

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

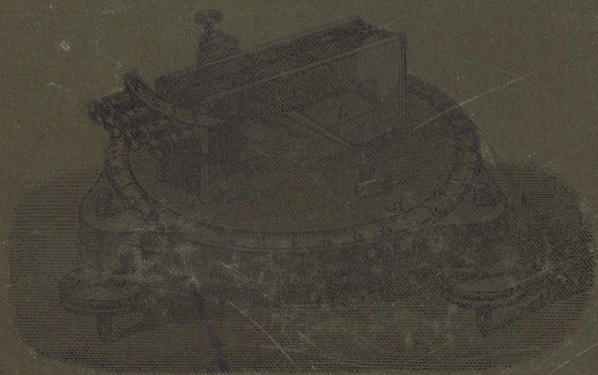
Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

Haandbog
i
Læren om Elektricitet
og
Magnetisme



af
V. Hoskiær.

INDUSTRI-
BYGGERIEN.

200

~~3/28~~

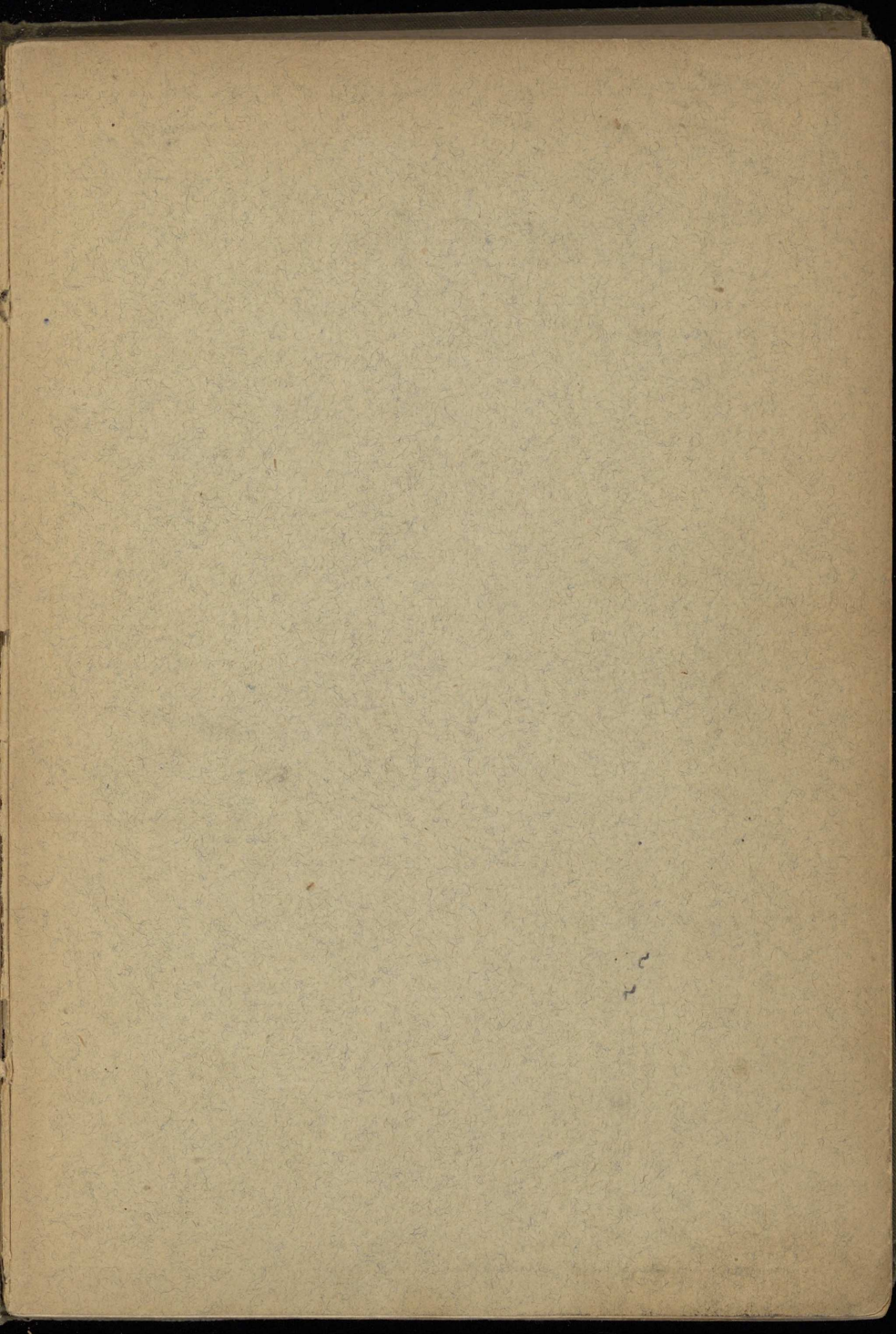
~~9000~~

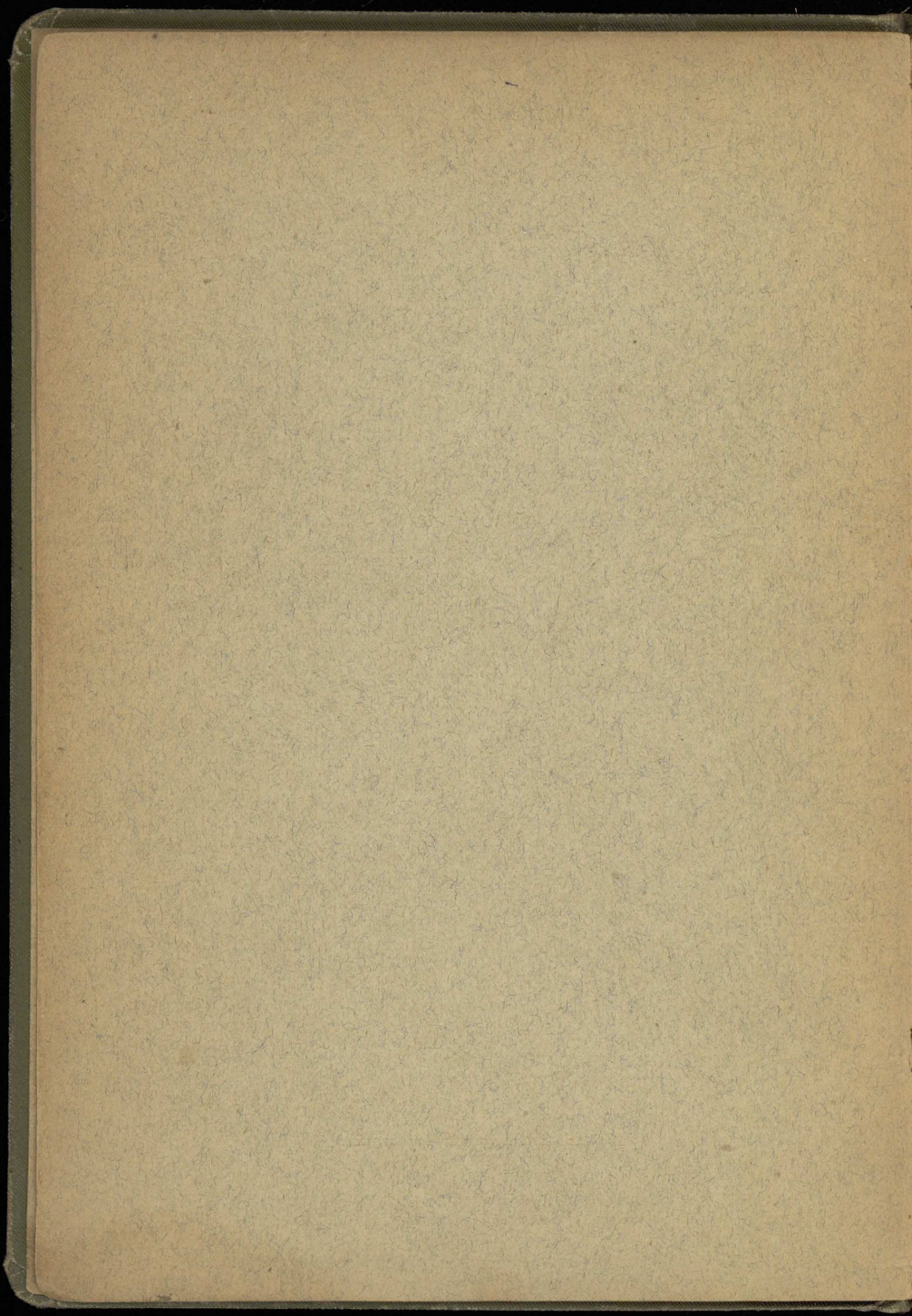
30

538(022)

5
16
24
34
43

538





6-48.

Haandbog

i

Læren om Elektricitet og Magnetisme

af

V. Hoskiær.

Tredie Udgave.



Kjøbenhavn.

Wilhelm Priors Forlag.

1889.

INDUSTRI-
FORENINGEN.

Græbes Bogtrykkeri.

Forord.

Som Chef for det 1867 oprettede Telegrafkompagni udarbejdede jeg en «Haandbog i Læren om Elektricitet og Magnetisme for 1ste Ingenieurbataillon», der udkom 1870, approberet af Krigsministeriet ved Resolution af 18. Oktober 1869.

Da imidlertid det for Undervisningen nødvendige Antal Exemplarer efterhaanden savnedes, omarbejdede jeg Bogen, der ved Ingenieurkapitain Juuls gode Hjælp blev udvidet med nogle Paragrafer om elektrisk Lys og dertil hørende dynamo-elektriske Maskiner, og efter at denne «Haandbog i Læren om Elektricitet og Magnetisme for Ingenieurregimentet» var approberet af Krigsministeriet ved Resolution af 1. December 1886, udkom den 1887, trykt i Krigsministeriet.

I Anledning af gjentagne Forespørgsler, om denne Bog kunde erholdes i Boghandlen, udgives den herved med Krigsministeriets Tilladelse for 3die Gang, idet kun et enkelt Apparat er udeladt og nogle mindre Redaktionsændringer foretagne.

Kjøbenhavn, Marts 1889.

V. Hoskiær.

Oberst.

Verzeichnis

Das Verzeichnis der im Jahre 1887 erschienenen Verzeichnisse
bezieht sich auf die im Jahre 1887 erschienenen Verzeichnisse
für die Jahre 1887 bis 1890. Es enthält die Namen der
Verzeichnisse, die in den Jahren 1887 bis 1890 erschienen
sind, und die Namen der Verleger, die diese Verzeichnisse
herausgegeben haben. Die Verzeichnisse sind in
alphabetischer Reihenfolge geordnet. Die Namen der
Verleger sind in römischen Ziffern angegeben.
Die Verzeichnisse sind in drei Klassen eingeteilt:
1. Verzeichnisse, die in den Jahren 1887 bis 1890
erschieden sind.
2. Verzeichnisse, die in den Jahren 1887 bis 1890
erschieden sind, aber die Namen der Verleger nicht
enthalten.
3. Verzeichnisse, die in den Jahren 1887 bis 1890
erschieden sind, aber die Namen der Verleger nicht
enthalten, und die Namen der Verleger nicht
enthalten.

V. Hoffmann

I. Gnidningselektricitet.

(Statisk Elektricitet.)

1. Positiv og negativ Elektricitet.

Elektricitet er, ligesom Varme, Lys og Magnetisme, en Naturkraft, hvis egentlige Væsen endnu er os ubekjendt; den kjendes kun af sine Virkninger.

Grækerne havde alt 600 Aar f. Kr. bemærket, at naar Rav blev gnedet med et Stykke Klæde, tiltrak det smaa Papyrusstumper. Omtrent 1600 Aar efter Kr. opdagedes, at Rav havde den Egenskab fælles med mange andre Stoffer, saasom Glas, Uld, Lak o. s. v. Den Kraft, disse Legemer saaledes udvise, kaldes Elektricitet efter det græske Navn for Rav: Elektron, og disse Legemer siges at være blevne elektriske.

Først senere (1733) blev man opmærksom paa, at der var to Slags Elektricitet, der da bleve kaldte Glas- og Lak-Elektricitet, idet man fandt, at naar saavel en Glasstang som en Lakstang bleve gnedne med Uld, vilde det elektriske Legeme, der blev tiltrukket eller frastødt af Glasstangen, blive frastødt eller tiltrukket af Lakstangen, og alle andre Legemer, der bleve elektriske ved Gnidning, virkede enten som Glas- eller Lakstangen. Senere opdagede man, at

Glasstangen under visse Omstændigheder ogsaa kunde faa Lak-Elektricitet, naar den f. Ex. blev gneden med Katteskind, og man trængte derfor til nye Betegnelser.

Det var først Franklin, der (1747) indførte Benævnelserne: positiv Elektricitet for den, der udvikles, naar Glas gnides med Silke, og negativ for den, der fremstaar, naar Lak gnides med Uld.

I følgende Række: Katteskind, Glas, Uld, Fjer, Papir, Silke, Lak, Harpix, vil ethvert Legeme blive positiv elektrisk ved at gnides med et efterfølgende og negativ elektrisk ved at gnides med et foregaaende Led i desto højere Grad, jo længere de staa fra hinanden i Rækken. Gnides saaledes Glas med Silke, bliver Glasset positiv og Silken negativ elektrisk; gnides Lak med Uld, bliver Lakken negativ og Ulden positiv elektrisk. Forskjellige Omstændigheder, navnlig Overfladens Beskaffenhed, kunne dog forandre et Legemes Plads i denne Række; saaledes bliver matslebet Glas negativ elektrisk ved Gnidning med Silke.

Man har senere fundet, at alle Legemer kunne ved Gnidning blive elektriske.

Man har villet forklare dette ved at tænke sig ethvert Legeme gennemtrukket af to fine, usynlige, vægtløse Materier, hvoraf den ene var det positiv, den anden det negativ elektriske Fluidum. Naar disse holde hinanden i Ligevægt (neutralisere hinanden), er Legemet uelektrisk; men saa snart Ligevægten mellem Legemets Molekyler (Smaadele) paa en eller anden Maade forstyrres, adskille de elektriske Fluida sig, og Legemet bliver elektrisk. Gnides f. Ex. to

Legemer mod hinanden, samler det ene Fluidum sig i det ene, det andet i det andet Legeme, og de to Legemer erholde modsat Elektricitet.

Ophænges to Korkkugler i Silketraade, og berøres de med gnedet Glas, ville de frastøde hinanden, og det Samme vilde have været Tilfældet, hvis de vare blevne berørte med gnedet Lak. Berøres derimod den ene Kugle med Glasset, den anden med Lakken, tiltrække de hinanden, og naar de komme hinanden tilstrækkelig nær, forsvinde de to Elektriciteter, idet de ophæve hinanden, hvis der var meddelt begge Kugler den samme Mængde Elektricitet. Dette er et praktisk Bevis for Hovedsætningen i Elektricitetslæren, nemlig den: at ensartede Elektriciteter frastøde hinanden, at uensartede tiltrække hinanden, og at de ophæve hinanden, hvis de findes i lige store Mængder.

Man ser tillige heraf, at Elektricitet virker paa Afstand.

Ifølge Coulombs Lov paavirke to elektriske Punkter hinanden med en Kraft, der er proportional med Produktet af deres Elektricitetsmængder og omvendt proportional med Kvadratet af deres indbyrdes Afstand, og det er en Tiltræknings- eller Frastødningskraft, efter som Punkternes Elektricitet er af modsat eller samme Slags.

2. Gode og slette Ledere.

Naar et uelektrisk Legeme bringes i Berøring med et elektrisk, meddeler dette en Del af sin Elektricitet til hint, men Evnen til hurtigt at afgive og

modtage Elektricitet er meget forskjellig. Berører man saaledes en elektrisk Metalplade med Fingeren, afgiver den øjeblikkelig al sin Elektricitet, medens en elektrisk Harpixonplade kun øjeblikkelig afgiver Elektriciteten paa det Sted, hvor den berøres. Man kalder Legemer efter dette Forhold til Elektriciteten gode Ledere eller slette Ledere, hvilke sidste undertiden kaldes Ikke-Ledere, hvad der er en fejl Benævnelse, da alle Legemer mer eller mindre lede Elektricitet. De slette Ledere kaldes ogsaa Isolatorer.

I følgende Række er hver enkelt Gjenstand en bedre Leder, altsaa en slettere Isolator, end hver af de efterfølgende.

Gode Ledere.	Slette Ledere.
Sølv,	Fede Olier,
Kobber,	Kalk,
Guld,	Tørt Træ,
Zink,	Porcellæn,
Platin,	Læder,
Jærn,	Tørt Papir,
Tin,	Horn, Fjer, Uld, Haar,
Bly,	Silke,
Kviksølv,	Glas,
Udglødet Kul,	Stenkul,
Koncentreret Syre,	Vox,
Fortyndet Syre,	Lak,
Saltopløsning,	Svovl,
Søvand,	Harpix,
Regnvand,	Rav,
Levende Planter,	Schellak,
Hamp,	Guttaperka,
Levende Dyr,	Kautschuk,
Vanddampe,	Paraffin,
Fugtig Jord,	Ebonit,
Fugtige Stene.	Tør Luft.

Naar et godt ledende elektrisk Legeme sættes i Forbindelse med Jorden ved en god Leder, mister det saa godt som øjeblikkelig hele sin Elektricitet, idet Jorden, der er en god Leder af overordentlig Størrelse, optager i sig Legemets hele Elektricitet uden selv at blive elektrisk i nogen iagttagelig Grad; ønskes Elektriciteten bevaret, maa Legemet derfor isoleres fra Jorden, f. Ex. ved en tør ferniseret Glasstang, omgivet af tør Luft.

3. Elektrisk Spænding (Potential) og Tæthed.

To Legemer, som ere ladede med ensartet Elektricitet, udføre et Arbejde, idet de fjærne sig fra hinanden, medens der udkræves et Arbejde for at nærme dem til hinanden. Ere de ladede med modsat Elektricitet, er det Omvendte Tilfældet. Arbejdets Størrelse voxer eller aftager med Kraften, hvormed Legemerne paavirke hinanden, og antages det ene Legeme at indeholde Enhed af Elektricitetsmængde, bliver Arbejdet ifølge Coulombs Lov proportionalt med det andets Elektricitetsmængde. Det Arbejde, som udkræves for at føre Enheden af positiv Elektricitet fra Jorden til Legemet, kaldes dettes elektriske Spænding eller Potential, idet Jordens Spænding sættes lig Nul. Spændingen er positiv eller negativ, alt efter Beskaffenheden af Legemets Elektricitet, og et negativ elektrisk Legeme har da lavere Spænding end et positiv eller et svagere negativ elektrisk Legeme. Ligesom der, naar to Legemer med forskjellig Temperatur sættes i Forbindelse med hinanden, finder en Overgang af Varme Sted fra det ene til det andet, indtil

Temperaturforskjellen er udjævnet, saaledes stømmer der, naar to elektriske Legemer sættes i ledenle Forbindelse med hinanden, positiv Elektricitet fra Legemet med højere Spænding til det med lavere og negativ Elektricitet fra Legemet med lavere Spænding til det med højere, indtil begge faa samme Spænding; er det ene Legeme Jorden, bliver det andets Spænding følgelig Nul. Det er saaledes Spændingsforskjellen mellem Legemerne, som foraarsager, at Elektriciteten bevæger sig fra det ene til det andet. I enhver Leder, hvor Elektriciteten er i Hvile, maa Spændingen paa Grund af, hvad der ovenfor er udviklet, overalt være den samme.

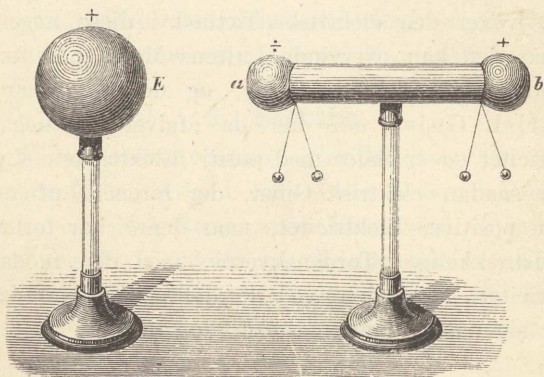
Anderledes forholder det sig med den elektriske Tæthed σ : Mængden af Elektricitet paa en Fladeenhed af Legemet. Da ensartede Elektriciteter frastøde hinanden, maa den Elektricitet, der meddeles et Legeme, drives ud til Legemets Overflade, saa at Tætheden i Legemets Indre vil være Nul, og Tætheden f. Ex. paa en hul Metalkugle være den samme som paa en fuld Kugle med samme Diameter, naar man har meddelt dem lige store Elektricitetsmængder. Den elektriske Tæthed er paa et uregelmæssigt Legeme forskjellig for hvert Punkt af Overfladen; i en Spids bliver Tætheden meget stor, saa at Elektriciteten, der stræber at slippe bort fra hvert Punkt paa Legemets Overflade i en Mængde, som er proportional med Tætheden i dette Punkt, lettere undviger fra en Spids end fra et hvilket som helst andet Punkt paa Legemet. Jo flere Spidser et Legeme har, desto hurtigere taber det derfor sin Elektricitet, hvilket først blev

paavist af Franklin, Lynaflederens Opfinder. Naar Luftlaget i Nærheden af en Spids meddeles Elektricitet fra denne, bortstødes det af Spidsen og erstattes af et nyt Luftlag; der fremkommer derved en Luftbevægelse, som han bøje Flammen paa et Lys, ja selv slukke Lyset. Det elektriske Vindfang, der gaar rundt, naar der meddeles det Elektricitet, er grundet paa samme Princip.

En ladet Leder taber, selv om den er isoleret, efterhaanden sin Elektricitet, dels gennem det isolerende Underlag, da alle Legemer ere noget ledende, dels gennem den omgivende Luft, som bliver elektrisk ved Berøring og bortstødes for at give Plads for nye Luftlag o. s. v. Ad denne Vej udlades omtrent Halvdelen af Elektricitetsmængden i hver Time, naar Lederen ikke har Spidser eller skarpe Kanter, og endnu mere, hvis den har saadanne.

4. Elektrisk Fordeling.

Naar man til et Legeme *E*, Fig. 1, ladet med
Fig. 1.

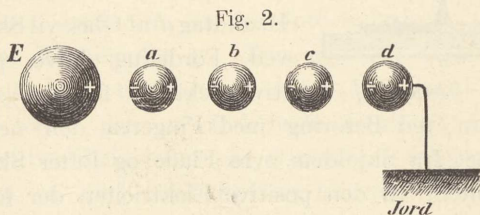


f. Ex. positiv Elektricitet, nærmer en isoleret Leder a b , bliver denne elektrisk — i desto højere Grad, jo mere den nærmes til E —, idet negativ Elektricitet drages til a , hvor den bliver bunden af den positive Elektricitet i E , medens den positive Elektricitet i a b , der frastødes til b , siges at være fri og kan afledes gennem en Metalkjæde til Jorden, hvorved tillige den negative Elektricitet ved a voxer. Borttages Kjæden, er a b bleven negativ elektrisk, og vedbliver at være det, naar E fjærnes, uden at denne har afgivet nogen Elektricitet, idet Elektriciteten ikke er fremstaaet ved Meddeling, men ved elektrisk Fordeling, ogsaa kaldet Influens eller undertiden statisk Induktion.

Nærmer a b til E , fremstaar der, som anført, negativ Elektricitet ved a og positiv ved b , og Hylde-marvskugler, ophængte ved a eller b , frastøde hinanden med en Kraft, der bliver lig Nul henimod Lederens Midte, dog nærmere a end b ; Kuglerne ved a og b nærme sig igjen hinanden, efterhaanden som a b fjærnes fra E . Nærmer derimod a b bestandig mere til E , voxer den elektriske Tæthed i disse Legemer, og naar den kan overvinde Luftens Modstand, forene de modsatte Elektriciteter sig, og der fremstaar en elektrisk Gnist; a b har da afgivet sin negative Elektricitet og er ladet med positiv Elektricitet. Lynet er en saadan elektrisk Gnist, der forener Luftens, i Reglen positive, Elektricitet, naar denne har fortættet sig tilstrækkelig i Tordenskyerne, med den modsatte Elektricitet, som den ved Fordeling har fremkaldt under sig paa den nærmeste Jordoverflade.

5. Elektricitetens Forplantning.

Haves en Række ledende Kugler i nogen Afstand fra hinanden, Fig. 2, og nærmes et elektrisk Legeme

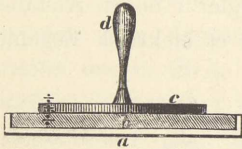


til Kuglen *a*, fremstaar i Kuglerne den foran omtalte elektriske Fordeling, og ere Kuglerne hinanden tilstrækkelig nær, forene de modsatte Elektriciteter sig fra Kugle til Kugle, og den positive Elektricitet afledes til Jorden, hvis *d* sættes i ledende Forbindelse med denne. Da nu ethvert ledende Legeme kan betragtes som en uendelig Mængde nær ved hinanden værende ledende Molekyler, kan man betragte Elektricitetens Forplantning som en fra Molekyle til Molekyle fremskridende elektrisk Fordeling af positiv og negativ Elektricitet og en umiddelbar herpaa følgende Forening af Atomernes modsatte Elektriciteter.

6. Elektrofor.

Elektroforet dannes af en Metalskaal *a*, Fig. 3, hvori findes en Kage *b* af en slet Leder, i Reglen af Ebonit. Gnides Kagen med Katteskind, bliver Eboniten negativ elektrisk og frembringer en elektrisk Fordeling i Metalskaalen, hvis negative Elektricitet bortledes til Jorden, medens den positive holdes bunden

Fig. 3.

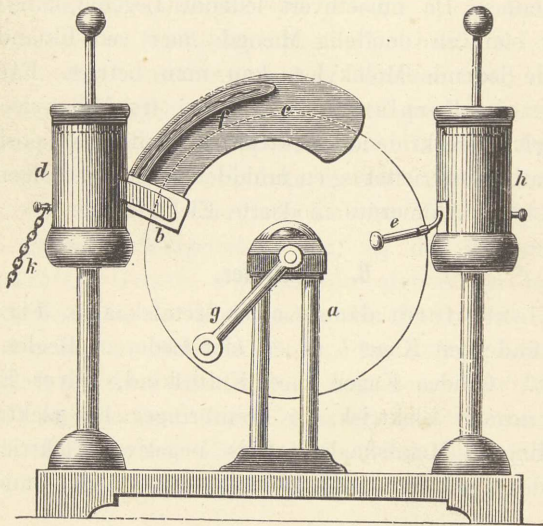


af Ebonitens negative. Sættes nu paa Eboniten en Metalplade *c*, Skjoldet kaldet, der er forsynet med et isolerende Haandtag *d* af Glas, vil Skjoldet ved Fordeling blive positiv elektrisk forneden, negativ elektrisk foroven. Bortleder man ved Berøring med Fingeren den negative Elektricitet fra Skjoldets øvre Flade og løfter Skjoldet fra Eboniten, vil den positive Elektricitet, der før var bunden af Ebonitkagens negative, nu blive fri i Skjoldet.

7. Elektricismaskine.

Elektricismaskinen bestaar sædvanlig af en rund Glasskive *a*. Fig. 4, som paa en Del af sin Om-

Fig. 4.

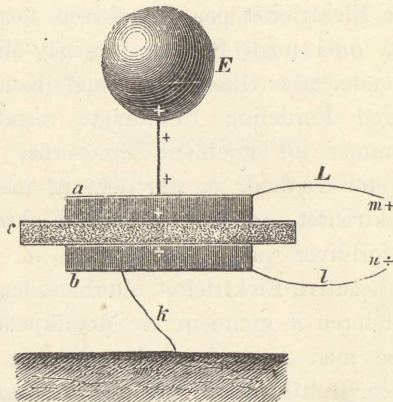


kreds er omgiven af et gaffelformet Træstykke *b*, der er foret med Læderpuder, overstrøgne med en Forbindelse af Tin og Kviksølv (Amalgam), og som danner det saakaldte Gnidetøj, der fatter let om Skiven *a*; denne kan drejes om en fra Jorden isoleret Axe ved Hjælp af Haandgrebet *g*. Den negative Elektricitet i Gnidetøjet ledes til Konduktoren (Messingcylinderen) *d*, der hviler paa en isolerende ferniseret Glasfod. Den positive Elektricitet paa Glasskiven forplanter sig igjennem en med nogle Spidser forsynet Metalbøjle *e* til en lignende paa Glasfod anbragt Konduktor *h*, idet den ved Fordeling frembragte negative Elektricitet strømmer ud igjennem Spidserne, hvor den opnaar en stor Tæthed, og forener sig med Skivens positive Elektricitet, medens positiv Elektricitet fra stødes og forbliver paa Konduktoren *h*. Naar nu Gnidetøjets negative Elektricitet efterhaanden bortledes ved at Cylinderen *d* gennem en Metalkjæde *k* sættes i Forbindelse med Jorden, samler der sig bestandig mere og mere, indtil en vis Mængde, fri positiv Elektricitet i Konduktoren *h*. Er Tætheden bleven tilstrækkelig stor, overvinder Elektriciteten Luftens Isolationsevne og strømmer ud i Luften, og findes der en god Leder i Nærheden, kunne ved store Maskiner elektriske Gnister springe over, selv i en Afstand (med en Slagvidde) af indtil flere Fod. For at forhindre, at Glaspladen skal tabe meget af sin Elektricitet til den omgivende Luft, overdækkes en Del af Glaspladen med et Hylster *c* af Voxtaft, der fastholdes ved Metalfjedrene *f*.

8. Kondensator.

En Kondensator, Fig. 5 — Ladningstavle, Franklinstavle —, der tjener til at samle en stor Mængde Elektricitet paa en lille Flade, dannes i Almindelighed af 2 Metalplader *a* og *b*, adskilte ved et isolerende Lag *c* af Luft eller bedre af Glas, Kaut-

Fig. 5.



schuk eller Guttaperka. Sættes nu Pladen *a* i ledende Forbindelse f. Ex. med en Elektricismaskines Konduktor *E*, ladet med positiv Elektricitet, bliver *a* positiv elektrisk og tiltrækker ved elektrisk Fordeling den negative Elektricitet i Pladen *b*, fra hvilken den positive bortledes til Jorden. De modsatte Elektriciteter tiltrække hinanden saa stærkt, at de trænge til en vis Dybde ind i det isolerende Lag *c*, og er dette meget tyndt, kunne de endog forene sig gjennem samme. Jo nærmere Pladerne ere hinanden, desto mere Elektricitet kan *a* binde i *b*, og *b* altsaa igjen i

a , i hvilken foruden denne bundne (latente) Elektricitet tillige vil findes nogen fri positiv Elektricitet, der voxer, indtil den naaer samme Spænding som i E , og Kondensatoren siges da at være ladet.

Hvis Kjæden k er borttagen og a sættes ud af Forbindelse med E og berøres med Haanden, bortledes den frie positive Elektricitet og kun en mindre Mængde negativ Elektricitet kan nu holdes bunden i b , hvor der altsaa bliver negativ Elektricitet fri, der kan bortledes til Jorden ved Berøring med Haanden. Ved nu vechselvis at berøre Pladerne a og b . udlades Kondensatoren efterhaanden. Hvis man derimod, efter at have sat Pladerne ud af Forbindelse med Elektricitetskilden E og Jorden, forbinder a med en Leder L og b med en Leder l , samt nærmer disse Lederes Ender m og n saa nær til hinanden, at de modsatte Elektriciteter kunne forene sig, udlades Kondensatoren paa een Gang. Da Elektriciteten er trængt noget ind i det isolerende Lag, bliver der dog lidt Elektricitet tilbage, der først udlades ved gjentagne Gange at berøre m og n .

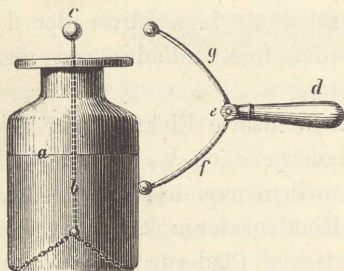
Det viser sig, at de modsatte Elektriciteter ikke findes samlede i Metalpladerne a og b , men derimod paa Sidefladerne af den mellemværende Plade c . Naar man nemlig, efter at Kondensatoren er ladet, ved isolerende Haandtag borttager Pladerne a og b , vil der i a kun findes en ringe Mængde positiv og i b en ringe Mængde negativ fri Elektricitet; men samles atter de tre Plader, anbringes derpaa Lederne L og l , og nærmes de til hinanden, faas som tidligere en elektrisk Gnist mellem m og n .

En Kondensators Ladningsevne (Kapacitet) voxer med Størrelsen af det isolerende Lags Overflade, men aftager, jo større Afstanden bliver mellem Pladerne. I øvrigt er Ladningen proportional med Spændingen i Elektricitetskilden og afhænger af det isolerende Lags Natur, ligesom ogsaa Varigheden af Elektricitetskildens Indvirkning ikke er ganske uden Betydning. Kondensationsevnen bliver vel større, efterhaanden som det isolerende Lag gjøres tyndere, men Laget kan let gjenembrydes, naar det er tyndt, og Ladningen bliver stor.

9. Leydnerflaske.

Leydnerflasken er en anden Form for Kondensatoren. En Glasflaske *a*, Fig. 6, beklædes indvendig og udvendig indtil et Par Tommer fra Halsen med Bladtin (Staniol)

Fig. 6.



og bestryges i øvrigt med Schellakfernis, der forhindrer, at der afsætter sig Fugtighed, som vilde bevirke en ledende Forbindelse mellem den indre og ydre Beklædning. Den indre Beklædning er ved en Kjæde sat i

Forbindelse med Messingstangen *b*, der gaar gennem den ferniserede Prop og foroven bærer en Metalknop *c*. Lades den indre Beklædning ved Hjælp af en Elektricer-maskine med *f*. Ex. positiv Elektricitet, vil denne til-

trække negativ Elektricitet i den ydre Beklædning, hvorfra den positive Elektricitet bortledes til Jorden gjennem en Leder.

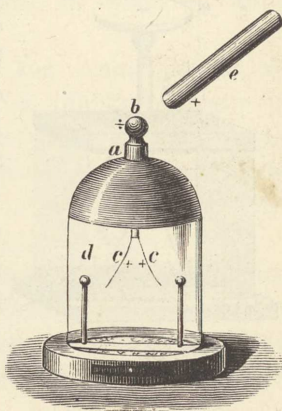
Man kan danne et elektrisk Batteri af Leydnerflasker ved at sætte disse paa et med Bladtin beklædt Brædt, hvorved de ydre Beklædninger forenes, medens de indre forbindes ved en Metaltraad, der snos om den fremstaaende Del af Messingstængerne *b*.

En Udlader kan bestaa af 2 Messingarme *f* og *g*, der ved et Metalled *e* ere forbundne med et isolerende Haandgreb *d*. Berøres da den ydre Beklædning af en ladet Flaske med den ene Arm af en saadan Udlader, vil der fremstaa en Gnist, saa snart den anden Arm nærmer sig tilstrækkelig nær til Knoppen *c*, og Flasken vil saaledes udlades.

10. Elektroskop.

Elektroskopet tjener til at vise, hvorvidt et Legeme er elektrisk. En Metalstang *a*, Fig. 7, der for oven bærer en Metalknop *b* og for nedent to Guldblade *c*, gaar gennem Laaget paa en Glaskasse *d*. Nærmes nu en positiv elektrisk Glasstang *e* til Knoppen *b*, vil der ved elektrisk Fordeling samle sig bunden negativ Elektricitet ved *b* og fri positiv Elektricitet ved *c*, hvor Guldbladene derfor slaa ud fra hinanden,

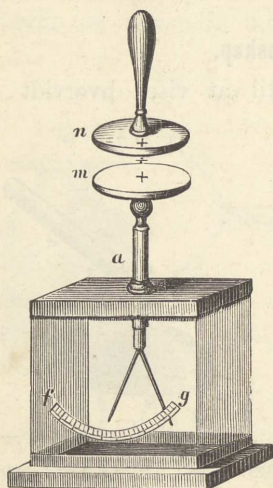
Fig. 7.



da de ere ladede med samme Slags Elektricitet; saa snart Glasstangen fjærnes, falde Guldblade sammen. Nærmes Glasstangen tilstrækkelig til *b*, forenes de i *b* og *e* modsatte Elektriciteter, og Guldblade meddeles positiv Elektricitet. Berøres derimod, inden Glasstangen fjærnes, Knoppen *b* med Fingeren, bortledes ikke den bundne negative, men den frie positive Elektricitet, og Guldblade falde sammen; naar nu Glasstangen borttages, slaa Guldblade igjen ud fra hinanden, men denne Gang paa Grund af negativ Elektricitet, hvormed de ere ladede.

Er det Elektricitet med ringere Spænding, der skal paavises, benyttes et Elektroskop i Forbindelse med en Kondensator (Volta's Elektroskop), Fig. 8, hvis isolerende Lag maa være meget tyndt paa Grund af Elektricitets ringe Spænding, og Kondensatoren bestaar derfor af to ferniserede Metalplader, hvoraf den nederste anbringes paa Metalstangen *a*. Naar f. Ex. den positive Elektricitet fra en Elektricitetskilde med ringe Spænding ledes til Pladen *m*, vil der finde en elektrisk Fordeling Sted i Pladen *n*, og bortledes fra denne med Fingeren den positive Elektricitet, vil den negative kunne holde en større Mængde positiv bunden i Pladen *m*, hvor

Fig. 8.



der da efterhaanden vil opsamles saa megen Elektricitet, at Guldblade giv Udslag, naar n fjærnes.

Elektroskopet kan anvendes til at undersøge, hvilken Art Elektricitet der findes i et Legeme, hvis det i Forvejen er ladet med bekjendt Elektricitet.

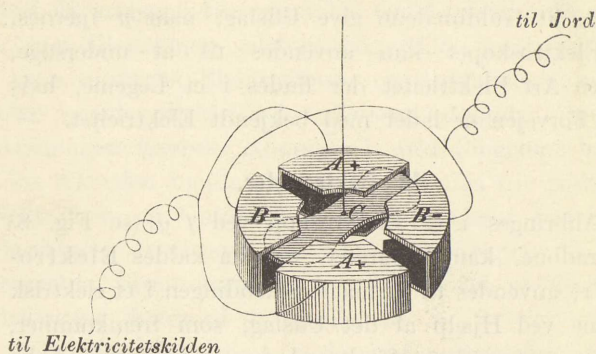
11. Elektrometer.

Anbringes i et Elektroskop ved $f g$ (se Fig. 8) en Gradbue, kan Apparatet, der da kaldes Elektrometer, anvendes til at maale Spændingen i et elektrisk Legeme ved Hjælp af det Udslag, som fremkommer, naar man fører en Metaltraad fra et hvilket som helst Punkt i Legemet til Apparatet, der da skal staa saa langt borte, at der ikke kan iagttages nogen elektrisk Fordeling. Elektrometret faar da samme Spænding som Legemet, og Udslaget afhænger af Størrelsen af den Guldblade meddelte Elektricitetsmængde, der er proportional med Spændingen. Man maa i Forvejen ved Forsøg have dannet sig en Tabel over de Udslag, som svare til forskjellige med en vilkaarlig Enhed maalte Spændinger.

Den elektriske Tæthed kan ogsaa maales ved Elektrometret, idet man med en lille Prøveskive — et rundt Guldblade paa en isoleret Stang — fladt berører det Sted af Legemets Overflade, hvis Tæthed skal bestemmes, og ved Elektrometret maaler den Elektricitetsmængde, som Skiven har modtaget.

Som Elektrometer kan ogsaa benyttes en Snoningsvægt, f. Ex. det af den bekjendte engelske Fysiker William Thomson konstruerede Kvadrant-Elektrometer. En let Naal (Fig. 9) af Aluminium C og

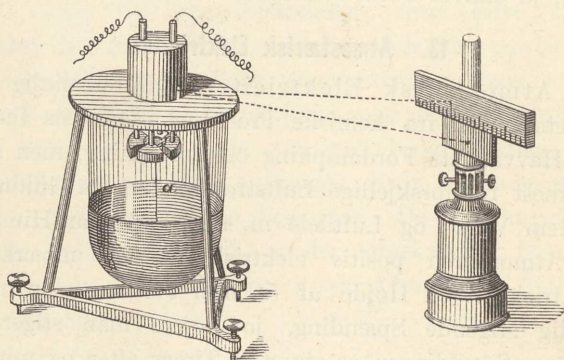
Fig. 9.



af Form som et 8 Tal er ophængt i et Silkespind, saa at den kan dreje sig i et horisontalt Plan inden i en flad, vandret stillet Metaldaase, der ved to lodrette Snit er delt i fire Kvadranter *A* og *B*. De to Kvadranter, der ligge overfor hinanden, ere ledende forbundne. Den bevægelige Naal lades med en bekjendt Elektricitet, f. Ex. ved at en til Naalen fastgjort Platinspids *a* (Fig. 10) dyppes i koncentreret Svovlsyre, der træder i Stedet for den indre Belægning i en Leydnerflaske og hvortil Ladningen føres; det ene Par Kvadranter knyttes til Jord — deres Spænding bliver altsaa Nul — det andet Par Kvadranter sættes ved en lang og tynd Traad i Forbindelse med den Elektricitetskilde, hvis Spænding skal maales, hvorved de erholde samme Spænding som denne. Den ladede Naal vil nu tiltrækkes eller frastødes af de med Elektricitet ladede Kvadranter, eftersom Naalens Ladning er af modsat eller samme Natur som Kvadranternes, med en Kraft, som ifølge Coulombs Lov er proportional

med Produktet af Naalens og Kvadranternes Elektricitetsmængder, der atter ere proportionale med deres Spændinger. Kraften modarbejdes af Ophængningstraadens Snoningsmodstand, saa at Naalen vil komme til at indtage en bestemt Stilling — fjærne sig en vis Vinkel fra Nulpunktet, der befinder sig midt imellem en ladet

Fig. 10.



og uladet Kvadrant — i hvilken Stilling de to Kræfter holde hinanden i Ligevægt. Ved smaa Udslag, der kun kunne aflæses ved Hjælp af Spejl, som i Spejlgalvanometret (se § 35), er Udslaget proportionalt med Kraften og altsaa, naar Naalens Ladning er konstant, proportional med Kvadranternes eller vedkommende Elektricitetskildes Spænding.

Man kan med et saadant Apparat (Fig. 10) maale Spændinger, der ere mere end 100 Gange mindre end Spændingen i et almindeligt galvanisk Element (se § 64).

12. Mekaniske Aarsager til Elektricitet.

At mekaniske Aarsager kunne frembringe Elektricitet, ser man i Fabrikker ved Remskiver, eller hvor f. Ex. Kautschuk eller Papir presses frem mellem svære Valser, idet der under dette stærke Tryk fremstaar Elektricitet, der kan vise sig som stærke Gnister. Paa samme Maade fremkalder Dampudstrømning, Spalting, ja enhver Formforandring Elektricitet.

13. Atmosfærisk Elektricitet.

Atmosfærisk Elektricitet hidrører mulig fra Vegetationen, fra kemiske Processer i Jordens Indre, fra Havvandets Fordampning og Fortætning, men dog nærmest fra forskellige Luftstrømninger, fra Gnidning mellem Vand- og Luftdele m. m. Ved klar Himmel er Atmosfæren positiv elektrisk, næsten umærkelig elektrisk til en Højde af 5' over Jorden, men med stadig stigende Spænding, jo højere man stiger til Vejrs. Spændingen er størst 2 Timer efter og mindst 2 Timer før Sol-Opgang og Nedgang, og der synes om Dagen at være en opadgaaende, om Natten en nedadgaaende elektrisk Strøm gennem Luftlagene, hvilket Alt beror paa Vanddampenes Bevægelse. Skyerne ere i Reglen positiv elektriske, og de bevirke ligesom den øvrige Atmosfære en Fordeling af Jordens Elektricitet; ved en pludselig Forening af Atmosfærens og Jordens modsatte Elektriciteter fremstaar Lynet. Slaar dette ned i eller ved en Telegrafledning, vil det, naar der ikke er truffet Sikkerhedsforanstaltninger, kunne ødelægge Ledning og Stationer. Tordenvejr, selv i 60—80 Mils Afstand, kan spores paa en Stations Apparater,

idet den elektriske Fordeling, som Tordenskyerne og de fjærne Lynnedslag bevirke, i høj Grad forulemper Telegraferingen.

De Lynafledere, som benyttes for at sikre Stationerne mod Lynets skadelige Virkninger, hvile paa det Princip, at den atmosfæriske Elektricitet ligesom Gnidningselektriciteten vælger den korteste Vej, idet den springer over som Gnist fra Leder til Leder.

Ikke blot Telegrafstationer, men selve Linien sikres undertiden ved Lynafledere, idet der paa enkelte Telegrafstænger fastslaas en Jærnstang, hvis øverste Ende er tilspidset og anbragt nær under Ledningen, og hvis nederste Ende gaar ned i den fugtige Jord. Lynafledere bør altid anbringes, hvor en underjordisk eller undersøisk Linie begynder. Da Telegraftraaden leder Luftelektriciteten, er der foreskrevet i Frankrig, at Traaden skal holdes i en Afstand af 300' fra Krudttaarne.

II. Galvanisme.

(Dynamisk Elektricitet.)

14. Frembringelse af galvanisk Strøm.

Galvanismen blev opdaget 1790 af Galvani, Professor i Bologna, som bemærkede, at der fremstod Trækninger i nogle Frølaar, der ophængtes i Kobberkroge paa et Jærngitter, naar Vinden førte dem mod dette. Dette gav Volta (Aar 1793) Anledning til

Undersøgelser, hvis Resultat han antog var, at to forskellige Legemer, i Særdeleshed Metaller, der kom i Berøring med hinanden, bleve begge elektriske ved den blotte Berøring, og den elektriske Spændingsforskjel eller den elektromotoriske Kraft afhang af Metallernes Natur.

I følgende Række ere Ledere, der blive elektriske ved at bringes i eller især ud af Berøring med hinanden (Elektromotorer), ordnede saaledes, at enhver af dem bliver positiv elektrisk ved at bringes i Berøring med en efterfølgende, negativ elektrisk ved at bringes i Berøring med en foranstaaende Leder:

Zink, Bly, Tin, Jærn, Aluminium, Vismut, Antimon, Kobber, Sølv, Guld, Platin, Kul.

Spændingsforskjellen bliver desto større, jo længere Lederne staa fra hinanden i Rækken, og bliver altid lige stor mellem de samme to Ledere; den er derimod uafhængig af den større eller mindre Spænding, hver Leder faar ved Berøringen, ligesom ogsaa af Berørings-tiden og Størrelsen af Lederne og deres Berøringsflader. Spændingsforskjellen er derfor lige stor, om Lederne berøre hinanden direkte eller kun ere forenede ved en Metaltraad, medens denne dog vil yde en større Modstand imod Elektricitetens Bevægelse, end naar Lederne berøre hinanden umiddelbart.

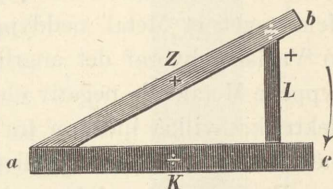
For vedblivende at frembringe Elektricitet antages det ikke længer, at en blot Berøring er tilstrækkelig; men man antager med Faraday, at der hertil udfordres en kemisk Virksomhed.

Den galvaniske Kjedede lukkes først, og der dannes først et galvanisk Element, naar en fugtig

Leder *L* (en Vædske), Fig. 11, f. Ex. en Papskive, dyppet i fortyndet Svovlsyre, anbringes mellem Zinken og Kobberet og fremkalder en kemisk Virksomhed mellem Vædsken og Metallerne og da særlig Zinken, hvorved disse blive negativ elektriske, medens Vædsken bliver positiv elektrisk.

Derved fremstaar der en galvanisk Strøm, og den positive Elektricitet, der udvikles i Vædsken ved Sammenstødsfladen med Zinken, gaar gennem den fugtige

Fig. 11.



Leder til Kobberet og fra Kobberet gennem Berøringsstedet *a* eller en Ledningstraad til Zinken, medens den negative Elektricitet, der udvikles i Zinken ved Sammenstødsfladen med Vædsken, gaar gennem Zinken, eventuelt Traaden, Kobberet og den fugtige Leder tilbage til Zinken. De to Elektriciteter vilde udjævne hinanden, og Strømmen vilde snart ophøre, hvis der ikke ved den fugtige Leders kemiske Virksomhed altid udvikledes ny Elektricitet.

Naar man taler om en galvanisk Strøms Retning, menes altid den Retning, hvori den positive Elektricitet bevæger sig, hvilken gennem Ledningstraaden udenfor den fugtige Leder er fra Kobber til Zink, medens den negative Elektricitet bevæger sig fra Zink til Kobber gennem Traaden.

At Strømmen virkelig hidrører fra en kemisk Virksomhed, kan vises ved at dyppe en Blyplade og en Kobberplade, forenede ved en Metaltraad, i

Svovlkalium, der stærkest angriber Blyet, gjør dette negativ elektrisk, bliver selv positiv elektrisk og bevirker en Strøm gennem Metaltraaden fra Kobber til Bly. Derpaa dyppes Pladerne i Salpetersyre, der angriber Kobberet stærkest, gjør dette negativ elektrisk, bliver selv positiv elektrisk og bevirker en Strøm gennem Metaltraaden fra Bly til Kobber. Naar i det Hele taget et Metal neddyppes med sin ene Ende i en Vædske, hvoraf det angribes, bliver den ikke neddyppede Metalende negativ elektrisk og Vædsken positiv elektrisk, hvilket hidrører fra den kemiske Virksomhed, Vædsken udøver paa Metallet.

En Opløsning af fortyndet Svovlsyre eller Salpetersyre indvirker i en lukket elektrisk Kjæde stærkt paa Zink, mindre paa hvert følgende Led i den foran anførte Metalrække og slet ikke paa de ædle Metaller og Kul. Zink og Kul give saaledes med disse Vædsker størst Forskjel i kemisk Virksomhed og derved størst Spændingsforskjel. Denne hidrører fra Zinkens Iltning og Opløsning i Syren, medens Kullet nærmest kun virker som Leder.

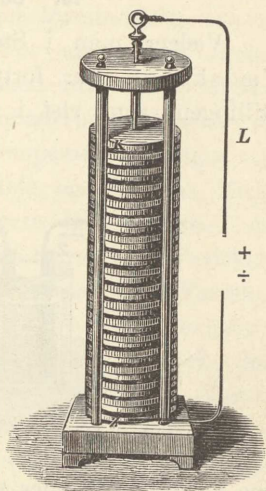
15. Volta's Søjle.

Volta's Søjle eller Kjæde, Fig. 12, dannes af Pladepar af Kobber og Zink, imellem hvilke indlægges en fugtig Leder, bestaaende af Filt, Klæde eller Pap, dyppet i Vand, der for at forøge den kemiske Virksomhed indeholder noget Kogsalt eller fortyndet Svovlsyre. Søjlen bestaar saaledes af Zink, fugtig Leder, Kobber, Zink, fugtig Leder, Kobber, osv. Kobber er Søjleens positive, Zink dens negative Pol, og Spændingen i

Ledningstraaden L voxer med Pladeparrenes Antal.

Erholder Zinken ved Berøring med Vædsken en Spænding $\div E$, og Vædsken en Spænding $+ E$, da vil, naar Zinken i det nederste Pladepar sættes i Forbindelse med Jorden, dens Spænding blive = Nul, og Spændingen i Vædsken blive $+ 2 E$. Faar nu Vædsken ved Berøring med Kobberet en Spænding $+ E'$, og Kobberet en Spænding $\div E'$, saa at Forskjellen i Spændingen er $\div 2 E'$, naar Vædskens Spænding er = Nul, vil Spændingen i Kobberet her være $2 E \div 2 E'$, der sættes = $2 e$; er Pladeparrenes Antal n , bliver Spændingen i det sidste Pladepar = $2 n e$. Sættes det nederste Pladepar ikke i Forbindelse med Jorden, bliver Spændingen ved Søjlens øvre og nedre Ende henholdsvis $+ n e$ og $- n e$, og Spændingsforskjellen mellem Enderne, Polerne, altsaa $2 n e$. Denne er afhængig af Metallernes og Vædskens indbyrdes kemiske Virksomhed og ikke af Pladernes Størrelse. Eftersom imidlertid Pladernes Overflade voxer, formindskes Modstanden, hvorved Strømstyrken, \circ : den Mængde Elektricitet, der strømmer gennem Ledningstraaden L i 1 Sekund, naar Kjæden lukkes, forøges.

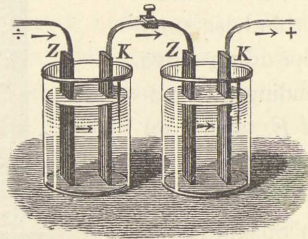
Fig. 12.



16. Galvanisk Batteri.

Vælger man i Stedet for en fugtig Leder en Vædske, f. Ex. fortyndet Svovlsyre, er Sammenstillingen, som vist i Fig. 13, idet Kobberet i det

Fig. 13.



ene Element forenes ved en Kobbertraad med Zinken i det andet Element, og flere Elementer kunne sammenstilles til et Batteri. Den positive Strøm gaar gennem Vædsken fra Zink til Kobber, men gennem Kobbertraaden fra Kobber til Zink. Kobberet benævnes derfor Elementets positive, Zinken dets negative Pol.

17. Den kemiske Virksomhed i Elementet.

Den elektriske Strøm i Elementet sonderdeler Vandet i Opløsningen, hvori Metallerne ere anbragte, i dets Bestanddele, Ilt og Brint. Ilten vil gaa til det Metal, hvorfra den positive Strøm træder ind i Vædsken, altsaa i det i § 16 omtalte Element til Zink, og Brinten til det andet Metal, altsaa til Kobber. Herved bliver Zinken overtrukket med et Lag Zinkilte, og Kobberet med et Lag Brint, hvilket bevirker

en Strøm i modsat Retning af den oprindelige, hvis Strømstyrke derved bliver meget formindsket, saa at Batteriet ikke er konstant. For at undgaa denne Polarisation — der voxer med Strømmens Styrke og Varighed samt med Metalpladernes Størrelse og Glathed, men aftager, naar Temperaturen stiger — maa man modarbejde Metaliltets og Brintens Virkninger. I Stedet for de tidligere Batterier med én Vædske, fremstaa derfor Batterier med to Vædsker. Som ledende Vædske om Zinken benyttes da en Vædske, der kan opløse Metaliltet (f. Ex. fortyndet Svovlsyre), medens Kobberet omgives med et iltrigt Stof, der gaar i Forbindelse med Brinten og danner Vand; begge Metalflader holdes saaledes rene. Det iltrige Stof (Vædske eller fast Stof) maa imidlertid som Regel holdes adskilt fra Vædsken om Zinken, hvilket hyppig sker ved en porøs Lercylinder; hvert Element kommer da til at bestaa af to Beholdere, der dog gjennem den porøse Mellemvæg staa i Forbindelse med hinanden. Det var Daniell, der først sammensatte et saadant Element.

18. Daniells Element.

Daniells Element bestaar af Zink i fortyndet Svovlsyre eller Zinkvitriol, adskilt ved en Lercylinder fra Kobber i en koncentreret Opløsning af svovlsurt Kobberilte. Zinken iltes, og der dannes svovlsurt Zinkilte, der opløser sig; den svovlsure Kobberilte afiltes, saa at der afsætter sig metallisk Kobber paa Kobberpladen. For at holde Kobbervitriol-Opløsningen koncentreret, tilføjes Krystaller af svovlsurt Kobberilte

til Opløsningen. For at beskytte Zinken mod Svovlsyrens opløsende Virkning, naar Elementet ikke bruges, amalgameres den, \circ : overtrækkes med Kviksølv ved Neddypning i dette. Elementet kan ikke staa længe samlet, da Vædskerne indenfor og udenfor Lercylinderen i saa Fald ville blande sig. Sørger man derimod for, at saadant ikke sker, er det meget konstant og kan staa sluttet i rum Tid, uden at Strømstyrken forandres, saa at det kan bruges som Normal-Element. Skjøndt Elementet er omdannet og forbedret af Siemens-Halske, Meidinger, Callaud o. fl., har man dog nu til Telegrafbrug, hvor der ikke skal arbejdes med sluttet Strøm, tildels forladt dette Batteri for i Stedet at anvende Marié-Davys og Leclanchés, der have større elektromotorisk Kraft og mindre indre Modstand og derved give større Strømstyrke.

19. Andre Elementer.

Smee's Element bestaar af Zink og Platin eller platineret Kul i fortyndet Svovlsyre. Brintblæserne sidde kun løst paa Platinet, saa at Elementet er temmelig konstant, naar Strømstyrken kun er lille. Det bruges meget til Forsølvning.

Element med tvekromsurt Kali. Elementet bestaar af Zink og Kul i fortyndet Svovlsyre, der er mættet med tvekromsurt Kali. For at Zinken skal fortæres saa lidt som mulig, kunne Kul- og Zinkklodserne være saaledes anbragte, f. Ex. fastgjorte til en overliggende Træplade, at de let løftes ud af Vædsken, naar Batteriet ikke bruges. Eftersom Vædsken adskilles, bliver den mørkere; er den fra rødgul

bleven grønlig sort, kan den ikke længer benyttes. Elementet er temmelig konstant; det benyttes i Flaskeform meget i Medicinen, og i den nyeste Tid undertiden til elektrisk Belysning.

Bunsens Element bestaar af amalgameret Zink i fortyndet Svovlsyre, adskilt ved en porøs Lercylinder fra Kul i Salpetersyre eller i en Blanding af tvekromsurt Kali og fortyndet Svovlsyre. Det er det kraftigste Element, der kjendes; men Zinken angribes stærkt af Salpetersyre, der ved længere Brug af Elementet trænger ud gennem Lercylindren. De anvendte Syrer angribe Hud, Klæder osv. og udvikle tillige ildelugtende Dampe.

Marié-Davy's Element bestaar af Zink i Vand, skilt ved en porøs Lercylinder fra Kul i pulveriseret svovlsurt Kviksølvilte, udrørt i Vand. Det svovlsure Kviksølvilte afilteres ved den positive Pol, og Svovlsyren samt Kviksølvet trænge gennem Lercylindren til den negative Pol, hvor Zinken opløses af Svovlsyren og samtidig amalgameres af Kviksølvet, der skjærmer den mod utidig Fortæring. Elementet kan staa længe uden at fornyes; men det anvendte Kviksølsalt gjør det meget giftigt.

Leclanché's Element bestaar af amalgameret Zink i en Opløsning af Salmiak (Klorammonium), adskilt ved en porøs Lercylinder fra Kul i en med Salmiakopløsning befugt Blanding af lige Dele Retortkul og grovt pulveriseret Brunsten. Strømmen bevirker, at Salmiak deles, idet der danner sig Klorzink ved den negative Pol og Ammoniak ved den positive Pol, hvor Brunstenen afgiver Ilt. Er der ingen Strøm,

findes ingen kemisk Virksomhed, altsaa ingen Angriben af Elementets Zink. Elementet er billigt, temmelig kraftigt og udmærket holdbart; det benyttes derfor i vid Udstrækning til Husbrug, Telefoner og Telegrafer. I den nyeste Tid er den i Ler-cylinderen anbragte Blanding af Kul og Brunsten erstattet af en eller flere Plader, dannede af en lignende Blanding, der ved Tryk og Varme sammenpresses i en Form; disse Plader fastholdes om Kulstangen ved Kautschuk-ringe. Da Ler-cylinderen nu kan undværes, er Modstanden i Elementet mindre, saa at det bliver kraftigere.

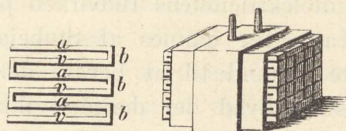
Lalandes Element bestaar af Zink og Jærn eller Kobber i en Opløsning af 1 Del Kali i 2 Dele Vand; Zinken anbringes i Elementets øverste Del; paa Jærnet eller Kobberet lægges Kobberilte. Elementet er meget holdbart, temmelig konstant og har ringe Modstand; det kan bruges til at frembringe elektrisk Lys.

20. Thermoelektrisk Batteri.

En Strøm fremstaar, naar det ene Berøringssted mellem to Metaller, forenede ved begge Ender, tilføres Varme. Man har, grundet herpaa, dannet et thermoelektrisk Batteri ved at sammenlodde lige store Stænger af Antimon og Vismut, eller af Svovlkobber og rent Kobber osv., saaledes som angivet i Fig. 14; opvarmes nemlig Loddestederne *b*, medens de andre Loddesteder holdes afkølede, opstaar der en Strøm fra Vismut *v* til Antimon *a*. der voxer med Temperaturforskjellen mellem de to Loddesteder. Da denne Strøm ved de samme to Metaller er meget

konstant ved samme Temperaturforskjel, benyttes et saadant Batteri hensigtsmæssig, naar det som ved forskjellige videnskabelige Undersøgelser kommer an paa at have en konstant Strøm.

Fig. 14.



I følgende thermoelektriske Række: Vismut, Platin, Bly, Jærn, Antimon, gaar Strømmen, naar to af Metalerne sammenføjes og opvarmes ved Sammenføjningen, fra det førstnævnte gennem Loddestedet til det sidstnævnte Metal.

Der fremstaar ogsaa en thermoelektrisk Strøm, begrundet paa Molekylernes forandrede indbyrdes Beliggenhed, f. Ex. naar man slaar en Knude paa en Metaltraad og opvarmer Traaden tæt foran Knuden.

III. Magnetisme.

21. Naturlige og kunstige Magneter.

Vi ville først kortelig omtale Magnetismen, der har faaet sit Navn af Magnesia, en By i Lilleasien, hvor man først blev opmærksom paa, at en derværende Jærnerts tiltrak smaa Stykker Jærn. Ertsen var kun magnetisk i Jordens Overflade, men ikke i det Indre af Lagene, og saadanne naturlige Magneter, der f. Ex. erholdes af Magnetjærnstenen i

Sverig, ere sandsynlig frémstaaede ved Lynets eller Luftelektricitetens Indvirken paa Ertsen. — Kunstige Magneter dannes af Støbejern eller Staal, der ene ere i Stand til at bevare den dem meddelte Magnetisme, hvad der derimod ikke er Tilfældet med det bløde Jærn. En lille, tynd Staal magnet benævnes ofte Magnetnaal.

22. Magnetnaalen.

I en Magnet findes i det mindste to Punkter, hvori Magnetkraften viser sig stærkest, og disse kaldes dens Poler; den ene Pol, der, naar Magneten op-hænges frit i sit Tyngdepunkt, paa Grund af Jordens magnetiske Tilstand viser mod Nord og bøjer sig nedad, kaldes Nordpolen, medens den anden, der viser mod Syd, kaldes Sydpolen. Begge Poler tiltrække og tiltrækkes af umagnetisk Jærn, men en Magnets Nordpol tiltrækker kun en anden Magnets Sydpol, medens den frastøder dens Nordpol. Mellem begge Poler findes et Ligevægtsrum, hvori Magneten ikke viser nogen Tiltrækning.

Magnetnaalens Stilling paa ethvert Sted af Jorden er bestemt saavel ved dens Deklinationvinkel — den Vinkel, som den lodrette Plan gennem Naalens magnetiske Axe danner med Stedets Meridianplan, hvilken er den Plan, der gaar igjennem Stedet og Jordens Axe — som ved dens Inklinationsvinkel, den Vinkel, som den danner med Stedets vandrette Plan; disse Vinkler ere underkastede daglige og aarlige Forandringer, men kunne for Tiden sættes til henholdsvis c. $11^{\circ} 18'$ Vest og c. $68^{\circ} 50'$.

Et Par med hinanden forbundne lige stærke Magnetnaale, der ere stillede saaledes, at deres ensartede Poler vende til modsatte Sider, danne en Dobbeltnaal eller en astatisk Naal, der først blev anvendt af Nobili. Jordmagnetismen vil frastøde den ene Naals Sydende lige saa meget, som den tiltrækker den andens Nordende, saa at Dobbeltnaalen bliver i Ro i en hvilken som helst Stilling, hvis den er fuldkommen astatisk og Naalene ligge i samme Plan.

De Punkter i Magnetten, der udøve den største Tiltrækning paa umagnetisk Jærn, eller Magnetens Poler, ligge i nogen Afstand fra Magnetens Ender; de ligge saaledes ved tynde, 7—8" lange Magneter, magnetiserede paa sædvanlig Maade, i en Afstand fra Enderne af $\frac{1}{5}$ af Magnetens Længde.

Naar en Magnet brydes i flere Stykker, er ethvert Stykke en selvstændig Magnet med to Poler.

En Magnetnaal kan kun optage i sig en vis Mængde af Magnetisme; en Naaletelegrafs Magnet er saaledes i Reglen mættet med Magnetisme, naar den kan bære et Jærn af samme Vægt, som den selv med Axe vejer.

Magneter, der ligge i vilkaarlige Retninger, blive let afmagnetiserede af Jorden, hvis de ikke forsynes med Ankre, saaledes som f. Ex. vist i Fig. 15.

De magnetiske Kræfter i to vandrette ensdannede Naale forholde sig omvendt som Kvadraterne af de Tider, hvori Naalen under Indflydelse af Jordmagnetismen udfører et vist Antal Svingninger; den Naal, der saaledes gjør 20 Svingninger i 5 Sekunder, er 4 Gange saa stærk en Magnet som den, der gjør det samme Antal Svingninger i 10 Sekunder.

23. Magnetismens Egenskaber.

Man har med Hensyn til Magnetismens Egenskaber fundet:

Alle Legemer, hvad enten de ere faste, flydende eller luftformige, paavirkes af Magnetisme, dog mangfoldige Gange mindre end Jærn og Staal paavirkes.

Nogle enkelte Legemer tiltrækkes af Magnetismen, saasom: Jærn, Kobolt, Nikkel og Ilt (ere paramagnetiske), medens de fleste andre frastødes af denne Kraft (ere diamagnetiske).

En Magnet gjør et Stykke blødt Jærn magnetisk, uden at den afgiver noget af sin Styrke.

En Magnetpol paavirker en anden Magnetpol med en Kraft, der forholder sig omvendt som Afstandens Kvadrat.

Den magnetiske Kraft aftager ved voxende Varme; men noget af Kraften kan vindes tilbage igjen ved Afkøling.

Den magnetiske Kraft aftager ved Snøning.

Uensartede Poler tiltrække hinanden stærkere, end ensartede frastøde hinanden, da enhver Pol søger at udvikle i en anden Pol en Magnetisme, der er modsat dens egen.

Magnetismen virker gennem ethvert umagnetisk (meget lidet magnetisk) Legeme; den kan saaledes virke gennem Træ paa en Magnet.

I Ligevægtsrummet paa en Magnet findes ingen fri Magnetisme, men Maximum af bunden Magnetisme. Den frie Magnetisme kan maales ved den Udsvingning, den kan bibringe en fritsvævende Magnet-

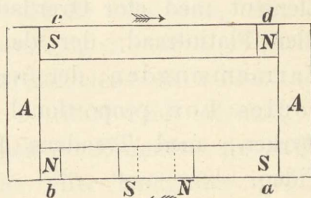
naal; den bundne ved den Induktionsstrøm, se § 43, den kan frembringe i en lukket Traadspiral.

24. Legemers Magnetisering.

- Staal og Jærn kunne blive magnetiske:
- ved Elektricitet, hvilket vi senere nærmere skulle omtale under Elektromagnetisme,
 - ved Stød og Slag i visse Stillinger under Jordmagnetismens Indflydelse, og
 - ved Strygning med en Magnet, hvis ene Pol føres flere Gange fra Jærnets (eller Staalets) Midte ud over dets ene Ende, og hvis anden Pol føres ligeledes flere Gange fra Midten ud over Jærnets anden Ende; den Ende af Jærnet, henimod hvilken man stryger med Magnetens Nordpol, bliver Jærnets Sydpol.

Vil man magnetisere Staalstængerne ab og cd , Fig. 15, med en Hestekomagnet, sættes denne paa ab med sin Nordpol ved a , naar man ønsker, at Stangen her skal have en Sydpol; man bevæger derpaa Hestekomagneten flere Gange rundt hen over Stængerne og Ankrene f. Ex. i Pilens Retning, og standser tilsidst paa en Stangs Midte; man vender derpaa Stængernes nederste Side opad, gjentager den nævnte Bevægelse med Magneten, og Stængerne faa da de i Figuren betegnede Poler.

Fig. 15.



Man kan tænke sig, at Jærnets og Staalets Mole-

kyler ere smaa Magneter, der i den sædvanlige Tilstand ere uordentlig lejrede saaledes, at de magnetiske Virkninger ophæves, medens Molekylerne ved Magnetiseringen — en Magnets eller en elektrisk Strøms Paavirkning — blive ordnede med de ensartede Poler i samme Retning, og disses Virkninger forstærke da hinanden. Efter Magnetiseringen vilde de modsatte Magnetkræfter ikke kunne holdes adskilte, naar ikke en vis indre Modstand, en Slags magnetisk Friktion, hindrede Magnetkræfternes Bevægelse. Denne Modstand findes kun i ringe Grad i det bløde Jærn, stærkest i hærdet Staal.

IV. Forskjellige Virkninger af Elektriciteten.

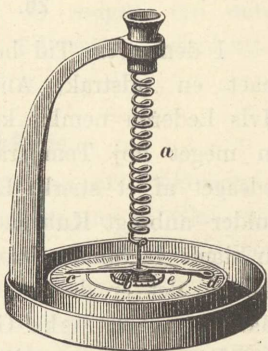
25. Varmevirkning.

Elektricitetens Varmevirkning, der fremtræder stærkere ved Galvanisme end ved Gnidningselektricitet, kan paavises ved at lede Strømmen fra et enkelt Element med stor Overflade gennem en tynd Jærn- eller Platintraad, der da vil bringes til at gløde. Varmemængden, der frembringes i Traaden, er ifølge Joules Lov proportional med Kvadratet af Strømstyrken, med Traadens Ledningsmodstand og med Tiden.

Bréguet har konstrueret et Apparat, der ved Hjælp af Varmevirkning paaviser Tilstedeværelsen og maaler Styrken af galvaniske Strømme. Det bestaar

af en Spiral *a*, Fig. 16, af 3 Metaller: Platin, Guld og Sølv, der udvide sig forskjellig ved Varmen og ere sammenloddede saaledes, at Spiralen aabner sig ved en forøget og lukker sig ved en formindsket Temperatur. Paa den nederste Ende *b* af Spiralen, der gaar ned i et Kar *e* med Kviksølv, anbringes en Viser *c d*, der bevæger sig hen over en inddelt Bue. Ved nu at lede en Strøm gennem Spiralen kan man af Strømmens Varmevirkning slutte sig til dens Styrke.

Fig. 16.



Man har ved en elektrisk Strøm bragt Metaltraad til at gløde og har anvendt glødende Platintraad til dermed at foretage kirurgiske Operationer i de bløde Dele af det menneskelige Legeme, saasom ved Bortskæring af Svulster, og man har benyttet glødende Jærntraad til dermed at gjennemsave store Træer.

Naar Polerne af et stort elektrisk Batteri eller en Elektricermaskine nærmes tæt til hinanden, ville de modsatte Elektriciteter forene sig i stærkt varmende og lysende Gnister. Man har saaledes med en Elektricermaskine sprængt en Mine i 12000 Fods Afstand, og med et Bunsensk Batteri paa 36 Elementer antændt i 6000 Fods Afstand 6 Miner efter hverandre med et Sekunds Mellemlum.

26. Lysvirkning.

I den nyere Tid har Elektricitetens Varmevirkning faaet en udstrakt Anvendelse til elektrisk Lys. Hvis Lederen nemlig kan taale at blive opvarmet til en meget høj Temperatur, vil dens Glødning være ledsaget af et stærkt Lys. Naar en i en lufttom Beholder anbragt Kultraad bringes til at hvidgløde af en stærk galvanisk Strøm, er den i Stand til at lyse stærkt; det er derfor en saadan, som anvendes i de saakaldte elektriske Glødelamper.

Passerer en stærk galvanisk Strøm gjennem to Kulstænger, hvis Ender mødes, ville disse ophedes stærkt, og der vil, naar de fjærnes lidt fra hinanden, vise sig mellem dem et stærkt Kullys, den saakaldte Voltas Bue eller elektriske Lysbue. Lyset hidrører kun fra Varmevirkningen og ikke fra nogen Forbrænding, da det viser sig saavel i det lufttomme Rum som under Vand. I Buen kastes glødende Kuldele over fra den positive Kulspids til den negative, hvorved den positive Spids fortæres omtrent dobbelt saa hurtig som den negative. Saadanne Kulspidser benyttes i det elektriske Buelys.

Springe elektriske Gnister fra en Metalleder til en anden i et Glasrør, hvoraf Luften efterhaanden udpumpes, voxe Gnisterne først i Længde, vise sig derpaa som et Lysneg udgaaende fra den positive Pol og forsvinde endelig ganske, naar al Luft er udpumpet. Lysets Farve afhænger dels af Lederens Natur, da noget af Lederen fordamper, dels af Gasarten, hvorigjennem den elektriske Strøm gaar; Ilt giver f. Ex.

en hvidblaa, Brint en rød Farve. I atmosfærisk Luft har Lyset ved den positive Pol en rødgul, ved den negative Pol en hvidblaa Farve. I Lyset vise sig Lag, vinkelrette paa Strømmens Retning.

27. Mekanisk Virkning.

Det er en mekanisk Virkning af Elektricitet, naar den elektriske Gnist slaar igjennem Glas og Papir, eller naar Lynet slaar gjennem et Hus, naar den galvaniske Strøm faar Magnetnaalen til at svinge ud eller overfører Stoffer fra den ene Pol til den anden o. s. v. Ligesom mekanisk Kraft, f. Ex. ved de elektriske Maskiner, som senere omtales, kan frembringe Elektricitet, saaledes kan Elektricitet omvendt frembringe mekanisk Kraft, hvorved fremstaar elektrisk Kraftforplantning.

28. Fysiologisk Virkning.

Fysiologisk Virkning viser sig stærkt, naar man f. Ex. omfatter med fugtige Hænder Polerne af et kraftigt Batteri med mange Elementer. Naar Strømmen lukkes, men især naar den aabnes, føler man en utaalelig Fornemmelse af Stød i Arm og Brænden i Bryst. — Interessante fysiologiske Forsøg ere blevne anstillede paa Dyr, og Elektricitet har været benyttet til Livsopvækkelse efter en for stærk Anvendelse af Kloroform.

29. Kemisk Virkning.

Den kemiske Virkning, der har stor Betydning for Tekniken, er allerede tidligere omtalt, idet det er

nævnt, at den elektriske Strøm, ledet gennem Vand, udskiller Ilt ved den negative og Brint ved den positive Pol. Dette blev paavist af Nicholson og Carlisle Aar 1800, samme Aar, Volta konstruerede sin Søjle.

Afbrydes en Ledningstraad, og sættes Enderne i Forbindelse med to Elektroder (o: Veje for Elektriciteten), f. Ex. to Platinplader, neddyppede i et Kar med Vand, hvori findes lidt Syre for at gjøre Vandet bedre ledende, gaar Ilten til den positive og Brinten til den negative Elektrode, og da disse Luftarter ikke forene sig med Platin, stige de til Vejrs og kunne samles i et Glas som Knaldgas. Naar en elektrisk Gnist ledes gennem Knaldgas, antændes denne, og Ilt og Brint forenes under Varmeudvikling med et stærkt Knald til Vand.

Da den udviklede Gasmængde staar i et aldeles bestemt Forhold til den Mængde af Elektricitet, der gaar gennem Ledningen, kan man ved et Voltmeter, der senere bliver nærmere omtalt, maale Elektricitetsmængden, idet man opsamler den udviklede Knaldgas i et inddelt Glasrør.

Det er ikke blot Vand, men de fleste sammensatte Legemer, der blive adskilte af den galvaniske Strøm; det var ved Hjælp af denne, at Davy i Begyndelsen af dette Aarhundrede adskilte Kali og Natron i deres Bestanddele og derved opdagede Kalium og Natrium. Den kemiske Virkning er ens overalt i Strømløbet, og i ethvert Element er den udviklede Strømstyrke ligefrem proportional med Forbruget af Metal og Syre. At sammensatte Stoffer adskilles, kan

tydelig paavises ved følgende Forsøg. Man opløser en Theskefuld svovlsur Natron i varmt Vand, farvet blaat ved lidt Rødkaalssaft (eller Lakmos), og helder Opløsningen i to Glas, forenede ved en ulden Traad, der hænger ned i de to Opløsninger. Naar nu et Batteris to Poler dyppes i de to Glas, samle Svovlsyre og Ilt sig i det ene Glas og farve Opløsningen rød, medens Natron og Brint eller Natrium og Vand samle sig i det andet Glas og farve Opløsningen grøn. Hældes de to Opløsninger sammen, bliver Farven igjen blaa, idet Svovlsyre igjen forener sig med Natron.

Galvanoplastiken, der opdagedes i 1836, grunder sig netop paa en lignende Adskillelse af det svovlsure Kobberilte, idet Svovlsyren og Ilten gaa i Retning af den negative Strøm, medens det metalliske Kobber gaar i Retning af den positive. Har man saaledes Zink i fortyndet Svovlsyre, adskilt ved en porøs Lercylinder fra et Metal, neddyppet i en koncentreret Opløsning af svovlsurt Kobberilte, saa vil, naar Metallet forenes med Zinken ved en Kobbertraad, metallisk Kobber udfælde sig paa det nedsænkede Metal.

Over Træsnit paa Klodser formes Guttaperka, hvis Overflade overstryges med Grafit, og herpaa udfældes Kobber (eller Jærn), hvorved erholdes en Cliché, der kan taale 80,000 Aftryk. Statuer eftergjøres, idet der anbringes i en Guttaperkaform, støbt over Statuen, et helt Skelet af Blystrimler, der danne den positive Elektrode, medens den negative fremstilles paa samme Maade, som ovenfor anført. Man kan ogsaa ad elektrisk Vej f. Ex. forzinke Jærntraad, fortinne Knappe-naale, fornikle, forsøve og forgyldte Metaller, ja Kurve,

Frugter og Blomster, naar disses Overflade først er gjort ledende.

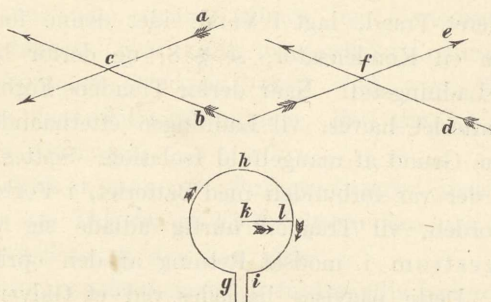
Paa Elektricitetens kemiske Virkning bero de saakaldte Akkumulatorer eller sekundære Batterier. Naar en elektrisk Strøm passerer to i fortyndet Svovlsyre anbragte Blyplader, vil den ene Plade blive iltet til Blyoverilte, den anden Plade vedblive at være metallisk. Afbrydes nu Strømmen, ville de to forskjelligt præparerede Plader — Blyoveriltet og det metalliske Bly — danne et Element; naar dettes Poler sluttes, iltes det metalliske Bly, og Blyoveriltet aflies til et lavere Ilte, idet der udvikler sig en Strøm i modsat Retning af den oprindelige. Virksomheden vil vedvare, indtil der ikke er mere Blyoverilte. Ledes nu atter en Strøm gennem Elementet, iltes det lavere Blyilte igjen, medens den anden Plade aflies, saa at Elementet atter bliver virksomt o. s. f. Ved Strømmens kemiske Virksomhed kan man altsaa paa en Maade «opsamle» Elektriciteten, hvoraf Navnet Akkumulator eller Opsamler.

Pladerne blive efterhaanden svampede og ubrugelige og maa da ombyttes med nye.

30. Elektro-dynamisk Virkning.

To hinanden krydsende Ledninger *a* og *b*, Fig. 17, der kunne dreje sig om Punktet *c*, og gennem hvilke Strømløbene gaa i samme Retning mod eller fra Krydsningspunktet, tiltrække hinanden, medens Ledningerne *e* og *d*, gennem hvilke Strømløbene gaa i hinanden modsat Retning, frastøde hinanden, idet

Fig. 17.



Strømløb altid søge at komme til at gaa parallelle med hinanden i samme Retning. To Elementer af Ledningerne paavirke hinanden med en Kraft, der er proportional med Produktet af Strømstyrkerne og omvendt proportional med Afstandens Kvadrat.

Naar et Strømløb $g h i$, Fig. 17, gjennem en Cirkel paavirker et lukket Strømløb $k l$ gjennem en Leder, der antages at kunne dreje sig om en paa Cirkelns Plan vinkelret Axe k , vil $k l$ bevæge sig i en Retning, der er modsat Strømløbet $g h i$.

31. Elektrisk Ladning og Udladning.

Sættes et Batteris ene Pol i Forbindelse med Jorden, og dets anden Pol med en Ledningstraad, hvis anden Ende ikke er i Forbindelse med Jorden, saa at et Kredsløb ikke tilvejebringes, kan man, naar Batteriet ikke er stærkt, og Traaden har en Længde af over 5 Mil, ved et Galvanoskop, se § 34, vise, at Elektricitet strømmer ind i Traaden og lader den i

en vis Tidslængde. Dette vises lettest ved at benytte en isoleret Traad, lagt i Vand, idet denne forholder sig som en Kondensator, se § 8, og derfor behøver en vis Ladningstid. Naar derfor Traadens Forbindelse med Batteriet hæves, vil Ladningen efterhaanden gaa bort paa Grund af mangelfuld Isolation. Sættes Traadenden, der var forbunden med Batteriet, i Forbindelse med Jorden, vil Traaden hurtig udlade sig ved en Tilbagestrøm i modsat Retning af den oprindelige Strøm. Dette paavises ligeledes ved et Galvanoskop, hvorved Ladningens Størrelse kan maales, idet Styrken af en momentan Strøm, der paavirker Naalen som et Stød paa et Pendul, saavel ved Ladning som Udladning, er proportional med Sinus af den halve Udlagsvinkel. Denne Tilbagestrøm er stærkest og varer længst ved en godt isoleret Traad i Vand, da denne forholder sig som en Kondensator, hvorfor Søkabler arbejde forholdsvis langsomt.

Sættes et Batteris ene Pol i Forbindelse med Jorden og dets anden med en Ledningstraad, hvis anden Ende ogsaa er i Forbindelse med Jorden, lades Traaden ligeledes; men Elektriciteten har en aftagende Spænding fra Batteriet indtil Jorden, hvor den er Nul. I dette Tilfælde bliver Størrelsen af den hele (dynamiske) Ladning, der findes paa Traadens Overflade, derfor kun halv saa stor som den (statiske), der erholdes, hvis Ledningstraadens anden Ende ikke er i Forbindelse med Jorden. Ogsaa her opstaar en Tilbagestrøm, naar den ene Ende af Ledningstraaden føres fra Batteriet til en Jordforbindelse. Denne Tilbagestrøm maa ikke forvexles med Extrastrømmen

(se nedenfor), der gaar i samme Retning som Hovedstrømmen, naar denne aabnes, og i modsat, naar denne lukkes. Ved korte overjordiske Ledninger har Extrastømmen Overvægt, men ved over 30 Mils Længde faar Tilbagestrømmen, der gaar i modsat Retning, Overvægt.

Trykket paa en Telegrafnøgle maa derfor vare en vis Tid, for at Elektriciteten kan naa en saadan Spænding, at den kan virke.

Naar man tænker sig en fuldstændig isoleret Leder udspændt, saa at den danner en ret Linie imellem Batteriets Poler, og naar man da ved den positive Pol oprejser lodret paa Linien den positive Spænding, ved den negative Pol nedfælder lodret fra Linien den negative Spænding og forener ved en ret Linie de to saaledes bestemte Punkter, faar man Spændingen i hvert enkelt Punkt af Lederen bestemt; hvor denne Spændingslinie skærer Lederen, bliver Spændingen Nul.

Naar en Traads Udladning til Jorden sker gjennem begge Traadender, medgaar der samme Tid som til Ladningen, eller kun $\frac{1}{4}$ af den Tid, der behøves, hvis Udladningen kun sker gjennem den ene Ende. For ved et Telegrafapparat hurtig at kunne give flere Signaler efter hinanden, sætter man derfor begge Traadender i Forbindelse med Jorden. Man kan ogsaa i dette Øjemed give Traaden en Afledning med tilstrækkelig stor Modstand, eller man leder efter den positive Strøm en svagere negativ Strøm ind i Traaden.

Ladningens Størrelse i en isoleret Traad er proportional med Traadens Længde samt med Batteri-

Elementernes Antal og Styrke; den voxer med Kobbertraadens Radius og aftager, naar Traaden ligger i Vand, eftersom det isolerende Lags Tykkelse voxer; den afhænger da tillige af det isolerende Lags, men ikke af Metallets Natur og indtil en vis Tidsgrændse, af den Tid, Batteriet virker.

Ladningen kan, naar den isolerede Traad ligger i fugtig Jord eller i Vand, være 30—40 Gange saa stor, som i en ikke isoleret Luftledning, og Tilbagestrømmen kan bruge indtil 30 Sekunder for at faa Ladningen formindsket blot til dens halve Størrelse. Det er fordelagtigt for Traadens Bevaring at bruge saa svage Strømme som mulig, og det antages rettest at benytte vekslede Strømme, der ilte og afilte det Metalpulver, der afsætter sig i tilfældige Ridser i det isolerende Lag.

32. Elektricitetens Hastighed.

Elektricitetens Hastighed afhænger hovedsagelig af Ledningens Længde og af Ledningsforholdene; den er altid meget stor og angives at vexle fra 4000 til over 40,000 Mil i Sekundet.

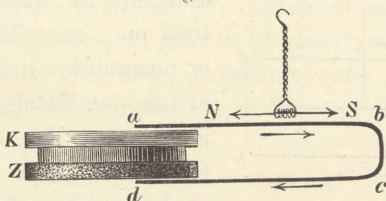
V. Elektromagnetisme.

33. Elektricitetens Virkning paa Magnetaalen.

Denne Virkning blev opdaget af H. C. Ørsted (1820), der bemærkede, at en Magnetaal blev tvungen

ud af sin normale Stilling ved en forbi den gaaende galvanisk Strøm. Naalen svingede imidlertid ud paa forskjellig Maade, eftersom Strømmen gik under, over eller paa Siden af Magnetnaalen. Gaar Strømmen, som i Fig. 18, fra *a* mod *b*, og er Magneten anbragt

Fig. 18.

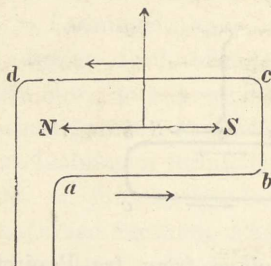


som angivet, vil Nordpolen svinge frem fra Papirets Plan. Strømmen stræber at stille Naalen vinkelret paa sin egen Retning, og ser man i Retning af Strømmen, vil Nordpolen svinge ud i samme Retning som den, hvori en Viser, hvis Spids peger mod Naalens Nordende, bevæger sig paa en Uhrskive. Ampère (1821) har udtrykt denne Regel for den elektriske Strøms Forhold til Magneten saaledes: naar man tænker sig svømmende i Strømmens Retning igjennem Traaden med Ansigtet vendt mod Magneten, vil man se Magnetens Nordpol slaa ud til Venstre. En anden Regel lyder saaledes: tænker man sig den højre Haand med Haandfladen vendt mod Magneten anbragt i Strømløderen saaledes, at Strømmen træder ind ved Haandledet og ud ved Fingerspidserne, saa vil Strømmen bevirke, at Magnetens Nordpol slaar ud til den Side, hvortil Tømmelfingeren viser.

34. Galvanoskop.

Da ifølge Ampère's Regel alle Dele af Strømmen *a b c d*, Fig. 19, virke til at dreje Nordpolen i samme

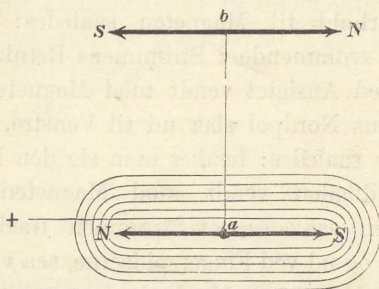
Fig. 19.



Retning, virker Traadkredsen *a b c d* meget stærkere end den enkelte Strøm *a b*, og hvis man snor Traaden, der er omspunden med Silke, for at den ene Metalsnoring ikke skal berøre den anden, 100 Gange rundt om Magnetnaalen, virker Traaden 100 Gange saa stærkt som en enkelt Snoring. Man har da

her et Galvanoskop (en Multiplikator, en Boussole), der tjener til at paavise, om der findes galvanisk Strøm i Traaden eller ej, samt i hvilken Retning

Fig. 20.



Strømmen gaar. Naar man udenfor Traadsnoringerne anbringer en Magnetnaal *b*, Fig. 20, omtrent af samme

Styrke, men i modsat Retning af den indenfor Traad-
snoningerne værende Naal a og i fast Forbindelse med
denne, vil Jordmagnetismen kun udøve ringe Ind-
flydelse paa denne Dobbeltnaal; den galvaniske Strøm,
der bevirker, at begge Naale slaa ud i samme Retning,
vil da kunne virke med forøget Styrke. I Frankrig
anvendes mest vandrette, i Tydskland og her mest
lodrette Galvanoskoper; det vandrette er mere følsomt,
da Naalens nedre Ende (Nordende) ved det lodrette
Galvanoskop maa gøres svær, for at Naalen kan
holde sig lodret.

35. Galvanometer.

Vil man ved Hjælp af Naalens Udslag maale
Strømmens Styrke, benyttes et Galvanometer, der
i Modsætning til Galvanoskopet, som skal paavise selv
svage Strømmes Tilstedeværelse og derfor har talrige
Traadsnoninger, ofte gives kun nogle enkelte Snoninger;
det bruges nemlig hyppig blot til at sammenligne
Udslagets Størrelse ved forskellige tilstedeværende
Strømme. Udslaget bliver størst, naar Traadsnoningerne
for Strømmens Gjennemgang ere parallelle med Naalen;
det voxer med Strømmens Styrke og aftager med dens
Afstand fra Magnetnaalen.

Et særlig følsomt Galvanometer er Spejlgalvano-
metret, Fig. 21. Det bestaar af en Traadrulle l , i
hvis Centrum er ophængt et Lindsespejl (en Lindse
med Spejlbelægning paa sin ene Side); dette er for-
enet med en Magnet m , som ved Hjælp af en Heste-
skomagnet H holdes i en bestemt Stilling. Lysflammen L

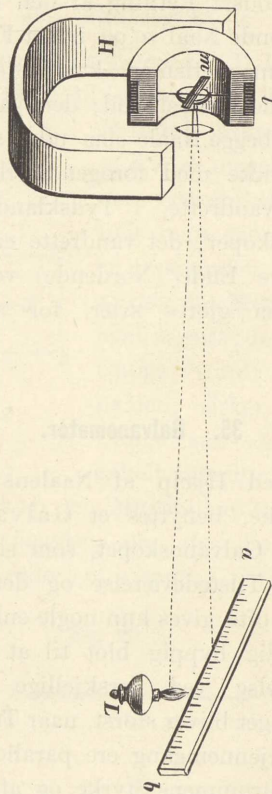


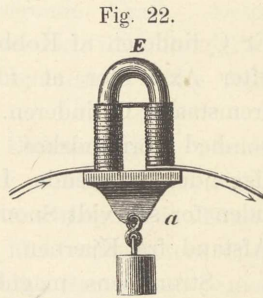
Fig. 21.

er omgivet af en Skjærm, hvori en Ridse; naar Lysstraalene falde igjennem denne hen paa Spejlet, kastes de tilbage, og Lindsen samler et Billede af Ridsen paa den inddelte Lineal *a b*. Gaar nu en Strøm i den ene eller den anden Retning gjennem *l*, bevæges *m* en vis Vinkel og derved Spejlbilledet en

dobbelt saa stor Vinkel til den ene eller den anden Side langs Linealen *a b*. Dette særdeles følsomme Galvanometer benyttes meget som Telegrafapparat paa undersøiske Linier.

36. Elektromagneter.

At den galvaniske Strøm kan magnetisere Jærn viser sig, naar der om en Hestesko *E* af blødt Jærn, Fig. 22, snos en helst silkeomspunden Kobbertraad saaledes, at Snoningen bestandig gaar i samme Retning, naar Hesteskoen tænkes strakt lige ud. Ledes nemlig nu engalvanisk Strøm gjennem Traaden, ordnes *E*'s magnetiske Molekyler, saa at *E*, der da kaldes en Elektromagnet, viser sig at være en Magnet, hvis Poler kunne bestemmes efter Ampère's Regel (§ 33).



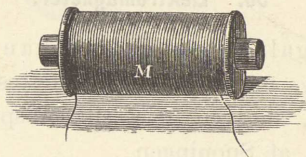
Ved at omvinde Jærnkjærner med talrige Snoningen har man faaet Kjærner, $3\frac{1}{2}$ " i Diameter og 13" lange, til at bære endog 2000 Ø i det saakaldte Anker *a*, der er af blødt Jærn.

Undertiden anvendes halte Elektromagneter, nemlig Elektromagneter, der kun have Traadsnoninger om den ene Gren, medens den anden er bøjet tilbage, saa at Grenene ere vinkelrette paa hinanden.

I Telegrafien anvendes mest mange og tynde Traadsnoninger, og, for at de ikke skulle glide af

Jærnkjærnen, snor man dem om en Træ- eller Pappcylinder, der er saa tynd som mulig og har fremspringende Kanter; en saadan Magnetiserings Spiral *M*. Fig. 23, kan da let anbringes om Jærnkjærnen.

Fig. 23.



Er Cylinderen af Kobber, bør den gives et Længdesnit efter Axen for at forhindre, at Induktionsstrømme fremstaa i Cylinderen. Den galvaniske Strøms Virksomhed formindskes ikke ved et saadant mellemliggende, isolerende Lag af Træ, Papir eller Glas, uden for saa vidt Snoningerne derved komme i længere Afstand fra Kjærnen.

Strømmens magnetiske Indvirkning paa Kjærnen bevirker ved hurtige Afbrydelser af Strømmen en vibrerende Bevægelse af Kjærnens Molekyler, hvilket ved tynde Kjærner kan give sig tilkjende ved en svag vibrerende Tone og en ringe Forlængelse af Kjærnen.

For at benytte Elektromagneter til at regulere Varmegraden, f. Ex. i Drivhuse, har man ladet den galvaniske Strøm aabne og lukke af Kviksølv, der faldt og steg i et Thermometer; naar Kviksølvet naaede op til f. Ex. 20° , var den ene Poltraad indstillet saaledes, at Strømmen blev lukket; en Elektromagnet tiltrak da et Anker, og Ventilen, hvorigjennem Varmen kom ind, lukkedes. I Londons Dokker har man i

Magasinbygninger med let antændelige Sager anbragt lignende Thermometre, ved hvilke Strømmen, naar den lukkes, bevirker en Elektromagnets Klokkeringen i nærmeste Brandvagt.

37. Magnetiserende Kraft og Tiltrækning.

Den magnetiserende Kraft af en Traadspiral er lig Strømstyrken multipliceret med Traadvindingernes Antal, og Jærnkjærnens magnetiske Kraft er proportional med Spiralens magnetiserende Kraft. Dette gjælder dog kun til en vis Grændse, idet der altid findes et Maximum, som Magnetismen ikke kan overskride.

Den Tiltrækningskraft, en Elektromagnet udøver paa sit Anker af blødt Jærn, er omtrent proportional med Kvadratet af Elektromagnetens magnetiske Kraft. Tiltrækningskraften gaar ved Elektromagnetens Berøring med Ankeret over til at blive Bæreevne. Denne voxer i et Forhold, der er svagere end Kvadratet af Strømstyrken; den voxer indtil en vis Grændse med Ankerets Masse og er afhængig af Ankerets Form. For et givet galvanisk Batteri og en given Vægt af Kobbertraad i Traadvindingerne er Bæreevnen størst, naar Modstanden i Elektromagnetens Traadvindinger er lig den samlede ydre Modstand i saavel Ledningstraaden som Batteriet, se § 56.

38. Remanent Magnetisme.

Magnetismen i en Elektromagnet, naar denne er af blødt Jærn, er ganske midlertidig (temporær),

idet den ophører i samme Øjeblik som den galvaniske Strøm; men ledes denne vedblivende i samme Retning, vil der mulig blive nogen Magnetisme tilbage efter Strømmens Ophør; denne remanente Magnetisme vilde forvandle Elektromagneten til en vedvarende Magnet, hvis man ikke ledede Strømmen nu og da i modsat Retning, hvorved den tidligere Nordpol bliver forvandlet til Sydpol og omvendt. Da den remanente Magnetisme voxer med Kjærnens Masse, danner man ofte Kjærnen af et Rør i Stedet for af en kompakt Masse. Da Elektromagneter, der ere i Berøring med deres Ankere, let beholde en Del Magnetisme, holdes Ankeret bestandig i nogen Afstand fra Magnetens Poler ved Papir, en tynd Messingplade eller andet, for at Elektromagneten skal slippe Ankeret, saa snart Strømmen ophører.

39. Tiden for Magnetismens Fremstaaen og Forsvinden.

Der medgaar en vis Tid, inden Magnetismen i en Elektromagnets Jærnkjærne fremstaar eller forsvinder, og denne afhænger iblandt Andet af: 1) Kjærnejærnets Træghed (Inerti), især naar Kjærnen ikke er helt dækket af Traadsnoninger; 2) inducerede Strømme, se § 40, i Magnetens Overflade, hvilke søges undgaade ved at danne Kjærnen af isolerede Traadbundter eller kløve den ved Længdesnit, og hvilke stærkest modarbejde Magnetismens Forsvinden; 3) Induktionsstrømme, hvilke saavel Magneten som selve Hovedstrømmen frembringe i Spiralen, og hvilke stærkest

modarbejde Magnetismens Fremstaaen, idet de da virke modsat Hovedstrømmen.

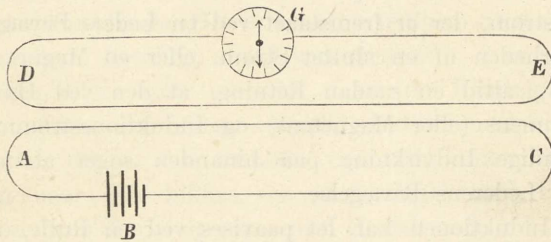
VI. Induktion ved elektrisk Strøm.

40. Induktion mellem to Strømme.

Faraday paaviste (1830), at en galvanisk Strøm kan frembringe, inducere, nye elektriske Strømme i Traade, som ligge den nær, men som den dog ikke berører. Hovedstrømmen (den primære Strøm) kan saaledes ved Induktion frembringe Strømme, de saakaldte Induktionsstrømme (sekundære Strømme).

Naar Batteriet *B*, Fig. 24, lukkes, og der altsaa

Fig. 24.



i Traaden *B A C* fremstaar en Strøm, viser Galvanoskopet *G*, at der i Traaden *G D E* ligeledes fremstaar en kortvarig (momentan) Strøm, som gaar i modsat Retning af Hovedstrømmen, naar man betragter de to Dele af de to Kredsløb, der ligge tæt ved hinanden. Medens imidlertid Hovedstrømmen vedvarer,

saa længe Batteriet er lukket, er Induktionsstrømmen forlængst ophørt og fremstaar først igjen, naar Batteriet aabnes; den er da atter kun momentan, men gaar i samme Retning som Hovedstrømmen.

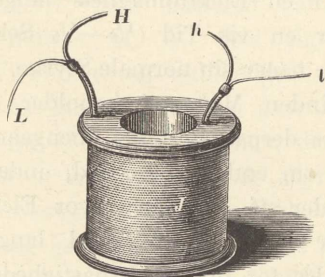
Induktionsstrømmens Styrke er proportional med Hovedstrømmens Styrke og er afhængig af Afstanden imellem og Længden af de Traade, der have Indfyldelse paa Induktionsvirkningen, samt af den inducerede Traads Isolation.

Naar Hovedstrømmens Styrke voxer, fremstaar ligeledes en Induktionsstrøm, der gaar i modsat Retning af Hovedstrømmen; naar den aftager, fremstaar en Induktionsstrøm, der gaar i samme Retning som Hovedstrømmen. Endvidere fremstaar i Induktionstraaden, naar Afstanden mellem Traadene aftager, en Strøm i modsat Retning af Hovedtraadens, og naar Afstanden tiltager, en Strøm i samme Retning som Hovedtraadens. Ifølge Lenz's Lov har en Induktionsstrøm, der er fremstaaet ved en Leders Bevægelse i Nærheden af en sluttet Strøm (eller en Magnet, se § 43), altid en saadan Retning, at den ved Hovedstrømmens (eller Magnetens) og Induktionsstrømmens gjensidige Indvirkning paa hinanden søger at modvirke Lederens Bevægelse.

Induktionen kan let paavises ved en Rulle, som dannes ved at sno to silkeomspundne Kobbertraade om en let Træ- eller Paprulle *J*. Fig. 25. Hovedtraaden *Hh*, hvorigjennem Batteristrømmen gaar, er i Reglen meget tykkere end Induktionstraaden *Ll*. I Reglen snor man hver Traad om sin Rulle og sætter

da Hovedtraadens Rulle ind i Induktionstraadens (Induktionsrullen).

Fig. 25.



41. Induktion i samme Leder. Extrastrøm.

Hovedstrømmen bevirker imidlertid ikke blot en Induktionsstrøm i en Traad, der er adskilt fra Hovedtraaden, men en Induktionsstrøm i selve den sammenrullede Hovedtraad, hvilken Strøm gaar i modsat Retning af Hovedstrømmen, naar denne lukkes eller voxer i Styrke, i samme Retning, naar den aabnes eller aftager i Styrke; Induktionsstrømmens Styrke, der er den samme, naar Strømmen aabnes, som naar den lukkes, er proportional med Hovedstrømmens Styrke og voxer med Hovedtraadens Længde.

Man vil indse, at disse saakaldte Extrastrømme eller Modstrømme derfor ville bevirke en stærkere galvanisk Strøm, naar et Batteri aabnes, end naar det lukkes. De virke undertiden gavnlige, saasom ved Bréguets Apparat, se § 68, undertiden skadelige, hvor f. Ex. hurtig paa hinanden følgende Hovedstrømme

skulle frembringe Elektromagneter; de kunne bl. A. vanskeliggjøre Elektromagnetismens Anvendelse som Bevægkraft. Lukker man nemlig et Batteri, bevirke Extrastrømme i en Elektromagnets lange Ledninger, at der hengaar en vis Tid ($\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{5}$ Sekund), inden Hovedstrømmen naaer sin normale Styrke, og en endnu længere Tid, inden Magneten erholder sin normale Styrke. Aabnes derpaa Batteriet, hengaar paa samme Maade en vis, om end kortere, Tid, inden Strømmen ganske forsvinder af Traaden; hvor Elektromagneter benyttes, naaer man saaledes ved lange Ledninger snart en Grændse for Bevægelseshastigheden.

Extrastrømmen, der iøvrig har samme Virkninger som Hovedstrømmen, udmærker sig desuden særlig ved fysiologiske Virkninger.

42. Mængde og Spænding af Elektricitet i Induktionsstrømmen.

Medens der ved Gnidning kan fremstaa Elektricitet med meget stor Spænding, men i ringe Mængde, og ved galvaniske Batterier en vedvarende Udvikling af en stor Mængde Elektricitet med ringe Spænding, kan der ved Induktion frembringes Elektricitet saavel med betydelig Spænding som i stor Mængde. Mængden af Elektricitet i en Induktionsstrøm, der er frembragt ved en given Forandring i et andet Strømløbs Stilling eller Styrke, er uafhængig af den Tid, som medgaar til denne Forandring, medens Spændingen er omvendt proportional med denne Tid.

Induktionsstrømmen indeholder samme Mængde

af Elektricitet, enten den gaar i samme Retning som Hovedstrømmen (naar Batteriet aabnes), eller i modsat Retning af denne (naar Batteriet lukkes). Derimod er Spændingen større, naar Batteriet aabnes, end naar det lukkes, hvilket bl. A. viser sig ved stærkere fysiologiske Virkninger og ved længere Gnister. Dette ligger i, at naar Batteriet lukkes, gaar Extrastrømmen i modsat Retning af Batteristrømmen, der derfor bruger nogen Tid for at naa sin normale Styrke, og Induktionsstrømmen bruger da samme Tid. Naar Batteriet derimod aabnes, gaar Extrastrømmen i samme Retning som Batteristrømmen, der meget hurtigt forsvinder, og med den Induktionsstrømmen. Da nu Strømmen i begge Tilfælde indeholder samme Mængde Elektricitet, maa den have størst Spænding, hvor Strømmen gennemløber Lederen i den korteste Tid. Spændingen er funden at være endog 6 Gange større ved Batteriets Aabning end ved dets Lukning.

Naar Induktionsrullen holdes aaben, vil Hovedstrømmen bevirke, at positiv Elektricitet sendes til den ene Ende, negativ Elektricitet til den anden Ende i Induktionstraaden. De modsatte Elektriciteter ville hurtigt ophæve hinanden, men der medgaar dog en vis Tid hertil, og hvis Batteristrømmen derfor meget hurtigt aabnes og lukkes, vil der ved Induktionstraadens to Ender blive ophobet en Del fri Elektricitet — positiv ved den ene og negativ ved den anden Ende — der, som den statiske, vil kunne opnaa en saa stor Tæthed, at de modsatte Elektriciteter forene sig gennem Luften i elektriske Gnister, hvilket den galvaniske Elektricitet vanskeligere er i Stand til. Den inducerede

Strøm kan saaledes ikke blot ligesom den galvaniske Elektricitet bringe Ledningstraad til at gløde og frembringe forskjellige fysiologiske og magnetiske Virkninger, men den kan tillige som Gnidningselektriciteten frembringe Gnister.

Den store Forskjel, der findes i Induktions-elektriciteters Mængde og Spænding, viser sig tydelig, naar man sammenligner Ruhmkorffs Induktionsapparat, der giver Elektricitet med saa stor Spænding, at lange Gnister erholdes, med forskjellige magneto-elektriske Apparater, der derimod udvikle saa store Mængder Elektricitet, at en f. Ex. 12' lang, $\frac{1}{6}$ " tyk Jærntraad derved kan bringes til at gløde. Den inducerede Strøms Spænding voxer med dens Traadlængde, og dens Elektricitetsmængde med dens Traads Gjennemsnit.

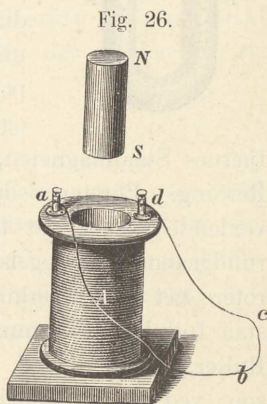
Med Induktionselektricitet kan der arbejdes hurtigt gennem undersøiske Ledninger, idet kun en Del af Strømmens Styrke behøves for at sætte Skriveapparatets Elektromagneter i Bevægelse; men da paa den anden Side denne Elektricitet kun virker kort Tid, maa Induktionsapparatet gøres meget stort for at kunne arbejde gennem lange undersøiske Linier, idet Modstanden i Ledningstraaden bør være ringe i Forhold til Modstanden i Induktionsrullerne, som derfor maa omgives med mange Snoninger af en fin Kobbertraad. Apparatet bliver derved let saa uhaandterligt og vanskeligt at vedligeholde, at det sjældent anvendes ved undersøisk Korrespondance, saa meget mere som man udsætter sig for, at Elektriciteten faar en saa stærk Spænding, at den bryder gennem Kablets isolerende Lag.

VII. Induktion ved Magnetisme.

43. Induktionsstrømmes Fremstaaen og Retning.

En Induktionsstrøm kan ogsaa fremstaa, naar man i en Traadspiral, hvis Ender ere i ledende Forbindelse med hinanden, indstikker en Magnet. Der opstaa da en momentan Induktionsstrøm, der ophører, naar Magneten kommer i Ro; men drages Magneten ud igjen, fremstaa der en ny Induktionsstrøm i modsat Retning af den forrige. Man ser saaledes, at elektriske Strømme kunne erholdes ved Magneter, der ere lettere og billigere at vedligeholde end galvaniske Batterier, hvorfor denne Magneto-Induktion har fundet en stor praktisk Anvendelse f. Ex, i Medicinen, i Telegrafien, ved Signalklokker og Uhrværker.

Retningen for den Induktionsstrøm, som en Magnet kan udvikle i en lukket Traadledning *a b c d*, Fig. 26, afhænger af, hvorvidt Magneten nærmes eller fjærnes, hvilken Retning Traadsnoningerne have, samt hvilken Magnetpol, der først indstikkes i Traadrullen. En spiralformig sammenrullet Metalleder (en Solenoide) forholder sig, naar der gaar en elektrisk Strøm igjennem den, som en Magnet; omvendt kan en Magnet betragtes som et System af galvaniske Strømme, vinkelrette paa Magnetens Axe, hvilke bevæge sig rundt om Sydpolen i

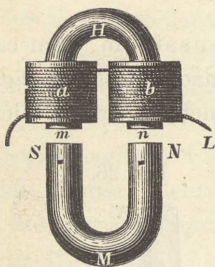


samme Retning som Viseren paa et Uhr, holdt foran denne Pol med Skiven vendt fra samme, i Henhold til den i § 33 nævnte Regel. Nærmer man Magnetnaalens Sydpol til Traadrullen *A*, vil der i denne opstaa en Strøm i modsat Retning, altsaa fra Højre til Venstre paa Rullens Forside, og omvendt, naar Sydpolen fjærnes fra Traadrullen (se § 30).

44. Hestekomagneter.

Paa lignende Maade frembringes en Induktionsstrøm ved at omgive et Stykke blødt Jærn i Hestekomform *H*, Fig. 27, med indbyrdes forbundne Traadruller, *a* og *b*, paa hvilke Traaden er snoet i samme Retning, og da til dem at nærme en stærk Staal-magnet *M*, der vil magnetisere det bløde Jærn *H* til en Hestekomagnet og derved bevirke en Induktionsstrøm i Rullerne, hvilken

Fig. 27.



under i øvrigt lige Forhold er proportional med *M*'s magnetiske Kraft og med Traadsnoningernes Antal;

fjærnes Staal-magneten, fremstaar en Strøm i modsat Retning. Foretages denne Nærmelse og Fjærmelse afvejlende derved, at f. Ex. Hesteko-*H* sættes i en rundgaaende Bevægelse, saa at dens Ender *m* og *n* rotere tæt forbi Staal-magnetens Poler, saa vil der fremstaa Induktionsstrømme med samme Retning i begge Ruller, saavel derved, at *m* nærmer sig til Nordpolen, som ved at *n* nærmer sig til Sydpolen. Naar Heste-

skoens Ender efter en halv Omdrejning have passeret Polerne, og m fjærner sig fra Nordpolen, medens n fjærner sig fra Sydpolen, fremstaar der en Induktionsstrøm i modsat Retning af den foregaaende. Ved Hjælp af en Strømvexler (Kommutator) bevirker man, at disse modsatte Strømme i Traadrullerne faa samme Retning i Ledningstraaden L .

VIII. Love for elektriske Strømme.

45. Ohms Lov.

Fysikeren Ohm har paavist, at Strømstyrken S (Mængden af Elektricitet i 1 Sekund) er ligefrem proportional med Spændingsforskjellen mellem det aabne Batteris Poler, den saakaldte elektromotoriske Kraft E , og omvendt proportional med hele den Modstand M , der modsætter sig Strømmens Bevægelse, eller:

$$S = \frac{E}{M}$$

Modstanden M falder i to Dele, nemlig den Modstand m , der finder Sted i selve Batteriet, og den Modstand l , som Ledningen frembyder. Er s Strømstyrken, der frembringes af et enkelt Element, hvis elektromotoriske Kraft er e , har man:

$$s = \frac{e}{m + l}$$

derimod for n lignende Elementer har man Strømstyrken

$$s_n = \frac{n e}{n m + l}.$$

Er l en meget lille Størrelse i Forhold til m , saa at den uden væsentlig Fejl kan bortkastes, bliver:

$$s_n = \frac{n e}{n m} = \frac{e}{m} = s.$$

Er derimod m meget lille i Forhold til l , da er:

$$s_n = \frac{n e}{l} = n s.$$

Faar Elementet en p Gange saa stor Overflade, uden at Afstanden imellem Metallerne eller andre Omstændigheder forandres, da bliver den elektromotoriske Kraft e den samme, men Modstanden i Elementet paa Grund af Vædskens større Berøringsflade p Gange saa lille; man har altsaa:

$$s_p = \frac{e}{\frac{m}{p} + l} = \frac{p e}{m + p l}.$$

Er her $p l$ forsvindende i Forhold til m , da bliver:

$$s_p = \frac{p e}{m} = p s.$$

Er derimod m meget ringe i Forhold til $p l$, bliver:

$$s_p = \frac{e}{l} = s.$$

Man ser altsaa, at jo større Modstanden i Ledningen er, desto mere vinder man i Strømstyrke ved at forøge Elementernes Antal, idet de uensartede Poler forenes, medens man derimod, hvor Modstanden i Ledningen er ringe,

forøger Strømstyrken ved at gjøre Metaloverfladerne i Elementerne større, hvilket kan ske ved at koble flere Elementer sammen, \circ : forene deres ensartede Poler. I første Tilfælde forøges Elektricitetens Spænding, i sidste dens Mængde.

Ved Induktionsstrømme kunne de samme Principer anvendes, idet hver Snoning i en Induktionsrulle betragtes som svarende til Elementet i et galvanisk Batteri; ved stor ydre Modstand anvendes mange Snoninger af fin Traad, ved ringe ydre Modstand færre Snoninger af grov Traad.

Jo daarligere en Telegrafledning er isoleret, desto mindre Modstand byder den, og desto større maa Elementerne være. Færre store Elementer blive ikke saa hurtig udtømte som mange smaa, der udvikle en større elektromotorisk Kraft, og da den kemiske Virkning i hvert Element, om det er stort eller lille, er den samme for samme Strømstyrke, koster det kun det Halve, naar man i Stedet for et vist Antal smaa Elementer kan anvende det halve Antal dobbelt saa store Elementer.

For en given Metaloverflade er Strømmen stærkest, naar Elementernes Antal afpasses saaledes, at Modstanden i Elementerne bliver lig Modstanden i Ledningen.

Da en Telegraflinies Modstand aftager ved Fejl i Isolationen, og Batteriets Modstand derimod voxer ved at Pladerne fortæres, polariseres m. m., maa man fra Begyndelsen gjøre Batteriets Modstand en Del mindre, Pladerne altsaa større, end Beregningen giver.

46. Kirchhoffs Love.

Kirchhoff har opstillet de efter ham benævnte Love, ved Hjælp af hvilke man er i Stand til at løse de forskjellige Problemer, som forefalde, naar elektriske Strømme forgrene sig i flere lukkede Ledninger. Lovene lyde saaledes:

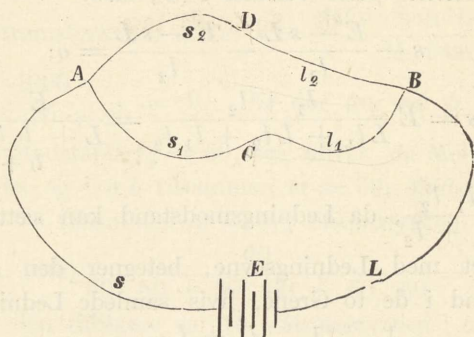
1. Summen af alle de Strømstyrker, der træffe sammen i et Punkt, er Nul, naar man tager de Strømme, der komme til Punktet, med modsat Fortegn af dem, der forlade det, fordi der (ved konstante Strømme) maa flyde lige saa megen Electricitet til som fra ethvert Punkt i Ledningen.

2. I en hvilkenksomhelst lukket Ledning er Summen af Produkterne af de enkelte Strækningers Strømstyrker og Ledningsmodstande lig Summen af de i samme Ledning tilstedeværende elektromotoriske Kræfter. De Led, hvis Strømme gaa i modsatte Retninger i Ledningen, regnes med modsatte Fortegn. Denne Lov er kun en Udvidelse af Ohms Lov.

47. Strømdeling.

Betragte vi nu det simple Tilfælde, at en Strøm forgrener sig gennem to Traade, som i Fig. 28, og kaldes Strømstyrken i Grenene $A C B$ og $A D B$ henholdsvis: s_1 og s_2 , Ledningsmodstanden: l_1 og l_2 , Strømstyrken i Strækningen $A E B$: s , sammes Modstand tilligemed Elementets: L , dettes elektromotoriske Kraft:

Fig. 28.



E , da har man efter den første Kirchhoff'ske Lov for Punkterne A og B :

$$s - s_1 - s_2 = 0; \quad (a)$$

og efter den anden Lov for de tre lukkede Ledninger $ACBD$, $ACBE$ og $ADBE$ henholdsvis:

$$s_1 l_1 - s_2 l_2 = 0 \quad (b)$$

$$s L + s_1 l_1 = E \quad (c)$$

$$s L + s_2 l_2 = E \quad (d)$$

Af (b) findes:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{l_2}{l_1};$$

altsaa Strømstyrkerne i to Grene af samme Ledning forholde sig omvendt som Grenenes Ledningsmodstand. Af (c) og (d) findes:

$$s_1 = \frac{E - s L}{l_1} \quad (e)$$

$$s_2 = \frac{E - s L}{l_2} \quad (f)$$

Indsættes disse Værdier i (a), faas:

$$s - \frac{E - sL}{l_1} - \frac{E - sL}{l_2} = 0;$$

$$s = E \frac{l_1 + l_2}{Ll_1 + Ll_2 + l_1 l_2} = \frac{E}{L + \frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}}$$

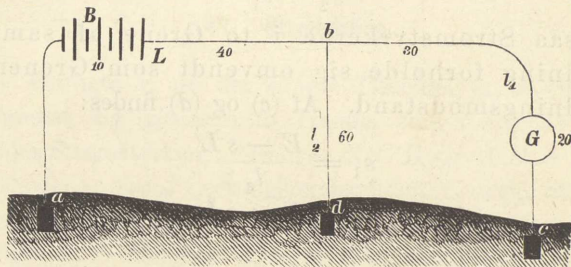
hvor $\frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}$, da Ledningsmodstand kan sættes = 1 divideret med Ledningsevne, betegner den samlede Modstand i de to Grene, hvis samlede Ledningsevne nemlig er $= \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} = \frac{l_1 + l_2}{l_1 l_2}$. Af (e) og (f) faas endvidere:

$$s_1 = E \frac{l_2}{Ll_1 + Ll_2 + l_1 l_2}$$

$$s_2 = E \frac{l_1}{Ll_1 + Ll_2 + l_1 l_2}$$

Exempel. Har et Batteri, Fig. 29, en elektromotorisk Kraft $E = 1000$, er Modstanden i Batteriet $= 10$, i Linien $abc = 70$, i Galvanoskopet $G = 20$,

Fig. 29.



da er Strømstyrken i $a b c$: $s = \frac{\text{elektromotorisk Kraft}}{\text{Modstand}}$

$= \frac{1000}{10 + 70 + 20} = 10$. Er der nu ved b en Fejl med en Modstand $l_2 = 60$, saa bliver, da Modstanden i Batteriet og i $a b$ tilsammen er $= 50$, Modstanden i G og i $b c$ tilsammen er $= 50$, Strømstyrken i $b c$

$$s_1 = 1000 \frac{60}{50 \cdot 50 + 50 \cdot 60 + 50 \cdot 60} = c. 7,$$

medens den tidligere var 10. Strømstyrken i $b d = s_2$ er $\frac{50}{60} \cdot 7 = 5,8$. Rykker Afledningen $b d$ mod a eller c , naaer en stærkere Strøm til c .

Paa tilsvarende Maade kan man finde Strømstyrkerne i et hvilket som helst Antal Grene. Ere i tre Ledninger Modstandene $= l, l_1$ og l_2 , da er Ledningernes samlede Ledningsevne $x = \frac{1}{l} + \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}$ og deres samlede Modstand $= \frac{1}{x}$. Saaledes faas ved

Modstandene $l = 20, l_1 = 30$ og $l_2 = 12, x = \frac{1}{20}$

$+ \frac{1}{30} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$, og den samlede Modstand $= 6$.

Ifølge det Foregaaende, Fig. 28, er:

$$s = \frac{E}{L + \frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}},$$

og naar L er meget ringe:

$$s = \frac{E}{\frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2}};$$

$$\begin{aligned} \frac{s_1}{s} &= \frac{s_1}{s_1 + s_2} = \frac{l_2}{l_1 + l_2}, \text{ eller } s_1 = s \frac{l_2}{l_1 + l_2} \\ &= \frac{E}{\frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2} \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2}} = \frac{E}{l_1}. \end{aligned}$$

Deles Strømmen ikke, men gaar den alene gennem ACB , bliver

$$s_1 = \frac{E}{L + l_1},$$

eller naar L er meget ringe:

$$s_1 = \frac{E}{l_1}.$$

Det ses heraf, at naar al øvrig Modstand (saasom i Batteriet) er forsvindende i Forhold til Modstanden i Ledningen, erhoder Strømmen i hver Ledningsgren samme Styrke, som om Strømmen alene gik igjennem denne Gren. Naar et Batteri derfor kun indeholder ringe Modstand, idet det ikke har for mange Elementer, bliver det saaledes, naar det er konstant, ligegyldigt, om det arbejder igjennem én eller flere Linier. Dette kan ogsaa forklares ved, at de flere Linier indeholde et større samlet Tværnsnit, gjøre derfor mindre Modstand og sætte Batteriet i Stand til at udvikle en større Strømstyrke. Herved voxer Forbruget af Stofferne i Batteriet.

IX. Maaling af Strømstyrke.

48. Strømstyrkeenhed.

Det er af Vigtighed i forskjellige Tilfælde at kjende en Strøms Styrke (Intensitet) eller den Mængde Elektricitet, der i 1 Sekund gennemløber en Ledning. For da at tilvejebringe en Sammenligning mellem forskellige Strømmes Styrke, benytter man nogle af den elektriske Strøms Virkninger, navnlig den magnetiske og kemiske.

Enheden for Strømstyrke benævnes 1 Ampère og svarer til en Strøm, der i 1 Time udfælder af en Metalopløsning c. 1,18 Gram Kobber eller c. 4 Gram Sølv. Apparater, ved Hjælp af hvilke Strømstyrker umiddelbart findes udtrykte i Ampère, kaldes Am-metre.

49. Boussole og Galvanometre.

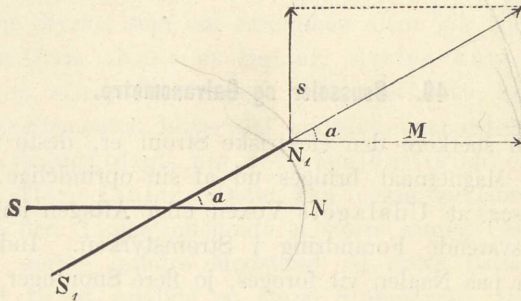
Jo stærkere den elektriske Strøm er, desto mere vil en Magnetnaal bringes ud af sin oprindelige Stilling, saa at Udslagets Voxen eller Aftagen angiver en tilsvarende Forandring i Strømstyrken. Indvirkningen paa Naalen vil forøges, jo flere Snoninger Ledningen beskriver om samme, og jo nærmere Lederen bringes til selve Naalen; dog maa det paases, at Strømstyrken ikke bliver saa stor, at den svækker eller endog omskifter Naalens Magnetisme. Man har tidligere vist, hvorledes Galvanoskopet tjener til at angive en elektrisk Strøms Tilstedeværelse eller Retning, medens Galvanometret eller Boussole, naar denne

er forsynet med inddelte Cirkelbuer til Aflæning af Naaleudslagets Størrelse, tjener til at maale Strømmens Styrke. Afhængigheden mellem Udslagsvinkel og Strømstyrke er forskjellig efter Apparatet Natur. Medens Udslaget ved nogle er ligefrem proportionalt med Strømstyrken, er Forholdet ved andre mere sammensat og maa ofte for de forskjellige Udslags Vedkommende bestemmes ved Forsøg ved Sammenligning med Normalapparater.

50. Tangentboussole.

Angiver NS , Fig. 30, den oprindelige Stilling af Magnetnaalen i den magnetiske Meridian og i

Fig. 30.



Snoningernes Plan, og $N_1 S_1$ den af Naalen indtagne Stilling, efter at en elektrisk Strøm er ledet gjennem Snoningerne, da paavirkes Naalens Nordpol nu af to Kræfter, nemlig Jordmagnetismen M , der virker parallel med NS , og Strømstyrken s , der virker vinkelret paa NS ; naar Naalen er kommen i Ro,

virker Resultanten af de to Kræfter efter Naalens Retning $N_1 S_1$, og der haves:

$$s = M \operatorname{tg} a.$$

Ved en anden Strømstyrke s_1 faas en ny Udslagsvinkel a_1 , hvorimod M forbliver den samme.

Man har da:

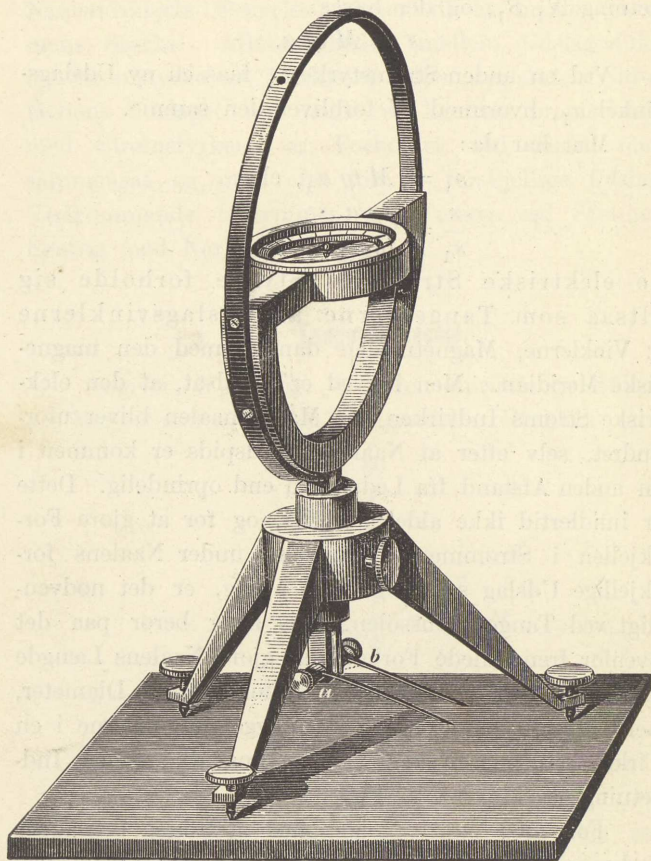
$$s_1 = M \operatorname{tg} a_1, \text{ eller}$$

$$\frac{s}{s_1} = \frac{\operatorname{tg} a}{\operatorname{tg} a_1};$$

de elektriske Strømmes Styrke forholde sig altsaa som Tangenterne af Udslagsvinklerne σ : Vinklerne, Magnetnaalen danner med den magnetiske Meridian. Men herved er forudsat, at den elektriske Strøms Indvirken paa Magnetnaalen bliver uforandret, selv efter at Naalens Nordspids er kommen i en anden Afstand fra Ledningen end oprindeligt. Dette er imidlertid ikke aldeles rigtigt, og for at gjøre Forskjellen i Strømmens Indflydelse under Naalens forskjellige Udslag saa ringe som mulig, er det nødvendigt ved Tangentboussole, hvis Brug beror paa det ovenfor fremstillede Forhold, at gjøre Naalens Længde temmelig kort i Forhold til Snoningernes Diameter, helst mindre end $\frac{1}{5}$, og at lægge Snoningerne i en Cirkel omkring Naalen. En Tangentboussoles Indretning ses i øvrigt af Fig. 31.

For med større Nøjagtighed at aflæse Udslagene forlænges Naalen hen over den inddelte Cirkel ved Visere af et umagnetisk Stof, f. Ex. Glastraade. Selve Rammen, paa hvilken Snoningerne ere anbragte, maa være til at dreje i Apparatets Fod, for at den kan indstilles i den magnetiske Meridian. Ved at aflæse

Fig. 31.



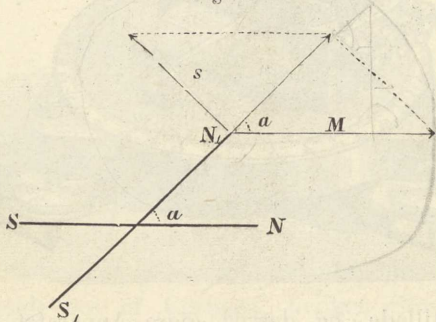
Naalens forskjellige Udslag og i Tabeller søge den tilsvarende Værdi for Tangenterne, faar man et bestemt Forhold mellem Styrken af de Strømme, som for at prøves ledes gjennem Snoningerne, idet man ved hver

Strøm indlemmer Apparatet i Ledningen ved Klem-skrueerne *a* og *b*. Da Ledningen er betydelig fjærnet fra Naalen, er denne Boussole kun skikket til at maale stærke Strømme.

51. Sinusboussole.

Hvis man, i Stedet for at lade Snoningerne forblive ubevægelige i den magnetiske Meridian, lader dem følge efter Naalen i Udslaget, da vil Udslagsvinklerne blive større end tidligere; men Naalen vil komme i Ro, saa snart den elektriske Strøms Kraft, der stedse virker vinkelret paa Snoningernes Plan, Fig. 32, samt Jordmagnetismens Kraft give en Resul-

Fig. 32.



tant, der virker efter Naalens Retning. Man har da for Ligevægtsstillingen;

$$s = M \sin a.$$

og for en Strøm af en anden Styrke:

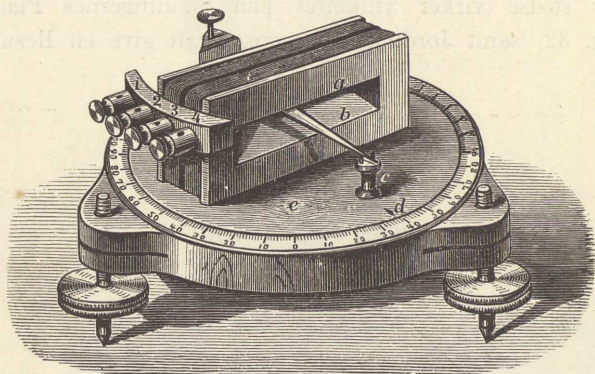
$$s_1 = M \sin a_1, \text{ eller}$$

$$\frac{s}{s_1} = \frac{\sin a}{\sin a_1};$$

de elektriske Strømmes Styrke forholde sig altsaa som Sinuserne af Udslagsvinklerne, naar Naalen i Udslagsstillingen ligger i Traadsnoningernes Plan.

Paa dette Forhold beror Sinusboussolens Konstruktion og Brug. Da Naalens Stilling til Snoningerne her uforandret er den samme, er ogsaa den elektriske Strøms Indvirkning konstant; man kan derfor lægge Snoningerne saa tæt ind paa Naalen som mulig, Fig. 33, gjøre dennes Længde saa stor, som Sno-

Fig. 33.



ningerne tillade, og derved gjøre Apparatet i Stand til at maale meget svage Strømme. Vinkelret paa Magnetnaalen er befæstet en Viser *b* af Aluminium, hvis Ende skal spille over en Streg midt imellem to Stifter paa Opstanderen *c*, naar Magnetnaalen er parallel med Traadsnoningerne om *a* (Snoningernes Traadrulle er befæstet til den drejelige Skive *e*), og Boussolens Fod er forsynet med en fast og inddelt

Skive, paa hvilken ved Hjælp af Viseren d de Vinkler aflæses, som Snoningernes Plan i dets forskjellige Stillinger danner med Inddelingens Nulpunkt. For ikke at svække eller omskifte Magnetnaalens Magnetisme maa man ikke anvende for stærk Strøm og ikke lade den virke for længe.

Tangentboussole's Angivelser ere nøjagtigst ved smaa Udslagsvinkler, medens Sinusboussole's bedre anvendes ved store; man har derfor konstrueret Boussole's til at benytte baade som Tangent- og Sinusboussole, hvilke have fundet en Del Anvendelse ved Nedlægning af Søkabler. Ved begge Boussole's er indtil et Udslag af 25° Strømstyrken omtrent proportional med Udslagsvinklen.

52. Differentialgalvanometer.

Til Sammenligning mellem to Strømme benyttes ofte et Differentialgalvanometer, i hvilket Magnetnaalen er omgivet af en Ramme med to fra hinanden isolerede Traadsnoninger, som i Fig. 33, gennem hvilke to Strømme ledes i modsat Retning. Ere Strømmene lige stærke, erholdes intet Udslag; i modsat Tilfælde ses af Udslaget, hvilken Strøm der er stærkest.

53. Voltameter.

I Voltametret benyttes Strømmens kemiske Virkning til Maaling af Strømstyrken. Vand adskilles saaledes i 1 Rumfang Ilt og 2 Rumfang Brint, som,

naar de opsamles i samme Beholder, danne en Blanding, der formedelst sin Explosionsevne kaldes Knaldgas. Den Mængde heraf, som udvikles i en given Tid, forholder sig ligefrem som Strømstyrken; da 1 Ampère udvikler c. 10 Kubikcentimeter Knaldgas i Minutet ved 0° Celcius og en Barometerstand af 760^{mm}, kan af den udviklede Mængde Gas faas et Udtryk for Strømstyrken i Ampère. Benyttes i Stedet for Vand en Opløsning af svovlsurt Kobberilte eller af salpetersurt Sølvilte, har man et Kobber- eller Sølv-Voltameter, hvorved Strømstyrken bestemmes ved Vejning af det udskilte Kobber eller Sølv.

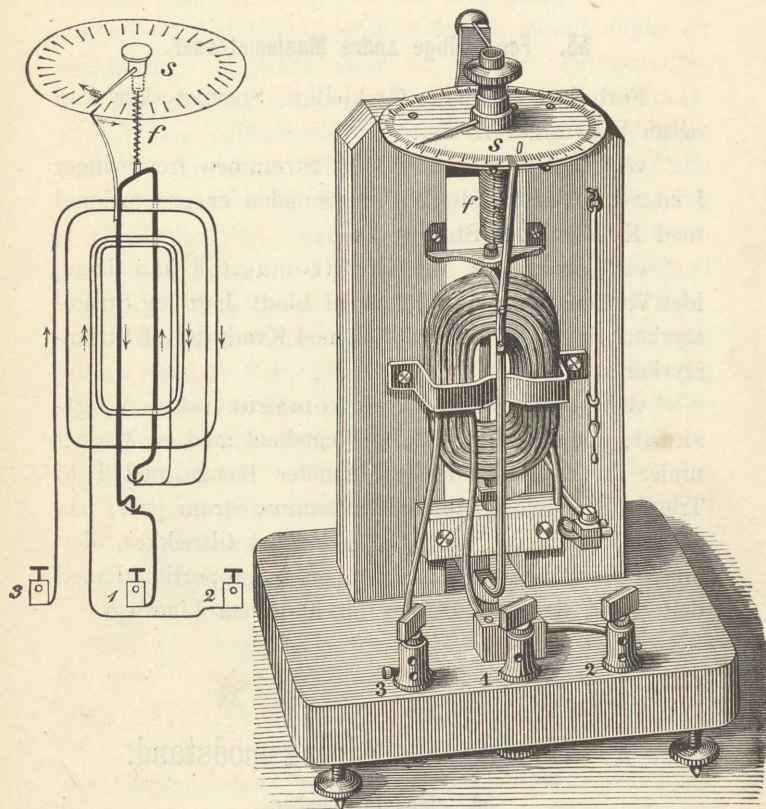
Voltametret benyttes særlig til at bestemme en Maalestok for Boussolers og Galvanometres Udslagsvinkler, for at man ogsaa ved disse Maaleapparater kan faa Strømstyrken udtrykt i Ampère. Voltametret og Boussolen eller Galvanometret indsættes da i samme Ledning, Udslaget iagttages, og Strømstyrken bestemmes af Voltametret.

54. Elektrodynamometer.

Voltametret og Galvanometret kunne ikke benyttes ved Vexelstrømme. Til Maaling af disses Styrke benyttes Elektrodynamometre. Siemens Elektrodynamometer, Fig. 34, bestaar af en fast og af en løs Traadrulle, ophængt under en ret Vinkel med den faste. Strømmen gaar samtidig gennem begge Ruller og vil da paa Grund af den dynamiske Virkning (jvfr. § 30) søge at forandre de to Rullers indbyrdes Stilling. Ved at sno en Fjeder f en vis Vinkel, bringes

den løse Rulle til at indtage sin tidligere Stilling; Snoningsvinklen, som aflæses paa en inddelt Skala s ,

Fig. 34.



er proportional med Strømstyrkens Kvadrat. Kjendes
altsaa den Vinkel, der svarer til en bestemt Strøm-

styrke, bestemmes herved Apparatets Konstant; for en anden Vinkel er Strømstyrken da: Konstanten \times Kvadratroden af Vinklen.

55. Forskjellige andre Maalemetoder.

Forholdet mellem forskellige Strømstyrker kan ogsaa bestemmes f. Ex.:

ved den Varmemængde, Strømmen frembringer i en tynd Traad, idet Varmemængden er proportional med Kvadratet af Strømstyrken;

ved den Vægt, en Elektromagnet kan bære, idet Vægten, naar Ankeret er af blødt Jærn og Strømstyrken ringe, er proportional med Kvadratet af Strømstyrken;

ved Becquerels elektromagnetiske Vægtskaal, der er en almindelig Vægtskaal med en Magnet under hver Skaal; de to Magneter hænge ned i to Traadruller, hvorigjennem den samme Strøm gaar, paa en saadan Maade, at den ene Magnet tiltrækkes, den anden frastødes; Strømstyrken er da proportional med den Vægt, der maa tilføjes for at opnaa Ligevægt.

X. Maaling af Ledningsmodstand.

56. Modstandsenhed.

Den elektriske Strøms Styrke eller den Mængde Elektricitet, der i 1 Sekund gennemstrømmer ethvert Tværsnit i en Leder, er (se § 45) afhængig saavel af

Elektricitetskildens elektromotoriske Kraft som af den Modstand, der i enhver om end nok saa god Leder modsætter sig Strømmens Gjennemgang, den saakaldte Ledningsmodstand, der er forskjellig efter Ledningens Beskaffenhed. For at kunne sammenligne og maale den udkræves atter en Enhed. Tidligere benyttedes som Enhed enten Modstanden i en Normaltraad, en Kobbertraad, 1 Meter lang og 1 □ Millimeter i Tværsnit, eller 1 Siemens Enhed (*SE*) \varnothing : Modstanden i en Kviksølv søjle, 1 Meter lang og 1 □ Millimeter i Tværsnit. Nu benævnes Modstandsenheden i Følge en international Kongresbeslutning af 1881: 1 Ohm og er Modstanden i en Kviksølv søjle, 106 Centimeter lang og 1 □ Millimeter i Tværsnit, altsaa = $1,06 SE$. 1 *SE* bliver da c. $0,94$ Ohm og Modstanden i 1 Mil almindelig Telegraftraad, 4 Millimeter tyk, er c. 70 Ohm. Exempelvis skal anføres, at Modstanden i:

den polariserede Blækskriver er c. 400 *SE*,
 Stiftskriveren c. 10 *SE*,
 Daaserelaiset c. 176 *SE*,
 Galvanoskopet c. 36 *SE*.

57. Specifisk Ledningsmodstand.

Man kan bestemme en hvilken som helst Metaltraads Ledningsmodstand ved at indlemme den i en sluttet Leder, hvori tillige findes et Galvanometer. Efter at have aflæst Udslaget borttager man Traaden og indsætter saa megen Normaltraad i Ledningen, at man atter faar samme Udslag. Normaltraadens Længde i

Metre giver da et Maal for den søgte Ledningsmodstand. Ved Forsøg har man fundet, at Metaltraadens Modstand voxer ligefrem med deres Længde og omvendt med deres Tværsnit; man er derved i Stand til, efter at have maalt Traadens Dimensioner, alene ved Beregning at bestemme dens Modstand.

Som bekjendt ere de forskellige Stoffer i meget forskjellig Grad Ledere for Elektricitet. Metallerne ere vel gode Ledere, men der er dog stor Forskjel imellem dem indbyrdes. Saaledes er under lige Forhold Jærnets Modstand c. 7 Gange, Kviksølvets c. 60 Gange saa stor som Kobberets. Det Tal, som for et eller andet Stof angiver Forholdet mellem dets Ledningsmodstand og Enhedsmetallets, hvortil enten vælges Kobber eller Kviksølv, kaldes Stoffets specifikke Ledningsmodstand. Betegnes denne ved q , Metaltraadens Længde ved l , dens Tværsnit ved t , da er Traadens reducerede Modstand:

$$m = q \frac{l}{t},$$

udtrykt i Modstandsenheder, der ere lig den reducerede Længde af Normaltraaden.

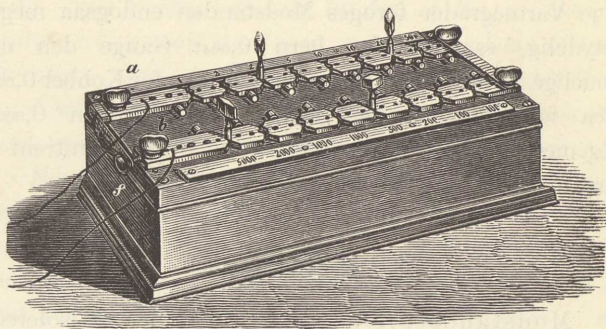
En Del andre Omstændigheder have ogsaa Indflydelse paa Ledningsmodstanden, saaledes Metallets Renhedsgrad, idet f. Ex. Ledeevnen for Kobber, eftersom det bliver mere urent, kan aftage fra 1 til $\frac{1}{7}$; man bør derfor ved Kobbertraad betinge sig, at dens Ledeevne ikke gaar under 0,90 af det rene Kobbers; en saadan Traad kan let leveres. Modstanden er til lige afhængig af Metallets Haardhed og er saaledes større ved valset, ikke udglødet, end ved udglødet

Traad. Temperaturen har ogsaa Indflydelse, og ved høje Varmegrader forøges Modstanden endogsaa meget betydelig, saaledes for Jærn 0,0047 Gange den oprindelige Modstand for hver Grad Celcius, for Kobber 0,004, men for Sølv blandet med Platin dog kun 0,0003. Legemers Ledeevne for Elektricitet staar omtrent i direkte Forhold til deres Ledeevne for Varme.

58. Modstandssøjle.

Modstandssøjlen bestaar af Ruller af isolerede Traadsnoninger, hvis Længder afhænge af den Modstand, der skal findes i Søjlen. Traaden snos halvt i den ene, halvt i den modsatte Retning for at undgaa magnetiserende Virkninger af Rullerne. Ved Forening af flere saadanne Ruller, hvis Modstande staa i et passende Forhold til hverandre, har man dannet Apparater, i hvilke en Skala af Modstande kan fremstilles indenfor temmelig vide Grændser. Et meget fuldkomment Apparat i denne Henseende er den Siemens-Halske'ske store Modstandssøjle, Fig. 35, der bestaar af 16 Ruller, hvoraf hver fremstiller et af følgende Modstandstal: 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 100, 100, 200, 500, 1000, 1000, 2000, 5000 Siemens'ske Modstandsenheder. De ere opstillede i to Rader og overdækkede af to Messingskinner med stort Tværnsnit, der over hver Rulle ere afbrudte; men de enkelte Stykker ere igjen forenede ved Hjælp af selve Rullerne. Alle Rullerne kunne imidlertid udelukkes af Ledningen, ved at Aabningerne mellem Skinnestykkerne lukkes ved Metalproppe, hvis Mod-

Fig. 35.



stande ere forsvindende i Forhold til Rullernes. Hvor-
 somhelst Proppe fjærnes, er Strømmen, der ledes ind
 i Apparatet ved Klemskruerne *a* og *b*. nødt til at gaa
 gjennem vedkommende Traadruller, og man er derved
 i Stand til at fremstille enhver Modstand i hele Tal
 ligefra 1 indtil 10,000 Siemens'ske Enheder; det sidste
 Tal fremkommer, naar alle Proppe ere borttagne. Ved
 en Fjeder *f* kan Strømmen ledes direkte fra *a* til *b*
 uden at passere Skinnerne eller Rullerne.

59. Maaling ved Differentialgalvanometer.

Modstandsmaaling i en Leder kan udføres
 direkte efter flere Metoder ved paa forskjellig Maade
 at forene den Leder, hvis Modstand man vil bestemme,
 med en eller flere Modstandssøjler, Tangent- eller
 Sinusboussoler m. m. Man kan saaledes maale Mod-
 standen ved Substitution, idet et Batteris Poler ved
 Ledninger sættes i Forbindelse med hver af et Differential-

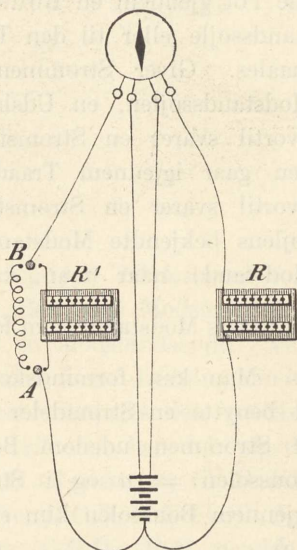
galvanometers Traade; paa den ene Ledning indskydes en Modstandssøjle R , paa den anden den Traad AB , hvis Modstand skal bestemmes (Fig. 36). Det vil

indses, at Differentialgalvanometret ikke vil give Udslag, saa snart der ved Modstandssøjlen er tilvejebragt lige Modstand i begge Ledninger, og man vil da være i Stand til paa Modstandssøjlen at kunne aflæse, hvilken Modstand der findes i den Traad, som prøves. Da Galvanometrets to Traade ikke altid ere fuldstændig ens, vil det være nøjagtigere, medens Modstandssøjlen R beholdes i den ene Ledning, i den anden at borttage AB , erstatte den med en Modstandssøjle R' og gjøre Mod-

standen i denne saa stor, at Galvanometrets Naal spiller paa Nul; Modstanden i R' er da lig Modstanden i AB .

Skulle meget store Modstande maales, kan man give den ene Traad t f. Ex. 100 Gange flere Snoninger om Galvanometret og et 10 Gange stærkere Batteri end den anden Traad t^1 og saaledes i t maale en Modstand, der er 1000 Gange større end den ved t^1 indsatte.

Fig. 36.



60. Maaling ved Boussole.

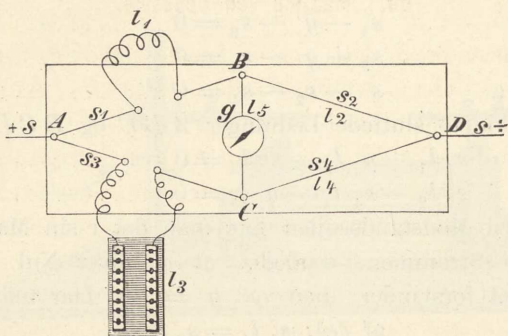
Modstanden kan ogsaa maales ved Sammenligning, idet Ledningstraaden føres fra Batteriets ene Pol gennem en Boussole og herfra til en Modstandssøjle eller til den Traad t , hvis Modstand skal maales. Giver Strømmen, naar den gaar gennem Modstandssøjlen, en Udslagsvinkel a paa Boussole, hvortil svarer en Strømstyrke m , og derimod, naar den gaar igjennem Traaden t , en Udslagsvinkel b , hvortil svarer en Strømstyrke n . og er Modstandssøjlels bekjendte Modstand $= M$, da kan Traadens Modstand, naar man kan betragte Boussole og Batteriets Modstande som forsvindende, sættes $= M \cdot \frac{m}{n}$.

Man kan formindske Boussolels Følsomhed ved at benytte en Strømdeler (Shunt), der leder en Del af Strømmen udenom Boussole; er Modstanden i Boussole $= a$ og i Strømdeleren $= b$, da gaar igjennem Boussole kun en Del af Strømmen, nemlig $\frac{b}{a+b}$; er saaledes $b = \frac{a}{99}$, da gaar igjennem Boussole kun $\frac{1}{100}$ af Strømmen.

61. Wheatstones Bro.

Denne bestaar i sin simpleste Form af et Parallelogram, dannet af Ledningstraade, som ere befæstede til Klemkrue i Punkterne A , B , C og D , Fig. 37; imellem B og C er desuden befæstet en Ledningstraad, i hvilken er indlemmet et Galvanometer; Traadene

Fig. 37.



AB og AC ere afbrudte og ved Klemskruer forbundne, den ene med den Leder, hvis Modstand skal bestemmes, den anden med en Modstandssøjle. Ved A og D indlemmes Apparatet i en Ledning, indeholdende et galvanisk Batteri. Antages den positive Strøm at træde ind ved A , vil den her dele sig og gaa baade til B og C ; fra B vil den gaa til D dels gennem BD og dels gennem BCD ; fra C vil den gaa til D gennem CD og CBD ; BC gennemstrømmes altsaa af to i modsat Retning gaaende Strømme; ere de lige store, frembringes intet Udslag; har den ene derimod Overvægten, og kaldes Forskjellen mellem Strømstyrkerne g , vil der fremkomme et Udslag, som svarer til Retning og Størrelse af denne Forskjel.

Bruges de i Fig. 37 paaskrevne Betegnelser, har man ifølge de Kirchhoff'ske Love for de fire Knudepunkter A , B , C og D :

$$s - s_1 - s_3 = 0 \dots\dots\dots (a)$$

$$s_1 - g - s_2 = 0 \dots\dots\dots (b)$$

$$s_3 + g - s_4 = 0 \dots\dots\dots (c)$$

$$s - s_2 - s_4 = 0 \dots\dots\dots (d)$$

og for de to sluttede Ledninger ABC og BCD :

$$s_1 l_1 + g l_5 - s_3 l_3 = 0 \dots\dots\dots (e)$$

$$s_2 l_2 - s_4 l_4 - g l_5 = 0 \dots\dots\dots (f)$$

Ved Modstandssøjlen har man det i sin Magt at regulere Strømmene saaledes, at g bliver Nul \varnothing : at Udslaget forsvinder; men ved $g = \text{Nul}$ faar man:

$$\text{af (e): } s_1 l_1 = s_3 l_3,$$

$$\text{af (f): } s_2 l_2 = s_4 l_4.$$

og da (b) og (c) give $s_1 = s_2$ og $s_3 = s_4$, faas:

$$l_2 l_3 - l_1 l_4 = 0, \text{ eller}$$

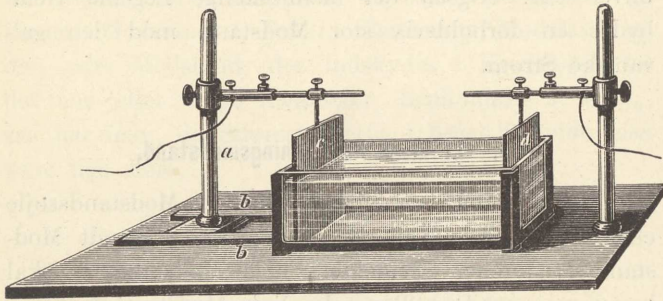
$$\frac{l_1}{l_3} = \frac{l_2}{l_4},$$

en Proportion, af hvilken man meget let beregner den ubekjendte Modstand l_1 af de tre bekjendte. Er l_2 gjort lig l_4 , maa ogsaa l_1 være lig l_3 , naar Udslaget er forsvundet. Kan man forandre Forholdet mellem l_2 og l_4 , da er man i Stand til at bestemme meget store Modstande ved bekjendte forholdsvis mindre Modstande og omvendt.

62. Vædskers Ledningsmodstand.

Vædskers Ledningsmodstand har man bestemt ved at indlemme i Ledningen tilligemed et Galvanometer hosføjede Apparat, Fig. 38, fyldt med den Vædske, man vil undersøge, samt en Modstandssøjle. Søjlen a kan skydes frem mellem inddelte

Fig. 38.



Lister *b*, hvorved det bliver muligt nøje at bestemme Afstanden mellem Pladerne *c* og *d*. Efterat have aflæst det fremkomne Udslag og iagttaget Vædskeprismets Maal, nærmer man Pladerne til en anden indbyrdes Afstand og indsætter ved Modstandssøjlen saa megen Modstand i Ledningen, at man atter frembringer samme Udslag; nu angiver nemlig den ved Modstandssøjlen indskudte Modstand det Vædskeprismets Modstand, gennem hvilket Pladen har bevæget sig. Man har fundet, at Vædskeprismets Modstand følger samme Lov som Metaltraades; kun aftager Vædskers Modstand, eftersom Temperaturen voxer, og ved fortyndet Kobbervitriol aftager den endog med en Middelværdi af 0,028 for hver Grad Celsius. Man har tillige fundet, at den specifikke Modstand af de forskjellige Vædsker er meget betydelig større end Metallernes; den er saaledes ved fortyndet Svovlsyre c. 1 Million, ved koncentreret Kobbervitriol c. 13 Millioner og ved destilleret Vand 123 Millioner Gange større end Kobberets. Svovlsyre viser mindst Modstand, naar den fortyndes

med netop saa meget Vand, at dens specifikke Vægt bliver 1,25. Ogsaa det menneskelige Legeme frembyder en forholdsvis stor Modstand mod den galvaniske Strøm.

63. Et Elements Ledningsmodstand.

En Ledning, som indeholder en Modstandssøjle eller et lignende Apparat og har en bekendt Modstand l , forener Elementet, hvis Modstand m skal bestemmes, med en Boussole, hvis Modstand b i Forvejen er undersøgt, f. Ex. ligesom l_1 ved Wheatstone's Bro. Naar den elektriske Strøm passerer Ledningen og Boussole, aflæses Udslaget a ; derefter indbringes ved Modstandssøjlen en ny Modstand l_1 i Ledningen, hvorved fremkommer et nyt Udslag a_1 . Man har da ved den første Aflæsning, naar Elementets Strømstyrke kaldes s , og dets elektromotoriske Kraft e :

$$s = \frac{e}{m + b + l} \dots \dots \dots (a)$$

ved den anden Aflæsning:

$$s_1 = \frac{e}{m + b + l + l_1} \dots \dots \dots (b)$$

af hvilke 2 Ligninger m let findes.

Man kan ogsaa maale Ledningsmodstanden i to Elementer af samme Slags ved at indsætte dem i en Ledning sammen med et Batteri og en Modstandssøjle og forene de to Elementers to ens benævnte Poler saaledes, at disse Elementer ikke give Strøm, men kun gjøre Modstand, eller ved gennem forskellige Modstande at lade først det ene og derefter begge

Elementer samlede til ét Element udføre det samme Arbejde, f. Ex. svagt gløde en lille Platintraad. Er dennes Modstand f. Ex. l , Elementets Modstand m , den ydre Modstand, der indskydes i Kredsløbet for det ene eller begge Elementer, henholdsvis l_1 og l_2 , saa har man, da Strømstyrkerne i begge Tilfælde maa være lige store,

$$s = \frac{e}{m + l + l_1} = \frac{e}{\frac{m}{2} + l + l_2},$$

hvoraf m let findes at være $= 2(l_2 - l_1)$.

XI. Maaling af elektromotorisk Kraft og Spændingsforskjel.

64. Enhed for elektromotorisk Kraft.

Et Elements elektromotoriske Kraft eller Spændingsforskjellen mellem dets Poler er uafhængig af Elementets Størrelse; den afhænger kun af de Ledernes Natur, hvoraf det er sammensat.

For at maale en elektromotorisk Kraft maa man vedtage en Enhed for den. Da man har

$$s = \frac{e}{m}, \text{ eller } e = s \cdot m,$$

er det naturligt at vælge som Enhed for e den elektromotoriske Kraft, som for en Modstand i Element og Ledning tilsammen lig 1 Ohm frembringer en

Strømstyrke af 1 Ampère. Denne elektromotoriske Kraft benævnes 1 Volt.

Nedenstaaende Elementer have følgende elektromotoriske Kraft:

Daniells	1,079	Volt,
Marié Davys	1,50	—
Leclanchés	1,45	—
Bunsens	1,8	—
Akkumulator	c. 2,0	—

65. Sammenligning mellem to Elementers elektromotoriske Kraft.

For at sammenligne den elektromotoriske Kraft i forskellige Elementer anvendes følgende Fremgangsmaade.

Først forbindes det ene Element med en Modstandssøjle og en Boussole, Udslagsvinklen a aflæses; ved Hjælp af Modstandssøjlen indskydes en ny Modstand l ; en ny Udslagsvinkel b aflæses. Elementet udtages af Forbindelsen og et andet sættes ind i Stedet; ved Modstandssøjlen reguleres Strømmen, indtil Vinklen a atter fremkommer, og Strømstyrken altsaa er den samme som ved første Aflæsning; derefter indskydes saamegen Modstand l_1 , at Vinklen b fremkommer. Kaldes de samlede Modstande, foruden l og l_1 , for det ene Element m , for det andet m_1 , har man:

$$\text{ved første Aflæsning} \dots s = \frac{e}{m}$$

$$\text{anden} \quad \dots \quad s_1 = \frac{e}{m + l}$$

ved tredje Aflæsning... $s = \frac{e_1}{m_1}$

fjerde — ... $s_1 = \frac{e}{m_1 + l_1}$

Af de to første Ligninger findes:

$$e = l \frac{s s_1}{s - s_1},$$

af de to sidste:

$$e_1 = l_1 \frac{s s_1}{s - s_1}, \text{ eller}$$

$$\frac{e}{e_1} = \frac{l}{l_1};$$

altsaa to Elementers elektromotoriske Kræfter forholde sig ligesom de Modstande, der maa indskydes for at formindske det samme Udslag til en bestemt Størrelse.

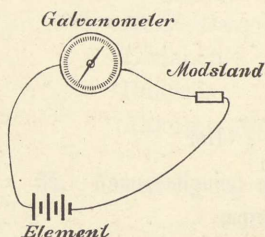
66. Bestemmelse af elektromotorisk Kraft og Spændingsforskjel ved Hjælp af smaa Strømstyrker.

Da i Følge Ohms Lov $E = s(m + l)$, hvor m er Modstanden i Elementet, l Modstanden i Ledningen, saa kan, hvis l gjøres saa stor, at m er forsvindende overfor l , E sættes $= s l$. Naar altsaa Strømstyrken bestemmes i Ampère ved Udslaget paa det til Maaingen benyttede Apparat, og l efter Omstændighederne sættes til 1, 10, 100, 1000 etc. Ohm, saa giver den simple Multiplikation af den fundne Strømstyrke med det til Modstand anvendte Multiplum af 10 den søgte elektromotoriske Kraft i Volt.

Exempel. Et Galvanometer har Udslaget pro-

proportionalt med Strømstyrken, saa at der til 1^0 svarer en Strømstyrke af 0,001 Ampère. Indsættes da i et Elements Kredsløb (se Fig. 39) en Modstand, der forøget med Galvanometrets Modstand er 100 Ohm, og viser da Galvanometret et Udslag af f. Ex. 11^0 , saa bliver Elementets elektromotoriske Kraft $e = 0,011 \cdot 100 = 1,1$ Volt.

Fig. 39.



f. Ex. 11^0 , saa bliver Elementets elektromotoriske Kraft $e = 0,011 \cdot 100 = 1,1$ Volt.

Paa det nævnte Princip med smaa Strømstyrker beror de i Praxis benyttede Apparater til direkte Maaling af

Spændingsforskjel eller elektromotoriske Kræfter i Volt, der da kaldes Voltmetre.

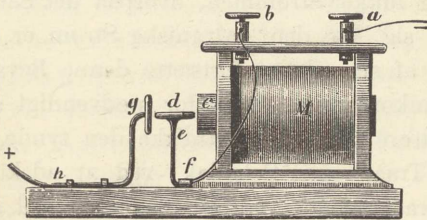
Naar Strømmen er sluttet, er der en Spændingsforskjel mellem to hvilkesomhelst Punkter i Ledningen. Spændingsforskjellen p beror paa den mellemliggende Modstand r og paa Strømstyrken s , idet $p = s r$. Vil man maale Spændingsforskjellem f. Ex. mellem de to Klemskruer af en lysende elektrisk Lampe, føres der en Grenledning ud fra Klemskruerne og i Grenledning indskydes et Voltmeter.

XII. Induktionsapparater og elektriske Maskiner.

67. Ruhmkorffs Apparat.

Ruhmkorff har benyttet den galvaniske Induktion ved sit Induktionsapparat, der bestaar af en indre Cylinder, Induktoren, omvunden med faa Traadvindinger af 1^{'''} tyk Kobbertraad, hvorigjennem ledes en Strøm fra et Bunsens Batteri, samt af en ydre Cylinder med en meget lang, tynd ($\frac{1}{20}$ ''') og godt isoleret Kobbertraad, hvori Induktionsstrømmen frembringes. Hovedstrømmen kan ledes til den indre Traadrulle gennem en Strømvexler (Kommutator), ved hvis Omdrejning Strømmen aabnes og lukkes. For at forstærke Hovedstrømmens inducerende Virkning anbringes i den indre Traadrulle en Jærnkjerne *c*, Fig. 40, bestaaende af isolerede Traadbundter; for

Fig. 40.



at opsamle Elektricitet anbringes i Apparatets Fod en Kondensator, bestaaende af en paa begge Sider med Bladtin belagt, sammenfoldet Kautschukplade, og hver

af Hovedstrømmens 2 Poler forbindes da med en af Kondensatorpladens Sideflader.

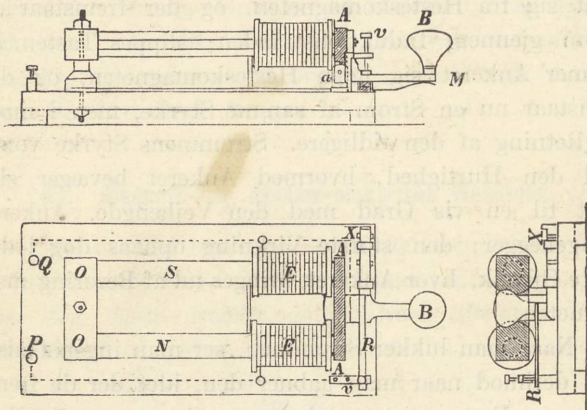
For at Hovedstrømmen hurtig kan blive afvexlende aabnet og lukket, hvorved Induktionsstrømmens Styrke forøges, er følgende Selvlukningsapparat for Strømmen bleven anvendt. I Hovedstrøm-Traad-rullen *M*, hvis Traadvindinger udmunde ved *t* og *b*, er anbragt Kjærnen *c* af blødt Jærn. Næ foran denne Jærnkjerne findes en Messinghammer *d*, der har Jærn paa den Ende, der vender mod *c*, og som hviler paa en Fjeder *e f*, der er i ledende Forbindelse med Traadklemmen *b*. Hammeren *d* berører Hvilestillingen Centrum af den platindækkede Messingskive (Ambolt) *g*, der er i Forbindelse med et galvanisk Batteris ene Pol, medens dettes anden Pol er forbunden med Traadklemmen *a*. Naar Strømmen fra *h* la gaar gjennem *g*, *d*, *e*, *f*, *b* og Spiralen til *a*, bliver Jærnkjærnen *c* magnetisk, tiltrækker *d* og afbryder derved Strømmen; men Kjærnen ophører da i samme Øjeblik at være magnetisk, slipper altsaa *d*, der slaar tilbage mod *g* og lukker Strømmen, hvorpaa det Samme atter gjentager sig, og den galvaniske Strøm er saaledes i Stand til af sig selv at fortsætte denne Bevægelse.

Ruhmkorff ansaa det for nødvendigt at forøge Isolationen ved at overtrække den tynde, silkeompundne Traad med Schellak, ved at adskille Traad-tromlen fra Træfoden ved Glasplader og ved at befæste Traadenderne i Metalkugler, anbragte paa islerende Glasstænger. Man har Apparater, der indeholder 30000' ja indtil 300000' Induktionstraad, og som la vedblivende give Gnister paa en Længde af 18".

68. Bréguets omdannede Apparat.

Apparatet bestaar af en Hestekomagnet $N O S$, Fig. 41, der forsynes paa Enden af N og S med to indskruede Cylindre af blødt Jærn, i hvilke Polerne

Fig. 41.



under Ankerets Bevægelse flytte sig hurtigere end i en almindelig Hestekomagnet. Paa Jærncylindrene anbringes to Induktionsruller E , der dog kun bestaa af to Endestykker af Træ, idet Traaden rulles umiddelbart om Jærncylindrene, for at dens Afstand fra disse ikke skal unødvendig forøges. Foran Magneten er anbragt et Anker A , der drejer sig om Axen a , naar der trykkes paa Tasten B , efter at Skyderen X dog først er trukken til Side. Ophører Trykket paa B , vender Ankeret tilbage til sin første Stilling, dels fordi det paavirkes af en Fjeder, der trykker paa Armen $a M$, dels fordi det tiltrækkes af Hesteko-

magneten. Paa Armen *a M* findes en Fjeder *R*, der berører en Skrue *v*. Den ene Ende af Traaden om Induktionsrullerne er forbunden saavel med Klemmen *P* som med Skruen *v*, den anden Ende saavel med Klemmen *Q* som med Fjedren *R*.

Naar der nu trykkes paa Tasten *B*, fjærner Ankeret sig fra Hestekomagneten, og der fremstaar en Strøm gennem Induktionstraaden; slippes Tasten *B*, nærmer Ankeret sig igjen Hestekomagneten, og der fremstaar nu en Strøm af samme Styrke, men i modsat Retning af den tidligere. Strømmens Styrke voxer med den Hurtighed, hvormed Ankeret bevæger sig, samt til en vis Grad med den Vejlængde, Ankeret tilbagelægger; den største Virkning opnaas dog i det første Øjeblik, hvor Ankeret bringes ud af Berøring med Magneten.

Naar man lukker Strømmen, ser man ingen Gnist, men derimod naar man aabner den, idet der da fremstaar en Extrastrøm, der gaar i samme Retning som Hovedstrømmen, men har større Spænding end denne; den bør derfor benyttes ved Minesprængning, og det er det, der her sker ved Hjælp af Fjedren *R*.

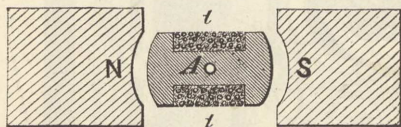
Hvis Fjedren *R* ikke fandtes, i hvilket Tilfælde Apparatet vilde kunne bruges i Stedet for Apparatnøgle og Batteri ved Morse's polariserede Blækskriver, vilde Apparatet kun kunne sprænge 1 Patron, medens det nu kan sprænge 6 Patroner. Trykkes nemlig paa Tasten *B*, fremstaar der en Strøm, der først gaar igjennem *R* og *v*, saa længe disse berøre hinanden; men naar Berøringen ophører, gaar gennem Ledningstraaden fra *P* til *Q*, hvis en saadan findes, ikke blot

den Hovedstrøm, der udvikles ved Ankerets fortsatte Bevægelse, men tillige den ved Afbrydningen fremstaaede Extrastøm. Denne giver vel ikke større Udslag paa et indsat Galvanoskop, idet Strømmen er saa øjeblikkelig, at den ikke faar Tid til at overvinde Magnetnaalens Inerti; men den bevirker ved sin større Spænding længere Gnister og stærkere fysiologiske Virkninger. Fandtes der ingen Ledningstraad mellem P og Q , vilde der, som ovenfor nævnt, vise sig en stærk Gnist mellem R og v .

69. Magneto- og dynamo-elektriske Maskiner.

I de ovenfor beskrevne Apparater frembringes kun en momentan Strøm. Ved Magneto-Induktion kan man dog ogsaa frembringe en varig Strøm. Naar Jærnankeret A , Fig. 42, er omvundet med isoleret

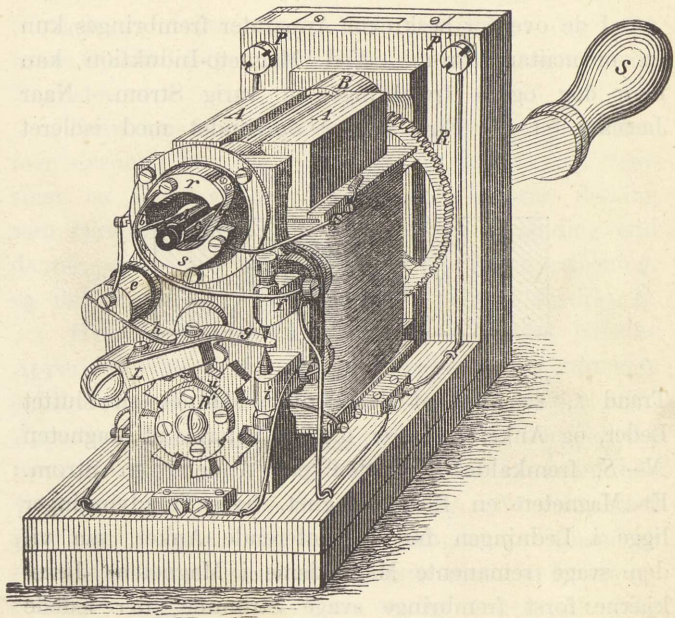
Fig. 42.



Traad t , saaledes at Traadrullen danner en sluttet Leder, og Ankeret roterer mellem Polerne af Magneten $N-S$, fremkaldes i Rullen paa Ankeret en Strøm. Er Magneten en Elektromagnet, hvis Traadvindinger ligge i Ledningen fra det roterende Anker, saa vil den svage remanente Magnetisme i Magnetens Jærnkjerne først frembringe svage Strømme, der ledede

gjennem Elektromagneten forstærke Magnetismen, saaledes at Strømmen efterhaanden bliver stærkere og stærkere, indtil der er opnaaet Ligevægt mellem den til Rotationen anvendte Kraft og den frembragte Strøms Styrke. Alle de nyere elektriske Maskiner ere byggede efter dette dynamo-elektriske Princip (Principet for Krafts Omdannelse til Elektricitet), da Nyttevirkningen af Elektromagneter er betydelig større end af med dem lige store permanente Magneter, der tilmed ikke ere ganske konstante.

Fig. 43.

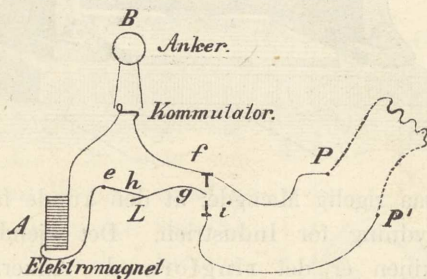


70. Siemens-Halskes magneto-elektriske Rotationsmaskine.

(Fig. 43 og 44.)

B (Fig. 43) er Ankeret, der gennem forskellige Tandhjulsforbindelser sættes i hurtig Rotation ved Hjælp af Svinget *S*. *AA* ere Elektromagneterne; *racdbs* er en Kommutator, ved Hjælp af hvilken de i Ankeret frembragte vxlende Strømme omdannes til en ensrettet Strøm, der passerer Vindingerne om Elektromagneterne. Efter hver to Omdrejninger af Hjulet *R'*, der sidder paa samme Axe som Tandhjulet *R*, falder en Tand *t* paa Vægtstangen *L* ned i et Udsnit *u*, saa at en Fjeder *h* kan tvinge Vægtstangens Ende *g* ned i Kontakt med Skruen *i*; herved brydes det tidligere Strømløb *B A e h g f B* i Apparaten (Fig. 44), og

Fig. 44.



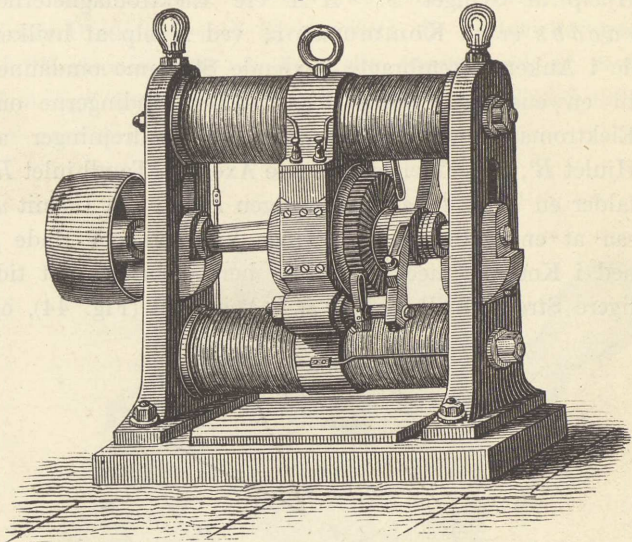
der fremstaar en Extrastrøm, som maa passere over Skruerne *PP'* ud i den ydre Ledning.

Apparatet benyttes til Antændelse af Miner ved Sprængning af elektriske Patroner.

71. Grammes dynamo-elektriske Maskine.

Grammes Maskine, Fig. 45, fremkom omtrent i Aaret 1870 og var den første Maskine, som var i Stand til at frembringe en varig konstant, ensrettet

Fig. 45.



Strøm i saa rigelig Mængde, at den kunde faa almindelig Betydning for Industrien. Det ejendommelige ved Maskinen er det ringformede Anker. Rundt om en Kjærne af Jærntraad, Fig. 46, er lagt fra hinanden isolerede Ruller af isoleret Traad. Rullernes Ender ere forbundne med en Kommutator *r*, dannet af isolerede Kobberlameller *m*, som ere anbragte rundt om Maskinens Axe; til hver Lamelle er knyttet Enden af en Rulle og Begyndelsen af Naborullen, saa at

Traaden om Ankeret danner en sammenhængende Strømkreds.

Paa Grund af Magnetens M s magnetiserende Virkning, Fig. 47, paa Ankerets Kjerne kan denne betragtes som to halvcirkelformede Magneter med det ene Par ensbenævnte Poler ved B , det andet Par Poler ved D lige over for den faste Magnets Poler. Da Polerne i Ankerets Kjerne altid ligge

over for den faste Magnets Poler, selv om Ankeret roterer, saa er Virkningen paa Traadrullerne den samme, som om de roterede alene, og Kjærnen stod stille.

Rotationen af Rullerne tæt forbi de faste Magneter frembringer da i Ankerets ene Halvdel en Strøm i Retning ABC , i den anden Halvdel en Strøm i modsat Retning ADC . Hvis Ankerets (eller Kommutatorens) to modsatte Punkter A og C nu forbindes med en Ledningstraad — hvil-

ket kan ske ved at lade Metalbørster gnide paa Kommutatoren i disse Punkter — vil der gaa en konstant

Fig. 46.

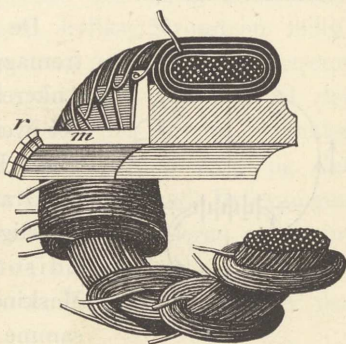
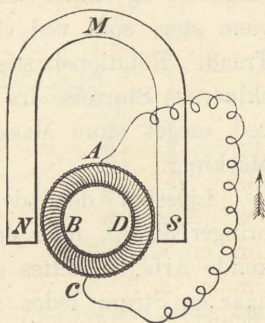
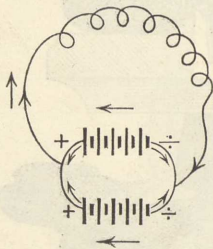


Fig. 47.



Strøm fra *C* til *A* som vist ved Pilen paa Figuren. Principet er her det samme som ved Forbindelsen af to Elementer til ét Element med dobbelt saa stor Overflade, Fig. 48.

Fig. 48.



De faste Magneter ere Elektromagneter, der fødes af den i Ankeret frembragte Strøm efter det ovenfor nævnte dynamo-elektriske Princip.

Gramme har fundet mange Efterlignere, f. Ex. Siemens, Edison, Schuckert o. fl., hvis Maskiner alle ere byggede efter samme Princip som Grammes.

De dynamo-elektriske Maskiner finde mangesidig Anvendelse til Galvanoplastik, elektrisk Belysning og Kraftforplantning. Skal der frembringes store Mængder af Elektricitet, som f. Ex. i Galvanoplastiken, omvikles Magneter og Anker med tyk Traad; skal Spændingen være stor, som ved elektrisk Belysning, bruges tyndere Traad. Rotationshastigheden varierer tildels efter Maskinernes Størrelse fra c. 100 Omdrejninger i Minuten ved meget store Maskiner til over 1000 ved mindre Maskiner.

Ligesom den dynamo-elektriske Maskine frembringer Strøm, naar dens Anker ved et paa dette virkende Arbejde sættes i Rotation, saaledes vil Ankeret, naar en Strøm ledes igjennem en Maskine, bringes i Rotation og blive i Stand til at udføre et Arbejde. Herpaa beror den elektriske Kraftforplantning.

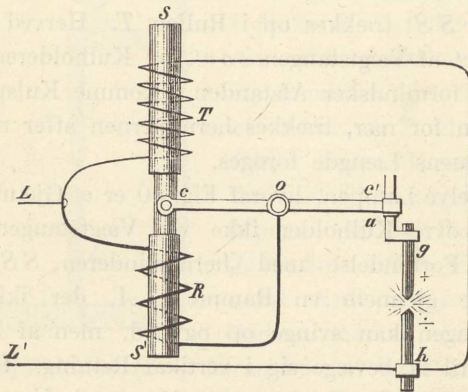
XIII. Elektrisk Lys.

72. Buelamper.

I Buelamperne benyttes den Volta'ske Lysbue. De to Kulspidser, gennem hvilke Strømmen ledes, stilles i Reglen over hinanden, og Strømmen passerer fra det øverste, positive Kul over Lysbuen til det nederste, negative Kul. Naar der bruges ensrettet Strøm, hules Spidsen af det positive Kul, og det negative Kul spidnes. For at vedligeholde Belysningen maa en Lamperegulator bringe Kulspidserne mod hinanden, efterhaanden som de brænde bort.

I Siemens Differentiallampe, Fig. 49, er der

Fig. 49.

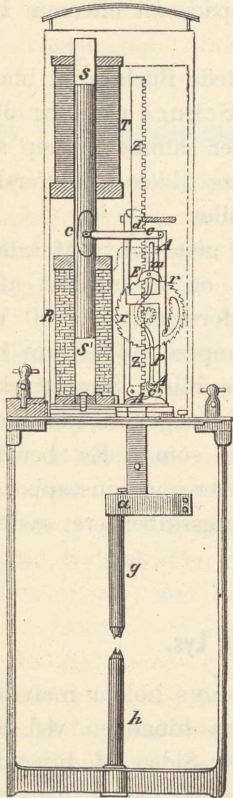


dels i Strømkredsen indskudt en Traadrulle med faa Vindinger og tyk Traad *R* og dels udenom Strømkredsen en Rulle med mange Vindinger og tynd Traad *T*, altsaa med stor Modstand, anbragt som Gren paa

Lysbuen. I disse Ruller sidder den bevægelige Jærnstang SS' , der paa Midten ved en Vægtstang cc' er forbundet med den øvre Kulholder, medens den nedre Kulholder staar fast. Strømmen, der træder ind i Lampen ved L , forgrener sig i begge Rullerne, hvorefter den gennem den nedre Rulle med ringe Modstand gaaende Strøm passerer over Kulspidserne til Klemmen L' , medens den anden Del af Strømmen passerer gennem den øvre Rulle med den store Modstand direkte til samme Klemme L' . Fjærnes nu Kulspidserne paa Grund af Forbrændingen for meget fra hinanden, saa stiger Modstanden i Lysbuen, Styrken af den i Rullen T forgrenede Strøm stiger, saa at Rullens Virkning bliver stærkere end Rullen R 's, gennem hvilken selve Hovedstrømmen gaar, og Jærnkjærnen SS' trækkes op i Rullen T . Herved sænkes Enden c' af Vægtstangen cc' , og Kulholderen følger med og formindsker Afstanden. Komme Kulspidserne hinanden for nær, trækkes Jærnkjærnen atter ned i R , og Lysbuens Længde forøges.

I selve Lampen, hvoraf Fig. 50 er et Gjennemsnit, er den øvre Kulholder ikke ved Vægtstangen cc' i direkte Forbindelse med Jærncylinderen SS' , men indirekte gennem en Ramme AA , der ikke som Vægtstangen kan svinge op og ned, men af Kulisser tvinges til at bevæge sig i vertikal Retning. Rammen bærer et lille Tandhjul r og et Hæmværk E , som kan sætte Pendulet P i Svingning. Tandstangen Z , som bærer det øvre Kul, griber ind i Hjulet r . Naar Rammen AA staar i en bestemt Stilling, saa er Pen-

Fig. 50.



dulet, Hæmværket og Tandhjulet *r* standset, idet Enden *m* af Pendulet klemmes ind i et Hul. Derved kommer Tandstangen i Forbindelse med *AA* og maa følge Rammens Bevægelse. Naar Rammen sænkes, bliver *m* fri, Pendulet og Hjulet ere ikke længer hæmmede, og Tandstangen *Z* med sit Kul kan glide langsomt nedad.

Saa længe Lysbuen ikke er tændt, gaar Strømmen alene gennem Rullen *T*, og Cylinderen *S* trækkes ind i den. Derved sænkes Rammen *A*, Pendulstangen træder ud af Hullet, og Tandstangen *Z* falder langsomt nedad, idet den ved sin Bevægelse sætter Hjulet *r* og ved Hæmværket *E* Pendulet i Bevægelse. Saa snart Kullene berøre hinanden, gaar en stærk Strøm

gennem Spiralen *R*, og Jærncylindren *S* trækkes nedad; herved hæves Rammen *AA* med Hjulet *r*, indtil Pendulstangen *m* griber ind i Hullet. Tandstangen *Z* maa saa følge Rammens Bevægelse opad; det øvre Kul fjærner sig altsaa fra det nedre. Svækkes Strømmen derefter ved Kullenes Afbrænden, saa sænker

Rammen sig igjen, og saaledes bevæger den øvre Kulholder sig snart nedad, snart opad, alt eftersom Lysbuen fordrer det.

De andre nu til Dags benyttede Buelamper, blandt hvilke skal nævnes Brush's, Schuckert's og Jürgensen's, ere konstruerede efter samme Princip som Siemens Differentiallampe og vise tildels kun Forskjel fra denne i de mekaniske Detailler.

De almindeligste Buelamper give et Lys af samme Styrke som 1000 Spermacetyllys og fordre Kul af c. 10^{mm}'s Tykkelse, en Spændingsforskjel af c. 50 Volt og en Strømstyrke af 8—10 Ampère. Jo større Lysstyrken skal være, desto større bliver Strømstyrken, og desto tykkere Kul maa man bruge; til de meget store Lysstyrker paa 40,000 Lys, som f. Ex. benyttes i de saakaldte Projektører α : særegne Linseapparater til Belysning ved Forter og Krigsskibe, ere saaledes Kullene 30^{mm} tykke.

73. Jablochkoffs Lys.

I Russeren Jablochkoffs Lys holder man Kulspidserne i konstant Afstand fra hinanden ved ikke at stille dem overfor, men ved Siden af hinanden, Fig. 51, og udfylde Mellemrummet mellem dem med en særegen porcellænsagtig Masse. Ved Buens Varme smelter Mellemlaget lidt efter lidt bort og lader Kulspidserne brænde frit af. Jablochkoffs Lys kunne kun benyttes ved Vexelstrømme; de give et temmelig uroligt og langt mindre økonomisk Lys end Bue-

lamperne, hvorfor de ogsaa have tabt en stor Del af deres Betydning.

74. Kontakglødelamper.

Overgangen mellem Buelampen og den egentlige Glødelampe danner Kontakglødelampen, i hvilken de to Poler staa i fuldstændig Berøring med hinanden og byde derved Strømmen saa stor Modstand, at der finder en Glødning Sted.

En tynd Kulstang *a*, Fig. 52, trykkes af en Fjeder eller Vægt — som i Reyniers Lampe — i Retning af sin Axe mod en fast Kontakt *c*; gennemløbes *a* mellem denne Kontakt og den elastiske Kontakt *b* af en tilstrækkelig stærk elektrisk Strøm, saa bliver denne Del af Kulstangen hvidglødende og forbrænder, medens Enden spidser sig til. Efterhaanden som Kulstangen fortæres, skydes den af det paa den virkende Tryk nedad, idet den glider over den elastiske Kontakt *b* og stadig hviler paa den faste Kontakt *c*.

Fig. 51.

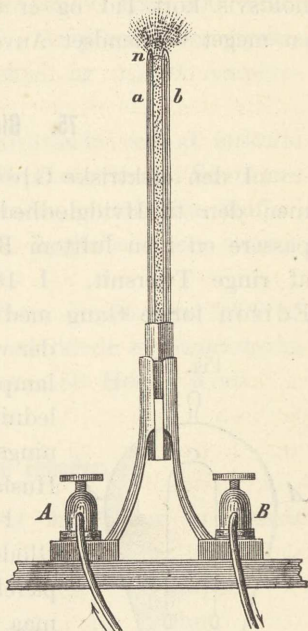
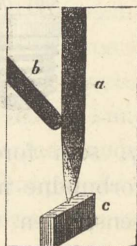


Fig. 52.



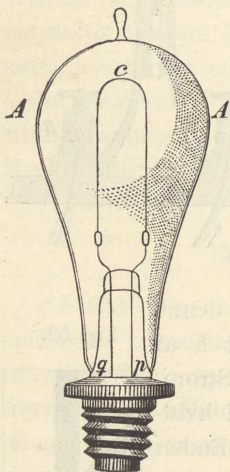
Da Kontaktglødelampen kun kan brænde i forholdsvist kort Tid og er uøkonomisk, finder den kun en meget begrændset Anvendelse.

75. Glødelamper.

I den elektriske Glødelampe frembringer Strømmen den til Hvidglødhede nødvendige Varme ved at passere en i en lufttom Beholder indesluttet Kultraad af ringe Tværsnit. I 1880 fremkom Amerikaneren Edison første Gang med den elektriske Kullampe —

der var alt tidligere forsøgt Platinlamper — hvilken har givet Anledning til den elektriske Belysnings almindelige Anvendelse til Husbelysning.

Fig. 53.



I Fig. 53 er vist en Edisonsk Glødelampe. Den bestaar af en pæreformet Glasklokke *A* — der maa være lufttom, for at Kultraaden ikke skal forbrænde — hvori en *U*-bøjet Kultraad *c* opvarmes af Strømmen til Hvidglødhede. Lampehalsen lukkes med en hermetisk tæt indsmeltet Glasprop, gennem hvilken gaa lufttæt de to Platintraade *p* og *q*, som føre Strømmen til Kultraaden *c* og ere fast forbundne med denne. Glødelampens Lys ligner Gassens, men udvikler kun ringe Varme og ingen Forbrændingsprodukter. Den sædvanlige Lysstyrke er

8—16 Lys; dog haves ogsaa Lamper paa 50—100 Lys. En 16 Lys Lampe kræver f. Ex. 100 Volts Spændingsforskjel og 0,75—0,5 Ampères Strømstyrke, eller 50 Volts Spændingsforskjel og 1,4—1 Ampères Strømstyrke.

Edison fabrikere sine Kultraade ved at forkulle Bambustrevler. Andre, som Maxim, Swan, Siemens m. fl., fabrikere Traadene af andre vegetabiliske Stoffer; men deres Lamper ere alle byggede efter samme Princip som Edisons.

Med én Maskine har Edison drevet over 1200 af disse Glødelamper; Maskinen udviklede en Strømstyrke af 1000 Ampère og fordrede c. 150 Hestes Kraft.

76. Elektriske Enheder.

I Overensstemmelse med hvad der er omtalt ovenfor, er

Enhed for Strømstyrke s	1 Ampère,
— - Modstand l	1 Ohm,
— - elektromotorisk Kraft e	1 Volt.

Ifølge Ohms Lov er $e = sl$,

— Joules Lov er $w = s^2 l = se$,

hvor w betyder den af Strømstyrken s i Ledningen med Modstanden l eller Spændingsforskjellen e frembragte Varmemængde. Enhed for denne er den Mængde Varme, som behøves for at opvarme 1 Gram Vand 1° C. Da man ved Varme kan frembringe mekanisk Arbejde (Kul, der brændes under en Dampkjedel, frembringer saaledes Damp, der gennem Dampmaskinen udfører et Arbejde), saa maa der være en vis For-

bindelse imellem Varme og Arbejde. Man har fundet, at 1 Varmeenhed svarer til det Arbejde, som udfordres for at løfte en Vægt af 424 Gram 1 Meter højt, eller er lig 424 Gram-Metre eller 42400 Gram-Centimetre.

Produktet af Strømstyrke og Spændingsforskjel er altsaa proportionalt med det i Ledningen i hvert Sekund udviklede Arbejde, hvilket følgelig udtrykkes i de almindelige Arbejdsenheder, naar Enhederne for s og e ere valgte paa passende Maade. Dette Produkt benævnes under Tiden Watt, saa at

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Ampère} \times 1 \text{ Volt.}$$

Naar Enhed for Arbejde er 1 Kilogram-Meter eller det Arbejde, der udfordres for at løfte 1 Kilogram 1 Meter, saa er:

$$1 \text{ Watt} = \frac{1}{9,8} \text{ Kilogram-Meter i 1 Sekund.}$$

Da en Hestekraft er det Arbejde, som udfordres for at løfte 75 Kilogram 1 Meter højt i 1 Sekund, saa bliver

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Ampère} = \frac{1}{9,8 \times 75} \text{ Hestekraft.}$$

Exempel. I en elektrisk Ledning findes indsat parallelt 50 Stkr. elektriske Glødelamper, hvis Spændingsforskjel er 100 Volt og Strømstyrke 0,75 Ampère. Hvilket Arbejde udfordres der for at holde Lamperne brændende?

Da Spændingsforskjellen er 100 Volt, og den samlede Strømstyrke er $50 \cdot 0,75$ Ampère, bliver

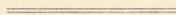
$$\begin{aligned}
 s e &= 100 \cdot 50 \cdot 0,75 = 3750 \text{ Watt;} \\
 &= 3750 : 9,8 \text{ Kilogram Metre;} \\
 &= 3750 : 9,8 : 75 \text{ Hestekraft;} \\
 &= 5,1 \text{ Hestekraft.}
 \end{aligned}$$

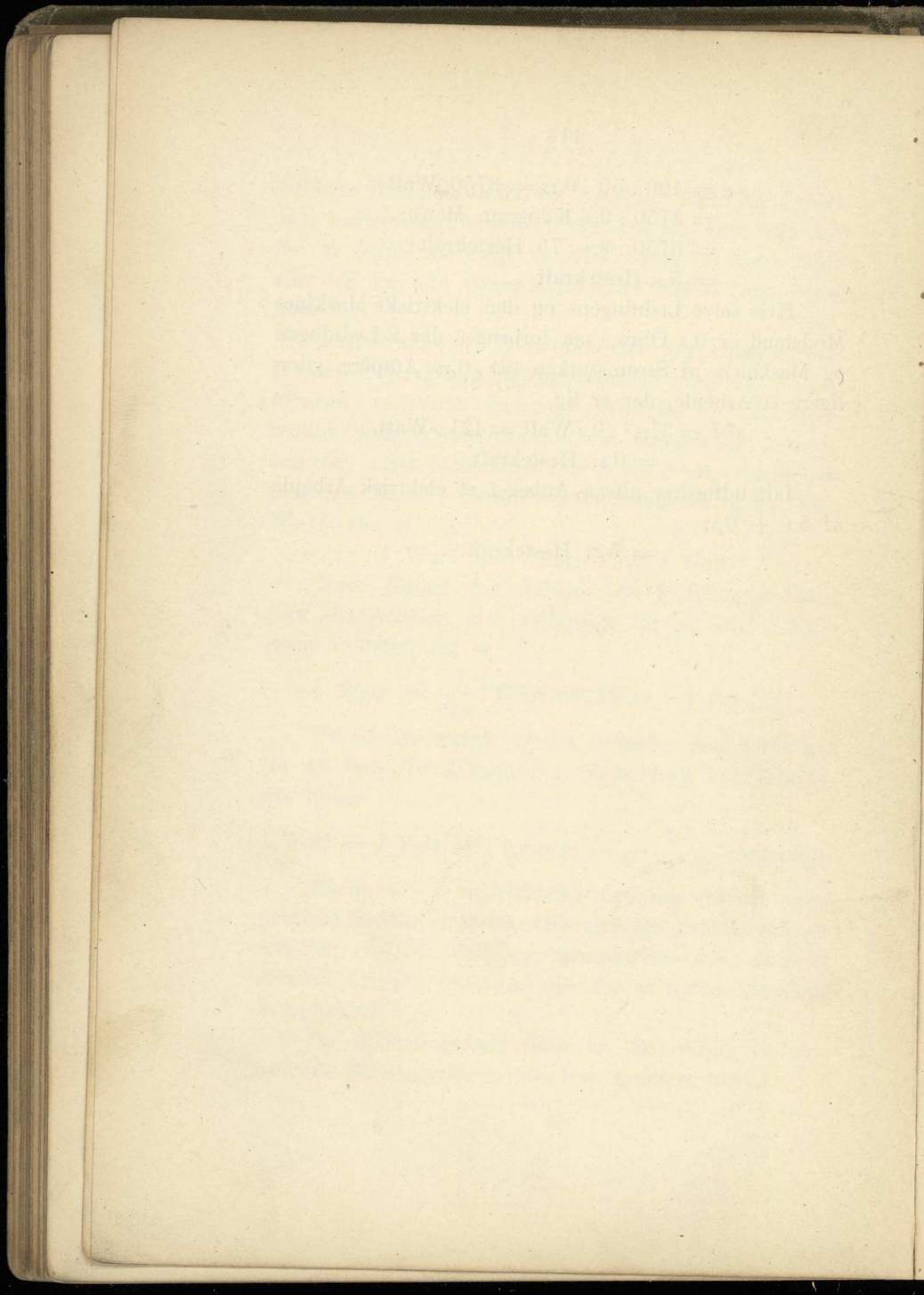
Hvis selve Ledningens og den elektriske Maskines Modstand er $0,3$ Ohm, saa forbruges der i Ledningen og Maskinen af Strømstyrken $50 \cdot 0,75$ Ampère yderligere et Arbejde, der er lig

$$\begin{aligned}
 s^2 l &= 37,5^2 \cdot 0,3 \text{ Watt} = 421,9 \text{ Watt,} \\
 &= 0,57 \text{ Hestekraft.}
 \end{aligned}$$

Ialt udfordrer altsaa Anlægget et elektrisk Arbejde af $5,1 + 0,57$

$$= 5,67 \text{ Hestekraft.}$$





Indholdsfortegnelse.

I. Gnidningselektricitet.

(Statisk Elektricitet).

	Side.
1. Positiv og negativ Elektricitet	1
2. Gode og slette Ledere	3
3. Elektrisk Spænding (Potential) og Tæthed	5
4. Elektrisk Fordeling	7
5. Elektricitetens Forplantning	9
6. Elektrofor	9
7. Elektricermaskine	10
8. Kondensator	12
9. Leydnerflaske	14
10. Elektroskop	15
11. Elektrometer	17
12. Mekaniske Aarsager til Elektricitet	20
13. Atmosfærisk Elektricitet	20

II. Galvanisme.

(Dynamisk Elektricitet.)

14. Frembringelse af galvanisk Strøm	21
15. Voltas Søjle	24
16. Galvanisk Batteri	26
17. Den kemiske Virksomhed i Elementet	26
18. Daniells Element	27
19. Andre Elementer	28
20. Thermoelektrisk Batteri	30

II

Side.

III. Magnetisme.

21. Naturlige og kunstige Magneter	31
22. Magnetaalen	32
23. Magnetismens Egenskaber	34
24. Legemers Magnetisering	35

IV. Forskjellige Virkninger af Elektriciteten.

25. Varmevirkning	36
26. Lysvirkning	38
27. Mekanisk Virkning	39
28. Fysiologisk Virkning	39
29. Kemisk Virkning	39
30. Elektro-dynamisk Virkning	42
31. Elektrisk Ladning og Udladning	43
32. Elektricitetens Hastighed	46

V. Elektromagnetisme.

33. Elektricitetens Virkning paa Magnetaalen	46
34. Galvanoskop	48
35. Galvanometer	49
36. Elektromagneter	51
37. Magnetiserende Kraft og Tiltrækning	53
38. Remanent Magnetisme	53
39. Tiden for Magnetismens Fremstaaen og Forsvinden	54

VI. Induktion ved elektrisk Strøm.

40. Induktion mellem to Strømme	55
41. Induktion i samme Leder. Extrastøm	57
42. Mængde og Spænding af Elektricitet i Induktionsstrømmen	58

VII. Induktion ved Magnetisme.

43. Induktionsstrømmes Fremstaaen og Retning	61
44. Hestekomagneter	62

VIII. Love for elektriske Strømme.

45. Ohms Lov	63
--------------------	----

III

	Side.
46. Kirchhoffs Love	66
47. Strømdeling	66

IX. Maaling af Strømstyrke.

48. Strømstyrkeenhed	71
49. Boussole og Galvanometre	71
50. Tangentboussole	72
51. Sinusboussole	75
52. Differentialgalvanometer	77
53. Voltameter	77
54. Elektrodynamometer	78
55. Forskjellige andre Maalemetoder	80

X. Maaling af Ledningsmodstand.

56. Modstandsenhed	80
57. Specifisk Ledningsmodstand	81
58. Modstandssøjle	83
59. Maaling ved Differentialgalvanometer	84
60. Maaling ved Boussole	86
61. Wheatstones Bro	86
62. Vædskers Ledningsmodstand	88
63. Et Elements Ledningsmodstand	90

XI. Maaling af elektromotorisk Kraft og Spændingsforskjel.

64. Enhed for elektromotorisk Kraft	91
65. Sammenligning mellem to Elementers elektromotoriske Kraft	92
66. Bestemmelse af elektromotorisk Kraft og Spændingsforskjel ved Hjælp af smaa Strømstyrker	93

XII. Induktionsapparater og elektriske Maskiner.

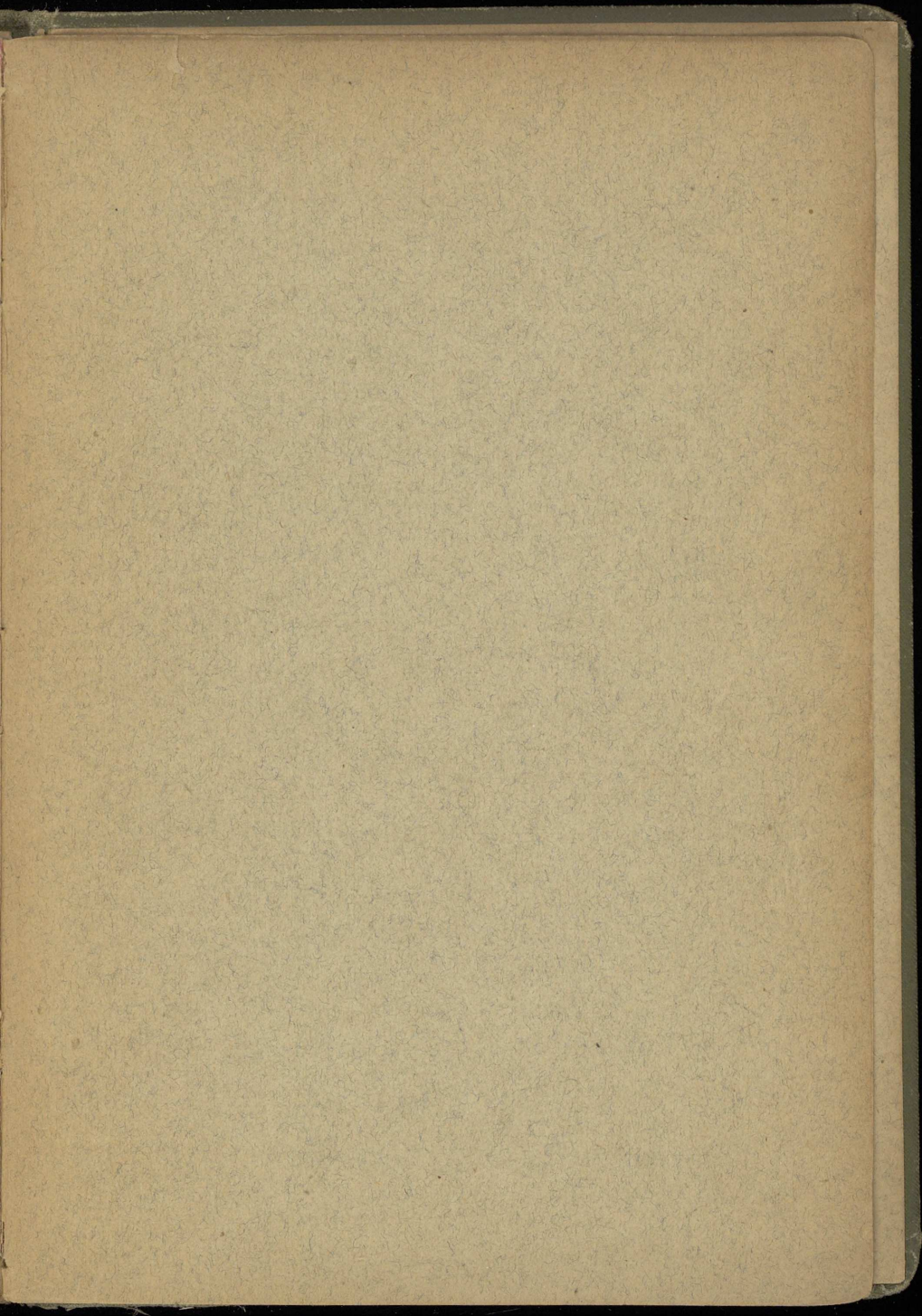
67. Ruhmkorffs Apparat	95
68. Bréguets omdannede Apparat	97
69. Magneto- og dynamo-elektriske Maskiner	99
70. Siemens-Halskes magneto-elektriske Rotationsmaskine	101
71. Grammes dynamo-elektriske Maskine	102

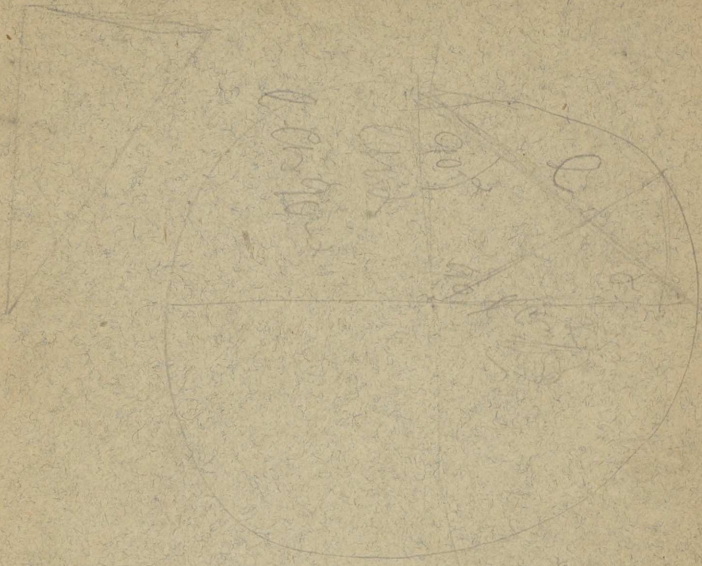
IV

XIII. Elektrisk Lys.

Side.

72.	Buelamper	105
73.	Jablochkoffs Lys	108
74.	Kontaktglødelamper	109
75.	Glødelamper	110
76.	Elektriske Enheder	111





1000

1000

1000

