøm, og derved gives der os Midler til ved Kombination af flere Elementer at faa udviklet en stærkere Strøm, end ét Element kan give i en vis Ledning.

Paa to Maader kunne flere Elementer forbindes; enten saaledes, at den negative Pol i det ene forbindes med den positive i det næste o. s. fr., eller derved, at alle positive Poler indbyrdes og alle negative Poler indbyrdes forbindes. I dette sidste Tilfælde virker Apparatet som ét stort Element, hvis Metalplader ere lig Summen af de enkelte Elementers Metalplader og staa i samme Afstand fra hinanden som disse; da Tværsnittet af den indre Ledning, hvorigjennem Strømmen gaar i et saadant stort Element, bliver større i det Forhold, som Antallet af Elementer angiver, naar disse antages ens, bliver den indre Modstand det samme Antal Gange mindre (61), medens den elektromotoriske Kraft er uforandret. Forholdene ere

fremstillede i hosstaaende Figurer: 1 Element og n Elementer kombinerede paa de nævnte to Maader.

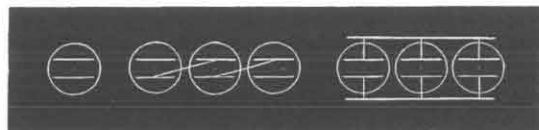


Fig. 65.

Et Elements elektromotoriske Kraft være E , dets indre Modstand M , den ydre Modstand i alle Tilfælde m ; idet Strømstyrkerne i de tre Tilfælde betegnes ved henholdsvis s , s_n og S_n , har man

$$s = \frac{E}{M+m}, \quad s_n = \frac{nE}{nM+m}, \quad S_n = \frac{E}{\frac{M}{n}+m} = \frac{nE}{M+nm}.$$

Vi betragte først to Grænsetilfælde:

a) den indre Modstand er saa lille i Forhold til den ydre, at vi kunne sætte $M=0$ og derfor have:

$$s = \frac{E}{m}, \quad s_n = \frac{nE}{m}, \quad S_n = \frac{E}{m},$$

saa at den første af de nævnte Kombinationer er den fordelagtige;

b) den ydre Modstand er saa lille i Forhold til den indre, at vi kunne sætte $m=0$ og faa da

$$s = \frac{E}{M}, \quad s_n = \frac{E}{M}, \quad S_n = \frac{nE}{M},$$

saa at den sidste af de to Kombinationer er fordelagtig.

Har man n Elementer, kan man endvidere dele dem i et vist Antal

(p) Grupper med lige mange $\left(\frac{n}{p}\right)$

Elementer i hver Gruppe; i de enkelte Grupper samles Elementerne paa den ovenfor først angivne Maade, saa at Gruppens elektromotoriske Kraft er

$\frac{n}{p}E$, dens Modstand $\frac{n}{p}M$, og dernæst

forbindes de enkelte Gruppers Poler paa den sidst nævnte

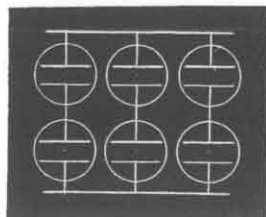


Fig. 66.

Maade, hvilket ikke forøger den elektromotoriske Kraft, men formindsker Modstanden til $\frac{1}{p}$ af hver Gruppens Modstand, saa at den hele Modstand bliver $\frac{n}{p^2}M$. Man faar da for Strømstyrken

$$S = \frac{\frac{n}{p}E}{\frac{n}{p^2}M+m}.$$

Spørges der nu om, hvorledes Elementerne skulle samles for at give den største Strømstyrke i en vis Ledning, saa vil man ved en Regning, som her forbigaaes, finde, at dette opnaaes, naar den indre Modstand er saa nær lig den ydre som mulig, altsaa naar

$$\frac{nM}{p^2} = m,$$

og Antallet af Elementer i hver Gruppe skal altsaa være

$$p = \sqrt{\frac{nM}{m}}.$$

Giver denne Kvadratrods ikke noget helt Tal for p , tages det nærmeste hele Tal.

Elementernes Kombination skér i Reglen ved tykke Kobberstrimler, hvis Ledningsmodstand er forsvindende lille.

65. **Strømforgrening.** Den simpleste Maade, paa hvilken en Strøm forgrener sig, har man, naar Ledningen paa et Stykke er delt i flere sideordnede Grene; alle disse Grene gennemløbes altsaa af en elektrisk Strøm, og Summen af alle disse Strømstyrker maa være lig Strømstyrken i den udelte Ledning, da der ellers ikke igjennem hvert Tværsnit af Ledningen vilde passere den samme Elektricitetsmængde. Strømstyrken i den udelte Ledning være s , i Grenene $s_1, s_2, \dots$, Modstandene i disse $m_1, m_2, \dots$, og Potentialerne i de to Punkter, imellem hvilke Ledningen er delt, e_1 og e_2 ; man faar da

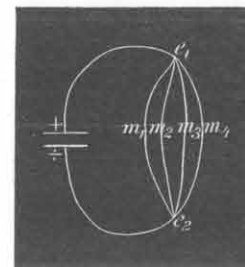


Fig. 67.

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + \dots$$

$$\text{og } s_1 = \frac{e_1 - e_2}{m_1}, s_2 = \frac{e_1 - e_2}{m_2}, s_3 = \frac{e_1 - e_2}{m_3} \dots;$$

heraf $s_1 m_1 = s_2 m_2 = s_3 m_3 = \dots$,
saa at Strømstyrkerne i de enkelte Grene staa i omvendt Forhold til disses Ledningsmodstand.

Spørges der om, hvilken Modstand m en enkelt Ledning imellem e_1 og e_2 maa have, som kan erstatte Forgreningerne, uden at s forandres, ses det, at

$$s = \frac{e_1 - e_2}{m}$$

$$\frac{e_1 - e_2}{m} = \frac{e_1 - e_2}{m_1} + \frac{e_1 - e_2}{m_2} + \frac{e_1 - e_2}{m_3} + \dots,$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} + \dots$$

Var Ledningen saaledes kun delt i 2 Grene, vilde man have

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

Langs de enkelte Grene falder Potentialet jævnt fra e_1 til e_2 , saa at alle Værdier

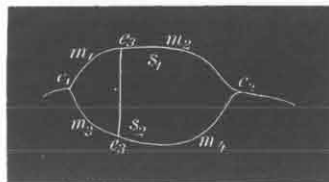


Fig. 68.

imellem disse findes paa hver Gren. Vi ville nu tænke os kun 2 Grene, og forbinde vi ved en Ledning to Punkter, et i hver Gren, som have samme Potential, vil der ikke gaa nogen Strøm igjennem denne

Tværledning, og Strømstyrken i de to Grene forandres ikke derved. For Potential og Modstand bruge vi de Betegnelser, som Figuren viser; man har da

$$s_1 = \frac{e_1 - e_3}{m_1} = \frac{e_3 - e_2}{m_2}$$

$$s_2 = \frac{e_1 - e_3}{m_3} = \frac{e_3 - e_2}{m_4},$$

og deraf

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{m_2}{m_4},$$

saa at Modstandene i de to Grenes to Stykker ere proportionale. Tværledningen kaldes Wheatstones Bro. Dersom $m_1 = m_2$, bliver $m_3 = m_4$.

66. **Strømvendere eller Kommutatorer** ere Apparater, ved Hjælp af hvilke man hurtig kan slutte, afbryde eller forandre Retningen af en elektrisk Strøm.

En Strømvender kan være saaledes indrettet: en isolerende Cylinder, hvori der paa den i Figuren viste Maade er indlagt to Kobberstrimler, m og n , kan drejes om sin Axe paa et Brædt; i dette er befæstet 4 Klemmeskruer, a, a, b, β , hvorfra der gaar Metal-fjere, som trykke imod Cylinderen. Klemmeskruerne b og β ere forbundne med Polerne paa det galvaniske Apparat, og den Ledning, hvori Forandringen skal ské, er indskudt imellem a og α . Strømmen gaar i den i Figuren angivne Stilling af Cylinderen

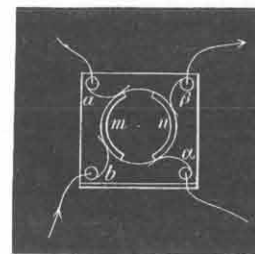


Fig. 69.

Vejen $bmaan\beta$, og drejes Cylinderen 90° , f. Ex. med Viseren paa et Uhr, gaar den Vejen $bnaam\beta$, altsaa gjennem Ledningen imellem a og α i den modsatte Retning. Ved en mindre Drejning end den nævnte kan man afbryde Strømmen.

VI. Strømmens chemiske Virkninger.

67. Vi ville nu omtale disse Virkninger i Almindelighed; flere ere alt tidligere omtalte.

Naar en Strøm ledes igjennem et sammensat Legeme (chemisk Forbindelse) i flydende Tilstand, opløst eller smeltet, vil det blive dekomponeret af Strømmen, og disse flydende Legemer lede kun den elektriske Strøm, naar de samtidig dekomponeres. Denne Proces kaldes Elektrolyse, Stoffet, som dekomponeres, Elektrolyt, de to Steder — som Regel Metalplader — hvor Strømmen ledes ind og ud, Elektroder, henholdsvis den positive og den negative Elektrode; den Del af Elektrolyten, som udskilles ved den positive Elektrode, er den elektronegative, den, som udskilles ved den negative Elektrode, den elektropositive Del. Hyppig udskilles i Virkeligheden andre Stoffer, end det var at vente; dette hidrører da fra chemiske Processer, hvori de udskilte Stoffer i Dannelses-

øjeblikket indgaa med Opløsningsmidlet, som Regel Vand, eller med de Stoffer, hvoraf Elektroderne ere dannede (sekundære Virkninger).

Den simpleste Elektrolyse er Vanddekompositionen, som vises i Vanddekompositionsapparatet. Dette er et Glas-
kar med en Træprop i Bunden; i denne er befæstet to Platin-
traade, som oppe i Karret ende i to Platinplader (Platin an-
gribes ikke af Vandets Bestand-
dele). I Karret er der Vand, hvortil der er sat lidt Svovlsyre, og over de to Platinplader er stillet to Glasklokker, som ere fyldte med Vand. Ledes en elektrisk Strøm igjennem Vædsken, vil der udvikles Ilt ved den positive, Brint ved den negative Elektrode; Luftboblerne stige op i Glasklokkerne og fortrænge det dér værende

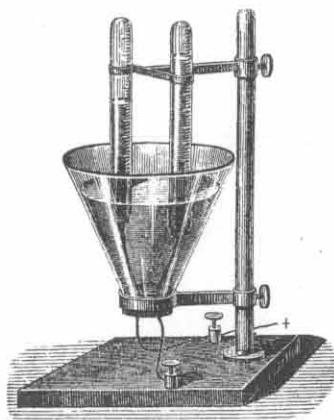


Fig. 70.

Vand. Der dannes dobbelt saa megen Brint som Ilt, saa at disse indgaa i Vandet i dette Forhold; i Klokken findes dog lidt mindre Ilt, idet der af Vandet absorberes mere Ilt end Brint, og noget af Iltten omdannes til Ozon, hvis Vægtfylde er $\frac{3}{2}$ Gange Iltens. Medens det tilsyneladende er Vandet, som er adskilt af Strømmen, er dette dog ikke Tilfælde; det er Svovlsyren $\text{SO}_4 \text{H}_2$, der er bleven adskilt i H_2 , som udvikles ved den negative Elektrode, og SO_4 , som udvikles ved den positive Elektrode, men her spalter Vandet OH_2 , forbinder sig med H_2 til $\text{SO}_4 \text{H}_2$, medens der, altsaa ved en sekundær Virkning, frigjøres Ilt. Forholdet er altsaa ganske, som om Vandet OH_2 var bleven dekomponeret, men at det er saaledes, som nys er nævnt, kan blandt andet ses deraf, at dersom den positive Elektrode var af Kobber, vilde der dannes $\text{SO}_4 \text{Cu}$ og ikke Ilt. Rent, destilleret Vand kan ganske vist i ringe Grad dekomponeres af den elektriske Strøm, men kun naar denne er meget stærk.

Man kunde ogsaa opsamle de to Luftarter Ilt og Brint i én Glasklokke; i den i en vis Tid udviklede Knaldluftmængde vilde man saa have et Maal for Strømmens Styrke, og man har ogsaa maalt denne ved Hjælp heraf, idet man som Enhed har taget den Strøm, som formaar i 1 Minut at udvikle 1 Cubikcentimeter Knaldluft ved 0°C . og 760^{mm}. Tryk (chemisk Enhed); denne

Enhed for Strømstyrken (den Jacobi'ske) er lig 0,0958 Ampère (53), altsaa 1 Ampère = 10,44 saadanne Enheder. Til Maaling af Knaldluften benyttes Voltameter. Udviklingen af Knaldluft skér i en Glasflaske med meget fortyndet Svovlsyre, og igjennem et bøjet Glasrør, der er befæstet i den i Flaskehalsen tæt sluttende Prop, ledes Luften ind i et lodret, inddelt Glasrør, som fra Begyndelsen af er helt fyldt med Vand.

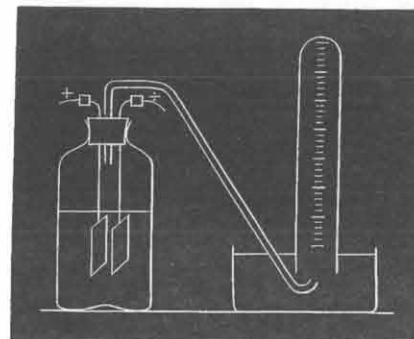


Fig. 71.

At Strømstyrken er ens overalt i en udelt Ledning, og at den udviklede Knaldluftmængde er proportional med Strømstyrken, kan man vise ved at lade en Strømledning paa et Stykke spalte sig i to Grene og saavel i hver af dem som ogsaa paa to forskellige Steder i den

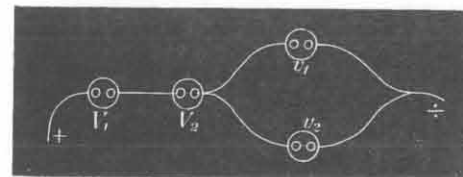


Fig. 72.

udelte Ledning indskyde et Voltameter; dersom nu en Strøm i en vis Tid i disse Voltametre udvikler Knaldluftmængder, der ere betegnede ved de paa Figuren anbragte Bogstaver, finder man $V_1 = V_2 = v_1 + v_2$.

Vandets Dekomposition (som den nævnte chemiske Proces altid kaldes) ved Hjælp af den elektriske Strøm er opdaget

1800 af Carlisle og Nicholson, men allerede i 1789 var det iagttaget, at Udladninger fra en Leydnerflaske kunde sønderdele Vand.

68. Syrer og Salte dekomponeres saaledes, at henholdsvis Brinten og Metallet altid udskilles ved den negative Elektrode („føres med Strømmen“), den anden Bestanddel af Forbindelsen ved den positive.

Svovlsyre $\text{SO}_4 \text{H}_2$ adskilles som nævnt i SO_4 og H_2 , Saltsyre ClH i Cl og H , hvorimod det Vand, hvori ClH er opløst, ikke adskilles. — Af en Opløsning af Kobbervitriol $\text{SO}_4 \text{Cu}$ udskiller Strømmen Cu ved den negative, SO_4 ved den positive Elektrode, og er denne en Platinplade vil SO_4 fra Vandet tage H_2 , medens der frigøres O ; dersom Elektrodene derimod var et Metal, som er opløseligt i Svovlsyre, vilde dette Metals svovlsure Salt dannes. — Svovlsur Natron $\text{SO}_4 \text{Na}_2$ vil paa samme Maade adskilles i SO_4 og Na_2 , men deraf vil SO_4 foranledige Udvikling af Ilt , og Natrium vil, naar Elektroderne ere af Platin, ogsaa fremkalde en sekundær Virkning med Vand: $\text{Na}_2 + \text{OH}_2 = \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2$, saa at der udvikles Brint ved den negative Elektrode, og Opløsningen kommer til at indeholde Natron (foruden fri Svovlsyre); dersom den negative Elektrode derimod var af Kvægsølv (Kvægsølvet findes paa Bunden af Dekompositionsapparatet, og den negative Poltraad føres isoleret dertil igjennem Vædsken), vilde der dannes Natriumamalgam, hvoraf Natrium kan vindes ved Destillation. — Af Salmiak ClNH_4 vil der udskilles Chlor Cl ved den positive, Brint H ved den negative Elektrode, medens Ammoniak NH_3 fordampes, altsaa ogsaa en sekundær Virkning.

Smeltede Forbindelser adskilles paa samme Maade som de opløste. Ogsaa smeltet Ætskali og Ætsnatron, KHO og NaHO , adskilles saaledes, at Metallet og Brinten udvikles ved den negative, Ilt ved den positive Elektrode. Samme Dekomposition kan ogsaa ske, naar disse Forbindelser ere i fast Tilstand. Sir Humphrey Davy adskilte i 1807 første Gang disse Legemer, som man hidtil havde ansét for Grundstoffer; paa en Platinplade lagdes et Stykke Ætskali, i hvilket der var dannet et lille Hul, som fyldtes med Kvægsølv, og da

Platinpladen saa sattes i Forbindelse med den positive, Kvægsølvet med den negative Pol paa et Batteri, dannedes der Ilt ved den første, Kalium og Natrium optoges i Kvægsølv, og Brinten undveg.

69. Faraday's elektrolytiske Lov (1833). Som nævnt er den chemiske Virkning af den elektriske Strøm proportional med Strømmens Styrke. Leds nu den samme Strøm igjennem flere forskellige Dekompositionsapparater, saa udskilles der altid æquivalente Mængder af Stofferne. Dersom altsaa den samme Strøm i ét Apparat dekomponerer $\text{SO}_4 \text{Cu}$ (i SO_4 og Cu), i et andet ClK (i Cl og K), maa der for hvert Molekyle $\text{SO}_4 \text{Cu}$ dekomponeres 2 Molekyler ClK , thi den udskilte SO_4 skal kunne danne en mættet chemisk Forbindelse med det i det andet Apparat udskilte Kalium, og da Forbindelsen har Formlen $\text{SO}_4 \text{K}_2$, saa maa der være frigjort K_2 samtidig med SO_4 ; der dannes altsaa ogsaa Cl_2 samtidig med Cu , og Chlorkobberets Formel er netop $\text{Cl}_2 \text{Cu}$.

Istedetfor at maale Strømstyrken ved den udviklede Knaldluftmængde, kan man derfor ogsaa maale den ved den i en vis Tid af en Metalopløsning udskilte Mængde Metal; Maaingen skér da ved Bestemmelse af den negative Elektrodes Vægtforøgelse.

Naar en Strøm ledes igjennem en Vædske, hvori der er opløst flere Forbindelser, ville de alle dekomponeres af Strømmen samtidig. Undertiden vil man dog kun iagttage Udskillelsen af det ene Stof, ikke af det andet eller de andre, men dette hidrører fra sekundære Virkninger. Har man saaledes en Opløsning af Kobber- og Zinkvitriol, vil man kun sé Kobber blive udfældet; Sagen er den, at naar et Stykke Zink nedsænkes i en Kobbervitriolopløsning, vil det udskille Kobber deraf og selv opløses, idet det træder i Kobberets Plads, og derfor vil ogsaa det af Strømmen udfældte Zink udskille en æquivalent Mængde Kobber og selv strax opløses.

70. Galvanoplastik (opfunden 1836 af Jacobi i St. Petersburg) er den Kunst ved Hjælp af en elektrisk Strøm at frembringe Metaludfældninger, som nøjagtig have en vis Form, som altsaa dannes paa en Model uden dog at hefte fast derved. Metallet, hyppig Kobber, aflejres i et sammenhængende Lag;

Modellen (Matricen) kan bestaa af Vox, hvori der er blandet Stearin, af Gibs, Guttapercha, eller endnu bedre af en Masse, der er sammensat af Vox, Asphalt, Stearin og Talg, hvilken Komposition gjengiver de fineste Detailler.

Vil man danne et Aftryk af en Medaille paa en Matrice af Guttapercha, opvarmes denne, der ved almindelig Temperatur er haard, i et varmt Vandbad, til den har faaet en passende Blødhed; den gives da Plådeform og i dennes Overflade dannes Medaillens Overflade, hul og omvendt, ved at trykke Medaillen imod Guttaperchaen. Denne skal derefter metalliseres: gjøres ledende, hvilket skér ved Overgnidning med Graphit eller Bronzepulver. Den saaledes behandlede Matrice ophænges i et Kar med Kobbervitriolopløsning og ligeoverfor anbringes en omtrent lige saa stor Kobberplade; denne sidste forbindes med den positive Pol paa et galvanisk Batteri bestaaende af 2 à 3 Elementer, medens den negative Poltraad føres hen til et Par Steder af Matricens Overflade. Under Strømmens Gang vil der af Opløsningen udfældes Kobber paa Matricen, men samtidig opløses der Kobber af den positive Elektrode, og Vædskenes Concentration bliver derfor uforandret. Efter et Par Dages Forløb har det aflejrede Kobberlag en passende Tykkelse og kan da med Lethed skilles fra Matricen.

Dersom man skal have en Udfældning paa en rund Model, en Kande f. Ex., danner man en Form, som bestaar af flere Stykker, idet forskellige Dele af Gjenstanden aftrykkes i Matricemassen, og disse Stykker sammensættes derefter, saa at de danne et hult Rum af Gjenstandens Form. Indersiden heraf overgnides med Graphit, og i dette Rum findes Metalopløsningen. Men der opstaar nu den Vanskelighed at faa Metallet til at aflejre sig overalt, ogsaa i de fine Fordybninger, og der er foreslaaet adskillige Fremgangsmaader; en af de bedste er at lade den positive Elektrode bestaa af Platintraade (altsaa ikke være opløselig), som inde i Formen forgrener sig til alle Sider uden dog at berøre Overfladen, og da Formen er aaben foroven og forneden, vil Cirkulationen af Vædsken udenfor og indenfor bevirke, at Concentrationen bevares; endnu bedre og billigere er den af en Ingenieur i Christoffes Etablissement i Paris foreslaaede gennemhullede

Blykjærne-Elektrode, som i Hovedtrækkene gives Form som vedkommende Gjenstand.

Gjælder det store Kunstværker, bliver Gjenstanden formet i Gibsmodel, denne derefter delt i mange Stykker, og af hvert Stykke dannes en Matrice, paa hvilken Metallet udfældes; de enkelte Dele sammenloddess derefter, og Lodningsstederne overtrækkes med Metal ad elektrolytisk Vej. Paa denne Maade er Guttenberg-Mindesmærket i Frankfurt a. M. udført og ligeledes flere Statuer i den store Opera i Paris. I Christoffes Etablissement har man dog ogsaa udfældet monumentale Gjenstande i ét Stykke, hvilket skér derved, at en Bly-Elektrode er stillet overfor alle Dele af Formen i samme Afstand, og en stærk Strøm sendes saa igjennem den derimellem værende Kobbevitrilopløsning, som ved Gjennemboringer i Blyet cirkulerer med Vædsken udenfor.

71. **Galvanisation**, galvanisk Udfældning af Metal paa andre Metaller, saaledes at det hænger ved disse, har derimod været bekendt fra Aaret 1805. Den finder navnlig Anvendelse, hvor uædle Metaller skulle overtrækkes med ædle, galvanisk Forgyltning og Forsølvning, men ogsaa i mange andre Tilfælde; galvanisk Fornikling anvendes saaledes meget i den senere Tid. Det gjælder om altid at have de Gjenstande, som skulle overtrækkes med Metal saa omhyggelig rensede som mulig; det afhænger af deres Natur, med hvilke Midler denne Renselse skal foretages.

Enten kan man lade selve Udfældningsapparatet være det galvaniske Apparat, som frembringer Strømmen, eller man kan have et særligt galvanisk Apparat. Det første anvendes ofte, naar Gjenstandene ere faa og smaa; gjælder det saaledes en Forsølvning, har man et vidt Glaskar med en Sølvopløsning og i dets Midte et Lerkar med fortyndet Svovlsyre, op fra hvilken der rager en Zinkklods, hvortil der er befæstet en stor vandret Metalring, hvorfra Gjenstandene hænge ned i Sølvopløsningen. Strømmen gaar fra Zink igjennem Vædskerne til Metalgjenstandene, og derved udfældes Sølv paa disse sidste. Men ere Gjenstandene større, haves et særligt Udfældningsapparat, hyppigst med en Sølvplade til positiv Elektrode. Sølvopløsningen komponeres i Reglen saaledes:

Sølv opløses i Salpetersyre, denne Opløsning inddampes til Sirupstykkelse, der fortyndes med Vand og tilsættes Kogsalt, indtil Sølvnitratet er omdannet til Chlorsølv; dette udvaskes og opløses i et Overskud af Cyankaliumopl. Det udfældte Sølv Farve er livligst, naar Badet under Processen har været opvarmet til cr. 70° C.; tilsættes der til Vædsken nogle Draaber Svovlkulstof eller noget Svovlsølv, foreøger det Sølvets Glands. Naar det er Jærn eller Staal, som skal forsøves, maa det først forkobres ved Hjælp af Cyankobberkalium, da Sølv et ellers ikke hefter ved.

Til galvanisk Forgyltning anvendes bedst følgende Komposition: 50 Gram Guldchlorid, 150 Gram Cyankalium, opløst i 1 Liter Vand; er Vædsken kobberholdig, bliver Gjenstanden rødlig, er den sølvholdig, bliver den grønlig. Badets Temperatur bør være cr. 70° C. Den største Forgyltning, som er foretaget, er Forgyltning af Fødder og Kapitæler til Søjlerne i Jakobskirken i St. Petersborg; de vare støbte af Bronze og vejede 576 Centner hver.

72. Den galvaniske Polarisation. Naar der i en elektrisk Strømledning er indskudt en Vædske, danner denne en større Hindring for Strømmen, end Vædskens Modstand frembyder. Dette hidrører fra, at der ved de metalliske Ledere, ved hvilke Strømmen ledes ind i og ud af Vædsken, udskilles

Stoffer, som give Anledning til en ny elektromotorisk Kraft, der fremkalder en Strøm i modsat Retning af Hovedstrømmen og altsaa svækker denne; denne Modstrøm er den galvaniske Polarisation. Ledes en Strøm saaledes igjennem et Vanddekompositionsapparat, ville de udskilte Ilt- og Brintlag paa Platinpladerne fremkalde en saadan Polarisationsstrøm (jfr. Groves Gaselement); denne voxer med Hovedstrømmens Styrke indtil en vis

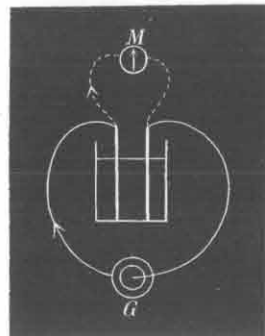


Fig. 73.

Maximumsværdi, ud over hvilken den ikke kan stige. At en saadan Strøm er tilstede, kan man let vise ved at afbryde

Hovedstrømmen og forbinde de to Platinelektroder direkte med en Multiplikator, hvis Udslag da vil tilkjendegive en Strøm fra Brint igjennem Vædske til Ilt, hvilken Strøm naturligvis ogsaa var tilstede, da Hovedstrømmen gik sin Gang; Polarisationsstrømmen taber sig nu dog hurtig, idet den dekomponerer Vandet, hvorved Luftlagene hurtig formindskes og endelig forsvinde helt. — Benyttes blanke Platinplader, beløber Polarisationens elektromotoriske Kraft sig til cr. $2\frac{1}{2}$ Volt.

Dersom Metalpladerne i den Vædske, hvorigjennem Strømmen ledes, tillige ved Elektrolysen omgives af forskellige Vædsker, kan Polarisationen blive langt større; som vi have sét, vil der, naar en Strøm ledes igjennem en Opløsning af et Kali- eller Natronsalt, omkring den positive Elektrode findes fri Syre, om den negative fri Kali eller Natron, og da Metalterne gjøres stærkt negative ved Berøring med Kali og Natron, svagere derimod eller positive ved Berøring med en Syre, saa forøges Polarisationen betydelig.

Det er hovedsagelig Polarisationen, som gjør et galvanisk Apparat inkonstant; jo mere den er undgaaet, desto mere konstant er Apparatet.

Dersom et af de ved Elektroderne udskilte Stoffer er en slet Leder, f. Ex. et Metalite, saa forøges den Modstand, som den elektriske Strøm møder, yderligere med en Overgangsmodstand.

Af polariserede Plader kan man danne Polarisationsbatterier, hvortil Groves Gasbatteri (57) kan henregnes. Hertil slutte sig endvidere Accumulatorer eller sekundære Batterier.

Planté's Accumulator (1860) bestaar af et Glaskar med fortyndet Svovlsyre, hvori der stilles to sammenrullede, med Kautschukbaand adskilte Blyplader; sendes en Strøm fra den ene Blyplade til den anden, vil den første blive iltet til Blyoverilte, medens den anden bliver rent Bly, og forbindes disse Plader derefter direkte med hinanden, opstaar der en sekundær Strøm, som gaar fra Bly- til Blyoveriltepladen, indtil de blive lige stærkt iltede; Strømmen ophører da, og en ny Strøm maa sendes igjennem Accumulatoren, for at faa denne til at virke.

I Faure's Accumulator (1881) ere Blypladerne først overstrøgne med Mønnie; den ene reduceres af Strømmen til Bly, den anden iltet til Blyoverilte.

VII. Strømmens magnetiske Virkninger.

73. Magnetiske Virkninger af den elektriske Strøm ere først paaviste af H. C. Ørsted (1820), som fandt, at naar man leder en elektrisk Strøm hen over eller under en Deklinationsnaal, gjør denne et Udslag i vandret Retning; Strømmen har en Tendens til at stille Naalen vinkelret paa sin egen Retning, men Jordmagnetismens Indvirkning paa Naalen forhindrer, at dette skér fuldstændig. En Deklinationsnaal vil derfor intet Udslag gjøre, naar Strømmen ledes i Naalens vandrette Drejningsplan, eller naar den er vinkelret paa den magnetiske Meridianplan. Den Regel, efter hvilken Udslaget skér, er følgende: Lægger man den højre Haand i Strømmen, saaledes at denne træder ind ved Haandleddet, ud ved Fingerspidserne, og vendes Haandfladen imod Magnetnaalen, bevæger dennes Nordende sig altid ud i den Retning, som Tommelfingeren angiver (Sydenden til den modsatte Side).

Herpaa grunder sig Multiplikatoren (Schweigger, 1821), et Instrument til at undersøge, om der i en Ledning gaar en elektrisk Strøm, og hvis en saadan findes, da i hvilken Retning (saadanne Instrumenter kaldes i Almindelighed Galvanoskopet). Multiplikatoren bestaar af en astatisk Dobbelt-

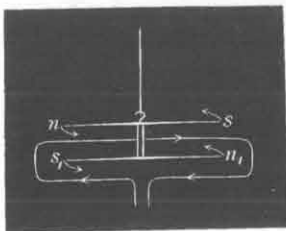


Fig. 74.

naal, to med hinanden fast forbundne, parallelle Magnetnaale med ensartede Poler til modsatte Sider; ophænges Dobbeltnaalen ved en fin Traad i en lodret Plan, vil Jordmagnetismens Indflydelse paa Naalen være ringe, og desto ringere, jo mere Naalene nærme sig til at være lige stærke. Dobbeltnaalen vil da have en svag Direk-

tionskraft og vil let kunne drejes ud af sin Stilling ved Hjælp af en elektrisk Strøm. En saadan ledes omkring den nederste Naal; ved at undersøge Virkningen af Strømmens forskellige Dele paa den nederste Naal, vil man se, at de alle ville bevæge Nordenden (n_1) indefter, Sydenden (s_1) udefter; i samme Retning vil den øverste Naal blive paavirket af den

Del af Strømmen, som ligger imellem de to Naale, medens den nederste Del af Strømmen vil paavirke den øverste Naal i modsat Retning, altsaa forstyrrende, men paa Grund af den store Afstand vil denne Virkning blive meget ringe i Sammenligning med de øvrige Virkninger. Dersom Dobbeltnaalen er fuldstændig astatisk, vil den for en nok saa svag Strøm stille sig vinkelret paa denne; men er dette ikke Tilfælde, vil den for svage Strømme gjøre et Udslag, der voxer med Strømstyrken.

Ledningens Anbringelse i Instrumentet skér paa følgende Maade: omkring den nederste Naal er der sat en lodret Træramme, og udenom den er der viklet en med Silketraad overspunden Kobbertraad i mange Vindinger (lang og tynd Traad,

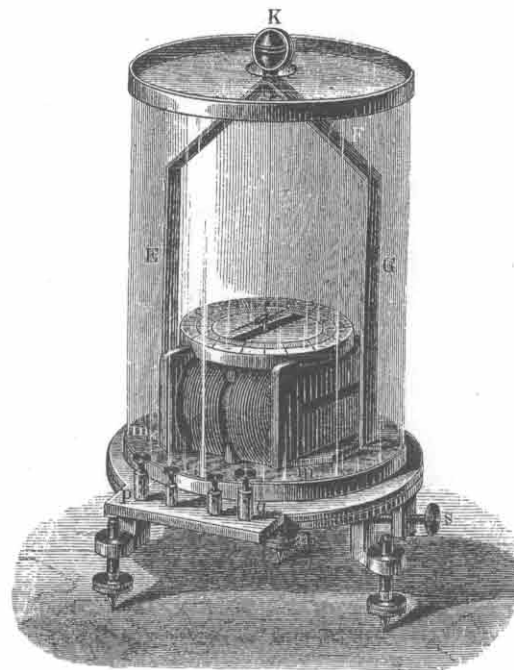


Fig. 75.

naar Multiplikatoren skal gjøre en stor Modstand imod Strømmen, kort og tyk, naar Modstanden skal være ringe); Enderne af Traaden ere fastgjorte i to Klemmeskruer, ved Hjælp af hvilke

Multiplikatoren kan indskydes i en Ledning. Ovenover Trærammen er der sat en vandret, inddelt Skive, hen over hvilken den øverste Naal altsaa bevæger sig.

Differentialmultiplikatoren er en almindelig Multiplikator, men med to Ledninger om Trærammen, og igjennem disse Ledninger sendes to modsat rettede Strømme; ved Regulering af Strømstyrkerne kan man faa dem til at paavirke Dobbeltnaalen lige stærkt i modsatte Retninger, i hvilket Tilfælde der intet Udslag skér.

74. Den omtalte Virkning af en elektrisk Strøm paa en Magnetnaal er Resultatet af Virkningerne af Strømmens enkelte Dele paa de enkelte Magnetpoler. Betragt vi et lille Strømelement (dette kan altid anses for retliniet), vil dette paavirke en Magnetpol efter en ret Linie, der staar vinkelret paa Planen igjennem Strømelementet og Polen, og i en Retning, der er bestemt ved den i 73 nævnte Regel (med Haanden). Kraften, med

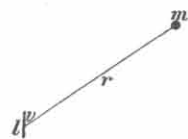


Fig. 76.

hvilken Paavirkningen skér, er funden at være ligefrem proportional med Strømelementets Længde (l), med Strømstyrken (s), med Magnetpolens frie Magnetisme (m) og med Sinus til Vinklen (v) imellem Strømelementet og Retningen fra dette til Magnetpolen, medens den er omvendt proportional med Kvadratet paa Afstanden (r) imellem dem; for Kraften haves altsaa følgende Udtryk

$$K = a \cdot \frac{l \cdot s \cdot m \cdot \sin v}{r^2}.$$

Er Retningen til Polen vinkelret paa Strømelementet, bliver $v = 90^\circ$, og

$$K = a \cdot \frac{l \cdot s \cdot m}{r^2}.$$

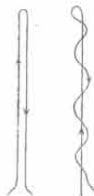


Fig. 77.

Bringer man en Strømledning, der er bøjet som i en af de to hosstaaende Figurer, hen til en bevægelig Magnetnaal, vil den efter det nævnte ikke influere paa Naalens Stilling.

Betragt vi nu en Magnetpol i Centrum af en cirkulær Strømledning, paavirkes den af en Kraft, der staar vinkelret paa Strømkredsens Plan; Cirkel-

strømmen kan betragtes som en Mængde smaa retliniede Elementer af Længde l , der alle staa vinkelret paa Retningen ind til Polen, og alle have samme Afstand — lig Cirkelns

Radius — derfra; Elementernes Antal er $\frac{2\pi r}{l}$, og deres samlede Virkning paa Magnetpolen bliver

$$K = \frac{2\pi r}{l} \cdot a \cdot \frac{l \cdot s \cdot m}{r^2} = \frac{2\pi a \cdot s \cdot m}{r}.$$

Dersom der altsaa findes en ganske lille Magnetnaal i Kredsens Centrum, saa lille, at dens Længde er forsvindende i Sammenligning med Kredsens Radius, vil Strømmen søge at stille Naalen vinkelret paa sin Plan, idet Polerne paavirkes til modsatte Sider af Planen, hver med en Kraft af ovenstaaende Størrelse. Herpaa grunder sig Tangensboussole, et af Galvanometrene, o: Instrumenter til Maaling af Strømstyrken.

75. Tangensboussole (Pouillet, 1822) bestaar af en lodret Kobberring, der er aaben forneden, og disse to Ender ere befæstede til en isolerende Fod, som ved Hjælp af Stilleskruer kan stilles lodret. I Centrum af Kobberringen er Midtpunktet af en lille Deklinationsnaal; denne er anbragt inde i en med Glaslaag dækket, vandret Kasse med en Gradinddeling paa Indersiden. Til Naalen er der befæstet en lang, tynd Stilk af Kobber eller Glas for Aflæsningens Skyld; den sidder enten i Naalens Forlængelse, og i saa Tilfælde ere Udgangspunkterne (0°) for Inddelingen dér, hvor Kobberringen passerer Kassen, eller den gaar tværs paa Naalen, og i saa Tilfælde staar der 90° paa de nævnte Steder, og Endepunkterne af den paa Ringen vinkelrette Diameter have 0° . — Instrumentet bruges nu saaledes, at det først opstilles i den magnetiske Meridianplan (Stilken peger paa 0°), og derefter ledes Strømmen ind

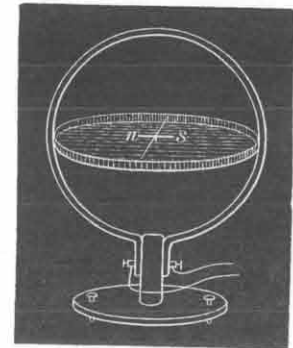


Fig. 78.

og ud igjennem to parallelle Kobbertraade (for at denne Del af Strømmen ikke skal influere paa Naalens Stilling); Magnetnaalen gjør da et Udslag, og af dettes Størrelse bestemmes Strømstyrken. Forestiller NS den magnetiske Meridian, ns Magnetnaalen efter Udslaget (α), paavirkes enhver af Polerne af to Kræfter: Virkningen af Jordmagnetismens horizontale Komposant Hm

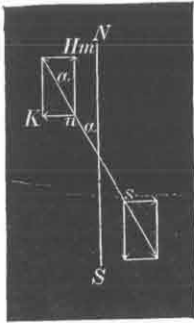


Fig. 79.

parallel med NS og Kraften $K = \frac{2\pi asm}{r}$

vinkelret paa NS ; naar Naalen er i Ro, maa de to Kræfters Resultant falde i Naalens Forlængelse, og man faar altsaa $\frac{2\pi asm}{r} = Hm \cdot \tan \alpha$, $s = \frac{Hr}{2\pi a} \tan \alpha = k \cdot \tan \alpha$,

o: Strømstyrken proportional med Tangens til Udslaget, idet k er en Konstant for samme Instrument (r) paa samme Sted af Jorden (H). Udslaget ses at være uafhængigt af Magnetnaalens Styrke, hvad Forsøget ogsaa viser.

Værdien af k afhænger af den valgte Enhed for Strømstyrken.

VIII. Bestemmelse af den elektriske Strøms Konstanter.

76. Elektrisk Ledningsmodstand. Den Modstand, som en Leder byder den elektriske Strøm, er som tidligere (61) angivet ligefrem proportional med Lederens Længde og med Modstandskoefficienten (afhængig af Lederens Stof) og omvendt proportional med Lederens Tværsnit, saa at den kan sættes lig

$$\alpha \frac{l}{t}.$$

Med Hensyn til Enheden for den elektriske Ledningsmodstand, da har man hidtil i Almindelighed benyttet en Siemens' Enhed, hvilket er den Modstand, en Kvægsølvsejle, 1^m lang, 1^{mm} i Tværsnit, 0° varm, byder Strømmen, saa at en Kvægsølvsejles Modstand, naar disse Enheder

anvendes, er lig $\frac{l}{t}$, idet $a = 1$ for Kvægsølv. For et andet Stof betegner da a den Modstand, som en Traad af dette Stof gjør, der er 1^m lang og har 1^{mm} i Tværsnit; a er altid Forholdet imellem dette Stofs og Kvægsølvets Modstandsevne. Grunden til, at Kvægsølvet bliver anvendt til Enheden, er den, at dets Modstand er saare lidt variabel (paa Grund af smaa Urenheder), medens andre Metalleres Modstand (Størrelsen a) varierer, stundom ret betydelig, med Metallens Haardhed o. desl. I Modstandsmaaleapparaterne findes dog ikke Kvægsølv, men Metaltraade (Nysølv, Platin, Aluminium o. a.), hvis Modstand i Forhold til Kvægsølvet er omhyggelig bestemt, saa at man direkte paa disse Traade kan aflæse Modstandsenhederne. Efterhaanden benyttes dog mere og mere en lidt større Enhed for Modstanden, 1 Ohm = 1,06 Siemenske Enheder, altsaa lig Modstanden af en Kvægsølvsejle, 1^{mm} i Tværsnit og 1,06^m lang (s. Absolute Enheder).

Modstandsmaalerne eller Rheostaterne kaldes Rheochorder, naar Metaltraadene i dem ere udspændte som Strengene. En simpel Rheochord er den i Fig. 80 angivne. To Metaltraade ere spændte ud over et Brædt, fastgjorte i den ene Ende ved Kobberknapperne a og b , og udspændte derved at de i anden Ende af Brættet ere bøjede over Tridser og ved

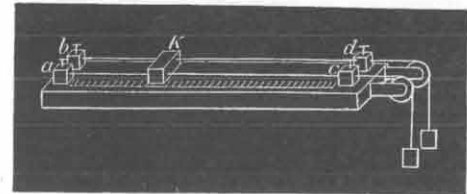


Fig. 80.

paa hængte Vægte givne en bestemt Spænding; naar denne er erhvervet, kan man ogsaa klemme Traadene fast i Kobberknapperne c og d . Ved Klemmeskruer i a og b kan Rheochorden indskydes i en Strømledning, og Mængden af Rheochordtraad, som bliver gennemløbet af Strømmen, varierer derved, at der frem og tilbage paa Brættet kan bevæges en Kasse K , fyldt med Kvægsølv og med Huller i de to parallelle Glassider, som vende hen mod Traadernes Ender, saaledes at Traadene akkurat gaa igjennem disse Huller. Da en Strøm

nu gaar f. Ex. fra *a* igjennem den dér fastspændte Traad hen til Kvægsølv i *K* og derfra igjennem den anden Traad tilbage til *b*, saa vil der ved *K*'s Flytning ind- eller udskydes nogen Rheochordtraad, og Modstanden i Strømledningen derved forøges eller formindskes. Paa en Maalestok kan Forandringen i Modstanden aflæses.

En anden Konstruktion af en Rheostat er givet af Siemens & Halske. I en Kasse er der stillet en Mængde Ruller af Metaltraad med Modstande henholdsvis lig 1, 2, 2, 5, 10, 20 o. s. v. Siemenske Enheder (eller Ohm); paa Laaget er der befæstet en Del Metalknapper, og til enhver af disse er fastgjort Endetraaden af den ene Rulle og Begyndelses-

traaden af den næste Rulle (skizzeret i Figuren). Den første Metalknap er kun forbundet med Begyndelsesenden af den første Rulle, og den sidste Knap med Endetraaden af den sidste Rulle; disse to Knapper ere forsynede med Klemmeskruer, saa at man ved disse kan indskyde Rheostaten i en Strømledning. Naar der nu imellem alle Messingknapper er anbragt tæt-

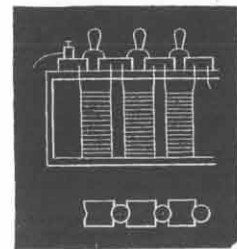


Fig. 81.

sluttende Metalpropper, kan Apparatets Modstand sættes lig 0, men tager man en Prop ud etsteds, indskydes derved en Rulle i Ledningen; Rullens Modstand er altid angivet paa Metalproppen.

77. Til Bestemmelse af en Leders Modstand kunne følgende Metoder anvendes:

a. Substitutionsmetoden. I en Strømledning er

der foruden det galvaniske Apparat (*G*) indskudt en Tangensboussole (*T*) og en Rheostat (*R*). Efter at Udslaget af Tangensboussole's Naal er bestemt, indskydes (f. Ex. ved Kvægsølvskaale som Kontakter) den Ledning,

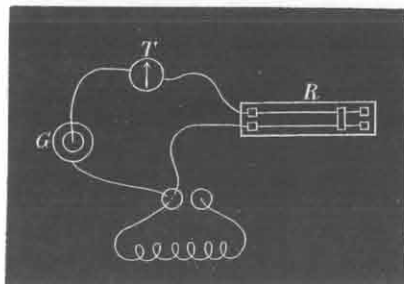


Fig. 82.

hvis Modstand skal bestemmes; Naalens Udslag vil derved formindskes, men den bringes tilbage til sin tidligere Værdi derved, at der udskydes en passende Del Rheostattraad; naar dette er sket, vil den søgte Modstand være lig den udskudte Rheostattraads under Forudsætning af, at den elektromotoriske Kraft er uforandret under Forsøget.

b. Wheatstones Bro (65) kan benyttes; det blev bevist, at naar der ikke gik nogen Strøm igjennem Broen, var der følgende Relation imellem de 4 Modstande i Grenene m_1 , m_2 , m_3 og m_4 :

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{m_2}{m_4}.$$

Methoden er den, at man gjør $m_1 = m_2$, lader m_3 være en Rheostattraad og m_4 den søgte Modstand; i Broen er der indsat en Multiplikator, og man indskyder nu saa megen Rheostattraad, at Multiplikatoren intet Udslag giver mere; da vil m_4 være lig den indskudte Rheostattraads Modstand.

c. En Differentialmultiplikator kan benyttes. I den ene Ledning, som fører hen omkring Dobbeltnaalen, findes en Rheostat, den anden er forsynet med en Kontakt (til Indskydning af den søgte Modstand), og Rheostaten reguleres, indtil Dobbeltnaalen intet Udslag giver. Derefter indskyder man den søgte Modstand i den sidste Ledning, og samtidig indskydes Rheostattraad i den første, indtil der atter intet Udslag er; Modstanden er da bestemt.

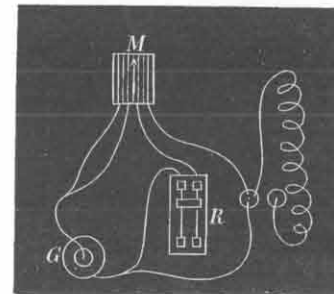


Fig. 83.

Ved saadanne Forsøg finder man, at Metallernes elektriske Ledningsevner staa i samme Forhold som deres Varmeledningsevner; Exempler paa disse Forhold ere:

Sølv	Kobber	Guld	Jærn	Platin	Nysølv	Kvægsølv
63,7	56,3	43,8	8,8	6,1	3,6	1

Gjælder det om at bestemme Vædskernes Modstand, vil Polarisationen bevirke, at de nævnte Metoder maa modificeres

lidt, idet man maa have en Vædskestrækning indskudt strax ved den første Maaling, og denne Vædskestrækning forøges eller formindskes derefter; den derved forandrede Modstand bliver altsaa upaavirket af Polarisationen. I det Øjemed er Vædsken indesluttet i et aflangt, rektangulært Trug, og den i Strømmen indskudte Vædske masse begrændset af to Platinplader, som passe i Karret, saa at den indskudte Vædskes Længde og Tværsnit ere bekjendte.

Vædskerne — med Undtagelse naturligvis af Kvægsølv — ere daarlig ledende i Sammenligning med Metallerne; jo mere fortyndede Opløsningerne ere, desto slettere lede de.

Temperaturen influerer paa Legemernes Ledningsmodstand; Metallernes forøges desto mere, jo højere Temperaturen er, omvendt for Vædskenes Vedkommende.

Herpaa grunder sig Bolometret, Instrument til Maaling af Temperaturforandringer, fremkaldte f. Ex. af Straalevarmen. Det bestaar i sin simpleste Skikkelse af en fin Differentialmultiplikator, igjennem hvis to Ledninger sendes lige stærke Strømme, saa at Naalens Udslag er Nul; den ene Ledning indeholder en Traadspiral, og naar denne nu opvarmes, forøges dens Modstandsevne, saa at Strømmen igjennem den svækkes, og Naalen vil gjøre et af Opvarmningens Størrelse afhængigt Udslag.

Forøgelsen i Modstand ved Opvarmning er for de rene Metaller Vedkommende tilnærmelsesvis proportional med Temperaturen og lig 0,003665 (Luftens Udvidelseskoefficient ved Opvarmning) for hver Grad Celsius; kun for Kvægsølv er den 0,0097.

78. Bestemmelse af den elektromotoriske Kraft. Et galvanisk Elements elektromotoriske Kraft er lig Polernes Potentialforskjel; afledes derfor den ene Pol til Jorden, medens den anden sættes i ledende Forbindelse med de to til Jorden ikke afledede Kvadranter (*c* og *d*) i Kvadrantelektrometret (32), vil Udslaget α være et Maal for Elementets Potentialforskjel. Ofte bestemmes den elektromotoriske Kraft i Forhold til et bestemt Elements, f. Ex. et Daniells Element (*D*), og dersom dette ved samme Fremgangsmaade frembringer et Udslag α_1 , er

den søgte elektromotoriske Kraft $\frac{\alpha}{\alpha_1} \cdot D$.

En anden Methode bestaar i Bestemmelse af den elektromotoriske Kraft ved Hjælp af Strømstyrke og Ledningsmodstand (Ohms Lov). Enhed for elektromotorisk Kraft (1 Volt) er den, som i en Ledning med Modstanden 1 (1 Ohm) formaaer at frembringe en Strøm med Styrke 1 (1 Ampère). Fremgangsmaaden er den, at man forbinder det vedkommende galvaniske Elements Poler med et Galvanometer og paa dette maaler Strømstyrken s_1 ; derefter indskydes (f. Ex. ved Hjælp af en Rheostat) en bekjendt Modstand m , og Strømstyrken s_2 bestemmes; man har da, idet den elektromotoriske Kraft er E , og den hele Modstand i den først sluttede Ledning M ,

$$s_1 = \frac{E}{M} \text{ og } s_2 = \frac{E}{M+m};$$

$$\text{heraf faaes } s_2 \left(\frac{E}{s_1} + m \right) = E, \quad E = \frac{s_1 s_2}{s_1 - s_2} m.$$

Methoden kan selvfølgelig kun anvendes, naar den elektromotoriske Kraft er uforandret under Forsøget.

IX. Varme og Elektricitet.

79. Varmedvikling i Strømledningen. Naar en Leder gjennemløbes af en elektrisk Strøm, opvarmes den; idet Elektriciteten nemlig drives fra et højere til et lavere Potential, udføres der et Arbejde, og den udviklede Varme er da Vederlaget derfor. Den udviklede Varmemængde er bestemt ved Forsøg af Joule; han omviklede Kuglen paa et fint Thermometer med den Metaltraad, hvorigjennem Strømmen sendtes, anbragte Thermometret i et Vandkalorimeter og bestemte saa den af Strømmen i Traaden fremkaldte Varme, idet den til Kalorimetrets Opvarmning fornødne Varmemængde var bekjendt. Joule fandt ved saadanne Forsøg, at

Varmedviklingen er proportional med Kvadratet paa Strømstyrken og med Ledningens Modstand,

saa at den Varme, der udvikles i 1 Sekund med de almindelige Betegnelser kan sættes lig

$$a s^2 m \text{ Varmeenheder,}$$

hvor a er den Varmemængde, der i 1 Sekund udvikles i en Leder med Enhed af Modstand, naar den gennemløbes af en Strøm med Enhed af Styrke. Maales Strømstyrken i Ampère, Modstanden i Ohm, bliver $a = 0,24$, idet 1 Varmeenhed er den Varme, som kræves til at opvarme 1 Gram Vand 1° C. — Ogsaa Vædske opvarmes efter denne Lov, naar man formaa at udelukke de fra de kemiske Processer hidrørende Varmeforandringer.

Er den hele Modstand i en Ledning M , har man for den samlede Varmedevikling

$$V = a \cdot s^2 M = a \cdot s \cdot E,$$

idet E betegner den elektromotoriske Kraft.

For samme Apparat (samme E) er den udviklede Varmemængde altsaa proportional med Strømstyrken; forandres denne — derved at Modstanden varieres — vil Varmedeviklingen forandres i samme Forhold.

For samme Strømstyrke i forskellige Ledninger vil Varmedeviklingen være proportional med de respective elektromotoriske Kræfter; disse kunne altsaa maales ved Varmedeviklingen.

Den hele Varme, der udvikles i en Strømledning, er ifølge W. Thomson (1851) lig med den algebraiske Sum af de Varmemængder, som frembringes ved de kemiske Processer, der gaa for sig i de galvaniske Apparater, der ere indskudte i Ledningen. I et Daniells Apparat f. Ex. vil der saaledes i en vis Tid opløses en vis Mængde Zink, hvorved der udvikles Varme (a), og samtidig udfældes der en vis Mængde Kobber, hvortil der forbruges Varme (b); disse Varmemængder kunne bestemmes, og Forsøg vil da vise, at den i samme Tid i den sluttede Ledning udviklede Varme netop er Differensen imellem de to Varmemængder ($a \div b$). Læren om Energiernes Vedligeholdelse er altsaa fyldestgjort.

Varmedeviklingen i Ledningen skyldes, som nævnt, direkte det Arbejde, Strømmen under sin Gang udfører, ligesom der udvikles Varme ved Gnidning. Strømmens Arbejde kan man beregne nøjagtig, og da man kjender Varmens mekaniske Æquivalent, kan den udviklede Varmemængde findes ad Regningens Vej; Resultatet heraf stemmer fuldstændig med det ovenfor angivne (s. Absolute Enheder).

80. Som Følge af ovenstaaende Resultater anses kemiske Processer for at være Aarsag til Elektricitetsudviklingen, den kemiske Theori, medens den anden Theori, Kontakttheorien, kun ansér Berøringen for Aarsagen; Theorierne gaa imidlertid delvis Haand i Haand. Amalgameret Zink og kemisk rent Zink opløses saaledes kun i fortyndet Svovlsyre, naar en Ledning sluttes imellem Zink og f. Ex. Kobber; Tendensen til Strøm er der altsaa, men den sidstnævnte Berøring er fornøden, for at den potentielle Energi skal blive omsat til kinetisk (kemisk Energi).

Blandt de mange Theorier om Elektricitetsudviklingen skal her kortelig nævnes ved et Exempel den af Schönbein fremsatte. Anbringer man en kemisk ren Zinkplade i Vand (egentlig kan Vand, som paavist, ikke dekomponeres af den elektriske Strøm, men vi kunne nu antage det), saa, da dette bestaar af det elektropositive Brint og det elektronegative Ilt, og denne sidste tiltrækkes af Zinket (Ilt forbinder sig let med Zink), vil Zinket faa positiv Elektricitet nærmest de Steder, hvor det er bedækket af Ilt, negativ paa de Steder, der rage op af Vædsken. Brintatomerne i de Zinket berørende Vandmolekyler vendes derved bort fra Zinket og ere ladede med positiv Elektricitet, hvilken ved sin Tiltrækning paa de næste Vandmolekyler drejer disse om i en lignende Stilling o. s. fr., saa at Iltatomerne helt igennem Vædsken vende imod Zinket, Brintatomerne bort derfra. Naar der saa i Vædsken i nogen Afstand fra Zinkpladen staar en Metalplade, der f. Ex. ikke har nogensomhelst kemisk Virkning med Vandets Bestanddele (en Platinplade), ville de denne Metalplade nærmest liggende Brintatomer tiltrække negativ Elektricitet i Pladen og frastøde positiv, saa at, naar denne Metalplade forbindes ledende med Zinkpladen, de modsatte Elektriciteter i disse to forenes; Metalpladen bliver altsaa den positive Pol. Men tillige forenes Zinkets bundne, positive Elektricitet med de nærliggende Iltatomers negative, og der dannes samtidig tillige Zinkilte; de derefter følgende Brintatomers positive Elektricitet forener sig med de næste Iltatomers negative Elektricitet, og samtidig forenes Atomerne selv til nye Molekyler, o. s. fr.; de sidste, op til den neutrale Metalplade liggende Brintatomer faa deres positive Elektricitet

forenet med Metalpladens bundne negative, og de blive tilbage uelektriske. Med de nye Vandmolekyler gaar det nu ligesom før, de lejre sig paa lignende Maade, og Omdannelserne foregaa som før.

Havde man staaende i Vædsken istedetfor en Zinkplade et Metaloverilte (Blyoverilte i Faures Accumulator, Brunsten i Leclanché's Element), vilde dette Overilte virke paa Vandmolekylerne som før Zinket, kun paa den omvendte Maade, idet de positive Brintatomer tiltrækkes, de negative Iltatomer frastødes, saa at Overiltepladen bliver Elementets positive Pol. Havde man istedetfor havt en neutral Metalplade (Platin), overtrukket med Brint, vilde denne virke paa samme Maade som et elektropositivt Metal, altsaa dreje Vandmolekylerne saaledes, som Zinket gjorde det.

Dersom der foruden Zinket stod i Vædsken et Legeme, der ikke var neutralt, men som udøvede en chemisk Indvirkning paa en af Vandets Bestanddele, saa vilde dette forøge eller formindske den alt tilstedeværende elektromotoriske Kraft, eftersom Legemet virkede tiltrækkende paa Brinten eller paa Iltten; størst elektromotorisk Kraft faar man altsaa, naar de to ledende Legemer, der ere anbragte i Vædsken, tiltrække forskellige Bestanddele af Vædsken.

Tænke vi os i Modsætning hertil nedsat i Vædsken to Metalplader, som ikke forbinde sig med nogen af Vædskens Bestanddele, men vel udøve en forskjellig Tiltrækning derpaa, saa dreje Molekylerne sig paa lignende Maade som ovenfor angivet, og sluttes Ledningen ved Forbindelse af Metalpladerne, ville de Elektriciteter, som blive frie paa den angivne Maade, forenes i Ledningen, saa at der kommer en øjeblikkelig Strøm, ligesom ogsaa Molekylerne omsættes, idet de ved Metalpladerne liggende Atomer udskilles af deres Molekyler, og nye Molekyler dannes, men videre skér der ikke, da der ingen chemisk Indvirkning er imellem disse udskilte Atomer og Metalpladerne. Vi kunne altsaa sige, at de enkelte Substanser fremkalde en Polarisation, der ganske tilintetgjør den første elektromotoriske Kraft.

Ligesom Vædskemolekylerne drejede sig om i bestemte Stillinger, bleve polariserede, kunne vi ogsaa tænke os Molekylerne i de faste Ledere, i Metalpladerne, drejede, saa at

i hvert Molekyle af f. Ex. Zinket den positive Elektricitet blev tiltrukken, den negative frastødt, og denne frastødte Elektricitet bandt atter den positive i det følgende Molekyle, medens den negative blev frastødt o. s. fr., og til Slut var der følgelig kun fri negativ Elektricitet i Enden af Zinket. Betragter man derfor et galvanisk Batteri, f. Ex. Voltas Bægerapparat, saa vil denne Adskillelse af Molekylernes Elektriciteter gaa for sig helt igjennem, baade i Vædskerne og i Metalpladerne, og dette i desto stærkere Grad, jo flere Elementer der er i Batteriet, saa at de i Batteriets Poler værende frie Elektriciteter voxe med Elementernes Antal. Forbindes saa Polerne ved en metallisk Ledning, hvori der ogsaa godt kan være indskudt en Elektrolyt, skér der en lignende Adskillelse af Elektriciteterne i dens Molekyler, og under Strømmens Gang foregaar der uafbrudt saadanne Adskillelser og Foreninger af modsatte Elektriciteter, hvortil i Elektrolyterne kommer Adskillelser af Molekylernes Atomer og Forening af Atomer til nye Molekyler.

81. Elektrisk Belysning. Naar Varmeudviklingen er tilstrækkelig stærk i en elektrisk Ledning, indtræder der en Lysudvikling, og paa denne grunder sig den elektriske Belysning; de Apparater, hvori det elektriske Lys frembringes, kaldes elektriske Lamper. Det elektriske Lys er enten Buelys eller Glødelys i henholdsvis Buelamper og Gløde- eller Inkandescenzlamper.

I Aaret 1813 opdagede Humphrey Davy, at naar man forbinder Polerne paa et stærkt galvanisk Batteri med to Kulspidser og nærmer disse til en nok saa lille Afstand, vil der ingen Lysudvikling finde Sted, thi Potentialforskjellen vil være for ringe, til at der kan dannes nogen elektrisk Gnist; men bringes Kulspidserne til Berøring, og fjærnes de derefter lidt fra hinanden, vil der opstaa en Lysbue imellem dem med et meget intensivt Lys og en meget stærk Varmeudvikling, saa stærk, at alle Metaller kunne smelte deri. Lyset dannes derved, at Kulspidserne blive hvidglødende, den positive mest, Kulpartikler løsriver og føres fra den ene Spids til den anden, hvorved den ledende Forbindelse vedligeholdes, og Lysbuen forholder sig i det Hele som en metallisk Leder. Den posi-

tive Spids fortæres hurtigere end den negative (i Forholdet 8:5), og paa Grund af denne Fortæring ville Spidserne efterhaanden fjernes fra hinanden, Lyset svækkes og slukkes snart. Det gjælder da om at træffe en saadan Foranstaltning, at Kulspidserne stedse bevare den samme Afstand; dette skér ved en Regulator, og deraf haves mange Konstruktioner. Men for at det elektriske Lys skulde faa nogen praktisk Anvendelse, var det desuden nødvendigt at dele det, d. v. s. at kunne indskyde flere Lamper i den samme Ledning.

Denne Fordring er først bleven tilfredsstillet ved Jablochkoffs Lys, som bestaar af to tynde Kulstænger, adskilte ved et isolerende Lag Kaolin; naar Lyset brænder imellem Kulspidserne for Enden af Kaolinen, fortæres Kullene, og Kaolinen smelter samtidig; man anvender stadig skiftende Strømme, for at Kullene kunne fortæres samtidig. En Kjærte af denne Form er vel egentlig Idealet, men der maa findes et bedre isolerende Stof end Kaolinen, thi der danner sig Kager af dette, som falde af nu og da, hvorfor Lysets Intensitet saa vel som Farve vexler.



Fig. 84.

I langt fuldkomnere Grad skér Delingen af det elektriske Lys for Tiden i Differentiallamperne.

Den af Siemens og Halske konstruerede Differentiallampe er konstrueret saaledes: den ene Kulspids (K_1) er fast, den anden (K) bevægelig og anbragt i den ene Ende af en toarmet Vægtstang, paa hvis anden Ende der er befestet et lodret Jærnanker ved dets Midte. Strømmen deles

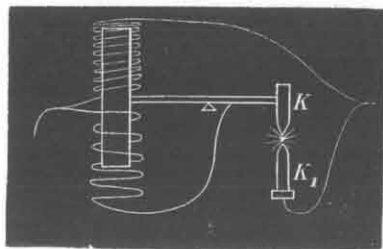


Fig. 85.

i to Grene; i den ene er der en Spiral af tyk Traad, som omgiver Jærnankrets nederste Halvdel, og den igjennem denne Gren gaaende Strøm ledes igjennem Kullene og frembringer Lyset; i den anden Gren er der en Spiral af tynd Traad omkring Jærn-

ankerets øverste Del. Ved bestemt Forhold imellem Strømstyrkerne i de to Grene, virke disse saaledes tiltrækkende paa Jærnankeret i modsatte Retninger, at Kulspidserne ere i den rette Afstand fra hinanden; forøges denne Afstand, medens Lyset brænder, ville Strømstyrkerne forandres, Strømmen i den nederste Spiral bliver svagere og virker altsaa ikke saa stærkt tiltrækkende paa Ankeret, medens den øverste Spirals Tiltrækning forøges, saa at der vil indtræde en Bevægelse af Vægtstangen, indtil K atter er kommen i den rette Afstand fra K_1 . Enhver Forandring af Strømstyrken i Ledningen vil forandre de to Grenes Strømme i samme Forhold, saa at Ligevægten ikke forstyrres; slukkes en Lampe i Ledningen, er denne ikke derved afbrudt, men da Strømmen nu maa søge ud i Sideledningen med den store Modstand, indtræder der en kjendelig Svækkelse i alle de andre Lamper; denne Ulempe er hævet i C. P. Jürgensens Differentiallampe, som er konstrueret efter et lignende Princip, der foruden det nævnte Gode har det, at den giver et roligere Lys.

I Glødelamperne frembringes Lyset ved Glødning af en Traad. Edison (1879) har først konstrueret en praktisk anvendelig Glødelampe; Traaden er en ved stærk Hede forkullet Trævl af Bambusrør, som er indesluttet i en lufttom Glasklokke, for at der ingen Forbrænding af Traaden skal ske; Traadens Ender slutte sig til Platintraade, ved hvilke Strømmen føres ind i Kultraaden. De andre af Swan, Maxim o. fl. konstruerede Glødelamper ere i Principet som Edisons og adskille sig blot derfra ved Traadens Substans (Bomuld, Papir etc.) og Form. Lyset er smukt hvidt eller gulligt med en Lysstyrke lig 8—30 Stearinlys. Mange Glødelamper kunne indesluttet i samme Ledning, og ved en Art »Hane« kan en hvilken som helst af dem sættes ud af Virksomhed (slukkes).



Fig. 86.

Den elektriske Belysning har flere Fordele fremfor Gassen; der udvikles saaledes ingen skadelige Luftarter, Varmeudviklingen ved Glødelamper er ringe m. m. Den benyttes flere Steder til

Oplysning af store Pladser, Glødelamper ere indførte i en stor Del Fabrikker, flere Theatre o. s. v. Den økonomiske Side af Sagen afhænger af Anvendelsens Art.

82. **Thermoelektriske Strømme** (Seebeck, 1823). Opvarmes Berøringsstedet imellem to forskellige Metaller, forandres deres Potentialforskjel, og derpaa bero de thermoelektriske Strømme. Berøre to Metaller derfor hinanden paa to Steder, og bringes de to Berøringssteder paa forskjellig Temperatur, vil der opstaa en Strøm i den sluttede Ledning. Lodder man saaledes en Antimonbøjle *k* til en Wismuthstang *ab* og opvarmer det

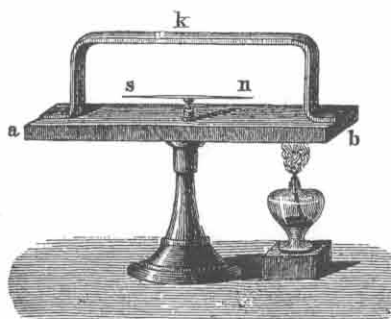


Fig. 87.

ene Lodningssted, opstaar der en Strøm, som gaar fra Wismuth igjennem det varme Lodningssted til Antimon, hvilket kan ses ved en indenfor Ledningen ophængt Magnetnaal, efterat Ledningen er opstillet i den magnetiske Meridianplan. Den frembragte elektromotoriske Kraft voxer med Lodningsstedernes Tempera-

turforskjel — omtrent proportional dermed indtil cr. 80° 's Forskjel — saa at man ved Afkøling af det andet Lodningssted kan frembringe en Strøm i samme Retning som før. Metallerne kunne opstilles i en Række, f. Ex. Wismuth, Nysølv, Kobber, Zink, Jærn, Antimon, saaledes at, naar to af disse sammenloddess til en sluttet Ledning, gaar Strømmen fra det tidligere Led i Rækken igjennem det varmeste Lodningssted til det senere Led. For samme Temperaturforskjel imellem Lodningsstederne bliver den elektromotoriske Kraft desto større, jo længere de vedkommende to Metaller staa fra hinanden i Rækken, følgende en lignende Lov som Voltas Spændingslov. Et Wismuth-Antimon Element har for 100° 's Temperaturforskjel en elektromotorisk Kraft lig 0,01 Volt.

Vil man have stærkere thermoelektriske Strømme, danner man Thermosøjler. Figuren viser en saadan (Nobili's) af Wismuth- og Antimonstænger. Hvert andet Lodningssted — altsaa alle paa samme Side — opvarmes, og Strømmen fremkommer da, naar Ledningen sluttes. Dersom man har indskudt en Multiplikator i Ledningen, vil dens Naals Udslag tilkjendegive Strømmen og dens Retning. En Thermosøjle med en Multiplikator — en Thermomultiplikator — er et fintmærkende Thermometer, som anvendes ved Undersøgelser over Straalevarmen; i Almindelighed vil Opvarmningen være proportional med Naalens Udslag for Værdier af dette, der ligge under 25° ; Afhængigheden bestemmes iøvrigt ved Forsøg.

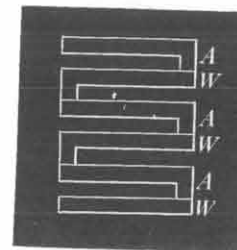


Fig. 88.

Noë's Thermosøjle er dannet af Stænger af en Zink-Antimon-Legering, som f. Ex. gaa radiært ud fra et Sted og ere forbundne med Nysølvtraade paa skraa, som Fig. viser. Stængerne have indadgaende Spidser, som opvarmes af en Flamme; de inderste Lodningssteder blive derved altid varmere end de yderste, og derinde gaar Strømmen fra Nysølvtraaden over til Legeringen. For at holde de yderste Lodningssteder saa meget afkølede som mulig, er der til Cylindrenes ydre Endeflader loddet bøjede Kobberplader, som enten ere stukne ned i koldt Vand eller ere sværtede for derved at udstraale saa megen Varme som mulig.

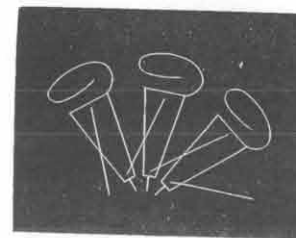


Fig. 89.

83. I Forbindelse hermed skal omtales nogle særlige Varmevirkninger af den elektriske Strøm. Naar Strømmen ledes igjennem et Lodningssted imellem to Metaller, vil der paa dette Sted fremkomme en særlig Temperaturforandring, proportional med Strømmens Styrke, og altid en saadan, som vil frembringe en thermoelektrisk Strøm i modsat Retning. Ledes saaledes en Strøm fra Wismuth til Antimon, fremkommer der en Afkøling paa

Lodningsstedet, thi en saadan Afkjøling vil frembringe en Strøm fra Antimon igjennem Lodningsstedet til Wismuth. Dette kan f. Ex.

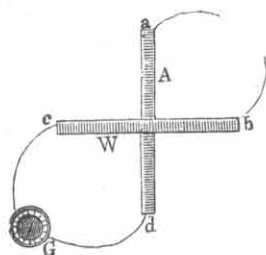


Fig. 90.

sés ved Peltiers Kors: to over Kors sammenloddede Stænger, den ene (*cb*) af Wismuth, den anden (*ad*) af Antimon; *a* og *b* forbindes med Polerne paa et galvanisk Batteri, *d* og *c* med Enderne af en Multiplikatortraad. Ledes Strømmen ind ved *a*, ud ved *b*, gaar den fra Antimon til Wismuth, vil altsaa frembringe en Opvarmning i Lodningsstedet, og denne vil atter

i den anden Ledning fremkalde en Strøm, der gaar fra *d* igjennem Multiplikatoren til *c*.

X. Elektrodynamik.

84. **Elektrodynamik** er Læren om den indbyrdes Virkning imellem elektriske Strømme og Virkningen imellem elektriske Strømme og Magneter; de sidste ere tildels omtalte tidligere.

Ampère's Lov (1823) for Virkningen imellem elektriske Strømme er følgende:

To parallelle Strømme i samme Retning tiltrække hinanden, to parallelle Strømme i modsat Retning frastøde hinanden; to Strømme, der danne en Vinkel med hinanden, ville søge at stille sig parallelt med hinanden, løbende i samme Retning, saa at de altsaa ville tiltrække hinanden, naar de begge løbe til eller begge fra Vinkelspidsen, og frastøde hinanden, naar den ene løber til og den anden fra Vinkelspidsen.

For at kunne undersøge disse Virkninger maa man have en bevægelig Strømløder; en saadan kan faaes paa følgende Maade. Paa et Træbord er der to lodrette Metalstænger med vandrette, parallelle Grene, der ende i to med Kvægsølv fyldte Metalskaale, den ene lige over den anden. En Polygon *abcdef* af Kobbertraad, formet som Figuren viser, har sine Ender, der ere platinerede, anbragte i de to Skaale, saa at den bliver

drejelig omkring en lodret Axe; kun den ene Spids hviler paa Skaalens Bund. Ind og ud igjennem Metalstængerne ledes en elektrisk Strøm, saa at Polygonen gjenløbes deraf, f. Ex. i den ved Pilene angivne Retning.

Ved nu til en af de lodrette Sider, f. Ex. *bc*, at nærme en anden retliniet Strømløder saavel som ved at stille en saadan under en Vinkel med den vandrette Side *dc* vil ovennævnte Lovs Rigtighed let godtgøres. — Virkningen imellem to Strømlødere er proportional med

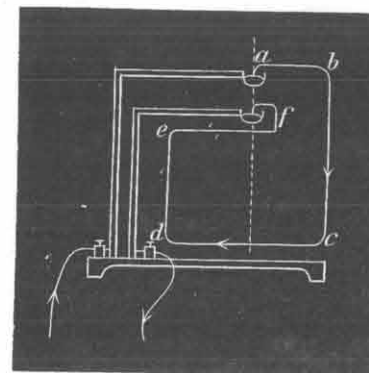


Fig. 91.

Produktene af Strømstyrkerne og af Elementernes Længder, omvendt proportional med Kvadratet paa Afstanden imellem dem, og afhænger ellers af Elementernes indbyrdes Stilling.

Dersom Strømmen i den bevægelige Polygon har en tilstrækkelig stor Styrke, vil man let sé, at Polygonen har en bestemt Ligevægtsstilling vinkelret paa den magnetiske Meridianplan og altsaa har en Nord- og en Sydside; dog holdes den i denne Stilling med en meget lille, hyppig umærkelig lille, Kraft. Nord vil være til den Side, hvorhen Tømmelfingeren peger, naar højre Haand lægges i Strømmen med Haandfladen imod Polygonens Indre; *bc* vil altsaa vende imod Øst, *de* imod Vest. Dersom der i Jorden gik Strømme fra Øst til Vest (magnetisk), vilde disse Strømme netop stille Polygonen i denne Stilling, thi en Strøm under *cd* fra Øst imod Vest holder *cd* i denne Stilling og paavirker *bc* med en Kraft imod Øst, *de* med en Kraft imod Vest (efter Loven for Vinkelstrømme); at der virkelig eksisterer saadanne Jordstrømme, har man paavist ved at forbinde Metalplader, der vare nedgravede i Jorden paa to langt fra hinanden liggende Steder, ved en Ledningstraad, hvori der var indskudt et Galvanoskop.

85. *En lukket cirkulær Strømløder virker udadtil som en magnetisk Flade med modsatte Magnetismer paa de to Sider og*

med et magnetisk Moment, der er proportionalt med Produktet af Strømstyrken og det indesluttede Areal.

For at undersøge denne Sag tænke vi os 1) en cirkulær Strøm virkende paa en Magnetpol, der ligger i en ret Linie vinkelret paa Strømmens Plan i dens Centrum og saa langt borte, at Afstandene fra Polen til dette Centrum og til et Punkt af Peripherien kunne betragtes som ligestore, og endvidere 2) Virkningen af en Magnet paa en i dens Forlængelse liggende Magnetpol, hvis Afstand fra Magneten er meget stor i Sammenligning med Magnetens Længde.

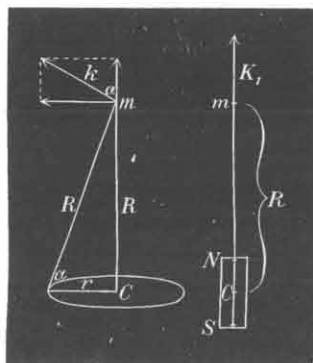


Fig. 92.

I Figuren er Magnetpolen (m) tænkt at være en Nordpol i Afstanden R fra Strømmen (med Radius r og Styrke s) eller fra Magneten (med Moment M).

1) Tænke vi os Strømmen delt i en Mængde smaa, ligestore Elementer, vil ethvert af dem paavirke m med en Kraft k , idet ifølge 74

$$k = \frac{alsm}{R^2}.$$

Alle disse Kræfter k virke efter Frembringerne i en Kegleflade om

Cm som Axe; hver af dem kan opløses i en Komposant vinkelret paa Cm , hvilke Komposanter tilsammen ville ophæve hinanden, og en Komposant i Retningen Cm af Størrelse

$$k \cos \alpha = \frac{alsm}{R^2} \cdot \frac{r}{R} = \frac{arls m}{R^3}.$$

Alle disse Komposanter give en resulterende Kraft

$$K = \frac{2\pi r}{l} \cdot \frac{arls m}{R^3} = \frac{2a\pi r^2 sm}{R^3},$$

idet Strømelementernes Antal er $\frac{2\pi r}{l}$.

2) Magneten paavirker m med en Kraft K_1 i Cm 's Retning, og hvis Størrelse ifølge 10 b (Side 12) er

$$K_1 = \frac{2M \cdot m}{R^3}.$$

Det ses altsaa, at den cirkulære Strøm har samme Virkning paa Magnetpolen som en Magnet, der staar vinkelret paa dens Plan med sit Midtpunkt i dens Centrum og har et Moment

$$M = a\pi^2 rs,$$

hvorved Sætningen er godtgjort.

1 Ampère er nu Styrken af den Strøm, der omkredsede 10 □ Cm. virker udadtil som en Magnet med Enhed af magnetisk Moment (98), og altsaa bliver $a = 1/10$, naar Arealet maales i □ Cm. og Strømstyrken i Ampère.

Den Kraft, hvormed et Strømelement paavirker en Magnetpol (74), er derfor, naar den maales i Dyn,

$$K = 1/10 \frac{sm l}{r^2} \sin v \text{ Dyn.}$$

86. Man kan nu let danne en astatisk Strømpolygon ved f. Ex. at forme Lederen som vist i Figuren; denne vil være bedre til Forsøg over de nævnte Tiltrækninger og Frastødninger imellem elektriske Strømme end den før nævnte Strømleder.

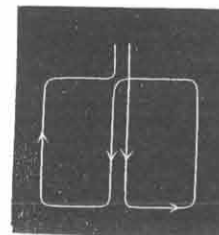


Fig. 93.

To Dele af samme retliniede Strøm frastøde hinanden, hvilket let indsés, naar de betragtes som to Strømme, der danne en Vinkel med hinanden paa 180° . En saadan Frastødning kan ogsaa iagttages, naar man forbinder to Traade, der hvile paa Kvægsølv i to Glasrender, med en Traadbue og leder en Strøm ind i det ene Kvægsølv, ud af det andet; de forbundne Metaltraade ville da bevæge sig bort fra det Sted, hvor Strømmen ledes ind og ud.

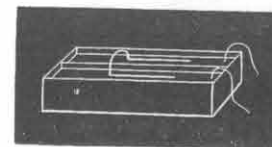


Fig. 94.

Leder man en Strøm igjennem en fin, skrueformig viklet Traad, der er ophængt ved sin øverste Ende, og hvis nederste Ende dypes lidt ned i Kvægsølv, opstaar der en »hoppende Strøm«, idet de enkelte Vindingers indbyrdes Tiltrækninger ville hæve Traaden

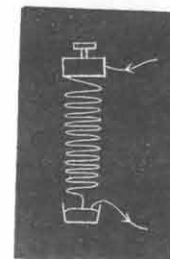


Fig. 95.

op af Kvægsølv, hvorved Strømmen afbrydes, saa at den igjen retter sig ud og derved berører Kvægsølv, etc.

87. Da Vindingerne i en Strømspiral kunne betragtes som ligesaa mange parallelle Strømpolygoner, kan den i 84 nævnte Indstilling bedre vises ved Hjælp af en saadan Strømspiral eller Solenoide, der anbringes drejelig om en lodret Axe

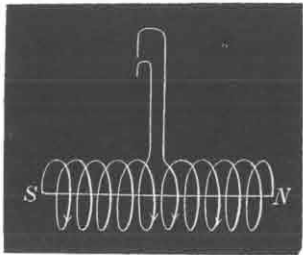


Fig. 96.

paa det før nævnte Stativ, idet Spiralens Midtlinie er vandret. Ledes Strømmen igjennem Solenoiden, vil denne stille sig med Midtlinien i den magnetiske Meridianplan, Vindingerne altsaa vinkelrette derpaa, og det med en kjendelig Direktionskraft.

Solenoiden har tillige andre magnetiske Virkninger, idet dens to Ender paavirkes af en Magnets

Poler saavel som af Enderne af en anden Strømspiral paa lignende Maade, som Magnetpoler indbyrdes paavirke hinanden.

Ledes en Strøm hen over eller under en Solenoide, der kan dreje sig paa den nævnte Maade, vil den efter Ampère's Lov søge at stille Strømmene i de enkelte Vindinger parallelt med sig; dette stemmer med Ørsted's Forsøg.

En Solenoide, der kan dreje sig om en vandret Axe, som er vinkelret paa den magnetiske Meridianplan og gaar igjennem dens Tyngdepunkt, vil stille sig med Midtlinien parallel med en Inklinationsnaal; en Strømpolygon, der er bevægelig paa samme Maade, stiller sig med sin Plan vinkelret paa Inklinationsnaalens Retning.

Man kan som Følge heraf altid betragte en Strømspiral

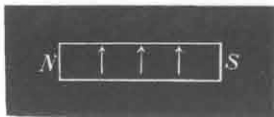


Fig. 97.

som en Magnet og omvendt Magnetismen i en Magnet som en Række elektriske Strømme, der omkredse den i Retninger, der ere bestemte paa vanlig Maade (med højre Haand).

Betragtningen af Jordens Magnetisme som elektriske Strømme, der omkredse Jorden fra Øst til Vest, er nu iøjnefaldende.

Man har endvidere fundet, at en stor Del af de i Greenwich iagttagne Forstyrrelser i Jordens Magnetisme optraadte samtidig med Jordstrømme, som man iagttog ved Hjælp af Metalplader, der vare nedsænkede i Jorden i Nærheden. Man saa ogsaa, at en saadan Forstyrrelse indvirkede paa en Magnetnaal ganske paa samme Maade, som den samtidig iagttagne Strøm vilde gjøre det, naar den blev ledet igjennem en Traad under Magnetnaalen.

Solens Varmevirkninger betinge de elektriske Strømme i Jorden, og Forandringer i Jordmagnetismen ere da let at forstaa; ogsaa Maanen har aabenbart en vis Indflydelse paa Jordmagnetismen, idet den formentlig frembringer Virkninger i Jordens Indre, ligesom den kan fremkalde Tidevande.

89. Gaaende ud fra de i det Foregaaende beskrevne Virkninger har Ampère opstillet den Theori, at Magnetisme er et Resultat af elektriske Strømme, idet han antager, at de enkelte Smaadele i et Legeme, der overhovedet kan gjøres magnetisk, omkredses af elektriske Strømme, der, saa længe Legemet er umagnetisk, gaa i alle mulige Retninger, men naar Legemet magnetiseres, drejes de alle, saa at de blive parallelle og have samme Omløbsretning. Det ses da let, at i Magnetens Indre ville i samme Tvær-
 snit to Strømme i modsatte Retninger overalt støde op til hinanden, saa at Forholdet bliver det samme, som om Legemets Tvær-
 snit var omkredset af en elektrisk Strøm.

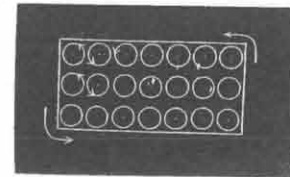


Fig. 98.

90. Rotationsapparater. Paa de elektrodynamiske Love grunde sig nogle Rotationsapparater. Figuren viser et saadant. En lodret Magnet er anbragt saaledes, at den er let drejelig om sin Axe (den øverste Ende har en Spids, der gaar op igjennem et Hul i en Opstander, den nederste Ende har en Platinspids, der hviler i en Kvægsølvskaal *B*). Omkring Midten af Magneten er der en cirkulær Rende *E* med Kvægsølv, og paa Magneten er befæstet en lille Platintraad *g*, som gaar ned i Kvægsølv. Fra dette gaar der endvidere en Lednings-
 traad nedefter langs Opstanderen, altsaa parallel med Mag-

neten, endende i Klemmeskruen *P*. Klemmeskruen *H* er i ledende Forbindelse med Kvægsølv i *B*. — Sender man nu

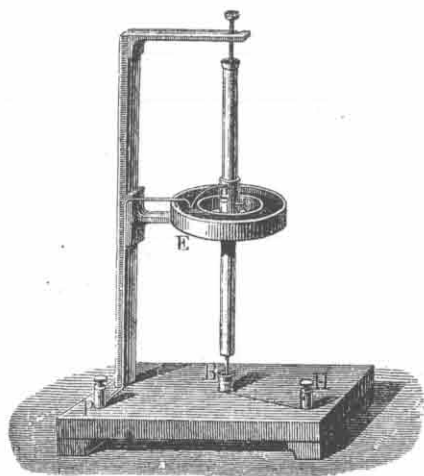


Fig. 99.

en Strøm ind ved *H*, ud ved *P*, vil den faste Ledning langs Opstanderen ved sin Virkning paa Magnetens nedre Halvdel bringe Magnetten til at rotere; er den nederste Ende en Nordpol, gaar Bevægelsen imod Viseseren paa et Uhr, naar Bevægelsen ses fraoven. Dette forklares let saaledes: tænkes Magnetten bestaaende af en Mængde tynde Magnetstænger,

paavirkes alle Nordpolerne forneden med Kræfter, der gaa ud efter, men de ved Strømledningen nærmest liggende paavirkes stærkest, og derved kommer Drejningen i Stand. Var Sydpolen nederst, gik Bevægelsen den modsatte Vej.

Dersom i det nys nævnte Apparat Ledningen fra *g* til *P* var let bevægelig om Magnetens Axe, saa vilde den, naar Magnetten blev holdt fast, dreje sig rundt i den modsatte Retning. Dette er udført i hestaaende Apparat. En Metalopstander bærer foroven en lille Skaal med Kvægsølv, i hvilken Metalledningen *abcd* hviler ved en Platinspids; de lodrette Traade *ab* og *cd* have deres nederste Ender platinerede og stikkende ned i en cirkulær Rende med Kvægsølv. Igjennem Centrum for denne Rende

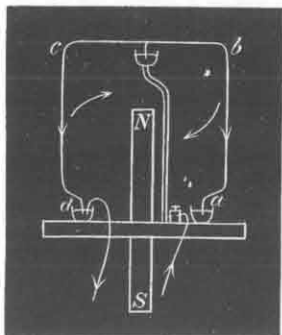


Fig. 100.

gaar en lodret Magnet med Halvdelen af sin Længde over Renden, f. Ex. den nordmagnetiske Del, og leder man nu en Strøm op igjennem Metalopstanderen og ud af Kvægsølv i Renden, vil den bevægelige Ledning sætte sig i Bevægelse i den ved Pilen angivne Retning paa Grund af Magnetens Virkning paa de lodrette Traade *ab* og *cd*.

Borttages Magnetten i det sidste Apparat og erstattes af en Strømledning udenom den cirkulære Rende, saa vil, naar begge Strømme ere sluttede, den bevægelige Strømleder *abcd* dreje sig rundt ligesom før; Bevægelsen skyldes den udvendige Lednings Virkning paa de derpaa vinkelrette Strømme i *ab* og *cd*.

91. Webers Elektrodynamometer bestaar af en Multiplikator, hvor Magnetnaalen er erstattet af en Solenoide, der er ophængt bifilar inde i Multiplikatorvindingerne og, naar Instrumentet skal bruges, drejes hen med sin Axe i den magnetiske Meridian og altsaa parallel med Multiplikatorvindingerne. Sendes den samme Strøm igjennem disse Vindinger og igjennem Solenoiden, gjør denne et Udslag, hvis Tangens er proportional med Kvadratet paa Strømstyrken. Da en Forandring af Strømmens Retning ingen Indflydelse faar paa Solenoidens Udslag (thi Strømforandringen finder Sted i begge Ruller), kan Elektrodynamometret anvendes til Maaling af Vexelstrømme.

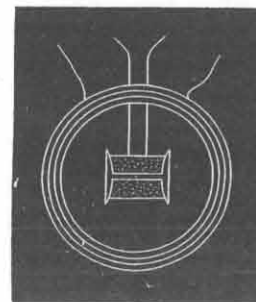


Fig. 101.

XI. Elektromagneter. Diamagnetisme.

92. Naar man omvikler en Jærnstang med en med Silke overspunden Kobbertraad i en Spiral og sender en Strøm igjennem Traaden, vil hver enkelt Vindings Strøm virke paa de i Jærnets Indre værende Molekularstrømme, idet de søge at stille dem med parallelle Strømplaner og Strømmene gaaende i samme Retning som Strømmen udenom Jærnet; dette vil med

andre Ord blive magnetisk, og Polernes Beliggenhed kan let findes ved at tænke sig den højre Haand flyde i Strømmen.

Er Jærnstangen tynd, kan man lægge den i et Glasrør og vikle Strømledningen udenom dette; Traaden behøver da ikke at være overspunden, men Vindingerne maa saa ikke røre ved hverandre. — Dersom man, naar man omvikler en Jærnstang med en Traad, vender denne etsteds, saa at den øvrige Del bliver viklet op den modsatte Vej, faar Jærnet 3 Magnetpoler, 2 ensartede i Enderne og 1 dermed uensartet paa det Sted, hvor Strømmen vendes.

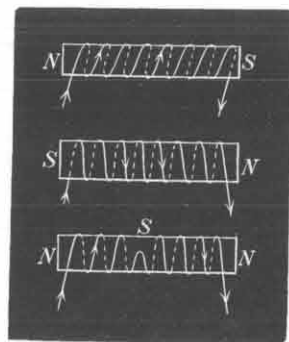


Fig. 102.

Magneter, som paa den nævnte Maade ere blevne magnetiserede af en elektrisk Strøm, kaldes Elektromagneter; er det Jærn, mister det Magnetismen, naar Strømmen afbrydes (Fastholdelsen af et Anker vil dog bevare Magnetismen, indtil Ankeret rives af), og paa dette Forhold grunder sig den store praktiske Anvendelse af Elektromagneter; er det Staal, magnetiseres det vanskeligere af en elektrisk Strøm, men naar denne afbrydes, forbliver der altid nogen (remanent) Magnetisme i Staalet.

Elektromagneter have hyppig Hesteskoformen, og da det ingen Nytte er til at omvikle den midterste Del med Strømledningen, gaar denne fra den ene Gren tværs over til den anden; vil man have forskellige Poler i de to Ender af Magneten (og dette er jo altid Tilfældet) maa Traaden, der gaar fra Gren til Gren, gaa foran paa den ene, bag om paa den anden Gren; ellers faar man det samme, som da Traaden blev vendt om etsteds paa Stangen.

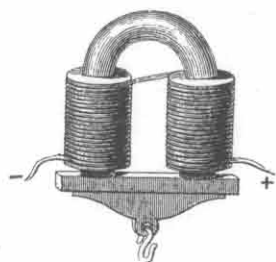


Fig. 103.

Ved uforandret Traad om Elektromagneten, vil dennes Styrke indtil en vis Grændse voxe med Strømstyrken, i Be-

gyndelsen (for svagere Strømme) omtrent proportionalt, senere i mindre Forhold.

93. **Det elektriske Ringeapparat.** Dette bestaar af en Elektromagnet med et Jærnanker, der er befæstet til en Metalfjer, som holder Ankeret i en lille Afstand fra Magnetens Polender, naar Strømmen ikke er sluttet, og Jærnet altsaa er umagnetisk; men sluttet Strømmen, tiltrækkes Ankeret, og man sørger da for, at Strømmen afbrydes ved denne Bevægelse af Fjeren (Kontakten *k*), hvorved Magnetismen forsvinder, saa at Fjeren med Ankeret gaar tilbage, og Strømmen atter sluttet, hvorved Ankeret tiltrækkes, o.s.v. Ankeret vil altsaa bevæges frem og tilbage, og forsynes Fjeren med en Hammer, vil denne ved stadige, hurtige Slag paa en Klokke kunne frembringe Ringningen. Etsteds i Ledningen er der en Kontakt *K* (to Metalfjere, som kunne trykkes imod hinanden); kun naar Ledningen her er sluttet, tilvejebringes Ringningen, ellers ikke.

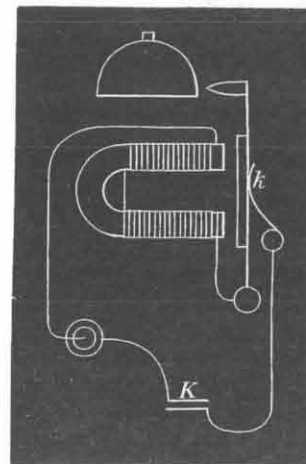


Fig. 104.

94. **Elektriske Uhre.** Man har anvendt Elektromagneter til at holde en Række af Uhre i samme Gang som et Normaluhr; ved Bevægelsen i dette vil man let være i Stand til for et Øjeblik at slutte en Strøm med regelmæssige Mellemrum; en (eller flere) i Ledningen indskudt Elektromagnet vil altsaa taktfast kunne tiltrække et Anker, og ved dettes frem- og tilbagegaaende Bevægelse kan der let etableres en regelmæssig, stødvis Bevægelse af et Tandhjul, og det elektriske Uhr er derved i Principet tilstede. Der har dog altid vist sig saadanne Ulemper ved disse Uhre, at de ikke have faaet nogen stor praktisk Anvendelse.

Et andet Princip er dette, med visse Mellemrum, f. Ex. hver Time, at lade Normaluhret slutte en Strøm, der gaar hen til en Række ganske almindelige Uhre, hver med et sæd-

vanligt Uhrværk, og ved Hjælp af en Elektromagnet i hvert Uhr bringe Viserne i den rette Stilling, hvis der skulde være en Mangel i saa Henseende; skulde Strømmen udeblive en Gang, forbigaaes en Rettelse, men Fejlen kan ikke blive stor og ophæves ganske, naar Strømmen næste Gang kommer.

95. Den elektriske Telegraph er et Apparat, i hvilket den elektriske Strøm er anvendt til at sende Signaler imellem Steder, der ligge i en betydelig Afstand fra hinanden, og det med en forsvindende lille Hastighed.

Kort efter Ørstedes Opdagelse af den Bevægelse, som en elektrisk Strøm kan fremkalde hos en Magnetnaal, begyndte man paa at ville anvende den i det her nævnte Øjemed, men uden at faa en tilstrækkelig simpel Mekanisme.

En elektrisk Telegraph, der kan bruges uden særlig Øvelse, og derfor har faaet Anvendelse i Jærnbantjenesten m. m., er Wheatstone's Skrivetelegraph. Principet for denne er følgende: Paa Afsender- og Modtagerstedet er der en Skive, i hvis Omkreds Alfabets Bogstaver ere anbragte; paa hver Skive peger en Viser, som paa det ene Sted kan bevæges med Haanden, og som paa det andet Sted kan bevæges af et Uhrværk. Hver Gang man forskyder Viseren paa den første Skive fra et Bogstav til det næste, sluttes en elektrisk Strøm, som gaar hen til det andet Apparat, hvor den omkredser en Elektromagnet, der ved sin Tiltrækning paa et Anker sætter Uhrværket for et Øjeblik i Bevægelse, saa at Viseren dér foretager den samme Flytning som den første. Strømmen var kun sluttet et Øjeblik, og den skal sluttes og afbrydes lige saa mange Gange som Antallet af Bogstaver angiver, hen over hvilke den første Viser bevæges; man maa altid dreje rundt i samme Retning, hvilket forsinker Telegrapheringen.

Den almindelige Telegraphering skér imidlertid efter et Princip, der allerede i 1837 foresloges af Amerikaneren Morse, men som først blev udført i 1843. Vi ville tænke os to Telegraphstationer, forbundne ved en Telegraphledning og indrettede saaledes, at man kan telegraphere i begge Retninger.

Paa hver Station er der en Nøgle, med hvilken Telegrammet afsendes, og et Skriveapparat, med hvilket Telegrammet modtages, begge fastgjorte paa Telegraphbordet.

Nøglen (N) bestaar af en vandret Metalvægtstang, der hviler i en lille Metalopstander; de to Ender af Vægtstangen kunne skiftevis bringes i Berøring med to paa Bordet anbragte Metalknapper (b og c); ved en lille Metalfjer (a) holdes Vægtstangen saaledes, at der er Kontakt ved den ene Knap (c), men ved et Tryk paa en isolerende Knap i Vægtstangens anden Ende kan der tilvejebringes Kontakt ved b , medens den ved c ophører. Skriveapparatet bestaar af en Elektromagnet, over

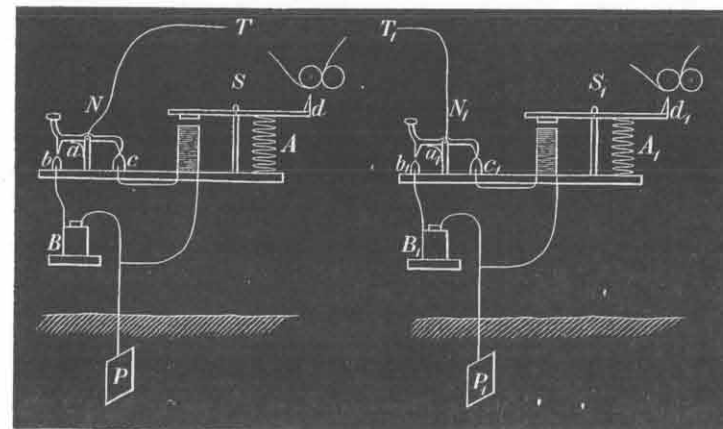


Fig. 105.

hvis Poler der sidder et Jærnanker i den ene Ende af en vandret Vægtstang, som ved Hjælp af en Spiralfjer (A) holdes i en vis Stilling med Ankeret lidt fra Polerne, naar Elektromagneten er umagnetisk.

Paa hver Station findes et galvanisk Batteri (B) og en Kobberplade (P), som er gravet ned i Jorden til et vandførende Lag. Batteriets positive Pol er ved en Ledningstraad forbunden med Knappen b , den negative Pol med den nævnte Kobberplade, »Jordpladen»; fra c fører en Traad til den ene Ende af Elektromagnetens Traad, medens dennes anden Ende er forbunden med Jordpladen.

De to Stationer ere forbundne med hinanden ved Telegraphtraad, som, naar det er en Luftledning, er en galvaniseret Jærntraad (Jærntraad, overtrukket med Zink for derved at

beskyttes imod Atmosfærens Indflydelse), befæstet i isolerende Porcellænsklokker paa Telegraphpæle.

Vil man nu telegraphere fra den ene Station til den anden, trykker man paa Nøglens Vægtstang, saa at denne berører Knappen *b*, og en elektrisk Strøm fra Batteriet *B* er da sluttet, idet den negative Pol er afledet til Jorden, og den positive Pol ligeledes, thi der gaar en Ledning fra *B* til *b*, videre igjennem Nøglens Vægtstang og Telegraphtraaden hen til den anden Station og dér igjennem Vægtstangen til *c*₁, omkring Elektromagnetens Grene og ned til Jordpladen *P*₁. Saa længe man altsaa har Kontakt ved *b* paa den første Station, vil Elektromagneten i Skriveapparatet paa den anden Station tiltrække sit Anker, og den modsatte Arm af denne Vægtstang vil gaa et lille Stykke tilvejs. Paa denne Arm sidder der nu enten en Spids eller et lille Hjul med en skarp Kant, hvilken, naar der ingen Bevægelse har fundet Sted, hviler imod en Pude med blaa Sværte; naar Bevægelsen er indtraadt, trykker Spidsen eller Kanten imod en Papirstrimmel, som af et Uhrværk bevæges jævnt fremad imellem to Valser, og paa denne Strimmel skrives der da enten en Prik eller en Streg, eftersom man holder Strømmen sluttet i kortere eller længere Tid. Alfabetsets Bogstaver, Tallene etc. ere da betegnede ved Prikker og Streger.

Dersom Telegraphledningen er lang, bliver Strømmen for svag til at skrive sikkert, og man benytter da et Relais, idet der ved Ankerets og den dertil hørende Vægtstangs Bevægelse sluttet en Strøm fra et paa den modtagende Station værende Batteri, Lokalbatteriet, og dettes Strøm benyttes saa i Skriveapparatet.

Ved Hjælp af Lauritzens Slangetelegraph eller Undulator er man i Stand til at afsende et Telegram langt hurtigere end ved Morse's Apparat, hvad der jo har stor Betydning paa Telegraphledninger, der benyttes stærkt; den anvendes af det store nordiske Telegraphselskab. Ved Hjælp af Mangefoldstelegrapher kan man sende flere Telegrammer samtidig igjennem samme Ledning; hertil hører Poul la Cour's System, hvori en Stemmegaffel ved sine Svingninger udsender Tone- eller Bølgestrømme, til hvis Udsendelse

og Modtagelse hans Tonehjul benyttes. Disse Systemer forbigaaes imidlertid her.

Til Telegraphledninger under Vand — submarine Kabler — benyttes Kobbertraad, som isoleres med et Lag af Guttapercha; udenom denne er der et Lag af tjæret Hamp, om hvilket der atter er viklet Jærntraad; Ledningen dannes dog ikke af én, men af flere, ofte syv, Traade, i hvilke Strømmen fordeles, og skulde derfor en Traad gaa itu, hindrer dette ikke Telegrapheringen. Der er for Tiden 9 Kabler imellem Amerika og Europa (de fleste fra Irland).

96. **Diamagnetisme og Paramagnetisme.** Det er vist, hvorledes Jærn og Staal kunne blive magnetiske, men en nærmere Undersøgelse vil vise, at alle Legemer i alle Tilstandsformer ere paavirkelige af Magnetismen; for Nikkels, Kobolts og Chroms Vedkommende har dette længe været bekjendt. Vil man undersøge Legemernes Forhold overfor Magnetismen, anbringes de imellem de tilspidsede to Poler af en meget stærk Elektromagnet; det maa være smaa Mængder af de faste og draabeflydende Legemer og en fin Ophængning. Det vil da vise sig, at de faste Legemer, der altid tildannes som meget smaa Stænger, enten stille sig med Længderetningen i Polernes Forbindelseslinie (axialt), og da ere de magnetiske eller paramagnetiske, eller ogsaa stille de sig med Længderetningen tværs paa Polernes Forbindelses-

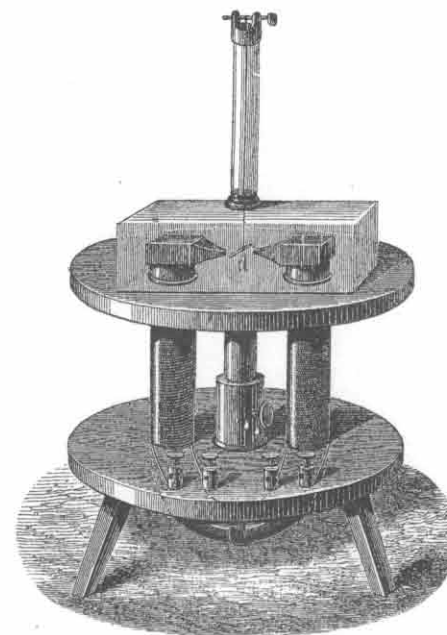


Fig. 106.

linie (æquatorialt), og da ere de diamagnetiske. Vædsker indeluttes enten i et lille Glasrør, der hænges op imellem Polerne, eller anbringes i et fladt Glas, der stilles paa Magnetpolerne; i dette Glas vil Vædsken da enten ophobe sig lidt ved Polerne (paramagnetiske) eller i Midten (diamagnetiske). Luftarter blandes, naar deres Forhold skal undersøges, med Ammoniakluft, der er temmelig neutral i magnetisk Henseende, og denne Luftblanding strømmer op imellem Polerne imod et System af Glasrør, der ere befugtede med Saltsyre; hvor Luftblandingen kommer til Saltsyren, dannes hvide Salmiakdampe, og derved bliver det let at se, om Luften er para- eller diamagnetisk.

Paramagnetiske ere af faste Legemer Jærn, Staal, Nikkel, Kobolt, Chrom, Mangan, Platin, Papir, Glas; diamagnetiske ere de fleste Metaller, især Wismuth, Antimon, Zink, endvidere Phosphor, Svovl og Kul. Ilt og Salte af Metaller forholde sig i det Hele paa samme Maade som det vedkommende Metal. — Blandt Vædskerne ere Vand, Alkohol, Æther, Olier og flere Syrer diamagnetiske; derfor ere kun stærke Opløsninger i Vand af magnetiske Metalsalte magnetiske, meget fortyndede Opløsninger blive derimod diamagnetiske. — De fleste Luftarter ere diamagnetiske, en Stearinflamme ligeledes; kun Ilt er meget stærkt og Kvælstoftveilt svagt magnetisk.

De i det Foregaaende nævnte Phænomenere lade sig forklare derved, at alle Legemer blive magnetiserede af Elektromagnetens Poler paa samme Maade som Jærnet, saa at der nærmest *N* kommer en Sydpol *s* og nærmest *S* en Nordpol *n*; men Luften magnetiseres ogsaa paa denne Maade, og er nu Luftens Magnetisme svagere end Legemets, bliver dette i sit Forhold para-

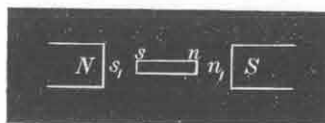


Fig. 107.

magnetisk, men faar Luftens Magnetisme Overhaand, gaar Legemet over i den æquatoriale Stilling og viser sig diamagnetisk. Dette bestyrkes ogsaa derved, at et Legeme, der i Luften viser sig diamagnetisk, godt i en anden Luftart eller en Vædske kan vise sig at være magnetisk og omvendt. Da mange diamagnetiske Legemer ogsaa ere diamagnetiske i det lufttomme Rum, maa det antages, at ogsaa Ætheren er paa-virket af Magnetismen.

XII. Absolute Enheder.

97. Grundenhederne for Længde, Tid og Masse ere følgende:

Længdeenhed er 1 Centimeter, bestemt oprindelig saaledes, at Kvadranten af Jordmeridianen skulde være 10 Mill. Meter = 10^9 Cm.; 1 Meter er dog lidt mindre. I Paris opbevares Normalmeteren. 1 Meter = 3,186119 Fod.

Tidsenhed er 1 Middelsoldags Sekund.

Masseenhed er Massen i 1 Cubikcentimeter Vand ved 4° C. (Om to Legemer have samme Masse undersøges ved at se, om de have samme Vægt paa samme Sted af Jorden.)

Kraftenheden er 1 Dyn, hvorved forstaaes den Kraft, som ved at virke i 1 Tidsenhed paa 1 Masseenhed giver denne en Acceleration lig 1 Længdeenhed.

Da 1 Gram er Vægten af 1 Ccm. Vand ved 4° C., altsaa den Kraft, som giver Masseenheden Tyngdens Acceleration $9,82 \text{ m} = 982 \text{ Cm.}$ i 1 Sekund, saa er 1 Gr. = 982 Dyn, altsaa 1 Dyn = $\frac{1}{982}$ Gr., og 1 Kilogram = 982 000 Dyn, 1 $\mathcal{H}$ = 491 000 Dyn. Disse Værdier variere dog lidt, fordi Tyngdens Acceleration forandrer sig med Stedets Beliggenhed paa Jorden.

Kraftens Størrelse i Dyn faaes altsaa ved at multiplicere Antallet af Legemets Masseenheder med Accelerationen, udtrykt i Centimeter.

Har man en Kraft *k*, der giver Massen *m* en Hastighed *v* i Løbet af en Tid *t*, alle udtrykte i de nævnte Enheder, saa har man

$$k = \frac{mv}{t} \text{ Dyn};$$

Hastigheden *v* faaes ved Division af en Vej *s* med en Tid *t*, saa at $v = \frac{s}{t}$, og deraf

$$k = \frac{ms}{t^2} = m. s. t^{-2}.$$

Kraften siges at være af Dimensionen $m. s. t^{-2}$, hvorved man tilkjendegiver, at naar man vil gaa over fra et System af Enheder til et andet, maa man, for at faa Kraften udtrykt i det nye System, multiplicere Kraften, udtrykt i det gamle System, med Forholdet imellem den nye og den gamle Masseenhed, med Forholdet imellem den nye og den gamle Længdeenhed, og dividere med Kvadratet paa Forholdet imellem den nye og den gamle Tidsenhed.

Arbejdsenhed er 1 Erg, o: det Arbejde, der udføres, naar et Legeme med jævn Hastighed bevæges 1 Cm. mod en Modstand, der er lig Kraftenheden 1 Dyn; den kaldes ogsaa 1 Dyncentimeter, da den er lig $1 \text{ Dyn} \times 1 \text{ Cm.}$

1 Ergten er 10^{10} Erg.

Det Maal, hvori Arbejdet ellers hyppig angives, er Kilogramm-meter; 1 Kilogramm-meter er lig $1 \text{ Kilogram} \times 1 \text{ Meter} = 10^3.982 \text{ Dyn} \times 100 \text{ Cm.} = 10^5.982 \text{ Erg.}$

Varmeenheden er i absolut Maal 1 Ergcalorie, o: den Varmer, der er æquivalent med et Arbejde paa 1 Erg; forstaar man ellers ved 1 Calorie den Varmer, der skal til for at opvarme 1 Gram Vand 1° , bliver Ergcalorien lig $\frac{1}{424.10^3.982}$ Calorier, fordi der kræves et Arbejde paa $424 \text{ Grammeter} = 424 \cdot 10^3.982 \text{ Erg}$ til at frembringe 1 Calorie; ved Udregning finder man, at en Gramcalories mekaniske Æquivalent er cr. 42 Mill. Erg, altsaa en Ergcalorie lig $\frac{1}{42 \cdot 10^3}$ Gramcalorie.

98. Enheden for Magnetisme er den Magnetisme, der virker paa en lige saa stor Mængde i Enhed af Afstand med en Kraft lig 1 Dyn.

Da Virkningen imellem to Magnetismer er ligefrem proportional med deres Produkt og omvendt proportional med Kvadratet paa deres Afstand, har man til Bestemmelse af Magnetismens (p's) Dimension

$$\frac{p^2}{s^2} = m s t^{-2},$$

$$p = m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-1}.$$

Enheden for magnetisk Moment er omtalt i 10's Slutning.

Da en Magnets magnetiske Moment er Produktet af hver af Polernes Magnetisme og deres Afstand, bliver dets Dimension $m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-1}$.

Enheden af Strømstyrke har den Strøm, der, omkredsende $1 \square \text{ Cm.}$, virker udadtil som en derpaa vinkelret Magnet med Enhed af magnetisk Moment.

Strømstyrkens Dimension faaes saaledes: det er fundet (85), at en Strøm af Styrke i , der omkredser en Cirkelflade med Radius r , udøver samme Virkning som en Magnet med det magnetiske Moment $a \pi r^2 i$; da dette Moment har Dimensionen $m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-1}$, og $a \pi r^2$ har Dimensionen s^2 , faaes i 's Dimension lig $m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-1} : s^2 = m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}} t^{-1}$.

I Praxis bruges ikke denne Enheden for Strømstyrken, men 1 Ampère, der er lig $\frac{1}{10}$ af denne Enhed, og altsaa lig

Styrken af en Strøm, der, omkredsende $10 \square \text{ Cm.}$, virker som en Magnet med Enhed af Moment (85).

Enheden for Elektricitetsmængde er den Elektricitet, som i 1 Sekund føres igjennem et Tværsnit af Ledningen af en Strøm med Enhed af Styrke.

Elektricitetsmængdens Dimension faaes altsaa, idet Strømstyrken er bestemt ved Forholdet imellem den Elektricitetsmængde, der passerer Tværsnit af Ledningen, og Tiden, i hvilken dette skér:

$$i = \frac{e}{t},$$

$$e = i \cdot t = m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}} t^{-1} \cdot t = m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}}.$$

I Praxis bruges ikke denne Enhed, men 1 Coulomb (29, 31), der er lig $\frac{1}{10}$ af denne Enhed, saa at altsaa Strømstyrken er 1 Ampère, naar Elektricitetsmængden 1 Coulomb hvert Sekund føres igjennem et Tværsnit af Ledningen (53).

Enheden for elektromotorisk Kraft haves, naar den elektriske Strøms Arbejdsværdi er lig 1 Erg, naar der altsaa kræves et Arbejde lig 1 Erg for at føre Enheden af Elektricitetsmængde uden Ledningsmodstand imod Strømmen helt rundt i Kredsløbet.

Dimensionen faaes, idet den elektromotoriske Kraft er Kvotient af et Arbejde og Elektricitetsmængden:

$$\frac{m \cdot s \cdot t^{-2} \cdot s}{m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}}} = m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2}.$$

I Praxis bruges ikke denne Enhed, men 1 Volt, der er 10^8 Gange saa stor som denne Enhed. Spørges der altsaa om, hvor stort et Arbejde der udføres, naar Elektricitetsmængden 1 Coulomb føres fra et fjærnt Sted hen til en Leder med Potentialet 1 Volt, bliver det $10^8 \cdot \frac{1}{10} \text{ Erg} = 10^7 \text{ Erg}$; var Elektricitetsmængden kun en Mikrocoulomb vilde Arbejdet have været 10 Erg (31).

Den elektriske Strøms Arbejdsværdi maales altsaa ved Produktet af den elektromotoriske Kraft og den Elektricitetsmængde, som hvert Sekund føres igjennem et Tværsnit af Ledningen, altsaa Produktet af elektromotorisk Kraft og Strømstyrke; Arbejdsværdien angives i Voltampère, naar den elektromotoriske Kraft maales i Volt, Strømstyrken i Ampère. Udtrykt i Arbejdsenheden Erg bliver 1 Volt-

ampère = $10^8 \cdot \frac{1}{10}$ Erg = 10^7 Erg = 10 Mill. Erg, som ogsaa nys angivet. Antallet af Calorier (Gramcalorier), som derved frembringes, er (97) $10^7 : 42 \cdot 10^6 = 0,24$, altsaa fuldstændig stemmende med det i 79 angivne.

En Hestekraft er som bekjendt 75 Kilogrammeter = $75 \cdot 1000 \cdot 100$ Gramcentimeter = $7\,500\,000 \cdot 982$ Erg = $7\,365\,000\,000$ Erg = 7365 Millioner Erg. Paa 1 Hestekraft gaar der altsaa 7365 Mill. : 10 Mill. Voltampère = 736,5 Voltampère. Frembringes Strømmen af elektriske Maskiner (s. Induction), giver 1 Hestekraft dog kun cr. 500 Voltampère.

Enhed af elektrisk Ledningsmodstand har en Ledning, naar Enhed af elektromotorisk Kraft frembringer en Strøm deri med Enhed af Styrke.

Dens Dimension faaes, idet Strømstyrken er Kvotient af elektromotorisk Kraft og Ledningsmodstand, saa at denne sidste bliver

$$\frac{\text{elektrom. Kraft}}{\text{Strømstyrke}} = \frac{m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2}}{m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}} t^{-1}} = s \cdot t^{-1}.$$

I Praxis bruges 1 Ohm, der er lig 10^9 Gange den absolute Enhed (1 Ohm = 1 Volt : 1 Ampère = $10^8 : 10^{-1} = 10^9$ abs. Enh.). 1 Ohm = 1,06 Siemenske Enheder (76).

Enhed for elektrisk Capacitet har det Legeme, hvis Potential forøges med Enhed ved at lades med Enhed af Elektricitetsmængde.

Dens Dimension faaes, idet Capaciteten er Kvotient af Elektricitetsmængden og Potentialet, altsaa lig

$$\frac{m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{1}{2}}}{m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2}} = s^{-1} t$$

I Praxis bruges ikke denne Enhed, men 1 Farad, der er 10^9 Gange mindre. Et Legeme har Kapaciteten 1 Farad, naar dets Potential hæves 1 Volt ved Tilførelsen af Elektricitetsmængden 1 Coulomb. (1 Farad = 1 Coulomb : 1 Volt = $10^{-1} : 10^8 = 10^{-9}$ abs. Enh.).

Ved at sætte Mega foran en af de i det Foregaaende omtalte Benævnelser betegner man en Værdi, der er 1 Million Gange saa stor, og ved at sætte Mikro foran betegnes en Værdi, der er 1 Million Gange saa lille.

De Enheder, som bruges i Praxis, ere udledte af de absolute Enheder, derved at Længdeenheden er 10^9 Cm. og Masseenheden 1 Hundred-

tusindmilliontedel af 1 Gram istedetfor henholdsvis 1 Cm. og 1 Gram. — Ex. Den elektromotoriske Kraft i absolute Enheder er $m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2}$, og bliver derfor i det nævnte System

$$(10^{-11} m)^{\frac{1}{2}} (10^9 s)^{\frac{3}{2}} t^{-2} = 10^{-\frac{11}{2}} 10^{\frac{27}{2}} m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2} = 10^8 m^{\frac{1}{2}} s^{\frac{3}{2}} t^{-2},$$

hvilket netop er 1 Volt.

XIII. Induktion.

99. Naar en elektrisk Strøm ledes igjennem en Elektrolyt, udfører den et chemisk Arbejde, idet Elektrolyten spaltes; dette Arbejde udføres paa Bekostning af de Kræfter, der virke i Ledningen, hvilke Kræfter altsaa svækkes, og vi have jo ogsaa sét, at der opstaar en Polarisering, en ny elektromotorisk Kraft, som virker imod den i Ledningen tilstedeværende, og som saaledes søger at forhindre Udførelsen af det chemiske Arbejde.

Paa lignende Maade gaar det, naar Strømmen skal udføre et mekanisk Arbejde, f. Ex. bevæge Magneten i det i 90 først beskrevne Rotationsapparat. Holdes Magneten fast, har Strømmen alene Ledningsmodstanden at overvinde, saa at hele Strømmens Arbejde bliver omsat til Varme, men slippes Magneten, gaar en Del af Strømmens Arbejde med til at bevæge Magneten, og kun en mindre Del bliver omsat til Varme; Strømmen svækkes altsaa, hvilket er ensbetydende med, at der er opstaaet en ny elektromotorisk Kraft imod den tidligere. — Er Strømstyrken i det første Tilfælde s Ampère, Ledningens elektromotoriske Kraft E Volt og den samlede Modstand M Ohm, have vi sét, at Strømmens Arbejde i 1 Sekund, omsat til Varme, er $0,24 s E$ Gramcalorier, og da Varmeudviklingen i Ledningen i 1 Sekund er $0,24 s^2 M$ Gramcalorier, har man

$$0,24 s E = 0,24 s^2 M.$$

I det andet Tilfælde være Strømstyrken s_1 , saa at Varmeudviklingen i Ledningen i 1 Sekund er $0,24 s_1^2 M$ Gramcalorier; Strømmens Arbejde er æquivalent med $0,24 s_1 E$ Gramcalorier, men af dette Arbejde medgaar altsaa noget til Magnetens Bevægelse; da Strømmens Virkning paa Magneten er proportional med Strømstyrken, faar man, idet hver Ampère udfører et Arbejde, som omsat til Varme kan sættes lig $0,24 e$,

$$0,24 s_1 E = 0,24 s_1^2 M + 0,24 s_1 e,$$

hvoraf

$$s_1 = \frac{E - e}{M}.$$

Man sér altsaa, at der er opstaaet en ny elektromotorisk Kraft e under Magnetens Bevægelse, og denne Kraft virker imod den tilstedeværende; e er alene afhængig af den Virkning, som en Strøm af Styrken 1 Ampère har paa Magneten, saa at e er den samme, hvad enten den i Ledningen værende Strøm er stærk eller svag; e maa altsaa ogsaa opstaa, naar der ingen Strøm var i Ledningen, og man paa anden Maade (f. Ex. med Haanden) gav Magneten den samme Bevægelse. Den elektromotoriske Kraft e siges da at være induceret i Ledningen ved Magnetens Bevægelse.

100. **Induktionsstrømmenes Fremkomst.** Vi kunne i Almindelighed sige, at naar der i Nærheden af en sluttet Ledning foregaar en Forandring med en elektrisk Strøm eller en Magnet, opstaaer der en elektrisk Strøm i Ledningen, som varer, saa længe Forandringen finder Sted; en saadan elektrisk Strøm kaldes en Induktionsstrøm (Faraday, 1831). Denne vil altid være af den Beskaffenhed, at den modarbejder den Forandring, der har fremkaldt den (Lenz's Lov, 1834).

Lad os tænke os to Ledningstraade udspændte parallelt med hinanden i en ringe Afstand, den ene forbunden med Polerne paa et galvanisk Apparat, den anden med en fin Multiplikator; den første kaldes Hovedledningen (H) med Hovedstrømmen, den sidste Naboledningen (N), hvori Induktionsstrømmen opstaaer. Nærmes H og N

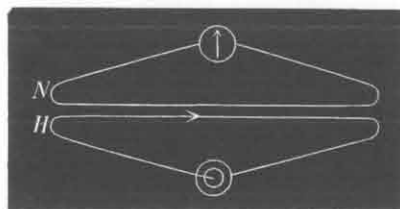


Fig. 108.

til hinanden (det er ligegyldigt, hvilken af dem der bevæges), vil Multiplikatornaalens Udslag tilkjendegive en Strøm i N , der varer saa længe, Bevægelsen vedvarer, og hvis Retning er modsat Hovedstrømmens Retning, stemmende med hvad der ovenfor er sagt, idet de to Strømme frastøde hinanden, medens Forandringen, der foregaar, er en Tilnærmelse imellem Ledningerne. Fjærnes H og N fra hinanden, vil Naalens Ud-

slag angive en Induktionsstrøm i N i samme Retning som Hovedstrømmen.

Ved de nævnte Bevægelser induceres der altsaa i Naboledningen elektromotoriske Kræfter, som sætte Elektriciteterne dér i Bevægelse. Den inducerede elektromotoriske Kraft er proportional med Hovedstrømmens Styrke og voxer desuden med den Hastighed, hvormed Bevægelsen foregaar, ligesom den bliver desto større, jo nærmere Ledningerne komme hinanden.

Istedetfor at bevæge de to Ledninger imod og fra hinanden kunde man ogsaa slutte og afbryde Hovedstrømmen, hvilket er ensbetydende med en pludselig Nærmelse og en pludselig Fjernelse af Hovedstrømmen, saa at der opstaaer stærkere inducerede Strømme.

Endelig vil en Forøgelse og en Formindskelse af Hovedstrømmens Styrke (ved Udskyden eller Indskyden af Modstand) fremkalde Induktionsstrømme, idet de nævnte Forandringer ere ensbetydende med en Nærmelse og en Fjernelse af Hovedledningen.

Til Paavisning af de nævnte Induktionsstrømme maa man helst betjene sig af Traadruller med mange Vindinger, baade til Hoved- og til Induktionsstrømmen.

101. **Magnetoelektriske Strømme.** Induktionsstrømme, fremkaldte af en Magnet, kaldes magnetoelektriske Strømme. Bevæges en Magnet ned i en Traadrulle, hvis Ender ere satte i Forbindelse med en Multiplikator, der staar saa langt borte, at Magneten ikke influerer paa Multiplikatornaalen, vil denne gjøre et Udslag og angive en Strøm i Traadrullen i en Retning, der er modsat den, Magnetens Strømme have, saa at Induktionsstrømmen har en Pol øverst af samme Art som Magnetens nederste Pol (der finder altsaa en Frastødning Sted imellem dem). Hæves Magneten

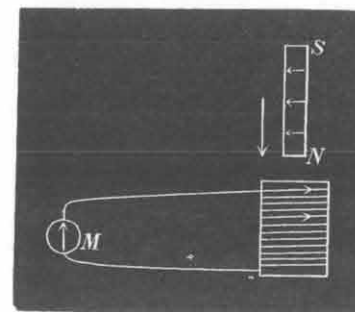


Fig. 109.

ud af Traadrullen, opstaar der en Induktionsstrøm i modsat Retning af den forrige. I hver Vinding har Magneten induceret en elektromotorisk Kraft, der er proportional med Magnetens magnetiske Moment, og for saa vidt skal man have saa mange Vindinger som mulig, naar man vil have stærke Induktionsstrømme, men det maa erindres, at den Ledningsmodstand, disse møde, tillige voxer med Vindingernes Antal; om man derfor skal have mange Vindinger eller kun faa Vindinger (og af tyk Traad), det afhænger af den ydre Modstand (64).

Magneten maa kun bevæges saa langt ned, at dens Midte naaer Traadrullens Midte; bevæges den længere ned, skifter Strømmen Retning.

Naar der frembringes Induktionsstrømme ved Bevægelse af en Magnet og en Traadrulle i Forhold til hinanden, bliver Virkningen langt stærkere, naar der inde i Rullen ligger et Stykke Jærn, thi dette vil da magnetiseres af Magneten, og baade Magnetens Bevægelse og Forandringerne (Forøgelse eller Formindskelse) i Jærnets Magnetisme fremkalder Induktionsstrømme, som adderes. Det samme er naturligvis ogsaa Tilfældet, naar elektriske Strømme fremkalde Induktionsstrømme i Traadruller.

Vi vide, at en drejelig Strømkreds stilles af en Magnet paa den Maade, at dens Plan er vinkelret paa Magnetens Axe, og saaledes, at Strømmen i Kredsen er parallel med Magnetens Molekylarstrømme. Naar man derfor drejer en Strømkreds hurtigt foran en Magnet fra en Stilling, hvor dens Plan er parallel med Magnetens Axe, til en Stilling, hvor den staar vinkelret derpaa, opstaar der i Kredsen en Strøm, hvis Retning er modsat Molekylarstrømmenes Retning; drejer man Kredsen den modsatte Vej, faar man en Induktionsstrøm, der er ensrettet med Molekylarstrømmene.

En Induktion som den nævnte maa Jordmagnetismen kunne frembringe. Er en Cirkelledning opstillet i den magnetiske Meridianplan, og den derfra pludselig drejes 90° om den lodrette Diameter, vil der opstaa en Strøm, der modsætter sig denne Bevægelse, idet altsaa den Side, der bringes til at vende imod Nord, vil faa en Sydside, og omvendt; drejes Cirkelledningen

pludselig tilbage igjen, gaar Strømmen i den modsatte Retning. Disse Strømme, der skyldes Jordmagnetismens horizontale Komposant, kunne paavises, naar Ledningens Ender ere forbundne med en Multiplikator. — Drejes en Cirkelledning fra den magnetiske Meridianplan 90° om den vandrette Diameter (eller den modsatte Vej), vil Jordmagnetismens vertikale Komposant fremkalde Induktionsstrømme. De fremkaldte Induktionsstrømme ere proportionale med de Jordmagnetismens Komposanter, de skyldes; Weber har paa den Maade maalt Inklinationen med sin Jordinduktor (1838). Jordmagnetismens hele Intensitet vil virke inducerende, naar man drejer en Cirkelledning, der staar vinkelret paa Inklinationsnaalens Retning, om en Diameter.

102. **Extrastømme** (Faraday, 1835). De enkelte Dele af samme Ledning kunne virke inducerende paa hverandre. Har man saaledes en Spiralledning og slutter en Strøm i denne, vil den i hver enkelt Vinding opstaaende Strøm inducere i Nabovindingerne Induktionsstrømme i modsat Retning, saa at Strømstyrken kun gradvis, om end i kort Tid, voxer til sin rette Værdi; og afbrydes Strømmen, vil den i hver enkelt Vinding forsvindende Strøm ved sin Forsvinden inducere i Nabovindingerne Induktionsstrømme i samme Retning som den, Strømmen har, saa at denne vil blive forstærket, før den forsvinder, og paa Afbrydelsesstedet vil der vise sig en stærk Gnist. Hosstaaende Figur *H* giver et Billede af, hvorledes de nævnte Forhold stille sig, idet Ordinaten betegner Strømstyrken; ved *s* sluttes Strømmen, ved *f* har den naaet sin fulde Styrke, ved *a* afbrydes Strømmen.

Dersom man altsaa frembringer Induktionsstrømme i en Traadrulle ved skiftevis at afbryde og slutte en elektrisk Strøm i en anden Rulle (Hovedrullen), giver *H* et Billede af Hovedstrømmen, og da vil den

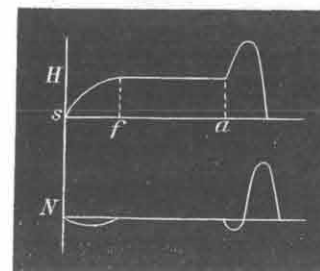


Fig. 110.

ved *N* betegnede Figur give et Billede af Induktionsstrømmen; denne er stærkest, naar Hovedstrømmen afbrydes, idet den da frembringes ved en stærk Strøms pludselige Forsvinden.

103. **Induktionsstrømme af højere Orden.** Induktionsstrømme kunne virke inducerende ligesom almindelige elektriske Strømme. Henry anvendte til Paavisning heraf Spiraler af baandformig Kobberblik, stillede paa den i Figuren viste Maade. Hovedstrømmen sendes igjennem *a*, den inducerer

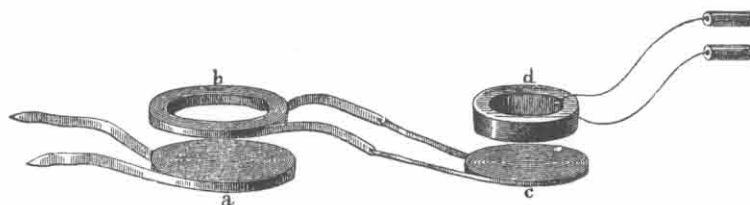


Fig. 111.

Strømme i Spiralen *b* og den dermed forbundne Spiral *c*, hvilken sidste virker inducerende paa Spiralen *d*, hvis to Ender ere forbundne med to Haandtag. Sluttes en Strøm i *a*, kommer der en kort Strøm i *b* og *c*, og ved dens Fremkomst og strax derpaa følgende Forsvinden induceres der to modsatte Strømme i *d*, naar denne er sluttet; holder man derfor Hænderne om Haandtagene, mærker man et Stød; paa lignende Maade, naar Strømmen i *a* afbrydes.

Henry kalder Strømmen i *a* en Strøm af første Orden, den i *b* og *c* en Strøm af anden Orden o. s. v. Ved at tage flere Spiraler kan man faa Strømme af stedse højere Orden, men de blive svagere og svagere. Strømmen af tredje Orden (i *d*) er dobbelt, den af fjerde Orden maa bestaa af 4 frem- og tilbagegaaende Strømme o. s. fr.

Paa Grund af det her sagte ere Forholdene ved Induktionen i Reglen meget komplicerede, idet Induktionsstrømmene virke inducerende paa Hovedstrømmen o. s. fr.

Det er indlysende, at Udladningen fra et Leydner-Batteri vil kunne fremkalde lignende Induktionsstrømme som dem, der opstod før i *d*, nemlig ligestore, modsat rettede Strømme, der følge saa hurtig efter hinanden, at de ikke kunne paavises ved Hjælp af et Galvanometer, men maa paa-

vises f. Ex. ved Haandtag paa den før nævnte Maade. Er Udladningen stærk, vil der ogsaa kunne opstaa en Gnist imellem den inducerede Spirals Ender, naar disse anbringes lidt fra hinanden.

104. **Induktion i Legemer.** Ikke alene i Metaltraade, men i alle ledende Legemer vil der opstaa Induktionsstrømme, naar Magneter eller elektriske Strømme i deres Nærhed forandres paa lignende Maade som før omtalt; da disse Strømme kunne forplante sig i mange Retninger, opstaar der almindelig et helt System af Strømme. Sættes saaledes en Deklinationsnaal i Svingninger over eller under en Kobberplade, vil den ved sine Bevægelser inducere Strømme i Pladen, som ville modarbejde Naalens Bevægelser og derfor bringe den hurtigere til Ro, end om Kobberpladen ikke havde været. Dette anvendes til Dæmpning af en Magnetnaals Svingninger, idet Naalen da omgives med en tyk Ring af Kobber (dette leder bedst, næst efter Sølv, og dæmper derfor bedst).

Dersom man omvendt drejer en vandret Kobberskive hurtigt rundt over en Magnetnaal, idet Kobberskivens Axe ligger lige over Naalens Midtpunkt, vil Naalen komme i Bevægelse og gjøre Udslag i den Retning, hvori Omdrejningen skér. Udslaget bliver desto større, jo hurtigere Kobberskiven drejes, ja Naalen kan endog bringes til at rotere.

Foucault har undersøgt disse Forhold videre. Imellem Polerne af en stærk Elektromagnet bragte han en Kobberskive i hurtig Rotation, medens Magnetismen endnu ikke var fremkaldt; men i det Øjeblik Magnetismen opstaar, hæmmes Rotationen strax, og naar man da igjen vil bringe Skiven til at rotere, mærkes der en betydelig Modstand, og ved en ikke altfor lille Rotationshastighed tillige en kjendelig Opvarmning.

Matteucci har gjort et lignende Forsøg med en Tærning, der var dannet af kvadratiske Kobberplader, adskilte ved Papir. Blev denne Tærning nu ophængt ved en Traad imellem Elektromagnetens Poler og med Kobberpladerne lodrette, skete det samme som i Faraday's Forsøg, men blev den ophængt saaledes, at Pladerne vare vandrette, kom der ingen Virkning, fordi de inducerede Strømme skulle gaa i lodrette Planer, men herimod ere Papirskiverne en Hindring.

Metalmasser og sluttede Strømkredse, der ere i Nærheden af en Induktionsspiral, virke paa Grund af de deri opstaaede Strømme hæmmende paa Spiralens Strømme, hvilket tydelig kan iagttages f. Ex. ved de physiologiske Virkninger. Det vil derfor ogsaa forstaaes, at naar vi i de i det Følgende omtalte Maskiner have Jærnde i en Induktionsspiral, saa er det ikke en massiv Jærnkjerne, men et Bundt af ferniserede Jærntraade eller Jærnstænger; disse ville nemlig langt fra hæmme Strømmen saa stærkt.

105. Induktionsapparater. Et Induktionsapparat (Induktor) bestaar af et Bundt af Jærntraade, som er omgivet med en Spiral til Hovedstrømmen (forholdsvis faa Vindinger af tyk Traad), og denne atter med en Spiral af mange Vindinger af tynd Traad. Hovedstrømmen slutter og afbryder sig selv paa en lignende Maade som i det elektriske Ringeapparat (ved en »Hammer«).

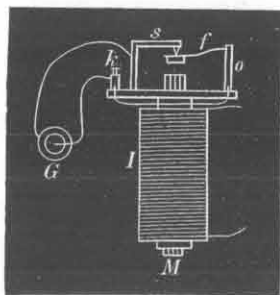


Fig. 112.

I de mindre Induktionsapparater gjøre de omtalte Jærntraade tillige Tjeneste som den til Hammeren hørende Elektromagnet. Figuren viser et saadant Apparat, hvis Virkemaade nu let kan indsés. *M* er Bundtet af Jærntraade, omgivet af Hovedspiralen, hvis to Endere ere forbundne med henholdsvis Klemmeskruen *k* og Opstanderen *o*; til *o* er Fjeren *f*, som bærer Ankeret til *M*, befæstet, og naar Ankeret ikke er tiltrukket, trykker Fjeren imod en lille Platinspids, som sidder paa

Støtten *s*; Hovedstrømmen ledes ind og ud igennem *k* og *s*.

Ved store Induktionsapparater (Ruhmkorff, 1851) har man et særligt, stort Batteri (*B*) til Hovedstrømmen og et mindre Hjælpebatteri (*H*) til Hammerens Bevægelse; man benytter da tillige Kvægsølvkontakter (Foucault). Figuren viser Indretningen. *V* er en Vægtstang, befæstet til en Metal-fjer *F*, som svinger frem og tilbage, naar Maskinen er i Gang; ved Hjælp af Tandhjul og Tandstang kan *V* hæves og sænkes, saa at dens Stilling bliver tilpas, og dens Svingninger kunne

reguleres ved Hjælp af en forskydelig Vægt *v*. Til *V*'s ene Ende er der befæstet et til Elektromagneten *M* hørende Jærnanker *A*, og fra dens anden Arm gaar der to Platinspidser ned i Skaale med Kvægsølv, saaledes at naar det nævnte Anker er tiltrukket af Elektromagneten, hæve Spidserne sig op af Kvægsølvet; derved haves altsaa to Kvægsølvkontakter, *C* og *D*. Hjælpestrømmen fra *H* ledes om Elektromagneten *M*, derfra over i Vægtstangen og igennem *D* tilbage til *H*. Hovedstrømmen fra Batteriet *B* ledes ind i Hovedspiralen, derefter over i *V* og igennem *C* tilbage til Batteriet *B*. Man vil altsaa se, at Strømmen fra *H* vil ved Hjælp af Elektromagneten *M* skiftevis afbryde og slutte sig selv, men tillige afbryde og slutte Hovedstrømmen fra *B*. — Til Venstre i Figuren ere Jærnkjerne, Hovedspiral og Induktionsrulle skizzerede. Jærnkjernen er indesluttet i et Paprør, uden om hvilket Hovedledningen er viklet i flere Lag Vindinger med tyk (cr. 2^{mm}), isoleret Traad; om Hovedrullen er der lagt et Ebonitrør, om hvilket Induktionsrullen er viklet; denne bestaar af en meget lang (ofte flere Mil lang) og tynd (cr. 1/4^{mm}) Traad, hvis enkelte Vindinger (i almindelige Apparater 20—30,000) og Lag af Vindinger ere godt isolerede. Enderne af Induktionsrullen gaa hen til to Klemmeskruer, der ere anbragte paa ferniserede Glasstænger, og imellem disse Klemmeskruer kan man da anbringe det, hvorigennem man vil lede Induktionsstrømmene.

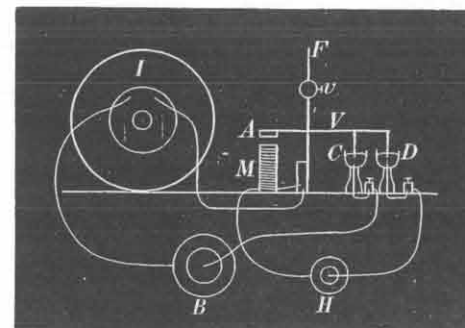


Fig. 113

Den Gnist, som paa Grund af Extrastømmen dannes, naar den inducerende Strøm afbrydes, vil forhale Afbrydelsen og saaledes svække Induktionsstrømmens Styrke. Ved over Kvægsølvet i Foucault's Afbryder at helde noget Vinaand, vil Gnisten delvis slukkes, men endnu er den fra Gnisten hidrørende

Svækkelse meget betydelig. For at bøde herpaa er Induktionsapparatet i Almindelighed forsynet med en Kondensator (Fizeau), som er anbragt i den Fod, hvorpaa Apparatet er befæstet. Kondensatoren bestaar af et Stykke Voxtaft, paa begge Sider belagt med Stanniol; disse to Stanniolplader ere forbundne ledende hver med sin af de to Traadstykker paa begge Sider af Kontakten *C* (Helmholtz har foreslaaet en Traad med stor Modstand istedetfor Kondensatoren). I Afbrydelsesøjeblikket ville Elektriciteterne da fornemmelig søge ned til Kondensatorens to Plader, der saaledes lades med modsatte Elektriciteter, og kun i mindre Grad til selve Afbrydelsesstedet, hvorved Gnisten betydelig svækkes. Naar den inducerende Strøm atter sluttes, strømme Elektriciteterne fra Kondensatoren tilbage i Ledningen og fremkalde da en Gnist.

I Ledningen til den inducerende Strøm er der altid indskudt en Kommutator, saa at man ved den kan sætte Maskinen i og ud af Virksomhed.

106. **Magnetoelektriske Maskiner.** Bevæges et Jærnanker, der er omviklet med overspunden Kobbertraad i en sluttet Ledning, henimod Polerne paa en Hestekomagnet, voxer Jærnankerets Magnetisme, hvilket fremkalder en Induktionsstrøm i Traaden, der søger at svække Magnetismen; omvendt, naar Jærnankeret fjernes fra Magnetpolerne. Istedetfor at bevæge Jærnankeret frem og tilbage, kan man anbringe det saaledes, at det drejes om en Axe forbi Magnetens Poler. Dette er Principet for de magnetoelektriske Maskiner. Franskmanden Pixii, der konstruerede den første Maskine (1836), havde en faststaaende Elektromagnet og en drejelig, permanent Magnet, men i alle senere konstruerede Maskiner er der den langt fordelagtigere Ordning med en fastsiddende Magnet og en bevægelig Elektromagnet (Jærnanker med overspunden Kobbertraad). Vi ville her omtale Stöhrers lille Maskine, hvis Indretning er skizzeret i hosstaaende Figur. *M* er den fastliggende Magnet, foran hvis Poler Jærnankeret bevæger sig; dette bestaar af en Jærnplade, som er fastgjort til Rotationsaxen, og paa denne Plade sidde to Jærnkjærner, som naa



Fig. 114.

omtrent helt hen til Magnetpolerne, og om hvilke Induktionsrullerne *J* og *J*₁ ere vikled.

Lad os for et Øjeblik tænke os den ene Rulle bevæge sig om Axen, f. Ex. *J*. I den Stilling, dens Jærnkjærne har i Figuren, har den en Sydpol; ved Rotationen vil Sydpolen fjærne sig fra Magnetens Nordpol, dens Sydmagnetisme vil altsaa svækkes, indtil den er drejet 90° fra den nævnte Stilling; den vil derefter faa Nordmagnetisme i stedse stærkere Grad, indtil den kommer ud for den faste Magnets Sydpol. Under denne halve Omdrejning vil Sydmagnetismens Formindskelse og derefter Nordmagnetismens Forøgelse frembringe Induktionsstrømme i samme Retning, men midtvejs er Strømstyrken dog Nul, da Jærnkjærnen i den Stilling ingen Magnetisme har. Naar derefter Rullen *J* under den fortsatte Omdrejning fjærnes fra Magnetens Sydpol, vil der induceres en Strøm i Rullen i den modsatte Retning af den tidligere, og forøvrigt vil det under denne anden halve Omdrejning gaa som før. Induktionsstrømmene, der fremkomme under hver Omdrejning, fremstilles derfor graphisk ved den øverste hosstaaende Figur. Naar man forsyner Maskinen med en Kommutator, kan man dog vende den ene Strøm, saaledes som nedenfor skal blive vist, og da vil den nederste Figur

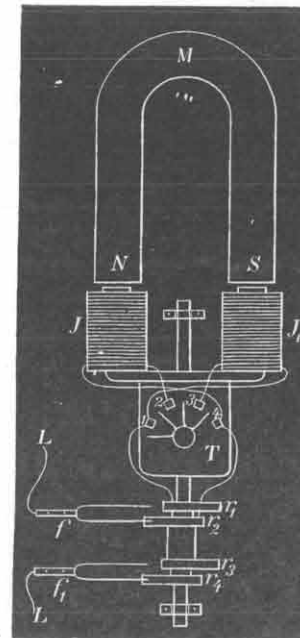


Fig. 115

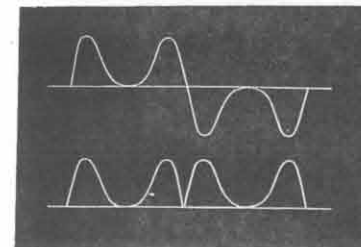


Fig. 116.

fremstille Induktionsstrømmens Gang. Paa lignende Maade gaar det med Induktionen i Traadrullen J_1 .

Enderne af Spiralerne J og J_1 ere nu enten forbundne med hinanden som Traaden om en Elektromagnet, eller paa følgende Maade: Traadenderne gaa hen til 4 Kobberknapper, der ere anbragte i en Cirkelbue paa Træpladen T ; J 's to Ender gaa til Knapperne 2 og 4, J_1 's til Knapperne 1 og 3, som vist i Figuren; Traadene ere vikledes saaledes op, at 1 og 2 altid ere ens elektriske, 3 og 4 ligeledes, o: kommer Strømmen i J ud ved 2, kommer den i J_1 samtidig ud ved 1. Om Cirkelbuens Centrum kan der drejes en lille Trævalse, hvorpaa der sidder to Kobberstrimler, formede som angivet paa Figuren. Man kan da enten stille denne Valse 1) saaledes, at Knapperne 1 og 2 berøres af den ene Strimmel, 3 og 4 af den anden, eller 2) saaledes, at en af Strimlerne berøre 2 og 3 (den andens ene Gren berører da enten 1 eller 4, men dette har ingen Betydning). Naar nu den ydre Ledning sluttet i Knapperne 1 og 4, vil man se, at i den første af de to Stillinger ville Strømmene fra J og J_1 løbe f. Ex. ned til henholdsvis 2 og 1 og altsaa gaa sammen ud i den ydre Ledning, naa tilbage til 4 og den dermed forbundne 3 og derfra gennemløbe hver sin Spiral; i den anden Stilling derimod vil Strømmen fra J gaa ned til 2, derfra igjennem Kobberstrimlen til 3, saa over i Rullen J_1 , derfra ud ved Knappen 1, igjennem den ydre Ledning til 4 og saa tilbage til Rullen J ; paa lignende Maade gaar det Strømmen fra J_1 . Disse to Forbindelsesmaader svare altsaa ganske til de to Maader, paa hvilke galvaniske Elementer kunne kombineres.

Strømmene ville, efter hvad der før er udviklet, træde ud i Ledningen, der forbinder 1 og 4, skiftende Retning for hver halve Omdrejning; anvendes der ingen Kommutator, gaar der Traade fra 1 og 4 hen til to Metalskiver, der sidde paa Axen isolerede fra denne, og den ydre Ledning indskydes imellem to Metalfjere, der berøre Skiverne. For at faa Strømmene vendte i samme Retning, fastgjøres der til Axen en Kommutator, der er vist i Gjennemsnit i den lille Figur. Denne Kommutator bestaar af to fra hinanden ved et Kautschukrør isolerede Metalrør med ligestore, excentriske Kraver for Enderne,

hvilke Kraver skiftevis have Centrum liggende tilhøjre og tilvenstre for Axen; det inderste Metalrør er isoleret fra Axen. Traaden fra 1 fører isoleret hen til det ene Rør, den fra 4 isoleret hen til det andet Rør. Imod Kraverne klemme to gaffeldelte Metalfjere, saaledes at den ene Fjers Grene kunne hvile paa de to nærmeste, den anden Fjers Grene paa de to fjærreste Kraver, og den ydre Ledning forbinder de to Fjere. I enhver Stilling af Axen vil da altid én Gren af hver Fjer hvile paa en Krave, og Ordningen er saaledes, at hver Gang Ankeret passerer Magnetpolerne, skifter Kontakten. Det vil da let ses, at Strømmene i den ydre Ledning altid have samme Retning; under den ene halve Omdrejning gaar Strømmen nemlig Vejen $1 r_1 r_4 f_1 L f r_2 4$, idet L betegner Ledningen, som er indskudt imellem de to Fjere, og under den anden halve Omdrejning $4 r_2 r_3 f_1 L f r_1 1$.

Saadanne Maskiner som den her omtalte har man modificeret paa forskjellig Maade, gjort dem stedse større og stærkere for at faa forskjellige Anvendelser af dem, saaledes til det elektriske Lys.

107. Stöhrer har konstrueret en Maskine med 3 Hesteskomagneter, der have de 6 Polflader i en Kreds, skiftevis Nord- og Sydpol, og ovenover dem bevæges i en ligesaa stor Kreds 6 Jærnkjærner med omviklet Traad, hvis Ender ere forenede saaledes, at Strømmene fra alle 6 Ruller samtidig gennemløbe den ydre Ledning i samme Retning. Alliancemaskinen, bragt i Anvendelse af et Selskab »l'Alliance«, er en sammensat Stöhrers Maskine; 24 Hesteskomagneter ere opstillede i 3 parallelle Planer lidt fra hinanden, 8 Magneter i hver Plan, med Grenene radiært ind efter, saa at de 16 Magnetpoler i hvert Plan danne en Kreds; to Nabopoler have modsat Magnetisme, hvad enten de følge efter hinanden i samme Kreds eller i to Nabokredse (langs samme Frembringer i den af dem dannede cylindriske Aabning). I det af Magneternes Polflader dannede Rør drejes en Cylinder rundt, uden paa hvilken Jærnkjærnerne ere anbragte i Kredse saaledes, at i den axiale Stilling hver Jærnkjærne kommer til at ligge imellem to Magnetpoler, der ligge bag hinanden i Retning med Axen; af saadanne Kredse bliver der altsaa to, hver med 16 Jærnkjærner. Enderne af Traadrullerne om Jærnkjær-

nerne ere samlede saaledes, at Strømmene adderes. Man faar Vexelstrømme, men ved visse Arter af elektrisk Lys er dette jo ogsaa nødvendigt, og denne Maskine har derfor faaet Anvendelse dertil. Antallet af Magnetkredse kan naturligvis forøges. Som det ses, have Jærnkjærnerne her Retning vinkelret paa Magneternes Grene, hvad der ogsaa kan finde Sted ved de simplere magnetoelektriske Maskiner. Axeomdrejningen i Maskinerne kan ske ved Hjælp af Gaskraft- eller Dampmaskiner.

108. En anden Konstruktion har Werner Siemens's Cylinder-Induktor (1857), hvor Ankeret magnetiseres paa tværs og ikke som før i Længderetningen; Magnetterne stode jo før over Endefladerne af Ankeret, der hyppig var langt og tyndt. — Ved denne nye Ordning opnaar man, at Magnetismen kan veksle raskere og kraftigere end før, og at mange Magneter kunne paavirke samme Anker, naar dette gives en Længde lig Højden af Magnetsejlen. Jærnkjærnen har Form som et Dobbelt-T; det af Cylinderen udskaarne Rum er fyldt med Traaden, som er viklet op om Midterstykket i mange Vindinger i Ankerets

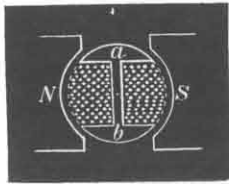


Fig. 117.

Længderetning. Magneterne ere uddrejede saaledes, at de omslutte omtrent en Fjerdedel af Cylinderens Overflade; Jærnankeret bliver her stadig i det magnetiske Felt, og derved opnaaes, at de to ensrettede Strømskød, der fremkomme under en halv Omdrejning, forenes til en Strøm, saa at Strømstyrken kan fremstilles graphisk i hosstaaende Figur, den første med, den anden uden Anvendelse af Kommutator.

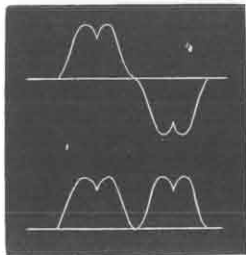


Fig. 118.

109. I de nævnte magnetoelektriske Maskiner anvendtes Staalmagneter, hvilke imidlertid gjøre Maskinerne meget store og tunge. Man har derfor indført Elektromagneter istedetfor Staalmagneter; Magnetismen i Elektromagneterne fremkaldes af en elektrisk Strøm fra et galvanisk Batteri eller fra en lille magnetoelektrisk Maskine med Staalmagneter.

En Udvikling heri skete ved Indførelsen af det »dynamiske Princip«, omtrent samtidig af Werner Siemens og Wheatstone (1867); derom mere nedenfor.

110. De hidtil omtalte Maskiner give enten Strømme med skiftende Retning eller i hvert Fald stødvise Strømme og kaldes derfor i begge Tilfælde Vexelstrømmaskiner. Gramme har i Aaret 1870 konstrueret en Maskine, der giver ensrettede, konstante Strømme.

I Gramme's Maskine er Jærnankeret en Jærnrings, som anbringes imellem Magnetens to Poler. Lad os tænke os en Axe af et isolerende Stof til denne Jærnrings, og at der langs denne Axe løber nogle korte Kobberstænger i ligestore indbyrdes Afstande (i Fig. er tænkt 8, men i Virkeligheden er der langt flere). Jærnringsen er omviklet af ligesaa mange, ens Lag af Vindinger som Antallet af Stænger, og fra hvert Lag gaa Traadenderne ind hver til sin af to paa hinanden følgende Kobberstænger, saaledes at enhver af disse har Endetraaden af en Rulle og Begyndelsestraaden af den næste. Magnetens Poler *N* og *S* frembringe nu i Jærnankeret de to diametralt modsatte Magnetpoler *s* og *n*. Drejes Jærnringsen med sin Axe, ligge *s* og *n* stille, medens Ringen drejes, d. v. s. et Punkt af Jærnringsen, der bevæges op efter fra *B* bliver sydmagnetisk i stedse stærkere og stærkere Grad, indtil det faar sit Maximum

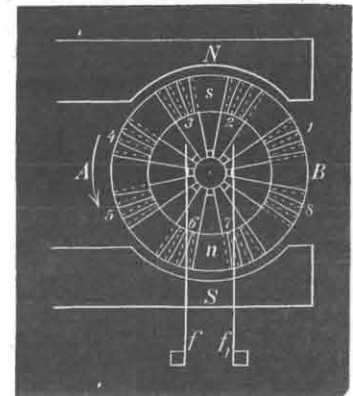


Fig. 119.

af Sydmagnetisme, naar det passerer *N*, derefter bliver Sydmagnetismen svagere, i *A* er den Nul, saa opstaar der voxende Nordmagnetisme o. s. fr. Forholdene blive derfor de samme, som naar man tænker sig Jærnringsen liggende fast og Traadrullerne glidende hen over den. De forskellige Ruller ville vi nummerere, som Figuren viser. 1 og 2 nærmes til *s* og der opstaar derfor i dem Strømme, som ville frastøde *s*, saa at de maa have en

Sydpol henimod s , $\circ$: tilvenstre sét fra Axen, en Nordpol tilhøjre; i 3 og 4 maa de ved Bevægelsen fremkaldte Strømme ligeledes have en Sydpol tilvenstre og en Nordpol tilhøjre, thi Polen tilhøjre maa virke tiltrækkende paa s , fordi Rullerne fjernes derfra; altsaa ville Strømmene i de Ruller, der befinde sig over den Diameter (AB), der staar vinkelret paa Forbindelseslinien imellem Magnetpolerne, alle gaa i samme Retning og i Retning fra B til A med den valgte Omdrejningsretning. Ved en lignende Betragtning vil man finde, at Strømmene i de Traadruller, der ligge under den nævnte Diameter, altsaa i 5, 6, 7, 8, ville gaa i den modsatte Retning, d. v. s. i Retning fra B til A . Det gjælder altsaa om at aflede Strømmene paa disse to Steder, thi ellers bliver Strømmen i Rullerne Nul, de modsat rettede Strømme ophæve hinanden. Denne Afledning skér derved, at to Metalfjere (f og f_1) klemmes ind imod Axen, idet de altid berøre denne i de Kobberstænger, der ligge indenfor A og B eller bedre forskudte lidt derfra i Omdrejningsretningen, da Forandringen i Magnetismen ikke er pludselig; sluttes da Ledningen derved, at f og f_1 forbindes med den ydre Ledning, træde Strømmene fra de to Halvdele af Ringen ud i f fra den Kobberstang, som f i Øjeblikket berører, gaa igjennem den ydre Ledning hen til f_1 og derfra tilbage, hver til sin Halvdel af Ringen.

Strømstyrken vil, alt andet lige, voxe med Omdrejningshastigheden, dog ikke proportionalt dermed, og saalænge denne er konstant, er Strømstyrken det ogsaa; enhver Maskine har et Maximum, udover hvilken den inducerede elektromotoriske Kraft ikke kan naa.

Det er godt at have Vindingerne delt i mange Lag, da i saa Tilfælde Potentialforskjellen imellem to Kobberstænger ikke er saa stor, og derved svækkes den Gnist, der dannes, naar Fjerene springe fra én Kobberstang til den næste.

En Jærnring til Anker i en Maskine, der skal give en konstant Strøm, er først proponeret af Paccinotti i Pisa (1860) og kaldes derfor ogsaa Paccinottis Ring; han gjorde imidlertid ikke sin Opfindelse videre bekjendt, og Gramme konstruerede sin Maskine uden at kjende denne Opfindelse.

111. Betragte vi Paccinottis Ring og tænke os et Snit lagt igjennem Centrum vinkelret paa Ringens Plan, men ikke

igjennem de neutrale Punkter, $\circ$: efter Diametren AB , saa maa Magnetismen og altsaa de ved Bevægelsen fremkaldte elektromotoriske Kræfter være ligestore i de to Snitflader. Den elektromotoriske Kraft i 1 og 4 er ens, og ligeledes den i 2 og 3, men denne sidste er meget ringe, thi for det første trækker Ringens Magnetisme sig mest til Yderfladerne, og dernæst vil f. Ex. baade n og S fremkalde elektromotoriske Kræfter i 2, der gaa i modsatte Retninger og ikke ere langt fra at være ligestore, hvorimod de frembringe elektromotoriske Kræfter i 1, der gaa i samme Retning. Derfor maa det være fordelagtigt at faa den indre Traad bort, altsaa istedetfor en Jærnring at anvende en Jærncylinder, der maa være lang, da der ikke i Traaden, som ligger paa Cylinderens Endeflader, udvikles nogen elektromotorisk Kraft.

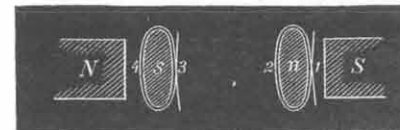


Fig. 120.

Vanskeligheden ligger nu kun i Opviklingen af Traaden; denne kan ikke ske saaledes, at 1 og 4 i ovennævnte Figur umiddelbart forbindes eller gaa ud i ét, thi da ville ogsaa de to Vindinger, der i Øjeblikket berøre Fjerene, forbindes, saa at disse ikke kunne føre nogen Strøm bort. Opviklingen er af v. Hefner-Alteneck udført paa en Maade, der bedst oplyses ved hosstaaende Figur, hvor de ved Tallene anbragte Prikker angive Traadenderne ved Cylinderens ene Endeflade; ens Tal ere diametralt modsatte og betyde, at Traaden paa Cylinderens anden (bageste) Endeflade gaar imellem dem. De smaa, firkantede Prikker betegne de Steder af Traadene, hvor disse ere blanke og udvidede til Knap-

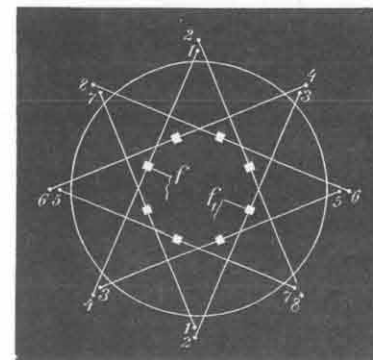


Fig. 121.

per, ved hvilke der kan dannes Kontakter med Fjerene; disse ere markerede ved f og f_1 . Én af de to Traade gaar saaledes: $f11775533f_1$; Traadene danne altsaa et i sig selv tilbagevendende Kredsløb som ved Paccinottis Ring; alle Traades Strømme understøtte hverandre, og der er stedse forbundet Traade med hinanden af ens eller omtrent ens elektromotorisk Kraft. Fjerene berøre to Steder, hvor der ingen elektromotorisk Kraft er, og som dele den hele Traad i to ligestore Dele.

(Jærnkjærnen kan ogsaa ligge stille, og Traaden være viklet op paa et Messing- eller Nysølvvrør, der ligger tæt op til Jærnkjærnen og drejes udenom denne).

I Siemens & Halske's Konstruktion efter dette Princip

bestaar det magnetiske Magazin af to Rækker af Staalmagener, som ere lagte imod hinanden med ens Poler paa samme Side; til hver Række af de ens Poler er der befæstet et halvrundt, uddrejet Jærnstykke, hvis indre Flade altsaa danner en Polflade.

En Mængde andre Konstruktioner ere foreslaaede, baade til Vexelstrømmaskiner og til Maskiner med konstant Strøm, men Variationerne ere dog ikke store. I C. P. Jürgensens Maskine ere de magnetiske Polflader Endefladerne af Magnetens Grene, hvorved Virkningen forøges,

tilmed da Magneten er Elektromagnet (112); paa denne er Traaden opviklet paa en særlig Maade (med tiltagende Lag ud imod Polfladerne) for at frembringe den størst mulige Virkning.

112. Vi skulle nu tilføje den Forandring, der er foregaaet ved Indførelse af det dynamiske Princip, ved hvilket de magnetoelektriske Maskiner faa Navn af dynamoelektriske Maskiner. Magneten i Maskinen er ingen Staalmagnet, men en Elektromagnet, i hvilken Magnetismen fremkaldes af Maskinens egen Strøm, som sendes igjennem Elektromagnetens Vindinger, idet disse ere en Del af den ydre Lédning. Alt Jærn har nemlig nogen remanent Magnetisme, om endog meget lidt, naar det en Gang er bleven magnetisk, og det kan jo ske én Gang for alle

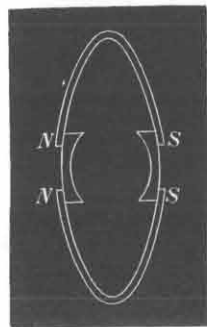


Fig. 122.

ved Hjælp af et galvanisk Batteri. Drejes nu Ankeret rundt, vil Magnetens svage Magnetisme frembringe en svag Strøm, som dog vil forstærke Magnetismen, hvilket atter har en Forøgelse af Strømmens Styrke til Følge, o. s. fr., indtil Magnetismen og Strømmen have faaet en betydelig, konstant Styrke. Saadanne Maskiner anvendes nu mest.

113. Den elektriske Kraftforplantning. Vi have sét, hvorledes der f. Ex. i Gramme's Maskine ved Ankerets Omdrejning frembringes en jævn elektrisk Strøm ganske som den, der leveres af et mægtigt galvanisk Batteri. Sender man nu omvendt en Strøm igjennem Vindingerne om Jærnankeret, vil dette give sig til at rotere, og vi faa da en elektrisk Arbejds-maskine (elektromagnetisk eller elektrodynamisk Maskine). Den Strøm, der skal bruges til at fremkalde denne Bevægelse i Maskinen, kan faaes af en anden Maskine, Kraftmaskinen, hvis Anker sættes i Bevægelse. Denne elektriske Kraftforplantning kan benyttes, naar man f. Ex. vil benytte et Vandfalds Arbejdsværdi; Vandet driver Turbiner, som atter bringer en Gramme's Maskines Ring til at rotere, og den derved frembragte Strøm ledes igjennem Traadledninger (anbragte paa Telegraphpæle eller nedlagte isolerede i Jorden) hen til det Sted, hvor Kraften skal benyttes; dér ledes de ind i en anden Gramme's Maskine, hvorved dennes Ring kommer i Rotation. Under denne Forplantning gaar der naturligvis en Del Arbejde tabt, ofte mindst Halvdelen i de Anvendelser, som ere gjorte, men man er dog paa Veje til at naa bedre Resultater; Tabet hidrører navnlig fra Opvarmningen i Lédningen. Hvor der kun er Tale om korte Afstande, ere Resultaterne mere tilfredsstillende; som Exempel herpaa kan nævnes den elektriske Jærnbane, hvor Kraftmaskinen er fast opstillet og igjennem Skinnerne eller særlige Lédninger sender Strømmen til Arbejdsmaskinen, som findes i Jærnbanevognen og ved sin Bevægelse driver denne frem. Paa mangfoldige Omraader kan denne elektriske Kraftforplantning faa Anvendelse. Franskmanden Deprez har navnlig gjort sig fortjent ved Arbejder om denne Sag.

114. Telefonen (Graham Bell, 1876). En af de smukkeste Anvendelser af elektriske Strømme er den elektriske Lydforplantning, hvilken skér ved Telefonen. En saadan bestaar

af et Træ- eller Ebonitrør med en Udvidelse i den ene Ende; i Røret er befæstet en Magnet med et Stykke blødt Jærn for

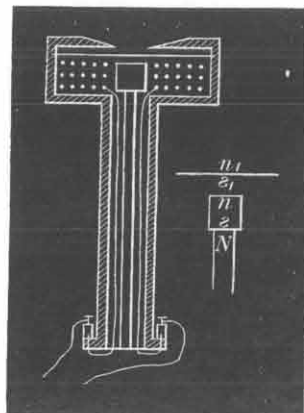


Fig. 123.

den Ende, der gaar op i Udvidelsen, og dette Jærnstykke er omviklet med overspunden Kobbertraad, der faar Plads i Udvidelsen; Traadens Ender føres ned til Klemmeskruer. I Udvidelsen er der over Jærnstykket fastspændt en meget tynd Jærnplade, og lige over denne lukkes Røret med et Laag, der paa Midten har en tragtformig Aabning. Magnetens ene Magnetpol (N) vil magnetisere Jærnankeret (s og n), og dettes ene Pol (n) vil atter fremkalde Magnetisme i Jærnpladen (s_1 og n_1). De nævnte Klemmeskruer forbindes ledende med de tilsvarende Klemmeskruer paa en anden, aldeles lignende Telefon. Taler man da imod den ene Telefons Jærnplade, sættes denne i visse bestemte, hurtige, for hver enkelt Lyd karakteristiske Svingninger; nærmer Pladen sig i en Svingning til Jærnstykket, forstærkes dettes Magnetisme, og der induceres i Traadledningen en momentan Strøm i én Retning; svinger Pladen derefter bort fra Jærnstykket, svækkes dettes Magnetisme, og der induceres en Strøm i Ledningen i den modsatte Retning. Vi faa altsaa en hel Række Bølgestrømme, der ankomme til den anden Telefon og omkredse dens Jærnstykke i skiftende Retninger; derved ville de skiftevis forøge og svække dette Jærnstykses Magnetisme og saaledes forårsage, at Jærnpladen i denne Telefon sættes i Svingninger, der ere ligedannede med dem, Talen har fremkaldt i den første Telefons Plade. Lægges Øret altsaa til, høres den Tale, der er ført foran den første Telefon.

Dersom man i Ledningen havde indskudt et galvanisk Apparat, vilde Bølgestrømmene afvekslende forstærke og svække den tilstedeværende Strøm, saa at Virkningen bliver den samme. Med en saadan Ordning vil man være istand til ved Hjælp af

et elektrisk Ringeapparat at hidkalde den, til hvem man vil telefonere.

Den samme Telefon kan paa en Station tjene som Af-sender og som Modtager. Man maa tale højt og meget tydelig i Telefonen, for at Lyden skal kunne høres, og den bliver endda altid meget svag. Denne Ulempe kan man hæve ved som Afsendertelefon at benytte Edisons Kultelefon, men man maa da have en Edisons og en Bells Telefon paa hver Station, thi Kultelefonen kan ikke bruges som Modtager.

115. **Edisons Kultelefon** har følgende Indretning: Imellem to smaa Platinplader, a og b , er der et tyndt Lag Kul c , dannet af sammenpresset Kjørnæg. Lidt fra den ene Platinplade (b) er der udspændt en tynd, elastisk Plade p , som i Midten er understøttet af en lille Jærncylinder e , der ved Pladen d hviler paa Platinpladen b ; a og b ere ledende forbundne med de to Klemmeskruer k og k_1 , imellem hvilke den ydre Ledning er sluttet. I denne Ledning er indskudt et galvanisk Apparat, hvis Styrke man varierer efter de foreliggende Forhold, og en Bells Telefon. Taler man nu imod Pladen p , sættes denne i Svingninger, hvorved Kulstykket c bliver skiftevis mer eller mindre sammentrykket af de to Platinplader og byder derved Strømmen en henholdsvis mindre og større Ledningsmodstand, saa at Strømmen bliver i bestemt Takt stærkere og svagere, hvilket i Bells Telefon fremkalder de tilsvarende Svingninger af Jærnpladen.

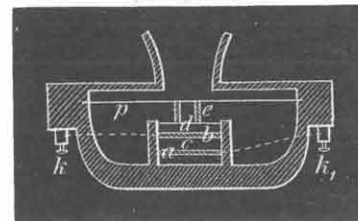


Fig. 124.

116. **Mikrofonen** er et Apparat til Opfattelse af meget svage, ellers uhorlige Lyd som f. Ex. Insekters Bevægelser. Den er konstrueret af Hughes og indrettet saaledes: D er et Træ-

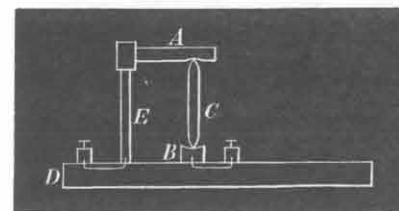


Fig. 125.

brædt, hvorpaa er fastgjort Kulstykket B og i en Metalopstander E Kulstykket A , der gaar henover B ; imellem A og B er stillet et i Enderne lidt tilspidset Kulstykke C , der hviler let i Fordybninger i A og B . Fra E og B fører der Ledningstraade hen til to Klemmeskruer, og ved Hjælp af dem indskydes Kulstykkerne i en Ledning, hvori der findes et galvanisk Element (eller to) og en Telefon. Kryber der nu et Insekt paa Pladen D , kommer denne i Svingninger, og derved varieres Berøringen imellem Kulstykkerne, hvilket foraarsager smaa Forøgelse og Formindskelse af Strømmens Styrke, dog tilstrækkelig store til at sætte Telefonens Jærnplade i saa stærke Svingninger, at Lyden høres meget stærkt. For at holde uvedkommende Lyd borte (Stød til Bordet, hvorpaa Mikrofonen staar, etc.), maa Mikrofonen stilles paa noget blødt som Stykker af Kautschukrør eller lignende.

Rettelser.

- S. 12, L. 5 f. n. I den første Brøk tilføjes i Tælleren 2.
 - 49, - 14 f. n.: AA_1 l. BB_1 .
 - 52, - 13 f. n.: er omtrent proportionalt l. voxer noget.
 - 103, øverste Stykke: a l. c .
-