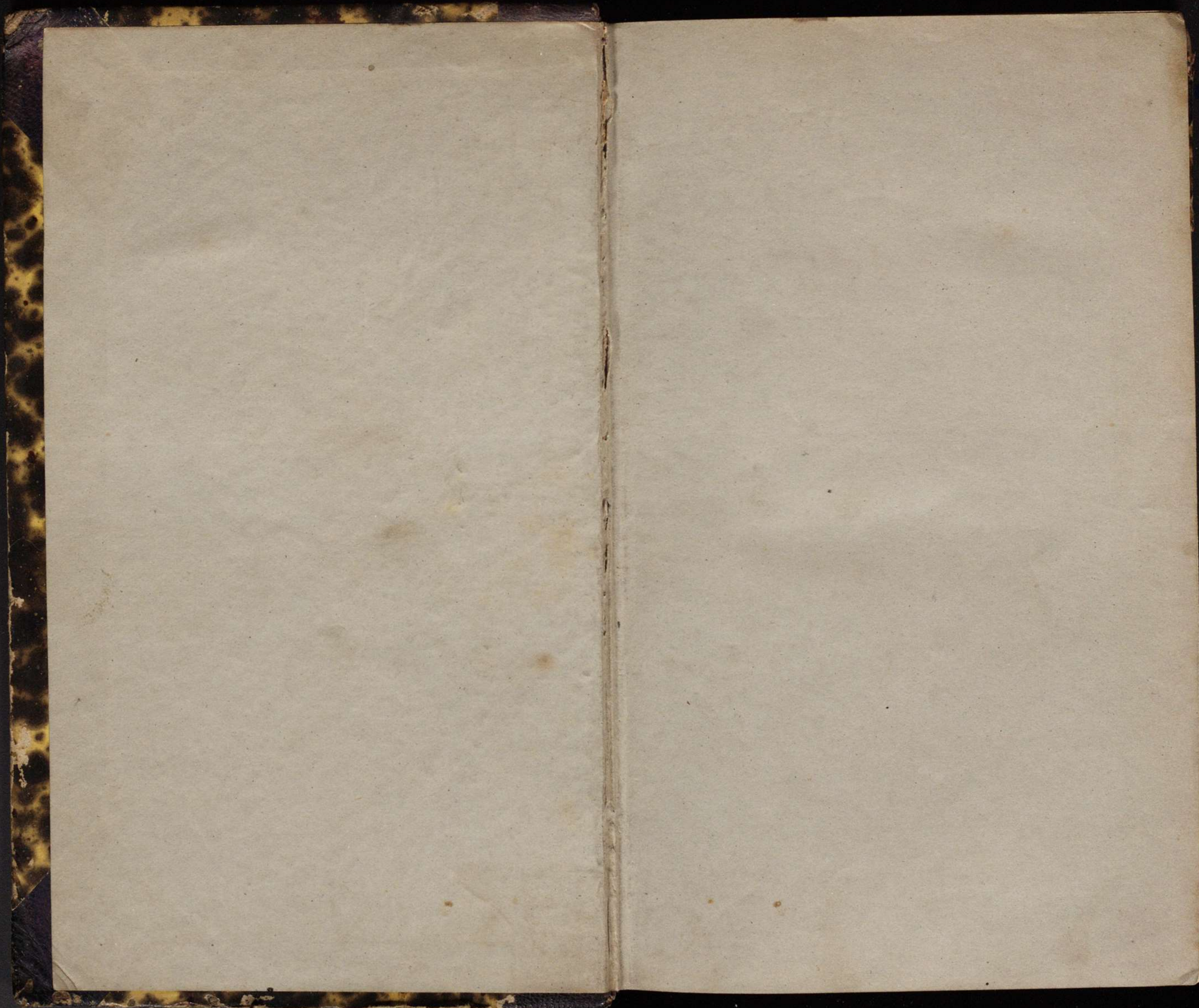


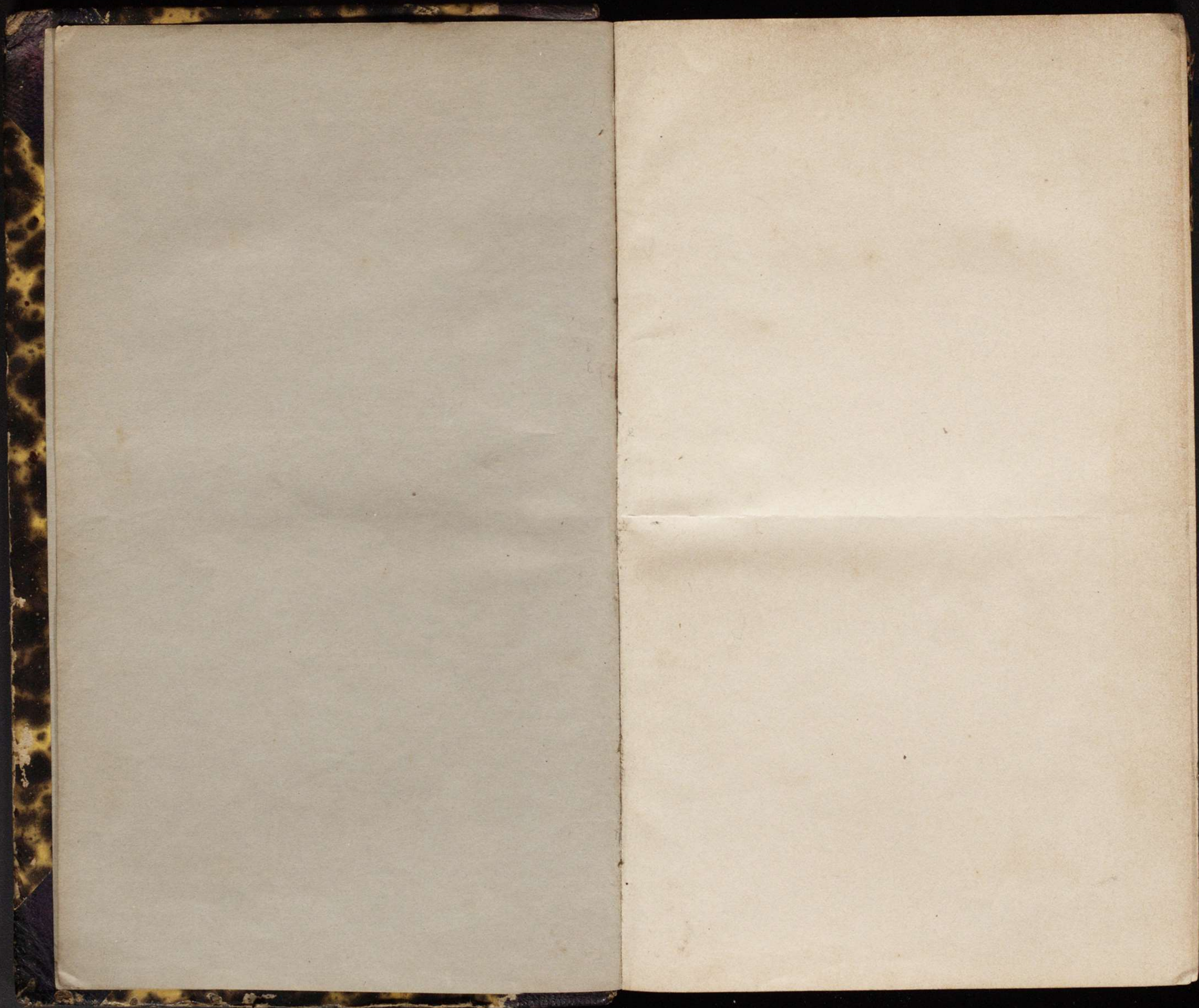
益田精祥氏保管

BSL



BSL

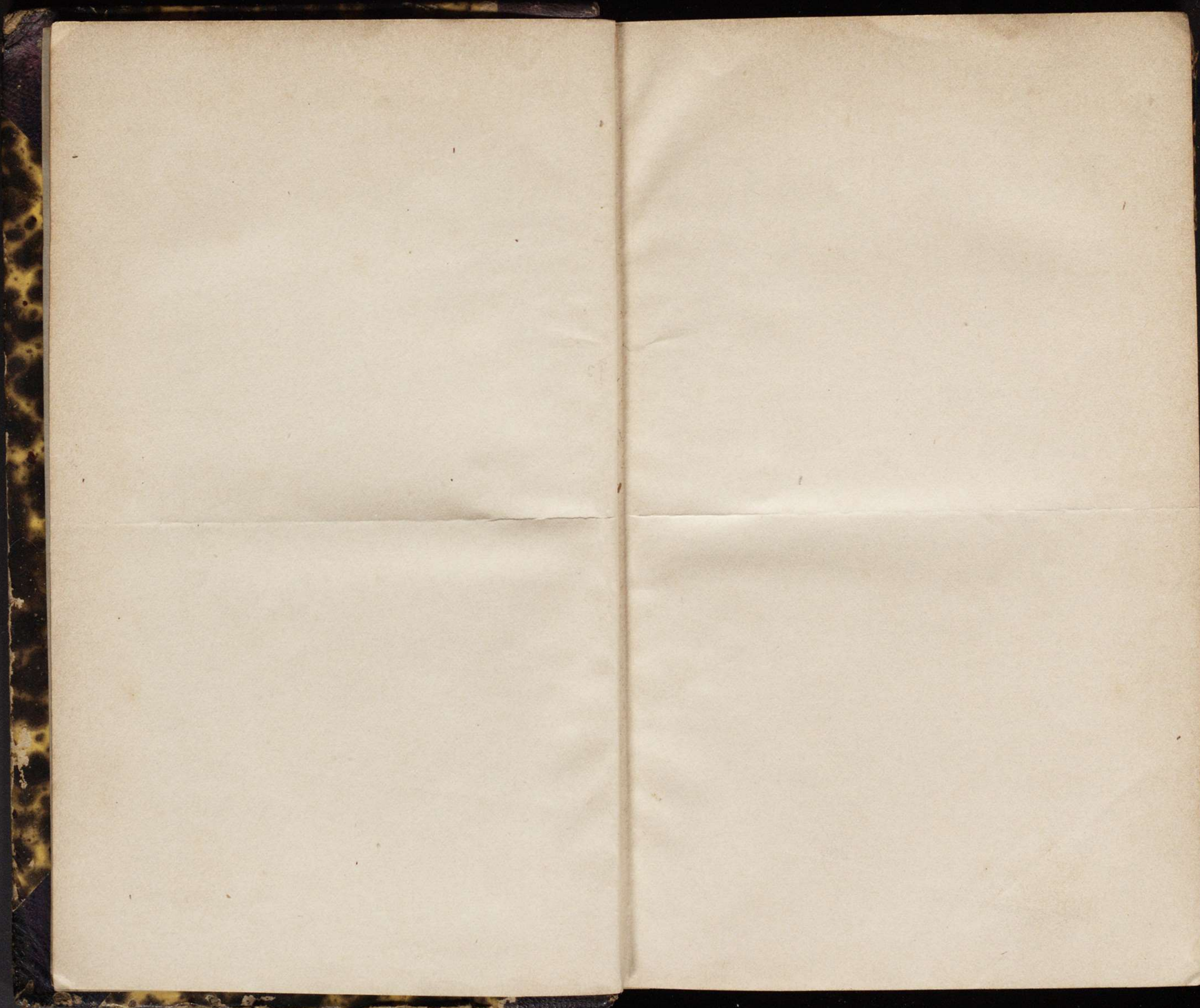
BSL



BSL



BSL



BSL

EERSTE GRONDBEGINSELEN

DER

NATUURKUNDE,

STREKKENDE TOT

LEESBOEK VOOR ALLE STANDEN

HOOFDZAKELIJK TOT ZELFONDERRIGT VOOR JONGE LIEDEN,

EN TOT

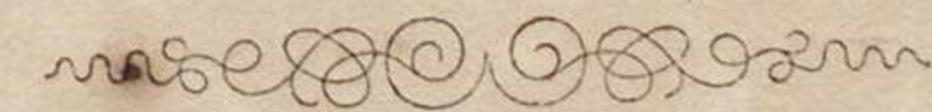
HANDLEIDING VOOR ONDERWIJZERS;

DOOR

P. VAN DER BURG.

MET 600 TUSSCHEN DEN TEKST GEPLAATSTE HOUTSNEË-FIGUREN.

Derde, geheel omgewerkte druk.



GOUDA,
G. B. VAN GOOR.
1854.

VOORBERIGT

VOOR DEN TWEEDEN DRUK.



Dat ik mij zoo weinig tijds na de eerste uitgave van dit werkje reeds verplicht zoude zien voor eenen **TWEEDEN DRUK** de beschavende hand er aan te leggen, mogt ik, in aanmerking genomen de klagte, die er doorgaans over het geringe debiet van wetenschappelijke werken in ons land opgaat, voorzeker niet verwachten. Indien men, bij gebrek aan beter, zich niet met het zeer middelmatige moest vergenoegen, ik zou zeker meer geneigd zijn, om de gunstige ontvangst van de vruchten mijns onderzoeks aan hare goede eigenschappen toe te schrijven.

Ik kan het leedwezen niet verbergen, 't welk ik gevoel, de tweede uitgave te hebben moeten besturen, zonder dat mij eene uitgewerkte beoordeeling van het geheel is onder de oogen gekomen. De algemeene beschouwingen toch, die van deze grondbeginselen in verschillende nieuwsbladen of tijdschriften verschenen, konden, daar zij doorgaans zeer gunstig waren, weinig bijdragen tot hunne wezentlijke verbetering. Met de aanmerkingen, die mij zoo goedgunstig door den hoogleeraar **J. VAN DER HOEVEN** onder de aandacht werden gebracht, heb ik met dankbaarheid mijn voordeel gedaan; verder heb ik nog al datgene veranderd, weggelaten of toegevoegd, wat mij de ondervinding, verder onderzoek of de bescheidene teregtwijzingen van den Heer **J. KRAMERS J^r.** te **GOUDA**, wien ik voor deze oplettendheid mijnen hartelijken dank betuig, als min duidelijk, overtoelig of uermeldingswaardig hadden leeren kennen.

Ten aanzien der aanzienlijke verbetering en vermeerdering, die de achtste en negende Afdeeling hebben ondergaan, ben ik verplicht, mij iets nader te verklaren.

Toen ik besloot, door de zamenstelling dezer grondbeginselen, aan des Uitgevers verlangen te voldoen, had ik tevens het plan gevormd, om bij elke gelegenheid, waar het eenigzins gepast geschieden kon, te doen uitkomen, wat wij aan Nederlanders in het vak der Natuurkunde zijn verplicht, ten einde daardoor zoo veel mogelijk de eer onzer landgenooten hierin te handhaven, en de veel beteekenende ontdekkingen te leeren kennen, waarmede zij die wetenschap zoo vaak hebben verrijkt.

Menigmaal echter moest ik het bejammeren, dat ik dit voornemen niet op die wijze konde ten uitvoer brengen, als ik dit wel wenschte, dewijl mij de tijd ontbrak om de daartoe vereischte onderzoekingen in het werk te stellen, en ik de bronnen doorgaans miste, waaruit ik zou hebben kunnen putten.

In het voorjaar van 1847 **TEYLER'S** merkwaardig museum te **HAARLEM** bezoekende, onder geleide van den heer **LOGEMAN** aldaar, bekend vooral door zijne belangrijke mededeelingen aangaande gewichtige verbeteringen, die er aan onderscheidene natuurkundige werktuigen konden worden aangebragt, gaf ik dezen mijn leedwezen te kennen, dat ik mijn werkje, en evenmin den herdruk er van, niet een meer geheel nederlandsch aanzien had kunnen geven, als waardoor het voor Nederlanders eerst eene bijzondere waarde zou hebben kunnen verkrijgen.

De bereidwilligheid, waarmede de heer **LOGEMAN** dadelijk aanbood, om mij hierin de behulpzame hand te bieden, verkreeg voor mij te meer waarde, naarmate ik **TEYLER'S** inrigting beter leerde kennen, en dien ten gevolge te levendiger moest gevoelen, in welk eene buitengewoon gunstige stelling de heer **LOGEMAN** zich geplaatst zag, om aan zijn aanbod gevolg te geven; en die belangstelling in zijne hulp werd nog aanmerkelijk verhoogd, toen, door wisseling van gedachten, uitgelokt door de aanmerkingen, die de heer **LOGEMAN** op mijn werk maakte, mijne meening, dat hij een' doordringenden blik in het gebied der natuurwetenschap had geworpen, tot volkomen zekerheid geraakte, en ik daardoor tevens tot de overtuiging kwam, dat ik met vrucht van zijne wenken zou kunnen gebruik maken.

Het eerste gevolg der bemoeijingen van genoemden heer was, dat mij door den hoogleeraar **J. G. S. VAN BREDA**, directeur van **TEYLER'S** stichting, met evenveel welwillendheid werd toegestaan, om van de voornaamste werktuigen, die zich in het museum bevonden, afteekeningen te doen vervaardigen, ten einde deze in mijn werkje op te nemen, voor zooverre, n. l. dit, bij de nog niet afgedrukte achtste en negende afdeeling mogelijk was. Dit was eene gunst, welke ik, al ware zij uitsluitend het gevolg van de liefde tot de wetenschap, immer in dankbaar aandenken zal houden. De afbeeldingen van eenige der voornaamste werktuigen uit **TEYLER'S** stichting, — van werktuigen, die elders in ons land nog in het geheel niet, ja nog slechts op enkele plaatsen in Europa bestaan, en van welke sommige nog in geen leerboek, hoegenaamd, beschreven of afgebeeld zijn — de afbeeldingen van vele der belangrijkste toestellen uit eene nederlandsche stichting, die hier te lande hare wedergade niet vindt, ja wier rijkdom in gemeld opzigt eene buitenlandsche vermaardheid heeft verworven; — die teekeningen zouden mijn werkje versieren; — dit was waarlijk een bekoorlijk denkbeeld voor mij.

Spoediger dan ik had durven verwachten, zag ik dat denkbeeld verwezentlijkt. Met rustelooze vlijt en voorbeeldelooze hulpvaardigheid stelde de heer **LOGEMAN** mij al zeer spoedig in het bezit van alles, wat ik wenschte, en, of dat nog niet genoeg ware, hij wees mij de wegen aan, of verschaft mij, behalve de teekeningen, belangrijke mededeelingen, om deze grondbeginselen al meer en meer te volmaken. — De wijze, waarop ik van zijne ongewone welwillendheid in de volgende bladen heb gebruik gemaakt, moge hem het bewijs zijn mijner levendige erkentelijkheid.

Ook anderen, die mij hunne aanmerkingen op den eersten druk van het laatste gedeelte dezer bladen hebben doen kennen, en onder dewelke vooral mijn hoog geachte vriend de kapitein **C. G. VON DENTZSCH**, aan den constructie-winkel te **DELFT** (thans Luitenant-kolonel der artillerie in **O. I.** en directeur van den constructie-winkel te Soerabaja) behoort, betuig ik mijn' dank voor de in deze genomene moeite.

Misschien draagt het de goedkeuring van sommigen niet weg, dat ik hier en daar, zooals bij de electriseerwerktuigen, de electro-magnetische rotatie-toestellen, de electro-magnetische telegraphen, de magneto-electriseermachines, enz. meer dan eene soort dier werktuigen heb vermeld en beschreven. Zichier wat daarvan is.

Hoewel ik bij zulke dubbele beschrijvingen het voordeel verkreeg, den leerling

de behandelde wetten te vaster in het geheugen te kunnen prenten, of, door afwisseling in de wijze van verklaring, hem de zaken beter te doen begrijpen, was die verdubbeling toch meestal het gevolg van het inwilligen mijner begeerte, om aan de nederlandsche jongelingen te doen weten, wat Nederlanders aan vele werktuigen hadden verbeterd of vereenvoudigd. — Wat in dit opzigt den telegraaf van **LOGEMAN** betreft, van welken mij de afteekening ook zoo belangeloos door den uitwinder werd afgestaan, ik achtte mij alweder gelukkig, langs dezen weg, door eene beschrijving namelijk van de uitwinding eens Nederlanders, aan den wensch van velen te kunnen voldoen, die mij vroeger hun leedwezen hadden uitgedrukt, dat zij hunne nieuwsgierigheid, betrekkelijk deze belangrijke soort van werktuigen, in den eersten druk van deze bladen zoo weinig bevredigd vonden. — Maar gesteld eens, dat er zaken in de volgende lessen voorkwamen, of beschrijvingen van werktuigen in werden gevonden, die er in konden worden gemist; — waarom zou ik dan nog deze hebben weggelaten, daar, door de vermelding er van, de prijs van het geheele werk niet werd verhoogd, die vermelding den leerling volstrekt niet kon schaden, en ik, behalve de bovengenoemde voordeelen, nog dat gewin er bij had, van hem met den rijkdom bekend te kunnen maken eener stichting, die ons land tot sieraad verstrekt, — en hem de overtuiging kon schenken, dat de nederlandsche werktuigkundigen, de nederlandsche instrumentmakers, op eene hoogte zich bevinden, waarop zij behooren te staan, en dat zij met de buitenlanders gerustelijk kunnen wedijveren? — Voor 't overige zal het, mijns inziens, wel altijd moeilijk, ja misschien onmogelijk zijn, om de juiste grenslijnen aan te wijzen, tusschen welke de inhoud van een leerboek, als het hier behandelde, zich bewegen mag.

Ten slotte acht ik het niet overtollig, wat de aanleiding tot de uitgave van het boek en de wijze, waarop dit is geschied, betreft, het volgende uit de voorrede, die voor den eersten druk geplaatst is, over te nemen.

De uitgever — wien men meermalen onder de aandacht had gebragt, dat er algemeen behoefte werd gevoeld aan een werkje, hetwelk op eene onderhoudende, bevattelijke, populaire wijze de gronden der Natuurkunde, in haren tegenwoordigen staat van vordering, voor jonge lieden ontwikkelt, — zocht mij tot vervulling dezer behoefte ernstig aan. De eer, die hij mij daardoor bewees, had ik bepaaldelijk dank te weten aan zijne bekendheid met mijne Belangrijke onderwerpen uit de Natuur- en Werktuigkunde, ten behoeve der Scholen, in 1842 uitgegeven.

Hoewel ik met hem moest erkennen, dat er algemeen naar een **LEERBOEK** van bovengenoemden aard werd gewenscht, zal het toch niemand, die de Natuurkunde onder de voorwerpen zijner studie telt, bevreemden, dat ik tegen de groote moeilijkheden, aan de zamenstelling van zulk een werk verbonden, zwaar opzag, en derhalve aarzelde in het nemen van een besluit. De zucht evenwel om nuttig te zijn, de volle overtuiging van het buitengewoon ontwikkelend, vormend en veredelend vermogen, dat de beoefening der Natuurkunde onmiddellijk op des menschen verstand en hart uitoefent, deden mij besluiten aan des Uitgevers verlangen te voldoen.

Ik heb getracht, de natuurkundige waarheden op eene eenvoudige, overtuigende wijze open te leggen, heb volstrekt geene strikt mathematische betoogen aangevoerd, zeer schaars hypothesen in het midden gebragt, en zooveel mogelijk de behandelde waarheden op zaken, tot het dagelijksch leven betrekkelijk, nuttig toegepast. **POUILLET, MULLER, NEIL ARNOTT, LARDNER, KATER, WENCKEBACH, GIRARDIN** enz. zijn hierbij mijne voornaamste gidsen geweest. De figuren zijn meestal uit de werken dezer natuur- of scheikundigen overgenomen. Bij de lezers heb ik geene meerdere kennis voorondersteld dan die, welke zij op iedere welingerigte school hebben kunnen verwerven, dat is, bekendheid met het nieuwe maten- en gewigten-stelsel en de leer der evenredigheden.

Dewijl ik begreep, dat het in meer dan een opzigt nuttig zijn konde, vooral dat het tot volmaking van het werkje zou kunnen strekken, indien het handschrift aan het oordeel eens deskundigen onderworpen werd, die tevens over de geschiktheid der daarin gevolgde leermethode konde beslissen, zoo wendde ik mij te dien einde, wel wetende, hoe naauw zich de beoefening der Natuurkunde aan die der Wiskunde aansluit, tot den heer **R. LOBATTO**, professor in de Wiskunde aan de koninklijke akademie voor burgerlijke ingenieurs te **DELFT**. Met de grootste bereidwilligheid doorliep de hoogleeraar het *M. S.*, waarvoor ik hem mijnen opregten dank toebreng, en spoorde mij, onder zeer vereerende betuigingen, ten sterkste tot de uitgave aan. Dit beloonde reeds niet weinig de buitengewone zorg, aan de samenstelling van het boekje besteed, en (waarom zoude ik het ontkennen?) vermeerderde de goede verwachting, welke ik van zijne ontvangst koesterde. Het spreekt echter van zelf, dat ik niettegenstaande deze gunstige oordeelvelling, zoo volkomen van het gebrekkige mijns werks overtuigd blijf, dat ik mij genoodzaakt vind, de toegevendheid van deskundigen nederig in te roepen. Van hunne bescheidene teregtwijzigingen zal ik een dankbaar gebruik maken.

Mogt de inhoud der volgende bladen dat nut stichten, hetwelk ik er mede poog te bereiken; mogten zij iets bijdragen tot eene meer algemeene beoefening der Natuurkunde; krachtladig medewerken, tot het invoeren van opzettelijk onderwijs in deze wetenschap op elke school in ons vaderland; mogt vooral de verwachting des genoemden hoogleeraars zich verwezenlijken, en het werkje bevonden worden, in duidelijkheid en rijkdom van toepassingen, de voorkeur te verdienen boven de, alom in Duitschland zoo gunstig ontvangene, *Naturlehre* van **HELMUTH** of **FISCHER**, en tevens als waardig opvolger van **BUIS**, *Natuurkundig Schoolboek* en de *Volksnatuurkunde* worden beschouwd, dan zou ik mij verblijden, de weinige oogenblikken, die mij van mijne veelvuldige bezigheden overig blijven, aan een' hoogst nuttigen arbeid te hebben besteed.

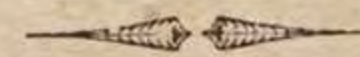
GORINCHEM,

October 1847.

DE SCHRIJVER.

VOORBERIGT

VOOR DEN DERDEN DRUK.



Hoe vele gebreken deze Grondbeginselen ongetwijfeld zullen blijven aankleven, het doel, waarmede wij ze ontwierpen, is volkomen bereikt. Dankbaar zijn wij gestemd voor de onderscheiding, die hun te beurt viel. Eenige duizenden exemplaren zijn door ons land, onze overzeesche bezittingen, of onder onze landgenooten, die in een ander werelddeel hun geluk zochten, verspreid. Het werk is aangekocht door menschen, in wier handen wij het bij uitnemendheid wenschten. De werklieden in meer dan eene beroemde fabriek van ons land gaven er ons de verzekering van. Dat het den lust tot beoefening der Natuurkunde bij velen heeft opgewekt, aanleiding heeft gegeven tot het oprigten van verscheidene natuurkundige vereenigingen en veel heeft bijgedragen, om ook de Natuurkunde onder de vakken van onderwijs op de lagere scholen op te nemen, hiervan liggen een aantal brieven ten bewijze, die wij ontvingen, hetzij om inlichtingen, aangaande minder heldere punten, hetzij om raad in te winnen, betrekkelijk het nemen van proeven, het aanschaffen van instrumenten, of het aankooopen van boekwerken, waarin men de bedoelde wetenschap verder konde beoefenen.

Sommige dezer vragen hebben ons aanleiding gegeven, de proeven met een groot getal te vermeerderen, en ze daar, waar het ons wenschelijk voorkwam, meer uitvoerig te omschrijven, opdat hij, die de proeven neemt, daardoor aan een groot getal personen de gewichtigste zaken aanschouwelijk kan maken.

Dat het ons niet onverschillig was te mogen vernemen, dat eenige leeraars in de Natuurkunde, en daaronder zelfs zeer hoog geplaatste, hunnen leerlingen de lezing van dit werkje hebben aanbevolen, hiervan hebben wij willen doen blijken in de verandering van den stijl, die deze derde druk op de meeste plaatsen heeft ondergaan en in het verder uitwerken van eenige belangrijke onderwerpen, die in dit leerboek voorkomen.

Waarom het hoofdstuk over het licht op eene andere plaats, en wel onmiddellijk achter het geluid, is gebragt, is in den tekst verklaard. De aanzienlijke uitbreiding, die dit hoofdstuk heeft ondergaan, is een gevolg van uitnoodigingen, welke tot mij gericht zijn, om in een' herdruk meer van de interferentie, polarisatie, enz. des lichts op te nemen, dan in de vroegere uitgaven is geschied. Mogten deze onderwerpen sommigen lezers wat hoog loopen, wel nu, men sla ze over, en zal de zaken daardoor toch niet uit haar verband zien gerukt.

Ook deze herdruk zal op vele plaatsen bewijzen, dat de belangstelling van den hoogleeraar **J. G. S. VAN BRED**A en mijn' vriend **W. M. LOGEMAN** in dit werk geenszins is verflaauwd. Met dankbaarheid maken wij hiervan melding.

Wij hopen, dat deze geheele omwerking tot het voortdurend gebruik moge bijdragen.

NIJMEGEN,

Januarij 1854.

DE SCHRIJVER.

I N H O U D.

Inleiding	Bl. 1.
---------------------	--------

EERSTE AFDEELING.

Eigenschappen der lichamen.

Les.	Bladz.
1 Over de lichamen, hunne uitgebreidheid en gedaante.	5.
2. Algemeene eigenschappen der lichamen. — Ondoordringbaarheid. — De duikerklok	7.
3. De deelbaarheid der lichamen.	10.
4. De poreusheid der lichamen.	14.
5. De zamendrukbaarheid der lichamen.	16.
6. Het uitzettingsvermogen der lichamen. Vaste lichamen, druijbare en luchtvormige vloeistoffen	18.
7. De veërkracht der lichamen.	22.
8. De zwaarte	25.
9. De traagheid der lichamen.	30.
10. Van eenige bijzondere eigenschappen der lichamen, Cohésie.	32.
11. Kracht van zamenhang bij de vaste lichamen. Kristallisering.	35.
12. Aantrekking tusschen de atomen van gelijksoortige en ongelijksoortige stoffen. Aantrekking der haarbuizen	40.
13. De scheikundige aantrekking.	44.

TWEEDE AFDEELING.

De beweging en het evenwigt der vaste lichamen.

14. De rust en de beweging in het algemeen. Verschillende soorten van beweging.	51.
15. Over den overgang van rust tot beweging. Hoeveelheid van beweging.	54.
16. De eenparige of gelijkvormige beweging der lichamen. Het evenwigt der lichamen. Zamenstelling en ontbinding der krachten.	57.
17. De gelijkmatige versnellende en vertragende beweging der lichamen. De wetten der vrijvallende lichamen.	67.
18. De kromlijnige beweging der lichamen. De beweging van voortgeworpene lichamen. Middelpuntsbeweging.	74.
19. De val langs het hellend vlak. De slinger.	81.
20. De gedaante en de beweging der aarde. Kometen. Ebbe en vloed.	90.
21. De mededeeling van beweging. De botsing der lichamen. Werking en terugwerking.	95.
22. Het zwaartepunt der lichamen.	102.
23. De enkelvoudige werktuigen. De hefboom.	108.
24. De balans.	116.
25. Het windas. De katrol.	124.
26. Het hellend vlak. De wig. De schroef.	129.

DERDE AFDEELING.

Het evenwigt en de beweging der druijbare vloeistoffen of vochten.

27. Over de vochten in het algemeen en het water in het bijzonder.	135.
--	------

Les.	Bladz.
28. Over het evenwigt der vochten. — Hunne drukking in vaten, die gemeenschap met elkander hebben. — Het waterpas.	139.
29. De grondstelling van Archimedes. — De soortelijke zwaarte der lichamen.	154.
30. Over het evenwigt der lichamen, welke in drupvormige vloeistoffen zijn gedompeld.	166.
31. Werking tusschen de moleculen der vochten onderling, en tusschen die der wanden van het vat en de vochten, die zij omsluiten.	172.

VIERDE AFDEELING.

De beweging en het evenwigt der luchtvormige of veërkrachtige vloeistoffen.

32. Eigenschappen der lucht in het algemeen. — De luchtpomp.	175.
33. De drukking der lucht. — De barometer. — Wet van Mariotte.	181.
34. Verklaring van eenige werktuigen, die op de behandelde eigenschappen der lucht berusten.	191.
35. Verdamping. — Vochtometers. — Verschijnselen betrekkelijk de vochten in den dampkring. — Koude door verdamping ontstaan.	210.
36. De stoomwerktuigen	221.
37. Over eenige der voornaamste lucht- of gassoorten. — Zuurstofgas. — Waterstofgas. — Stikstofgas. — Chloorgas. — Koolwaterstofgas. — Gasverlichting. — Koolzuurgas — Zwavel-waterstofgas.	239.
38. De grondstelling van Archimedes toegepast op de veërkrachtige vloeistoffen. — Luchthollen. — Luchtstroomen in den dampkring.	259.
39. Over de beweging der vochten en van de lucht.	266.
40. Aantrekking tusschen de gasvormige en vaste, gasvormige en druijbare lichamen, en tusschen het eene gas en het andere.	277.

VIJFDE AFDEELING.

Over het geluid.

41. Ontstaan, voortplanting en snelheid van het geluid.	281.
42. De snelheid der slingeren in het algemeen. — Toonen — De sirène. — Het getande rad van Savart. — Opwekking van geluid door snaren.	290.
43. Opwekking van geluid door staven, platen, gespannen huiden en in trilling gebragte lucht. — Blaasinstrumenten.	302.
44. De mededeeling en terugkaatsing der geluidstrillingen	309.
45. De stem en het gehoor van den mensch.	317.

ZESDE AFDEELING.

Het licht.

46. Over het licht in het algemeen.	321.
47. Over de verspreiding, snelheid en sterkte van het licht.	324.
48. De terugkaatsing van het licht door platte oppervlakten.	334.
49. Over de terugkaatsing van het licht door middel van gebogene oppervlakten.	342.
50. De breking van het licht in het algemeen en die, welke door stoffen, begrensd door platte vlakken, ontstaat.	351.
51. Over de breking der lichtstralen door gebogene oppervlakten.	364.
52. Prismatische kleuren. Aanvullingskleuren. Oorzaak van de verschillende kleuren der lichamen.	378.
53. Over het achromatisme.	388.
54. Het oog. Objectieve en subjectieve lichtverschijnselen.	393.

Les.	Bladz.
55. Mikroskopen. Verrekijkers of telescopen.	411.
56. Over de lichtgolven in het algemeen. Interferentie en buiging der lichtstralen	421.
57. Dubbele breking en polarisatie der lichtstralen.	434.

ZEVENDE AFDEELING.

De warmte.

58. Over de warmte in het algemeen.	458.
59. Over den thermometer. Kwik-, wijngeest-, lucht-, differentiaal-, maximum- en minimum-thermometer. Thermometer van Breguet. Pyrometers	462.
60. Nadere beschouwing van de verandering, die de lichamen door de warmte ondergaan. Uitzetting der vaste, drup- en gasvormige lichamen	472.
61. Over de verandering in den aggregatie- of samenhangstoestand, die de lichamen door de warmte ondergaan, en over de aanwending van dampen	484.
62. Over de drukking der dampen, hun verzadigingspunt en uitzettingskracht. Vochtmeters	498.
63. Vatbaarheid der lichamen voor de warmtestof. Specifieke warmte. Het meten van de hoeveelheid warmtestof.	506.
64. Over de verspreiding der warmte door geleiding en door uitstraling. Breking, buiging, polarisatie en dubbele breking der warmtestralen.	510.
65. Over verschillende wijzen, waarop men warmte voortbrengt, opwekt of ontwikkelt. Brandstoffen. Vuurspuwende bergen. Dierlijke warmte.	526.
66. Over de warmte zooals zij over de aardoppervlakte is verspreid. Dage-lijksche- maandelijksche- jaarlijksche temperatuur. Isothermische- isochimische- isotherische lijnen, Warmte der aardkorst.	532.

ACHTSTE AFDEELING.

De magneetkracht.

67. De werking der magneten op het ijzer en op elkander. Polariteit. Magnetische verdeeling.	540.
68. Over het vervaardigen van magneten.	550.
69. Over het meten van magnetische krachten.	558.
70. Over de magneetkracht der aarde. Isogonische, isoclinische, isodynamische lijnen.	563.
71. Over het diamagnetismns.	571.

NEGENDE AFDEELING.

De electriciteit.

72. Over de electriciteit in het algemeen.	578.
73. Geleiders en niet-geleiders. Mededeeling van electriciteit.	580.
74. De electriseermachine. Electroscoopen en electrometers. Wetten aan- gaande de electriciteit.	587.
75. Over de electriciteit, die op eenen afstand wordt opgewekt. Gebon- dene en vrije electriciteit Franklinsche plaat. Leidsche flesch. Het meten der elektrische krachten. Condensator.	605.
76. Aanwijzing van eenige der merkwaardigste proeven, die met de elec- triseer-machine of met wrijvings-electriciteit kunnen genomen worden.	629.
77. De electriciteit des dampkrings. Bliksem-afleiders.	645.

TIENDE AFDEELING.

Het Galvanismus.

Les.	Bladz.
78. Opwekking van electriciteit door aanraking van verschillende stoffen. Galvanische electriciteit of galvanismus	655.
79. Galvanische toestellen. De kolom van Volta. De zambonische kolom. De wollastonsche batterij. De calorimotor van Hare. Constante bat- terij van Becquerel, enz. Verschil tusschen galvanische en wrijvings- electriciteit	664.
80. Over het meten van de sterkte des galvanischen strooms. Multipli- cator Tangenten- en sinus-boussole.	684.
81. Over de verschillende uitwerkingen van den galvanischen stroom. Scheikundige werkingen	698.
82. Over de galvanische licht- en warmteverschijnselen en mechanische werking des strooms	713.
83. Magnetische werking van den galvanischen stroom. Toepassingen van deze eigenschap des strooms. Electro-magnetische telegraphen en uurwerken	723.
84. Over den invloed van het aardmagnetismus op de galvanische stroomen, alsmede over de werking van de stroomen op elkander.	763.
85. Geïnduceerde electriciteit of electro- en magneto-electriciteit.	774.
86. Over de thermo-electriciteit. Opwekking van electriciteit door bijzon- dere oorzaken. Physiologische werking van den stroom en dierlijke electriciteit	795.

DRUKFEILEN.

Bladz.	1 reg.	2 v. o.	staat:	die, ons	lees: die ons
"	12	"	19 v. b.	" vergietsel	" gietsel
"	18	"	13 v. b.	" evereen	" overeen
"	22	"	21 v. o.	" kaout-schouboom	" kaoutschouk-boom
"	26	"	11 v. b.	" E	" e
"	36	"	18 v. o.	" in de eene	" in eene
"	36	"	15 v. o.	" het in	" in
"	43	"	7 v. o.	" Veroe	" Vera
"	45	"	9 v. b.	" tweeledige	" tweeledige
"	45	"	9 v. o.	" bedige	" ledige
"	46	"	11 v. o.	" verzuursels	" verzuursel
"	48	"	17 v. b.	" ontdekken	" ontdekken
"	56	"	12 v. b.	" eener, kleine	" eener kleine,
"	59	"	8 v. o.	" De	" Den
"	67	"	2 v. b.	" water vlak	" watervlak
"	78	"	5 v. o.	" liedende	" vliedende
"	82	"	21 v. o.	" c	" e

Bladz.	reg.	v. o.	b. o.	staat; herleidt	lees: herleid	
"	115	"	2	v. b. " <i>ed</i>	" <i>cd</i>	
"	115	"	4	v. b. " <i>e</i>	" <i>c</i>	
"	117	"	4	v. b. " <i>ed</i>	" <i>ec</i>	
"	117	"	6	v. b. " <i>af</i>	" <i>ef</i>	
"	119	"	4	v. o. " <i>Q</i>	" <i>Q'</i>	
"	119	"	1*	v. o. " <i>Q</i>	" <i>Q'</i>	
"	130	"	1	v. o. " <i>b, c</i>	" <i>bc</i>	
"	133	"	17	v. b. " <i>die</i>	" <i>dien</i>	
"	134	"	1	v. o. " <i>kannon</i>	" <i>kanon</i>	
"	144	"	14	v. o. " <i>a</i>	" <i>u</i>	
"	144	"	10	v. o. " <i>df</i>	" <i>ef</i>	
"	240	"	4	v. o. " <i>zuur</i>	" <i>vuur</i>	
"	259	"	1	v. o. " <i>rijs</i>	" <i>rijst.</i>	
"	267	bij fig. 137 <i>b</i> verbeelde men zich, dat boven aan de lijn <i>ac</i> op de hoogte der watervlakte de letter <i>n</i> staat.				
"	271	bij fig. 137 <i>f</i> plaatse men regts van <i>B</i> aan het einde der buis de letter <i>C</i> .				
"	284	bij fig. 139 <i>a</i> verbeelde men zich de letters <i>r, n, b, c, d</i> meer links geschoven tot tegen de cirkelomtrekken.				
"	291	reg.	8	v. o. voege men op de opene plaats het woordje <i>met in.</i>		
"	294	"	4	v. o. <i>staat: 35</i>	<i>lees: 36</i>	
"	295	"	3	v. b. " <i>de om-</i>	" <i>den om-</i>	
"	297	"	3	v. o. " <i>d</i>	" <i>e</i>	
"	299	"	1	v. b. " <i>b</i>	" <i>g</i>	
"	299	"	5	v. b. " <i>Sanveur</i>	" <i>Sauveur</i>	
"	299	"	12	v. b. " <i>ae</i>	" <i>ac</i>	
"	301	bij fig. 153 <i>a</i> moet de letter <i>r</i> op de bovenste lijn niet onder <i>d</i> , maar, 2 deelpunten meer links onder <i>N</i> staan.				
"	368	reg.	10	v. o. <i>staat: vl</i>	<i>lees: kl</i>	
"	376	"	5	v. o. " <i>Hieraan</i>	" <i>Hiervan</i>	
"	396	"	1	v. o. " <i>accomma</i>	" <i>accommo.</i>	
"	549	"	4	v. b. " <i>Er,</i>	" <i>3. Er</i>	
"	571	"	14	v. o. " <i>vest</i>	" <i>vast</i>	
"	583	"	5	lees voor het tweede woord <i>de</i>		
"	629	"	3	v. o. <i>staat: geleide,</i>	<i>lees: geleider</i>	
"	660	"	1	v. o. " <i>e</i>	" <i>de</i>	
"	667	in de kolommen <i>A</i> en <i>B</i> , van de daar geplaatste schets, staat in de 4de rij dier kolommen: — 3 en + 2 lees: — 2 en + 3				
"	670	reg.	7	v. o. <i>staat: wli</i>	<i>lees: wil</i>	
"	680	"	19	v. o. " <i>die, een</i>	" <i>die een</i>	
"	"	"	18	v. o. " <i>plaat</i>	" <i>plaats</i>	
"	689	"	18	v. b. " <i>meredi-</i>	" <i>meridi</i>	
"	697	"	13	v. o. " $\frac{e}{(a+a)}$	" $r\left(\frac{e}{a+a}\right)$ (2)	
"	701	in reg. 1 en 2 neme men pool vrouwelijk				
"	702	reg.	3	v. o. Met het woord <i>Even</i> beginne men een' nieuwen regel-		
"	703	"	8	v. o. <i>staat: 51</i>	<i>lees: 54</i>	
"	704	"	10	v. o. " <i>u</i> " <i>n</i>		

INLEIDING.

Hoe meer men den lust tot onderzoek, de zucht om het onbekende te doorgronden, door den Schepper in elk redelijk wezen gelegd, voedsel geeft, hoe meer men moet opmerken, dat alle takken van menschelijke kennis schijnbaar ongelijksoortige wortels uitmaken van één' stam, die door deze gevoed, weldadig zijne talloze armen in allerlei rigtingen over ons aardbewoners uitbreidt. Begint men de geaardheid van een' der worteltakken na te vorschen, men vindt zich weldra verplicht, om ook de andere in zijn onderzoek op te nemen, want zij zijn als 't ware onafscheidelijk aan elkander verbonden. Zoo heeft ook elke wetenschap, elk ordelijk stelsel van weten de hulp van andere wetenschappen, hoe ook schijnbaar in soort verschillend, noodig, zal zij voor hare beoefenaars verstaanbaar worden. Hoe meer men derhalve onderzoekt, en langs dezen weg zijne verstandelijke krachten voedt, hoe meer ook de overtuiging levendig wordt, dat er nog onbegrijpelijk veel te leeren overblijft. Ik wil beproeven om in de volgende bladen de beginselen eener wetenschap te onderwijzen, die de beoefening van vele andere zeer voordeelig in de hand werkt, of gemakkelijk maakt en durf mij vleijen, dat gij, die dat onderwijs met aandacht wilt volgen, haar onder de aangenaamste en nuttigste zult rangschikken, waarmede gij u tot dus verre aanvankelijk hebt bezig gehouden. Of is het niet aangenaam, de waarheid van schier elke stelling, die men hoort voordragen, door de dagelijksche ondervinding te kunnen zien bevestigen? Is het niet aangenaam en nuttig tevens, om in het gebied eener wetenschap te worden ingeleid, die in eene hooge mate het verstand opklaart, voedt en versterkt, het hart tot God yerheft, diens verhevene magt, onpeilbare wijsheid en grenzelooze liefde middagklaar openlegt; die, ons van ijdele vreeze, bijgeloof en ongeloof bevrijdt, en daardoor onze rust en ons genoegen verzekert? — En welke is die hoog geroemde

wetenschap? — Haar gebied bepaalt zich tot alle verschijnselen, tot alle veranderingen, die zich in de natuur opdoen. — De natuur bevat al de voorwerpen in zich, die ons omringen, hunne beweging en onderlinge werking op elkander. Al de verschijnselen, welke zich op, in of om de aarde vertoonen, behooren *tot*, vallen voor *in* de natuur. Het opkomen en ondergaan der zon, maan en sterren, het donderen, bliksemen, hagelen, regenen en sneeuwen, het stroomen des waters, het geloei van den storm, dit alles zijn natuurverschijnselen. Het onderzoeken naar de oorzaak dier verschijnselen, naar den aard en de eigenschappen van de krachten, die deze veranderingen te weeg brengen, ziedaar het werk der wetenschap, met welker beginselen ik u wensch bekend te maken. Die wetenschap heet *Natuurkunde*.

Welligt meent gij, dat gij de dingen, die zich rondom u bevinden kent, dat gij weet wat hout, ijzer, water, lucht, vuur, enz., is, en waardoor de wind, de beweging des waters en der wolken, het onweder, enz. ontstaat. Gij moogt dit een en ander bij naam kennen, maar de oorzaak, waarin het wezenlijk verschil der voorwerpen gelegen is, de oorzaken dier talloze veranderingen in de natuur, deze zijn u waarschijnlijk onbekend. Stel u, om hiervan overtuigd te worden de beantwoording der volgende vragen voor.

Hoe komt het, dat weggeworpene ballen, steenen, knikkers, enz., naar beneden vallen, en daarentegen de rook, de vlam van het vuur, de vlieger enz., naar boven gaan? — Hoe komt het, dat bij het pompen het water klimt tot de plaats, waar het kan uitvloeijen? Van waar dat een ijzeren kogel in het water zinkt, terwijl een geheel schip van ijzer, daarop drijft? — Van waar, dat de stok, dien gij in het water steekt, boven aan de watervlakte gebroken schijnt? Doch waar zoude ik eindigen met dergelijke vragen te doen? Zoo gij tot nu toe de onverschilligheid aangaande deze zaken met een groot aantal menschen gemeen hebt, zullen die bedenkingen zelfs nooit bij u zijn opgekomen. Men ziet water koken, voelt dat ijzer spoediger heet wordt dan hout, bemerkt dat het water in eenen zwarten pot in korter' tijd wordt verhit en verkoeld dan in eenen witten; men ziet dat kaarsen, olie, was, gas licht verschaffen, dat ijzeren schepen varen, het water bevriest, en duizend andere zaken bovendien, zonder iets meer te doen dan ze te *gebruiken* en te *zien*, zonder zich immer af te vragen: waarom is dit zoo en niet anders?

Zeker wekt de beoefening van niet eene wetenschap den mensch meer op tot nadenken, dan de Natuurkunde. Zij lost hem al de bovengemaakte bedenkingen op en nog ontelbare bovendien. Zij verklaart hem elk verschijnsel, zoo even vermeld, en nog oneindig veel andere. Zij schenkt hem eene zeer uitgebreide magt over alles, wat hem omringt. Ja zij is, zooals een geleerde der oudheid reeds duizende jaren geleden getuigde, de wortel van alle kunsten en wetenschappen.

Niet eene wetenschap is er, die onmiddellijk der menschelijke zamenleving zoovele diensten, zoovele gemakken, zoovele aangenaamheden aanbrengt, als zij.

Zij zal u overtuigen, dat zij den geneeskundige, werktuigkundige, bouwkundige, zeeman, mijnwerker, fabrikant, enz. haren krachtigen arm leent. Gij zult haar de werkplaatsen van kunstenaars en ambachtslieden zien binnentreden, om daar het werk veel gemakkelijker en eenvoudiger te maken, ja als ware het de doode stof te bezielen. Met verbazing zult gij den mensch door haar in staat gesteld zien, om op den bodem der zee af te dalen, zich verre boven de wolken te verheffen, of wat meer is, duizenden zijner evenmenschen aan het gevaar van golven en vlammen te ontrukken. En, wat het meest van alles zegt, gij zult ondervinden, dat geene wetenschap meer in staat is dan zij, om Gods wijsheid en goedheid in zijne schepping te doen uitkomen.

Ik wensch, dat deze weinige regelen het verlangen zullen hebben opgewekt, om met zulk eene heerlijke kennis te worden toegerust. Eer wij evenwel tot ons doel overgaan, moet ik u nog het een en ander onder de aandacht brengen. —

Er is gezegd, dat de Natuurkunde eene nadere beschrijving bevat der voorwerpen, die om ons zijn, van hunne werking en verandering, en de wetten doet kennen, volgens welke deze bewegingen geschieden. Dit zal ongetwijfeld de gedachte hebben opgewekt, dat deze wetenschap onmeetbaar uitgebreid moet zijn, daar het aantal voortbrengselen en verschijnselen in de natuur ontelbaar groot is. — Dit is zoo, de Natuurkunde omvat zeer veel; wij willen er derhalve slechts een gedeelte van behandelen, en ons bezig houden met het nasporen van de veranderingen, die in den uitwendigen toestand der lichamen plaats grijpen. Gij zult alzoo niet veel vernemen van de *Scheikunde*, dat is, van die wetenschap, welke zich meer met den innerlijken toestand der lichamen, met het onderzoek naar hunne inwendige veranderingen bezig houdt; die de lichamen uit verschillende stoffen leert zamenstellen, en ze weder in die stoffen scheiden, die bij voorbeeld de verklaring geeft van het zoogenaamde in één loopen der melk, het verbranden van het vet eener kaars, van olie en van was, het maken van boter en kaas, het bereiden van glas, enz. Gij zult ook geene beschrijving vinden van de delfstoffen, planten en dieren, dat is, van de wijze, waarop de metalen ontstaan zijn, hunne rangschikking, hoe bloemen, kruiden en planten wassen en verdeeld worden, op welke wijze elke diersoort leeft, zich beweegt, en hoe die soorten worden gekenmerkt, hetgeen alles bekend is onder den naam van *Natuurlijke geschiedenis*. Evenmin zal er in dit werkje rede zijn van al de verschijningen, die er zich ten aanzien der hemelbollen opdoen, waarmede de *Sterrekunde* ons bezig houdt. Tot de beoefening van al deze onderdeelen der Natuurkunde zullen u andere boekwerken ten dienste moeten staan, naar welke ik u ook nu en dan verwijzen zal; er moet evenwel zoo veel van deze verschillende takken der Natuurkunde, inzonderheid van de schei- en sterrekunde gezegd worden, als tot beter verstand der zaken of tot nuttige toepassing van de vermelde natuurwetten dienen kan.

Nog is de nitdrukking gebezigd, dat men schier elke waarheid door de ondervinding kan zien bevestigen. Dit geschiedt door *waarnemingen* en *proeven*.

Waarnemingen zijn ontdekkingen van die verschijnselen, welke de natuur ons als van zelve aanbiedt. De opmerking, dat bij koud weder het water ijs wordt, is eene *waarneming*. Eene proef is zoodanige verrigting, waardoor men de verschijnselen in de natuur opwekt. Werp ik in een glas water een stukje krijt, zoo ziet men er eenige blaasjes of belletjes in oprijzen; er is alzoo aangetoond, dat het krijt luchtdeeltjes bevat. Dit was eene *proef*. Tot het doen van waarnemingen en het nemen van proeven zijn vele kostbare en zamengestelde werktuigen noodig. De onze echter zullen zooveel mogelijk van dien aard zijn, dat zij niet veel omslag vereischen. Tracht zooveel mogelijk de aangewezen proeven te nemen, of de waarnemingen te verrigten, want hierdoor zal niet alleen het voorgedragene u vaster in het geheugen worden geprent, maar gij zult er somtijds tot nieuwe waarheden door gebragt worden.



EERSTE AFDEELING. EIGENSCHAPPEN DER LIGCHAMEN.

EERSTE LES.

Over de lichamen, hunne uitgebreidheid en gedaante.

Alles, wat zich in, op of om de aarde bevindt, kunnen wij door onze zintuigen opmerken. Zoo worden wij door het gezigt van het aanwezen van duizenden voorwerpen overtuigd; door het gehoor vernemen wij het bulderen van den storm, het gezang der vogelen, en de toonen der muziek; door den reuk worden wij eene bloem, eene vrucht en menige andere stof gewaar; de smaak doet ons den azijn van de suiker en het roet onderkennen; terwijl het gevoel ons met koude, warmte, wind, enz. bekend maakt en, bij betasting talloze dingen voor den geest brengt.

Al hetgeen door onze zintuigen wordt waargenomen, of liever, alles wat onze zintuigen aandoet, noemt men *lichamen*. En omdat alle lichamen uit stofdeelen bestaan, geeft men hun ook wel den algemeenen naam van *stof*. Evenwel is in zekeren zin alles wat men ziet geen ligchaam of stof, anders zoude ook de schaduw van eenig voorwerp een ligchaam zijn; ook kan men, omgekeerd, niet stellen, dat alles wat men niet zien kan, geen ligchaam is, want dan zou de lucht, die ons omringt, niet stoffelijk zijn.

Alle stof of ieder ligchaam beslaat plaats, het neemt eene zekere ruimte in. Stelt u een' steen voor, van eene kub. palm grootte. Dompelen wij dien steen in het water, dan kan er daár, waar hij ligt, geen water zijn; de steen toch heeft dit verplaatst, het weggeduwd. Laat nu de kubus weder uit het water genomen, en zijne plaats niet weder gevuld worden, laat het water dus volgens het be-loop van de zes zijden des steens, blijven staan; dan is dit ledige vak, de ruimte, welke de steen innam, eene uitgebreidheid van eene kubieke palm groot.

Zoo neemt nu alle stof, elk ligchaam eene plaats of eene ruimte in. De plaatsen, waar de uitgebreidheid van een ligchaam ophoudt, de aaneenschakeling dus van al de punten, die er, in het aangehaalde voorbeeld, tusschen den steen en het water waren gelegen, noemt men *de grenzen des lichaams*.

De ligging van de grenzen eens lichaams bepaalt dus de figuur, de gedaante, den vorm er van. Denkt slechts aan den steen! Lagen de plaatsen, waar het water den steen raakt, in eene andere rigting met betrekking tot elkander, de gedaante of de figuur van het ligchaam zoude ook zeker anders zijn.

Tusschen de onderscheidene voorwerpen bevindt zich nog meer ruimte, waarin nog andere lichamen kunnen liggen. Zoo is er eene zeer groote ruimte tus-

schen onze aarde en de maan, nog grootere tusschen de aarde en de zon, en nog ondenkbaar grootere tusschen de aarde en de vaste sterren, die wij des avonds aan den hemel zien schitteren. De ruimte, waarin onze aarde met die talloze hemelbollen bestaat, waarin zij omwentelen, waarin wij ons met alles, wat ons omringt, bevinden en ons bewegen, die ruimte is oneindig groot, dat wil zeggen, zij houdt nergens op, zij heeft geene grenzen. Daar nu de oneindige ruimte grenzeloos is, zoo is zij tevens vormeloos.

Wij weten dan nu, dat elk stofje, elk diertje, hoe klein ook, een gedeelte van de oneindige ruimte inneemt en eene bepaalde gedaante heeft. Beschouwt de fijnste mogelijke stofdeelen door een vergrootglas en gij zult zien, dat die kleine, schier onzichtbare stofjes allen plaats beslaan en eene eigene gedaante bezitten; ieder stofje zal een zware klomp schijnen te worden.

Bij dat onderzoek trekt vooral de vorm dier lichaampjes onze aandacht. In het dieren-, planten- en delfstoffenrijk ontmoet men figuren, die door hare regelmatigheid onze bewondering tot zich trekken, en ons hart opvoeren tot Hem, die zoowel in het kleine als groote Zijne magt open legt. Wie de veelvuldige stofjes, die de vlengels der kapellen of vlinders bedekken, de voelhoortjes der insecten, hunne oogen, de schubben der visschen, de zaden van sommige planten, de fijnste bladen der bloemen, de doorsnede van hare stengels of van de takken der boomen door een vergrootglas nauwlettend beziet, zal daarvan de volste overtuiging erlangen. Vooral zijn het ook de kristallen, waartoe het keukenzout, de salpeter, de klontjes kandijnsuiker, de diamant en alle edelgesteenten behooren, die door hunne zeer regelmatige gedaante het oog boeijen.

Dat de lichamen niet alleen in gedaante maar ook in grootte zeer uiteenloopen, kan u niet onbekend zijn. In eene der volgende lessen zal ik gelegenheid hebben, om u oplettend te maken op de onbegrijpelijke kleinheid van sommige lichaampjes. En wilt gij een lichaam zoo groot, dat men er zich evenmin een denkbeeld van kan vormen? Beschouwt dan de zon. Indien dat lichaam hol ware, zou men onze aarde in haar binnenste nauwelijks kunnen vinden. Verbeeldt u een koord, uitgaande van het middelpunt der aarde, bijna tweemaal zoo lang, als de afstand bedraagt van onze aarde tot de maan; dat men die koord, terwijl zij steeds gespannen blijft, in alle mogelijke rigtingen om het middelpunt der aarde bewege; neemt eindelijk aan, dat de verbazende ruimte, door die koord doorloopen, geheel met eene zekere stof worde aangevuld, hetgeen dan klaarblijkelijk een bol zal moeten zijn, en gij hebt de uitgebreidheid van het zonneligchaam.

Ik zal u niet bezig houden met de opsomming der maten, waarvan wij ons bedienen, om de uitgebreidheid der lichamen, vlakken en lijnen te bepalen. Op elke welingerigte school in ons vaderland wordt men toch hiermede reeds als kind bekend gemaakt. Wij zullen ons dan ook alleen van dit nieuwe, doelmatige, alom bekende metrieke stelsel ter bepaling van de verschillende afmetingen bedienen.

TWEEDE LES.

Algemeene eigenschappen der lichamen. — Ondoordringbaarheid. — de duikerklok.

Ziehier een' ring, met een' diamant bezet! Met dien steen strijk ik over een glas, en er ontstaan krassen op. Eenige zeer kleine papervezeltjes strooi ik over de tafel, wrijf vervolgens den diamant sterk over den mouw, en nu ik den steen bij de stukjes papier breng, springen er enkele naar toe en blijven er sommige aanhangen. Dit zijn twee zeer merkwaardige eigenschappen van den diamant. Men ontdekt ze niet bij ijzer, koper of hout. Zulke eigenschappen van de lichamen, welke slechts enkele en niet alle bezitten, noemt men *bijzondere eigenschappen*.

In de vorige les hebt gij ook *algemeene eigenschappen* der lichamen leeren kennen. Wij zagen, dat elk lichaam plaats beslaat en eene bepaalde gedaante heeft.

Algemeene eigenschappen der lichamen zijn derhalve dezulken, welke alle lichamen zonder onderscheid en onder alle omstandigheden bezitten. Onder deze zijn er, zonder welke wij de lichamen niet kunnen denken te bestaan en ook dezulke, welke wij algemeen noemen, omdat wij ze bij alle ons bekende lichamen opmerken. Tot de eerste soort rekent men behalve de reeds vermelde uitgebreidheid en gedaante

1°. de *ondoordringbaarheid*,

Onder de laatste rangschikt men :

2°. de *deelbaarheid*,

3°. de *poreusheid* of *ijlheid*,

4°. de *zamendrukbaarheid*,

5°. de *vatbaarheid voor uitzetting* of het uitzettingsvermogen,

6°. de *veerkracht*,

7°. de *zwaarte*,

8°. de *traagheid*.

Ik wil ieder dezer eigenschappen door proeven en waarnemingen ophelderen, terwijl ik achter de les, onder het opschrift van *toepassingen*, u gelegenheid geven zal, om over het geleerde na te denken.

Alle stofdeeltjes, hoe klein ook, hebben dit gemeen, dat zij de ruimte, door hen ingenomen, zoodanig aanvullen, dat er gelijktijdig geen ander lichaam daarin bestaan kan. — Ziehier een boek. — Is het mogelijk, dat zich in zijne plaats op denzelfden oogenblik een ander bevindt? Immers neen. Kan er door een' bal een' anderen gebragt worden, terwijl de eerste in wezen, in zijnen eigen toestand blijft? Onmogelijk. — Deze eigenschap noemt men de *ondoordringbaarheid* der stof of der lichamen. Men verstaat derhalve daardoor: *geen lichaam kan de plaats van een ander bezitten, zonder dit geheel, of eenige van zijne deelen uit den weg te stooten*. Het is een regtstreeksch gevolg van de vroeger ont-

wikkelde waarheid: *ieder voorwerp beslaat plaats*; want was een ligchaam doordringbaar, konden er op dezelfde plaats in denzelfden oogenblik twee ligchamen aanwezig zijn, dan zoude of het een of het ander geene ruimte innemen, en dit is onmogelijk.

Nog eene proeve! — Een' steenen of metalen bal laat ik in een glas met water vallen, en, wat te voorzien was, het water staat nu iets hooger in het glas, want een gedeelte er van heeft plaats moeten maken voor het ingeworpene ligchaam. De vorm van de vloeistof moge veranderd zijn, zij blijft dezelfde uitgebreidheid innemen. — Verschijnselen, die met deze eigenschap in strijd schijnen, zullen er zich misschien wel opdoen, maar zij zullen echter voldoende verklaard worden.

Hebt gij de ondoordringbaarheid bij vaste en drupvormige lichamen bevestigd gezien, men kan ze ook doen uitkomen, bij de lucht. Ook de lucht, die onzichtbare, overal verspreide stof, die deze geheele kamer vult, onze gansche aarde omringt, waarin wij leven en ons bewegen met alle dieren, waarin de vogels zweven even als de visschen in het water, en waarin de wolken drijven, eene stof zoo fijn en zoo doorschijnend, dat wij haar niet zien, maar slechts voelen kunnen, bij voorbeeld, wanneer het waait of wanneer gij de vlakke hand snel heen en weder beweegt; ook deze onzichtbare stof verzet zich tegen het indringen der lichamen in hare plaats; ook zij is ondoordringbaar. Eene met lucht gevulde blaas kan u daarvan blijkbaar overtuigen. Kunt gij haar zamendrukken, zelfs bij de grootste krachtsinspanning? — En waarom niet? — Omdat de stof, die zich in de blaas bevindt, de lucht namelijk, het niet gedooft.

Wilt gij er nog eene meer doorslaande proeve van? — Ziehier een glas water; er drijft een stukje kurk boven op, waarop een waskaarsje is gestoken. Neem nu een naauwer en ledig glas, zet dit, het onderste boven over het kaarsje, en druk het glas in het water tot beneden aan den bodem van het wijdere. Wat gebeurt er nu? — Het kaarsje blijft branden, en het kurkje, waarop het bevestigd is, volgt de opening van het naauwere glas. Het water is dus hierin niet opgeklommen, dit is duidelijk. Wat belet nu die vloeistof om er in op te rijzen? Niets anders dan lucht; zij is het, die haren nabuur, het water, wegdringt; want ziet, — zoodra het glas een weinig schuin wordt gehouden, ontsnapt de lucht van onder het glas in de gedaante van groote bellen, die in het water opstijgen en aan de oppervlakte vaneen barsten. De genomene proeven bevestigen dus de ondoordringbaarheid der stof.

Op de medegedeelde eigenschap der lucht berust de inrigting der *duikerklok*, een allernuttigst werktuig, dat de kunst gemakkelijk gemaakt heeft, om in de diepte der zee af te dalen, ten einde daar gezonken goederen van te gronde gegane schepen terug te vinden, de gesteldheid van den grond op te nemen, of metselwerken aan te leggen voor bruggen, vuurtorens of zeehavens op anders ongevaarbare plaatsen.

De duikerklok kan volmaakt vergeleken worden met het glas, hetwelk met

de opening onder water werd gedrukt, en daarom verdient zij hier vooral vermelding. Dit werktuig bestaat gewoonlijk uit aan elkander geklonken metalen platen, heeft veel overeenkomst met de gedaante eener torenklok, en is zoo ruim, dat er zich gemakkelijk eenige menschen in kunnen ophouden. In plaats van eenen bodem, vindt men er dwarsbalken in, en banken aan de wanden, waarop zich de duiker kan nederzetten. De zolder is gewoonlijk voorzien van dikke, bolle glazen, waardoor licht wordt geschept. Door middel van eene kraan, een' dwarsbalk of ra, die zich van een schip of van den wal af over het water uitstrekt, wordt de klok in de zee of de rivier afgelaten, hangende aan een dik touw of een' ketting, dat zich nabij de klok weder in onderscheidene andere touwen of kettingen verdeelt, die aan deze laatste bevestigd zijn. Bij het dalen der klok heeft volmaakt hetzelfde plaats als bij de zoo even gedane proeve met het omgekeerde glas; het water kan in de klok niet opstijgen, dewijl de daarin aanwezige lucht het belet. Wordt de klok door eene pijp of slang, die boven het water reikt, en naar welgevallen gesloten en geopend kan worden, van versche lucht voorzien, dan kunnen de water-reizigers op den bodem der zee vertoeven, zoo lang zij verkiezen; want de, ten gevolge der ademhaling bedorvene lucht kan onder door de klok ontwijken, daar de versche lucht het water tot aan den onderrand der klok terugdringt. De werklieden in de klok zijn dus in elk opzigt veilig. Tot zulke bewonderenswaardige, allernuttigste uitvindingen leidt de kennis der natuur. Vele schatten zijn er reeds door dit werktuig aan de zee ontrukkt, die deze anders voor eeuwig nutteloos in haren schoot zouden verborgen hebben gehouden, en vele rijkdommen zullen er zeker nog door dit werktuig uit de diepte der zee worden gewonnen! Tot welke nuttige einden de schatten kunnen gebruikt worden, die alzoo van den bodem der zee als op nieuw in wezen worden gebragt, kan u het volgende leeren.

Pieter Pikmans, een Noord-Hollandsch schipper, ondernam, om met haken en andere werktuigen naar gezonkene goederen te visschen op de rotsachtige kusten van Ierland, alwaar in 1588 een deel der spaansche zoogenaamde overwinnelijke vloot gezonken was. Werkelijk gelukte het genoemden man, eenen grooten schat aan de zee te ontrooven, en hieruit werd de eerste bijdrage geleverd tot droogmaking en bedijking van de *Beemster*, thans, sedert 1612, eene vruchtbare vlakte in Noord-Holland.

Tracht nu de navolgende toepasselijke vragen uit het geleerde te beantwoorden.

Toepassingen.

Waarom moet men eene flesch, die men vullen of ledigen wil, zoodanig houden, dat de lucht tusschen het vocht en den hals der flesch kan ontsnappen of binnenvloeijen?

Waarom zal het meest teedere ligchaam onder den druk van millioenen ponden niet verdwijnen?

Wanneer men eene kist of eenen koffer bovenmate bezwaart, en deze bezwijkt onder dien last, is dan de ruimte, die hij besloeg, niet grootendeels door den last ingenomen? —

Strijdt het boren en het indrijven van spijkers in hout niet tegen de doordringbaarheid?

DERDE LES.

De deelbaarheid der lichamen.

Hier ligt een stuk krijt; het is een deel van een grooter. Dit grooter stuk was dus deelbaar, en gij twijfelt er niet aan, of dit kleine kan evenzeer in stukken worden geslagen. De tafel is gemaakt van hout, dus van de deelen eens booms. Hout is derhalve deelbaar. Maar waartoe zal ik voortgaan! Geene eigenschap is zeker meer algemeen bekend dan de *deelbaarheid*. Ieder weet, dat men de lichamen in stukken kan scheiden. Hout, ijzer, steen, en de voorwerpen daarvan vervaardigd, zijn allen deelen van grootere brokken, en deze wederom van nog grootere.

Wat wij bij elk ligchaam, dat onder ons bereik ligt, te dezen aanzien waarnemen, bestaat ook bij alle andere. Nog niet eene stof heeft men ontdekt, die niet in deelen kan gescheiden worden. De diamant, het hardste der tot nog toe bekende lichamen, wordt tot stof verbroken, en met dit stof zijne eigene oppervlakte gepolijst, dat is, ongemeen glad en glanzig gemaakt.

Maar er valt meer van deze eigenschap te zeggen, dan dat zij werkelijk algemeen is. — Al aanstonds komt de vraag in ons op: hoe ver kan men de verdeling der lichamen wel voortzetten; stuit men eenmaal op deelen, die niet meer deelbaar zijn, of gaat de verdeling tot in het oneindige voort? Bezien wij van deze zijde de zaak wat nader!

Men kan de voorwerpen op twee verschillende wijzen verdeelen. Klieft men, een stukje broodsuiker met een of ander werktuig aan kleinere stukken, stampt men in den vijzel kaneel tot een fijn poeder dan heet dit eene *werktuigelijke* verdeling, zulk eene, *waarbij de stukken altijd gelijksoortig blijven aan het geheel*. Hoever men toch hiermede voortgaat, de steeds kleiner wordende deelen blijven suiker of kaneel. Verbrandt men turf tot asch, dan is de turf *scheikundig* verdeeld, verdeeld op eene wijze, *welke niet meer toestaat uit de deelen de stof, die verdeeld is, onmiddellijk te onderkennen*. Wie kan uit asch en roet, die de turf heeft achtergelaten den turf al aanstonds terugvinden? — Beide genoemde wijzen van verdeelen hebben den mensch tot het besluit gebragt, dat de grens der deelbaarheid niet kan bepaald worden, om dat ons gevoel niet fijn, ons gezigt, zelfs met behulp van de volmaaktste vergrootglazen, niet scherp genoeg is, om die verdeling ten einde te brengen, daar de deeltjes ten laatste zoo klein worden, dat zij aan hand 'en oog ontsnappen. Nadenken en het onderzoek naar de

zamenstelling van de lichamen, vooral van de wijze waarop de kristallen ontstaan, hebben de natuurkundigen niet te min doen aannemen, dat er eens een eind aan die verdeling komen moet, dat er een grens voor bestaat. Eenmaal moet men dus stuiten op deeltjes, die niet meer kunnen gescheiden worden, die *ondeelbaar* zijn, en die men derhalve moet beschouwen als *vaste stof*, eene stof, die tot de eerste zamenstelling van het ligchaam heeft gediend, die er het aanzijn aan geeft, en daarom *eerste deeltjes*, of met een vreemd en algemeen aangenomen woord, *atomen* genoemd worden. Eene verzameling van atomen noemt men ook wel *molecule*, en men neemt dan aan, dat elk ligchaam uit moleculen bestaat. Moleculen zijn dan alzoo de oneindig kleine deeltjes, waaruit een ligchaam is zamengesteld en die dan gelijksoortig zijn met het ligchaam waarvan het deeltjes zijn. De atomen zijn dan in zoo verre van de moleculen onderscheiden, als men door de eerste alleen de grondstoffen verstaat, die het ligchaam uitmaken, door de laatste ook wel zamengestelde stoffen. Later zal u dit duidelijker worden.

Dat de atomen ondenkbaar klein moeten zijn, kan uit het volgende zeer duidelijk blijken.

Men neemt eene tamelijke fijne, glazen buis *AB* (zie fig. 1); *Buizen* zijn niets anders dan pijpen, en zijn gemaakt van glas, hout, ijzer of iets dergelijks, zij zijn meestal rond, en dienen doorgaans om vloeistoffen van de eene naar de andere plaats te leiden. Eene kagchelpijp, een geweerroer, de gaspijpen, die door de straten en in de huizen worden gelegd, ook de steel eener gewone aarden tabakspijp, zijn *buizen*. Zijn zij zeer dun, en derhalve voorzien van eene kleine, haarfijne opening, dan noemt men ze *haarbuizen*. Is eene buis niet zeer lang en van eene tamelijk wijde opening voorzien, dan noemt men haar ook wel hollen *cilinder*. Een *cilinder* namelijk is een rolvormig ligchaam, dat op alle plaatsen even dik is; eene waskaars, een ronde balk, die op alle plaatsen gelijke dikte heeft, zijn cilinders; lichamen, die zulk eene gedaante hebben, noemt men *cilindervormig*.



Fig. 1.

Het midden van genoemde glazen buis houdt men in de vlam van een sterk brandend licht zoolang, tot het glas wit gloeiend is geworden. Wanneer men nu aan de beide einden trekt en die snel van elkander verwijderd, ontstaat er in het midden een draad, wel van eenen vadem lengte, die, bekoeld zijnde, zoo fijn en buigzaam is als zijde. Deze dunne glasdraad heeft nog altijd eene opening; de wand dier opening bevat nog steeds de bestanddeelen van het glas, zoo als zand, potasch, kalk, enz. Door die haarfijne opening kunnen nu zelfs nog vloeistoffen gevoerd worden; de vloeistof bevat weder ontelbare atomen; overtuigt dit ons niet, dat de atomen ondenkbaar klein moeten zijn.

Neemt een weinig water, waarin groene zeep is opgelost, en maakt eene zeepbel. De fraaiste kleuren ziet gij er in ontstaan. — Door middel van deze bepaalde een groot natuurkundige, de engelschman Newton, de dikte van het

watervliesje der zeepbel, en berekende, dat het niet meer dan een *tien duizendste* deel eener streep beloopt konde. Op den oogenblik, dat de bel zal barsten, ziet gij bovenaan een donker vlekje; daar is, volgens dienzelfden natuurkenner, het waterschaaltje slechts *een honderd duizendste* deel eener streep dik. Hoe klein moeten dan niet de water-atomen zijn?

Bij de verrekijkers, die tot het beschouwen van den sterrenhemel zijn bestemd, heeft men voor een der glazen fijne, elkander kruisende draadjes noodig, om daardoor des te juister den kijker op eenig voorwerp te kunnen rigten.

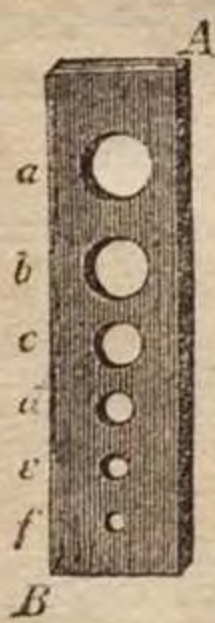
Fig. 2.



Deze draadjes moeten zoo dun mogelijk zijn, dewijl zij, door den kijker waargenomen, zoo vergroot worden, dat zij nog altijd tamelijk dikke touwen gelijken, al bestaan zij, zoo als gewoonlijk, uit een enkelvoudig draadje spinsel van eenen zijdeworm. Om nu de fijnst mogelijke draden te verkrijgen, vond de engelschman Wollaston het volgende middel uit.

In de as *ab* (zie fig. 2) van een' vorm *cd*, zijnde een holle cilinder, wordt een fijne platina-draad gespannen, en in dezen vorm vervolgens gesmolten zilver gegoten, dat het platina geen nadeel kan doen, dewijl dit metaal veel grooter hitte vordert, om vloeibaar te worden, dan zilver. Hierna laat men het vergietsel verkoelen, neemt het vervolgens uit den vorm, en men bezit alsdan eene zilveren staaf met eenen platina draad over hare geheele lengte midden in zich. Deze zilveren cilinder wordt nu tot een' fijnen draad getrokken. Men voert hem daartoe achtereenvolgend door de gaten *abcd*, enz. van het trekijzer *AB* (zie fig. 3), en de draad, hierdoor ontstaande, omsluit nog altijd in het midden een' nog veel fijneren platina-draad. Deze zamengestelde draad wordt eindelijk in salpeterzuur of zoogenaamd sterk water gelegd, het zilver hierdoor opgelost of weggebeten, en de bijna onzichtbare platina-draad, van zilver ontdaan, achtergelaten.

Fig. 3.



Zoo doende gelukte het Wollaston, om draden te verkrijgen, die *één twaalf honderdste* gedeelte van eene streep dikte hebben, en waarvan er 140 te zamen genomen nog zoo dun zijn als een enkele draad zijde. Weet daarenboven, dat men een stukje van zulk eenen draad, van 1 streep lengte, nog gemakkelijk in 100 en meer gelijke deelen kan verdeelen, en gij hebt nog slechts een flauw denkbeeld van de kleinheid der atomen.

De goudblaadjes worden uitgeslagen tot op $\frac{1}{800000}$ en $\frac{1}{800000}$ ned. dm. dikte 1 Ned. pond katoendraad kan 3,600,000 ned. el lengte verkrijgen,

Niet minder dan de aangehaalde zaken pleit het voor de kleinheid der atomen, dat eene bijna onzichtbare hoeveelheid kleurstof, bij voorbeeld, die van het cochonille-insect, het vermogen bezit, om eene zeer groote massa eener vloeistof te kleuren; en dat al verder de oplossing eener zoute of zure zelfstandigheid eenen overeenkomstigen smaak aan eene hoeveelheid waters geven kan, die ettelijke duizend malen de uitgebreidheid der opgeloste stof overtreft.

Beschouwen wij de bewerkte schepping, dan ontmoeten wij nog treffender bewijzen voor de kleinheid der atomen. Een groot natuurkundige, onze beroemde landgenoot Leeuwenhoek, ontdekte in den jare 1660 of daaromtrent, dat het bloed van menschen en dieren zijne roode kleur is verschuldigd aan kleine, roode bolletjes, die in een zeker vocht, bloedwater genaamd, drijven. Volgens zijne waarnemingen zijn deze bolletjes niet bij alle wezens gelijk van grootte en gedaante, en bij menschen zoo klein, dat een millioen er van te zamen genomen eenen bloeddruppel vormen, die niet grooter is dan een gewone speldeknop. Diezelfde natuurkundige ontdekte in eenen druppel water diertjes, bekend onder den naam van infusie-diertjes, waarvan er verscheidene duizenden naauwelijks de grootte van eenen zandkorrel uitmaken. Verbeeldt u eens (jammer dat de beroemde ontdekker door zijne nog onvolkomene gezigtkundige werktuigen dit niet heeft mogen zien!), dat die diertjes nog ledematen hebben, hoewel onvolkomen, toch bewerkte zijn, dat zij elkander verslinden, enz. dan schiet ons voorstellingsvermogen te kort, om de fijnheid der vaste stofdeeltjes eenigzins te beseffen; dan verliezen wij ons in de oneindige magt des Scheppers.

Het nut, dat de zich zoo ver uitstrekkende deelbaarheid der stof den mensch aanbrengt, is onmiskenbaar. Men hebbe slechts aan vergulders, verwers, gouden en zilverdraadtrekkers te denken. Ook moogt gij niet over het hoofd zien de voordeelen, die zulk eene verdeling der geneesmiddelen ons aanbrengt.

Toepassingen.

Wanneer gij weet, dat de reuk alleen ontstaat door de titwaseming of vervluchtiging der geur gevende stof, pleit dan het volgende insgelijks voor de kleinheid der atomen en waarom?

Een hond vindt het spoor zijns meesters, ook dan nog, wanneer er op den grond niet de geringste afdruk van diens voeten te ontdekken is.

De gier ontdekt op 2 uren afstands zijn aas, het een of ander dier, dat reeds aan bederf onderworpen is.

Een stukje muskus, een kostbaar geneesmiddel, dat ons door een klein viervoetig dier in Midden-Azië wordt geschonken, verspreidt door eene geheele kamer, weken, maanden, ja jaren lang, den sterksten geur, zonder daarbij naauwelijks iets aan gewicht te verliezen.

Zou door het vaststellen, dat de lichamen uit atomen zijn zamengesteld, de ondoordringbaarheid zich niet meerder ophelderen? —

Waarom is het volkomen waar, dat noch verbranden, noch smelten, noch drukken, noch slaan, of wat dan ook, een enkel ligchaam, hoe klein, vernietigen kan.

VIERDE LES.

De poreusheid der lichamen.

Bezieet eens eene spons, een stuk puimsteen, een eikenhouten plankje, eene kurk, een' turf, een gebakken steen! — in allen ontdekt gij kleine openingen of holligheden. Kunt gij ze niet gemakkelijk bij alle voorwerpen, bij voorbeeld bij het hout en den steen, met het bloote oog waarnemen, gebruikt dan slechts een vergrootglas en ze zullen u zeer zichtbaar worden. In een stuk glas of eene metalen plaat kunt gij die holligheden, zelfs met het gewapende oog, niet zien. Niettemin zijn zij er aanwezig; er zullen zich in de volgende lessen daarvoor genoegzame bewijzen opdoen. Toont het doordringen der inktvlekken in het papier, tot zelfs aan de keerzijde van het blad, waarop men ze laat vallen, niet ontwijfelbaar, dat ook in die stof zulke gaatjes moeten bestaan? —

Maar niet alleen bij vaste lichamen, ook bij drupvormige stoffen is dit het geval. Indien men evenveel zwavelzuur neemt als water, b. v. van ieder 1 vingerhoed, en dit onder een giet, dan bedraagt het mengsel op verre na geene 2 vingerhoeden meer. Een dergelijk verschijnsel neemt men waar bij de vermenging van wijngeest of alcohol en water. Hoe kan dit anders ontstaan zijn dan daardoor, dat de stoffen in de openingen zijn gedrongen, die zij wederzijds in zich bevatten? —

Gelijk het met de vaste en drupvormig-vloeibare lichamen gesteld is, zoo ook met de lucht. — Proeven, die met twee verschillende luchtsoorten, in onderscheidene vaten begrepen, genomen zijn, hebben bewezen, dat die beide luchtsoorten elkander als doordringen. —

Ziedaar weder eene nieuwe eigenschap der lichamen. *Bij niet eene stof liggen de atomen onmiddellijk aaneen, maar zijn door tusschenruimten van elkander gescheiden.* Deze openingen of holligheden noemt men *poriën*. Daarom heet de eigenschap der stof, dat zij allen zulke tusschenruimten bevat, de *poreusheid* der lichamen. Wij willen de *poreusheid* of *ijlheid* nader onderzoeken. —

In een glas water werp ik een stukje krijt. Een aantal luchtbelletjes stijgen daaruit in het water op. — En wat is er nu in plaats gekomen? — Breekt het krijt slechts door, en gij vindt het geheel met water doortrokken. Meent niet, dat dit verschijnsel met de ondoordringbaarheid strijdt, en dat het water de plaats van het krijt heeft ingenomen! Gij hebt immers de lucht zien ontsnappen? Het water heeft dus de lucht verdrongen en hare plaats gevuld. Het stukje krijt heeft bovendien eene grootere uitgebreidheid verkregen; de atomen zijn verplaatst, niet een der krijtdeelen is vernietigd!

Werpt men vleesch, suiker of iets dergelijks in het water, er doen zich gelijksoortige verschijnselen op. Ook deze lichamen hebben derhalve poriën.

Een sterk bewijs voor de poreusheid levert ons zekere soort van kiezelaardige, blaauwachtig witte steen met donkerder aderen, *hydrophaan* of *wereldoo* ge

naamd; hij wordt meestal in Saksen gevonden en is bijna ondoorschijnend. Legt men dezen in water, zoo wordt hij helder doorschijnend als glas, en een zesde deel van zijn gewigt zwaarder, door het opgeslorpte water. — Droog geworden zijnde, verliest hij zijne doorschijnendheid weder.

Laat men eene wel geslotene en met zoet water gevulde flesch in zee zinken, tot op eene diepte van tien, twaalf of meer el, zoo ontdekt men daarna, dat het zoete water eenigzins zout is geworden; het zeewater drong door de poriën der stop in de flesch.

De beenderen, het vleesch en alle andere deelen van het menschelijke en dierlijke ligchaam bevatten millioenen zeer fijne poriën, die de heilzame sappen van het voedsel, ieder naar hunne behoeften, ontvangen en door zich laten heengaan. De openingen, die in de huid van den mensch aanwezig zijn en door welke de uitwaseming geschiedt, worden op ruim twee millioen in aantal geschat.

Boomen en planten bestaan uit eene ontelbare menigte haarbuisjes, die de voedzame bestanddeelen uit den grond tot zich nemen.

Alle plantenblaadjes zijn boven en onder vol poriën; de eerste dienen ter uitwaseming, de laatste ter inzuiging van sommige luchtdeelen; en de gedaante der bladen is allersgeschiktst, om eene groote oppervlakte aan den invloed der lucht bloot te stellen; die gedaante werkt dus ook aan hunne instandhouding en groei mede. —

De nadenkende mensch heeft van de poreusheid der lichamen gebruik gemaakt, om verschillende vochten te zuiveren. Papier, zandsteen, het zand zelf, heeft hem daartoe uitnemende diensten bewezen. Het vocht zakt of sijpelt door de poriën dezer lichamen, als door eene zeef, en laat alle vuile deelen op de oppervlakte van het papier, den steen of het zand achter. Hierop berust de vervaardiging van de filtreer- of zuiveringstoestellen, die gij zeker hier en daar wel zult hebben aangetroffen, en doorgaans dienen, om onzuiver water drinkbaar te maken. Door dunne schijven van het minst poreuse hout perst men kwikzilver om het van stof en andere onreinigheden te zuiveren.

Naarmate de lichamen veel of weinig, groote of kleine poriën hebben, naar die mate noemt men ze *ijl* of *dig*. Indien men, bij voorbeeld, spons en lood met elkander vergelijkt, zoo noemt men de spons *ijl*, *los* of *poreus*; het lood daarentegen *dig*. Goud en platina zijn de digtste lichamen.

De ruimte, die een ligchaam, afhankelijk van zijne grenzen, inneemt, is dus slechts *schijnbaar*; zij verschilt bij zeer poreuse lichamen veel van de *ware* uitgebreidheid des ligchaams; waut de poriën nemen geene plaats in, zij zijn gelijksoortig met de omgelegene ruimte. Drukt men een ligchaam zamen, dan begint de *schijnbare* uitgebreidheid de *ware* nabij te komen; doch hierover nader.

Verklaart nu nog de oorzaak der volgende verschijnselen —

Toepassingen.

Glas laat bijna niet eene vloeistof door zich, noch lucht- noch drupvormige: heeft het dan geene poriën? (Denkt aan hetgeen er over de atomen is gezegd!)

Bewerkt hout trekt dikwijls krom en scheurt.

Deuren en vensters sluiten den eenen tijd moeilijker dan den anderen.

Olie en vet trekken in stoepsteenen, papier en vaatwerk, en geven onuitwischbare vlekken.

Om de olievlekken uit stoepsteenen te doen verdwijnen, kan men de opgeslorpte stof in aanraking brengen met een ligchaam, dat kleiner poriën bezit dan de steen, bij voorbeeld eene pijpaarde-pap.

Een boomblad verwelkt spoediger op het water, als het 't onderste boven ligt, dan wanneer het er regt op drijft.

Het vuur wordt onder eene menigte asch niet uitgedoofd. Bedenkt wel, dat men bij eenen hoop asch of zand, als geheel genomen, de openingen, die tusschen de kleine lichamen, waaruit zij bestaan, gevonden worden, ook als poriën kan beschouwen, en neemt hierbij in acht, dat alleen door de lucht het vuur onderhouden wordt.

Hout, dat in water ligt, wordt zwaarder en uitgebreider.

Het is beter de boomen te vellen in den winter dan in den zomer.

Men vindt dikwerf versteende dieren en houtsoorten in den grond.

Men doet altijd wel, alle houtwerk goed te verwen en te oliën of te teren.

V I J F D E L E S.

De zamendrukbaarheid der lichamen.

De zamendrukbaarheid der lichamen laat zich uit de voorgaande eigenschap zeer wel verklaren. Eene spons kan men met behoud van hetzelfde aantal stofdeelen, waaruit zij bestaat, kleiner uitgebreidheid geven. — Ziedaar dan een ligchaam, dat zamendrukbaar is. Door *zamendrukbaarheid* verstaat men derhalve de eigenschap der lichamen, *dat zij*, bij onveranderde hoeveelheid stof, *eene mindere uitgebreidheid kunnen innemen, dan zij schijnbaar bezitten, wanneer zij van alle zijden worden gedrukt.*

Zonder dat dit door proeven wordt opgehelderd, ziet gij reeds bij voorraad in, dat deze eigenschap algemeen moet zijn. Door de drukking toch worden de samenstellende deelen der stof digter tot elkander gebragt, en de poriën dien ten gevolge vernaauwd.

De meest poreuse lichamen moeten dan ook het meest zamendrukbaar zijn; dit ligt in den aard der zaak. De spons kan tot op een derde, een vierde, ja zelfs tot op een tiende gedeelte van hare gewone uitgebreidheid gebragt worden.

Zoo gemakkelijk deze eigenschap bij de spons in het oog valt, doet zij zich echter niet kennen bij hout, steen, metaal, enz. Maar ongetwijfeld bestaat zij ook bij deze lichamen. Men heeft ontdekt, dat de houten en steenen palen of zuilen, die groote gebouwen, of, in het algemeen, zware lasten moeten onderschragen, van tijd tot tijd korter worden. De metalen verkrijgen door het smeden eene meerdere vastheid, hunne deelen zetten zich digter aaneen en de omvang neemt af. Dit is den smid zeer goed bekend.

De munten en gedenkpenningen ontvangen de figuren en opschriften, die er *uitwendig* op liggen, door het schijfje metaal plotseling en zeer sterk onder en op eenen stempel te drukken, die dezelfde beelden en letters *inwendig* bevat. Door deze verbazende drukking neemt het metaal de fijnste trekken van den stempel over, en hierdoor wordt het dan zoo zamengeperst, dat het eene uitgebreidheid verkrijgt, welke in het oogvallend minder is, dan die der nog niet gemunte schijfjes.

Ook de lucht is zamendrukbaar, en wel in eene hooge mate. Dit kan hun niet onbekend zijn, die weten wat proppenblazers of klappussen zijn? — Aan de beide einden van de opening eens hollen cilinders, doorgaans gemaakt van vlierhout, waaruit de binnenste zachte deelen zijn weggenomen, slaat de knaap een stukje kalmoes of kurk. Tusschen deze beide stukjes bevindt zich dus lucht. Nu duwt hij met een stokje een der propjes verder in de opening en perst derhalve de lucht in eene ruimte, welke hoe langer hoe kleiner wordt. Indien de lucht niet kan ontwijken, zoo kan hij de propjes niet tegen elkander brengen, want dan zou hij de tusschen gelegene lucht moeten vernietigen, en zij is ondoordringbaar. De lucht biedt al meer en meer tegenstand aan de drukking, en drijft eindelijk het niet verplaatste stukje kalmoes met eenen grooten slag uit zijne plaats, en een eind wegs voort. De lucht is dus zamendrukbaar.

Water, olie en dergelijke vloeistoffen ondergaan de minst merkbare zamendrukking.

Wanneer men water in een kanonstuk giet, welks wanden meer dan drie duim dikte hebben, en men tracht het, door het indrijven eener stop in den mond van het kanon, met geweld zamen te persen, zoo zal het metaal barsten, eer nog het water een twintigste gedeelte zijner uitgebreidheid heeft verloren.

In het jaar 1661 beproefde men te Florence, om eenen gouden, met water gevulden bol door eene groote kracht inwaarts te drukken, en alzoo het water eene kleinere plaats te doen innemen; doch het water kwam als dauwdruppelen op de oppervlakte van het metaal te voorschijn. Deze proef bewijst zoolwel de weinige zamendrukbaarheid van het water als de poreusheid van het goud en dus van een der digtste metalen.

Ook van deze eigenschap heeft de mensch een toepasselijk gebruik gemaakt. Het smeden geeft er u reeds eene proeve van. Sedert eenigen tijd is men er ook in geslaagd, om het hout door zamenpersing tot de helft zijner uitgebreidheid

te brengen, en het daardoor sterk, zwaar en hard als metaal te maken. Dit hout gebruikt men in den scheepsbouw voor bouten en nagels. Ook rusten een aantal verrigtingen in het bedrijvige leven op de kennis dezer eigenschap. Dit bewijst het maken van kaas, het persen van verschillende soorten van oliezaad, dat van druiven, enz. De figuren, die op leder, papier, fluweel, enz. verheven liggen, worden insgelijks door drukking voortgebracht.

Toepassingen.

Waarom zal eene flesch, die tot boven aan den hals met vocht gevuld is, barsten, indien men er met geweld eene kurk opslaat?

Waarom klopt de laarzenmaker het leder?

Waarom kan men houten pennen grooter' omtrek laten behouden, dan de opening, waarin zij moeten gedreven worden.

Hoe kan het met de ondoordringbaarheid evereen worden gebracht, dat men een' spijker in het hout kan drijven, zonder dat een enkele splinter wegspringt?

ZESDE LES.

Het uitzettingsvermogen der lichamen. Vaste lichamen, druibare en luchtvormige vloeistoffen.

Ziehier vooreerst een' koperen ring, rustende op drie pootjes, en een' koperen bal, die er maar juist door heen kan; ten tweede eene glazen buis *a b* (Fig. 4) aan het einde van een' bol *a* voorzien, en tot in *c*, met rooden wijn gevuld; eindelijk ligt daar eene blaas, goed toegebonden en half vol lucht. Wij zullen met deze drie voorwerpen proeven nemen.

Fig. 4



Ik houd den bal eenige oogenblikken in het vuur, en hij glijdt nu niet meer door den ring, maar blijft er boven op liggen. Ik verwarm den wijn, door het buisje in heet water te dompelen. De wijn rijst daardoor meer en meer in de buis, en zou eindelijk, zoo deze niet lang genoeg ware, er overheen vloeijen. Ik verwarm ten laatste ook de blaas, of liever de lucht, die zij bevat, en zij wordt steeds holler en ronder; het is of er gestadig meer lucht in komt. En, wat vooral onze opmerking verdient, de bal, de wijn en de lucht bekoeld zijnde, valt de eerste weder door den ring, de wijn daalt tot de vorige hoogte en de blaas rimpelt zich als vroeger.

Dit zijn wel verschijnselen, die eene nadere overweging waardig zijn.

Uit de genomen proeven kan reeds dadelijk blijken, dat de drie stoffen, metaal, wijn en lucht, zijn uitgezet, dat zij meer uitgebreidheid hebben verkregen. Immers niets anders kan de oorzaak zijn van hetgeen gij zaagt plaats

grijpen. Dit is de 5de van de genoemde eigenschappen der lichamen. Dergelijke uitzetting zullen alle lichamen, die men aan den invloed van de warmte blootstelt, ondergaan. Het uitzettingsvermogen is derhalve de eigenschap, die de lichamen bezitten, van zich te vergrooten of uit te breiden, wanneer men ze verwarmt, en juist denzelfden omvang te hernemen, wanneer men ze weder tot den vroegeren warmtegraad terug brengt.

De meest aannemelijke verklaring van dit verschijnsel is deze: de warmtestof dringt in de poriën der lichamen als water in eene spons, en verwijderd de atomen meer en meer van elkander. Maar wát is warmtestof? Op deze vraag zal misschien nimmer iemand beslissend kunnen antwoorden. Men weet er niets meer van te zeggen, dan dat het eene kracht is, die in alle lichamen zonder onderscheid huisvest en die de atomen steeds van elkander tracht te verwijderen. Zij wordt hierin evenwel tegengewerkt door eene andere kracht, die wij later uitvoeriger zullen behandelen, die de atomen bij elkander houdt en daarom aantrekkingskracht genoemd wordt. Deze beide krachten geeft men ook den naam van moleculaire krachten, omdat zij de moleculen steeds begeleiden.

De warmte houdt men voor eene stof, die haar aanwezen doet kennen, door ons een eigenaardig gevoel te verschaffen, dat men ook door het woord warmte uitdrukt, terwijl wij bij gemis van dat gevoel van koude spreken.

Zoo zult gij meer zaken leeren kennen, die men alleen uit hare werking waarneemt, of alleen uit de verschijnselen, die zij opleveren, ontdekken kan. Wat zouden ook wij nietige schepselen willen pogen, om al de werken Gods te doorgronden. De warmte bestaat, — hiervan zijn wij verzekerd. Of wij ook al niet weten, waaruit zij is zamengesteld, of waarin haar werkend vermogen ligt, laat het genoeg zijn, dat wij haar in al hare verrigtingen kunnen nasporen en van haar naar welgevallen gebruik mogen maken.

Zij bezielt de geheele natuur, overal oefent zij hare magt uit, in alle lichamen. Het ijs kan water worden, het water in damp veranderen, het ijzer gloeijen en smelten; dit en nog ontelbaar vele andere verschijnselen zijn allen uitwerkselen der warmtestof.

Ieder uur van den dag of nacht verandert de warmtetoestand van het weder en in deze verandering deelen alle lichamen, die zich op de oppervlakte der aarde bevinden; nu zijn zij uitgezet, dan weder ingekrompen.

De bestanddeelen of de atomen der stoffen zijn alzoo nimmer in rust. Maar waarom bemerken wij dit dan niet? Juist om dat alles in die verandering deelt. Toch bemerkt men er zeer veel van. Immers van daar uwe mindere vlugheid in den zomer, dan in den winter; de aderen zijn dan gespannen, de spieren uitgezet; van daar dat kleedingstukken gedurende den winter ons minder om het lijf sluiten, dan in den zomer; van daar het vast klemmen der deksels op ketels of potten, wanneer zij verwarmd zijn; van daar het ontstemmen der violen en andere muzikwerktuigen, die met snaren zijn bespannen. Gij ziet, dat die eigenschap dikwerf door u is waargenomen kunnen worden.

Elk ligchaam noemden wij zamengesteld uit atomen, die niet onmiddellijk aan een liggen, maar eenige ruimten (poriën) tusschen elkander laten overblijven. De atomen worden door de reeds genoemde aantrekkingskracht, vereenigd gehouden. Door die kracht hangen de deelen als een geheel zamen, en zoo zij niet aanwezig ware, zouden alle lichamen in stofhoopen veranderen. Bestond er nu niets anders dan deze kracht, om de lichamen zamenhangend te doen blijven, en werkte die bij alle even sterk, dan waren alle lichamen even hard, en niets zou dien zamenhang kunnen veranderen. Maar nu treedt de warmtestof tusschen beiden, en werkt die kracht van zamenhang tegen. Zij houdt de atomen eenigermate van elkander verwijderd; bij de eene stof meer, bij de andere minder, en naarmate zij overvloediger toetreedt, maken de atomen voor haar te meerder plaats. Een vast ligchaam, bij voorbeeld het ijs, maakt zij vloeibaar, het wordt water; kan zij haar vermogen nog verder uitoefenen, dan verwijderd zij de waterdeeltjes nog verder van elkander, tot zij eindelijk in damp of stoom overgaan. Gij ziet dit bij kokend water. — Bij eene zeer groote koude wordt kwik hard als ijzer, zoo als menigmaal in Noorwegen, Zweden, het noordelijk gedeelte van Rusland, en altijd aan de beide polen onzer aarde het geval is. Door bijkomende warmte zet het kwik zich uit en wordt vloeibaar, als zoodanig komt dit metaal bij ons te lande en in de geheele gematigde en heete luchtstreek voor. Gaat men voort met het kwik te verhitten, zoo wordt de uitzetting nog grooter en het gaat in damp over; een andere damp natuurlijk, dan die zich bij het water ontwikkelde.

Ziedaar dus drie hoogst merkwaardige toestanden, den *vasten*, *vloeibaren* en *lucht- of gasvormigen* toestand, ook wel onder den naam van de verschillende *aggregatie*-toestanden bekend en die welligt alleen aan het uitzettingsvermogen der lichamen door de warmte hun bestaan hebben te danken.

Hoogst merkwaardig zijn ze en verdienen bovenal uwe opmerking. Eenige lichamen, even als water en kwik komen in de drie aggregatie-toestanden voor; sommige kent men slechts onder twee en weder andere alleen onder ééne gedaante. Lood bij voorbeeld, kan vast en vloeibaar zijn, maar wij bezitten geene warmte genoeg, om het tot gas te doen overgaan. De beenderen der dieren zijn altijd vast, hoewel men ze zoolang kan koken, dat ze als kalkstof achterblijven. De vaste lichamen zijn het meest in aantal, dan volgen de vloeibare, terwijl de luchtvormige slechts een dertigtal beloopt. De bodem der zee, de grond, dien wij betreden, bestaan uit vaste stof; hierop volgt de zee van water, die den vasten bodem grootendeels bedekt, en ten laatste volgt eene zee van lucht, die het drooge en het water overal omringt. Onder deze drie vormen slechts kent men op aarde alle stof. Maar van waar de benaming *lucht- of gasvormigen* toestand? Omdat wij dien damp, of de stof, waartoe vele lichamen, zoo niet alle, bij eene groote verhitting kunnen overgaan, op het bloote gezigt niet van de dampkrings-lucht kunnen onderscheiden, en omdat zij vele eigenschappen met de lucht gemeen heeft, noemt men zulk eene stof

lucht of ook wel gas. *Gas* beteekent hetzelfde als lucht, en wordt gebezigd voor alle soorten van lucht, met uitzondering der dampkringslucht, die men bij uitzondering *lucht* noemt. Het woord *gas* zou volgens sommigen van *ziel* of *geest*, volgens anderen van *gist* afgeleid zijn. Wij zullen van de gassoorten nog meer vernemen.

Van al die vaste, vloeibare en gasvormige lichamen zetten zich de eerste het minst uit, dan volgen de vloeibare en daarna de gasvormige. De drie proefnemingen in den aanvang dezer les stemden met deze waarheid overeen.

Ook van de thans behandelde eigenschap maakt de mensch somtijds een toepasselijk gebruik.

De smid maakt den ijzeren band, die om een wagenrad moet gelegd worden, een weinig korter dan hij behoort; vervolgens verhit hij dien, en legt hem met zeer veel gemak, om den houten omtrek. Na de verkoeling sluit het ijzer zoo vast om het wiel, dat de deelen merklijk in sterkte en hechtheid winnen.

Molard heeft eens op eene schrandere wijze de uitzettingskracht aangewend tot het regt overeind brengen der uitwijkende muren van een gebouw.

Sedert eenigen tijd had men ontdekt, dat de tegenover elkander staande muren van een groot gebouw te Parijs, ten gevolge der drukking van het dak, naar de buitenzijde overhielden. Molard besloot, door middel van de uitzettings- en inkrimpingskracht der metalen, dit gebrek zonder zeer groote kosten weg te nemen. Te dien einde werden eenige ijzeren staven dwars door het gebouw gebracht, welke met hare beide einden aan de buitenzijde der muren uitstaken; deze einden werden van schroeven voorzien, die men vervolgens zeer sterk aandraaide. Nu maakte men de staven, gedurig met voorbijgaan van eene, derhalve de 1°, 3°, 5°, enz., met lampen zeer heet; hierdoor werden zij langer, staken met de einden verder door den muur en werden nu op nieuw aangeschroefd. Toen nu het metaal verkoelde, kromp het weder zamen en trok met geweld de muren naar elkander toe. Daarna werden de andere staven, namelijk de 2°, 4°, 6°, enz. insgelijks aangeschroefd, vervolgens verhit, dat hetzelfde verschijnsel, de verlenging ten gevolge had. Deze andermaal aangeschroefd zijnde, en bij de verkoeling inkrimpende, bragten de muren nog nader tot elkander, en zoo her kregen deze hunnen loodregten stand.

Tracht nu nog de onderstaande vragen te beantwoorden.

Toepassingen.

Waarom legt de smid de ijzeren banden om het vat, terwijl zij heet zijn?

Waarom wordt eene glazen stop, die zeer vast op een glazen flesch sluit, gemakkelijk uitgetrokken, indien men den hals der flesch verwarmt?

Waarom mag eene lengtemaat van ijzer, de el bij voorbeeld, die de ijckmeesters gebruiken, alleen met zeer veel voorzorg tot maatstaf voor andere maten verstreken?

Waarom kan koude en warmte invloed hebben op den gang der uurwerken?
Waarom zal eene blaas, geheel met lucht gevuld, barsten, indien zij sterk verwarmd wordt?

Waarom vliegt de stop eener flesch champagne-wijn met een' geweldigen slag in de hoogte, indien men den hals der flesch sterk wrijft?

ZEVENDE LES.

De veërkracht der lichamen.

Elasticiteit

Wij zijn genaderd tot aan de zesde der genoemde eigenschappen.

Wanneer gij als kind met stuiters, knickers of ballen speelt, zaagt gij die dan niet wel eens hoog opspringen of ver terugkaatsen, indien ze hard op de steenen of tegen eenen muur werden geworpen. Ik wil u met de oorzaak van dit verschijnsel bekend maken, want dit zal tot de kennis der eigenschap, die wij te behandelen hebben, leiden.

Toen bij eene onzer voorgaande proefnemingen de spons in de hand werd geklemd, om ze zamen te drukken, hernam zij haren vorigen vorm, toen zij weder werd losgelaten. Onder het schrijven wijken bij het nederdalen der pen de punten van elkander, en vereenigen zich weder, als men de pen ophoudt. Wordt een stuk elastieke gom of vederhars, het bekende hard gewordene sap van den kaout-schoukboom, uitgerekt, het herneemt de vorige gedaante, als de kracht ophoudt er op te werken. Buigt men de einden van een baleinen rotting of staaf tot elkander, zij hernemen met geweld hunne vorige stelling, als men ze los laat. Al deze verschijnselen zijn werkingen van denzelfden aard.

De deelen van een ligchaam worden onder de inwerking van uitwendige krachten uit hunne oorspronkelijke ligging gebragt. Buigt men eene staaf krom dan zullen de deelen, die aan de bolle of buiten zijde liggen, van elkander verwijderd, en die aan den binnen kant liggen, digter aaneen gebragt worden. Gaat deze plaatsverandering der deelen zekere grenzen niet te boven, zoo keeren de deelen, zoodra de kracht, door welke zij werden verplaatst, ophoudt te werken, weder in hunne vorige stelling terug. Het vermogen, waarmede die herstelling geschiedt, noemt men *veërkracht*. Welligt is dit woord van eene stalen veër ontleend, omdat deze die eigenschap in zulk eene hooge mate bezit, dat daarvan zelfs alleen de gang der zakuurwerken afhangt.

Diezelfde eigenschap was ook de oorzaak van het opspringen der knickers, stuiters en ballen. — Toen men den stuiter nederwierp, werd hij op de plaats, waar hij den steen raakte, een weinig ingedrukt; doch op den eigen oogenblik hernam hij zijnen eersten vorm, en moest dus door den tegenstand van den steen opwaarts of terug springen. Maar is men van die vormverandering zeker? Om deze zekerheid te erlangen, heeft men een' ivoren bal op eene zeer gladde, met olie bestrekenen plaat laten vallen. De bal sprong natuur-

lijk hoog op; en nu bleek bij onderzoek, dat er op de plaat een veel grootere kring door den bal was afgedrukt, dan bij eene eenvoudige, ligte aanraking het geval kon wezen. De bal moest dus eenigzins plat zijn geworden. Het is waar, dit konde ook aan het wegstooten der lucht toegeschreven worden, indien men niet bevonden had, dat hetzelfde verschijnsel zich opdoet, ingeval er geene lucht aanwezig is. Daar nu dezelfde proef, met andere vaste lichamen genomen, dezelfde uitwerking opleverde, zoo konde men ook de veërkracht van andere vaste stoffen als bewezen aannemen.

Doch is die eigenschap wel algemeen? — Zijn alle lichamen veërkrachtig? — Dit zijn zij ongetwijfeld, echter niet allen evenzeer. Bij het onderzoeken dezer eigenschap door drukking, buiging, in elkander wringing of rekking der lichamen worden, zooals gezegd is, de atomen eenigermate verplaatst; hier digter bij elkander gebragt, dáár verder van elkander verwijderd. Er bestaat voor de meeste lichamen eene grens voor deze plaatsverandering, en wanneer men deze overschrijdt, nemen zij hunnen vorigen vorm niet terug. Men kan immers balein en rottingriet zoo ver ombuigen, dat het eene gebogene gedaante behoudt. Hoe verder men gezegde gedaante-verandering bij de lichamen kan uitstreken, zonder hen in de herstelling van hunnen vorm te storen, hoe meer veërkracht hun wordt toegekend. Als zoodanig alleen, namelijk in vergelijking met elkander, zijn er *veërkrachtige* en *onveërkrachtige* lichamen. Nog eens echter zij het herhaald, elk ligchaam toont veërkracht, wanneer de kracht, die er op werkt, zekere maat niet te boven gaat. Een der meest veërkrachtige vaste lichamen is de elastieke gom; van daar derzelver naam: want *veërkracht* en *elasticiteit* zijn woorden van gelijke beteekenis. Toch is deze gom niet volkomen elastiek, dat is, zij herneemt haren vorigen vorm niet volmaakt; want lang gerekt wordende, behoudt zij den indruk der kracht. Glas en ivoor zijn bijna volkomen veërkrachtig. Lood is schier niet veërkrachtig; evenwel wanneer het tot dunne bladen is uitgeslagen, zal het eene kleine buiging toestaan, en daarna terugwijken.

Maar hoe is het nu bij de vloeistoffen gesteld?

De lucht is volmaakt veërkrachtig. Zij kan zoo lang en zoo sterk niet worden zamengedrukt, of zij herneemt nog altijd haren vorigen vorm en uitgebreidheid.

Indien men in een' hollen cilinder, die aan een der einden gesloten is, de lucht tracht zamen te drukken, door middel van eenen zuiger, welke in den cilinder wordt geduwd, dan wordt bij het wegnemen der drukkende kracht de zuiger altijd weder op dezelfde plaats terug gevoerd.

De veërkracht der lucht wordt vooral ook kenbaar bij het vallen of drukken van eene met lucht gevulde blaas. In het eerste geval springt zij verscheidene malen op, en in het laatste herneemt zij bij het wegnemen der drukkende kracht onverwijld haren vorigen vorm. Zoo is het met alle luchtvormige stoffen gesteld, en daarom noemt men haar ook wel *veërkrachtige vloeistoffen*, in onder-

scheiding van de drukvormige of druipbare vloeistoffen, zoo als water, melk, azijn, jenever, brandewijn, enz. Dat ook deze laatste niets van de verandering door de drukking ondergaan, behouden, lijdt geen twijfel. Wij zeiden reeds, dat zij het minst zamendrukbaar zijn, en bij de proeven, daartoe genomen, bleek, dat zij aanstonds, na het ophouden der drukkende kracht, hare eerste gedaante terug namen. Indien men platte steenen in eene zeer schuine, bijna horizontale rigting op de oppervlakte van het water werpt, worden zij dan hiervan niet herhaalde malen teruggeslingerd, even alsof zij over het watervlak zweefden? — Wat anders dan de veërkracht van het water kan hiervan de oorzaak zijn. Een soortgelijk verschijnsel doet zich op, wanneer de kogels op de oppervlakte van het water worden afgeschoten: zij kaatsen bijna met dezelfde kracht terug, waarmede zij op het water worden geworpen. Zulke schoten noemt men ricochet-schoten. De zamendrukbaarheid der drupvormige vloeistoffen aanzienlijk veel minder dan bij de luchtvormige zijnde, zal ook hunne veërkracht zich niet zoo ver kunnen uitstrekken en derhalve hoogst gering, ja bijna onmerkbaar zijn. Het is daarom, dat men haar *onveërkrachtige* vloeistoffen heeft genoemd.

Zoo kunnen wij nu reeds van verschillende benamingen ter onderscheiding van de drie toestanden der lichamen gebruik maken, benamingen, welke meestal op hunne eigenschappen berusten.

Deze eigenschap brengt weder den mensch veel nut en genoegen aan. De uurwerken, de rijtuigen, de geweren, de deursloten, de kussens van sommige stoelen, de zoogenaamde veërbalansen, de stoelenmakers-draaibank, enz. leveren daarvan bewijzen op. Men bezigt ook wel goede, dikke stalen banden, veren of ringen, om door hunne verplaatsing de krachten der menschen of dieren te bepalen. De Katapulten of Ballisten der ouden bevatteden ontzag- en verbazingwekkende toepassingen der veërkracht. Het waren bogen van eene ongeloofelijke grootte. De koorden werden uit huiden, haar en darmen zamen gevlochten, tusschen zware balken bevestigd en door middel van haken en windassen gespannen. Door deze werktuigen werden rotsbrokken en balken van eene vervaarlijke grootte voortgeslingerd, die door dikke muren en aarden wallen drongen en overal dood en verderf verspreidden.

Het volgende zij aan uw nadenken overgelaten.

Toepassingen.

Waarom kan een koorddanser op de koord zulke verwonderlijk hooge sprongen doen? —

Waarom poogt men bij het doen van eenen sprong zich voornamelijk door middel der teenen in de hoogte te heffen en ook weder op dit lichaamsdeel weder te komen? —

Waarop rust de inrigting der hand- en voetbogen?

Waarom kan een stalen degen zeer ver omgebogen worden, terwijl een van ijzer spoedig zal breken?

Waarom zal een lange marmeren schoorsteenlijst, alleen aan de uiteinden ondersteund wordende, eindelijk eene bogt verkrijgen? (Denkt aan het verschil tusschen volkomen en onvolkomen veërkrachtig!)

Waarom zal de veër van een horologie na eenige jaren minder sterk spannen?

Waarom is het niet goed, om de klemmen voor ongedierte lang gespannen te laten liggen?

Waarom bezigt men op eene biljart-tafel ivoren, en geene steenen ballen?

Waarom springt een lederen bal, met haar gevuld, veel verder terug dan een houten, wanneer zij beiden even hard tegen den muur worden geworpen?

Waarom nemen touwen of koorden, die men in elkander wringt, eene draaijende beweging aan, tegengesteld aan die, waarin wij ze bewogen, indien men hen, zonder dat zij behoorlijk zijn voorzien, aan zich zelve overlaat?

ACHTSTE LES.

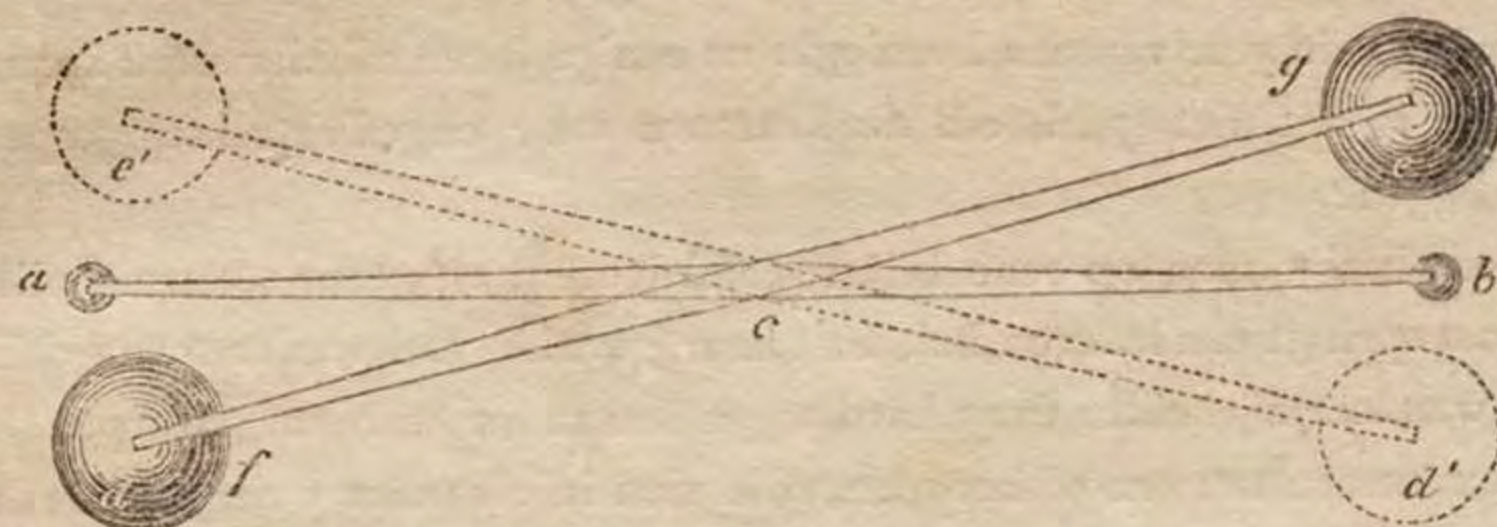
De Zwaarte.

Onder de meest bekende en meest in het oog loopende eigenschappen der lichamen behoort ook die, dat elk ligchaam als het ware eene zekere neiging openbaart, om zich in eene bepaalde rigting naar de aarde te bewegen. Worden de lichamen vrijgelaten, zoo vallen zij in eene bepaalde rigting op den grond. Wordt dat vallen belet door een ander ligchaam, waarop het eerste rust, of door een snoer, waaraan het hangt, zoo openbaart het drukking op de onderlaag of trekking aan het snoer. Men beschouwt dit als een gevolg van eene aantrekkende kracht, die de aarde op elk ligchaam uitoefent. *Kracht* noemt men de onbekende oorzaak, die een ligchaam of wel zijne deelen in beweging brengt, of de beweging verandert of wijzigt. Wij kennen dus alleen de kracht uit hare werking en weten niet, waarin zij eigenlijk bestaat. Zoo schrijft men nu ook de bovenvermelde verschijnselen aan eene kracht toe, waarmede de aarde elk voorwerp tot zich doet naderen. Die kracht noemt men, om aanstonds te vermelden reden, *zwaartekracht* of enkel *zwaarte* (*gravitatie*). Niet alleen de aarde uit die aantrekkingskracht, alle lichamen doen zulks, alle trachten elkander te naderen; maar het vermogen, waarmede dit het groote doet, overwint dat van het kleine. Het spreekt van zelf, dat die kracht alleen in de vaste stofdeelen, in de atomen moet bestaan, want in de poriën, in die ledige ruimten, kan deze kracht niet liggen, en hieruit volgt dus al aanstonds, dat hoe meer atomen een ligchaam bezit, het des te meer kracht aan den dag moet leggen, om eene andere stof, die er minder inhoudt, tot zich te doen naderen. Proeven hebben de waarheid hiervan bevestigd.

De natuurkundige Cavendish vond daartoe een' toestel uit, bestaande in een

dun metalen staafje *ab* (zie fig. 6), hangende in het midden *c* aan eenen zilverdraad, en aan beide einden voorzien van een ligt metalen kogeltje (*a* en *b*). Aan iedere zijde van het staafje *ab* worden in de nabijheid der kleine kogels

Fig. 6.



grootte looden bollen *d* en *e* gebragt, ieder bijna 158 pond zwaar, hangende aan ijzeren staven, die weder boven aan eene horizontale dwarsstaaf *fg* verbonden zijn, waardoor de bollen *d* en *e* in eene stelling naar verkiezing kunnen gebragt worden, dus ook in eene rigting, die in de figuur door tittels is aangegeven. De teekening beeldt den toestel af, zoo als hij zich van boven gezien voordoet. De staaf *fg* verbeelde men zich dus niet op de bollen te liggen, maar op een afstand er boven, zoodat er loodregte staven van de punten *f* en *g* uitgaan, die de bollen *d* en *e* dragen. Door dit zinrijk uitgedachte werktuig, dat men alleen met zeer veel voorzorg en groote oplettendheid kan gebruiken, blijkt dat, indien de grootte bollen nabij de kleine gevoerd worden, de bol *b* door *e*, en *a* door *d* wordt aangetrokken; zoodat hij de verwijdering der grootte bollen, het staafje *ab* eene horizontaal slingerende beweging verkrijgt. Die slingeringen zijn vergeleken met die, welke de aarde aan elk opgehangen ligchaam onder zekere omstandigheden geven kan, en het werktuig van Cavendish is daardoor de schaal geworden, waarmede men de aarde wegen kan.

De hoeveelheid vaste stofdeelen in een stof voorhanden, noemt men de *massa* der stof. Men kan derhalve zeggen, dat de *zwaartekracht der lichamen toeneemt, naarmate de massaas grooter worden.*

Bij de vermelding van dit verschijnsel, dringt zich welligt de gedachte aan u op: indien deze kracht werkelijk aan alle dingen eigen is, van waar dan toch, dat wij haar niet duidelijker ontwaren; immers moesten dan alle dingen in een oogenblik zich bijeen bevinden, en wij telkenreize in gevaar verkeerden, om naar buitengewoon grootte voorwerpen te worden heen gedrongen! — Dit zou ook moeten gebeuren, zoo er niet iets was, dat het verhinderde. De aarde, de bol, dien wij bewonen, is onvergelykelijk vele malen grooter en bevat ontelbaar meer atomen in zich, dan enig ligchaam, dat op hare oppervlakte gevonden wordt; de hoogste berg is, bij hare uitgebreidheid vergeleken, niet grooter dan een zandkorrel in vergelyking van een bol van 2 el middellijn of ruim 6 el omtrek; derhalve moet die aarde alles tot zich trekken met eene kracht, zóó veel

vermogen, dat zij de aantrekking der lichamen onderling geheel te niet doet. Men is er evenwel in geslaagd, voorwerpen te vinden, die eene genoegzame uitgebreidheid bezitten, om eenigermate invloed uit te oefenen op de zwaartekracht der aarde. Een fransch natuurkundige onderzocht bij den berg Chimborasso in Amerika de rigting van een pas- of schietlood, hetwelk hij in de nabijheid van den berg had opgehangen. Een Engelschman deed hetzelfde bij den berg Schellien in Schotland en beide ondervonden, dat de bergen het lood een weinig tot zich trokken.

Gij ziet de zwaarte onophoudelijk werkzaam; zij alleen is de oorzaak, dat alle dingen, indien zij worden vrijgelaten, vallen, juist zooals de kleine ballen *a* en *b* (fig. 6), op de grootte *d* en *e* schenen te vallen. Bestaat hier een merkelyk verschil, het ligt alleen in de grootte der massaas. Dit vallen toont ons ten klaarste dat alles naar de aardoppervlakte voort bewogen wordt; het opwerpen, vangen en terugkaatsen van ballen zijn spelen, die alleen door de zwaartekracht bestaan kunnen; het gaan, springen, zitten, staan, duizenden andere verschijnselen op de aarde, zelfs de schijnbaar meest tegenstrijdige, als het rijzen van ligte lichamen, die onder water liggen, uit de diepte naar de oppervlakte, het opstijgen van de vuurvlammen, den rook, den luchtbol, enz., zijn uitwerkselen der zwaartekracht. Dat de lucht bestendig onze aarde omringt, de rivieren het land besproeijen en doorsnijden, het water, door geene andere oorzaken beroerd, altijd eene effene oppervlakte vertoont, de weldadige eb en vloed elkander geregeld afwisselen, de bollen van ons zonnestelsel zich regelmatig bewegen, dit alles wordt door de zwaartekracht verklaard, 't geen u ter gelegener plaatse zal worden aangetoond. Zij bezielt dus het heelal, zij werkt overal en op alle plaatsen der aarde op dezelfde wijze.

En waarom zou die kracht zwaartekracht genoemd worden? Alleen omdat zij de oorzaak uitmaakt van die eigenschap der lichamen, welke onder den naam van zwaarte bekend is; omdat zij het is, die alle dingen zwaar maakt. Wat toch noemen wij *zwaar*? Alles wat zich moeijelijk laat optillen; in een tegenovergesteld geval geven wij het den naam van *ligt*. Wat is dit tillen anders dan een pogen, om de aantrekkingskracht der aarde te overwinnen? En van waar dat ligte en zware? Het ontstaat alleen daaruit, dat, hoewel de aarde elk atoom even sterk aantrekt, toch niet alle dingen even veel atomen bevatten onder dezelfde uitgebreidheid, en dus zulke lichamen het sterkst worden aangetrokken, die de meeste atomen onder eene bepaalde uitgebreidheid inhouden, met andere woorden, die het digtst zijn (zie de 4de les). Eene kubieke palm lood veel meer atomen of stofdeelen bevattende dan eene kubieke palm kurk, dat wil zeggen, lood digter zijnde dan kurk, zoo wordt het eerste ook sterker dan het laatste door de aarde aangetrokken of tegen hare oppervlakte gedrukt? Waarom zegt men nu lood is zwaarder dan kurk? —

De zwaarte wordt gewoonlijk door wegen onderzocht: ik zal u later met de weegwerktuigen bekend maken. Tot *eenheid* of maatstaf der gewigten heeft men

het gewigt eener hoeveelheid zuiver water aangenomen, welke begrepen kan worden in een bakje, ter grootte van een' kubieken duim. Deze eenheid of maatstaf heet *wigtje* of *gramme*, en 1000 wigtjes, of het gewigt van eene kubieke palm gezuiverd water, noemt men pond. — Dit is de onveranderlijke maat, waarmede men de zwaarte en digtheid der lichamen kan vergelijken. Het *wegen* is derhalve het middel, om door de zwaartekracht de digtheid der verschillende stoffen te bepalen.

Men heeft tafels vervaardigd, waarin men het gewigt van eene kubieke palm van verschillende stoffen kan vinden, en noemt dat gewigt het *soortelijke gewigt* der stoffen, omdat men namelijk daaraan kan herkennen tot welke soort het behoort. Eene kubieke palm zuiver water als een pond aannemende, vindt men voor eene kubieke palm ijzer bijna 8 pond, lood ruim 11,6, goud ruim 19, eikenhout 0,76 pond, de lucht, waarin wij leven, ruim 1 wigtje 2 korrels, zoodat deze stoffen aldus in digtheid volgen: lucht, hout, water, ijzer, lood, goud. Ik zal u in de tweede afdeeling het soortelijke gewigt van een aantal bekende stoffen en tevens de wijze, waarop men dit vinden kan, mededeelen, daar deze kennis voor elken ambachtsman en kunstenaar van veel gewigt is.

Het verdient opmerking, dat de aantrekking der aarde zich niet alleen aan hare oppervlakte doet kennen, maar dat ook in diepe putten, aardholen en mijnen, even als hier, de lichamen vallen tot zoolang zij den grond raken, en, wat meer is, altijd in dezelfde rigting; niet nu eens regts, dan weder links, maar altijd naar het middelpunt der aarde. Indien men een stuk lood aan eene koord gebonden, vrij laat nederhangen, zoo zal natuurlijk de strak gespannen koord de rigting aangeven, waarin het lood naar de aarde wordt getrokken. Zulk een werktuig noemt men schietlood en is in vele bedrijven van groot nut. Waar men nu ook het schiet- of paslood ophangt, aan welk oord, en op welke diepte, het zal altijd blijken, dat de koord, indien zij in de rigting, die zij aanneemt, konde worden verlengd, door het middelpunt der aarde zoude gaan. In dat punt schijnt zich dus al die kracht te vereenigen.

Op eene aanmerkelijke diepte evenwel moeten ook de bovengelegene aarddeelen iets aantrekken. Werkelijk heeft men ook bevonden, dat een ligchaam op zekere diepte onder de oppervlakte der aarde reeds iets aan gewigt verliest. Konde men eenen put graven tot door het middelpunt der aarde, men zou ontdekken, dat een ligchaam wel tot over dat punt dalen, maar vervolgens na eenige slingeringen daar blijven hangen zoude.

De zwaartekracht verandert niet alleen met de massa, gelijk boven is gezegd, maar ook met den afstand, dien de lichamen van de aarde hebben.

Eenige voorbeelden zullen dit verklaren.

Wanneer men dicht bij het vuur staat, ontwaart men de werking der warmte beter, dan als men er ver van af is? — Indien men een boek op eene el afstands van het licht houdt, kan men veel beter zien te lezen, dan dat men het er 4 el van verwijderd. Het vuur en licht werken dus sterker op kleine dan op groote

afstanden. — Juist zoo heeft men het door proefnemingen ook met de zwaartekracht bevonden. Hoe nader de stoffen bij elkander liggen, hoe meer aantrekking er wordt uitgeoefend; worden de afstanden grooter, zoo neemt de aantrekking af op eene wijze, die ik u thans zal verklaren.

Bevinden zich twee lichamen op 1 el afstands van elkander, en trekken zij elkander dan met zekere kracht aan, zoo zal, op den afstand van 2 el, deze kracht het *vierde* deel der eerste, op den afstand van 3 el het *negende*, op die van 4 el het *zestiende* gedeelte der eerste kracht bedragen, enz. Als men een getal met zich zelf vermenigvuldigt, noemt men het komende product het *vierkant* van het getal. Gij ziet derhalve, dat *de aantrekkingskracht in dezelfde reden afneemt, als de vierkanten der afstanden toenemen*. De kennis dier waarheid zijn wij aan den grooten Newton verschuldigd. Eens in den hof wandelende, werd hij door een' appel, die van een' der boomen viel, op het hoofd getroffen; niets ongewoons voorzeker, maar dat juist toen zijne bijzondere aandacht trok. Hij wist zeer goed, dat van dit verschijnsel de zwaartekracht alleen de oorzaak was, doch thans vorschte hij die kracht verder na. Zou die appel ook gevallen zijn, dacht hij, indien de boom eens aanmerkelijk veel hooger ware geweest? — Wat reden zou hij hebben, om daaraan te twijfelen? Maar, indien de top des booms eens tot aan de maan reikte, hoe zou het er dan mede gesteld zijn? Die vraag kon hij niet aanstonds beantwoorden; zij gaf hem aanleiding hierover na te denken, en weldra vond hij de bovengenoemde schoone wet ten aanzien der zwaartekracht. Behalve de rijke gevolgen, welke uit deze natuurwet voortvloeijen, en waarvan ik u later eenige der gewigtigste zal mededeelen, volgt er onmiddellijk uit, dat de lichamen op zekeren afstand van de aarde minder zwaar zullen zijn dan op hare oppervlakte; proefnemingen toonen dit ook aan.

Dat wij eens berekenen, hoe zwaar een ligchaam van 10000 pond op den Dhawalagiri, den hoogsten berg der aarde, zal wegen. Wij vinden in aardrijkskundige werken, dat de Dhawalagiri 8640 el of bijna $1\frac{1}{2}$ uur hoog is, en dat de as of middellijn der aarde 2292, dus de straal of halve middellijn 1146 uren lang is. Een ligchaam, dat op de oppervlakte der aarde gewogen wordt, bevindt zich derhalve op 1146 uren of eenen straal afstands van het middelpunt des aardbols, in welk punt wij toch alleen de zwaartekracht moeten vooronderstellen. De top van den Dhawalagiri ligt, zooals gemakkelijk te zien is, op $\frac{1}{8}$ van den aardstraal afstands van het middelpunt. Daar nu $1\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8} = \frac{9}{64}$ is, zoo verkrijgen wij, indien deze breuk in 10000 pond wordt gedeeld, eene hoeveelheid van 9976 pond; zoodat de 10000 pond op den Dhawalagiri omtrent 24 pond aan gewigt heeft verloren. — Het verschil is derhalve op zulk eene verbazende hoogte nog zoo gering, dat men deze kracht in de nabijheid van de oppervlakte der aarde bij gewone weging veilig als gelijkwerkend kan beschouwen. — Nog eene toepassing! — De maan bevindt zich op 60 stralen der aarde afstands van ons. Een ligchaam, dat dus op den afstand der maan 1 pond weegt, zal op onze aarde $60 \times 60 = 3600$ pond wegen.

Toepassing.

Men moet voor een zwaar gebouw zeer stevige grondslagen leggen.

De zolders van pakhuizen moeten niet te zeer bezwaard worden.

Er wonen op de aarde menschen onder ons (tegenvoeters). Zij rekenen het onder en boven even als wij.

De druppels, die aan de boomtakken of andere voorwerpen hangen, zijn langwerpig, hoewel zij volgens het vroeger verklaarde rond moesten zijn.

Om nieuw te bouwen huizen loodregt op de aardoppervlakte te doen rusten, moet men bij het opmetselen der muren een schietlood gebruiken.

Waarop berust het gebruik van den, door metselaars, steenhouwers en timmerlieden dikwerf gebezigd wordende, houten driehoek, aan een van welks hoeken men een schietlood heeft bevestigd, dat gewoonlijk in eene uitholing van het plankje hangt.

NEGENDE LES.

De traagheid der lichamen.

Wij beginnen met het doen eener proeve. Boven op den hals eener flesch, legt men een nieuw kaartblad, en daar boven op, juist over de opening der flesch, een stukje geld. Nu geeft men met den vinger eenen sterken stoot tegen het kaartblad. — Het blad vliegt onder het geldstukje weg, en dit laatste valt in de flesch. Wat mag hiervan de oorzaak zijn? — De beantwoording dier vraag leidt ons van zelf tot de behandeling van de algemeene eigenschap der lichamen, die wij het laatst genoemd hebben.

Hier ligt een bal; — niemand meent, dat hij zijne plaats zal verlaten, zoolang er geene kracht is, die op hem werkt? Niet een voorwerp toch zal uit zich zelf in beweging geraken; — wij zijn er van overtuigd, dat alle lichamen eeuwig zouden blijven rusten, indien er geene krachten optraden, die hen in hunne rust stoorden. Nooit heeft een steen zich zelve van de rots losgerukt; nooit heeft er een zich zelve uit de diepte der aarde opgeheven; niet een ligchaam wordt uit zich zelf hard, zacht, warm, koud of vloeibaar; niet één vervliegt uit zich zelf in damp of gaat tot stof over. Bij al die bewegingen zijn krachten noodig. Aardbevingen, watervloeden, ophooping van warmte, invloed van de dampkringslucht, ziedaar zoovele oorzaken, die al deze veranderingen kunnen tot stand brengen.

Dat onvermogen nu, dit volmaakt lijdelijke der stof is bekend onder den naam van de *traagheid* der lichamen; eene eigenschap, die ons in eenige der volgende lessen, bij de verklaring van vele natuurverschijnselen, gewigtige diensten zal bewijzen. De naam traagheid is niet zeer gepast; geen ligchaam toch kan men regstreeks traag noemen.

Door deze eigenschap verstaat men, ten eerste: *het volstrekt onvermogen der lichamen, om zich zelve in beweging te brengen, wanneer zij in rust zijn*; en ten tweede: *om, indien zij eenmaal in beweging zijn gebragt, iets aan die beweging te kunnen veranderen of haar te doen ophouden*. Van de waarheid van het eerste gedeelte dezer bepaling is elk overtuigd; er is reeds menig voorbeeld tot staving daarvan bijgebragt. Niet zoo spoedig neemt men het tweede gedeelte der bepaling als waarheid aan. Immers een bal, die op de tafel of op den grond wordt geworpen, ligt eindelijk stil, hij brengt derhalve zich zelve in rust, meent men; maar men bedenkt dan niet, dat de oneffenheden der tafel, de aantrekkingskracht der aarde, de tegenstandbieding der lucht, zoovele oorzaken zijn, welke de beweging van den bal tegenwerken. — Laat men hem op eene gepolijste oppervlakte, op het ijs bij voorbeeld, voortrollen, zoo duurt de beweging reeds aanmerkelijk langer dan op eenen planken of steenen vloer. Men heeft in eene ruimte, waaruit de lucht was weggenomen, eenen grooten drijftol op eene zeer gladde en harde oppervlakte doen ronddraaijen, en bevonden, dat hij vier uren achtereen deze beweging bleef behouden. En bestond er zoo min aantrekking tusschen de lichamen als tegenstandbieding der lucht, dan zou een ligchaam, eenmaal door eene kracht voortgedreven zijnde, onafgebroken blijven voortloopen. Een steen, naar de zon geworpen, zou werkelijk tot aan de zon voortgaan, indien hij door de lucht en de zwaartekracht niet werd tegengehouden. Een biljartbal, eens in beweging gebragt, zou onophoudelijk van den eenen rand der tafel naar den anderen rollen, ingeval de lucht geenen tegenstand bood, de wrijving of de oneffenheden van het laken den voortgang niet verminderden, en de bal en de rand der tafel volkomen veërkrachtig waren.

De eigenschap der *traagheid* verklaart een onnoemelijk aantal natuurverschijnselen, waarvan ik enkele wil opgeven, die gij zeker reeds gedeeltelijk zult hebben opgemerkt.

Het stukje geld was, bij de zoo straks gedane proef, in rust; het wil daarin volharden; alleen het kaartblad werd door de kracht aangedaan; wat was nu natuurlijker dan dat het eerstgenoemde ligchaam op de plaats bleef, waar het lag, en, toen het kaartblad verdween, de wet der zwaartekracht gehoorzaamde en in de flesch viel? — Wanneer een onbekwaam ruitersnel voorwaarts spoedt, en zijn paard blijft plotseling stilstaan, zoo wordt hij niet zelden over den kop van het paard op den grond geworpen; omdat zijn ligchaam de beweging niet konde stuiten, die het paard er eens aan gegeven had. Indien men, op een snel varend schip staande, eenen bal in de hoogte werpt, kan deze even zoo gemakkelijk gevangen worden, zonder de plaats, waar men staat, te verlaten als dit op vasten grond het geval is; want de opgeworpen bal kan aan de beweging, die het vaartuig er aan geeft, niets veranderen, en blijft derhalve bij de opstijging die beweging behouden. Er bestaat een uiterst geschikt werktuigje, om deze waarheid in het oog te doen vallen. Het is zamengesteld uit een wagentje, waarin eene opgewonden stalen veër ligt, die de wielen rondvoert, en het dus als

van zelf op den grond doet voortrollen. Midden op de bovenoppervlakte bevindt zich eene trechtervormige buis, waarin een bal ligt, rustende op eene veër. Terwijl het wagentje nu voortloopt, springt laatstgenoemde veër los, en werpt den bal in de hoogte; het wagentje vervolgt de beweging en neemt op eenigen afstand den bal weder mede, die alsdan in de trechtervormige pijp is gevallen. Iemand, die uit een' voortrijdenden wagen of snelvarend schip springt, loopt gevaar van te vallen; want zijn geheele ligchaam heeft bij den sprong de beweging van het rij- of vaartuig, en daar de beenen door de aanraking van den grond plotseling worden tegengehouden, terwijl het bovenlijf nog immer de verkregene beweging volgen wil, zoo slaat hij omver en wel in de rigting, die het paard of het schip op dien oogenblik heeft. Wordt een snel loopende spoortrein plotseling in zijne vaart gestuit, zoovolharden de achteraan volgende wagens in de eens verkregene beweging, en dit veroorzaakt soms gevaarlijke botsingen. Als men eene kom met water snel naar zich toetrekt, stort het water in eene aan ons trekken tegenovergestelde rigting uit de kom. Integendeel stort het er aan den anderen kant uit, indien men eenmaal is begonnen met de kom snel naar zich toe te trekken en haar daarna plotseling stil houdt. In het eerste geval wilde het water op de plaats, waar het zich bevond, in rust blijven, en in het laatste wilde het de beweging voortzetten, die men er aan gegeven had. Ziehier nog eenige

Toepassingen.

Bij het in beweging brengen van een' zwaar beladen wagen zal meer kracht moeten worden aangewend, dan om hem, eens in beweging zijnde, daarin te houden.

Men moet, indien men uit een' rijdenden wagen of een varend schip wil springen, den sprong nemen in de rigting, waarin het rij- of vaartuig zich beweegt. Wanneer men over eene sloot wil springen, moet men eerst eenen gezwinden loop nemen.

Indien wij na eenen snellen loop ons in de vaart willen stuiten, moeten wij het ligchaam achterover buigen.

Door stooten en schudden kan men sneeuw, vuil of stof van de schoenen of uit de vloerkleeden doen vallen.

Indien een varend schip tegen den wal stoot, vallen de zich daarop bevindende personen allen in de rigting der beweging, die het schip had, — nimmer in eene tegenovergestelde.

TIENDE LES.

Van eenige bijzondere eigenschappen der lichamen, Cohésie.

Na de voornaamste algemeene eigenschappen der lichamen te hebben over-

wogen, willen wij eenige van hunne merkwaardigste bijzondere eigenschappen behandelen. Er is reeds gezegd dat hierdoor de zulken verstaan worden, die niet allen, maar slechts eenigen toebehooren, en door welke men de lichamen van elkander onderscheiden kan. Wij zullen intusschen slechts van die bijzondere natuurkundige eigenschappen van eenige lichamen gewag maken, die betrekking hebben op de wijze, waarop de moleculen of wel de atomen met elkander tot een geheel ligchaam vereenigd zijn. Er zal dus moeten gehandeld worden over moleculaire krachten. Wij weten, dat deze zich doen kennen door aantrekking en afstooting, en hebben het laatstgenoemde verschijnsel aangenomen, als hoofdzakelijk te worden voortgebracht door de warmte. De moleculaire krachten zijn derhalve de oorzaak van den aggregatie-toestand der lichamen, zij vormen de lichamen tot *vaste* en *vloeibare* en doen de laatste weder kennen als *drupvormige* en *veërkrachtige* of *gasvormige* lichamen.

De moleculaire aantrekking, waarvan hier gesproken wordt, strekt zich dus niet uit, even als de zwaarte, op groote afstanden, maar op ondenkbaar kleine. Om deze aantrekking dus te doen uitkomen, moeten de atomen op afstanden worden gebracht, die niet meer voor onze zintuigen waarneembaar zijn. Zij uit zich dan op misschien slechts schijnbaar verschillende wijzen. Wij zullen dus waarnemen:

- a. de aantrekking, tusschen de zeer kleine gelijksoortige deelen of moleculen van elk ligchaam als geheel, *cohésie* genoemd;
- b. de aantrekking, tusschen de oppervlakten van gelijk- of ongelijksoortige lichamen, wanneer zij elkander in vele punten aanraken, *adhésie* geheeten;
- c. de aantrekking, die de wanden van nauwe buizen op vloeistoffen uitoefenen (*capillariteit*);
- d. de aantrekking tusschen de ongelijksoortige atomen van verschillende lichamen, waardoor andere gelijksoortig schijnende lichamen ontstaan; *scheidkundige* of *chemische aantrekking* genoemd.

Er is reeds in eene der vorige lessen gezegd, dat de atomen der lichamen door zekere kracht aan elkander gehecht blijven; het is aan deze kracht toe te schrijven, dat men bij het verscheuren, rekken, wringen of breken der stoffen moeite moet aanwenden. Wij kennen haar als eene bijzondere soort van aantrekking, en ter oorzake van de wijze, op welke zij zich vertoont, noemt men haar ook wel *kracht van samenhang*, *verwantschap van samenhang* of *aankleving*, met een vreemd woord, *cohésie*. Zonder deze kracht zouden er noch vaste, noch drupvormige, noch luchtvormige stoffen bestaan; niet een ligchaam zou in wezen kunnen blijven, alle leven zoude ophouden, en alle stof zou eene losse niet samenhangende massa uitmaken.

Meent evenwel niet, dat de kracht van samenhang in alle stoffen even sterk werkt: dan zouden zij allen waarschijnlijk in denzelfden toestand verkeeren. De cohésie is zeer zwak bij de luchtvormige vloeistoffen, sterker bij de drupvor-

mige, en het meest vermogend bij de vaste lichamen. Van daar die groote bewegelijkheid van lucht en water, dat zelden rustige, dat veranderen van toestand bij de minste aanraking. Zoo zijn de luchtdeeltjes, die ons omringen, door onze gedurige bewegingen nooit in rust; zoo ziet men het water bij het geringste windje in golving. Dat niettemin de aantrekking der atomen, hoe gering dan ook, bij de vloeistoffen in het algemeen bestaat, blijkt duidelijk uit hetgene ik vroeger van de ondoordringbaarheid en poreusheid heb gezegd.

Waarom de aantrekking der luchtdeeltjes zeer moeilijk kan aangetoond worden, en waarom men zelfs nu en dan tot het denkbeeld zou overhellen, dat er alleen afstooting en geene aantrekking tusschen de gas-atomen bestaat, zult gij nader vernemen, als wij de lucht meer opzettelijk beschouwen. Toch moet er ook bij de veërkrachtige vloeistoffen een aantrekkend vermogen aanwezig zijn: dit blijkt daaruit, dat twee luchtsoorten, waarvan de eene op de andere drijft, even als olie op water, bij voorbeeld, waterstofflucht en koolzure lucht, met welke luchtsoorten ik u later zal bekend maken, zich na eenigen tijd onder elkander vermengen, indien men haar in twee in gemeenschap staande vaten boven elkander plaatst: de laatste, de zwaarste, is voor een gedeelte naar boven, en de lichtste naar beneden gegaan. De luchtdeelen moeten dus elkander hebben aangetrokken.

Bij de drupvormige vloeistoffen valt het gemakkelijker aan te toonen, dat de atomen werkelijk elkander aantrekken. Wanneer men een vocht langzaam uit een vat laat loopen, valt het niet als zand of stof naar beneden, maar in druppels, die verschillend zijn in grootte, naar mate de deeltjes elkander sterker aantrekken. Van daar dat een druppel olie of stroop veel grooter is dan een druppel wijngeest. Evenzeer blijkt deze aantrekking in de dauw- of regendruppels, die op een blad liggen, of aan eenen boomtak hangen, en in de gemakkelijke vereeniging dezer druppels tot een geheel. De ronde gedaante dezer druppels is een gevolg van de volmaakte bewegelijkheid en naar alle zijden heen gelijk sterke aantrekking der atomen. Verbeeldt u, dat een der atomen zich regt in het midden eens waterdruppels bevindt. Hieromheen zullen zich aan alle zijden eenige andere hechten, om die weder meerdere, enz., en daar het eene niets krachtiger aantrekt dan het andere, zoo voegen zij zich van zelf rondom het middelste waterdeeltje; men moge nu door schudden of aanraken het bolletje in beweging brengen en andere atomen in het midden doen treden, de ronde vorm moet dezelfde blijven. Ziedaar ook de reden, waarom de aarde eene ronde gedaante moest aannemen, toen de Almagtige haar in het niet te voorschijn riep, en toen zij, zooals uit hare inwendige gesteldheid is op te maken, zich in eenen vloeibaren toestand bevond. Op dit onderwerp zullen wij later terugkomen.

Toepassingen.

Het water rolt als parelen over de vleugels der watervogels.

Het kwik, dat men op eene effene oppervlakte laat druppelen, loopt in de gedaante van vaste kogeltjes daarover heen.

Het gesmolten lood, dat men door eene soort van zeef als regen naar beneden laat vloeijen, koud geworden zijnde, valt onder de gedaante van hagelkorrels neder, waardoor men den bekenden jagthagel verkrijgt.

Sommige vliegende insecten kunnen over het water loopen.

Een druppel water is bijna dubbel zoo groot als een druppel opium.

Men kan een kopje tot zelfs op 3 of 4 st repen hoogte boven den rand met water vullen.

Indien men in een glas vol water voorzigtig eenige stukjes geld werpt, zoo verheft zich de geheele watervlakte boven den rand van het glas en het water vloeit er niet over heen. Kan dit ook als een bewijs voor de cohesie verstreken?

ELFDE LES.

Kracht van zamenhang bij de vaste lichamen. Kristallisering.

Een metalen staafje, dik ijzer- of koperdraad kan men slechts met moeite aan stuk breken. Gemakkelijk zal dit bij eene houten staaf, van gelijke dikte als die van metaal, of bij eenen draad van katoen, even dik als de koperen of ijzeren draad, kunnen plaats hebben. Dit verschil ontstaat daaruit, dat de cohesie of kracht van zamenhang tusschen de atomen bij alle stoffen niet dezelfde is, en de ligging der atomen evenmin. Deze beide oorzaken werken ook ongetwijfeld mede, om die rijke verscheidenheid in den toestand der lichamen te weeg te brengen, welke ons zoo onontbeerlijk geworden is. Met zekerheid kan men er evenwel niets van bepalen. In de nasporing van den inwendigen toestand der lichamen, de ligging der atomen en hunne werking op elkander heeft men ook nog niet zeer groote vorderingen gemaakt.

Er is vroeger aangetoond, dat de aggregatie-toestand der lichamen een gevolg is van de twee natuurkrachten *aantrekking* en *afstooting* der atomen. Bij de vloeistoffen de laatstgenoemde kracht in evenwigt zijnde met de eerste, of wel deze overtreffende, zoo hebben deze stoffen eigenlijk geenen bepaalden vorm, maar nemen dien aan van het vat, dat haar omsluit. De vaste lichamen echter hebben *eene bepaalde gedaante*. Zoo de vaste lichamen door de natuurkrachten alleen die gedaante hebben ontvangen, en ze niet door des menschen hand zijn vervormd tot allerlei gebruik, dan levert de inwendige toestand der stof, de ligging der moleculen, een bewonderenswaardig zamenstel op. Bij de bewerktuigde, (organische) schepselen, bij planten en dieren, geschiedt de plaatsing der kleinste deelen door eene bijzondere bewerktuiging, door eene levenskracht, wier grondige kennis waarschijnlijk voor den mensch een eeuwig geheim blijven zal. De

verst gevorderde in de natuurwetten kan noch planten noch dieren voortbrengen. In het delfstoffen- of onbewerkte (anorganische) rijk geschiedt de rangschikking der moleculen weder langs een' anderen weg. Hier vormen ook de lichamen regelmatige figuren, maar deze worden door effene gladde oppervlakten begrensd. Zulke lichamen noemt men *kristallen*. Hiertoe behooren het keukenzout, en zelfs alle soorten van zouten; het salpeter, de kandisuiker, alle edelgesteenten, zooals de robijn, de diamant, het tourmalijn enz. Om eene stof kristallen te doen schieten, moet aan de deeltjes eene vrije werking toegestaan, en de stof vloeibaar gemaakt, dat is in water of in eene sterk zure vloeistof opgelost worden. Uit zulk eene oplossing treedt het kristal te voorschijn, wanneer men de vloeistof weder langzaam verdampt. Deze werking, dat te voorschijn treden der kristallen, noemt men *kristalliseren*. Ieder kristal heeft zijn' eigen vorm. Uit dien vorm kent men doorgaans de stof, die gekristalliseerd is, even als men de bloemen des velds aan hunne kleur en gedaante kent. Lost zout op in water, laat dit water langzaam verdampen, dan zal het steeds verminderende vocht al het zout niet meer in gesmolten of opgelosten toestand kunnen bevatten: de zoutdeelen scheiden zich af en vormen daardoor zoutkristallen. Neemt een lepel vol keukenzout en ook een' met salpeter; lost deze zouten op in laauw water, het water blijft helder. Laat dit water op eene warme plaats verdampen, en de beide zouten, die in het water innig verbonden waren, zullen zich weder van elkander scheiden. Het salpeter zal zich tot langwerpige zuilen en het keukenzout tot kubus vereenigen. De kristalvormen worden naar het aantal vlakken, dat hunne grenzen uitmaakt, benoemd: bij voorbeeld zesvlak, viervlak, achthoek, enz. Men kan de kristallen, behalve door uitdamping, ook nog doen ontstaan door in de eene oplossing eene andere zelfstandigheid te brengen, die de opgeloste stof vrij maakt, dewijl het bijgevoegde zich met de eerste vloeistof of het oplossingsmiddel, tot eene vloeistof verbindt, die het te kristalliseren ligchaam niet opgelost kan houden. Zoo kristalliseert het in water opgeloste salpeter, wanneer men er wijngeest in giet, en de in wijngeest opgeloste kamfer, wanneer men er water in werpt.

Er zijn nog andere middelen, om het kristalliseren uit de vloeistof te begunstigen, bij voorbeeld het indampelen van staven eener vaste stof, of, zoo als bij het vormen der kandisuiker geschiedt, door draden door de oplossing te spannen; dit wordt verrigt, omdat de kristallen zich gaarne tegen vaste stoffen afzetten.

Uit de vorming der kristallen blijkt, dat de aantrekking der atomen niet aan alle zijden gelijksoortig is, dat zij niet toevallig zoo geplaatst worden; het is deze bijzondere gesteldheid en ligging der atomen, die waarschijnlijk de oorzaak van die eigenschappen der lichamen is, waarmede wij ons nog moeten bezig houden.

Lichamen, die noch aan de natuurlijke oppervlakten, noch aan vlakten, die wij verkrijgen door ze te breken, kristalvorm doen zien, noemt men *amorphe*, vormellooze lichamen.

Eene merkwaardige kristalschieting valt er bij bevrozend water op te merken. Van tijd tot tijd vormen zich aan de oppervlakte dezer vloeistof fijne naalden, die zich op duizenderlei wijzen in takken naar alle kanten uitbreiden, elkander doorkruisen, dikker worden, tot eindelijk het water geheel met ijs is overdekt. Wie kent niet de schoone figuren, de planten, boomen, vederen, bladeren, enz., die de bevrozene dampen des winters op de vensterglazen afschilderen! Bezie eene sneeuwvlok door een sterk vergrootglas, en zij vertoont de schoonste kristallen, vereenigd onder de gedaante van fijne blaadjes of vederen. De figuren dier sneeuwvlokken zeshoekige sterren zijnde, vermoedde men, dat het ijskristal tot de zesvlakken moest behooren. Door het onderzoek van de wijze, waarop het ijs het licht doorlaat, zoo als later zal worden vermeld, heeft men ontdekt, dat dit vermoeden gegrond was.

Uit het bovenstaande blijkt nog, dat men in het binnenste der aarde de meeste kristallen aantreft. Behalve de edelgesteenten vindt men er in gekristalliseerden toestand, gips, zwavel, en ook die schoone, kostbare, helderder dan glas doorschijnende zelfstandigheid, onder den naam van bergkristal bekend. Ook de metalen kristalliseren er zich. Wilt gij zelven een metaal kristallen doen schieten, neemt een weinig zoogenaamd loodsuiker, eene zeer onkostbare stof, bestaande uit lood, dat in azijn-zuur is opgelost, en welke oplossing zich daarna tot eene, veel naar suiker gelijkende, zelfstandigheid, waarin volstrekt geen lood zichtbaar is, heeft gekristalliseerd; lost deze suiker in water op, dan blijft het lood in de witachtige vloeistof altijd nog even onherkenbaar; hangt nu in het vocht een stukje goed blinkend gemaakt zink, aan een draadje gebonden, dan zal na weinige oogenblikken het lood zich glinsterend en onder de gedaante van fijne naalden tegen het zink kristalliseren. De natuurkracht, welke hier de kristallisatie begunstigt, zullen wij later behandelen.

Ik heb gezegd, dat de kristallisatie der lichamen waarschijnlijk de oorzaak is van vele bijzondere eigenschappen, die zij bezitten. Deze bepalen zich hoofdzakelijk tot het *doorschijnende*, *ondoorschijnende*, *harde*, *weeke*, *broeze*, *taaije*, *rekbare*, *smeedbare*, *buigbare*, *veerkrachtige*, *poreuse*, *digte*, enz. der vaste stoffen.

Doorschijnend noemt men eene stof, wanneer de atomen zoodanig gesteld zijn, dat zij het licht doorlaten, zooals de lucht, het water en vele kristallen.

Ondoorschijnend, wanneer het zoo even genoemde niet plaats heeft, zooals bij hout, steen, de metalen, enz.; hoewel goud, zeer dun uitgeslagen en op glas geplakt, eenigzins doorschijnend wordt. Dat somtijds ondoorschijnende lichamen door vocht doorschijnend kunnen gemaakt worden, vonden wij in den hydrophaan bevestigd. Papier, met olie bestreken zijnde, wordt insgelijks doorschijnend of liever doorzigtig. Door het kristalliseren worden dikwijls ondoorschijnende stoffen doorschijnend. Koolstof in amorphem toestand, dat is, zooals ze in steenkolen, houtskool, lampzwart, enz. voorkomt, is ondoorschijnend; maar als kristal, gelijk de diamant, die toch uit zuivere koolstof bestaat, ons doet zien, zeer doorschijnend. Kleiaarde is ook in den gekristalliseerden staat doorschijnend.

nend, zooals het edelgesteente de saphir ons toont. Van deze of de voorgaande eigenschap der lichamen kunnen de poriën de oorzaak niet zijn; want dan moesten alle zeer poreuse lichamen doorschijnend wezen.

Hard noemt men de lichamen, wanneer hunne stofdeelen elkander zeer sterk aantrekken, en zij weinig verandering van vorm gedoogen. De hardheid meet men wel eens af naar het vermogen, hetwelk de eene stof bezit, om de andere te bekrassen. De diamant, het hardste der tot nu toe bekende lichamen, bekrast het glas; vuursteen doet dit insgelijks; staal bekrast ijzer, enz. Door kristalliseren worden menigwerf de lichamen harder en brozer, dit ziet men in den genoemden diamant en saphir. Het verdient opmerking, dat men het ijzer op eene kunstmatige wijze door bijvoeging van koolstof tot zacht staal weet te bereiden. Ten einde dit zeer hard te maken, brengt men het te midden van houtskolen tot eene sterke gloei-hitte, en bekoelt het dan plotseling door indompeling in kwik, water, vet of olie. Het gebruik van kwik maakt het staal het hardst; in water is de hardheid minder, in vet of olie het minst. Groote voordeelen heeft die *harding* den mensch reeds aangebragt! — Bedenkt slechts, hoe vele werktuigen er van staal worden vervaardigd, die ons in duizenderlei opzigten diensten wijzen.

Week noemt men die lichamen, welke gemakkelijk van vorm veranderd en vaneen kunnen gescheiden worden, als lood, natte klei, vet, stopverw, was, enz.

Broos heet eene stof, die zich bezwaarlijk zonder breken laat verbuigen. De meest broze lichamen zijn hard en veêrkrachtig tevens. Hard staal, gegoten ijzer, glas behooren daartoe; de broosheid van het ijzer neemt toe naarmate het kouder wordt. Eene sterke verhitting en plotselinge afkoeling der lichamen maakt hen meestal broos en hard. Glas, te spoedig afgekoeld zijnde, is zeer broos. Eene hergloeijing en langzame afkoeling neemt dikwijls de broosheid weg.

Taai noemt men de lichamen, welker atomen door hunne kracht van zamenhang lang tegenstand bieden, eer zij zich laten scheiden; gemakkelijk laten zij zich buigen. Taaije stoffen staan eene aanzienlijke verschuiving der kleinste deelen toe, zonder den zamenhang te verstoren. Met taaiheid staan zeer naauw de drie volgende eigenschappen, in verband. Staal is zeer taai. Onze beroemde landgenoot Musschenbroek heeft zich ten aanzien van het onderzoek der taaiheid van sommige stoffen zeer verdienstelijk gemaakt. Hij nam daartoe metalen en houten staafjes, bevestigde deze aan het eene einde, liet ze loodregt afhangen, en bezwaarde het andere einde zoo lang met gewigt, tot zij braken. Hij vond, dat de metalen in de navolgende orde in taaiheid toenamen: lood, spiesglans, zink, bismuth, engelsch tin, japansch koper, fijn goud, zweedsch koper, fijn zilver, duitsch ijzer. De houtsoorten volgden aldus: pijnboomhout, dennehout, lindenhout, eikenhout, beukehout, essenhout. Dat deze proeven voor ambachtslieden niet nutteloos genomen zijn, behoeft geen betoog.

Rekbaar heet eene zelfstandigheid, wanneer de atomen eene aanmerkelijke verplaatsing gedoogen, zonder de werking op elkander te laten varen, of wanneer

de stof zich tot eenen draad laat uittrekken. Ik heb u reeds een merkwaardig voorbeeld van rekbaarheid in het platina aangetoond, en ook toen vermeld, hoe men de metalen door het trekijzer tot draden trekt. Gesmolten glas leerden wij ook als zeer rekbaar kennen. Zilver en koper zijn rekbaarder dan goud, enz.

Smeedbaarheid is eene eigenschap van die lichamen, welke toestaan, dat men hunne atomen eene rigting geeft, zooals men verkiest, zonder hunnen zamenhang te verliezen, waardoor het mogelijk wordt, om de stof tot dunne bladen te slaan. Goud is te dien aanzien zeer merkwaardig. Het laat zich tot blaadjes smeden, waarvan er 1500 op elkander gelegd slechts de dikte van een blad gewoon schrijfpapier hebben. Doorgaans worden de metalen door het smeden vaster, helderder van klank en veêrkrachtiger.

Buigbaarheid is eene eigenschap dier lichamen, waarin de atomen zoodanig geplaatst zijn, dat zij eene rekking of verwijdering door ombuiging toestaan, zonder verbreking van den zamenhang; dun glas, de stengels van planten, de spieren van ons ligchaam zijn buigbaar.

Wat *veêrkrachtig* en *poreus* beteekent, en wanneer de lichamen bij uitnemendheid alzoo genoemd worden, is onder de algemeene eigenschappen der stof verklaard. —

Een ligchaam noemt men al of niet *dig*, naar mate het onder eene zekere uitgebreidheid veel of weinig atomen bevat. Een kubieke duim goud bevat veel meer atomen dan een kubieke duim kurk; daarom noemt men het goud digter dan de kurk. Dit is een zeer gepaste naam, want de lichamen, die de meeste poriën bezitten, zijn ook het meest ijl, of het minst digt, en hebben derhalve de minste atomen in eene zekere aangenomene uitgebreidheid.

Ten slotte wil ik nog aanmerken, dat men door vermenging den zamenhang der lichamen kan veranderen of wijzigen. Zoo wordt goud bijna nooit anders verwerkt, dan vermengd met zilver of koper, want daardoor wordt het vaster. Om dezelfde reden mengt men koper onder zilver. Ook kan men den zamenhang verminderen. Smelt vijf deelen lood, drie deelen tin en acht deelen bismuth ondereen, en gij krijgt een hard metaalmengsel, dat echter in kokend water smelt. De zonderlingste, de onverklaarbaarste verschijnselen doen zich bij de ligging van de atomen der lichamen op. Eene andere rangschikking der deelen geeft de stoffen een geheel ander aanzien. Bij gewone suiker merken wij reeds zulk een verschil op: in de kandjsuiker hebben wij een zeer helder kristal, in de broodsuiker eene korrelige, kristallijne, ondoorschijnende massa; in de zoogenaamde bonbons eene glasachtige zelfstandigheid, en in de gewone suiker eene poedervormige stof. Het krijt en het schoone glanzige marmer bestaan uit dezelfde stof; en welk een verschil in het uiterlijke! De broze, ondoorschijnende houtskool, het zwart, dat door den rook van een lamplicht zich aan de omringende voorwerpen hecht, en de zoo bij uitstek harde, helder doorschijnende diamant zijn slechts, gelijk wij zagen, ééne zelfstandigheid, koolstof namelijk, onder verschillende rangschikking der atomen; aan een hevig vuur blootgesteld,

verbrandt de diamant zoowel als de kolen en het lampzwart, en allen geven de zelfde stof, allen zuivere koolstof!

Toepassingen.

In warme landen laat men het zeewater in daartoe gemaakte ondiepe putten vloeijen; het water verdampt, en het zout blijft achter.

Tegenwoordig stelt men voorwerpen, van ijzerdraad gevlochten, aan de werking bloot van water, waarin aluin is opgelost, en verkrijgt daardoor een zeer fraai zamenstel, als van glas.

Sedert eenigen tijd gebruikt men stalen platen, om er figuren op te graveren en over te drukken, zij vervangen de koperen.

De glazenmaker gebruikt een klein stukje diamant, in ijzer of hout gezet, ten einde daarmede het glas te snijden.

De glastrauen of druppels gesmolten glas, die in koud water gevallen en daardoor plotseling verkoeld zijn, vallen als stof ineen, zoodra men er een klein gedeelte afbreekt.

De glazen voorwerpen worden nog eenmaal gegloeid, wanneer zij te spoedig na de zamenstelling verkoeld zijn.

Het is niet goed, messen of scharen in het vuur te houden.

Zink laat zich het best verwerken, wanneer het de hitte van kokend water heeft.

Het touw en de darmsnaren leveren een zeer geschikt middel op, om iets sterk zamen te binden.

Van zijde en vlas weeft men zeer sterke stoffen.

TWAALFDE LES.

Aantrekking tusschen de atomen van gelijksoortige en ongelijksoortige stoffen. Aantrekking der Haarbuizen.

Twee glad gepolijste koperen schijven, met ringen in het midden, op elkander gelegd wordende, zullen blijken sterk aan elkander te kleven, wanneer men ze vaneen wil trekken. De aantrekking is niet zoo sterk als bij de koperdeelen onderling; want hoe glad het koper ook zij, het is toch vol poriën, en de stofdeeltjes of de atomen, waartusschen die aantrekking natuurlijk alleen bestaan kan, kunnen derhalve niet dicht genoeg bij elkander komen. Neemt men iets, om die oneffenheden te vullen, bij voorbeeld, een paar druppels kaarsvet, en strijkt die over de oppervlakte der platen, dan zal de aantrekking veel sterker zijn.

Hetzelfde verschijnsel doet zich op met twee stukken glad geslepen glas.

Deze kleven ook zonder smeersel vrij sterk zamen, omdat het glas zuiverder kan gepolijst worden, en hier derhalve meer atomen met elkander in aanraking komen. Wanneer men twee pas van elkander gesneden stukken lood, die zuiver glad op hunne doorsnede zijn, met eene ligte drukking aaneen brengt, zoo blijven zij zoodanig zamenhangen, alsof zij nog één stuk uitmaakten. Men is door deze kracht in de mogelijkheid, om van vederhars buizen te maken, die geene lucht doorlaten. Hiertoe neemt men eene lange reep dezer gom en snijdt er in de lengte met een scherp mes de kanten glad af. Nu brengt men deze gladde kanten tot elkander door ombuiging om een rond houtje, en omwoelt vervolgens alles met eenen band; na eenige dagen levert de gelaschte gom eene zeer goede, hechte buis op. — Bij alle stoffen gaat het echter niet zoo gemakkelijk, om de eens verbrokene deelen weder aan elkander te hechten. Bij glas, steen, hout, de meeste metalen moet men lijm, kalk, soldeersel of iets dergelijks gebruiken, om de vereeniging daar te stellen; maar dan hechten zij ook menigwerf zoo sterk aaneen, dat deze gelaschte lichamen eerder op eene andere plaats breken, dan daar, waar zij door het verbindingsmiddel gehecht zijn.

Niet alleen bestaat deze aantrekking tusschen de atomen der vaste lichamen van dezelfde soort, waarvan ik tot hertoe slechts voorbeelden bijbragt, maar ook tusschen verschillende stoffen. Een goudblaadje, op zuiver staal gelegd, kleeft door een' sterken hamerslag zoo vast op het staal, dat er een duurzaam verguldsel door wordt te weeg gebragt. Wanneer ligte bladen tin en lood op elkander gelegd, en door zware rollen zeer dun uitgedreven worden, vereenigen zich deze metalen. Door de adhésie hecht het krijt op het bord, een mengsel van kwik en tin op het spiegelglas, en drukinkt op de metalen letters en den steen.

Insgelijks ontdekt men die zamenkleving bij vaste en vloeibare lichamen.

Onze beroemde landgenoot 's Gravesande vond een middel uit, om deze kracht waar te nemen niet alleen, maar ook om haar tusschen verschillende stoffen te vergelijken. Volgens zijne uitvinding gaat men hierbij op de volgende wijze te werk: aan den eenen arm eener balans hangt men een glazen schijfje, en aan den anderen een schaaltje, dat er mede in evenwigt is. Men laat nu het glazen plaatje naar de oppervlakte eener vloeistof afdalen, tot zoolang, dat de onderzijde van het schijfje even het vocht aanraakt; daarna legt men van tijd tot tijd gewigtjes in het schaaltje, tot eindelijk het glaszijfje zich van het vocht loslaat. Door deze schrandere handelwijze kan men zien: 1^e. dat de vochten de vaste stoffen aantrekken; 2^e. welke vloeistoffen dit het sterkst doen; want hoe meer gewigt men in het schaaltje moet leggen om het glas vrij te maken, hoe grooter de aankleving is; en 3^e. dat de vochtdeelen zelven ook elkander aantrekken, hetgeen ik u vroeger aantoonde; want anders zoude het vocht, dat aan het glaszijfje blijft hangen, zich gemakkelijker van de overige vochtdeelen laten scheiden. — Het verdient opmerking, dat, welke vaste zelfstandigheid men in plaats van het glazen schijfje stelt

zij allen even sterk worden aangetrokken. Indien toch de kracht van aankleving der plaat aan de vloeistof (adhésie) grooter is dan de kracht van zamenhang tusschen de deeltjes der vloeistof, (cohésie) worden deze laatste van elkander getrokken, en dit moet dus in de gestelde gevallen gelijke uitkomsten geven. Alleen verandering van vocht vermeerdert of vermindert derhalve de aanklevingskracht.

De aantrekking, waarvan wij in deze les hebben gesproken, die namelijk tusschen gelijksoortige en ongelijksoortige lichamen zich vertoont, wanneer hunne oppervlakten met elkander in aanraking gebragt zijn, wordt met een vreemd woord *adhésie* genoemd. Gij hebt deze reeds dikwijls kunnen waarnemen: wanneer gij de hand in het water steekt, komt zij er nat uit, de vochtdeelen kleven aan de hand. Van daar ook, dat het vocht, indien het uit een' pot of eene flesch wordt gegoten, voor een gedeelte langs de wanden van het vat vloeit en er vervolgens druppels aan blijven hangen. Dompelt men de hand in kwikzilver, of giet men kwikzilver uit eene flesch, zoo zal in het eerste geval de hand er zuiver en droog uitkomen, en in het laatste het kwik niet langs de flesch vloeijen, noch druppels achterlaten, omdat de aantrekking tusschen de kwikdeelen onderling veel sterker is, dan die tusschen de kwikdeelen en de hand of het glas.

Ook vochten kleven aan andere vochten, zoo als blijkt wanneer men een druppel lampolie op eene watervlakte giet; immers de olie breidt zich dan snel uit.

Ook gassoorten hechten zich aan vaste lichamen en vochten. Dit ziet men dikwijls aan de luchtbellen, die aan het glas blijven hangen, wanneer men er water ingiet; en dat ook lucht zich aan water en vaste stoffen hecht, is door menigvuldige proefnemingen overtuigend bewezen; de vermelding en verklaring dier verschijnselen zou ons evenwel te uitvoerig doen worden.

Nog eene soort van aantrekking verdient vermeld te worden. Dompelt men twee zeer dunne glazen pijpjes of haarbuisjes, verschillende in wijdte, in een glas met water, zoo klimt het water er van binnen in op; doch slechts tot eene zekere hoogte, want de kracht van aantrekking dezer buisjes is maar juist groot genoeg, om zulk een kolommetje water op te houden, als er in elk pijpje blijft staan. In het naauwe buisje staat evenwel het water hooger dan in het wijdere. — Dit is in het algemeen zoo: hoe naauwer de buis is, hoe hooger het water er in opklimt. Had de naauwe buis de helft van de wijdte der andere, het vocht zou er dubbel zoo hoog in opstijgen; bij een derde der wijdte, 3 maal zoo hoog, enz. Dit laat zich daaruit verklaren, dat naauwe buizen zeer ligte kolommen water opnemen, die door eene bijna gelijke hoeveelheid glasdeeltjes worden aangetrokken, als bij eenigzins wijdere buizen zwaardere kolommen water worden opgehouden. De *aantrekking der haarbuisjes* noemt men met een vreemd woord *capillariteit*.

Het is opmerkelijk, dat, wanneer men eene glazen buis in kwik dompelt, het metaal, in plaats van te klimmen, in de buis tot op eene zekere diepte, onder de oppervlakte van het buiten de pijp gelegene kwik, daalt; juist het tegenovergestelde van hetgeen bij het water plaats had. De reden hiervan is, dat de kwik-

deelen elkander onderling meer aantrekken, dan kwik en glas. Gebruikt men een gouden of zilveren pijpje, dan rijst het kwik daarin op, even als het water in de glazen buis, en vereenigt zich met het goud. De naauwkeurige verklaring der capillariteits-verschijnselen is te diepzinnig, dan dat wij er ons hier aan kunnen overgeven.

Van de capillariteit maakt de mensch, even als van zooveel andere verschijnselen in de natuur, te zijnen voordeele gebruik. Neemt gij in aanmerking, dat de poriën van sommige lichamen slechts haarbuisjes zijn, en dat, bij voorbeeld in touw, linnen, katoendraden, enz., de ligging der plantenvezels naast en op elkander ook weder haarbuizen vormen, dan zult gij zonder moeite begrijpen, dat alleen aan de kennis der aantrekkingskracht van de haarbuizen de volgende verrigtingen haar bestaan hebben te danken. In de steengroeven in Frankrijk en Duitschland worden in de groote steenbrokken kloven gehakt, en daarin drooge houten wiggen geslagen. Worden nu die wiggen aan eene zijde nat gemaakt, dan dringt het water verder door het hout, de wiggen zetten zich uit, en de steenen springen vaneen. Hierdoor verkrijgt men veelal de steenklompen voor de molensteenen.

Wanneer men een droog touw sterk uitspant, en daaraan een zwaar gewigt hangt, dan zal het touw, door het te bevochtigen, uitzetten of dikker worden, in lengte afnemen en het gewigt opligten, dat alsdan kan verplaatst worden.

Wanneer op de kust van Guinea, in Afrika, de sterk opdroogende Harmattan waait, omwinden sommige bewoners hunne meubelen met katoendraden, welke einden in potten met water hangen. Deze draden voeren het water door hunne geheele lengte heen, en houden de meubelen vochtig, zoodat de droogte ze niet kan vaneen scheuren. Bevestigt men aan de beide einden van eenen langen opstaanden houten balk twee rollen, die elk om eene horizontale as draaijen kunnen; spant men over deze beide rollen eenen breeden band zonder eind, van hennip of touw gevlochten, dat is een band, wiens beide einden aan elkander zijn verbonden, en die dus gelijktijdig over beide rollen loopt, wanneer er eene dezer wordt omgedraaid; plaatst men nu de onderste rol in een' bak met water, zoodat het touw, hetwelk er over heen gaat, voortdurend door het water srijkt, dan is zulk een werktuig zeer geschikt, om het water uit dezen bak te voeren in een' anderen, die bij de bovenste rol ligt: daar de vloeistof in dien band blijft hangen en zich in den hooger gelegenen bak kan outlasten. Van dit werktuig, het *touwwerktuig van Veroe* genoemd, maakt men dikwerf in het groot gebruik, om water op te voeren.

Beantwoordt nu nog de volgende vragen als zoo vele

Toepassingen.

Waarop berust het aaneensmeden, lasschen en wellen der metalen, alsmede het verzilveren en vergulden, het beleggen van spiegels, het lijmen en plakken?

Waarom is het nadeelig, te veel lijm, stijfzel of kalk te gebruiken?

Waarom blijven bij regen of dauw de druppels aan de boomtakken hangen?
Waarom is het vaatwerk, waaruit vochten moeten geschonken worden, doorgaans van vooruitstekende lippen of tuiten voorzien?

Waarom zouden vooral baksteen, houtskool en turf zooveel vocht tot zich nemen.

Waarom zou fijn poeder, vooral platina-poeder, zooveel lucht opslorpen?

Waarom voert de pit eener lamp de olie naar boven?

Waarom trekt spons, broodsuiker, zout, enz., de vochtdeelen tot zich?

Wat kan de reden zijn, dat, indien men eenige, in elkander gedraaide draaden katoen met het eene einde in een glas met water en met het andere in een ledig glas hangt, men na eenigen tijd beide glazen gelijkelijk gevuld vindt?

Waarom zou wel het haar (dat door vochtigheid langer wordt en door droogte inkrimpt) zeer geschikt zijn, om den graad van vochtigheid der lucht te bepalen?

Waarom staat het vocht, dat zich in een glas bevindt, altijd aan de wanden van het glas iets hooger dan in het midden?

Waarom klimt de inkt in eene gewone schrijfspen hooger op dan de plaats, tot waar men haar in de vloeistof heeft gedoopt?

Waarom vloeit de inkt niet tusschen de bladen eener trekpen uit?

Waarom is het moeilijk, met een stuk gewoon schrijfpapier eenen druppel water van de tafel te wisschen?

Waarop berust het gebruik van vloeipapier tusschen de bladen der schrijfboeken?

Waarom trekt zich een kwikdruppel op een glasplaatje zoo zamen tot een bolletje, terwijl hij op een zilveren of gouden plaatje uiteen vloeit?

Waarom rollen druppelen water over een' met stof bedekten vloer hier en daar als kogeltjes rond, terwijl zij op eenen reinen grond uiteen vloeijen?

DE TIENDE LES.

De scheikundige aantrekking.

Gij weet, dat alle lichamen uit aaneenlevende deelen bestaan, dat men op eene *werktuigelijke* wijze, zoo als door vijlen, raspen, stampen, stooten, kneuzen, enz., den zamenhang verbreken kan, en dat, hoe ver men die verdeeling ook voortzet, de deelen, hierdoor ontstaan, nog altijd aan het geheel gelijksoortig blijven. Men leide hieruit echter niet af, dat ieder ligchaam uit dezelfde of gelijksoortige stofdeelen bestaat! — verre weg de meeste zijn uit ongelijksoortige bestanddeelen zamengesteld. Die ongelijksoortige bestanddeelen vinden wij niet door eene *werktuigelijke* verdeeling: daartoe biedt ons de *scheikunde* alleen de hulpmiddelen aan. Het is door haar, dat men de stoffen heeft leeren onderscheiden in *enkelvoudige* en *zamengestelde* lichamen. *Enkelvoudige* zijn dezulken, die men tot hiertoe nog niet in ongelijksoortige bestanddeelen heeft kunnen

scheiden; zij worden ook wel *grondstoffen* of *elementen* genoemd, omdat uit hunne vereeniging alle stoffen zijn zamengesteld. *Zamengestelde* lichamen, zijn zoodanige, welke uit twee, drie of meer ongelijksoortige stoffen bestaan. Naar het getal grondstoffen, dat er in een zamengesteld ligchaam voorkomt, heet het twee, drie of vierledig. Bijna nooit zijn de lichamen meer dan vierledig.

Zoo bestaat, bij voorbeeld, in de zamenstellingen, door *kunst* verkregen, glas uit zuiver zeezand of kiezelaarde, vermengd met soda of potasch, en een weinig zout, menie of arsenicum, enz.; zand, soda, zout en menie zijn intusschen ook weder tweeledige verbindingen; buskruid bestaat uit salpeter, zwavel en houtskool; zeep uit oliën of andere vette stoffen, vermengd met potasch of soda en kalk; in het *plantenrijk* bevindt men, dat suiker en meest alle plantaardige lichamen voornamelijk uit zuurstof, waterstof en koolstof bestaan; in het *dierenrijk*, de dieren en derhalve ook ons ligchaam, hoofdzakelijk uit zuurstof, waterstof, koolstof en stikstof; in het *delfstoffenrijk*, potlood uit koolstof en ijzer, het keukenzout uit chloor en sodium, en zoo bijna alle delfstoffen uit twee bestanddeelen. Verder bestaat het water uit $\frac{8}{9}$ deelen van zijn gewigt aan zuurstof en het overige negende deel uit waterstof; de lucht, waarin wij leven, voor $\frac{1}{5}$ uit stikstof en $\frac{4}{5}$ uit zuurstof. Onder de genoemde bestanddeelen zijn er enkelen, die zelve ook weder zamengesteld zijn.

Al die zamenstellingen nu weet de scheikundige te ontbinden, iedere stof op zich zelve te verkrijgen, en uit enkelvoudige stoffen nieuwe lichamen tot stand te brengen. Verwoesten en te voorschijn roepen: ziedaar zijne voornaamste bezigheden. Het aantal enkelvoudige stofsoorten of elementen, waaruit alle lichamen bestaan, belooft, voor zoo verre ze thans bekend zijn, 62 of 63. Omtrent twee derde van dit getal grondstoffen heeft eene algemeene toepassing verkregen, van de overige is weinig bekend, en zij komen ook schaars voor. Het wekt ongetwijfeld onze verwondering op, dat het onnoemelijk aantal lichamen, zoo eindeloos verschillend in uiterlijk aanzien, slechts zulk een gering getal elementen bevat. Wat meer zegt, alle levende schepselen, het geheele organische rijk, bestaat hoofdzakelijk uit de vier grondstoffen, koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof, benevens een betrekkelijk zeer geringe hoeveelheid andere grondstoffen. Alleen de schikking, de wijze van verbinding der elementen geeft, vereenigd met de moleculaire krachten, zulk eene groote verscheidenheid in de lichamen. Voorbeelden daarvan vindt gij in den diamant, de steenkolen en houtskool, het krijt en marmer. Met vele andere zouden deze te vermeerderen zijn.

Men telt voornamelijk onder de grondstoffen: *zuurstof*, *waterstof*, *stikstof*, *koolstof*, *zwavel*, *phosphorus*, *chloor*, *jodium*, enz., die men *niet metaalaardige* of *metalloïden* noemt, omdat zij door hare ligtheid, minderen glans, gedeeltelijke doorschijnendheid en andere eigenschappen zich zeer van de metalen onderscheiden. Onder de enkelvoudige stoffen telt men ook de *metalen*, die zich door hunne zwaarte, eigenaardig blinkenden glans en ondoorschijnend-

heid onderscheiden, als: *silicium*, *ijzer*, *zink*, *lood*, *tin*, *bismuth*, *koper*, *kwikzilver*, *platina*, *goud*, *arsenicum*, *kobalt*, *magnesium*, *sodium*, *potassium*, enz.: Men kent thans 48 verschillende metalen. Al de genoemde elementen komen, zooals gezegd is, meestal met elkander verbonden in de natuur voor. Zuurstof en stikstof bestaan somtijds geheel vrij. Met elkander vermengd, vindt men ze in de dampkringslucht.

Hoogst opmerkelijk is het dat al de grondstoffen niet willekeurig met elkander kunnen vereenigd worden. Eene bepaalde hoeveelheid van zekere stof verbindt zich altijd met één, twee, drie, of meer *geheele* hoeveelheden van eene andere stof, en willen wij er meer of deelen van deze hoeveelheden bij doen, zij zullen onverbonden blijven. Vereenigen wij sommige grondstoffen bij gewigt, ook hierin hebben onveranderlijke wetten plaats.

Een ander punt, dat onze verbazing wekt, is de soort van keus, die de lichamen bij hunne verbinding met andere lichamen toonen. Zoo gebeurt het wel eens, dat eene stof met eene andere zich vereenigt, maar zoodra men er eene derde stof bijvoegt, die andere weder aanstonds verlaat, om zich met die derde te vereenigen. Doet men er eene vierde bij, dan gaat het derde soms weder van het eerste af en voegt zich bij het vierde, terwijl het eerste weder naar het tweede trekt. Voorbeelden hiervan vindt men overvloedig in alle werken, die over de scheikunde handelen.

De voornaamste studie van den scheikundige bestaat in het onderzoeken, welke dezer grondstoffen eene bijzondere *aantrekking* of *verwantschap* op elkander hebben; en tot verkrijging eener voldoende kennis hiervan zijn eene veeljarige, onvermoeide vlijt, groote handigheid en eene menigte kostbare toestellen noodig.

Scheikundige verwantschap, *scheikundige aantrekking*, *keurverwantschap* is als het ware, de voorkeur, die de atomen eener stof doen zien, om zich met die eener andere te vereenigen. Zoo heeft de *zuurstof*, die op zich zelve nooit anders dan als eene gassoort en dus onzichtbaar voorkomt, en, gelijk reeds gezegd is, een hoofdbestanddeel van de lucht en het water uitmaakt, verwantschap tot alle andere grondstoffen, een paar misschien uitgezonderd. Vooral verbindt zij zich gaarne met de metalen, en vormt, op deze werkende, het zoogenaamde *roest*, ook wel *metaal-kalk* of *metaal-verzuursels*, in het algemeen *metaal-oxyde* genaamd. Roest is dus niets anders dan een gedeelte van het ijzer of van enig ander metaal, dat zich met de zuurstof des dampkrings heeft verbonden. Wat men voorheen als enkelvoudige stoffen aanzag, zooals de soda, potasch, enz., bevond men later te zijn metalen, die met de zuurstof zijn verbonden, anders gezegd, men ontdekte, dat het *metaal-oxyden* waren; het eerste van het sodium, het tweede van het potassium. Wat dus roest is bij het ijzer, is soda en potasch bij het sodium en potassium of bij het soda- en potasch-metaal, en zoo met vele andere stoffen. Het metaal *silicium* b. v. verbindt zich met de zuurstof en vormt alzoo de kiezelaarde, waartoe ook het zand behoort en die het hoofdbestanddeel uitmaakt van nagenoeg de helft van de gesteenten der aarde. De zuurstof is meestal

de oorzaak van alle zuur, hoewel het gas zelf kleur- en smakeloos is. Zij bewerkt voornamelijk de *gisting* of de beweging en omzetting der verschillende grondstoffen bij plantaardige voortbrengselen, zoo nuttig bij het bereiden van bier, azijn en andere sterke dranken. Zuurstof, met waterstof vereenigd, vormt water.

Zwavel heeft verwantschap tot vele metalen, dat is *zwavel* verbindt zich met de meeste metalen. Deze verbinding vormt *zwavel-metalen*. Van daar het aanslaan van geverwd houtwerk op plaatsen, die in de nabijheid van stinkende putten, riolen of grachten gelegen zijn. Daar ontwikkelt zich namelijk uit de rottende zelfstandigheden een gas, bestaande uit waterstof en zwavel; en dewijl er in vele verwen looddeelen voorhanden zijn, zoo vereenigt zich de zwavel uit het zwavelwaterstofgas met het lood der verwstof tot zwart zwavellood. Om deze reden gebruikt men thans, in plaats van loodwit, zinkwit in de verwstoffen.

De *koolstof* of dat enkelvoudige ligchaam, hetwelk in den diamant zuiver voorkomt, en waaruit onze gewone houtskolen, glanskool, potlood en steenkolen grootendeels zijn zamengesteld, heeft groote verwantschap tot onderscheidene gassoorten. Dit geldt voornamelijk van de houtskool. Zij heeft deze eigenschap wel met alle andere poreuse lichamen gemeen, maar overtreft hierin al die andere.

Wanneer men, om een voorbeeld te geven, visch, vleesch of soep, die reeds begint te bederven, in aanraking brengt met bakkers-houtskool, zoo zal deze laatste al de onaangename lucht opslorpen en de genoemde spijzen allen reuk doen verliezen. Het water uit stinkende grachten, de drekstof uit putten, die jaren lang gesloten zijn geweest, worden door de houtskool van stank bevrijd. De kool bezit derhalve voortreffelijke eigenschappen. Dat ik u thans nog met eenige dikwijls voorkomende benamingen uit het gebied der scheikunde bekend make.

Oplossing heeft er plaats, wanneer de aantrekking der vochtdeelen op eene stof grooter is dan de kracht van samenhang van de deelen der stof. Zoo wordt zout, suiker, enz. in water opgelost. Stort men meel in water, dan heeft er slechts eene vermenging, maar geene oplossing plaats. Vermengt men water met eenig zuur, dan noemt men deze vermenging een *verdund* zuur. Het water lost ook vele gassoorten op; men drukt dit ook wel uit, door te zeggen: het water *slorpt* veel gassoorten op. Het vocht verkrijgt hierdoor meestal den smaak en den reuk van het gas, dat het opgelost houdt. Gij moet reeds begrepen hebben, dat de warmtestof de oplossing zeer bevordert; want zij verbreekt de kracht van samenhang.

Verzadiging doet zich op, wanneer de neiging der stoffen, om elkander als te doordringen, zoo lang werkzaam is, tot zij ophouden op elkander te werken, al voegde men bij de lichamen, die men met elkander in aanraking bragt, eene nieuwe hoeveelheid van een dezer stoffen. Water is met zout verzadigd, wanneer het niet langer het zout oplost, maar het ongesmolten, zooals men gewoonlijk zegt, laat liggen.

Is die *verzadiging* bewerkt, dan is er soms eene *verbinding* tot stand gebragt

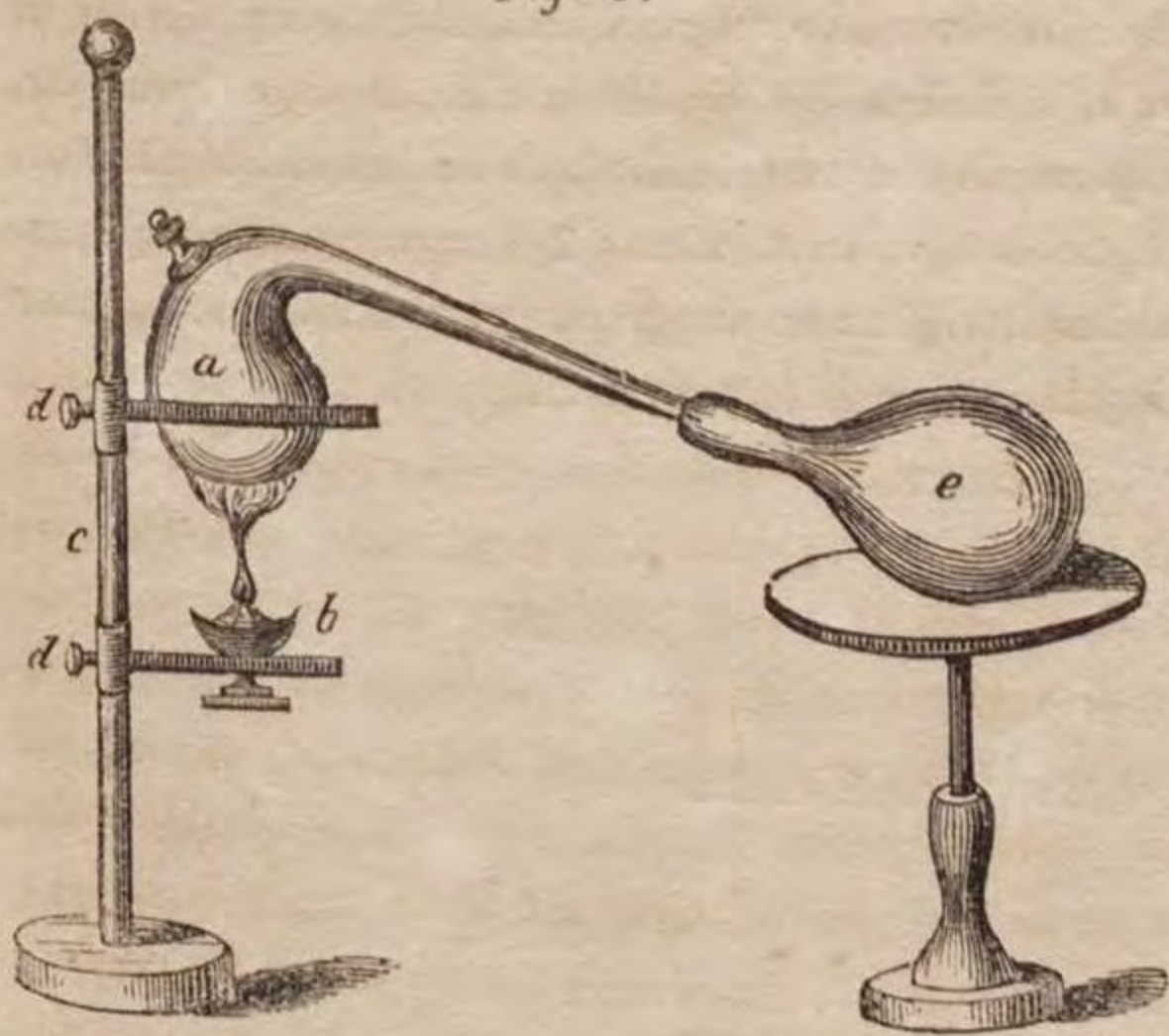
en een nieuw ligchaam gevormd, dat niet meer de hoofdeigenschap bezit, welke iedere stof vóór de vereeniging kenmerkte. Doet men bij salpeterzuur of zoogenaamd sterkwater een weinig potasch, dan blijft dit mengsel altijd nog een zuur en bezit er alle eigenschappen van; doet men er echter al meer en meer potasch bij, dan wordt het zuur ten laatste door de potasch verzadigd; het is dan geen zuur meer, er is eene nieuwe stof, er is salpeter ontstaan. Neemt men zuivere potasch, eene stof, die ons vleesch wegbijt en, in de maag komende, den dood veroorzaakt, en verzadigt men deze stof met zwavelzuur of vitriool-olie, eene stof, die evenzeer de bewerkte ligchamen verbrandt en in ons doodelijk werkt, zoo is deze vermenging niet meer schadelijk voor de gezondheid, het is zwavelzure potasch geworden, eene bijna smakelooze zelfstandigheid.

Nederploffing ontstaat, wanneer uit eene oplossing van eene stof, door bijvoeging eener andere, een gedeelte van die oplossing wordt afgezonderd of nedergeslagen, en het *oplosmiddel* of de stof, die tot oplossing heeft gediend, daardoor wordt vrij gemaakt. Zoo wordt het zwavelstofwatergas gebezigd, om de metalen, die zich in eene of andere oplossing bevinden, te ontdekken; dewijl de metalen met de zwavel, welke in het gas voorhanden is, zich verbinden en onder verschillende kleuren uit de oplossing nederploffen. Bij dit water doe ik eenig zwavelzuur of vitrioololie, waardoor ik, zooals gij weet, verdund zwavelzuur verkrijg. Ik werp eenige magnesia of bitteraarde in het vocht, en daar het zuur groote verwantschap tot de magnesia heeft, zoo lost dit metaal geheel op. In deze oplossing werp ik een weinig potasch, en dewijl nu het zuur de potasch sterker aantrekt dan de magnesia, zoo wordt deze laatste losgelaten, met andere woorden, nedergeploft en valt op den bodem van het glas. Uit dergelijke nederploffingen verklaart men den inwendigen toestand der aarde. De verschillende steenen, aardsoorten, metalen, enz., die wij in de korst des aardbols vinden, meent men, dat alle nederploffingen uit eene vloeistof moeten zijn, welke zeer lang na elkander hebben plaats gehad. Door deze opvolgende nederploffingen en andere scheikundige werkingen zouden dan de verschillende bergsoorten en aardlagen, welke de vaste oppervlakte onzer aarde uitmaken, zijn voortgebracht. Tot de nederploffingen kan ook gebracht worden, hetgeen ik u in de negende les aangaande de kristallisatie van het lood, door bijbrenging van zink in de oplossing, gezegd heb. Het lood was nedergeslagen door de meerdere verwantschap van het zink tot het zuur der loodsuiker. Laat ik deze proeve nog met eene vermeerderen. --- Men laat een weinig zilver in salpeterzuur oplossen, en verdunt het daarna met water. Vervolgens werpt men in deze oplossing een druppel kwik of een stukje koper, dan zal het zilver worden nedergeslagen en zich tot eenen fraaijen boom of heester kristalliseren, die, als het ware, op den kwikdruppel of het koper is vastgeworteld. Men noemt dit verschijnsel *de boom van Diana*. In het algemeen heet men deze gedaanten *metaalboomen* of *metaalgewassen*.

Wat *ontbinden* en *verbinden* zegt, de hoofdverrigtingen van den scheikundigen, hebt gij genoegzaam uit het tot hiertoe medegedeelde kunnen verstaan. Dat de *ontbinding* der stoffen en dus ook de *verbinding* met andere, welke toch eerst na de *ontbinding* kan volgen, door de kracht van zamenhang der atomen in hetzelfde ligchaam zeer wordt bemoeijelijkt, zult gij ook reeds begrepen hebben. Hoe sterker toch de deelen aaneen kleven, des te moeilijker wordt de stof ontleed. Die zamenhang moet, alvorens de scheikundige kracht kan werken, verzwakt worden. Dit geschiedt hoofdzakelijk door de warmte, daar deze, zoo als u bekend is, de deelen van een stoot. Zoo ontbindt men de metaaloxiden meestal door gloeijen met kool: de zuurstof wordt daardoor *vrijgemaakt*, *vervliegt* als gas, en het metaal blijft onverbonden achter. Ziedaar weder een nieuw werk van den scheikundige.

Doet men eene stof door verhitting den dampvormigen toestand aannemen, dan zegt men, dat die stof *vervlugtigt* of *verdamp*t; wordt die damp door verkoeeling in druppels opgevangen, dan heet men dit *overhalen* (destilleren); gaat die damp in eenen vasten toestand over, dan noemt men het *opheffen* (sublimeren). Zoo vervlugtigen of verdampen voor een gedeelte de steenkolen, welke men in ijzeren cilinders, die geene gemeenschap hebben met de buitenlucht, zeer sterk verhit. Bij die verhitting vervliegt er eene gassoort, welke het bekende *gaslicht*, in vele steden in gebruik, daarstelt, en waarvan ik u later meer zal zeggen. Een ander gedeelte der kolen, dat het gas met zich medevoert, wordt verdikt, en dus als teer en water overgehaald. Op dergelijke wijze wordt eiken-, berken-, beukenhout, enz. in beslotene cilinders verhit; een gedeelte vervlugtigt, een ander gedeelte wordt afgekoeld en dit afgekoelde of overgehaalde levert, na nog eenige andere bewerkingen, den bekenden sterken houtazijn op.

Fig. 5.



zwavel en ook wel als zwavelbloem in den handel gebracht.

De ruwe zwavel wordt in eenen ketel verhit, de zwavel daardoor opgeheven, en deze zet zich als zwavelbloemen tegen de wanden eener ruimte, welke met den ketel gemeenschap heeft. — Verkrijgt deze ruimte eene genoegzame warmte, zoo wordt de opgehevene zwavel weder vloeibaar, druipt langs de wanden, wordt in dien staat gezuiverd opgevangen, in vormen gegoten, en alzoo als pijp-

De vervluchtiging, overhaling, enz. geschiedt bijna altijd met zulken of dergelijken toestel, als fig. 5 aanschouwelijk maakt, *a* is eene glazen flesch *kromhals* of *retort* genoemd, waarin door middel van het lampje *b* de stoffen, welke men tot gas of eene andere vloeistof wil doen overgaan, behoorlijk heet gemaakt worden. Beide, retort en lamp, zijn langs den stijl *c* beweegbaar, en kunnen door schroeven *d* in eenen vereischten stand worden vastgeklemd; *e* is de ontvanger, waarin het vervluchtigde of opgehevene wordt opgevangen. Merkt wel op, dat er gezegd is: op deze of dergelijke wijze geschiedt het overhalen; want bij de bereidingen in het groot, bij voorbeeld bij die van het zwavelzuur of vitriool uit zwavel en salpeter, is het lampje een krachtig vuur, de retort *a* zoo groot, dat hij wel 200 Ned. kannen kan inhouden, en de ontvanger *e* bij sommige inrigtingen eene looden kamer, die wel 600 kubieke ellen groot is.

Ten slotte wil ik u nog iets nuttigs aangaande het overhalen zeggen, dat tevens tot meerdere opheldering kan dienen.

Men laat stijfsel en suiker in water gisten door bijvoeging van gist: vervolgens haalt men het water, waarin de gisting heeft plaats gehad, over; het opgevangene is dan een vocht, dat *wijngeest* of *alkohol* in zich bevat, *moutwocht* genoemd; men haalt dit op nieuw over, en verkrijgt *brandewijn*; nogmaals dien opgevangen brandewijn overhalende, ontstaat er dubbel overgehaalde *wijngeest* of *spiritus*, en deze, door bijvoeging van koolzure potasch, van water beroofd en nogmaals overgehaald zijnde, verkrijgt men zuiveren *wijngeest* of *alkohol*, die bij de grootste koude niet bevriest, bovenmate krachtig is en door de natuurkundigen, bij het doen van waarnemingen en proeven, dikwijls gebruikt wordt.

Dit een en ander acht ik voldoende, om u van de scheikundige aantrekking en de scheikunde zelve een denkbeeld te geven. Wilt gij meer van deze uitlokkende wetenschap, van de scheikunde, weten, wilt gij er op eene voor u regt bevattelijke en onderhoudende wijze over hooren spreken, neemt dan slechts in handen het werk van *Girardin*, *Scheikunde voor den beschaafden stand*, waarvan bij den uitgever van dit werkje reeds een tweede druk is in het licht gekomen, en gij zult uwen weetlust dubbel voldaan zien. Zeker verscheen er geen werk over de scheikunde, dat bevattelijker en aangenaamer gesteld, verrassender en rijker in nuttige toepassingen is, dan het genoemde.

TWEEDE AFDEELING.

DE BEWEGING EN HET EVENWIGT DER VASTE LIGCHAMEN.

VEERTIENDE LES.

De rust en de beweging in het algemeen. Verschillende soorten van beweging.

Wij hebben tot hiertoe slechts de eigenschappen der lichamen behandeld, zonder ze bepaald in rust of in beweging te beschouwen. Toen wij, bij de behandeling der traagheid en zwaarte, van bewegingen spraken, hebben wij die bewegingen niet in haren aard onderzocht. Thans zal dit onderzoek den inhoud dezer afdeeling moeten uitmaken.

Een ligchaam kan in *rust* of in *beweging* zijn. Wij zeggen dat het in rust is, wanneer het onbewegelijk dezelfde plaats blijft innemen. De tafel, met al wat er op staat, is in rust. Die rust is echter slechts *betrekkelijk*; want de lamp drukt, ten gevolge der zwaartekracht, de tafel, en deze laatste wederom den grond. Gij hebt ook vernomen, welk vermogen de warmtestof op de dingen uitoefent. In volstrekte rust is er dus eigenlijk niets. Behalve dat, alle dingen gaan immers met de aarde voort, terwijl zij om zich zelve en om de zon wentelt? Of een ligchaam in rust of in beweging is, laat zich alleen uit zijne ligging ten opzichte van andere lichamen beoordeelen.

Een ligchaam is in *beweging*, wanneer het geheel of slechts voor een gedeelte van plaats verandert. De slinger van een uurwerk, een vallend ligchaam, is in beweging; de tol, op eene plaats ronddraaijende, beweegt zich, want ieder houtdeeltje neemt telkens eene andere plaats ten opzichte der ruimte in.

Treurig zou het verblijf op aarde zijn, indien er geene beweging rondom ons ware. Alle verandering toch bestaat in beweging, en door die verandering biedt de aarde ons zooveel verscheidenheid en afwisseling van tooneelen.

Zullen de lichamen zich bewegen, dan is er *kracht* noodig. Zonder kracht kan er geene beweging zijn. Deze waarheid ligt in de vroeger gegevene bepaling van kracht opgesloten. Ten andere moet er *ruimte* zijn, waardoor de plaatsverandering mogelijk wordt; ten derde behoeven de lichamen *tijd*, om deze beweging te volbrengen.

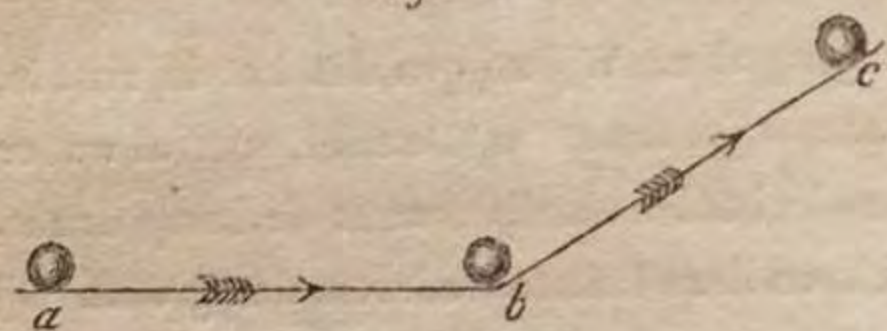
Wat men door *ruimte* verstaat, heb ik u in de eerste les duidelijk verklaard: het is die oneindigheid van plaats, waarin alle dingen bestaan en waarvan zij ieder een gedeelte innemen. Dat ik tot het voortbrengen van beweging ruimte behoef, is duidelijk; want wil ik bij voorbeeld met een hamer een spijker in

het hout slaan, dan is er ruimte noodig, om het werktuig te bewegen, anders is het tot niets nut.

Den *tijd* kennen wij slechts uit eene opvolging van zaken. Waren er geene opvolgingen van natuurverschijnselen, wij zouden bezwaarlijk den tijd kunnen afmeten. De lente volgt op den winter en deze op den herfst; op den dag volgt de nacht, en de vloed op de eb. Ziedaar eenige elkander opvolgende veranderingen, die tot maat van den tijd kunnen dienen. De tijd wordt verdeeld in weken, dagen, uren, minuten en seconden, en de werktuigen, die tot het meten van den tijd dienen, zijn onder den naam van uurwerken bekend. Ook de tijd is een vereischte tot voortbrenging van beweging; want was er ruimte, om den hamer, waarvan in het zoo even gegeven voorbeeld gesproken is, te bewegen, maar geen tijd, men had aan de ruimte en het werktuig niets.

Men merkt bij de beweging twee hoofdzaken op, namelijk hare *rigting* en *snelheid*. Indien het bewegende ligchaam eene regte lijn doorloopt, bij voorbeeld van *a* naar *b* (fig. 6.), dan noemt men deze beweging *regtlijnig*, en de regte lijn

Fig. 6.



kan veranderd worden. Bewoog zich het ligchaam *a*, in *b* gekomen zijnde, van

Fig. 7.

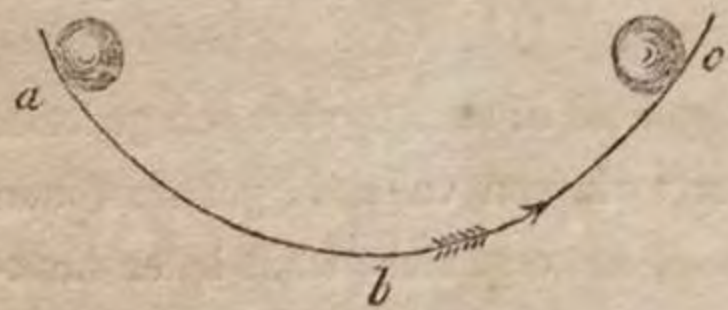
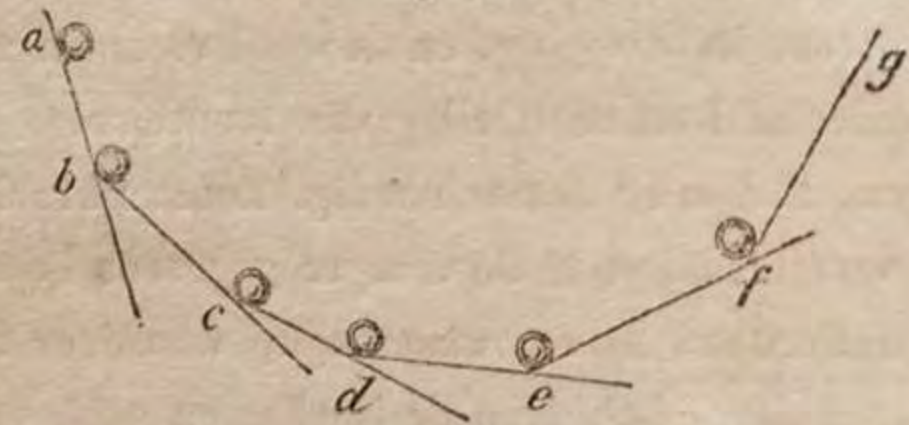


Fig. 8.



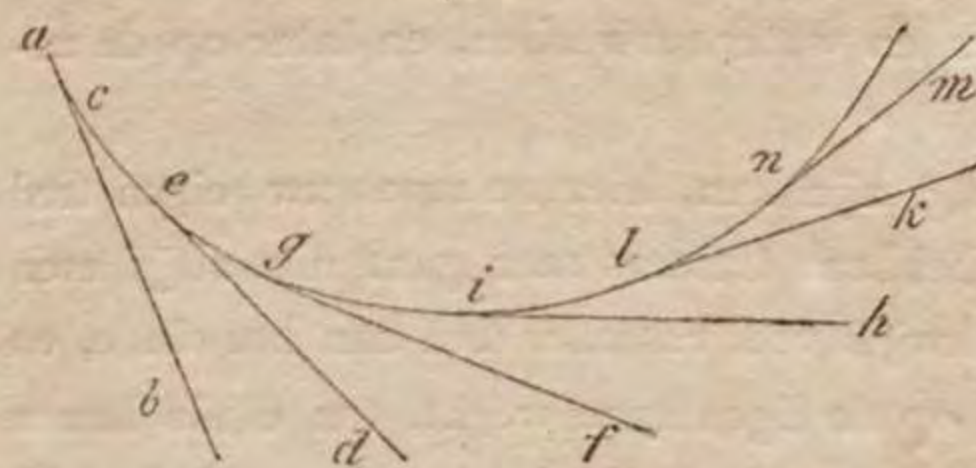
van *c* naar *d*, vervolgens van *d* naar *e* van *e* naar *f*, enz. dan heeft het eigenlijk den weg *abcdef* afgehoopen. Neemt men nu die punten *a*, *b*, *c*, *d*, enz. zeer, ja onmeetbaar dicht bij elkander, dan verkrijgt men van zelve eene kromme lijn *acegiln* (fig. 10). Is toch eerst de rigtingslijn der beweging de lijn *ab*, dan is deze een ondenkbaar klein tijddeeltje daarna,

ab is dan de *rigting* der beweging. Naar welken kant de beweging geschiedt, is door een pijltje aangewezen. Éene kracht kan aan eene beweging slechts éene rigting geven, die, zoo als bij de traagheid is verklaard, niet door de bewegende stof

kan veranderd worden. Bewoog zich het ligchaam *a*, in *b* gekomen zijnde, van *b* naar *c*, wij zijn verzekerd, dat er eene nieuwe kracht geweest is, die het heeft aangedaan. Ook deze laatste beweging was regtlijnig. Verandert de rigting van een bewegend ligchaam onophoudelijk, met andere woorden, doorloopt dit eene kromme of gebogen lijn *abc* (fig. 7), zoo noemt men de beweging *kromlijnig*.

Ik zeg: *verandert eene beweging onophoudelijk van rigting*: beweegt zich een ligchaam van *a* naar *b* (fig. 8), maar in *b* gekomen, van daar naar *c*, weder tot daar genaderd zijnde,

Fig. 10.



dus schier op denzelfden oogenblik, de lijn *cd* en daarna achtereenvolgend *ef*, *gh*, *ik*, *lm*, enz. geworden. Doorliep een ligchaam eenen cirkel, bij voorbeeld de steen in eene slingerkoord, wanneer men dien in de rondte beweegt, dan heeft het alle

mogelijke rigtingen in hetzelfde vlak doorloopen. Het zal naauwelijks behoeven herhaald te worden, dat er telkens eene kracht moet zijn, die deze verandering van rigting van het bewegende ligchaam tot stand brengt.

De *snelheid* der beweging meet men af naar den weg, dien een ligchaam in eenen bepaalden tijd aflegt, en men noemt haar *snel* of *langzaam*, naarmate men haar met eene tragere of snellere beweging vergelijkt. De beweging van den bliksem is snel, zegt men, omdat ons nooit iets onder de aandacht valt, dat bij deze verbazende snelheid haalt. Nog sneller is intusschen het licht. Daarentegen geeft men den naam van *langzame* beweging aan den voortgang des uurwyzers van een horologie of der schaduw van eenen stok.

De snelheid der beweging kan verder *eenparig* of *gelijkmatig versnellend* en *vertragend* zijn. *Eenparig* noemt men haar, indien het bewegende voorwerp in gelijke tijden gelijke ruimten doorloopt. Legt de spoorwagentrein van Amsterdam naar Utrecht in elk uur 6000 roeden af, in elk half uur 3000, in elk kwartier 1500 en in elke minuut 100 roeden, zoo beweegt zich de trein eenparig. De wyzers der uurwerken bewegen zich niet eenparig, want zij worden met stooten voortgedreven. Neemt men bij eene eenparige beweging een zeker tijdsverloop, stellen wij eene minuut, als eenheid aan, en bepaalt men daarbij hoe lang de weg is, dien het ligchaam in dien tijd aflegt, dan zal, in geval men dien tijd dubbel, drievoudig, enz. neemt, de door dat ligchaam afgelegde ruimte ook het dubbel of het drievoud van den gestelden weg zijn. De beweging zal dus snel of langzaam zijn, naarmate de afstand, dien het bewegende ligchaam in zekere tijdseenheid aflegt, groot of klein is. Een gewone wind legt elke minuut 60 el af, terwijl de stormwind 2700 el doorloopt; deze laatste is bijgevolg 45 maal sneller dan de eerste. Sommigen hebben zich beijverd, om de snelheid van eenige bewegingen te bepalen. Volgens hen zoude eene slak elke seconde slechts $\frac{1}{1000}$ el, en dus in bijna 50 dagen slechts een uur gaans afleggen; een voetganger elke seconde 13 palm, een arend 28 el, en een kanonskogel 350 el doorloopen.

Het zijn de eenparige bewegingen der aarde en die van andere hemelbollen, welke het mogelijk maken, om den tijd te verdeelen of de toekomstige verschijnselen aan den sterrenhemel te voorzegggen. Waren deze bewegingen veranderlijk, zoo zouden de jaren, maanden, weken, dagen en onderdeelen van deze nu eens lang, dan weder kort zijn, en er bestond geene mogelijkheid, om iets vooruit te

bepalen, dat van deze beweging afhangt. Men heeft de gezegde beweging toegepast op het maken van zandloopers en wateruurwerken, en later op de za-menstelling van raderuurwerken.

Dat eene beweging ook *ongelijkmatig* zijn kan, hiervan moet uw eigen tred en de gang der dieren u overtuigd hebben. Immers men gaat niet altijd even snel. De gang is in den beginne dikwijls veel rasscher dan aan het einde, en omgekeerd. Is er eene kracht, die op de lichamen werkt, ten einde hunne snelheid te *vermeerderen*, dan hebben zij eene *versnellende* beweging. Werkt eene kracht integendeel de beweging tegen, dan hebben de lichamen eene *vertragende* beweging.

Eene *gelijkmatig versnellende* of *vertragende* beweging bezitten de lichamen, wanneer de snelheid van oogenblik tot oogenblik op dezelfde wijze, naar eenen vasten regel aangroeit of afneemt. Wij zullen in het vervolg hiervan merkwaardige voorbeelden aantreffen.

VIJFTIENDE LES.

Over den overgang van rust tot beweging. Hoeveelheid van beweging.

Stoot men met een staafje tegen een' bal, dan beweegt hij zich.

Maar hoe komt het toch, dat de geheele bal voortloopt, daar slechts een klein deel er van door den stoot van het staafje is bewogen? — Dit ontstaat daaruit, dat de deeltjes, die door eene kracht, namelijk in de zoo even gedane proeve de staaf, in beweging gebracht worden, deze aan de naastgelegene atomen mededeelen, die weder aan de volgende, en zoo al verder, tot eindelijk de beweging zich gelijkelijk onder de atomen heeft verspreid, en het ligchaam dien ten gevolge verplaatst wordt. Tot den genoemden overgang der beweging van het eene deel op het andere is een zekere tijd noodig, even als er tijd noodig is opdat het water, hetwelk men in een vat giet, zich in rust en overal op gelijke hoogte stelle.

Niet een ligchaam beweegt zich onmiddellijk na het door eene kracht is aangedaan geworden. Bij verschillende stoffen is de tijd, tot verdeling der beweging benoodigd, ook verschillend. De mensch kan zich derhalve, zoo min als het vlugste dier, voortspoeden of oprigten onmiddellijk na hij dit wil. Een vogel, wordt door eenen pijl getroffen, hoewel hij hem zag aankomen; — en waarom zich niet vroeger weggemaakt? omdat er tijd noodig was, ten einde aan zijne lichaamsdeelen de beweging der pooten en vleugels mede te deelen.

Een overeind staand stuk papier of houten bord, of wel eene openstaande deur, voorwerpen dus, die men in zulk een' stand met den vinger zou kunnen bewegen, blijven onbewegelijk staan, wanneer zij door een' kogel, die uit een goed

geladen geweer wordt afgeschoten, doorboord worden. Een vensterglas scheurt niet eens, wanneer er zulk een kogel een rond schijfje uit wegneemt. Een tamenlijk dik houten staafje, dat met de beide einden op twee haren, op de randen van twee wijnglazen of de beide wijsvingers rust, kan door middel van een' snellen krachtigen slag met een' stok doormidden geslagen worden, zonder de haren of de glazen te breken of de vingers te bezeeren. De deelen, welke door het schot of den slag werden getroffen, ondergingen eene te snelle verplaatsing, dan dat zij den tijd zouden gehad hebben, om die beweging aan de overige massa mede te deelen.

Indien eenmaal het ligchaam in beweging is gebracht, dan heeft de kracht, die deze beweging bewerkte, een einde, en het is alsof deze nu in het bewegende ligchaam is overgegaan. Immers zoo ik een' bal tegen een' spiegel werp, breekt het glas even zoo wel, als wanneer ik den bal in de hand houd en hem er tegen aan sla. In het laatste geval zat de kracht zoo het scheen onmiddellijk in de hand, maar in het vorige mag men zeggen, dat de kracht uit de hand in den bal is overgegaan; want de eerste was in rust, toen de laatste den spiegel verbrijzelde; de bal gehoorzaamde slechts aan de kracht, die hem door de hand was gegeven.

Veronderstelt eens, dat ik een' bal van 1 pond met eene kracht voortwerp, die hem 1 el in eene seconde doet afleggen; dan zal ik met dezelfde kracht een' bal van 2 pond slechts $\frac{1}{2}$ el in eene seconde kunnen doen voortloopen; een' van 3 pond slechts $\frac{1}{3}$ el enz.; en wel, omdat die gelijke kracht zich over twee en driemaal meer atomen moet verdeelen. Hieruit zien wij, *dat altijd, voor eene zelfde kracht, het vermenigvuldigde van het gewigt met de snelheid gelijke getallen zal opleveren*. In het gegevene voorbeeld is ook waarlijk $1 \times 1 = 1$, $2 \times \frac{1}{2} = 1$ en $3 \times \frac{1}{3} = 1$. Dit product van de snelheid des ligchaams en de massa of het aantal vaste stofdeelen, noemt men *de hoeveelheid van beweging*. Dewijl wij nu gezien hebben, dat gelijke krachten ook gelijke hoeveelheden van beweging voortbrengen, alsmede dat de beweegkracht zich in het ligchaam verplaatst, of dit laatste als het ware tot eene bewaarplaats der kracht maakt, zoo kan het niet anders, of dezelfde kracht moet verschillende lichamen dan ook hetzelfde doen uitwerken; en hieruit blijkt alzoo, hoe regt geschikt de hoeveelheid van beweging is, om de krachten van bewegende lichamen af te meten. Men zegt, dat eene beweegkracht het dubbel, drievoud of viervoud, enz. van eene andere is, indien zij het dubbel, drievoud of viervoud der *hoeveelheid van beweging* van deze andere voortbrengt. — *De krachten zijn dan derhalve tot elkander in reden, als de hoeveelheid van beweging, die zij elk voortbrengen, of als de producten hunner massaas en snelheden*.

Zijn de massaas gelijk, dan zijn de krachten tot elkander als de snelheden, die zij veroorzaken; en is de snelheid dezelfde, dan zijn de krachten tot elkander in reden als de massaas. Hieruit blijkt dat, indien een kogel van 10 pond, voortgaande met eene snelheid, die hem 2 palm in eene seconde doet afleggen, op

een ligchaam zekere kracht uitoefent, deze kracht 750 maal zoo groot zal zijn, ingeval diezelfde kogel uit een kanon wordt geschoten, en daardoor eene snelheid van 150 el of 1500 palm in de seconde verkrijgt; want hier zijn de massaas gelijk en de krachten dus tot elkander als de snelheden, dat is, als 2 tot 1500 of 1 tot 750.

Verder zal een kanonskogel van 100 pond of 1000 ons, met eene snelheid van 2 palm in de seconde voortgaande, dezelfde hoeveelheid van beweging hebben en dus dezelfde kracht uitoefenen, als een geweerkogel van 1 ons, die met eene snelheid van 200 el of 2000 palm in de seconde voortgaat; want in het eerste geval is de hoeveelheid van beweging $1000 \times 2 = 2000$ en in het laatste $1 \times 2000 = 2000$; hier waren de massaas en snelheden ongelijk. Gij ziet uit de aangehaalde voorbeelden hoezeer de snelheid, de kracht eener, kleine zelfs zeer geringe, massa veelvermogen kan maken.

Het is van veel gewigt op te merken, dat kracht en beweging zamenhangen; dat dus ook al wat aangaande de *rigting der beweging* in de 14^e les is aangevoerd, zoowel op de *kracht* toepasselijk is, als omgekeerd de meeste zaken, welke ik met betrekking tot de *rigting* en *grootte der kracht* zal bijbrengen, op de *beweging* kunnen worden toegepast. Beweging en kracht hangen onafscheidelijk zamen. Men bedenke slechts altijd, dat het bewegende ligchaam als het ware de overbrenger der kracht is. Is de hoeveelheid van beweging of de maat der kracht bij hetzelfde ligchaam in verschillende omstandigheden verschillend, de oorzaak hiervan zal alleen gelegen zijn in het verschil in snelheid. Men kan dus in elk geval de onderscheidene krachten van een en hetzelfde ligchaam onder verschillende omstandigheden uitdrukken door de snelheid of den afgelegden weg in zekere tijdseenheid. Nog eene opmerking verdient hier plaats.

Ik veronderstelde tot dus verre, dat de kracht slechts een' oogenblik op het ligchaam werkte en het daarna, om zoo te spreken, aan zich zelf overliet, welke kracht men in dat geval eene *plotseling werkende* kracht, eenen *stoot* noemt; maar het kan ook plaats hebben, dat de kracht *voortdurend* op het ligchaam werkt, zoo als bij voorbeeld de zwaartekracht in het algemeen. Zulk eene kracht noemt men *standvastige* kracht, en deze geeft aan de lichamen in opvolgende gelijke tijddeelen gelijke vermeerdering of vermindering van snelheid, of, gelijk vroeger is gezegd, eene *eenparig versnellende* of *vertragende* beweging. Hoe deze kan berekend worden, zal u weldra bekend worden.

Toepassingen.

Uit hetgeen aangaande het tijdsverloop van de overbrenging der beweging op al de deelen eens lichaams is gezegd, verklaart het zich:

Waarom wij soms niet spoedig genoeg het gevaar kunnen ontwijken, waarmede ons eenig vallend of tegengeworpen ligchaam bedreigt, zelfs niet in geval

wij de beweging van het vallend of naderend voorwerp in den beginne zien.

Waarom iemand, door een' geweerkogel getroffen wordende, somtijds eenige oogenblikken onbewust blijft van zijn ongeluk.

Waarom men door eenen fellen slag eene bloem van den stengel kan afscheiden, zonder dat de steel zich schier beweegt.

De hoeveelheid van beweging maakt duidelijk, waarom een mensch een ligt vaar- of voertuig tamelijk snel kan voortduwen of trekken, terwijl hij deze, zwaar geladen zijnde, slechts eene naauwelijks zichtbare beweging kan aanbrengen.

Waarom een stukje klei, zoo groot als eene erwt, dat uit eenen hollen stok of een lang riet geblazen wordt, genoegzame kracht bezit, om eene musch te dooden.

Waarom de kleine, ligte jagthegel het ligchaam der dieren doorboort.

Waarom een stuk hout, dat met eene zeer matige snelheid iemand treft, hem naauwelijks bezeert; terwijl een geladen vaartuig, met dezelfde snelheid hem treffende, sommige lichaamsdeelen verbrijzelt.

Waarom ligte boombladeren, regendruppels, hagelkorrels, sneeuwvlokken, enz. pijn veroorzaken, indien zij door eenen hevigen wind ons tegen het aangezicht gedreven worden.

ZESTIENDE LES.

De eenparige of gelijkvormige beweging der lichamen.

Het evenwigt der lichamen. Zamenstelling en ontbinding der krachten.

Dat wij nog eens kortelijk zamen nemen, wat er aangaande beweging en kracht is gezegd.

1. De beweging onderscheidt zich door de *rigting*, volgens welke zij geschiedt, en door de *snelheid*;

2. de rigting kan *regt-* en *kromlijvig* zijn;

3. de snelheid is *eenparig* of *veranderlijk*; men onderscheidt ten aanzien der laatste bepaaldelijk *gelijkmatig versnellende* en *vertragende* beweging;

4. de kracht, die alleen uit hare uitwerkselen kan gekend worden, wordt bepaald naar de *hoeveelheid van beweging*, die zij voortbrengt; deze hangt af van de *massa* en de *snelheid*;

5. de kracht kan *plotseling* en *voortdurend* werkend zijn; de laatste noemen wij *standvastige* kracht;

6. eene *plotseling werkende* kracht, ook *stoot* of *botsing* genoemd, brengt altijd eene *regtlijnige* beweging voort, die, uit hoofde van de traagheid der stof, niet kan veranderd worden dan door eene nieuwe kracht; terwijl

7. eene *standvastig werkende* kracht het ligchaam eene *gelijkmatig versnellende* of *vertragende* beweging geeft.

Wij zullen thans de omstandigheden nasporen, onder welke de lichamen in rust of in beweging zijn. Van deze beide toestanden leeren wij de zwaartekracht als de voornaamste oorzaak kennen.

De vraag, die wij eerst zullen beantwoorden, is deze: welke verschijnselen zullen er zich opdoen, indien verschillende krachten, of in dezelfde, of in onderscheidene rigtingen op de lichamen werken? — Alvorens deze te beantwoorden, moet gij weten, dat men de grootte der krachten gewoonlijk door lijnen zigbaar maakt. Indien ik bij voorbeeld aanneem, dat een lijntje van *eene streep* lengte eene kracht van *één pond* zal voorstellen, dan zal een lijntje *a b* van 10 strepen

Fig. 11. lengte (zie fig. 11) eene kracht van 10 pond kunnen verbeelden, en eene *c d*, dubbel zoo lang, eene kracht van 20 pond. Men kan op deze wijze niet alleen de betrekkelijke grootte der krachten aanwijzen, maar ook hare rigting zeer juist doen kennen.

Zelden werkt er op een ligchaam slechts *éene* kracht, bijna altijd twee of meer. Als gij een' stok doorbreekt, werkt er aan ieder zijner einden eene kracht. Tracht gij iets op te ligten, dan werken uwe spierkracht en de zwaartekracht der aarde tegen elkander in.

Oefenen nu twee of meer krachten te gelijk op een ligchaam naar vermogen uit, dan kan het ligchaam of in rust of in beweging zijn. De rust drukt men in dat geval ook uit door te zeggen: het ligchaam is in *evenwigt*. Deze uitdrukking is doelmatiger, zooals u al aanstonds blijken zal.

Een ligchaam is in *evenwigt*, wanneer de krachten, die het aandoen, elkander onderling vernietigen, dat beteekent, wanneer de eene kracht de andere belet om het ligchaam te bewegen. Wanneer ik een bal *a* (zie fig. 12) aan de eene zijde

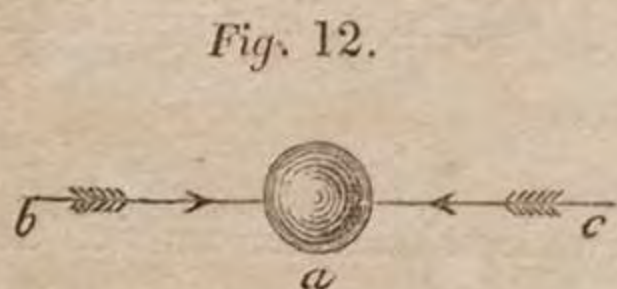


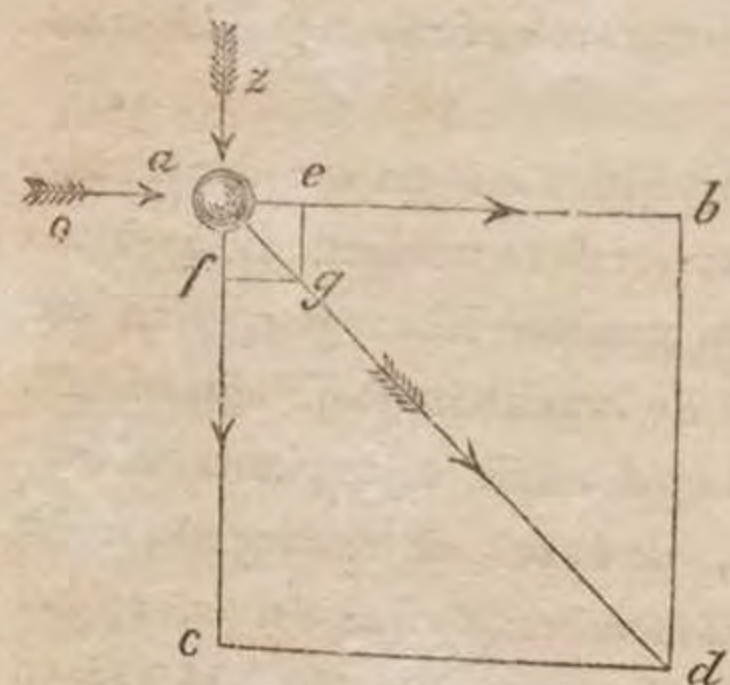
Fig. 12. *b* met de linkerhand naar de rechterzijde *c* tracht te bewegen, maar hem aan den anderen kant *c* met eene gelijke kracht door middel der rechterhand naar de linkerzijde wil verplaatsen, dan zal de bal in rust blijven, of liever, hij zal in evenwigt zijn. De twee krachten *b* en *c* zullen elkander vernietigen, en niets voortbrengen dan eene zamendrukking der deelen van den bal. Zoo ook zal hij in evenwigt zijn, indien ik hem aan eenen draad ophang; want de zwaartekracht, die den bal aandoet, wordt door de wederstandbieding van den draad en het ophangpunt te niet gedaan. Somtijds blijft een ligchaam zonder zulk eenen wederstand biedenden draad of een vast punt in evenwigt; wij zien een' visch in een glas met water op eenen afstand van den bodem zich in rust stellen; eveneens zien wij den luchtbal met den geheelen toestel en de reizigers op eene plek zweven. Door de zwaartekracht der aarde moest toch eigenlijk de visch op den bodem van het glas en de luchtbal op de oppervlakte der aarde vallen; doch wij zullen later zien dat, uit hoofde

eener eigenaardige drukking der vloeistoffen, ook hier evenwigt bestaat.

Hoeveel krachten er op een ligchaam werken, en hoe ook hare rigting moge zijn, zij zullen gezamentlijk het voorwerp slechts in eene rigting kunnen bewegen. Hoe toch zou het eene deel eens ligchaams naar de eene, en een ander deel weder naar eene andere zijde kunnen bewogen worden, zonder dat het ligchaam verbroken wierde. Hieruit volgt, dat men altijd *éene* kracht zal kunnen vinden, die alleen datgene doet, wat al de andere krachten, welke op het ligchaam werken, te zamen te weeg brengen. Zulk eene kracht noemt men de *zamengestelde* of de *resultante* der onderscheidene krachten.

Verbeeldt u een vaartuigje, voortgedreven door de kracht van den stoom, den stroom, en den wind. Zou ik nu, als stoom, stroom en wind buiten werking waren, niet eenige paarden aan eene lijn kunnen plaatsen, om de boot voort te trekken in dezelfde rigting en met dezelfde snelheid, die er vroeger door de genoemde vereenigde krachten aan gegeven waren? — Wel nu, de krachten der paarden daartoe benoodigd, zou de *zamengestelde* zijn van de vorige. Stelt nu verder, dat het schip eenmaal door stoom, stroom en wind was in beweging gebracht, en dat men de zamengestelde dier krachten, namelijk de aan de lijn geplaatste kracht, in eene rigting deed werken, juist tegenovergesteld aan die, welke er de vereenigde krachten aan geven; dan zal de schuit in rust, in evenwigt zijn; zij zal noch voor-, noch achterwaarts kunnen varen, zich niet het minste kunnen bewegen, en veel steviger aan hare plaats gebonden zijn, dan dat zij voor anker lag. Ziedaar eene kenmerkende eigenschap der zamengestelde kracht. Indien namelijk aan een stelsel van krachten eene nieuwe kracht wordt aangebragt, die aan de zamengestelde gelijk maar in eene tegenovergestelde rigting werkzaam is, zal er evenwigt bestaan.

Fig. 13.



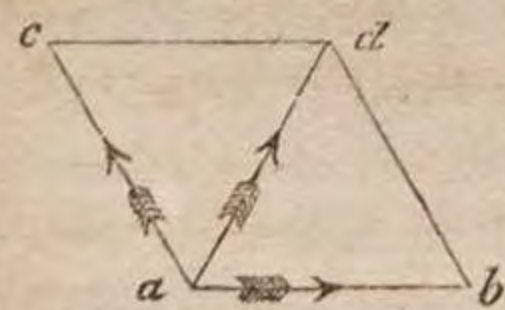
De krachten, die wij tot voorbeeld kozen, werkten in eene lijn, allen in dezelfde rigting. De *resultante* is hier gelijk aan de som der gedeeltelijke krachten. Laat ons nu eens onderzoeken op welk eene wijze men de rigting en grootte van de resultante kan vinden, indien de krachten niet in eene rigting of in eene lijn werken. De bal *a* (zie fig. 13) wordt in de rigting *ab* een stoot gegeven, waardoor hij tot aan *b* moet rollen; op denzelfden oogenblik geeft men den bal eenen gelijken stoot, die alleen werkende hem in gelijken tijd even ver, maar in de rigting *ac*, tot *c* doet voortgaan; en wat is het gevolg dezer twee gelijke stooten? De bal beweegt zich volgens de lijn *ad* tusschen de beide rigtingen in, welke de twee krachten er ieder afzonderlijk aan wilden geven, en wordt tot in het punt *d* gevoerd. Men kan van dit merkwaardig verschijnsel de volgende verklaring geven.

De bal, door de kracht o alleen voortgedreven wordende, zal in een zeer klein tijdsdeel tot in e gevorderd zijn; maar de kracht z alleen zou hem in denzelfden tijd tot in f gestuwd hebben. Om nu aan beide krachten te voldoen, zou men het ligchaam eerst in e en van daar tot in g hebben kunnen brengen. Zoo is evenwel de beweging niet geschied en zóó kan zij ook niet geschieden: geen van beide de krachten waren een' oogenblik werkeloos: de bal bleef altijd de ingedrukte krachten behouden; en hoe kon hij nu toch anders aan deze beide gegeven, dan door den weg ag te volgen? Aldus is het in elk opvolgend oogenblik gesteld, en derhalve zal, wanneer de krachten in b en c uitgewerkt hebben, het ligchaam tot in d gevorderd zijn. Dat ik u nog een paar voorbeelden geve! — Veronderstelt eens, dat gij van a naar b wilt gaan (zie dezelfde figuur), doch dat er iemand is, die u aan de linkerzijde bestendig naar de lijn cd duwt, dan zult gij immers ontwijfelbaar ergens in een punt d aankomen. Indien het ligchaam a een schip in het midden eener rivier voorstelt, dat door den stroom in zekeren tijd tot in b kan verplaatst worden, maar hetwelk de wind, geheel alleen werkende, in gelijken tijd in de rigting ac tot in c naar den wal cd drijft, zal het vaartuig dan niet na verloop van dien tijd in het punt d tegen den wal stooten, en zich langs de lijn ad bewogen hebben? — En hoe zijn wij nu tot de rigting en grootte der zamengestelde kracht geraakt? Op deze wijze: men trekke de lijnen ab en ac in de rigting van iedere kracht, en geve deze eene lengte, overeenkomstig het vermogen, dat die krachten uitoefenen, of van het eind wegs, dat zij in een zeker tijdsdeel, bij voorbeeld in eene minuut, het ligchaam doen afleggen; vervolgens trekke men door het punt b de lijn bd evenwijdig aan ac , en door c eene lijn cd evenwijdig aan ab , dan ontstaat hierdoor eene figuur, die in de meetkunde den naam van *parallelogram* draagt, en in ons geval het *parallelogram der krachten* heet; eindelijk trekke men de diagonaal of hoekpuntslijn ad , en deze zal de *resultante* of *zamengestelde* kracht der vorige zijn.

De vlakke, begrepen tusschen de twee rigtingslijnen ab en ac der zamengestelde krachten, noemt men den hoek, waaronder deze werken; die hoek was in het gegevene geval regt, dat is, de krachten werkten loodregt op elkander; doch hoe groot ook die hoek zijn moge, en of de krachten gelijk zijn of niet, de zamengestelde van het *parallelogram* zal altijd op dezelfde wijze plaats hebben.

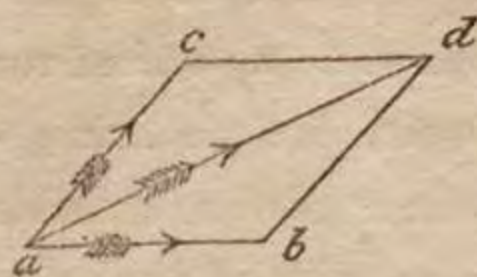
Zijn de beide krachten ab en ac gelijk, dan zal de zamengestelde den hoek, dien zij met elkander maken, altijd middendoor deelen; dat is, zij zal juist in het midden tusschen de beide krachten gelegen zijn (zie fig. 14, 15 en

Fig. 14.



16). Van daar dat een vogel en een visch zich regt voorwaarts bewegen, indien de eerste de vleugels, de laatste de zwemvinnen gelijkelijk beweegt, en met deze evenveel kracht aanwendt. Van daar dat een roeijer, door middel van twee riemen, zijn schuitje kan voortstuwen in eene rigting, welke hij er aan

Fig. 15.



verkiest te geven. Die resultante zal of gelijk aan ieder der zamengestelde krachten zijn, zooals in fig. 14, of grooter dan een van deze, zie fig. 15, of kleiner, hetwelk in fig. 16 is verduidelijkt. Gij ziet, dat de grootte der resulterende kracht afhangt van den hoek, dien de afzonderlijke krachten met elkander maken: hoe scherper deze is, hoe langer ook de diagonaal of hoekpuntslijn zal wezen.

Fig. 16.



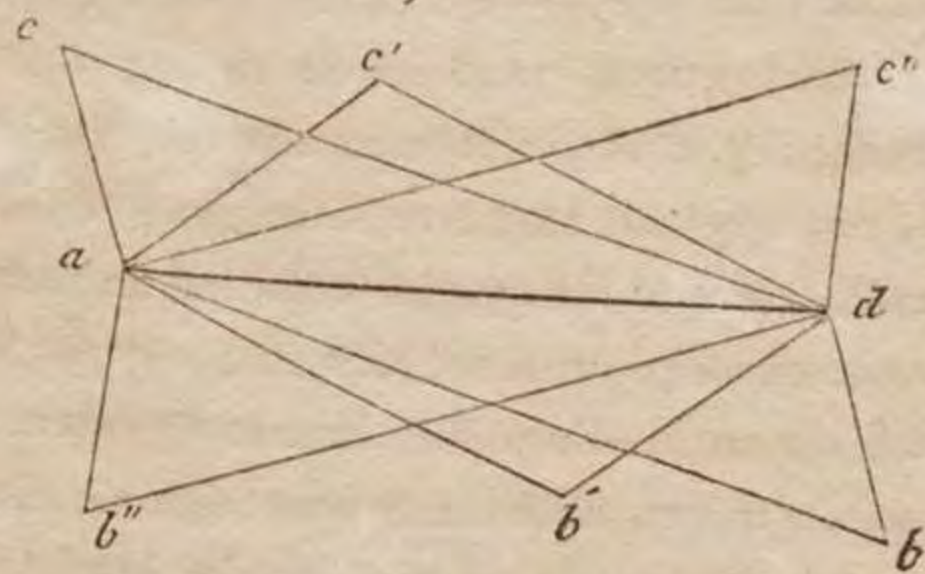
Fig. 17.



Zijn de beide krachten ongelijk, dan zal de zamengestelde altijd het dichtst bij die kracht liggen, welke de grootste is (zie fig. 17); hier ligt ad veel digter bij ab dan bij ac . Ziedaar de reden, waarom de vogel, de visch, het roeischuitje zich het meest naar die zijde bewegen, alwaar door een der vleugels, vinnen of riemen de meeste kracht wordt uitgeoefend. of waar de grootste snelheid plaats heeft. Wanneer gij de figuren aandachtig beschouwt, en daarenboven bedenkt, dat het ligchaam a door de krachten ac en ab wordt aangedaan in eene rigting, die door de pijltjes is aangegeven, zal u hetgeen er van de grootte en rigting der middenkracht is gezegd zeer duidelijk voorkomen.

Het spreekt van zelf, dat men, omgekeerd, eene kracht ad (zie fig. 13, 14, 15, 16 en 17) door twee of meer andere krachten ab en ac zal kunnen vervangen, die weder hetzelfde zullen uitwerken als de genoemde kracht alleen. Dit ont-

Fig. 18.

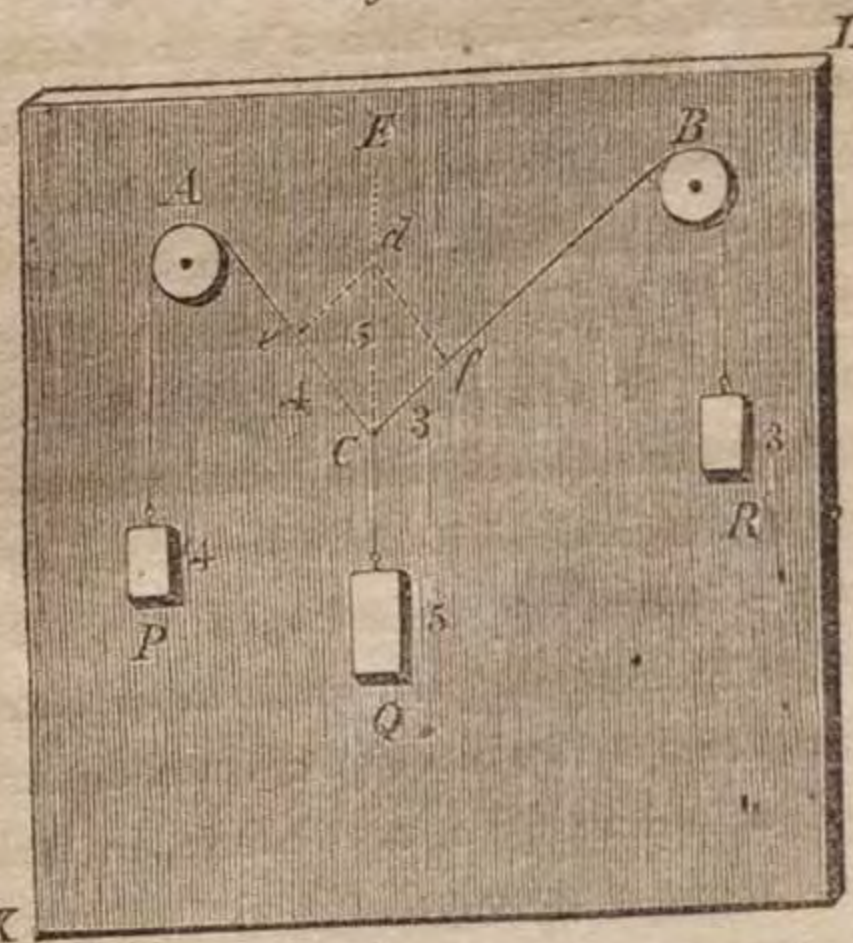


binden zal op verschillende wijzen kunnen geschieden; want ad is de hoekpuntslijn van een oneindig aantal parallelogrammen, zooals in fig. 18 is opgehelder. Men noemt deze verrigting het *ontbinden* der kracht of der beweging. Alzoo is ad (fig. 18) ontbonden in de krachten ac en ab , ac' en ab' , ac'' en ab'' .

Het onderwerp is zoo zeer van belang en zoo rijk in toepassing, dat wij het noodzakelijk achten, om u van de vele werktuigen, welke men heeft uitgedacht, om de voorgedragene waarheid proef-ondervindelijk te bewijzen, toch een enkel te leeren kennen.

Het bestaat uit twee raderen A en B (zie fig. 19), welke eene groeve in den omtrek bevatten, om de koord BCA die er over henen loopt, er niet van te

Fig. 19.



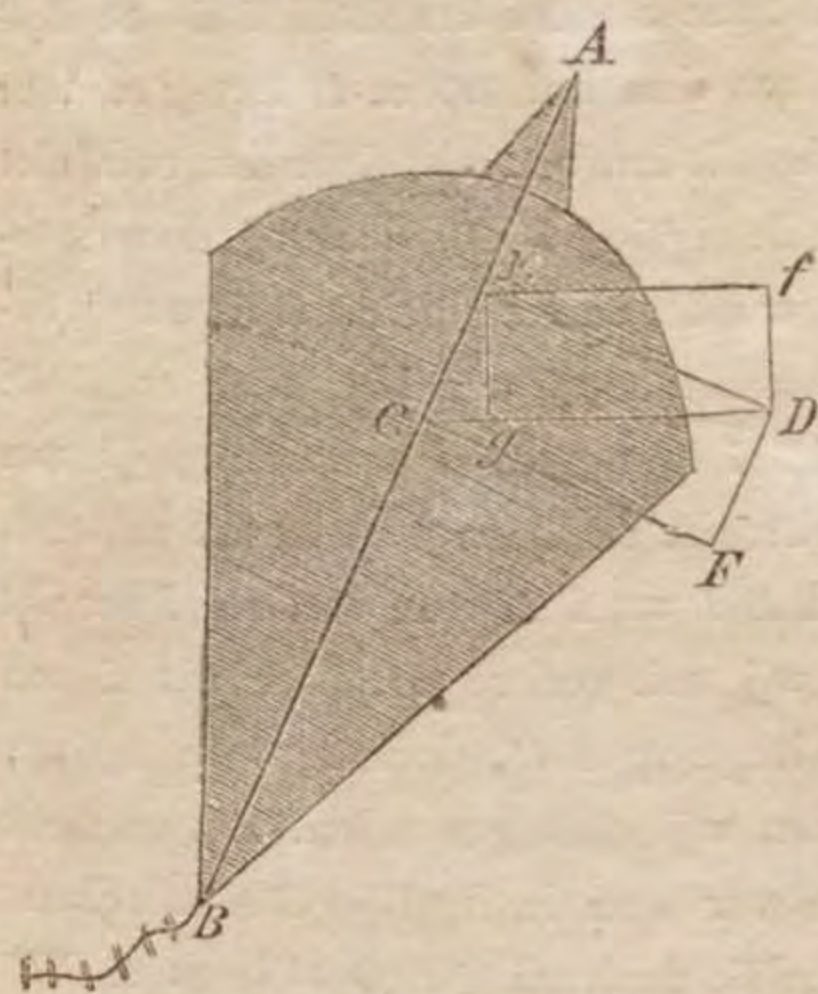
doen afglijden. Deze radertjes zijn bevestigd aan eene regtopstaande plank KL ; zij steken ver genoeg vooruit, om de drie gewigten P , Q en R , die aan de beide einden en in het midden der koord zijn vast gemaakt, vrij, zonder de plank aan te raken, te laten rijzen en dalen; terwijl aan gezegde radertjes, door middel van schroeven, op de plank eene hoogte naar welgevallen kan gegeven worden. Stelt dat het gewigt, dat tusschen de radereen is opgehangen, 5 pond zwaar is; en de gewigten P en R aan de einden 4 en 3 pond. Alles is voorgesteld alsof er evenwigt bestond, en dit kan niet plaats hebben of het vermogen van Q , om de gewigten P en R op te trekken, moet gelijk zijn aan de zwaarte dier gewigten; anders gezegd, de zwaartekracht, op Q werkende, moet die, welke op P en R werkt, vernietigen. De zwaarte van P en R is namelijk door de rollen A en B van rigting veranderd, en wel zoodanig, dat de lijn BC de rigting der kracht R en de lijn AC die der kracht P is. En wat levert nu de ontbinding op? Men neme op de rigtingslijn EC , waarin de kracht Q werkt, 5 strepen van C tot d , stellende in dit geval elke streep een pond voor; verder trekke men door het punt d de lijn de evenwijdig aan BC , vervolgens de lijn df evenwijdig aan AC . Nu heeft men de kracht Q of Cd ontbonden in twee anderen Ce en Cf , en vindt, verrassend genoeg, dat in het parallelogram $defC$, de lijn $de = Cf = 3$ strepen lang is, en dat de lijn $df = eC = 4$ strepen lengte heeft, dat wil zeggen, de kracht P werkt met 4 pond in de rigting CA , en de kracht R met 3 pond in de rigting CB ; juist met zooveel ponden dus, als er gevorderd worden om het evenwigt tot stand te brengen. Welke gewigten men nu ook in plaats van P , Q en R hange, in welke rigting men deze ook door het verplaatsen der radertjes doe werken, dat is hoe groot de hoek ACB ook moge zijn, altijd zal de ontbinding der kracht Q in twee andere krachten P en R , op de gezegde wijze, zulk eene overtuigende uitkomst geven. Ik wil op een paar verschijnselen de ontbinding der krachten toepassen. Stelt eens dat a (zie fig. 13) een schip zij, dat door een paard, aan eene lijn gespannen, wordt voortgetrokken. Laat verder de lijn ad de grootte en rigting van de paardekracht aangeven. Wij ontledeu nu ad in de beide krachten ab en ac . De eerste is de kracht, waarmee het vaartuig vooruit wordt getrokken in de vereischte rigting, en ac is de kracht, waarmee het naar den oever wordt bewogen. Deze laatste blijft, door den vorm van het

schip en den stand van het roer, zonder uitwerking, en gaat dus verloren; alleen de kracht ab blijft als nuttige werking over. Plaatst men het paard aan eene zeer lange lijn, zoodat ad eene aanmerkelijk schuinscher rigting ten opzichte van den oever cd aanneemt, zoo zal men, met behoud van dezelfde lengte ad of de kracht des paards, een veel langwerpiger parallelogram verkrijgen; de lijn bc zal zeer in lengte toe- en ac afnemen. Men ontvangt dus daardoor eene meer voordeelige werking.

Hebben reeds verscheidene uwer kinderspelen eene beurt gehad, thans willen wij eens zien, waarom de vlieger rijst en derhalve tegen de zwaartekracht inwerkt.

Neemt eens aan, dat AB de schuine stand van den vlieger zij (zie fig. 20), en dat het lijntje DC de rigting en kracht van den wind aangevee, dan kan

Fig. 20.



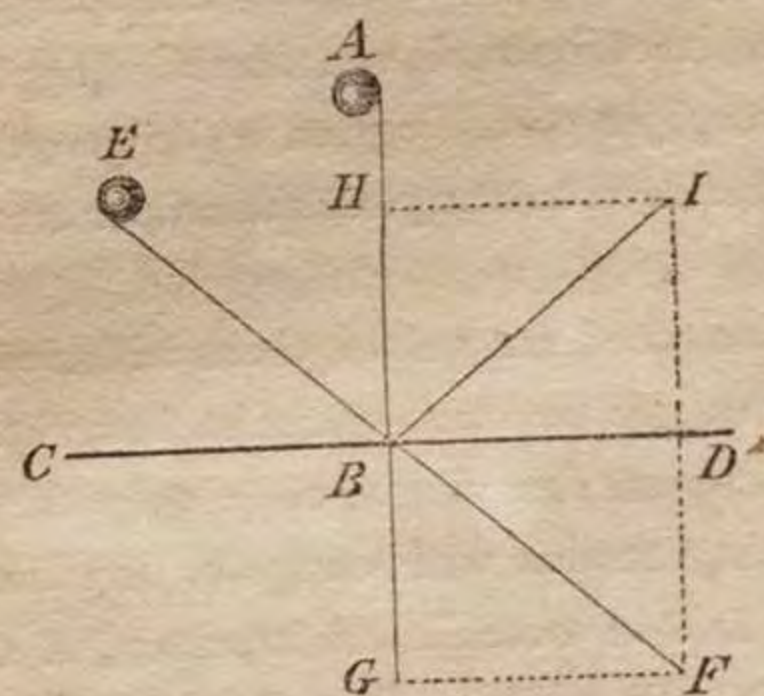
men DC in twee andere krachten, EC en FC , die gelijk is aan DE , ontbinden, waarvan er eene FC of DE loodregt op den vlieger werkt. Wij kunnen ons derhalve verbeelden, dat er twee winden waaijen, een in de rigting EC , die langs het vlak van den vlieger waait en er langs wegglijdt, zonder iets uit te voeren, en een in de rigting FC of DE , die zijne volle werking op den vlieger uitoefent. Deze kracht DE kunnen wij weder in twee andere ontbinden, namelijk gE en fE . De eerste staat loodregt op de rigting, waarin de kracht des winds werkt, drijft den vlieger dus regt naar boven, en bewerkt zijne gestadige

klimming; de laatste fE duwt den vlieger achteruit, en veroorzaakt het trekken aan het touw, dat men bij het oplaten van den vlieger ondervindt. Gij ziet derhalve, dat slechts een klein gedeelte gE van de kracht DC des winds den vlieger naar boven voert. Zeker hebt gij opgemerkt, dat hier eene dubbele ontbinding der kracht is bewerkstelligd en het spreekt van zelf, dat wij even zoo wel de kracht FC als de kracht DE ten tweedenmale hadden kunnen ontbinden.

Op dezelfde wijze verklaart men, waarom een schip met uitgespannen zeilen zich voorwaarts kan bewegen, zelfs dan nog, wanneer de wind in eene rigting waait, bijna tegenovergesteld aan die, volgens welke het schip vaart. Nog een merkwaardig voorbeeld van de ontbinding en samenstelling der krachten wil ik hier bijvoegen.

Verbeeldt u, dat ik een' ivoren bal A (zie fig. 21) in de rigting AB tegen den rand CD eener biljarttafel stoot, met eene snelheid, die hem in de 1^e seconde den weg AB doet afleggen, dan zal hij in de tweede seconde bijna tot in A , de plaats waar de beweging begon, terugkeeren. Bijna, zeg ik, want het zou juist tot de

Fig. 21.



zelfde plaats zijn, indien de bal en de rand van de tafel volkomen veerkrachtig waren en hij geen tegenstand door de wrijving ondervond. Stelt nu eens, dat ik den bal van E naar B stoot met dezelfde snelheid als vroeger, zoodat hij in denzelfden tijd denzelfden weg $EB = AB$ aflegt; zal hij dan even ver, dat is op den afstand BA , van den rand terug keeren? Laat ons dit onderzoeken. Wij zullen de kracht, waarmede de bal in B stoot, door $BF = BE$ uitdrukken. De rigting, welke die kracht heeft, is natuurlijk het verlengde van BE . Nu kan men BF in twee andere krachten BD en BG ontbinden. De kracht BG werkt slechts, om den bal tot in H terug te doen springen, terwijl BD hare vrije werking behoudt en volstrekt door den rand niet verzwakt of verhinderd wordt. Nu kan men de rigting BG , daar zij door de tegenstandbieding van den rand veranderd wordt, in de rigting BH overbrengen. Er werken dus na den stoot twee krachten op den bal, BD en BH ; bij gevolg zal hij zich in de hoekpuntslijn BI bewegen, die weder gelijk aan BE zoude zijn, indien er volkomen veerkracht en geen tegenstand bestond. De bal heeft dus een' geringeren afstand $DI = BH$ van den rand bereikt dan de eerste maal. Het punt H hadden wij ook verkregen, door uit E een lijn te trekken, evenwijdig aan BC of loodregt op BH , doch de ware rigting, die den bal na den stoot nemen zal, hadden wij niet gevonden. Het verdient opmerking, dat de lijnen BI en BE even ver van de loodlijn BH afwijken, met andere woorden, dat de hoek $EB C$ gelijk de hoek $IB D$ of hoek $EB H$ gelijk hoek $IB H$ is; dit wordt uitgedrukt door te zeggen: *de hoek van inval is gelijk aan den hoek van terugkaatsing.*

Dat ook het opwerpen van eenen bal op het dek van een zeilend vaartuig, of op den rug van een snel dravend paard, hetgeen wij als bewijzen voor de traagheid der stof bijbragten, tot de zamengestelde beweging moet gebragt worden, is duidelijk, dit zal daarom niet verder ontvouwd worden. Zien wij thans wat de uitwerking zijn zal, indien de krachten niet hoeksgewijze, maar op dezelfde lijn of evenwijdig aan elkander werken.

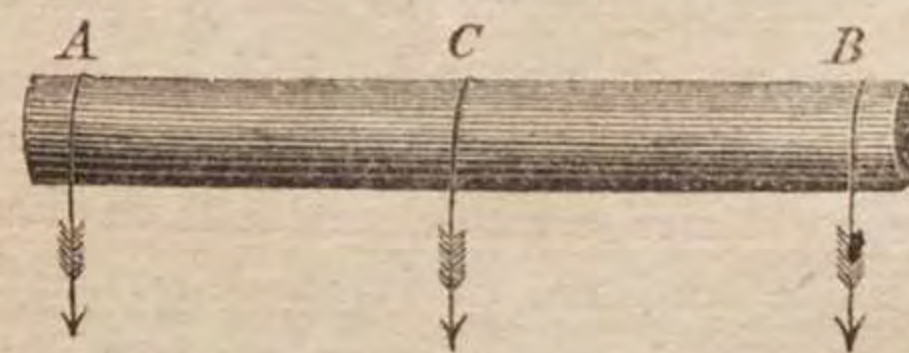
Oefenen eenige krachten in dezelfde rigting op hetzelfde punt van een ligchaam of in dezelfde regte lijn hun vermogen uit, dan zal dit ligchaam met eene kracht bewogen worden, gelijk aan de som van al die afzonderlijke krachten. Trekken bij voorbeeld, drie mannen aan eene lijn een schip voort, de eerste met eene kracht van 30 pond, de tweede met eene van 50 en de derde met eene van 25 pond, dan zal één man, die met eene kracht van $30 + 50 + 25$ of 105 pond trekt, hetzelfde verrigten. — Trekken vervolgens op detzelfden oogpunt

blik twee mannen aan eene lijn, die aan het roer is vastgemaakt, het vaartuig in eene tegenovergestelde rigting voort, de eerste met eene kracht van 20, de tweede met eene van 40 pond, zoo zou er in dat geval van de 105 kracht, welke vóór aan het schip werkzaam is, $40 + 20$ of 60 pond vernietigd worden, en de zamengestelde van deze 5 krachten zou er eene zijn, die met 45 pond het schip voorwaarts bewoog.

Men drukt dit verschijnsel in het algemeen dus uit: *indien verschillende krachten allen in dezelfde lijn werken, maar gedeeltelijk in tegenovergestelde rigtingen, zoo is de zamengestelde van deze gelijk aan het verschil der beide krachten, welke ieder zijn zamengesteld uit de som der gedeeltelijke krachten, die in dezelfde rigting werken; en het ligchaam zal dan bewogen worden in de rigting der grootste kracht.*

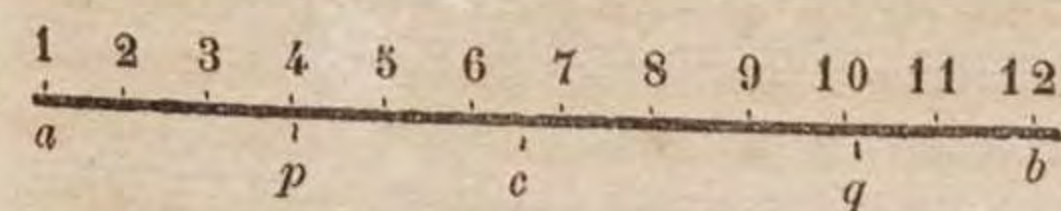
Evenwijdig werkende krachten zijn dezulken, die wel niet op het zelfde punt van een ligchaam werken, maar toch in dezelfde rigting. Vooronderstellende, dat drie mannen aan de beide einden en het midden van eenen balk AB trekken (fig. 22), ieder met eene kracht van 50 pond, zoo zouden immers deze

Fig. 22.



krachten door eene van 150 pond kunnen vervangen worden, die in het midden van den balk werd aangebragt? Gij ziet dit toegepast bij eenen wagen, die gedeeltelijk door trekken en duwen wordt vooruit gevoerd: hij gaat in eene rigting voort, alsof er aan het midden van den wagen slechts eene kracht werkzaam ware. De punten A , B en C , waarin de krachten werkzaam zijn, noemt men de *aangrijpingspunten* dier krachten. Alzoo zijn A , B en C de aangrijpingspunten der afzonderlijke krachten en C dat van de resultante.

Waren de krachten verschillend, zoo zou men de zamengestelde niet meer in het midden kunnen aanbrengen; want dan ware er geen evenwigt meer, indien men die zamengestelde in eene tegenovergestelde rigting deed werken. — Neemt aan, dat eene onbuigbare staaf ab (zie onderst. fig.) in 12 gelijke deelen is verdeeld, en dat men in elk deelpunt 1, 2, 3 enz. een gewigt van één pond heeft opgehangen, dan is deze staaf door 12 evenwijdig werkende krachten aangedaan, die te zamen een vermogen van 12 pond uitoefenen. De resultante dier gedeeltelijke krachten



bedraagt dus 12 pond en haar aangrijpingspunt ligt naar aanleiding van het behandelde in c , in het midden der staaf. Ter wederzijde van c ligt nu 6 pond en het punt c bevindt zich op 11 halve afstanden of deelen van de beide einden. Stelt u verder voor, dat de 5 pond, aangeduid met de cijfers 8, 9, 10, 11 en 12 worden weg-

genomen, en gezamenlijk juist in het midden, tusschen 8 en 12 in q worden opgehangen, dan blijft er evenwigt bestaan, omdat de 5 pond in q eveneens werkt, als de 5 ponden, die vroeger verschillende aangrijpingspunten hadden. Dit zal ook het geval zijn, wanneer de 7 afzonderlijke ponden, die links hangen, worden weggenomen en allen midden tusschen 1 en 7 in het punt p worden opgehangen. Daar er nu eigenlijk in den toestand der staaf niets is veranderd, en de 5 pond in q , benevens de 7 pond in p , dezelfde werking op de staaf uitoefenen als vroeger de 12 enkele ponden, zoo blijft het aangrijpingspunt der resultante in c , en deze is weder gelijk aan 12 pond. Nu ligt c evenwel niet meer op gelijke afstanden van p en q . De afstand cq is gelijk aan 7 halve deelen en cp gelijk aan 5 halve deelen. Het kleinste gewigt q ligt dus op den grootsten afstand van c , en p op den kleinsten, en wel zoodanig, dat het aantal ponden in q , dat is 5, vermenigvuldigd met den afstand cq of 7, gelijk is aan het getal ponden in p , dat is 7, vermenigvuldigd met den afstand cp of 5. Korter uitgedrukt, $p \times cp = q \times cq$ of $7 \times 5 = 5 \times 7$ of $p : q = cq : cp$. Dit is eene algemeene wet. *Twee evenwijdige, naar dezelfde zijde werkende krachten, hebben eene resultante, die gelijk is aan de som der beide krachten, en wier rigting evenwijdig is aan deze. Het aangrijpingspunt dier resultante ligt op zulke afstanden van de beide gedeeltelijke krachten, dat zij omgekeerd evenredig zijn met de grootte dier beide krachten.*

Deze waarheid verschaft het middel, om de resultante van 3 of meer evenwijdige krachten te vinden. Daartoe zoekt men eerst de resultante en haar aangrijpingspunt voor twee der gedeeltelijke krachten, en daarna de resultante van de reeds verkregene en eene der overige krachten, waardoor men dan, zoo voortgaande, de vraag ziet opgelost. Wij zullen hieromtrent niet in meer bijzonderheden treden; gij zult u in dit opzigt verder kunnen oefenen door het wis- en werktuigkundig leerboek, uitgegeven door de maatschappij tot Nut van 't Algemeen, of door de voortreffelijke *Mechanica* van Delaunay, vertaald en omgewerkt door Delprat.

Toepassingen.

Waarom zal een bal, uit den top van den mast van een snelzeilend schip los gelaten, onder tegen den voet van den mast nederkomen?

Waarom springt een kunstrijder, indien hij gedurende den rid van zijn paard over eene koord wil springen, lijnrecht in de hoogte, wanneer hij bij de koord is, en neemt hij derhalve eenen geheel anderen sprong, dan hij op den grond doen zoude?

Waarom kan men een' kersensteen, door dezen tusschen duim en vinger sterk te drukken, regtuit voort doen gaan?

Waarom kan men met denzelfden wind schepen naar verschillende rigtingen sturen, zelfs bijna tegen den wind in?

Waarom gaat eene boot of sloep regt vooruit, door aan het achtereinde van het vaartuig een' roeiriem, onder eene zeer groote helling op het water vlak, heen en weder te bewegen?

Waarom doet de kracht van den wind op de wieken der molens, en die van het water op de schepraderen der watermolens, de wieken en de raderen ronddraaijen?

Waarom heeft de slag met eenen stok te minder kracht, naarmate men de rigting, waarin men slaat, schuiner neemt; en zoo ook met het werpen van eenen bal tegen eene vlakke.

Waarom moet men bij het indrijven van eenen spijker in het hout hem regt op den kop slaan?

ZEVENTIENDE LES.

De gelijkmatige versnellende en vertragende beweging der lichamen.

De wetten der vrijvallende lichamen.

Gij hebt gezien, dat de zwaartekracht geheel onafhankelijk is van de stof der lichamen; dat zij toeneemt, naarmate de massaas grooter worden, dat is, naarmate het aantal stofdeelen aangroeit; dat zij het is, die de lichamen doet vallen; dat de aarde elk stofdeeltje, ieder afzonderlijk, even sterk aantrekt. Uit dit laatste maken wij dit merkwaardig besluit op: *de lichamen worden allen door de zwaartekracht even snel naar de aardoppervlakte bewogen.* Oefent dus een ligchaam in zijnen val meer kracht uit dan een ander, dat van gelijke hoogte de aardoppervlakte nadert, dan ligt dit alleen in de meerdere massa, of het grooter aantal stofdeelen, waardoor natuurlijk de hoeveelheid van beweging of de som der zwaarte van al de deeltjes vergroot wordt.

Deze stelling schijnt in strijd met de dagelijksche ondervinding. Wanneer men van zekere hoogte een' steen en een stukje papier laat vallen, is de eerste veel spoediger beneden dan het laatste; deze lichamen hebben zich niet even snel bewogen. Dikwerf zag men ligte vederen lang heen en weder zweven, en een stukje lood aanstonds naar beneden vallen. Dit is zoo; — maar de aarde is door een luchtkleed omringd, dat door het vallende voorwerp moet doorboord, en welks deelen moeten verplaatst worden? Zij, de lucht alleen, is de oorzaak, dat het lood zich sneller naar de aarde beweegt dan eene veër; in de veër liggen de atomen meer verspreid, zij moet dus een grooter aantal luchtdeelen wegdringen. Hetzelfde verschijnsel toch ontdekt men in het water, zoo men daarin verschillende zelfstandigheden laat zinken; en hier valt het

zooveel te meer in het oog, omdat het water meer tegenstand biedt dan de lucht.

Dat alle lichamen even snel vallen, wanneer zij niet door de lucht worden weêrhouden, kan men proefondervindelijk aantonen. Daartoe maakt men, met een later te beschrijven werktuig, eene glazen buis van 1 à 2 el lengte luchtledig, na vooraf eenige lichamen van verschillende stof, bijvoorbeeld een stukje papier en een stukje lood er in gebragt te hebben. De lucht sluit men aan de beide einden der buis door kranen af. Vooronderstelt nu, dat de genoemde lichamen op den bodem der buis liggen. Keert men nu de buis spoedig het onderste boven, zoo ziet men, dat de drie lichamen op denzelfden oogenblik het andere einde bereiken, dat zij even snel gevallen zijn. Opent men even het kraantje, zoo hoort men, onder een zacht geblaas, een weinig lucht in de buis dringen. Thans het werktuig op nieuw gesloten, en nogmaals omgekeerd zijnde, ontdekt men reeds eenig verschil in den valtijd der voorwerpen; het papiertje is een weinig achter. Zoo dit werk eenige malen herhaald en er dus meer lucht in de buis gebragt wordt, valt het verschil in valtijd nog meer in het oog.

Dat de zwaartekracht alle lichamen even snel moet bewegen, is duidelijk. De aarde trekt elk atoom even sterk tot zich; of nu de atomen niet zamenhangend, ieder afzonderlijk worden aangetrokken, of in massa vereenigd, dit zal wel hetzelfde zijn. Indien ik toch voor een' zamenhangenden of aaneenverbonden' last 50 mannen plaats, ten einde dezen voort te trekken, of dat ik ieder man in het bijzonder met het 50^e gedeelte daarvan belaste, dit zal immers geen verschil maken in den tijd, waarin zij de vracht een zeker eind wegs verplaatsen, zoo zij slechts in beide gevallen zich gelijkelijk bewegen.

Dat wij thans onderzoeken, hoedanig het met de snelheid gesteld is, waar mede de lichamen naar de aardoppervlakte worden bewogen, en welke betrekking er bestaat tusschen den weg, dien een ligchaam doorloopt, en den tijd, dien het tot dezen loop besteedt. Wij nemen bij dit onderzoek de tegenstandbieding der lucht niet in aanmerking.

De zwaartekracht is eene *bestendig werkende* kracht, die onophoudelijk haren invloed op het vallende ligchaam uitoefent, en derhalve eene *gelijmatig versnellende* beweging voortbrengt. Springt men van eene bank, men gevoelt hiervan niets onaangenaams; van eene hooge tafel, zoo ontwaart men eenen hinderlijken schok; terwijl de sprong uit een hoog venster doodelijk zou kunnen zijn. Dit verschil ontstaat alleen door de vermeerdering van snelheid, welke het ligchaam van oogenblik tot oogenblik verkrijgt; want in de massa kan dit niet gelegen zijn: deze was in elk geval dezelfde. De genoemde versnelling laat zich gemakkelijk verklaren; immers op den oogenblik, waarin het ligchaam begint te vallen, heeft het door de zwaartekracht eene zekere snelheid verkregen, stelt eene snelheid, die het 1 el in een zeer klein tijddeel doet afleggen. Met deze snelheid zou het in het tweede even groote tijddeel ook voortgaan; doch nu komt er eene nieuwe kracht bij, waardoor de snelheid op het einde van dit tijddeel dubbel zoo

groot wordt. Bij deze dubbele snelheid voegt zich in het derde tijddeel eene nieuwe kracht, waardoor de snelheid driemaal zoo groot wordt, enz. In ieder ondenkbaar kort tijdstip neemt alzoo de snelheid, hoedanig zij dan ook wezen moge, door de voortdurend werkende kracht op dezelfde wijze toe.

Ziedaar de eerste grondstelling van de gelijkmatig versnellende beweging: *Heeft een ligchaam na eene seconde vallens zekere snelheid gekregen, dan zal het op het einde der 2^{de}, 3^{de}, 4^{de} seconde, enz. de dubbele, drievoudige, viervoudige, enz. snelheid ontvangen hebben; met andere woorden: de snelheden zijn evenredig aan de valtijden.*

Bij het onderzoek van den val der lichamen komt, zooals ik reeds te kennen gaf, niet alleen de tijd en de snelheid in aanmerking, maar bovenal ook de ruimte of de weg, dien het ligchaam in eenen gegevenen tijd doorloopt. Om uit den tijd en de snelheid op het einde van dezen tot den weg te kunnen besluiten, moeten wij opmerken, dat die met verschillende, met steeds aangroeiende snelheid is afgelegd.

Men heeft ontdekt, dat een ligchaam, na eene seconde vallens, op het einde dier seconde eene snelheid heeft verkregen, die het, van alle verdere aantrekkingskracht bevrijd, eenen weg van 9,812 el lengte in eene seconde zou doen afleggen. Wij zullen gemakshalve 9,8 el stellen. Nu heeft het ligchaam in die seconde geen 9,8 el in zijnen val doorloopen, want het bezat aan het einde der seconde eerst die snelheid, het is langzamerhand daartoe geraakt; het had na de helft van den valtijd, volgens het beredeneerde, slechts de helft van de snelheid, dat is 4,9 el gekregen; vóór dien tijd bezat het zoo veel minder als na dien tijd meer dan gezegde snelheid van 4,9 el. Dit is een gevolg van de eerste grondstelling. De *gemiddelde* snelheid, dat is, de eenparige, waarmede het denzelfden weg als met de aangroeiende zou hebben afgelegd, moet dus 4,9 el, of de helft van 9,8 el in de seconde zijn, van welke hoogte het ligchaam dus ook in 1 seconde valt. Dit blijft bij elke vermeerdering van tijd het geval, en men drukt deze wet aldus uit: *indien een vallend ligchaam zich, na eenen bepaalden tijd, kon voortbewegen met eene eenparige snelheid, gelijk aan die, op het eind van den gestelden tijd verkregen, zoo zou het in gelijken tijd tweemaal zooveel wegs doorloopen als het vallende heeft afgelegd.*

Stellen wij nu de 4,9 el, die elk vallend ligchaam in de 1^{ste} seconde doorloopt, gelijk aan 1, dan zou het, met de snelheid op het einde der eerste seconde verkregen, 2 maal zooveel wegs in de 2^{de} seconde doorloopen; maar nu komt er in die 2^{de} seconde nog eens dezelfde snelheid, door de voortdurend werkende aantrekkingskracht der aarde, bij: de ruimte, in de 2^{de} seconde afgelegd, bedraagt derhalve 3 maal en in de beide seconden $3 + 1$, dat is 4 maal zooveel als in de eerste. Op het einde van de 2^{de} seconde is de snelheid 2 maal zoo groot geworden, als op het einde der eerste, die 2 was, derhalve zou het ligchaam in de 3^{de} seconde 4 maal zooveel wegs afleggen, als in de 1^{ste}, en daarbij weder 1 gevoegd voor de vermeerdering, die de zwaartekracht weder aanbrengt, zoo doorloopt het lig-

chaam in de 3^{de} seconde 5 maal zoo veel wegs als in de eerste, en in alle drie seconden $5 + 3 + 1$, dat is 9 maal zooveel. Op het einde der 3^{de} seconde is de snelheid 3 maal zoo groot geworden, als op het einde der eerste; waardoor het ligchaam in de 4^{de} seconde $3 \times 2 = 6$ maal zooveel wegs zou afleggen, als in de 1^{ste}; hierbij komt weder 1 voor de versnelling, die er op nieuw de zwaartekracht aan geeft, en het ligchaam doorloopt derhalve 7 maal zooveel, en in alle 4 seconden $7 + 5 + 3 + 1$, dat is 16 maal zooveel wegs, als in de 1^{ste} seconde, enz.

Dewijl het van veel belang is deze wet goed in te zien, zoo laat ons haar nog eens van eene andere zijde opsporen.

In het begin van den val was de snelheid 0, en op het einde der 1^{ste} seconde 9,8 el; de gemiddelde snelheid in de 1^{ste} seconde was dus 4,9 el per seconde, en het ligchaam valt derhalve in de 1^{ste} seconde door eene ruimte van $1 \times 4,9$ el. Op het einde der 2^{de} seconde was de snelheid $2 \times 9,8$ el en bij het begin van den val 0, derhalve is de gemiddelde snelheid in die beide seconden $\frac{2 \times 9,8}{2}$

of $2 \times 4,9$ el, en in de beide seconden bedraagt dan de valruimte des ligchaams $2 \times 2 \times 4,9 = 4 \times 4,9$ el. Na het einde der 3^{de} seconde was de verkregene snelheid $3 \times 9,8$ el, in het begin weder 0; de gemiddelde snelheid in de 3 eerste seconden was dus $\frac{3 \times 9,8}{2}$ of $3 \times 4,9$ el, dat is in alle drie seconden $3 \times 3 \times 4,9 = 9 \times 4,9$ el enz.

Hieruit ontdekken wij:

a, dat de weg, die de vallende lichamen in de 1^{ste}, 2^{de}, 3^{de}, 4^{de} enz. seconde doorloopen, wordt uitgedrukt door 1, 3, 5, 7, 9 enz. maal 4,9, dat is, door het product der achtereenvolgende onevene getallen en het getal 4,9.

b. dat de hoogte, van welke zij in 1, 2, 3, 4, enz. seconden vallen, bedraagt: 1, 4, 9, 16, enz. maal 4,9 el, dat is, het product van het vierkant der tijden met het getal 4,9. Nemen wij nu nog eens alles zamen, dan komt het hierop neder:

1. De eindsnelheden nemen toe even als de valtijden, of, de eindsnelheden zijn evenredig aan de valtijden.

2. De doorgeeloopene wegen nemen toe, als de vierkanten der tijden; en in verband met het 1^{ste} ook als de vierkanten der snelheden; of de doorloopene wegen zijn evenredig aan de vierkanten der verloopene tijden, en ook aan de vierkanten der eindsnelheden.

3. Indien een vallend ligchaam na verloop van zekeren tijd ontdaan wordt van de aantrekking der aarde, en alsdan met diezelfde snelheid, welke het door dien tijd verkregen heeft, voortloopt, altijd bevrijd van de aantrekkingskracht der aarde, zoo zal het in denzelfden tijd eenen weg afleggen, tweemaal zoo groot als de reeds afgelegde vallene weg.

Indien men dus wil weten, welke snelheid een ligchaam, bij voorbeeld na 6 seconden vallens, zal verkrijgen, moet men 9,8 el slechts met 6 vermenigvuldigen

gen; zoo gevraagd wierd, hoeveel wegs het in dien tijd heeft afgelegd, moet men het vierkant van den tijd, dat is 36, met 4,9 el vermenigvuldigen; — in geval de vraag ware, hoeveel ruimte het ligchaam in die 6^{de} seconde heeft doorloopen, moet men het product zoeken van het 6^{de} onevene getal, dat is van 11 en het getal 4,9.

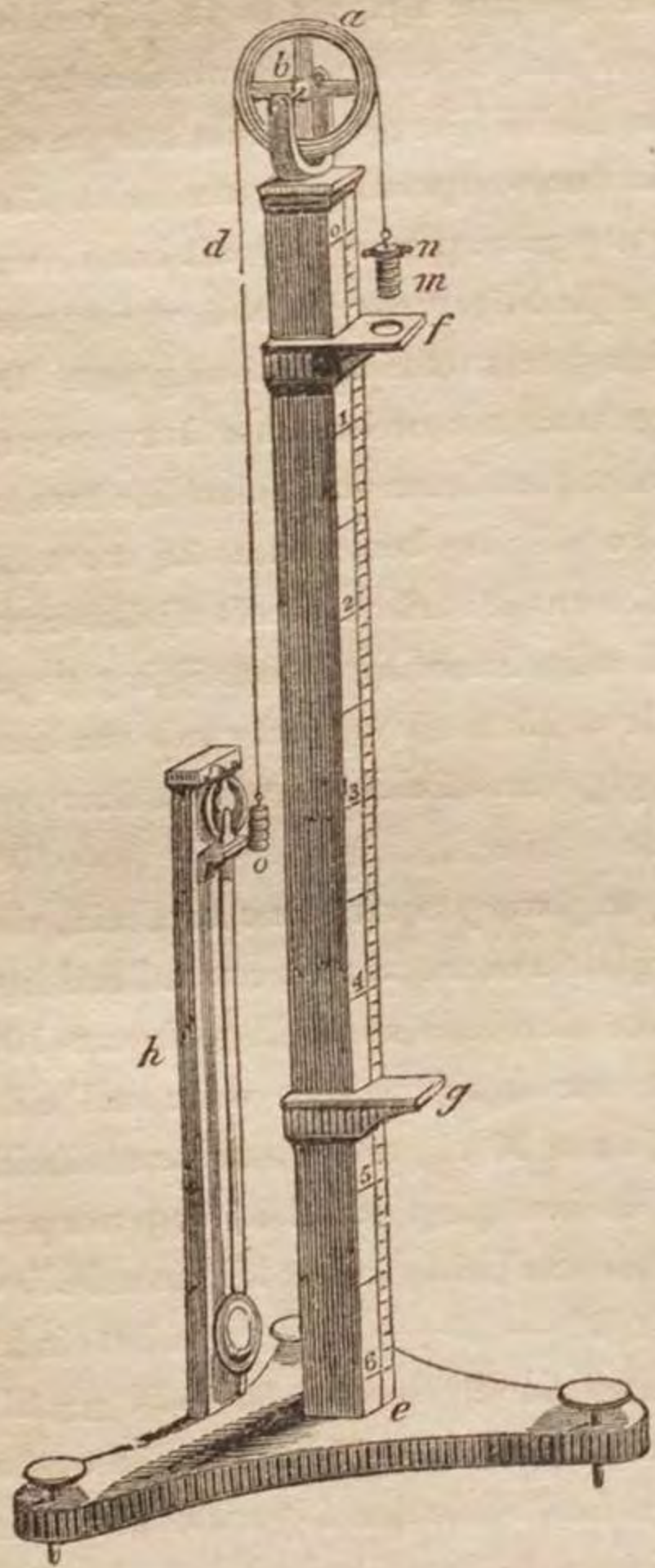
De wetten, volgens welke de vrije val der lichamen plaats heeft, blijven altijd dezelfde: zij kunnen dus ook, hoewel in een' omgekeerden zin, worden toegepast op lichamen, die met eene eenparige snelheid lijnrecht naar de hoogte stijgen. Deze verliezen elk oogenblik iets van hunne oorspronkelijke snelheid. Een ligchaam, met eene zekere snelheid loodrecht opgeworpen, stijgt, uit hoofde van de aantrekkingskracht der aarde, met eene *gelijkmatig vertragende* beweging zoolang, tot de zwaartekracht de geheele verkregene snelheid heeft uitgeput. Op het tijdstip, dat zulks plaats heeft, is het ligchaam een ondenkbaar kort oogenblik in rust, en begint daarna te vallen. Gedurende dezen val is dezelfde zwaartekracht der aarde werkzaam, die zich bij de opstijging kenmerkte. Zij moet bij gevolg in beide gevallen hetzelfde op het ligchaam uitwerken. Heeft zij dus eerst in zekeren tijd de geheele snelheid, die aan het ligchaam bij de opstijging gegeven was, te niet gedaan, dan moet zij er in denzelfden tijd op het einde van den val ook weder dezelfde snelheid aan terug gegeven. Helderer wij dit door een voorbeeld op!

Stelt eens een ligchaam wordt in de hoogte geworpen met eene snelheid, die het in elke seconde 50 el doet afleggen. Dewijl de zwaartekracht een vallend ligchaam na het einde van 1, 2, 3, 4, 5 enz. seconden eene snelheid geeft van 10, 20, 30, 40, 50, enz. ellen, (wij hebben hier voor het gemak de ware snelheid, die 9,812 el in de 1^{ste} seconde bedraagt, gelijk aan 10 el gesteld), welke snelheid tegenovergesteld is aan de rigting, waarin de beweging van het opgeworpen ligchaam geschiedt, zoo is het duidelijk, dat de snelheid van het klimmende ligchaam aan het einde der 1^{ste} seconde zijn zal: $50 - 10 = 40$ el; aan het einde der 2^{de} seconde $50 - 20 = 30$ el; aan het einde der 3^{de} seconde $50 - 30 = 20$ el; der 4^{de} $50 - 40 = 10$ el en aan het einde der 5^{de} $50 - 50 = 0$. Na dezen tijd begint het ligchaam te vallen en zal aan het einde der 5^{de} seconde weder eene snelheid van 50 el in de seconde verkregen hebben. Indien derhalve een kanonskogel loodrecht in de hoogte wordt geschoten, stijgt hij met eene *eenparig vertragende* beweging op, verliest na eenen bepaalden tijd, op een zeker punt de verbazende snelheid, waarmede hij van de aarde is vertrokken, keert vervolgens met eene *eenparig versnellende* beweging in denzelfden tijd terug, en heeft op het einde van zijnen val weder eene snelheid ontvangen, gelijk aan die, met welke hij de aarde verliet. Het spreekt van zelf, dat de tegenstand der lucht hierbij niet in aanmerking is genomen.

Wilt gij op eenige belangrijke werkstukken de verklaarde wetten van den vrijen val toepassen, gij zult daartoe in andere werken ruime gelegenheid vinden.

Tot hiertoe zijn wij door redenering tot de erkenning gebragt van de waarheid der wetten, volgens welke de lichamen vallen; thans verneme men, op welke wijze men zich door proefnemingen hiervan heeft overtuigd. Deze

Fig. 23.



proeven kunnen niet met lichamen geschieden, die aan den *vrijen* val onderworpen zijn, want de snelheid neemt bij deze zoo zeer toe, dat het na weinige oogenblikken niet meer mogelijk is, om den weg, door hen doorloopen, gade te slaan. Het was de scherpzinnige engelsche natuurkundige Atwood, die een werktuig uitvond, om de beweging der vallende lichamen naar verkiezing te verminderen, zonder de wet van valling in het geringste te veranderen. Ik wil u de eenvoudigste, maar voornaamste bestanddeelen van dit vrij zamengestelde werktuig verklaren (zie fig. 23).

a is een rad, dat zeer gemakkelijk en met eene hoogst geringe wrijving om de *as* *b* draait. Het heeft op den omtrek eene uitholling, om eene fijne zijden koord over zich te laten bewegen, aan welker beide einden twee gelijke, cilindervormige gewigten *m* en *o* hangen. In welke stelling men nu ook die gewigten *m* en *o* bringe, zij zijn altijd in evenwigt en bewegen zich derhalve volstrekt niet. Men legt op een hunker, *m*, een zeer klein gewigt *n*; daardoor is het evenwigt verbroken, en het gewigt *n* voert dat, waarop het ligt, mede naar beneden, terwijl het

't andere *o* noodzaakt te stijgen. Maar welke beweging vloeit nu hieruit voort? Stelt, dat elk gewigt *m* en *o* vijfons, het gewigtje *n* een lood weegt; dan zal de hoeveelheid van beweging, die dit lood bezit, eene massa van 10 ons of 100 lood in beweging moeten stellen, want de beide gewigten *m* en *o* dragen, waar zij ook verplaatst worden, hiertoe niet het minste bij. De hoeveelheid van beweging der massa *n* is, wanneer zij valt, in 1 seconde $1 \times 4,9 = 4,9$ lood, welke grootheid, dat ik het nogmaals herhale, door het aanbrengen der beide massas *m* en *o* niet wordt vermeerderd. Daar nu de massa van 1 lood tot 101 lood is aangegroeid, en de hoeveelheid van beweging dezelfde is gebleven, zoo moet de snelheid ook 101 maal verminderd zijn geworden (zie de 15^{de} les). De beide ge-

wigten *m* en *o* zullen dien ten gevolge omtrent de 100^{ste} part van de snelheid der vrijvallende lichamen, dat is van 4,9 el in de seconde, bezitten, en dus niet meer dan 49 strepen lengte in eene seconde doorloopen. In tien seconden tijds zal de weg, door hen afgelegd, slechts $10 \times 10 = 100$ maal 49 strepen, dat is, nog geene 5 el zijn, eene snelheid, waarbij men gemakkelijk waarnemingen doen kan, en daarenboven de wederstandbieding der lucht kan verwaarloozen.

Ten einde nu de doorgeloopene lengte te meten, is er aan den stijl *ae* een verdeeld liniaal of eene schaal gehecht, waar langs zich de gewigten *m* en *n* bewegen. Deze stijl heeft ook nog twee schuiven *f* en *g*. De eerste heeft eene ringvormige opening en laat het gewigt *m* vrij door zich henen vallen, terwijl zij het gewigtje *n*, dat een' grooteren omtrek heeft en los op *m* ligt, tegenhoudt. De tweede schuif *g* dient, om het gewigt *m* naar welgevallen in den val te stuiten. Behalve dit een en ander behoort bij den toestel een secondeslinger *h*; deze is op eene kunstmatige wijze door het binnenste gedeelte der kolommen *de* en *h* met het rad *a* verbonden, begint door dit verband volkomen gelijktijdig met den val van het ligchaam *n* te bewegen en geeft alzoo gedurende den valtijd naauwkeurig de seconden aan. Elke seconde wordt door den slag van een hamertje op het klokje, boven aan den stijl *h* geplaatst, aangekondigd.

Door middel van dezen toestel worden al de wetten, boven vermeld, juist bevestigd. Laat men de massaas *m* en *n* vallen, en houdt de schuif *f* na 1 seconde de massa *n* tegen, zoo blijft *m* met de verkregene beweging op het einde van deze seconde voortloopen, en wel met eene eenparige of gelijkmatige beweging. Stuit de schuif *g*, na het einde der tweede seconde, de massa *m* in haren loop, zoo blijkt, dat de afstand *fg* der beide schuiven twee malen zoo groot is als die, welke de schuif *f* van het aanvangspunt des vals verwijderd is. Dit komt reeds overeen met de verklaarde derde wet, en zoo kunnen wij ze allen zien te voorschijn treden.

Is er bij de behandeling van de eigenschappen der lichamen gewezen op het voordeel, dat zij den mensch aanbrengen, ook de aantrekkingskracht wendt men nuttig aan, om beweging in sommige werktuigen te verkrijgen. De mensch toch spaart groote kosten, indien de natuur hem de kracht verschaft. Denkt slechts aan de houtzaagmolens, waar de kracht des winds het werk van duizenden handen verrigt. Welnu, zoo heeft hij ook de wet van valling toegepast. De stampers in de oliemolens, die op wiggen vallen, en deze alzoo het zaad doen zamenpersen; de heiblokken, welke door hunnen val de palen in den grond drijven; het water, dat langs schuine kanalen op of tegen de breede borden van een rad stroomt en het op die wijze rondvoert, leveren hiervan voldoende bewijzen op.

Toepassingen.

Uit de versnellende beweging, voortgebracht door eene bestendig werkende kracht, is te verklaren:

Waarom het goed is, om bij het doen van zware slagen den hamer of de bijl hoog op te ligten.

Waarom de vogels, wanneer zij met den bek enig hard voorwerp willen vermorselen of hunne vijanden bevechten, den hals eerst sterk achterwaarts trekken.

Waarom ook ossen, bokken, enz. eerst eenigermate zich verwijderen en den kop intrekken, alvorens den stoot te doen.

Waarom luchtsteen tot zulk eene aanmerkelijke diepte bij hunnen val in den grond dringen.

Waarom sommige zeevogels hun doel bereiken, wanneer zij, door hun instinkt gedreven, de schelpen van oesters of mosselen, die zij willen breken, met zich in de hoogte nemen, en ze van daar op gladde steenen laten vallen.

Uit hetgeen aangaande de vertragende beweging is aangevoerd, verklaart men:

Waarom een loodregt in de hoogte springende waterstraal in breedte toeneemt, naar gelang de straal hoger komt.

ACHTTIENDE LES.

De kromlijnige beweging der lichamen. De beweging van voortgeworpene lichamen. Middelpuntsbeweging.

Tot hiertoe is er alleen over de regtlijnige beweging gesproken, thans zal men tot de *kromlijnige* overgaan. Wat men door deze te verstaan hebbe, is in de 14^{de} les uiteengezet. Gij kunt u al aanstonds zulk eene beweging aanschouwelijk maken. —

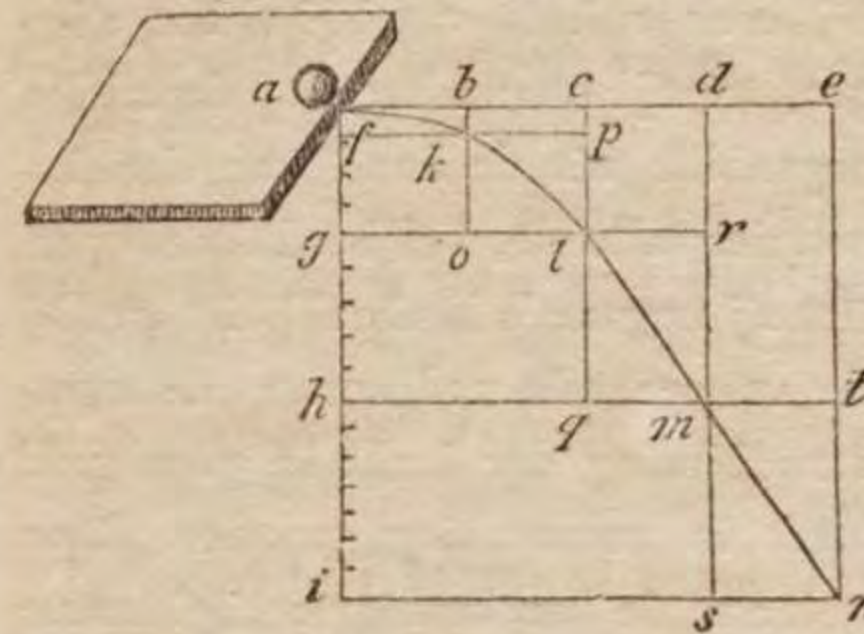
Werpt een bal over de tafel, waardoor hij van deze op den grond valt. — Het is duidelijk zichtbaar, dat hij boogsgewijze, volgens het beloop eener kromme lijn, den grond nadert? Ziedaar dus een voorbeeld van kromlijnige beweging. Die boog of die kromme lijn kan, volgens het vroeger beredeneerde, niet ontstaan dan door de werking van verschillende krachten. En inderdaad er werken twee krachten op den bal: vooreerst die, welke de hand voortbragt, en ten andere de zwaartekracht.

Dat wij nader onderzoeken, hoe de kromme lijn der voortgeworpene lichamen ontstaat! —

Stelt eens, dat de eenparige beweging, die den bal *a* (fig. 24) gedurende een zeker tijddeel door de hand is medegedeeld, uitgedrukt wordt door de lijn *ab*, dan zal het ligchaam, ingeval de zwaartekracht buiten werking blijft, in het

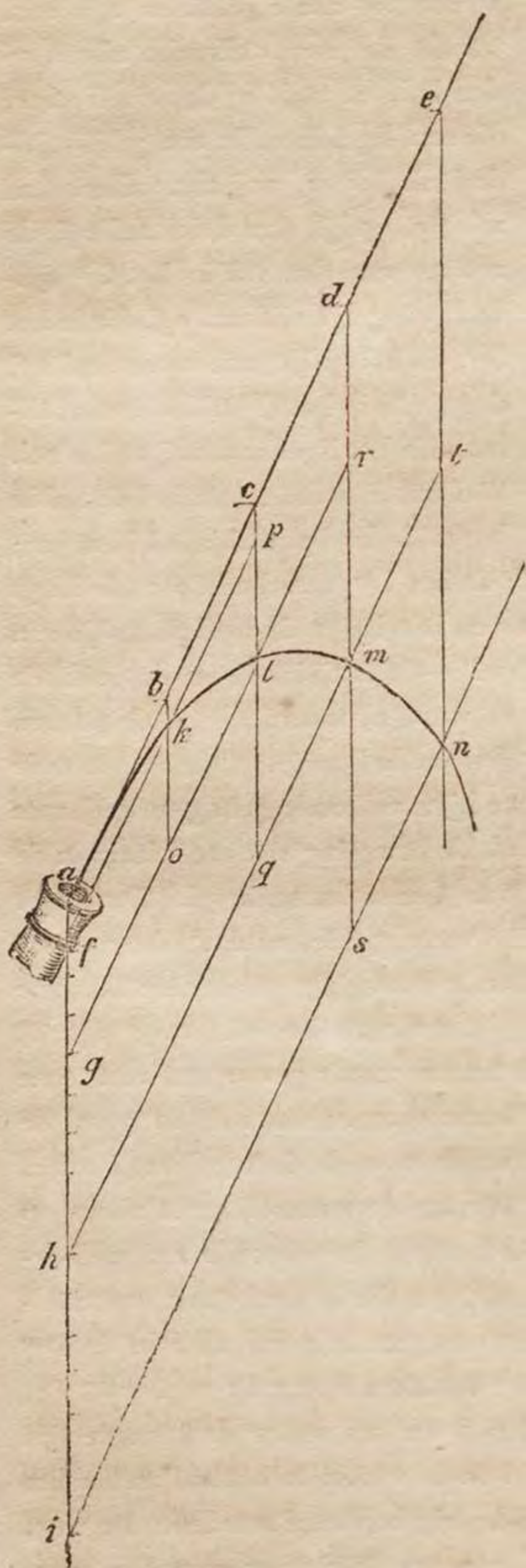
eerste tijddeel tot aan *b*, in het tweede tot aan *c*, in het derde tot aan *d*, in het

Fig. 24.



vierde tot aan *e* gekomen zijn enz. Werkt de zwaartekracht alleen op den bal, en stelt *af* de ruimte voor, die een ligchaam, in een gelijk tijddeel als boven, vrij zou vallen, dan zal *fg*, gelijk aan driemaal *af*, de ruimte van den val in het 2^{de} tijddeel, *gh* gelijk vijfmaal *af*, die in het 3^{de}, en *hi*, gelijk aan zevenmaal *af*, de ruimte in het 4^{de} tijddeel voorstellen, die het ligchaam vrij vallen zal. Wel nu, dan moet immers de bal in het eerste tijddeel zich tusschen *ab* en *af*, langs de hoekpuntslijn *ak* bewegen; in het tweede tusschen *ko* en *kp*, langs *kl*; in het 3^{de} tusschen *lq* en *lr* langs *lm*, en in het 4^{de} tusschen de krachten *ms* en *mt* langs de hoekpuntslijn *mn* voortgaan, en daár op den grond (*in*) vallen? — Elk tijddeel, en dus ook de valruimte *af*, kan ondenkbaar klein genomen worden, waardoor ook de punten *a*, *k*, *l*, *m* en *n* veel digter bijeen zullen vallen en de bewegingslijn *an*, door de aaneenschakeling van al de regte lijntjes, eene bijna volkomen gebogene gedaante verkrijgen. Op dergelijke wijze geschiedt ook de beweging van een schuin in de hoogte geworpen ligchaam, bij voorbeeld, van eenen kanonskogel. Deze rijst eerst boogsgewijze tot een zeker punt met eene vertragende, en daalt daarna weder insgelijks kromlijnig met eene versnellende beweging. Ook deze kromme lijn kunnen wij even als de voorgaande zichtbaar voorstellen. Laat *ae* (fig. 25) de rigting zijn, waarin een kogel uit een kanon wordt geworpen, met eene kracht, die hem in eene seconde van *a* tot *b* zou voeren; dan zal, in geval de zwaartekracht buiten werking blijft, in de tweede seconde de kogel van *b* tot *c*, in de derde van *c* tot *d* enz. geloopt zijn. Werkte de zwaartekracht alleen op het ligchaam, en stelt *af* de ruimte voor, die het in de 1^{ste} seconde zoude doorloopen, dan zal *fg* die ruimte in de 2^{de} seconde, *gh* die in de 3^{de} enz. voorstellen. Nu zal immers de kogel, even als in het voorgaande geval, zich in de 1^{ste} seconde tusschen *af* en *ab* bewegen, in de 2^{de} tusschen *kp* = *bc* en *ko* = *fg*, in de 3^{de} tusschen *lr* = *cd* en *lq* = *gh* enz. en dus weder de kromme lijn *aklmn* beschrijven? Deze kromme lijnen zijn in de wiskunde bekend onder den naam van parabolen en kunnen zeer naauwkeurig berekend worden. De weg, dien dus een kogel neemt, kan bepaald, en evenzeer de rigting gevonden worden, die het kanon of een mortier hebben moet, om het uitgeworpene ligchaam eenen loop te doen nemen, geschikt, om eenig punt bij zijne nederdaling te treffen. Wordt een kanon evenwijdig aan den grond of in eene horizontale rigting afgeschoten, zoo heeft de val des kogels op de aarde bijna gelijktijdig plaats met dien van eenen kogel, welke op denzelfden oogenblik, waarin de eerste vertrekt,

Fig. 25.



om onze aarde blijven wentelen, even als de maan zulks doet. Deze beweging zoude het aan twee krachten te danken hebben, en hield de zwaarte kracht op te werken, bij voorbeeld in k , zoo zou de kogel, uit hoofde der traagheid, zijne eenmaal in p verkregene beweging volgen, en langs eene regte lijn kn , die den cirkel $pikl$ in k raakt, en daarom *raaklijn* genoemd wordt

vrij van den mond des kanons naar de aarde valt. De snelheid van den afgeschoten kogel is dus zeer groot, daar hij eene ruimte van 150 el kan afleggen, terwijl een andere, op denzelfden oogenblik uit de hand van den kannonier vallende, 1 el heeft doorloopen. Het zij nogmaals herhaald, dat men bij de voorgaande redenering de tegenstandbieding der lucht in geen geval heeft in aanmerking genomen. Deze stelt aan de berekening menig bezwaar in den weg.

Uit dit een en ander kunnen wij een zeer merkwaardig gevolg afleiden.

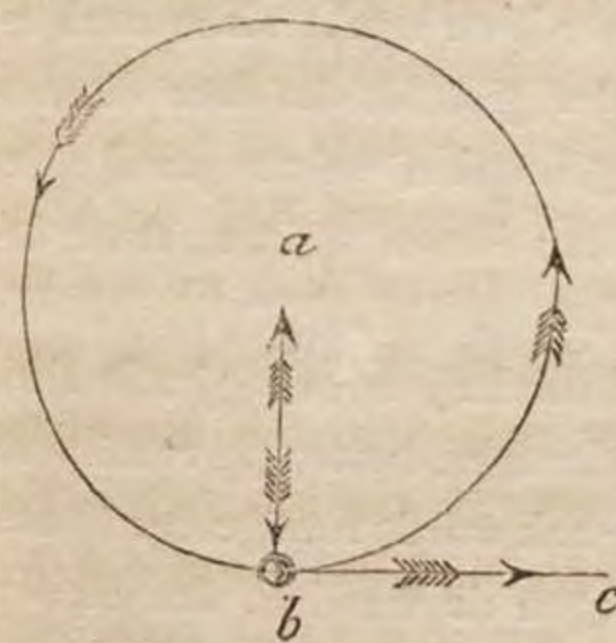
Neemt aan, dat $abcd$ (fig. 26) de doorsnede, m het middelpunt der aarde zij, en dat men zich in p bevindt, boven de aardoppervlakte, op eenen hoogen berg. Indien daar nu een kanonskogel wierd afgeschoten in eene horizontale rigting, dat is evenwijdig aan den horizont, dan zou, volgens het beredeneerde, de kogel eenen weg pe beschrijven, en in e op de aarde vallen. Konde men den kogel meerdere snelheid geven, dan zou hij het bij voorbeeld tot in f brengen; bij nog grootere tot in b ; en ware het mogelijk om den kogel eene snelheid te geven, die hem met eene eenparige beweging van zeven duizend el in de seconde kon doen voortgaan, dan zou hij zich rondom de aarde bewegen, ten naasten bij den weg $pikl$ volgen, en in p gekomen, op nieuw eenen omloop beginnen. Zoo doende zou dit ligchaam

Fig. 26.



geworpen! Zij ab (fig. 27) eene koord, waaraan het ligchaam b , een bal bij voorbeeld, dien men rondom de hand a tracht te bewegen, verbonden is. Als men den bal zijne cirkelvormige beweging in b doet aanvangen, geeft men hem eene neiging, om volgens de lijn bc weg te snellen, dat werkelijk geschieden zou, ingeval men de koord ab niet vast hield, en dus den bal niet naar de hand heen trok. Er werken nu twee krachten op het ligchaam, ééne in de rigting naar c , en ééne in die naar a . De bal zal dus den weg volgen tusschen deze beide bewegingen in.

Fig. 27.



Brengt men dit in teekening, dan zal men door de aaneenschakeling van de regte lijntjes (eigentlich de hoekpuntslijnen van opeenvolgende parallelogrammen), volgens hetgeen er over de kromlijnige beweging is gezegd, tot den omtrek van eenen cirkel geraken, waaruit blijkt, dat de bal werkelijk eenen cirkel beschrijven moet, na dezen weder eenen, enz.; hij zal al deze cirkels met eene eenparige snelheid doorloopen, zoo de beide genoemde krachten dezelfde blijven. De snelheid in eene seconde kan dus op de bekende wijze gevonden worden, door namelijk den afgelegden weg door het aantal seconden tijds, daartoe besteed, te deelen. Men is gewoon deze snelheid de *hoeksnelheid* van het bewegende ligchaam te noemen. Gedurende de omwenteling ondervindt de draad ab eene sterke spanning; knipt men dezen door, zoo zal de bal geen cirkel meer beschrijven, maar regtuit snellen, volgens de raaklijn bc , die den cirkel in dat punt (b) raakt, alwaar de steen van de kracht, die hem om het middelpunt hield, werd beroofd en hem dien ten gevolge toeliet de rigting der andere kracht te volgen. De spanning van den draad ab wordt derhalve veroorzaakt door de neiging van het rondbewogen ligchaam b , om zich van het middelpunt a te verwijderen, of, wat hetzelfde is, in zijne eerst verkregene beweging, volgens de eigenschap der traagheid, te volharden; en dit

zich meer en meer van de aarde of haar middelpunt m verwijderen. Deze beschouwing heeft ons met eene nieuwe beweging, de *middelpunts- of centraalbeweging* genaamd, bekend gemaakt. Het is aangaande deze dat ik nog het een en ander wenschte in het midden te brengen.

Laat ons eens de werking nagaan van het speeltuig, bekend onder den naam van slingerkoord, waarmede gij waarschijnlijk als kind wel eens steenen tot op een aanzienlijken afstand hebt voort-

is het, wat men de *middelpuntschuwendende*, *middelpuntvliedende* of ook wel *tangentiale* kracht noemt. De poging, die in ons geval, de hand aanwendt, ten einde den bal om het middelpunt te houden en er hem, als het ware, heen te trekken, geeft men gewoonlijk den naam van *middelpunttrekkende* kracht.

Bij alle lichamen, die zich in een' cirkel bewegen, niet één uitgezonderd, is de middelpuntvliedende kracht aanwezig; en er is altijd iets noodig, hetzij een draad, hetzij eene aantrekkende kracht, hetzij eene wederstandbiedende vlakke, die belet, dat het bewegende ligchaam zich van het middelpunt der beweging verwijdere.

Neemt een bierglas, tot op de helft met water gevuld, plaatst dat op de binnenzijde van eenen breeden hoepel; men kan dezen nu in de rondte slingeren, zoodat het glas, boven aangekomen, geheel het onderste boven staat: het valt in dien stand evenmin uit den hoepel, als het water uit het glas. De middelpuntvliedende kracht is hiervan de oorzaak; want het glas, van het middelpunt der beweging, of van het punt, waarom ik den hoepel doe ronddraaijen, willende wegvlieden, wordt hierin door den hoepel belemmerd, en drukt alzoo sterk tegen diens binnenzijde. Eveneens is het met het water gesteld, dat door de wanden en den bodem van het glas wordt opgesloten gehouden, en ten gevolge der middelpuntvliedende kracht niet over den rand kan henen storten, maar integendeel sterk tegen den bodem van het glas drukt.

Legt in een' bak een' bal; doet hem een' cirkel beschrijven; en gij zult zien, dat de bal zich van het midden des bodems verwijdert, en bestendig rondom de schuin opstaande wanden beweegt. Hoe sneller de bak wordt rondgevoerd, hoe hooger de bal klimt. Hij drukt zelfs zoo sterk tegen de wanden, dat men op deze wijze dikwerf sommige zaadsoorten kneust of breekt, gebruikende dan daartoe eenen ijzeren bal of kogel.

De kracht, waarmede het bewegende ligchaam zich van het middelpunt tracht te verwijderen, is dikwijls zeer aanzienlijk. Men kan deze door wiskunstige berekeningen, die voor deze beginselen te ingewikkeld zouden zijn, en ook door proeven bepalen. Die berekeningen en proeven hebben de volgende waarheden aan het licht gebragt.

1°. *Gelijke gewigten of massaas, met dezelfde snelheid, op gelijken afstand a b (fig. 27) van het middelpunt a bewogen, bezitten dezelfde middelpuntvliedende kracht.*

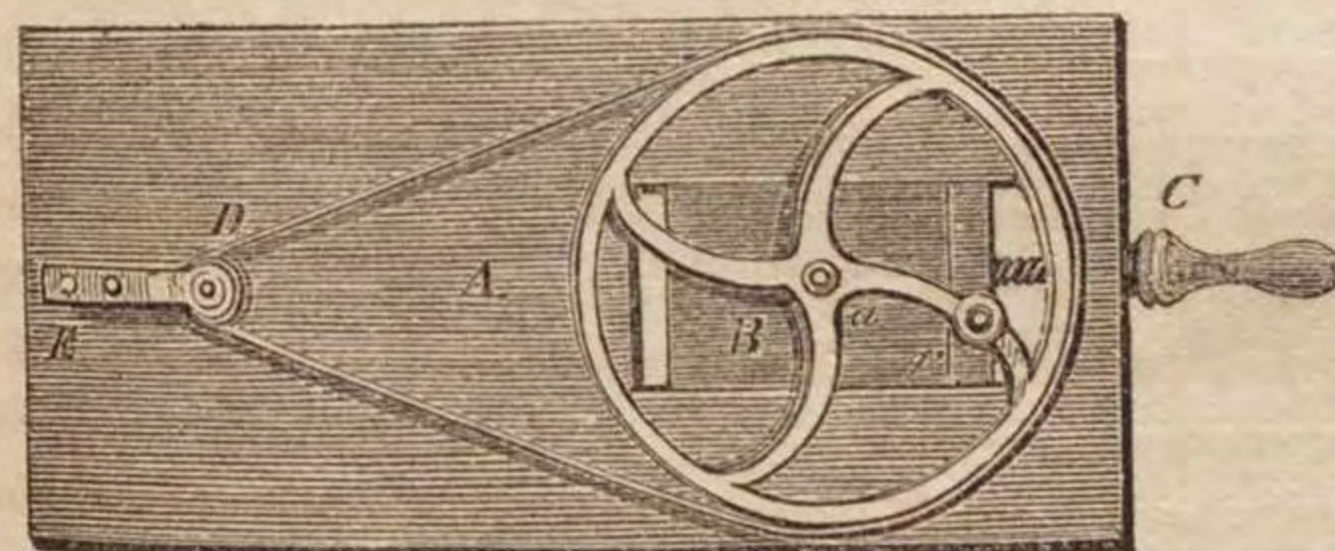
2°. *Als gewigten van verschillende zwaarte op gelijke afstanden van het middelpunt met dezelfde snelheid worden rondgevoerd, zoo zijn hunne middelpuntvliedende krachten tot elkander als hunne massaas. Is derhalve de eene massa 6, de tweede 18 pond, dan heeft de laatste onder de gesteldevoorwaarden driemaal zoo veel middelpuntvliedende kracht als de eerste. Van daar dat een zware steen, in de bovengenoemde slingerkoord geplaatst, sterker aan de koord trekt, of de koord sterker spant dan een ligte*

3°. *Indien lichamen van gelijke zwaarte zich op verschillende afstanden van het middelpunt bewegen, en de ongelijke cirkels, daardoor ontstaan, in gelijke tijden door-*

loopen, zoodat dus dat ligchaam, hetwelk den grootsten afstand heeft, het snelste zich beweegt, zijn de middelpuntvliedende krachten tot elkander, als hunne afstanden van het middelpunt. Zijn daarenboven de massaas ongelijk, dan staan de krachten tot elkander als de producten van elks massa en elks afstand van het middelpunt.

4°. *Als gelijke gewigten op gelijke afstanden van het middelpunt zich bewegen, maar de cirkels daardoor ontstaan, in ongelijke tijden doorloopen, zoo zijn hunne krachten tot elkander in de omgekeerde reden van de vierkanten der omloopstijden.* Werden, bij voorbeeld, twee gewigten, ieder van een pond zwaar, en aan eene koord van eene el lengte verbonden, rond bewogen, en wel zoodanig, dat het eerste gewigt den cirkel in 1 seconde, en het laatste in 2 seconden doorliep, zoodat dus het eerste zich tweemaal sneller bewoog dan het laatste, zoo zouden hunne krachten tot elkander staan als 4 tot 1. Van daar is het dan ook dat men, hoe sneller de werpslinger ronddraait, des te meer de trekkende kracht aan de koord ontdekt.

Dit zijn de voornaamste wetten, naar welke de middelpuntskrachten zich laten bepalen. Om deze wetten te bewijzen gebruikt men een toestelletje, waarvan fig. 27^a eene afbeelding geeft. In een houten bord *A* van 4 tot 5 palm

Fig. 27^a.

lang is een plankje *B* door middel eener schroef *C* verschuifbaar. Op het plankje *B* staat een^e as *a* waar om een ijzeren rad of houten schijf kan draaijen. Dit ronddraaijen geschiedt door een

loodregt op het rad staand handsvat *r*. Aan de andere zijde van het houten bord is een opstaand omgebogen ijzer *E* bevestigd, dat eene as *D* vasthoudt, om welke eene rol draait, die door eene riem zonder eind met het groote rad verbonden is, even als men dit bij een' scharenlijpers-wagen kan opmerken. Het is duidelijk, dat door de schroef *C* de riem steeds strak kan gespannen worden. Stelt nu dat het groote rad 10 maal grooter omtrek heeft dan het kleine, zoo gaat ook het laatste *D* 10 maal rond tegen het eerste eenmaal. Door zulk een werktuig kan men dus eene groote omwentelingssnelheid verkrijgen. Op de as

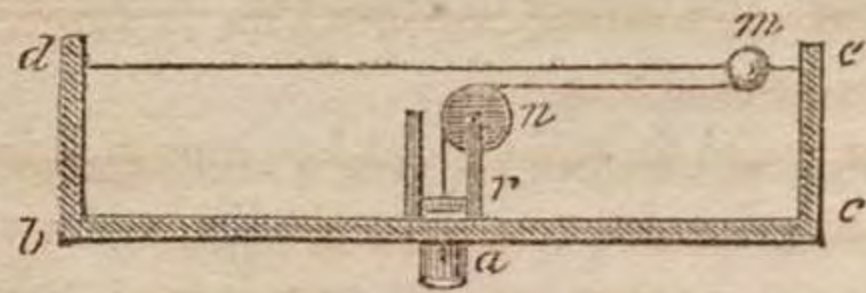
Fig. 27^b.

bij *D* kan men allerlei soort van toestellen bevestigen. Om bij voorbeeld de 3^{de} der genoemde wetten te bewijzen, plaatst men door middel van den hals *a* (zie fig. 27^b) het toestelletje *b c* op de as *D* in fig. 27^a. Dit werktuigje

bestaat uit een smal plankje bc , aan welks einden twee andere smalle plankjes loodregt overeind staan, waar tusschen een dun ijzeren staafje is bevestigd. Dit staafje gaat door 2 houten of ivoren ballen d en e , welke doór middel van een draad aan elkander zijn verbonden, zoo dat hun afstand altijd even groot is, wanneer de draad gespannen staat. Het gat in de beide ballen is zoo groot, dat zij gemakkelijk over de ijzeren staaf kunnen heen schuiven. Neemt nu eens aan dat de groote bal e 4 maal zoo zwaar is als de kleine, en dat men den eersten op 4 maal kleineren afstand van het midden van den draad bc verwijderd dan den kleinen d , zoo zullen, bij het snel omdraaijen van den toestel, beide ballen in rust blijven, en in elk ander geval niet.

Om de vierde wet te bewijzen, gebruikt men een' dergelijken toestel (zie fig. 27e)

Fig. 27e.



als bij de voorgaande proefneming. a wordt weder op D gezet. Op de staaf de ligt weder een gemakkelijk beweegbaar kogeltje van metaal, zwaar hout of ivoor. Aan dit kogeltje is een draad vastgemaakt, die over de rol n gaat en aan welks einde een gewigt r hangt, dat midden op den toestel tusschen vier kolommetjes verschuifbaar is. Wordt nu de toestel snel rondgedraaid, dan verwijderd zich de bal m van het middelpunt, en ligt het gewigt r , door middel der koord op. Maakt men de omwentelingssnelheid twee maal zoo groot, zoo kan het zelfde bolletje m een 4 maal zwaarder gewigt in r opligten.

Er kunnen een aantal proeven met het beschrevene werktuig worden genomen. Wij zullen er meermalen op terug komen.

In eene der volgende lessen zullen wij aantoonen, hoe volgens deze wetten de beweging der aarde en der andere heinelligchamen geschiedt, gedeeltelijk de eb en vloed ontstaat, en hoe aan haar de aarde haren ronden, eenigzins afgeplatten vorm te danken heeft.

De middelpuntvliedende kracht is de oorzaak van onnoemelijk vele verschijnselen. Talrijk zijn ook de toepassingen, die de mensch van haar gemaakt heeft, tot verkrijging van groote beweegkrachten met weinig kosten; en daarom zijn er in de meeste werktuigen rondgaande raderen gebragt, ten einde veel kracht of veel beweging voort te brengen. Bedenk gij, dat de hoeveelheid van beweging de maat is voor de kracht, en tevens, dat deze hoeveelheid van beweging gevonden wordt, door de massa met de snelheid te vermenigvuldigen, dan zal het u duidelijk zijn, welk eene verbazende hoeveelheid van beweging een groot, zwaar rad in zich kan ophoopen, hetwelk snel wordt rondgedraaid. Wanneer gij hierover nog het een en ander merkwaardigs wilt weten, zoo kunt gij daarover de genoemde werktuigkundige leerboeken raadplegen.

Toepassingen.

In een' korenmolen wordt het koren tusschen twee ronde steenen, door eene opening aan het middelpunt, ingelaten, daár, door het ronddraaijen van den bovensten steen, fijn gewreven, terwijl het vervolgens door de middelpuntvliedende kracht, als meel uit de randen der twee steenen nedervalt en wordt opgevangen.

Wanneer een wagen snel eenen hoek omdraait, loopt hij groot gevaar omver te vallen. Het beste behoedmiddel daartegen is, de binnenzijde van den weg te houden.

De spoorwegen mogen slechts eene bepaalde flauwe kromming hebben; deze kromming kan evenwel dicht bij de stations of rustplaatsen sterker zijn.

De ridders, in de bekende paardenspelen, buigen, bij het rondrijden in de renbaan, het ligchaam aan de binnenzijde over. Vreezen zij aan dien kant te zullen vallen, zoo zetten zij het paard tot eenen snelleren loop aan.

Een natte stokdweil wordt door de schippers tusschen de armen snel rondgedraaid, het water verlaat daardoor de dweil, en deze is weldra droog.

De honden, het water verlatende, maken eene met de dweil gelijksoortige beweging, ten einde zich van het nat te ontdoen.

Natte ronddraaijende raderen spatten sterk.

Het is voordeelig, bij het indrijven van bouten of spijkers in hout, den hamer aan het einde des steels te vatten.

Wanneer een stroomend water plotseling in zijnen loop verhinderd wordt door eene vooruitstekende punt lands of eene rots, verkrijgt het aan die punt, of na het vloeijen om de rots, eene draaijende beweging; hierdoor ontstaan niet zelden gevaarlijke draaikolken, en wordt somtijds ook het land meer en meer uitgehold en ondergraven.

Indien de pottebakker op zijne schijf een half voltooid, uit zachte klei gevormd vat plaatst, en de schijf onder de behandeling snel rond draait, zoo wordt het vat van zelf wijder en zijn werk dus bespoedigd.

De schaatsenrijder, een hoepel, een tol, een rollend stuk geld, worden allen door de middelpuntvliedende kracht staande gehouden; en indien deze lichamen naar de eene zijde willen overvallen, geschiedt ook aanstonds de beweging naar die zijde, en het ligchaam geraakt hierdoor weder overeind. Ziedaar de oorzaak dier dikwijls sierlijke en bevallige zwaaijingen van genoemde lichamen.

NEGENTIENDE LES.

De val langs het hellend vlak. De slinger.

Wij moeten thans over eene soort van kromlijnige beweging spreken, die ons tot de kennis van een der merkwaardigste werktuigen zal leiden. Daartoe is

echter noodzakelijk, om eerst den val van een ligchaam, zoo als die langs eene helling, of een *hellend vlak* geschiedt, en welke men daarom *de val langs het hellend vlak* heeft genoemd, te beschouwen.

Wat is een hellend vlak? *Iedere vlakte, die niet loodrecht staat, maar op het vlak van den horizon helt, dat is, met den horizon eenen hoek maakt, noemt men hellend vlak.*

Zij *bc* (fig. 28) zulk een hellend vlak, *a* een ligchaam, dat er zich langs beweegt, *bd* de rigting van den horizon. Indien nu de lijn *ae* de rigting en grootte der zwaartekracht in een zeer klein tijddeel voorstelt, dan kan men deze in twee andere krachten *af* en *ag* ontbinden; *af* toont dan aan met welke kracht het ligchaam tegen het vlak drukt en waardoor het derhalve in zijnen val belemmerd wordt, terwijl *ag* het gedeelte der ontbondene kracht is, hetwelk den val of loop langs *bc* te weeg brengt. De kracht *ag* blijft op elke plaats van het vlak *bc*, in alle gelijke tijddeelen dezelfde, immers de zwaartekracht *ae* verandert evenmin. Die kracht is dus eene standvastige kracht, en het ligchaam *a* beweegt zich dien ten gevolge met eene *eenparig versnellende* beweging langs het hellend vlak;

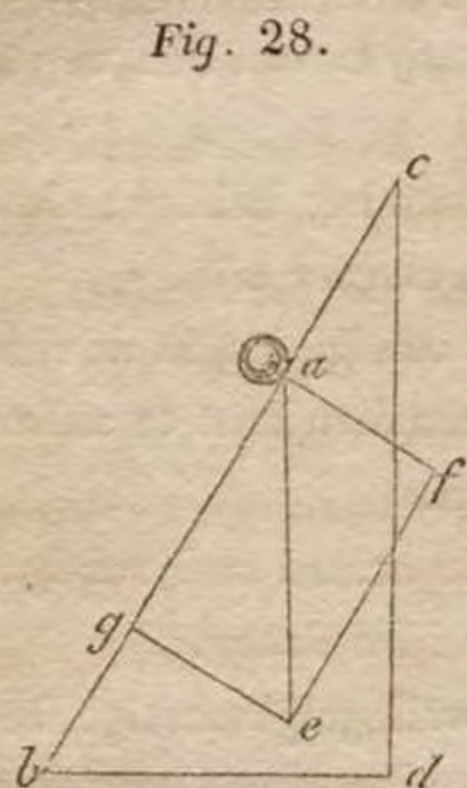
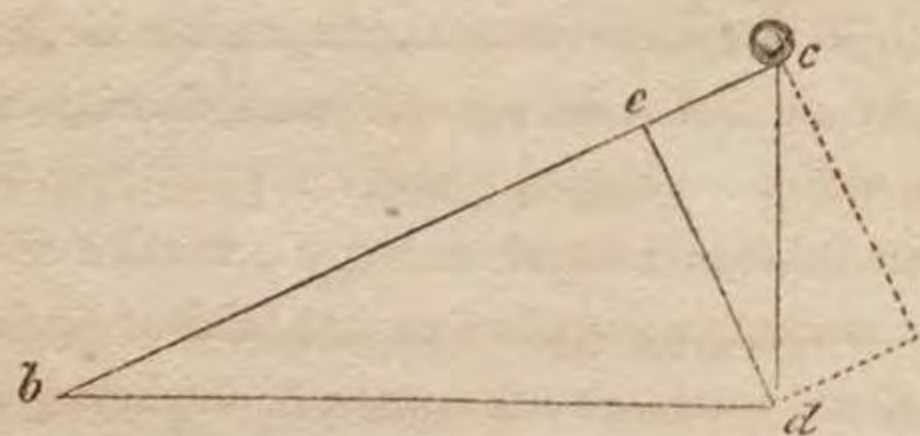


Fig. 28.

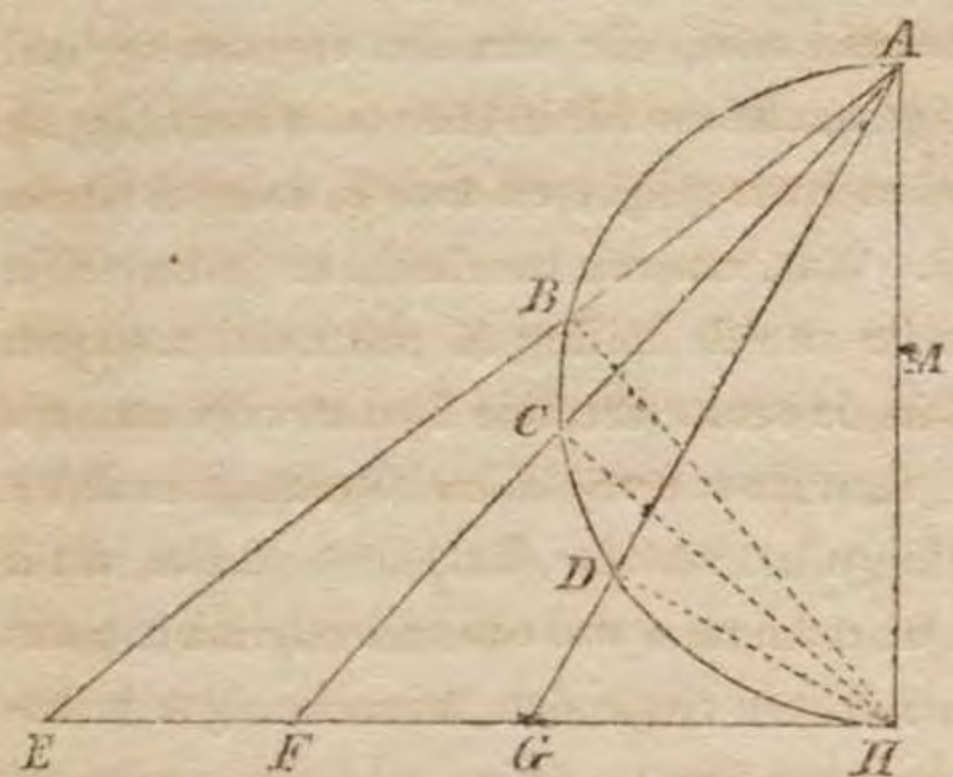
evenwel met mindere snelheid, dan wanneer het loodrecht vrij naar beneden kon vallen: eene vergelijking tusschen de lengte der lijnen *ae* en *ag* toont dit ten duidelijkste aan. In den tijd namelijk, dat het ligchaam *a* tot in *e* zou gevallen zijn, is het langs het hellend vlak tot in *g* bewogen. Dit maakt ons bekend met de oplossing van een belangrijk vraagstuk. Stelt namelijk *cd* (zie fig. 29) weder

Fig. 29.



de zwaartekracht der aarde voor, of den weg, dien een ligchaam in zekere tijdseenheid doorloopt, dan moet men uit *d* eene loodlijn *de* op het vlak *bc* laten vallen, ten einde de plaats *e* te kennen, tot waar het ligchaam, dat zich in *c* bevindt, langs de helling *bc* zal gevorderd zijn, wanneer een ander ligchaam, uit *c* regtstandig naar beneden vallende, reeds het punt *d* zal hebben bereikt. Gij ziet uit de figuur, dat de kracht *cd* ontbonden is. De plaats *e* kan men voor elke helling van het vlak gemakkelijk bepalen, door op de verticale lijn of de hoogte *cd* een' halven cirkel te beschrijven, die *cd* tot middellijn heeft. Deze halve cirkel zal altijd gaan door het punt *e*, waar de loodlijn *de* het vlak *bc* ontmoet. De lijn *ce* wordt dan even als *ed* eene koorde van den cirkel genoemd. Men kan dus zeggen, dat de koorde van een' cirkel in denzelfden tijd door een ligchaam, dat langs die koorde valt, wordt doorlopen, waarin een vrij vallend lig-

Fig. 29a.



chaam de middellijn doorloopt. Alzoo valt een ligchaam van *A* tot *H* (zie fig. 29a) in denzelfden tijd, waarin een ander van *A* tot *B* van *A* tot *C* of van *A* tot *D* langs de hellende vlakken *AE*, *AF*, of *AG* valt; want *HB*, *HC* en *HD* zijn allen loodlijnen op die vlakken.

Wilden wij weten, wat de eindsnelheid eens ligchaams, dat zich gedurende eenige seconden langs een hellend vlak *bc* (zie fig. 29) beweegt, na dien tijd zijn zal,

zoo merke men op, dat de kracht *ce*, welke het ligchaam langs het hellend vlak voert, veel geringer is, dan *cd* bij den vrijen val. Zal dus een ligchaam, loopende van zekere hoogte langs een hellend vlak, dezelfde eindsnelheid verkrijgen van een vrijvallend ligchaam, vallende van dezelfde hoogte, zoo zal ook de ruimte, welke het eerste ligchaam op het hellend vlak *bc* doorloopt, zooveel malen grooter moeten zijn dan die, welke het vrijvallend ligchaam aflegt, als de standvastige kracht (*ce*) bij het eerste, malen geringer is dan die (*cd*) bij het laatste. Daar nu door de meetkunst overtuigend bewezen wordt, dat *ce* zoo veel malen geringer of liever kleiner is dan *cd*, als de lijn *cd*, of de hoogte van het hellend vlak, malen kleiner is dan *bc*, of de lengte van het vlak, korter: dat *ce* staat tot *cd* gelijk *cd* tot *bc* ($ce:cd = cd:bc$), zoo blijkt hieruit dat, wanneer de weg van *c* tot aan *b* op de helling is afgelegd, de eindsnelheid dezelfde zal zijn, als die van een ligchaam, dat vrij gevallen is van *c* tot in *d*. Indien men dus aanneemt, dat het eene ligchaam in *d* gekomen is in ééne seconde, en het andere in *b* in 8 seconden, zoo zal dit laatste, zoowel als het eerste, op eene platte vlakte, ontdaan van de verdere aantrekkingskracht, in eene volgende seconde, met de verkregene eindsnelheid 2 malen den weg *cd* afleggen. Men denke aan de wet der vrijvallende lichamen.

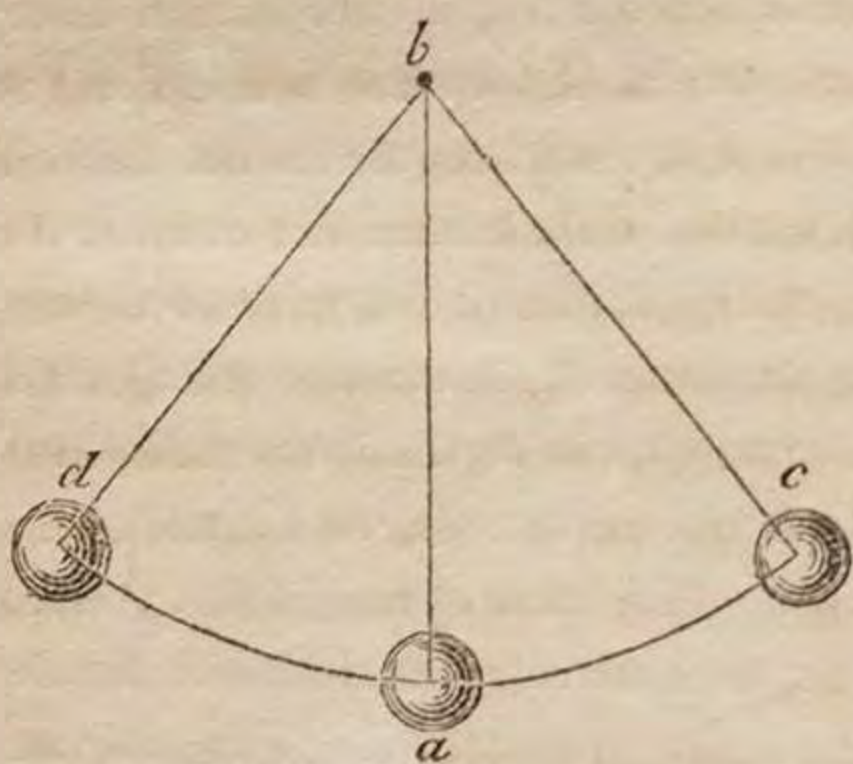
Hieruit is dus gemakkelijk de beantwoording der bovengedane vraag op te maken. Wil men n. l. weten, wat de eindsnelheid eens ligchaams zijn zal, na het een zeker deel *bc* (fig. 28 en 29) van een hellend vlak heeft afgelegd, men trekke dan de horizontale lijn *bd*, die de verticale lijn *cd* in *d* zal ontmoeten, en onderzoekte vervolgens, wat de eindsnelheid van een uit *c* vrijvallend ligchaam in *d* zijn zal: dit is dan ook de gevraagde eindsnelheid in het punt *b*. De eindsnelheden in de punten *E*, *F* en *G* (zie fig. 29a) zullen dus bij de lichamen, die langs de hellende vlakken *AE*, *AF* en *AG* vielen, gelijk zijn aan die, welke een ligchaam, vrijvallende van *A* tot in *H*, in laatstgenoemd punt verkreeg. In beide figuren 28 en 29 is de helling van *bc* tot de lijn *bd*, of tot den horizon niet dezelfde. Naarmate die helling geringer is, of de hoek *cbd* kleiner

wordt, naar die mate zal het ligchaam zich langzamer langs het hellend vlak bewegen; en hoe grooter de helling van bc tot bd is; of hoe grooter de hoek cbd wordt, hoe meer de beweging in snelheid nabij die van den regtstandigen val zal zijn, zooals dit ook blijkt uit de figuren 28 en 29: in deze toch is ae (fig. 28) gelijk cd (fig. 29), dat is, de zwaartekracht is gelijk, en toch is de kracht ag in fig. 28 veel grooter dan ce in fig. 29. Was, om een voorbeeld te geven, de lijn cd (fig. 29) 1 palm lang en de lengte bc van de helling 49 palm, dan zoude een ligchaam, op zulk een hellend vlak, in de eerste seconde 1 palm wegs afleggen. Want ce is in cd 49 maal begrepen; daar nu een vrijvallend ligchaam in de 1^{ste} seconde 49 palm aflegt, zoo zal dat, langs het vlak bc , het 49^{ste} gedeelte, dat is 1 palm, afleggen. Het is nu duidelijk, waarom men wel een hellend vlak in plaats van het valwerktuig van Atwood gebruikt, ten einde den val zoodanig te vertragen, dat men geschikte waarnemingen doen kan.

Passen wij nu de behandelde beweging toe op de verklaring van een hoogst-merkwaardig werktuig, den *slinger* namelijk.

Wat is een slinger? Verbeeldt u eenen bal a (Fig. 30) hangende aan het einde van een dunnen draad (ba), welks andere einde aan een

Fig. 30.



pennetje (b) is vastgemaakt, en gij hebt een slinger voor u. Terwijl de slinger in rust is, wijst de draad ba de rigting van de zwaartekracht der aarde aan, hetgeen wij reeds vroeger aanmerkten. Indien de bal wordt opgeligt tot in d , en daarna weder losgelaten, daalt hij tot in het punt a , gaat dit punt voorbij, stijgt aan den anderen kant tot in c , valt nu op nieuw, komt terug in a , stijgt weder tot in d en zet deze beweging gedurende langen tijd voort. Bij die schommeling heeft de

slinger, dalende tot in a , eene versnellende, en van daar, rijzende, eene vertragende beweging verkregen.

Het punt b , om hetwelk de slinger zich beweegt, heet het *beweeg- of ophangpunt*. De afstand da van het hoogste tot het laagste punt zijns loops noemt men eene *halve schommeling* of *slingering*; de afstand van d tot c is de *geheele slingering* of *slingerwijdte*. Als wij het gewigt van den draad wegdenken, dan is het zwaartepunt (later verneemt gij wat men hier door verstaat), van het slingerend ligchaam, hier het middelpunt van den bal a , het *slingerpunt*. De afstand van dit *slingerpunt* tot het beweeg- of ophangpunt, dat is in ons geval de afstand ab , noemt men de lengte des slingers. Zulk een slinger, waarbij men zich den draad als zonder gewigt en den kogel slechts als een enkel zwaar punt voorstelt, draagt

den naam van *enkelvoudigen* (mathematischen) *slinger*; maar niet een bestaat er in dien toestand, want het *slingerkoord* ab heeft bij alle eene zekere uitgebreidheid, en dus ook zwaarte, zoo als bij de huisklokken en staande uurwerken het geval is. Bij deze is de slinger *zamengesteld*. Het slingerpunt bevindt zich in dergelijke slingers op eenen afstand van het beweegpunt b , die alleen door wiskundige regelen kan gevonden worden. Dit te ontvouwen behoort tot de hoogere wiskunde; wij bepalen ons dus alleen tot den enkelvoudigen slinger, want een zamengestelde wordt altijd bij de berekening tot eenen enkelvoudigen herleidt, en als zoodanig gedacht.

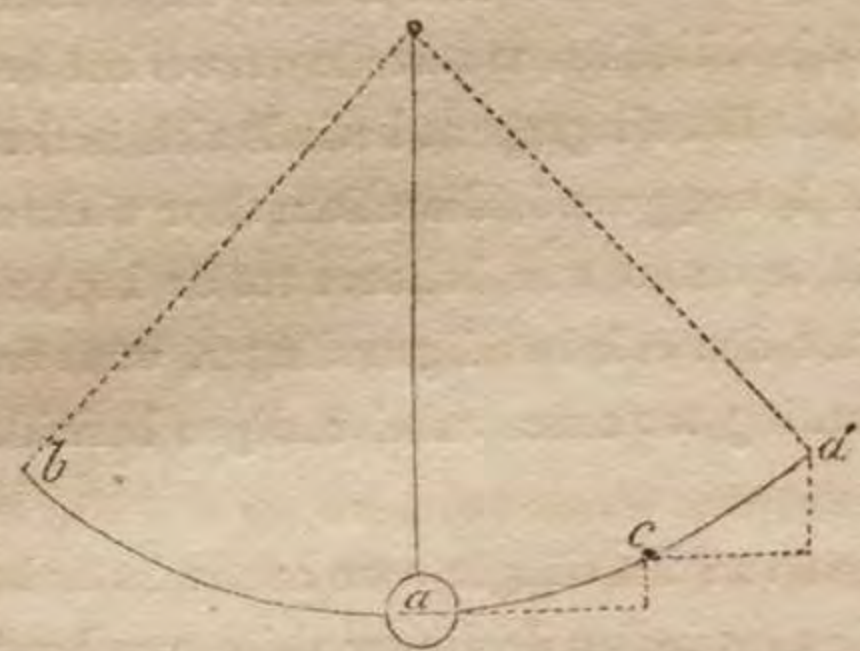
Het eerste, wat bij de schommelingen van den slinger onze aandacht trekt, is, dat de beweging eeuwigdurend zoude zijn, indien de slinger altijd even hoog, dat is, juist tot de punten c en d , werd opgevoerd. De wrijving evenwel van het ophangpunt b , de stijfheid van den draad, zoowel als de tegenstandbieding der lucht, die de bal a ondervindt, en om welke te overwinnen men dezen doorgaans platronde of *lensvormig* maakt, beletten die gelijke opklimming. Het moet dus zelfs verwondering baren, dat het verschil in klimmingshoogte van den bal eerst na zulk een groot aantal schommelingen zichtbaar wordt, en de beweging zoo lang aanhoudt. De slinger is een van de merkwaardigste werktuigen, en inderdaad een voorwerp van wiskundige studie, zooals blijken zal, wanneer gij de beoefening der natuur- en werktuigkunde voortzet.

De voornaamste wetten, volgens welke dit werktuig zich beweegt, zal ik zooveel mogelijk, bevattelijk trachten te maken. Wij zijn de kennis daarvan voornamelijk verschuldigd aan den beroemden Galileï, die in het laatst der 16^e en het begin der 17^e eeuw door zijne onderzoekingen de wereld verlichtte. Hij werd bij toeval opmerkzaam op de schommeling van de lampen, die aan het gewelf van eene der kerken in zijne geboorteplaats Pisa hingen, en vooral trok zijne aandacht de gelijkheid dier schommelingen. Dit was den schranderen man genoeg om het verschijnsel na te vorschen, en door zijne bemoeijingen werd het weldra de bron der rijkste ontdekkingen.

Aangaande die wetten dan verdient het vooreerst onze aandacht, dat *de tijden, waarin de slinger zijne niet zeer wijde schommelingen volbrengt, even groot zijn*. Het is deze merkwaardige wet (eene der eerste, welke Galileï ontdekte), die het werktuig uitmuntend geschikt maakt tot maat voor den tijd. Immers, indien men den tijd van iedere slingering kent, kan men het getal der gedane slingeringen aanteekenen; en dit geschiedt in een uurwerk, doordien de slinger elke maal een' tand van een rad voortstoot, dat weder met andere raderen, en daardoor ook met de wijzers, in verband staat, terwijl de wrijving van het ophangpunt en de tegenstand der lucht door dalende gewichten of veeren wordt overwonen.

Wanneer gij bedenkt wat er aangaande de kromlijnige beweging gezegd is, namelijk, dat deze kan begrepen worden ontstaan te zijn uit eene ontelbare menigte lijntjes, die gedurig van rigting veranderen, dan laten zich deze

Fig. 31.



gelijktijdige schommelingen op deze wijze verklaren. Indien de slinger *a* (fig. 31) zich van *c* naar *a* beweegt, is de helling *ac*, langs welke wij ons kunnen voorstellen, dat het ligchaam *a* valt, minder schuin dan de helling *dc*, waar langs de slinger daalt, zoo men hem eene grootere slinger geeft. Bij gevolg is de beweging, bij het afleggen van eenen grooten boog *da*, veel sneller dan die bij het doorloopen van eenen kleinen afstand *ca*; bij meerdere lengte komt dan ook meerdere snelheid, en de gelijkheid der tijden wordt bewaard.

Worden evenwel de bogen wat zeer groot, zoo is het verschil in den duur der schommelingen merkbaar. Ten einde echter deze in alle mogelijke gevallen in gelijke tijden te doen volbrengen, vond onze wereldberoemde landgenoot Huygens, die den slinger het eerst met de uurwerken in verband bragt, een middel uit, dat alleen genoegzaam zou geweest zijn, om zijn naam aan de vergetelheid te ontrukken. Welk een middel dit is, kan hier niet worden vermeld. Het zij u genoeg te weten, dat hij op eene wiskunstige wijze den slinger noodzaakte, om, bij het doorloopen van groote afstanden, zich langs bogen te bewegen, die aan de einden *b* en *d* (fig. 31) nog steiler waren dan bij eenen cirkelomtrek het geval is.

De tweede wet is, dat de grootte en zwaarte van den bal des slingers geenen invloed heeft op den tijd zijner schommelingen.

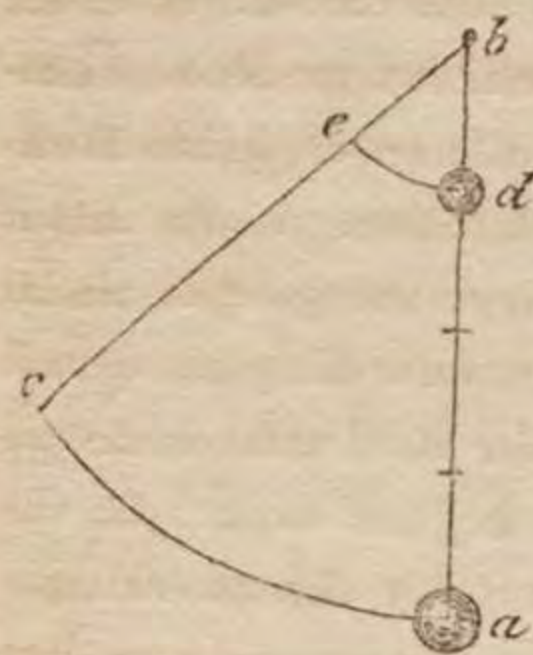
Dit hangt volmaakt zamen met hetgeen er gezegd is aangaande de gelijke snelheid, waarmede verschillende ongelijksoortige lichamen naar de aardoppervlakte worden bewogen. De gelijke slingeren van eenen ivoren of looden bal, aan even lange draden gehangen, strekken dus op nieuw ten bewijze, dat de zwaartekracht op alle lichamen altijd op dezelfde wijze werkt, en de aarde ze allen even snel tot zich voert.

De derde wet luidt, dat de tijden, die slingers van verschillende lengte tot eene schommeling besteden, tot elkander staan als de vierkantswortels uit hunne lengten. Stelt, bij voorbeeld, dat een slinger van 1 el lengte een seconde-slinger is, of wat hetzelfde is, dat hij eene seconde tijds behoeft, om eene geheele schommeling te volbrengen, dan zal een slinger van 4 el lengte 2 seconden, een van 9 el lengte 3 seconden, enz. over eene schommeling besteden. Alzoo doet de eerste 2 schommelingen, tegen dat de tweede er 1 doet, en 3, tegen dat de laatste er insgelijks ééne volbragt heeft. Hieruit blijkt dat, hoe langer de slinger is, hoe meer tijds hij zal noodig hebben voor eene schommeling, en hoe minder malen hij dan ook in eenen gestelden tijd eene geheele slinger zal maken; en wel, om-

dat hij dan zoo veel grooter weg heeft te doorloopen. Ik wil pogen, u ook hiervan eene bevattelijke verklaring te geven.

Het middelpunt van den bol, of de lens van eenen slinger, doorloopt bij elke schommeling een gedeelte van den omtrek eens cirkels. Zet het eene been van

Fig. 32.



den passer in *b* (fig. 32), en gij kunt met het andere op eenen afstand *ba*, welke men den straal noemt, den weg *ac* beschrijven. Bij eene geringere opening der beenen, van *b* tot *d* bij voorbeeld, of met den straal *bd*, kunt gij den weg *de* van den slinger *bd* aangeven. Het ligchaam *d* zal natuurlijk gauwer den weg *de* afloopen dan *a* den zijnen *ca*, want de hellingen verschillen hier niet. Omdat nu alle cirkelomtrekken, en ook hunne gelijknamige deelen, in dezelfde reden grooter worden als hunne stralen aangroeijen, zoo zal *ac* zooveel malen grooter zijn dan *de*, als *ba* malen grooter is dan *bd*. Neemt nu nog in aanmerking, dat alle vallende lichamen, om het even of zij vrij, langs eene helling, of eene gebogene lijn vallen, in 2 seconden 4 malen, in 3 seconden 9 malen, enz. zooveel wegs afleggen als in 1 seconde, dan is het klaar dat, indien *de* in eene seconde door den kleinen slinger wordt afgelegd, en *ca* in twee seconden door den grooten, ook die weg *ca* 4 malen zoo groot zal moeten zijn als *de*; men moet derhalve, om dien boog 4 malen zoo groot te verkrijgen, *ba*, of de lengte des grooten slingers, 4 malen zoo groot nemen, als die (*bd*) van den kleinen. Dit moge genoeg zijn, om u een denkbeeld van de zaak te geven.

Uit die laatste wet blijkt, dat de minste verandering in de lengte van den slinger invloed moet hebben op den gang der uurwerken; dat dus de warmte, die door haar uitzettingsvermogen den slinger langer maakt, en de koude, die hem doet inkrimpen, den geregelden gang der tijdmeters zullen verstoren. Men heeft berekend, dat dit in den zomer en winter zelfs een verschil van 6 seconden in 24 uren bij den seconde-slinger zou kunnen geven. In dit gebrek heeft het vindingrijk vernuft des menschen echter voorzien, en wel door de uitvinding der compensatie- of gelijkmakende slingers, zulke namelijk, die door de wijze van zamenstelling niet van lengte veranderen kunnen. De vervaardiging van deze fraaije slingers berust alleen op de waarheid, dat niet alle stoffen evenveel uitzetten. Eene geel-koperen staaf of eene van zink wordt toch veel langer dan eene stalen van gelijke lengte. Deze zinrijke uitvinding hebben wij te danken aan den Engelschman Graham, die in de eerste helft der achttiende eeuw leefde.

Neemt eens aan, dat *ab* (keerzijde fig. 33) zulk een compensatie-slinger voorstelt, en dat ieder deel *ac* en *de* van staal en het middelste *fg* van geelkoper of messing is; bij deze inrigting zullen, door het uitzetten van het staal,

de beide staven ac en de langer worden, en de slinger zal dus niet meer zijne behoorlijke lengte behouden, indien de koperstaaf fg alleen zich niet evenveel

Fig. 33.



als de beide staven ca en de te zamen, en dus naar evenredigheid meer dan deze, uitzette; doch dit heeft naar behooren plaats: gezegde staaf fg dringt door hare verlenging het gedeelte fd meer naar boven, dan zij cg naar beneden kan verplaatsen, wordende hierin door het ophangpunt verhinderd. Dit naar-boven-voeren bedraagt altijd juist zooveel, als ac en de zich naar beneden kunnen uitzetten, en derhalve blijven de punten a en b hunnen afstand, of de slinger zijne ware lengte behouden. Weet, dat de afbeelding, hier van den compensatie-slinger voorgelegd, slechts dient om een denkbeeld van de zaak te geven. Slingers, op zulk eene gebrekkige wijze gemaakt, bestaan er niet, maar hunne inrigting komt echter op het ontvouwde beginsel neder. De vindingrijke wijze van samenstelling van sommige dezer werktuigen dringt ons tot bewondering, en levert eene schoone proeve op, hoezeer het menschelijk vernuft het schijnbaar onmogelijke kan overwinnen.

Bij de gewone uurwerken wordt door eene schroef, welke zich aan de einden van de slingerkoord bevindt, de lengte geregeld; bij den te snellen loop door uitschroefing verlengd, en bij eenen te langzamen gang door opschroeven verkort.

Gaarna deelde ik u nog mede de wijze, waarop men de lengte van den slinger, die in zekeren tijd eene schommeling moet volbrengen, berekent, doch het regt begrip daarvan vordert eene tamelijke mate van bedrevenheid in de Mathesis. Die berekening grondt zich op het behandelde bij fig. 29a. Denkt dat er eene lijn van M naar D getrokken is, in D zich dus de slinger en in M zijn ophangpunt bevindt. Wanneer de slinger dus van D naar H langs DH valt, zal een vrijvallend ligchaam den weg van A tot H of 2 malen de lengte van den slinger doorgelopen zijn; en wanneer de slinger eene geheele slingering heeft volbragt, zal zulk een vrijvallend ligchaam 4 malen de slingerlengte afleggen. Wij hebben hier intuschen aangenomen, dat het slingerend ligchaam langs de koorde DH liep, en het geschiedt langs den cirkelboog. Dit maakt juist de berekening meer zamengesteld. De opgave van den volgenden regel moge u tot aansporing verstreken, om u in de wiskunde zoodanig te bekwanen, dat gij de juistheid daarvan naar eisch kunt betoogen: *om de lengte van eenen slinger te vinden, die een gesteld getal seconden over elke slingering besteedt, vermenigvuldigt men het vierkant van het getal seconden, die men den slinger over iedere schommeling wil doen besteden, met het getal 9,8, dat de versnelling uitdrukt van een vrijvallend ligchaam, op het einde van eene seconde, en deelt dit product door het vierkant van het getal 3,1416, dat de betrekking van den cirkelomtrek tot de middellijn te kennen geeft.*

Ten einde hierdoor de lengte van eenen secondeslinter te berekenen, dat is van eenen, die iedere seconde eene geheele slingering volbrengt, hebben wij alzoo, $1 \times 1 = 1$, het vierkant der seconden; $1 \times 9,812 = 9,812$, het produkt der versnelling en het eerst gevonden getal; het vierkant van 3,1416 is bijna

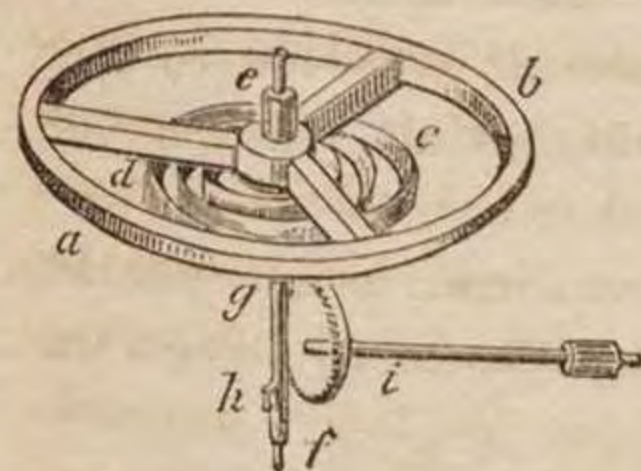
9,87 en dit getal gedeeld op het voorafgevondene geeft eindelijk $\frac{9,812}{9,87} = 0,994$

el of 9 palm 9 duim en 4 streep, voor de gevraagde lengte. Volgens de eerst aangegevene wijze zouden wij iets meer verkregen hebben, want een ligchaam legt in 1 seconde 4,9 el af, dat is 4 malen de lengte van den slinger; 1 maal die

lengte is derhalve $\frac{4,9}{4} = 1,2$ el. Bedenkt wel, dat dit alles slechts ten ruwste is genomen, en daarenboven eene lengte aanwijst, die voor de ligging van ons land geldt, want op alle plaatsen der aarde kan de slinger niet even lang zijn, omdat de lichamen niet overal eene versnelling van 9,812 el na eene seconde verkrijgen. Ziedaar, waarom de slinger tot bepaling van de gedaante der aarde kan dienen.

Niet alle slingers worden door de aantrekkingskracht der aarde bewogen. Hangt men een gewigt aan eenen draad, zooals bij voorbeeld het staafje ab (fig. 6, blz. 26), dat wij ons voorstelden, als hangende aan eenen zilverdraad, zoo beweegt zich het gewigt of het staafje door de veerkracht van den eenigzins gewrongenen draad. Ook in zakuurwerken wordt de beweging op eene andere wijze voortgebragt. Hier vindt men een slingerend rad ab (fig. 34), hetwelk zich beweegt door middel eener veer cd , die rondom de as ef , van het rad, of de zoogenaamde onrust ligt. De slingering heeft ook in dit geval,

Fig. 34.



zooewel als in den slinger, die door wringing bewogen wordt, volgens dezelfde wetten plaats, als die bij den enkelvoudigen slinger zijn vermeld. De duur der schommelingen hangt af van de middellijn of den straal des cirkels, die het draaijend of slingerend ligchaam doorloopt; in het laatste geval derhalve van den straal der onrust ab . Die onrust doet, even als bij de huis-klok, door middel van kleine metaalstukjes

g en h , die beurtelings tegen het getande rad i stooten, het laatste rondloopen, dit brengt op zijne beurt weder andere raderen in beweging en deze eindelijk ook den wijzer, die de slingeringen aanteekeent. De uurwerken, door zulke slingeren bewogen, heeft men zoodanig zamengesteld, dat het rad, bij elke verandering van warmte, dezelfde middellijn behoudt. Dergelijke tijdmeters doen zelfs in een geheel jaar somtijds geene enkele schommeling te veel of te weinig, en zijn voor den zeeman onontbeerlijk, om de plaats, waar hij zich op zee bevindt, te kennen.

Gij moet uit dit een en ander reeds eenigzins het uitgebreide nut, dat de slinger vooral bij wetenschappelijke onderzoekingen aanbrengt, hebben ingezien.

En niet alleen dat dit werktuig ons, zooals wij gezegd hebben, ten allen tijde de rigting van de zwaartekracht der aarde aantoot, den gang der uurwerken regelt, de gedaante der aarde leert kennen; maar zelfs dient het, om de zwaarte of digtheid der aarde te onderzoeken, ja, wat meer is, om de aarde als in eene schaal te wegen; immers men kan, het staafje, *ab* (fig. 6, blz. 26) zich voorstellen, als een slinger, bewegende om het punt *c*; merkt men nu op welke slingeren de looden bollen *d* en *e* van bekende zwaarte op *ab* te weeg brengen, alsmede welke slinger door de aardmassa met even snelle slingeren bewogen wordt, en past men eindelijk daarop de waarheid toe, dat de massaas van den bol en van de aarde tot elkander in dezelfde reden staan, als de lengte der enkelvoudige secondeslingers, die op denzelfden afstand van hun middelpunt geplaatst zijn, zoo ziet gij ongetwijfeld de mogelijkheid in om het gezegde onderzoek met goed gevolg te bewerkstelligen. Nog dient de slinger, sedert korten tijd, als het eenige proefondervindelijke bewijs voor de ronddraaijng der aarde om zich zelve, en stelt dit werktuig die beweging zoo aanschouwelijk voor, als zagen wij den aardbol uit een standpunt, boven hare oppervlakte, beneden aan onze voeten omwentelen.

De volgende

Toepassingen.

zijn uit het verhandelde, ten aanzien van den val langs het hellend vlak, te trekken:

Een rotsbrok of sneeuwval, zoo langzaam zijne beweging beginnende, stort verdelgend op woningen, ja geheele landstreken: van waar dit?

Hoe komt het, dat de watervallen, in hunnen aanvang soms breed en zamenhangend, aan den voet der rotsen gekomen, dikwijls als stofregens neder vallen?

Zijn de rivieren en stroomen niet slechts wateren, welke zich onophoudelijk langs eene helling bewegen? Waardoor is het mogelijk, dat zij dikwijls werktuigen in beweging kunnen stellen?

TWINTIGSTE LES.

De gedaante en de beweging der aarde. Kometen. Ebbe en vloed.

Alhoewel het eenigzins vreemd is aan de wetenschap, die wij behandelen, willen wij toch het in de beide voorgaande lessen voorgedragene kortelijk toepassen op de verklaring van de gedaante en beweging der aarde en van de eb en den vloed der zee; eene toepassing belangrijk genoeg om uwe volle aandacht te verdienen.

Er is gezegd, dat naar alle waarschijnlijkheid de aarde bij hare wording uit eene vloeibare zelfstandigheid heeft bestaan. Deze vloeistof moest, zoo zij in rust ware, volgens hetgeen wij over de ligging der atomen bij de vloeistoffen hebben gezegd (zie de 10^{de} les), eene ronde gedaante aannemen. Evenwel zij was niet in rust. De Schepper gaf haar eene beweging om zich zelve, waardoor wij dag en nacht verkrijgen. Deze beweging is zeer snel; want de omtrek der aarde, gemeten over het midden of onder de evennachtslijn, is 7200 uren lang en dus legt elk punt op die lijn ook 7200 uren in 24 uren af. Wat moet van deze buitengewoon snelle beweging het gevolg zijn? Dat wij dit onderzoeken!

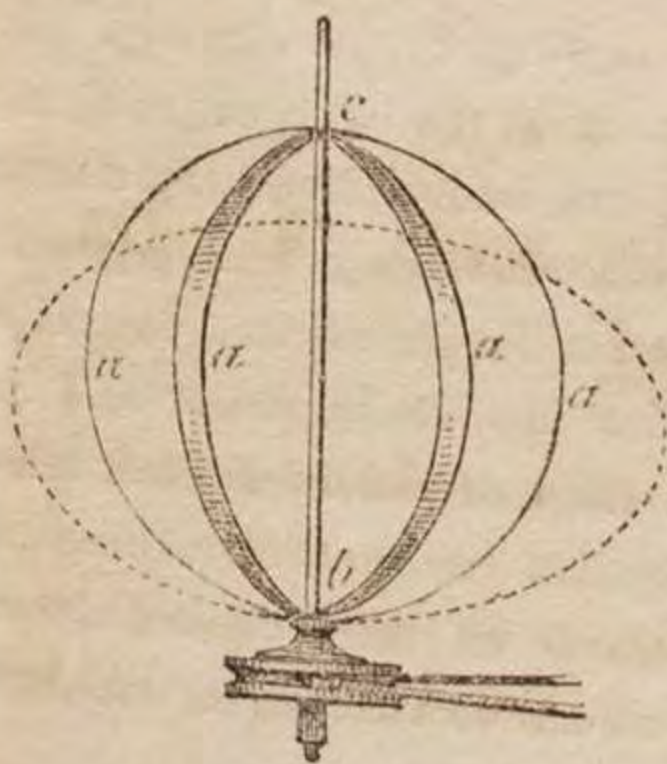
Fig. 35.



Zij *abcd* (fig. 35) de bolronde gedaante der aarde, de gedaante namelijk, die zij zou hebben aangenomen, wanneer zij in rust ware geweest. Stellen wij nu, dat zij om de as *ac* begint rond te draaijen, dan zal de middelpuntvliedende kracht op de plaatsen *b* en *d*, of onder de evennachtslijn, veel grooter zijn dan bij de punten *a*, *e*, *f*, *c*, *h* of *i*; want al de middelpunten der beweging van die deelen liggen in de as *ac*, en elk bewegend deel heeft derhalve eenen kleineren afstand van die as,

naarmate het digter bij de polen *a* en *c* ligt (zie verder de 3^{de} wet in de 18^{de} les). Door deze grootere middelpuntvliedende kracht onder of nabij de evennachtslijn, moeten de stofdeelen van de polen *a* en *c* langs *f* en *e*, *h* en *i* naar *g* en *k* wegvloeijen. De middellijn *gk* der aarde zal dus grooter moeten worden dan de as *lm*, en de bol de gedaante *lgmk* of die van een^e chinaasappel moeten verkrijgen. Wij zien dit ook bij de aarde bevestigd. Zij heeft eene langwerpige ronde gedaante. De afplatting is echter niet zeer sterk, want, verdeelt men de kortste middellijn of de as *lm* in 340 gelijke deelen, dan heeft de langste *gk* 341 van die deelen. De afplatting bij de planeten Jupiter en Saturnus is veel grooter, maar hare omwenteling om zich zelve is ook veel sneller dan die der aarde. Zoo bevestigd ook deze waarneming het boven gezegde. Zeer goed laat zich de afplatting der aarde ten gevolge der omwenteling bewijzen, door een werktuigje in fig. 35a voorgesteld, en dat men plaatst op de as *D* in fig. 27a. Het bestaat uit zeer dunne, cirkelvormig gebogene banden van geelkoper *aa*, die onder in *b* op de staaf of de as *bc* bevestigd zijn, maar welke as er boven bij *c* gemakkelijk

Fig. 35a.



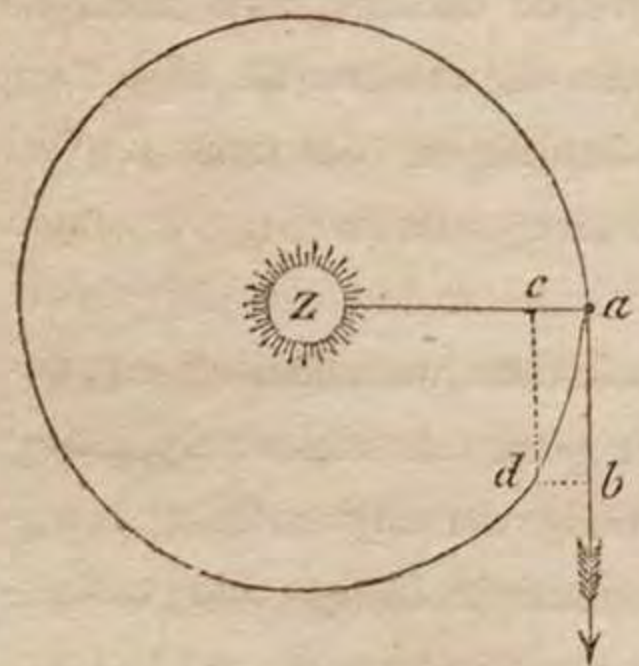
door heen geschoven kan worden. Draait men nu dezen toestel snel in de rondte, zoo verliezen de banden *a* hunnen cirkelvorm en gaan over tot den afgeplatten vorm, die door tittels is uitgedrukt.

Onder de bewijzen voor de platrondeheid der aarde telt men voornamelijk de proeve met den secondeslinger. Wanneer men dezen op de evennachtslijn regelt, zoodat hij $24 \times 60 \times 60 = 84600$ malen in de 24 uren slingert, bevindt men, dat die slinger in de nabijheid der polen een grooter aantal slingeringen in dat tijdsverloop volbrengt; met andere woorden, dat hij sneller loopt, en derhalve moet verlengd worden, ten einde nog een secondeslinger te blijven (zie de 3^e wet aangaande den slinger). Dit hangt nu wel gedeeltelijk daarvan af, dat de lichamen onder de evennachtslijn minder zwaarte hebben, dewijl aldaar de zwaartekracht door de middelpuntvliedende kracht belangrijk wordt tegengewerkt; echter is het verschil te groot, om ook niet een gedeelte er van te moeten toeschrijven dáaraan, dat men aan de polen zich op eenen kleineren afstand van het middelpunt der aarde bevindt dan op de evennachtslijn. En deze vooronderstelling werd tot zekerheid gebragt, toen men ontdekte, dat door berekening dezelve uitkomsten als door de proefneming werden verkregen. Alzoo is dan hierdoor ook de reden bekend, waarom de lichamen niet op alle plaatsen der aarde even snel vallen, hetgeen ik vroeger reeds aanmerkte.

De verklaring van den invloed, dien de snelle omwenteling der aarde, behalve op de zwaarte der lichamen ook nog op de stroomen der zee en die van den dampkring of op de winden kan hebben, behoort eigenlijk tot het gebied der natuurkundige aardrijksbeschrijving.

Het is u bekend, dat de aarde ook eene beweging om de zon heeft, en dat wij door die beweging in het jaar tijds, dat zij daartoe besteedt, de jaargetijden verkrijgen. Deze omwenteling geschiedt nog veel sneller dan die om zich zelve;

Fig. 36.



delpuntvliedende kracht.

De twee genoemde krachten, de aantrekkings- en middelpuntvliedende kracht, wier grootte ik door de lijnen *ac* en *ab* zal voorstellen, en tusschen

welke zich de aarde langs *ad* beweegt, brengen, in gevolge het vroeger berekeneerde, eene rondgaande beweging voort. De aarde wentelt alzoo om de zon, even als de steen in de slingerkoord om de hand, en blijft eeuwig wentelen, daar geene middelstof haar in haren loop kan belemmeren.

Waarom de lijn, die de aarde om de zon beschrijft, eigenlijk geen cirkel maar een langwerpige rond of ellips is, kan hier niet worden ontvouwd. Indien gij over de beweging der hemelbollen zeer veel merkwaardigs verlangt te lezen, zoo beveel ik u in de eerste plaats Kaiser's sterrenhemel of ook wel de Cosmographische lessen van den hoogleeraar de Gelder aan.

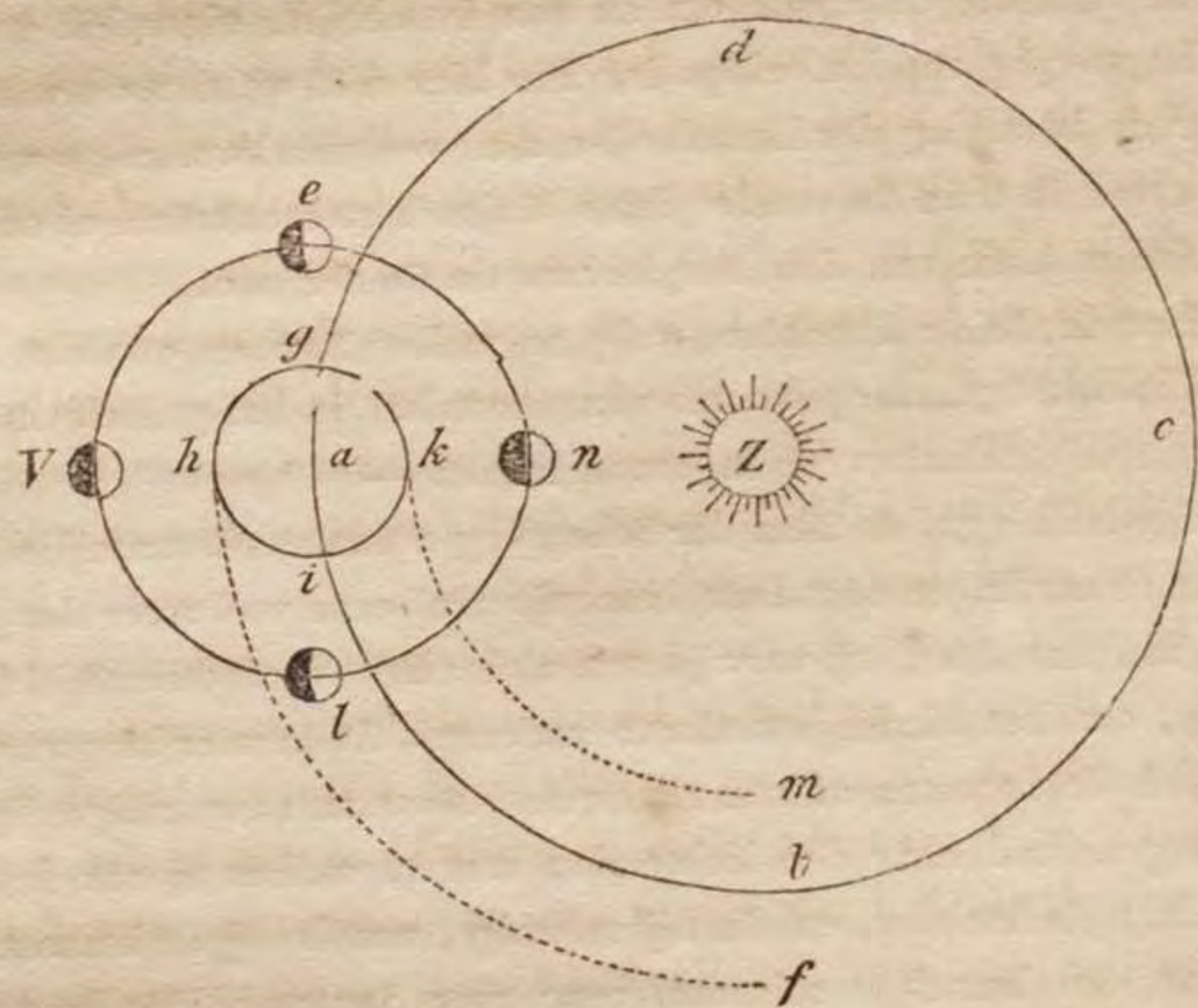
Ziedaar dan de beide krachten, volgens welke Newton ontdekte, dat de eeuwige Wijsheid het geheele planeten- of zonnestelsel ja het geheele stelsel van werelden in de volmaaktste orde in stand houdt. —

Aan sommige bollen gaf de Heer der Schepping eenen sterkeren zijdelingschen stoot dan aan de aarde, en daardoor beschrijven zij eene veel meer langwerpige baan om de zon dan deze; zij verwijderen zich alzoo voor eenen tijd lang van dit hemellicht, om het eindelijk weder te naderen. Zulke zeer langwerpige banen doorloopen de kometen of staartsterren. Deze merkwaardige lichamen worden alzoo genoemd naar den lichtenden staart, welken zij aan de, van de zon afgekeerde, zijde bezitten, en die bij sommige, zooals bij de komeet, in den jare 1842 aan den hemel verschenen, eene zeer aanmerkelijke lengte heeft. Hunne langwerpige banen doorsnijden die der planeten op eene merkwaardige wijze, en de tijd, dien zij tot haren loop besteden (soms tijds meer dan 1000 jaren) getuigt van de onbegrijpelijke uitgebreidheid der hemelruimte. In plaats van dus, door bijgeloovige vrees gedreven, deze eigenaardige verschijnselen aan den sterrenhemel, als voorboden van pest, oorlog, hongersnood of eenig ander onheil aan te zien, zooals in vroegere tijden het geval was, zijn zij middelen om onzen eerbied voor den Schepper op te wekken. Bedenkt men er bij, dat de loop der kometen en hare wederverschijning aan den sterrenhemel met eene verwonderlijke naauwkeurigheid kan berekend worden, en dat derhalve in de schijnbare onregelmatigheid van loop dezelve wetten, als boven genoemd zijn, bestaan, dan aanbidden wij de wijsheid des Almagtigen, die naar zulke eenvoudige wetten zulk een trotsch geheel tot stand bragt. Dat wij nog korteljk de oorzaak van *ebbe* en *vloed* onderzoeken!

Vloed noemt men het zwellen en rijzen der zee. Heeft het water op zeker aarddeel eenmaal zijnen hoogsten stand bereikt, dan houdt deze een kwartier of half uur aan; vervolgens begint het water gedurende zes uren te dalen, en dit noemt men *ebbe*. De laagste stand van het water duurt insgelijks een kwartier of half uur; daarna rijst het weder zes uren, en men heeft dus op nieuw vloed. Zoo wisselen deze waterstanden elkander geregeld af. Gedurende het eerste en laatste kwartier der maan is de vloed het minst hoog; maar bij nieuwe en volle maan het aanzienlijkst, welken vloed men alsdan *springvloed* noemt.

Hieruit blijkt dat het afloopen en rijzen van het water met den stand der maan in verband staat; en juist dit wilde ik aantoonen.

Fig. 37.



Zij (fig. 37) *Z* de zon, *ghik* de omtrek der aarde onder de evenachtslijn, *a* haar middelpunt, en *abcd* haar loopkring om de zon. Denke men haar verder geheel met water omringd. Zij vervolgens *e* de maan, en *enlv* hare loopbaan om de aarde; *n* haar stand bij nieuwe maan, *e* die bij eerste kwartier, *v* bij volle maan, en *l* bij laatste kwartier. Nemen wij aan dat het nieuwe maan is en dat zij zich dus in *n* bevindt; in dien stand oefent zij op het punt *k* der aarde eene groote aantrekkingskracht uit. Hierdoor verheft zich het water in *k*, dat bij gevolg van de plaatsen *g* en *i* naar *k* moet wegvloeijen. In het punt *h*, juist tegenover *k*, kan dit echter niet plaats hebben, het hoopt zich daar even als in *k* op, en waarom? — De aarde rukt voort naar *b*, en het punt *k* legt derhalve eenen weg *km* af, veel kleiner dan de weg *hf*, die het punt *h* doorloopt. In *h* is dien ten gevolge de middelpuntvliedende kracht veel sterker dan in *k*. Het water is alzoo geneigd om in *h* van de aarde weg te vlieden; maar de aantrekkingskracht van deze grooter zijnde dan de vliedkracht, zoo kan de werking zich slechts tot eene ophooping van de vloeistof bepalen. Het is nu op twee plaatsen, en derzelve omgelegene deelen, vloed, namelijk in *k* en *h*, terwijl in de punten *g* en *i* en wat daar in de nabijheid ligt de ebbe aanvangt. De aarde draait intusschen in 24 uren om zich zelve, zoodat zij in 6 uren tijds een vierde van dezen omloop heeft volbragt, waardoor het punt *k* in *i*, *i* in *h*, *h* in *g* en *g* in *k* gekomen is. De plaatsen, welke 6 uren vroeger vloed of ebbe hebben gehad, ontwaren thans ebbe of vloed. Is de maan op hare baan voortgewenteld

tot in *l*, en is het dus laatste kwartier, zoo trekt zij het water in het punt *i* in de hoogte, en versnelt eenigermate den loop der aarde, zoodat het water in *g*, tegenover *i*, ten gevolge der traagheid, gedeeltelijk achter blijft, en dus in *h* en *k* wegvloeit. Ook in dezen stand hebben derhalve twee tegenover elkander liggende aardstreken *g* en *i* vloed, en twee andere *h* en *k* ebbe. Bevindt zich de maan in *v*, en is het dus volle maan, dan verklaart zich de ebbe in *g* en *i* en de vloed in *h* en *k* als van zelve. Komt eindelijk de maan in *e*, dat is, heeft men eerste kwartier, zoo vertraagt zij eenigermate den loop der aarde, het water in *g* optrekkende; in *i* heeft evenwel het water neiging om, ten gevolge der traagheid vooruit te gaan, het vloeit bij *h* en *k* weg, en dus heeft men ook in dien stand aan twee zijden ebbe, en op twee plaatsen vloed. Het is duidelijk, dat de beweging der aarde om zich zelve, die bij den stand van nieuwe maan vermeld is, voor alle standen dezelfde blijft, en men derhalve, waar zij zich ook bevinden moge, om de zes uren ebbe en vloed zal hebben.

Waarom bij nieuwe en volle maan een buitengewoon hooge of springvloed plaats heeft, en bij eerste en laatste kwartier slechts een zwakke vloed, verklaart zich gemakkelijk. Bij nieuwe en volle maan wordt het stijgen des waters op de plaatsen *k* en *h* versterkt, door de aantrekkingskracht der zon aan de eene, en de middelpuntvliedende kracht aan de andere zijde; terwijl bij eerste en laatste kwartier juist door diezelfde krachten het sterk afloopen van het water in *k* en *h* wordt tegengewerkt, waardoor er dan ook in *g* en *i* geen sterke vloed kan plaats grijpen. Nog moet ik aanmerken, dat er, volgens het bereedeneerde, ebbe zal plaats hebben, wanneer de maan in den horizont, en vloed, wanneer zij vlak in het zuiden of noorden staat. Evenwel is dit zoo niet: de vloed komt doorgaans later. Dit ontstaat daaruit, dat het water door eilanden en zeeëngten in zijnen vrijen loop wordt belemmerd.

Het is de beschreven beweging van het water, die den mensch al weder vele genoegens en voordeelen oplevert, want door het gepast gebruik maken van ebbe en vloed weet hij den loop der schepen te bespoedigen, het varen over ondiepten, die aan den ingang van sommige havens liggen, mogelijk te maken, het aanlanden en uitvaren te bevorderen. Ook dient deze beweging aan sommige volken in het Noorden tot verkrijging van drijfhout, aan de kusten van Pruisen ter inzameling van barnsteen, en werkt zij ook in het algemeen het bederf van het water tegen.

EEN EN TWINTIGSTE LES.

De mededeeling van beweging. De botsing der lichamen. Werking en terugwerking.

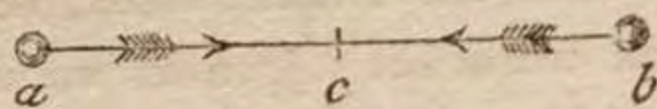
In de vijftiende les is aangewezen, wat men door hoeveelheid van beweging verstaat; zij is de maat voor de kracht, die door bewegende lichamen wordt

voortgebragt, en wordt gevonden door de betrekkelijke massa of het gewigt met de betrekkelijke snelheid te vermenigvuldigen. Wij zullen met de kennis dier waarheid thans ons voordeel kunnen doen.

Indien een bewegend ligchaam een ander ontmoet, dat in rust of in beweging is, ontstaat er een oogenblikkelijke stoot, waarvan de uitwerking, behalve van de massa en snelheid, afhangt van de rigting der beweging, de veêrkrachtigheid, hardheid, gedaante enz., der bewegende lichamen. Wij zullen bij het waarnemen van de verschijnselen, die zich daarbij opdoen, de lichamen beschouwen eerst als geheel ontbloot van alle veêrkracht, daarna als volmaakt veêrkrachtig. Geene dezer onderstellingen kan juist zijn; alle lichamen toch zijn eenigermate veêrkrachtig en niet een is het volmaakt; doch om tot eene bevattelijke verklaring te geraken, moet men haar als waar aannemen.

Worden twee even zware, looden ballen (a en b, fig. 38), met dezelfde snelheid

Fig 38.



tegen elkander geworpen, dan zullen zij in het ontmoetingspunt (c) wel van vorm veranderen en platter worden, maar daar verder in rust blijven; want a verliest al zijne beweging in de rigting a c en deelt die aan b mede. De bal b eene gelijke beweging in de rigting b c bezittende, wordt nu door twee gelijke krachten in tegenovergestelde rigtingen aangedaan en moet dus in rust blijven.

Diezelfde rust zal ook plaats hebben, al zijn de lichamen (a en b) verschillend in zwaarte, mits het kleinste slechts zooveel maal sneller bewogen worde, als het malen kleiner is dan het grootste. Zij de bal a 8 pond zwaar en laat hij 9 el in de seconde afleggen. Laat b 6 pond wegen en 12 el in de seconde doorloopen, dan is werkelijk $8 : 6 = 12 : 9$, en wanneer deze lichamen dan botsen, zullen zij in rust geraken, want de hoeveelheid van beweging van a is gelijk aan $8 \times 9 = 72$ en die van b insgelijks $6 \times 12 = 72$. De 72 deelen van a, in de rigting a c, worden overgebragt op de 72 deelen van b, in de rigting b c, en moeten derhalve elkander vernietigen. Alzoo zal een looden kogel van 1 ons zwaarte eenen kogel van 50 pond moeten tegenhouden, indien de eerste slechts 500 maal sneller voortgaat dan de laatste.

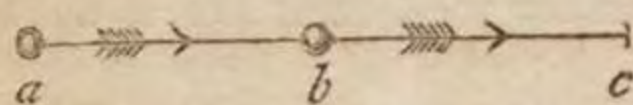
Leveren de massaas en snelheden geene gelijke producten op, dan redeneert men als volgt: Stelt dat a weegt 8 pond en eene snelheid bezit van 9 el in de seconde, terwijl b, 6 pond wegende, eene snelheid heeft, waarmede het ligchaam 5 el in de seconde aflegt, dan is de hoeveelheid van beweging van a $8 \times 9 = 72$ en die van b slechts $6 \times 5 = 30$; b verliest door de botsing zijne 30 deelen, en geeft die aan a over, waardoor er 30 van deze, in de rigting a c, worden vernietigd; — a houdt er dan 42 over, en zal hiermede b voortdruwen in zijne ontvangene rigting a c. Die 42 deelen zijn nu onder eene massa van $8 + 6 = 14$ pond verdeeld. De gemeenschappelijke snelheid in de rigting a c, of in die van dat ligchaam, hetwelk de meeste hoeveelheid van bewe-

ging bezit, zal derhalve na den stoot zijn: 42 gedeeld door 14, of 3 el per seconde.

Wij zien dan uit het verklaarde, dat twee gelijke en in tegenovergestelde rigtingen werkende hoeveelheden van beweging elkander onderling vernietigen; zijn de hoeveelheden van beweging ongelijk, dan bewegen zich de lichamen, na den stoot, gezamenlijk in die rigting, van waar de grootste kracht komt, en de snelheid is dan gelijk aan het verschil der hoeveelheden van beweging, gedeeld door de som der massaas.

Bewegen zich de lichamen niet in tegenover elkander liggende, maar in dezelfde rigting, loopt het ligchaam a (fig. 39) zoowel als b naar c, dan kunnen zij

Fig 39.



nimmer tegen elkander botsen, ingeval het achterste a niet sneller voortgaat dan het voorste b. Stellen wij, dat a het ligchaam b in c inhaalt, dan voegen zich daar de hoeveelheden van beweging zamen, en de gemeenschappelijke snelheid, die na den stoot

volgt, zal derhalve zijn: de som van de hoeveelheden van beweging, gedeeld door de som der massaas. Zijn de massaas a en b gelijk, en is de snelheid van a 5 en van b 3 el in de seconde, dan zal men het getal $3 + 5 = 8$ slechts door 2 behoeven te deelen, en men vindt 4 voor de gemeenschappelijke snelheid. Zijn de massaas ongelijk en weegt het ligchaam a 8 pond, b 6 pond, heeft a eene snelheid van 17 el in de seconde en b eene van 10 el, dan is alzoo de hoeveelheid van beweging van a $= 8 \times 17 = 136$, die van b $= 6 \times 10 = 60$, de som van deze beiden $136 + 60 = 196$; en hunne gemeenschappelijke snelheid wordt derhalve het getal 196, gedeeld door de som der massaas of $8 + 6 = 14$, dat is, $\frac{196}{14} = 14$ el per seconde.

Hetgeen tot dus verre van de mededeeling van beweging of van de botsing der lichamen is gezegd, verklaart ook duidelijk, wat er moet plaats hebben, in geval een bewegend ligchaam een ander ontmoet, dat in rust is. Ten einde het bewegend ligchaam zijnen weg kunne vervolgen, is het genoodzaakt om het andere, in rust, voor zich uit te duwen, en het derhalve zooveel hoeveelheid van beweging af te staan, dat zij zich na den stoot met eene gemeenschappelijke snelheid kunnen bewegen. Was het ligchaam, in rust, juist zoo groot als het bewegend, zoo is het duidelijk, dat de beweging van het laatste onder eene dubbele massa wordt verdeeld, en dus maar half zoo groot zal zijn. Indien de massa, in rust, tweemaal zoo groot ware als de bewegend, zoo zou om dezelfde reden de beweging van beide na den schok slechts een derde van de eerste snelheid zijn. Wanneer men derhalve de gemeenschappelijke snelheid van een bewegend ligchaam, en van een, dat in rust is, na den schok wil kennen, behoeft men slechts te zien, welk deel de bewegend massa van de beide vereenigde massaas is, en zulk een deel moet ook de beweging na den stoot van de oorspronkelijke beweging zijn. Weegt een geweerkogel 3 lood, en bezit hij bij het afschieten eene

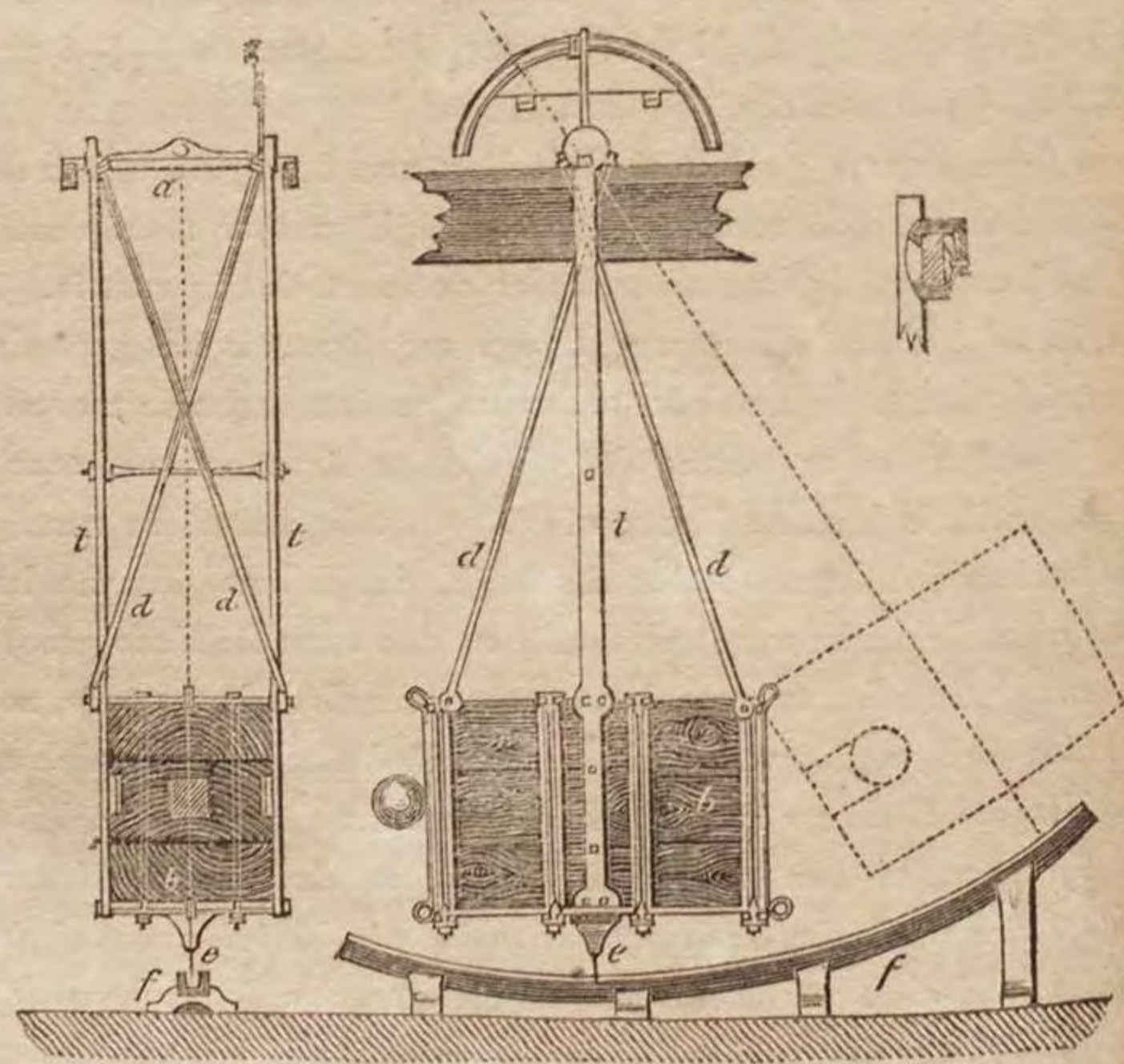
snelheid van 400 el in de seconde, dan zal men dezen een' kogel van 24 pond, die in rust is, voor zich uit zien stooten; en met welk eene snelheid? Laat ons dit berekenen. De massa is na den schok 2403 lood, en dus 801 maal zoo groot als de eerst bewogene massa, of deze is $\frac{1}{801}$ van de vereenigde massa; men zal dan ook $\frac{1}{801}$ van de oorspronkelijke snelheid moeten hebben; — nu is $\frac{400}{801}$ el = 5 palm, derhalve zal de snelheid na den stoot 5 palm in de seconde zijn.

Volgens deze redenering, moet zulk een geweerkogel eene zekere beweging mededeelen aan een' steenklomp, hoe groot ook, ja zelfs aan eenen berg; dit is inderdaad zoo, maar de snelheid is dan ook hoogst gering. Vooronderstelt, dat het steenen blok 300 pond weegt, dan is de vereenigde massa, zoo de kogel weder 3 lood zwaar wordt gesteld, 30003 lood, waarvan de kogel $\frac{3}{30003}$ is; zoodat de snelheid na den schok zijn zal $\frac{3}{30003}$ el, of bijna 4 duim in de seconde; eene schier niet noemenswaardige snelheid, die ras door de tegenstandbieding en wrijving wordt uitgeput, terwijl zij zich al verder en verder mededeelt aan al de aangrenzende voorwerpen en zelfs aan de aarde.

Er gaat alzoo niet eene beweging verloren; slaat men met den hamer op een aanbeeld, men meene niet, dat dit zonder uitwerking blijft, al wordt zulks niet ontdekt; de slag verspreidt zich al verder en verder door al de aangrenzende lichamen, tot de mededeeling geheel geëindigd is.

Het is op bovenstaande gronden, dat men de snelheid van afgeschotene kanonskogels meet. Het werktuig, dat men daartoe gebruikt, wordt *ballistische slinger* genaamd, en is in fig. 40 voorgesteld. Het bestaat uit 1) eene ijzeren as *a*, rustende aan de einden op zeer sterke steunsels; 2) een houten blok *b* van een

Fig. 40.



verbazende zwaarte, voorzien van ijzeren banden, hetwelk door middel van twee regte *tt* en vier schuine stangen *dd* aan de as *a* hangt; 3) eene spitse ijzeren punt *e*, welke door een cirkelvormige goot *f* loopt, en haar spoor afdrukt in weke was, van welke de genoemde goot *f* in eene genoegzame mate is voorzien; door de lengte van dit afgedrukte spoor kan men weten, hoever de slinger is voortgedreven door een' kogel, dien men in de rigting van het zwaartepunt des slingers op het blok heeft afgeschoten. De slinger is gewoonlijk 3 of 4 el lang en 3 of 4 duizend pond zwaar. Met deze massa deelt de kogel de hoeveelheid van beweging, waarmede hij het ligchaam treft, en hoe nu uit de snelheid na den stoot de snelheid van den kogel kan worden gevonden, laat ik aan uw eigen nadenken over.

Al wat aangaande de botsing is gezegd, is een regtstreeksch gevolg van de eigenschap der traagheid. Gij hebt duidelijk uit de verschillende gevallen en voorbeelden kunnen ontwaren, dat de hoeveelheid van beweging na de botsing vermeerderd noch verminderd is, en dat ook de rigting der kracht niet door de lichamen werd veranderd. Gij zijt dus, zoo mogelijk, nog krachtiger overtuigd van hetgeen ik vroeger zeide, dat de lichamen noch beweging voortbrengen noch vernietigen kunnen.

Men drukt de verklaarde wetten ook wel uit door te zeggen: *de werking is gelijk aan de terug- of wederwerking*. Men noemt het overbrengen van eene zekere hoeveelheid van beweging *de werking*, en het ontvangen dier beweging *de terugwerking*. Het verlies, dat bij een der lichamen daardoor aan hoeveelheid van beweging ontstaat, wordt dan toegeschreven aan de terugwerking van het andere.

Het is opmerkelijk, dat de beweging, die door eene ontploffing, het zij van buskruid, het zij van zamengeperste lucht of dampen ontstaat, zich aan alle kanten gelijkelyk mededeelt en uitbreidt. Wordt zulk eene ontploffing in een kanon bewerkt, dan beletten evenwel de wanden van het kanon de zijdelingsche uitzetting, en de geheele werking bepaalt zich derhalve over de lengte des kanons, waarin zij dan ook natuurlijk met gelijk vermogen, in twee tegenovergestelde rigtingen, geschiedt. De werking voorwaarts, of naar den mond van het geschut, stoot den kogel vooruit; die achterwaarts stuit tegen den achterwand der kanonkamer, en veroorzaakt daardoor eene terugstooting van het kanon, van zijn affuit en al wat er aan verbonden is. Kogel en kanon bewegen zich juist in tegenovergestelde rigtingen van elkander af. Beiden bezitten gelijke hoeveelheid van beweging. De eerste gaat echter veel sneller voorwaarts omdat zijne massa zoo aanzienlijk veel kleiner is dan die van het kanon. Zulk eenen terugsprong ontdekt men niet alleen bij het kanon, maar ook de jager ontwaart dien bij het afschieten van zijn jagtroer; zijn schouder ontvangt eenen stoot van het geweer, zoo sterk alsof eene lading hagel of een kogel even als die, welchen hij afschiet, van buiten in het geweer kwam, en met dezelfde snelheid, als de afgeschotene, tegen den bodem van den geweerloop stiet. Op

dezelfde wijze wordt de sterkte van den terugsprong des kanons aangeduid. Dat er een zekere tijd noodig is, opdat de beweging zich door alle deelen van het metaal verspreide (zie de 15^e les), wordt hier voldoende bewezen. De terugsprong geschiedt eerst, wanneer de kogel het kanon heeft verlaten.

Men heeft van dit verschijnsel gebruik gemaakt, om de snelheid des kogels te berekenen; want men ziet, dat zooveel maal meer massa als het kanon bezit dan de kogel, zooveel maal meer snelheid de laatste boven het eerste moet ontvangen. Zij bedraagt voor een' zoogenaamden 24ponder gemiddeld 410 elin de seconde.

Op dezelfde wijze als men de snelle beweging van den kogel verklaart, maakt men het prachtige, treffend statige stijgen van de vuurpijl duidelijk. Bij deze werkt de ontploffing ook in de lengte. Het onderste deel ontwikkelt eene groote hoeveelheid gas, welke tegen de beneden liggende dampkringslucht stoot; door de veërkracht der beide luchtsoorten en de drukking van het bovineinde door het gas, wordt de pijl met geweld opwaarts gevoerd.

Nog eene soort van mededeeling van beweging wil ik u leeren kennen, die ook tot verklaring van de stelling van »Newton, alle werking is gelijk aan de terugwerking,» kan dienen.

Wanneer een ligchaam zich in het water beweegt, is het genoodzaakt, om al de lagen waterdeeltjes, die het ontmoet, weg te duwen; dit veroorzaakt natuurlijk een verlies aan beweging; telkens ontmoet het nieuwe lagen, die in rust zijn, deelt die insgelijks zekere snelheid mede, en verliest telkens daarvoor nieuwe hoeveelheden van beweging.

Eveneens is het gesteld, wanneer de middenstof, waarin zich het voorwerp beweegt, lucht, gas of eene andere vloeistof is.

De wet, volgens welke de tegenstandbieding van zulk eene middenstof geschiedt, is deze: *de wederstandbieding eener middenstof is evenredig aan het vierkant der snelheid van het ligchaam, dat er zich in beweegt.* Deze wet kan aldus worden opgehelderd. Wordt de snelheid dubbel zoo groot, dan doorloopt het ligchaam 2maal zoo veel ruimte; vooreerst ontmoet het dan ook 2maal zoo veel deelen, waaraan het beweging moet geven, hetwelk voor het bewegende ligchaam dus reeds een dubbel verlies veroorzaakt; ten tweede geeft het dezen deelen eene dubbele snelheid, omdat het zich zelf dubbel zoo snel beweegt, waardoor bijgevolg het verlies 4 maal zoo groot wordt. Is de snelheid 3maal zoo groot, het ligchaam ontmoet ook 3maal zooveel deelen, en geeft er 3maal zooveel snelheid aan; het verlies is dus negenvoudig, enz.

Gij ziet hieruit, dat de kracht aanmerkelijk vermeerderen moet, zoo men een ligchaam, een vaartuig bij voorbeeld, in eene vloeistof eene meerdere snelheid wil geven: want 4 krachten doen het slechts dubbel, 16 krachten slechts 4maal zoo snel voortgaan, enz. Een 4maal sterkere wind geeft aan het vaartuig geene 4maal grootere snelheid, maar slechts eene dubbele. Zet men derhalve op een schip zeer groote zeilen, dan verliest men doorgaans veel meer

aan kosten, dan het voordeel der meerdere snelheid bedraagt. Gij leert er ook uit, dat een kogel met 4 maal meer kracht slechts dubbel zoo snel wordt bewogen; want in de lucht is het even als in het water gesteld.

Met weinige woorden willen wij de ligchamen nu nog als *veërkrachtig* beschouwen.

Er is gezegd, toen wij over de eigenschap der veërkracht spraken, wat er gebeurt, indien een bal tegen eene vlakke wordt geworpen. Welnu, hetzelfde geschiedt, indien twee *veërkrachtige* ligchamen elkander ontmoeten. Twee ivoren ballen, die even groot zijn, en met dezelfde snelheid tegen elkander loopen, zullen, elkander hunne beweging mededeelen en in rust geraken, zoo zij niet *veërkrachtig* zijn; maar thans herstellen zij de zamendrukking of de deuk, die door hunne botsing ontstaat, waardoor zij elkander afstooten in eene rigting, die *tegenovergesteld* is aan die, welke zij ontvingen, maar *overeenkomstig* die, welke zij van elkander overnamen. Was een der gezegde ballen in rust, zoo zou de bewegende al zijne beweging aan den in rust zijnde mededeelen; daardoor zouden beiden zich zamendrukken, zich gelijkelijk herstellen, de bewegende dus in rust blijven en die, welke in rust was, met de snelheid des anderen voortgaan. Dit verschijnsel is gemakkelijk te begrijpen. Toen de bewegende bal den in rust zijnde ontmoette, deelde hij dezen, gelijk bekend is, de helft zijner beweging mede; beiden zouden dus, on*veërkrachtig* zijnde, gezamentlijk met de halve snelheid zijn voortgegaan; maar de deuk, die zij ontvangen, en bij elk ontstaan is door de helft der hoeveelheid van beweging, herstelt zich, en werkt tusschen de ballen als eene veer, die wederzijds met gelijke kracht ontspringt; hierdoor wordt de halve hoeveelheid van beweging, welke de eerste nog bezat, vernietigd, en deze in rust gebragt; terwijl de halve hoeveelheid van beweging, welke de tweede bal ontvangen heeft, verdubbeld wordt, zoodat deze de geheele beweging van den eerste heeft overgenomen.

In het algemeen zal *bij de botsing van veërkrachtige ligchamen, het verlies aan hoeveelheid van beweging van het eene, en de winst aan hoeveelheid van beweging van het andere, het dubbel zijn van dat, hetwelk men zou vinden, indien men de ligchamen als on*veërkrachtig* beschouwt.* Dit dubbele ontstaat alleen door de herstelling van vorm.

Overtuigend wordt dit bevestigd door de volgende proeve. Wanneer men eenige ivoren ballen, stelt eens vijf in getal, aan draden naast elkander hangt, zoodanig dat de eene den andere even aanraakt, en men ligt er een' aan de rechterzijde op, latende dien tegen de vier naastliggende vallen, dan blijven de 2^{de}, 3^{de} en 4^{de} in rust, en de 5^{de} zal ongeveer even ver opspringen, als men den eerste heeft opgetild; ligt men er twee op, en laat deze tegen de drie overigen vallen, dan springen er ook twee aan het andere einde op. De reden is door het u zoo even medegedeelde duidelijk. Als men den 1^{sten} tegen den 2^{den} laat vallen, zoo neemt deze al de hoeveelheid van beweging van den 1^{sten} over, en geeft die aan den 2^{den}, de 2^{de} aan den 3^{den} en de 3^{de} aan den 4^{den}, en deze deelt ze aan den

laatsten mede, welke, door niets belemmerd wordende, bijna even hoog als de 1^{ste} opspringt. Op dezelfde wijze verklaart men het verschijnsel met twee ballen.

Toepassingen.

Twee menschen, die tegen elkander loopen, ontwaren eenen schok, veel grooter dan men in den beginne denken zoude.

Indien men iemand met de vuist een' slag geeft, ontvangt hij, die slaat, een gelijken schok als hij, die geslagen wordt. De vuist is echter welligt geschikter, om den slag te verdragen dan het lichaamsdeel, hetwelk hij treft.

Twee schepen van verschillende grootte, in tegenovergestelde rigtingen tegen elkander varende, ontvangen eenen gelijken schok: — daarom bezwijkt het kleinste eerder dan het grootste.

Iemand, wiens borst met een zwaar aanbeeld is beladen, zooals men dit wel in de kermisspelen ziet, ontdekt schier niets van de slagen, die er op gegeven worden.

Een kogel, die met eene zwakke lading wordt afgeschoten, benadeelt een oorlogschip dikwerf meer dan een andere, die de grootst mogelijke snelheid bezit.

Indien een matroos, in eene boot gezeten, aan een touw trekt, hetwelk aan een groot schip is verbonden, bewegen zich schip en boot beiden. Het eerste echter bijna onmerkbaar. —

De schutter, zijn geweer niet tegen den schouder drukkende, ontvangt bij het afschieten een' gevoeligen schok. —

Iemand, in een klein bootje geplaatst, zou vooruitgedreven worden, indien er aan het roer een groote blaasbalg zich bevond, blazende in eene tegenovergestelde rigting.

Eene boot kan niet voortgaan, indien iemand, achter in het vaarttuig gezeten, met een' zwaren blaasbalg wind in het zeil blaast.

Een zwemmer kan zich voorwaarts voeren, indien hij handen en voeten achterwaarts beweegt.

De beweging der vogels is met die der zwemmers gelijksoortig.

Balen katoen, of stukken kurk, rondom de schepen gehangen, brengen de kogels des vijands langzamerhand tot rust, en maken ze derhalve onschadelijk.

Voor schepen, kogels, visschen, vogelen enz. bestaan er grenzen voor de snelheid, waarmede zij zich in de vloeistoffen bewegen.

TWEE EN TWINTIGSTE LES.

Het zwaartepunt der lichamen.

Wanneer men een liniaal met het midden op den vinger legt, dan blijft het in rust of in evenwigt; het toont geene neiging, om aan de eene of andere zijde van den vinger te vallen.

Een aarden tabakspijp kan men op dergelijke wijze in evenwigt leggen, mits men den vinger veel nader bij den kop dan bij het einde van den steel bringe.

Waarom valt nu het liniaal of de pijp niet? Omdat de wederstandbieding van den vinger in evenwigt is met de aantrekkingskracht, die de aarde op het geheele ligchaam uitoefent.

Zet men op beide deelen van het liniaal, ter wederzijde van den vinger, op gelijken afstand van dezen, gelijke gewigten; plaatst men er eenige juist boven en hangt men weder andere juist onder het punt, dat door den vinger ondersteund wordt en dat men ook wel *steun-* of *rustpunt* noemt, ook dan zal er evenwigt blijven bestaan.

Zulk een punt, dat, ondersteund wordende, het geheele ligchaam belet, naar den eenen of anderen kant over te vallen, hebben alle lichamen. Men noemt dit *zwaartepunt*. In dat zwaartepunt kan men het geheele gewigt van een ligchaam vereenigd denken, dat wil zeggen, men kan aannemen, dat op die plaats de aarde eene aantrekkingskracht uitoefent, gelijk aan de som van al de evenwijdig werkende krachten, waardoor elk afzonderlijk deeltje van het ligchaam wordt aangedaan (zie de 16^{de} les). Die kracht is dus de resultante van al die gedeeltelijke krachten; hare grootte is gelijk aan het gewigt des lichaams; haar aangrijpingspunt is het zwaartepunt, en hare rigting vindt men door eene lijn te trekken, die het middelpunt der aarde met het zwaartepunt vereenigt.

Het zwaartepunt kan in een ligchaam niet veranderen, hoe men ook het ligchaam legge. Wel zal het in de ruimte moeten rijzen en dalen, als het geheele ligchaam of een gedeelte er van rijst of daalt, maar het zal in het ligchaam op dezelfde plaats blijven, aangezien de aantrekking der bijzondere deelen dezelfde blijft.

Hangt men een ligchaam op, legt of zet men het ergens neder, altijd zal het zwaartepunt neiging hebben om zich te bewegen in de loodlijn, die uit dat punt op de aarde valt, dat is, in de rigting van de zwaartekracht der aarde. Het zwaartepunt zal dus ook immer den laagsten stand trachten te bereiken; want ieder ligchaam toont eene neiging te bezitten, om zoo na mogelijk aan het middelpunt der aarde te komen. Hangt derhalve een ligchaam, dan bevindt zich het zwaartepunt juist onder het *ophangpunt*; want dit is de laagste stand, dien het kan bereiken; het ligchaam zal zoo lang slingeren, tot beide punten in eene lijn liggen; wij merkten dit reeds bij den slinger op. Heeft het ligchaam geen *ophangpunt*, maar een *steunpunt*, ook dan zal het, wanneer zulks niet belet wordt, zich bewegen, omkantelen, omrollen of omvallen, tot het zwaartepunt den laagsten stand heeft bereikt.

Het zoo even gezegde verschaft ons bij sommige regelmatige lichamen een zeer eenvoudig middel, om het zwaartepunt te leeren kennen. Zoeken wij het bij eenen houten driehoek *abc* (fig. 41). Hangt hem daartoe op aan het punt *c*, en teekent de rigting *ce* van den draad *dc* op den driehoek aan. Nu is men overtuigd, dat het zwaartepunt van den driehoek in de lijn *ce* zal liggen, want in deze lijn bevinden zich alle punten, die juist onder het ophangpunt gelegen

Nemen wij nu aan, dat wij daartoe x cellen achter elkander moeten plaatsen, dan staan er $\frac{12}{x}$ in de breedte; is nu de tegenstand in eene cel weder r , dien wij altijd kunnen berekenen, dan is die in x achter elkander staande cellen rx , maar de breedte vermindert den tegenstand, dus wordt dan die geheele tegenstand $\frac{rx}{12}$ of $\frac{rx^2}{12}$; deze tegenstand moet gelijk zijn aan dien des sluitdraads, welke

10 is gesteld; wij hebben derhalve $\frac{rx^2}{12} = 10$ en hieruit volgt $x^2 = \frac{10 \times 12}{r}$ of $x = \sqrt{\frac{10 \times 12}{r}}$; zoo wij nu de tegenstand r in een element 15 stellen, dan wordt $x = \sqrt{8} = 3$ bijna. Wij moeten dus in het gegeven geval 3 cellen achter en 4 naast elkander plaatsen, dat is wij moeten er 3 vierdubbele cellen van maken.

Er zou nog zeer veel over het in deze les behandelde onderwerp kunnen gezegd worden; wij achten intusschen het gegevene voor deze beginselen reeds meer dan voldoende.

EEN EN TACHTIGSTE LES.

Over de verschillende uitwerkingen van den galvanischen stroom. Scheikundige werkingen.

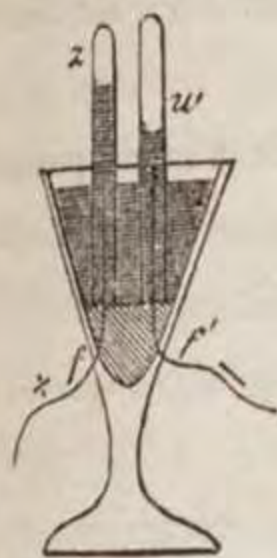
Wij gaan thans over, om te onderzoeken, welke verschijnselen de kolom van Volta of de galvanische batterij kan voortbrengen. Daar wij evenwel hierover geheele boekdeelen zouden kunnen vullen, zullen wij ons slechts tot de voornaamste dienen te bepalen.

De bedoelde werkingen kunnen tot verschillende hoofdafdeelingen gebragt worden. Wij zullen achtereenvolgend beschouwen:

- 1°. de chemische of scheikundige werking,
- 2°. de licht- en warmte-verschijnselen,
- 3°. de magnetische werkingen,
- 4°. de physiologische werkingen.

Ten einde van de chemische werking een goed begrip te verkrijgen, zoo neem een glas (zie fig. 427), boor nabij den bodem twee openingen f en f' , en breng er twee koperdraden doorheen, die elkander nergens aanraken; vul verder gedeeltelijk het glas met water; en zet twee klokjes of reageerbuisjes z en w , na ze ook vol water gedaan te hebben, het onderste boven gekeerd over de

Fig. 427.



beide draden heen. De klokjes blijven natuurlijk door de dampkringsdrukking met water gevuld, en opdat zij behoort op den bodem van het glas zouden vaststaan, kan men, alvorens het glas te gebruiken, er een weinig hars ingieten, waarboven de draden uitreiken, en waardoor men eene gladde oppervlakte verkrijgt. Verbindt men nu, door middel van klemschroefjes of kwikbakjes, de beide draden f en f' met de polen van een' galvanischen toestel, zoo ontwikkelen zich in de beide klokjes, wanneer de stroom sterk genoeg is, eene menigte gasblaasjes, die het water er uitdringen. Bij onderzoek blijkt nu, dat zich in het glaasje z , waarin de draad uitkomt, die aan de positieve pool is verbonden, *zuurstofgas* heeft verzameld, en dat in het stolpje w , hetwelk met de negatieve pool in verband staat, *waterstofgas* gevonden wordt. Het spreekt van zelf, dat de beide klokjes van onderen niet geheel van de omliggende vloeistof moeten afgesloten zijn, opdat de galvanische stroom van den eenen draad, door de vloeistof heen, naar den anderen kunne vloeijen, en dat zij door een boven op den rand van het glas rustend plankje met twee openingen voorzien, waarin de buisjes passen, staande worden gehouden. De ontwikkeling der beide gassoorten is des te sterker, hoe nader de beide pooldraden f en f' bij elkander zich bevinden, en hoe breeder zij zijn, dat wil zeggen, hoe grooter de metaaloppervlakte is, die met het water in aanraking komt, altijd echter in de vooronderstelling, dat de stroom eene genoegzame kracht bezit.

Deze proef levert een treffend bewijs op voor de overeenkomst, die er is, tusschen de wrijvings- en galvanische electriciteit (zie bladz. 640 N°. 25).

Het is eene zeer gewigtige daadzaak, die daar vermeld is. — Deze, de eerste en belangrijke scheikundige werking der galvanische kolom, werd in den jare 1800 ontdekt door Carlisle en Nicholson. Die beide natuurkundigen hadden in der haast eene kolom opgestapeld van zilveren geldstukken, zinkplaten en vochtige bordpapieren schijfjes. Na eenige proeven wekte de eigendommelijke reuk van het waterstofgas hunne opmerkzaamheid, en dit leidde tot de vermelde ontdekking. Alzoo was dan het water eindelijk in zijne grondstoffen ontleed. Het is waar, wij hebben die ontleding op bladz. 242 vermeld, en er is aldaar aange-toond, hoe men door verbinding van waterstof- en zuurstofgas water kan voortbrengen; maar de afscheiding der beide gassoorten uit het water was nog niet tot stand gebragt.

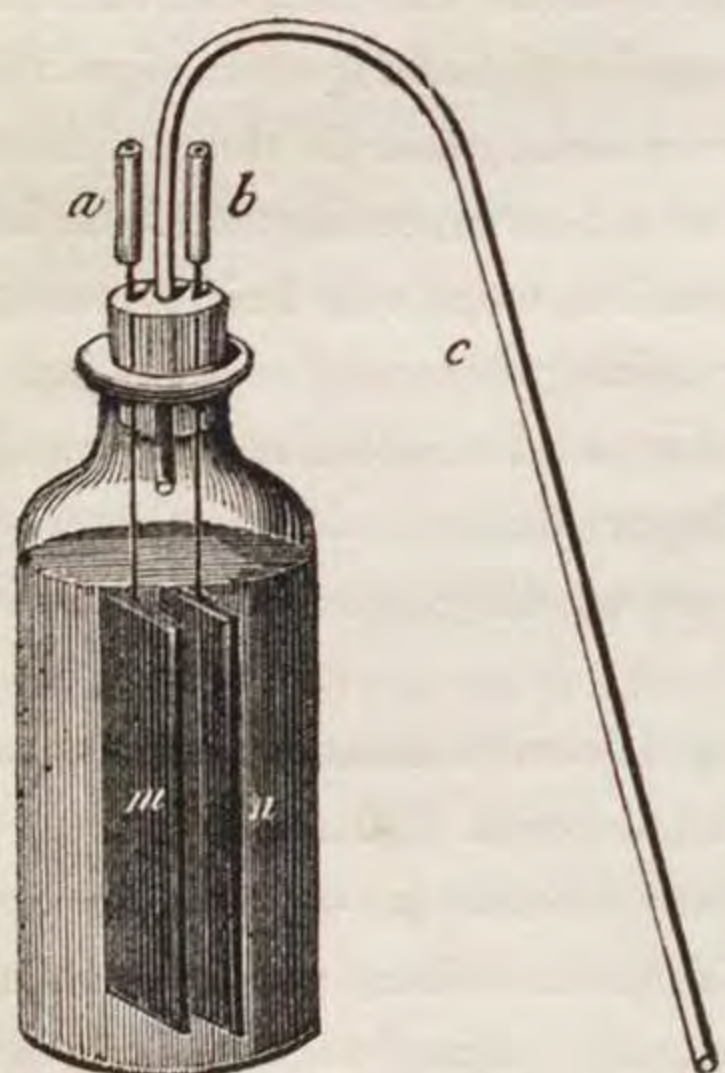
Om de vermelde proef wel te doen slagen, en de beide gassoorten afzonderlijk te verkrijgen, is het noodig de beide draden f en f' van platina te vervaardigen, of wat nog beter is, door platina-plaatjes te vervangen, die aan de koperdraden vastgesoldeerd zijn, want bezigt men zink of koperdraad, zoo zal het zuurstofgas in het stolpje z den draad aangrijpen, zich met dezen vereenigen, en hem weglijten of oxyderen; daarom moet ook het koperdraad, voor zoo verre het in

het water reikt, met het lak bedekt worden. Ook is het voor de spoedige ontwikkeling van het gas noodzakelijk, om enkele druppels zwavelzuur in het water te doen, want daardoor wordt de geleidbaarheid van het water voor de electriciteit bevorderd.

Het verdient opmerking dat de hoeveelheid zuurstof, die aan de positieve pool vrij en in het glas z verzameld wordt, half zoo groot in uitgebreidheid is als die van de waterstof, welke aan de andere pool vrij wordt en in het glas w opstijgt. De gassoorten worden alzoo in dezelfde verhouding afgezonderd, in welke zij zich tot water verbinden.

Wilde men de beide gassoorten niet van elkander gescheiden verkrijgen, maar vereenigd, welke vereeniging dan het zoogenaamde knalgas zou vormen, dan had men zich kunnen bedienen van eenen toestel, zooals fig. 428 voorstelt. Een

Fig. 428.

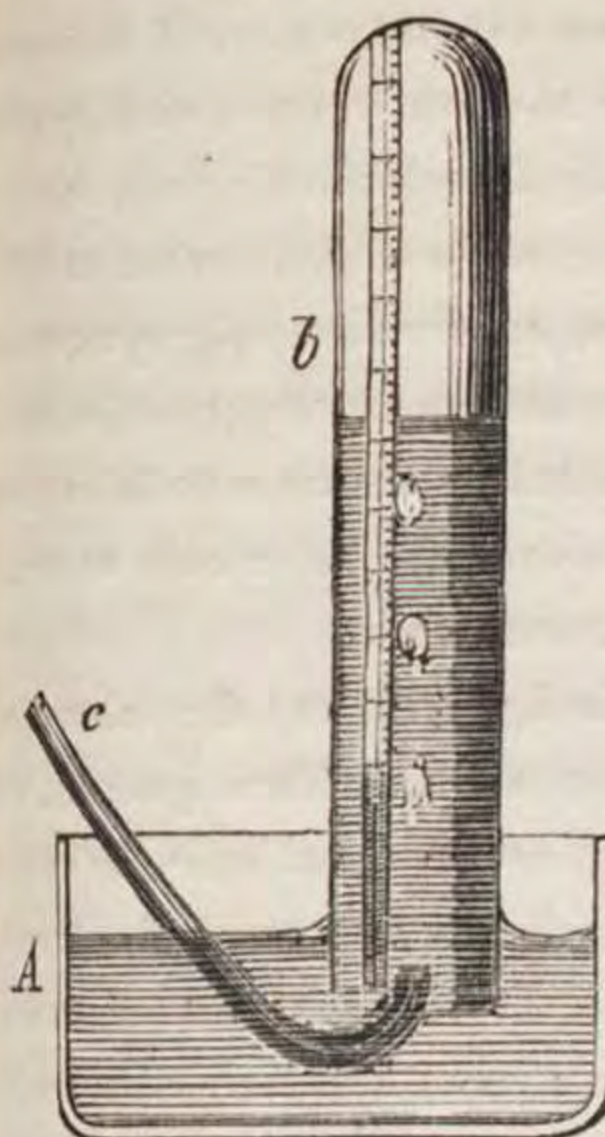


glazen vat houdt het met een weinig zwavelzuur vermengde water in; de beide poolplaten m en n zijn van platina en hangen in de vloeistof; de draden, waaraan zij gebonden zijn, gaan luchtdigt sluitend door de stop en dragen twee kokertjes a en b , waarin men kwik giet, om er de pooldraden van eenen galvanischen toestel in te dompelen; gemakkelijker kan dit evenwel door klem-schroefjes geschieden. Door deze inrigting wordt, ten gevolge van de uitgebreidheid der platen, en omdat men ze digter bij elkander kan brengen, veel meer water ontleed dan in het eerst beschrevene glas; het knalgas ontwijkt door de buis c , aan welks einde het opgevangen kan worden. Teylers groote gro-

vesche batterij levert 1,25 kubieke palm der gemengde gassen uit zuur gemaakt water in den tijd van eene minuut, en uit zuiver bronwater in twee minuten. De vermelding dezer laatste bijzonderheid leidt als van zelve tot de aanwijzing van het gebruik, dat Faraday van de waterontleding heeft leeren maken, tot het meten van de sterkte des electrischen strooms. Brengt men namelijk het benedeneinde der buis c , fig. 428 in een vat A met water (zie fig. 429) en zet men over den mond van de krom gemaakte buis c eene met water gevulde, van boven gesloten buis b , dan verzamelt zich natuurlijk het knalgas in de buis, stijgt in bellen naar de bovenruimte op, en dringt voortdurend het water naar beneden. Is nu de buis b van maatstreepjes voorzien, die de grootte der ruimte, waarin het gas zich verzamelt, in kub. duimen bijvoorbeeld aangeven, dan kan de door eene batterij in eenen bepaalden tijd gemaakte hoeveelheid gas, de betrekkelijke sterkte van den stroom in vergelijking van andere batterijen doen kennen.

Men noemt een werktuig, dat tot bereiking van dit doel is ingerigt *voltameter*

Fig. 429.

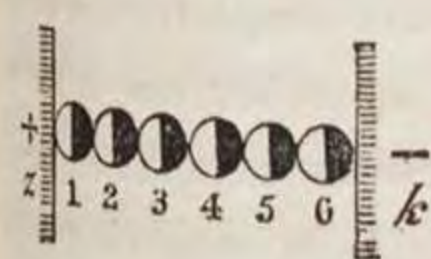


en neemt als eenheid der stoomsterkte dien stroom aan, welke in 1 minuut 1 kubiek duim knalgas levert. Het gas wordt altijd door berekening tot de digtheid herleid, die het zoude hebben, wanneer de temperatuur 0 graden was, en de luchtdrukking op dat gas door eene kwikkolom van 76 duim in den barometer wordt aangegeven. Men ziet hieruit, dat de tangentenboussole veel gemakkelijker in het gebruik is dan de voltameter. Wanneer men nu beide deze werktuigen te gelijk in den sluitdraad der verschillende batterijen voegt, moeten natuurlijk de geleverde hoeveelheden gas tot elkander staan als de tangenten der afwijkingshoeken.

Wanneer men het gas, dat zich in b verzamelt op kalk laat werken, kan men het bekende drummondsche kalklicht voortbrengen. Zet men tusschen de platen m en n fig. 428 eene poreuse tusschenwand, en heeft dan elk der beide afdelingen van het vat eene buis c , zoo verkrijgt men elke gassoort afzonderlijk even als bij fig. 427 het geval was (zie verder bladz. 711).

De verklaring, die men van dit merkwaardig verschijnsel heeft gegeven en schier door alle natuurkundigen als juist wordt erkend, is de volgende: Wanneer waterstofgas met zuurstofgas tot water verbonden is, zoo worden bij deze zeer naauwe aanraking der atomen de zuurstof-atomen negatief, en de waterstof-atomen positief-electrisch; en, wegens de gelijkvormige verdeling van de atomen dier beide zelfstandigheden, kan er in hare verbinding, dat is in het water, geene vrije E merkbaar zijn. Bevindt zich nu water tusschen de beide polen of poolplaten z en k (zie fig. 430) van de galvanische keten, zoo zal de

Fig. 430.



positieve pool z op de digtst bij haar liggende waterdeeltjes of watermolekelen 1 (de waterdeeltjes worden in de figuur door kringetjes voorgesteld) derwijze werken, dat het negatieve bestanddeel daarvan door de plaat wordt aangetrokken en alzoo naar de positieve pool toegekeerd, terwijl het afgestootene waterstof-atoom van de positieve pool zich afwendt. In de figuur stelt de witte helft der cirkeltjes het zuurstof-atoom, de donkere helft het waterstof-atoom van elk waterdeeltje voor. Het waterdeeltje 1 werkt echter op het waterdeeltje 2 in diervoege, dat het zijne bestanddeelen naar dezelfde zijde heenrigt als het waterdeeltje 1; zoo werkt ook 2 op 3, enz. Aldus zullen alle waterdeelen, die tusschen de beide polen gelegen zijn, hun waterstof-atoom naar den negatieven, en hun zuurstof-atoom naar den positieven pool heenrigten. Ingeval nu de aan-

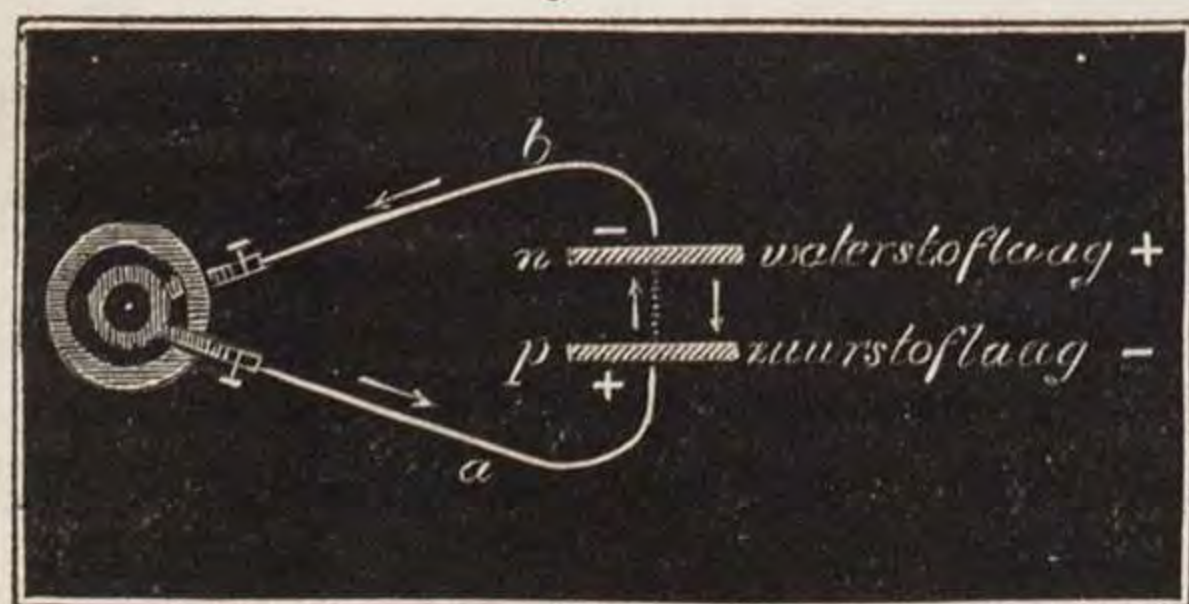
trekking, welke de positieve pool op het zuurstof-atoom van het waterdeeltje 1 uitoefent, groot genoeg is, zoo wordt dat atoom aan het waterstof-atoom onttrokken; dit laatste verbindt zich weder met de zuurstof van het naastliggende waterdeeltje 2 tot water; de waterstof van het deeltje 2 verbindt zich met de zuurstof van het deel 3, enz. Alzoo heeft er op den geheelen weg, tusschen de beide polen, onophoudelijk eene scheiding der atomen, en eene vereeniging tot water plaats; alleen aan de polen zelven kunnen de bestanddeelen des waters vrij worden.

Op dezelfde wijze als de hier beschrevene ontleding tusschen de beide polen plaats heeft, heeft er ook in elke cel van de galvanische keten eene waterontleding plaats, die nadeelig op den electrischen stroom werkt.

Indien men toch de platinaplaten *m* en *n* (zie fig. 428) van den voltameter, nadat zij tot de waterontleding eenige oogenblikken hebben gediend, van de batterij verwijderd, en vervolgens de eene plaat met het eene, de andere met het andere einde van den draad eens multiplicators in verbinding brengt, zoo doen de platen een' stroom ontstaan, de multiplicatornaald wijkt af; en daar de rigting dier afwijking ons de rigting van den stroom kan leeren kennen (zie bladz. 686), zoo be merken wij, dat deze juist de omgekeerde is van die, welke de oorspronkelijke stroom der batterij in het water des voltameters gehad heeft.

Dit verschijnsel nu, dat is de tegenkracht, welke den stroom bij de ontleding der vloeistof geboden wordt, noemt men *galvanische polarisatie* of overgangstegenstand. Men verklaart de polarisatie van de metalen daardoor, dat aan de oppervlakte van de positieve plaat *p* (zie fig. 431) zuurstof, aan de negatieve *n*, waterstof wordt verdigt of vastgelegd; beide die gassoorten bedekken de metalen platen. Deze beide stoffen zuurstof en waterstof staan nu, wat hunnen electrischen toestand betreft, in eene rigting tot elkander, die omgekeerd is aan die, waarin de beide platina poolplaten staan. De stroom van de batterij gaat nu in den sluitdraad der batterij van *a* naar *b* in de rigting der pijltjes, terwijl de stroom

Fig. 431.



tusschen de beide gas-lagen den tegengestelden weg aanneemt. Door de aangewezen galvanische polarisatie wordt het mogelijk, om uit eene enkele metaalsoort en vochtige lapjes eene electrische kolom te maken, wanneer men deze namelijk eerst met

de gewone galvanische kolom in verbinding brengt. Het zal thans geene aanwijzing behoeven, waarom de sluitdraad in eene koper-zinkbatterij van koper en niet van platina bijvoorbeeld genomen wordt. Dit zou de polarisatie bevorderen. De spanningsreeks maakt dit duidelijk. Even als het water, worden de meeste bekende zamengestelde lichamen, door een' genoegzaam sterken galvanischen stroom, ontleed. Bij de uit twee elementen bestaande

lichamen wordt een deel aan de positieve en het andere aan de negatieve pool des sluitdraads afgezet. Faraday heeft deze scheikundige werking met een tal van nieuwe namen verrijkt; wij vermelden deze, opdat de lezer, hen in andere leerboeken ontmoetende, dadelijk zoude weten, wat hij er door te verstaan heeft. De ontleding zelve dan noemt Faraday *electrolyse*, de stof, die ontleed wordt, in het bovenvermelde dus het water, de *electrolyt*, de polen van den geleiddraad of de plaatsen, waar de stroom dus in en uit de te ontlede stof (electrolyt) gaat, *electroden*; *m* en *n* in fig. 428 zijn dus de electroden; de plaats der intrede van den stroom of de positieve pool heet *anode*, de plaats waar de stroom buiten den electrolyt treedt, de negatieve pool derhalve, noemt hij *kathode*. Verder wil hij de stoffen of bestanddeelen van de ontlede electrolyten, *ionen* genoemd hebben, en wel dat, hetwelk aan de positieve pool of anode optreedt, *anion*, en dat aan de kathode vrij wordt *kation*.

Bij de ontleding der metaaloxiden (zie bladz. 46) verschijnt de zuurstof aan de positieve pool en het metaal aan de negatieve. Heeft men een poedervormig metaal-oxyde met water bevochtigd, en stelt men dit aan de werking van de galvanische keten bloot, dan treden weldra, als de kolom krachtig genoeg werkt, kleine metaalkogeltjes aan de negatieve pool uit het oxyde te voorschijn.

Door deze ontdekkingen verkreeg sedert den jare 1807 de scheikunde een geheel ander aanzien. De woorden scheikundige aantrekkingskracht en keurverwantschap (zie bladz. 46) geraken hoe langer hoe meer bij de scheikundigen in onbruik, en zoo zulks het geval niet is, zij verkrijgen zeker eene geheel andere betekenis. Alle scheikundige werkingen worden verklaard uit electrische verschijnselen. De scheikundige verbindingen, meent men, zijn alleen het gevolg van de aantrekking, die positief-electrische lichamen op de negatief-electrische, en omgekeerd, uitoefenen. Scheikundige verdeling van een ligchaam zou dus het gevolg zijn van het bijbrengen eener andere stof, die sterker positief- of negatief-electrisch is dan de in het ligchaam verbondene grondstoffen, waardoor deze uit hare verbinding worden losgerukt. Even als zink en koper, in aanraking gebragt zijnde, tegenovergesteld electrisch worden, zoo worden, naar de tegenwoordige electriciteits-scheikundige (*electro-chemische*) leer, de atomen van elke twee enkelvoudige stoffen (zie bladz. 46) tegenovergesteld electrisch, en alle elementen of grondstoffen zouden derhalve leden eener reeks zijn, gelijkvormig aan die, welke op bladz. 661 is opgegeven; boven aan die reeks staat *zuurstof*, uitmakende het negatieve einde der reeks, dan volgt *de zwavel*, daarna nog 51 andere stoffen, en onder aan, aan het positieve einde, staat het *potasch-metaal* of *potassium*.

Hoe meer de zuurstof in eene of andere verbinding de overhand heeft, hoe sterker negatief de verbinding blijft. Deze negatieve verbindingen of paren worden *zuren* genoemd. De oxyden vormen doorgaans positieve verbindingen. En wanneer nu zulk eene positieve verbinding met eene sterk negatieve verbinding weder verbindingen aangaat, krijgen deze den naam van *zouten*. Het nega-

tieve gedeelte van die verbindingsparen noemt men dan het *zuur van het zout*, het positieve de *basis van het zout*.

Door de werking der galvanische kolom ontdekte men nu ook, dat de *alkaliën*, dat zijn doorgaans zulke stoffen, die zich in water oplossen, bijtend van smaak zijn, gele planten-kleuren bruin maken, en blaauwe kleuren, die door zuren rood geverwd zijn, weder blaauw maken, zooals potasch, soda, ammoniak enz., dat deze, zeg ik, niet anders dan oxyden van metalen waren, metalen met zuurstof vereenigd, hetgeen reeds op bladz. 46 is vermeld. Zoo verkreeg men het potasch-metaal (kalium of potassium), het sodametaal (sodium of natrium). Door de sterke aantrekking van het eerstgenoemde metaal en de zuurstof, ziet men, naarmate het zich uit de potasch aan de negatieve pool in kleine metaalkogeltjes ontwikkelt, dit afgescheiden metaal, onder het vertoonen van vonken, weder verdwijnen; want in de lucht vereenigt het zich met de zuurstof en oxydeert weder, en in het water onttrekt het aan deze vloeistof de zuurstof en ontsteekt de waterstof. Men moet dus het potassium in eene vloeistof bewaren, die geene zuurstof bevat, zooals b. v. steenolie, die uit waterstof en koolstof is zamengesteld. Men leert hieruit zien, welk eene juiste plaats de zuurstof en het potassium in de spanningsreeks bekleeden, en kan er ook uit verklaren, waarom het zwavelzuur het sterkste aller zuren is.

Bij de ontleding der alkaliën, legt men de stof, bijvoorbeeld de soda, op een plaatje platina, dat met de positieve pool der batterij verbonden is, en raakt het van boven met eenen platina-draad, die de negatieve pool voorstelt, aan, wanneer na eenigen tijd de metaalkogeltjes aan den draad zichtbaar worden. Deze ontleding moet, om de bovenstaande reden, onder aardolie geschieden. Er zijn minstens 30 van de beschreven grovesche cellen noodig, om de ontleding der alkaliën tot stand te brengen.

Om zouten te ontleden lost men ze in water op, en stelt de oplossing op de bekende wijze aan den invloed van den galvanischen stroom bloot. Deze ontleding laat zich op de volgende wijze het best aanschouwelijk maken.

Men doet eene U-vormig overgebogene buis (zie fig. 432) vol met eene oplossing van glauberzout, die door een weinig malvatinctuur violet gekleurd is. Aan de eene zijde bij *p* dompelt men er den positieven, bij *u* den negatieven pool draad in; bij het sluiten van den stroom ontwikkelt zich aan beide polen gas, bovendien wordt de vloeistof aan de positieve pool rood aan de negatieve groen, een gevolg der eigenschap van het zuur en van de bases.

Wij hebben reeds meermalen gezegd, dat niet alleen in den sluitdraad der batterij een' galvanische stroom ontstaat, maar ook in de cellen zelve. Daarom moet er

ook in het vocht van deze laatste, zoowel als in de electrolyten, welke in den sluitdraad worden geschoven, eene ontleding plaats grijpen. Deze ontleding is

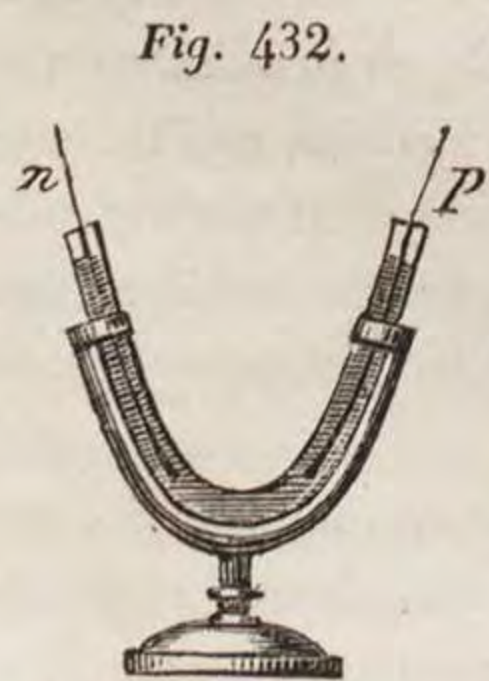


Fig. 432.

de oorzaak van de verzwakking, die de wollastonsche batterij ondergaat (zie bladz. 654). Beschouwen wij dit thans nader en onderzoeken wij, waarin eigentlijk de oorzaak der voortdurende werking eener constante batterij te vinden is.

Vooronderstelt, dat er een paar platen van zink en koper in verdund zwavelzuur gedompeld worden (zie fig. 433), even als zulks in een enkel glas van de

Fig. 433.



wollastonsche batterij geschiedt (zie ook fig. 406), en laat deze enkelvoudige keten met den koperen draad *a* gesloten worden. Door den electricischen stroom, welke nu hierin omloopt, wordt het water, dat zich tusschen de zink- en koperplaat bevindt, gescheiden: het waterstofgas wordt vrij en gaat naar de koperen negatieve poolplaat, die de stroom geheel met waterstof overdekt; daardoor wordt de vloeistof gedeeltelijk van de koperplaat afgehouden; en dewijl het koper, met waterstof in aanraking komende, negatief-electrisch wordt, zoo vernietigt deze aanraking daarenboven een gedeelte van de werking des strooms, dewijl zij eenen stroom veroorzaakt, tegengesteld aan dien, welke de aan elkander

soldering van den koperdraad en de zinkplaat voortbrengt. Nog vormt het zink, zoo als gezegd is, met het zuur, zinkoxyde, dat de plaat geheel bedekt. Is nu in den sluitdraad *a* een galvanometer geschoven, dan ziet men, dat de stroom oophoudelijk verzwakt. Die verzwakking ontstaat: 1° omdat de laag oxyde op de zinkplaat, en de laag waterstof op het koper, den geleidingstegenstand zeer vermeederen; 2° omdat het zwavelzuur des vloeibaren geleiders zich met het gevormde zinkoxyde tot zwavelzuur zinkoxyde of zinkvitriool vereenigt, dat door den stroom weder ontleed wordt; hierdoor slaat er zich zinkmetaal op het negatieve koper neder, en er ontstaat alzoo uit de aanraking dier twee metalen een tegengestelde stroom; 3° omdat, gelijk boven is aangewezen, een dergelijk verschijnsel met het koper en de waterstoflaag plaats grijpt. Men moet derhalve vooral zorgen, dat er zoo min mogelijk zinkoxyde wordt gevormd, en daar dit vermeederd wordt door de vreemde bestanddeelen, als koolstof en ijzer, die in het gewone zink voorkomen, en die toch ook met de vloeistof in aanraking zijn en de oxydatie bevorderen, zoo is het noodzakelijk om de zinkplaten te *amalgameren*, dat is met kwikzilver te bedekken. Dit geschiedt het gemakkelijkste door eerst met zeer verdund zwavelzuur het zink af te wasschen, en vervolgens over het nog vochtige metaal kwikzilver te gieten, dat men dan gelijkmatig met watten of hennip over het zink kan heenstryken of verdeelen. Door deze gelijksoortige laag wordt de aanraking der gelijksoortige bestanddeelen van het zink met de vloeistof vermeden. Zet men nu daarenboven tusschen het koper en zink eene poreuse tusschenwand, die ongehinderd den stroom doorlaat, maar uiterst langzaam de vloeistof, en als het gevormde zinkvitriool laat doortreden, zoo wordt de afzetting van het

zink op het koper aanmerkelijk vertraagd, hetgeen dus ook de werking meer standvastig maakt. Vult men eindelijk de door dezen poreuzen wand afgescheiden ruimte, waarin het koper staat, met eene oplossing van kopervitriool, zoo wordt ook de afzetting der laag waterstofgas op het koper ontweken, want daar de stroom ook deze vloeistof ontleedt, zet zich op het negatieve koper voortdurend zuiver kopermetaal af. Men ziet hier dus de geheele inrigting beschreven van de becquerelsche of danielsche constante batterij, en tevens ontvouwd, waaraan deze hunne standvastigheid te danken hebben.

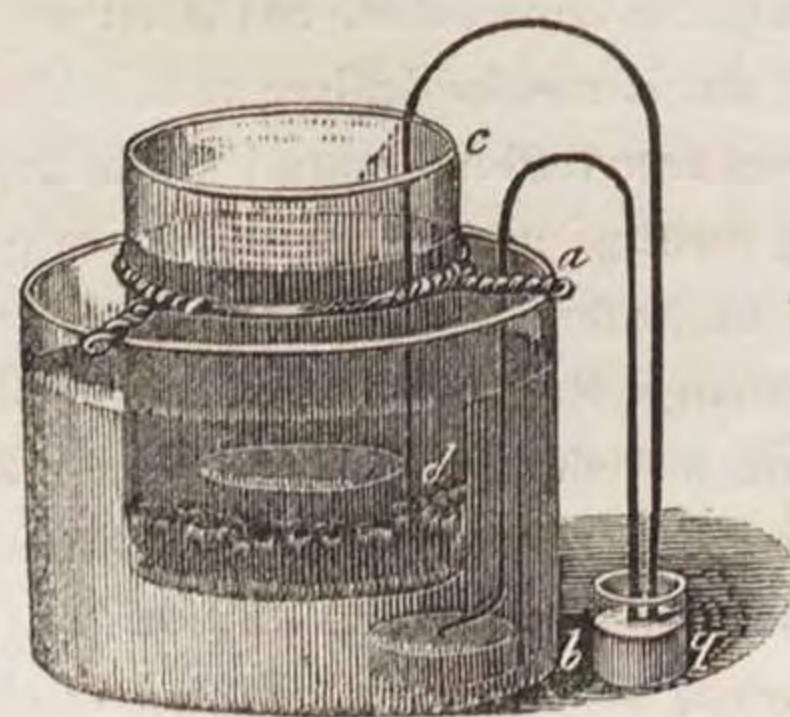
In de batterijen van Grove is het platina, en in die van Bunsen de kool, door eene laag salpeterzuur omgeven. Dit salpeterzuur verhindert de afzondering van het waterstofgas aan het platina of de kool, dewijl de afgestootene waterstofdeelen, op het oogenblik van hun ontstaan, aanstonds weder geoxydeerd worden en water vormen.

De waarschuwing moge hier nog plaats vinden, dat men vooral alle cellen eener galvanische batterij met een gelijk zuur moet vullen, en dat men ook altijd de keten met gelijksoortige cellen moet tot stand brengen. De meerdere tegenstand, die een zwakker zuur of een ongelijksoortig element aan den stroom biedt, plant zich tot al de overige voort en wordt dus zoo veel maal vergroot als het aantal cellen bedraagt.

Uit het verhandelde verklaart zich nog het volgende verschijnsel: zet in een mengsel van zwavelzuur en water eene reep zink, dan wordt (zie blz. 662) het bovenstaande deel zink negatief, en het tegen het vocht liggende deel positief electrisch; de neg. el. zuurstof vereenigt zich met het pos. el. zink en vormt zinkoxyde, terwijl de pos. el. waterstof zich in gasbellen op de oppervlakte van het zink vertoont, en daar langs ontwijkt. Zet men er nu eene reep koper tegenover, zoo brengt dit geene zichtbare werking voort. Verbindt men echter het koper door een geleiddraad *a* (zie fig. 433) dan begeeft zich het waterstofgas naar de neg. el. koperplaat, en op deze worden nu slechts gasbellen vrij.

Wij hebben daar straks gezegd, dat er zich in de keten van Becquerel koper uit de oplossing tegen den kopercilinder zet. Deze ontdekking heeft aanleiding gegeven, om ze op eene hoogst belangrijke wijze aan te wenden, welke verrig-

Fig. 434.



ting men met den naam van *galvanoplastiek* heeft bestempeld.

Deze kunst heeft ten doel, om het eene metaal zich op het andere te doen nederzetten, bij voorbeeld, om het koper zich te doen plaatsen op medailles, gedenkpenningen, munten, enz. ten einde hiervan na eenige uren de aangezette koperlaag af te ligten, die dan natuurlijk den vorm dezer penningen heeft, en om dan alzo deze voorwerpen

te kunnen vermenigvuldigen. Fig. 434 geeft eene afbeelding van een' toestel, die daartoe vrij wel geschikt is. *a b* stelt voor een glas van 1,5 tot 2 palm wijde. In dit glas hangt een tweede nauwer glas *cd*, dat geen bodem heeft, maar van onderen met eene dierenblaas wordt toegebonden. Om dit nauwe glas wordt een metalen draad vastgeklemd, voorzien van drie armen, welke op den rand van het wijdere glas liggende, het glas *cd* dragen en tevens de blaas 4 tot 5 duim van den bodem van het grootere glas verwijderd laten. Het binnenste glas wordt met zeer verdund zwavelzuur gevuld, het buitenste met eene oplossing van zwavelzuur koperoxyde (kopervitriool).

In het binnenste glas rust onder aan, op een houten kruisje, een blokje zink, waaraan een koperdraad is gesoldeerd, dat over den rand der beide glazen zich heenbuigt en in een kwikbakje *q* afdaald. In dat kwikbakje reikt een tweede koperdraad, die aan zijn ander einde den penning, of een' vorm er van draagt, welke in de koperoplossing, tot onder de blaas van het nauwere glas is gedompeld. Is het een vorm, gemaakt van eene niet geleidende stof, als was, hout of iets dergelijks, dan moet deze met eene geleidende stof bedekt zijn, b. v. met potlood.

De beschrevene inrigting laat echter veel te wenschen over; zij is ongemakkelijk te behandelen en levert doorgaans gebrekkige uitkomsten. Beter en gemakkelijker slaagt men er op de volgende wijze in: men giet een zinkcilindertje *a* (zie fig. 435) van omtrent 9 duim lengte en 2 duim middel-

Fig. 435.

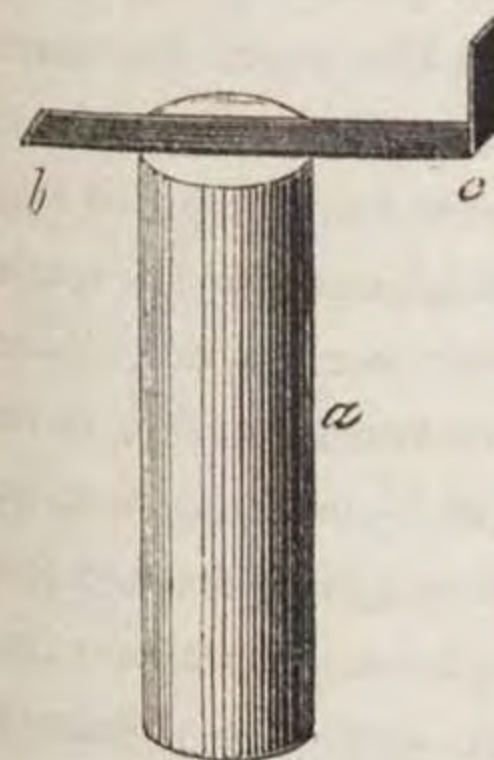
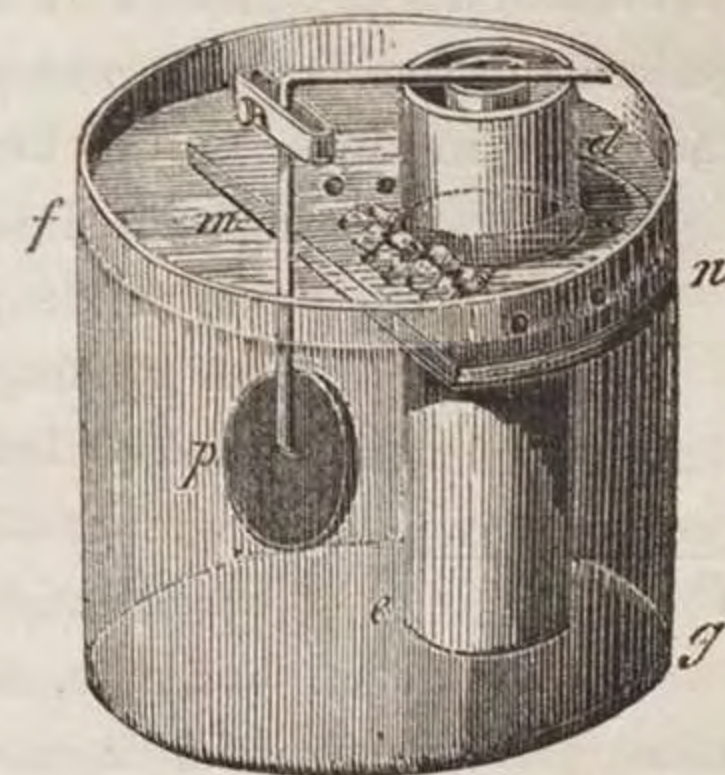


Fig. 436.

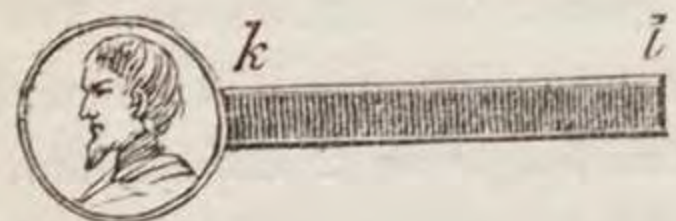


lijn, vijlt dit van boven glad af, en soldeert op deze gladde vlakte een reepje koper *bc*, van 5 tot 6 streep breedte, en 11 à 12 duim lengte. Het eene einde *c* van dit reepje koper buigt men een weinig om. Dezen zinkcilinder hangt men in een poreus potje *de* (zie fig. 436), dat weder in een wijd glas *fg* van 12 à 13 duim middellijn wordt geplaatst. In dit wijdere glas is bovenaan, door middel van kleine houten wiggetjes, een plankje *mn*, dat van gaatjes is voorzien, vastgeklemd, terwijl dit plankje nog eene grootere opening bevat, om

het potje door te laten en het stevig staande te houden. Men zij vooral indachtig dit plankje eerst dan vast te klemmen, als het met water verzadigd is. Het wijde glas bevat eene oplossing van kopervitriool, het potje zeer verdund zwavelzuur.

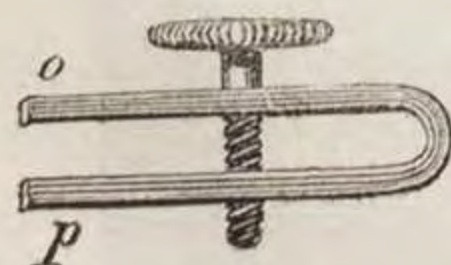
Stelt nu eens, dat wij eenen gedenkpenning willen vermenigvuldigen, en dat deze uit eene goed geleidende stof, b. v. koper, goud of zilver bestaat, zoo gaan wij op de volgende wijze te werk. Wij nemen den penning, na hem vooraf goed schoon gemaakt te hebben, zoodat er volstrekt geen roest of vetachtige stoffen op te vinden zijn, en leggen hem op een schoon papier met die zijde, waartegen wij het koper uit de oplossing willen doen nederslaan; daarna plaatsen wij op de bovenzijde een reepje koper, dat niet langer dan het zink-cilindertje, en omtrent zoo breed als het reepje koper *bc* (zie fig. 435) is; dit strookje koper bevestigen wij op den penning, door middel van een penseeltje met gesmolten hars en was, zorgende, dat de onmiddellijke aanraking tusschen het koper en het metaal van den penning zeer goed bewaard worde, en er vooral geen was tusschen de strook koper en den penning vloeije. De penning is nu toegerust, gelijk fig. 437 hem van voren gezien voorstelt. Vervolgens wordt ook de

Fig. 437.



draad *kl* zoo verre met hars en was bedekt, als wij kunnen berekenen, dat hij in de koper-vitriool oplossing zal afdalen, welke afstand uit het volgende gemakkelijk kan worden bepaald: ook de kant of de rand van den penning wordt met eene dunne laag hars en was bestreken. Op deze wijze toebereid, wordt de draad *kl* (fig. 437) met het einde *l* aan den draad *bc*, fig. 435, en wel op het opstaande deel *c* vastgeklemd tusschen de bladen *o* en *p* van een koperen klemschroefje, waarvan fig. 438 eene afbeelding op den kant gezien voorstelt. Men zorge weder, dat

Fig. 438



de beide draden op de plaats der aanraking goed zuiver zijn, en de penning met het blanke gedeelte naar het zink zij toegekeerd. De beenen *o* en *p* van het klemschroefje hebben eene breedte van 10 streep, en eene lengte van 25 streep. Dergelijke klemschroeven of, voor het bevestigen van ronde draden, geheel doorboorde cilindertjes, die twee schroefjes bevatten, welke er dwars doorheen gaan, bewijzen bij de galvanische toestellen gewigtige diensten, en kunnen meestal de in het gebruik lastige kwikbakjes vervangen, ingeval men de pooldraden eener batterij met andere draden wil verbinden. Nadat nu alzoo de zinkcilinder met den penning verbonden, en in het zwak zure vocht, dat in het poreuze potje zich bevindt, gehangen is, plaatst men het potje door de opening van het plankje *mn* (zie fig. 436) in de kopervitriool-oplossing, welke in het wijdere glas *fg* begrepen is. De elektrische stroom werkt nu op de wijze, als vroeger is vermeld, en daar die stroom zeer zwak is, omdat het verdunde zwavelzuur hem tragelijk geleidt, zoo zet zich het koper langzaam op de blanke

vlakke van den penning, en dus aan de negatieve pool neder. Na 24 uren is de laag koper dik genoeg, om haar van den penning af te nemen. De vorm, dien men alsdan verkregen heeft, en waarop al de verhevenheden des pennings verdiept zijn, kan dienen, om er weder koper op te doen afzetten, en alzoo den penning te vermenigvuldigen.

Van den poreuzen tusschenwand hangt zeer veel, wat de werking betreft, af. Deze opmerking geldt voor alle galvanische toestellen. De potten van zeer fijne pijpjaarde vervaardigd, en welker wanden zoo dun mogelijk zijn, voldoen het beste.

Bestaat het voorwerp, dat men wil vermenigvuldigen, uit geene goed geleidende stof, bij voorbeeld tin of ijzer, men kan er dan eenen vorm van maken. Daartoe voorziet men den penning met eenen opstaanden rand van papier, en giet er een weinig gesmolten was en stearine op, welke vloeistof, gestold zijnde, een fraaijen vorm geeft. Daar echter deze niet geleidend is, zoo overdekt men hem, door middel van een zacht penseeltje, met potlood. Deze vorm wordt op dezelfde wijze als de penning aan den draad vastgemaakt. Het koperdraad moet vooral met de dunne potloodlaag in aanraking zijn.

Uitmunten goede vormen maakt men ook van gutta percha, dat men eerst in kokend water zacht gemaakt heeft en dan door eene klemschroef op het te vermenigvuldigen voorwerp drukt. Ook deze worden eerst met potlood bestreken.

Er is nog niet verklaard, waarom het plankje *mn* (zie fig. 436) in het glas gevonden wordt. Het dient, om er kristallen kopervitriool op te werpen, ten einde door het wegsmelten van deze, aan te vullen, wat de oplossing aan koper verliest; want hoe meer koper zich afzet, hoe helderder de vloeistof wordt en hoe minder metaal zij dus bevat.

Men heeft in den laatsten tijd een zeer belangrijk gebruik gemaakt van de galvanoplastiek. Wij willen hier slechts één geval opnoemen.

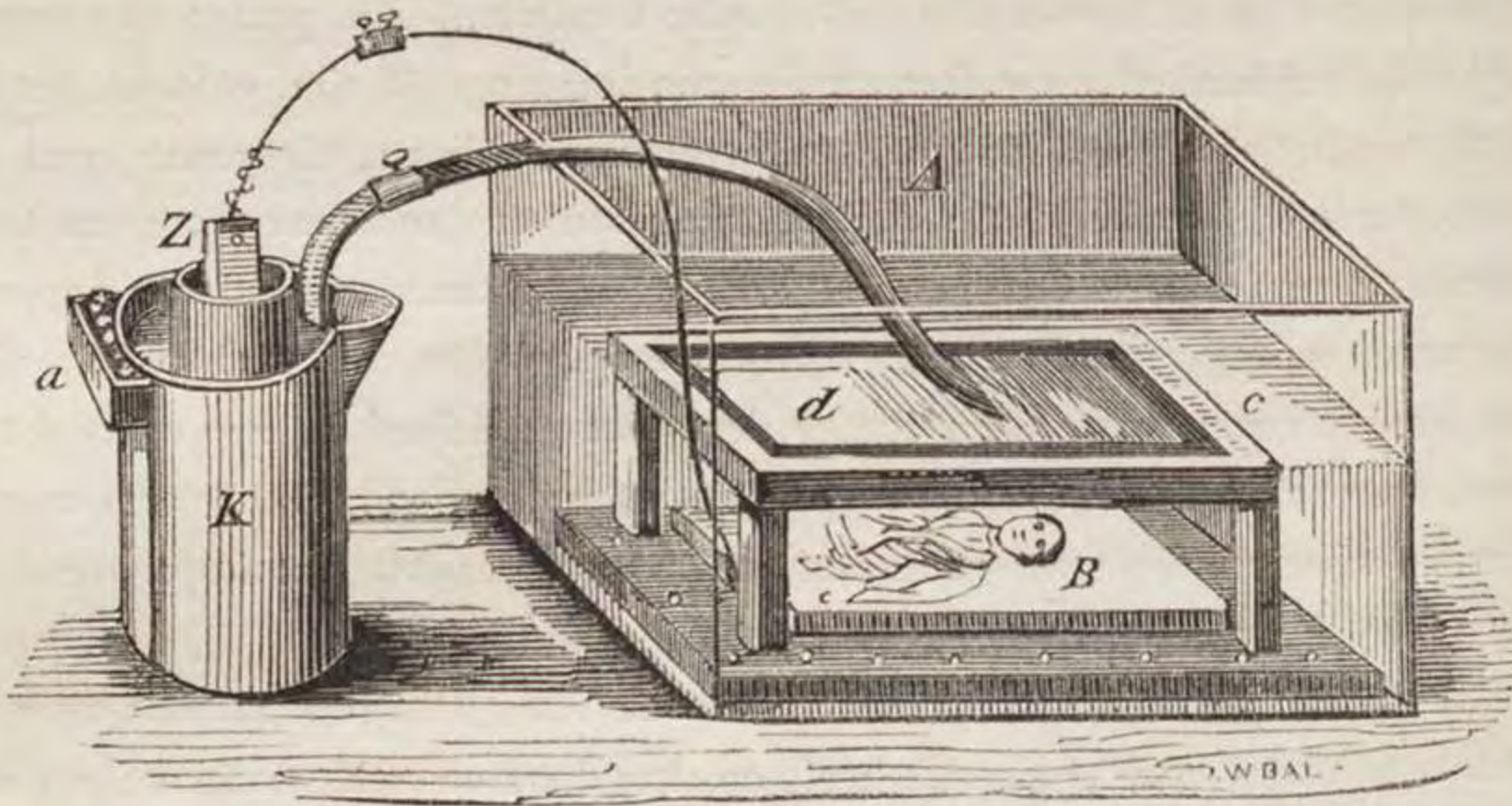
Het is den lezer zeker bekend, dat de afbeeldingen, die in dit werkje voorkomen, eerst in hout gesneden en daarna afgedrukt zijn. Nu is het te verwachten dat, indien er buitengemeen veel afdrucken worden gemaakt, de figuren, veel van hunne scherpte en juistheid zullen verliezen, ja dat zij zelfs in het vervolg, wanneer aan dit werk meer herdrukken mogten te beurt vallen, onbruikbaar zullen worden. Zulks verpligt den uitgever om de figuren op nieuw te doen snijden. Dit bezwaar kan men nu door de galvanoplastiek vermijden: men verzadigt eerst de houtplaat met olie of ook wel met water, overdekt haar met eene potloodlaag, verbindt er van achteren een reepje koper aan met hars en was, hangt haar op de voorschrevene wijze in de koper-vitriool-oplossing, en vermenigvuldigt haar zoo dikwijls men verkiest. De langs dezen weg verkregene koperplaten hebben al de scherpte en juistheid van de oorspronkelijke; enkele in dit werkje voorkomende figuren zijn op die wijze verdubbeld.

De aanwending der galvanoplastiek op de nabootsing of vermenigvuldiging van voorwerpen van kunst is reeds zeer uitgebreid. Zelfs heeft men in den laatsten tijd vruchten, insekten, ja eene spin met haar geheel netwerk ver-

koperd of verzilverd. Ook zijden stoffen en andere weefsels verkopt men.

Fig. 439 stelt voor, hoedanig men de onderscheidene deelen kan inrigten, wanneer men grootere voorwerpen of velen te gelijk wil verkoperen. Hierin verbeeldt *K* het koper, *Z* het zink element eener danielsche cel; het bakje *a*

Fig. 439.



dient, om er koperkristallen in te werpen. Bij *B* ligt het te galvaniseren voorwerp van gips, was, koper of iets dergelijks, dat, zoo noodig, door zilverblad of potlood eene geleidende oppervlakte is gegeven; rondom het voorwerp staat een houten, van boven open toestelletje *c*, waarop een dik blad koper *d* ligt. In den trog of bak *A* bevindt zich de oplossing van kopervitriool; de draad, die van het koper uitgaat, rust op het koper *d* in de oplossing, en de draad, die aan het zink is verbonden, staat met het te verkoperen voorwerp in verband. De werking is nu uit het vroeger behandelde duidelijk; van het koper *d* wordt evenzoo veel geoxydeerd en opgelost, als er op *B* wordt nedergeslagen.

Even als uit zulk eene oplossing van kopervitriool langs den galvanischen weg koper nederslaat aan de negatieve pool, zonderen zich ook andere metalen, als goud, zilver, platina, uit eene daartoe ingerigte oplossing, aan de negatieve pool af, en men kan op deze wijze andere metalen vergulden en verzilveren. Te dien einde doet men in den bak *A* de goud-, zilver-, zink-, platina oplossing of dergelijke, en vervangt de plaat *d* door eene van goud, zilver, zink, platina enz., dan blijft de oplossing hare metaalgehalte, in weerwil van het nederslaan der metalen op het te vergulden, verzilveren, verzinken of verplatinieren voorwerp. Het spreekt van zeive, dat de anode *d*, niet zulk eene groote uitgebreidheid behoeft te hebben als in de teekening is aangegeven. Een klein goud- of zilver- of platina plaatje is voldoende, om het oogmerk te bereiken.

Door de op bladz. 703 en 704 beschrevene werking van de zuurstof en de bases van een zout, kan men nog op eene andere wijze de metaalafzettingen verkrijgen. Vul een glaasje van eene wijde opening voorzien, met eene oplossing

van loodsuiker (azijnzuurloodoxyde) in water, hang aan de kurk, waarmede men de opening sluit, eene staaf van zink, dan zal zich, na men het eenigen tijd rustig heeft laten staan, het lood in fijne, sierlijke vertakkingen aan het zink nederslaan. Giet in een platina schaalje of een plaatje van dit metaal een weinig van bovengenoemde oplossing; verbindt nu het schaalje met de positieve pool van een galvanisch element, en zet de punt des negatieven pooldraads midden op de vocht oppervlakte en wel even daaronder, dan zullen er zich door het nederslaande lood op de platinaplaat fraai gekleurde ringen vertoonen, die, naar den ontdekker, *kleurenringen van Nobili* genoemd worden.

Verbindt men aan den negatieven pooldraad een plaatje platina, en aan de positieve pool een' platina draad, legt men vervolgens op het eerste een stukje papier, dat met eene oplossing van joduretum potassii of ook van gewoon bloedloozout doortrokken is, schrijft men nu met den positieven platina draad op het papier, dan zullen zich, door de afscheiding van het negatieve jodium of het ijzer in het eerste geval bruinzwarte, in het laatste blaauwe letters opdoen.

Wanneer de beide koperen pooldraden eener galvanische keten in zuur water worden gedompeld, wordt het water ontleed; het zuurstofgas zal den positieven pooldraad aangrijpen en verteeren of wegbijten, terwijl aan de negatieve pool de waterstof zal afgescheiden worden; daar zal dus de pooldraad niet door het zuur aangedaan worden, juist omdat hij negatief-electrisch is. Door die opmerking is men op het denkbeeld gekomen, om een metaal, dat door een zuur of eenige andere vloeistof wordt aangegrepen, voor dit inbijten te beschermen, en wel, door het in aanraking te brengen met een ander metaal, dat bij die aanraking positief-electrisch wordt, terwijl dus het eerste de negatieve pool van dit enkelvoudig zamenstel zal uitmaken. Zoo wordt, bij voorbeeld, als men eene zink- en koperplaat, die elkander aanraken, in een verdund zuur dompelt, het zink sneller dan het koper geoxydeerd. Men heeft daarom getracht, om de koperen platen, waarmede het hout der groote zeeschepen aan het beneden-deel van het schip bedekt is, voor het wegvreten van het zoute water te beveiligen, door de platen met zink of ijzer in aanraking te brengen. Proefnemingen hebben geleerd, dat een stukje zink, zoo groot als de kop van een' gewonen spijker, eene oppervlakte koper beschermt, die 2 tot 3 vierkante palmen groot is.

Het is den schrijver gelukt, om ijzeren kagchelpijpen, die anders om de 3 jaren moesten vernieuwd worden, gedurende meer dan 6 jaren tegen het sterk oxyderen te beveiligen, door aan de beide einden van ieder gewoon eind pijp een reepje zink van 5 duim breedte, aan de binnenzijde der pijpen vast te doen klinken. Deze en talloze andere voordeelen brengt de kennis der natuur in bedrijven en kunsten aan.

Na het afdrucken van de behandeling der scheikundige werking der voltaische kolom en dus ook van de inrigting der voltameters, ontvangt de schrijver van den heer Logeman te Haarlem een' door dien werktuigkundige uitgedachten voltameter, welks inrigting ons te doeltreffend voorkomt, om er hier geene

Fig. 440.



Deze verbindingen zijn allen door tittels aangewezen. Wanneer men nu het klokje *A* tot aan den hals met vocht vult, en een paar van de electroden, bijvoorbeeld *c* en *c'*, door de knoppen *c''* en *c''* met de polen der batterij verbindt, dan wordt het water ontleed, het knalgas verzamelt zich boven in *A* en drukt het vocht door de opening *m* van de buis *B*, die luchtdigt in den hals der flesch sluit, in die buis naar boven. De hoeveelheid van het door het gas verplaatste vocht wordt in *B* afgelezen, en daartoe is deze in kubieke centimeters of duimen verdeeld, en men ziet daarop dus dadelijk, hoeveel gas er is ontwikkeld of in de bovenruimte van *A* verzameld.

Is de buis *B* eindelijk geheel met het verplaatste vocht gevuld, dan heeft men haar slechts uit den hals op te ligten en het gas tusschen den hals der flesch en de buis door te doen ontsnappen.

Door de drie paren electroden wordt het mogelijk, om bij verschillende elec-

teekening en korte beschrijving van te geven. Fig. 440 stelt de logemansche voltameter voor. Het glazen vat *A* heeft eenen houten bodem, waarop drie paar platina electroden of poolplaten zijn bevestigd, te weten: 1° twee groote, ringvormige platen *c* en *c'*, die door middel van geleiddraden met de verbindingsknopjes *c''* en *c''* in verband staan; 2° twee plaatjes *r'* en *r''* van 15 à 20 streep breedte en 40 à 50 streep lengte, die gemeenschap hebben met de knoppen *r'* en *r''*, en 3° twee draadjes *i* en *i'* van dezelfde lengte als de plaatjes en van 1 streep dikte, die in verbinding zijn gebragt met de knoppen *i'* en *i*.

tromotoren, door het gebruik van een der paren, naar den aard des electromotors, de meest voordeelige omstandigheden voor de gasontwikkeling te verkrijgen en dit proefondervindelijk aan te toonen.

TWEE EN TACHTIGSTE LES.

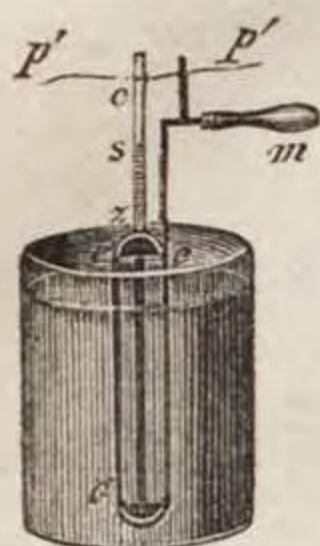
Over de galvanische licht- en warmteverschijnselen en mechanische werking des strooms.

Bij de verklaring der kolom van Volta (zie bladz. 667) en den calorimotor van Hare (zie bladz. 673) is reeds gesproken van licht- en warmte-opwekking door den galvanischen stroom; thans willen wij dit verschijnsel meer in bijzonderheden overwegen.

Op het oogenblik, dat men den sluitdraad eener voltasche batterij opent of sluit, ontstaan er schitterende vonken, die men openings- en sluitingsvonken zoude kunnen noemen, en welker sterkte volgens sommigen minder van het aantal dan van de grootte der platen afhangt, zoodat zij niet zoo zeer eene groote spanning, als wel eene groote menigte van electriciteit vorderen; door anderen wordt dit gevoelen niet zoo sterk uitgesproken, hoewel allen daarin overeenkomen, dat groote platen het licht der vonken aanzienlijk versterken. De helderheid dier vonken kan zeer vermeerderd worden, door de einden des sluitdraads, alwaar de vonk overspringt, te amalgameren; hoe langer en dikker ook de sluitdraad is, hoe schitterender de vonken zijn. Zij springen bij de gewone galvanische batterij niet, evenals bij de wrijvings-electriciteit, op afstanden over. Jacobi heeft bevonden, dat de polen van 12 grovesche cellen tot op 0,002 streep afstands kunnen gebragt worden, zonder dat er nog vonken overspringen. Gassiot heeft eene koper-zink batterij zamengesteld, die uit 3520 cellen bestond, welke cellen regenwater tot vocht bevatten. Al deze bekers waren op 44 eiken borden verdeeld, die door 4 sterke zuilen werden gedragen en volkomen door glas en vernis geïsoleerd waren. Toen de van de polen komende geleiders op ruim $\frac{1}{2}$ streep afstands gebragt waren, sloegen er vonken over. Eenmaal duurde dit verschijnsel 5 weken lang onafgebroken voort.

Is een deel des sluitdraads te dun, om de voorhanden zijnde *E* te geleiden, zoo wordt hij heet en kan zelfs gloeiend gemaakt, gesmolten en vervlugtigd worden, hangende dit van den aard des draads af. Een enkel element van de wollastonsche batterij (zie fig. 441) is reeds geschikt om het verschijnsel der gloeiing te doen optreden. In de fig. verbeeldt *c c' c* de dubbeld omgebogene koperplaat; *s* het bovendeel der zinkplaat, die tusschen het koper ligt; beide platen zijn in verdund zwavelzuur gedompeld; bij *s* is aan de zinkplaat een reepje

Fig. 441.



koper *c* gesoldeerd; *m* is het handvat, waarmede men het paar platen uit het vocht kan ligten; *p' p'* verbeeldt een' zeer korten en dunnen metalen draad.

Is deze laatste van ijzer of staal, dat veel minder goed geleidt dan koper, zoo wordt hij door den galvanischen stroom, die er door heen gaat, wit gloeiend, smelt en verbrandt onder het werpen van schitterende vonken. Is de draad van platina, een metaal, hetwelk iets beter den stroom geleidt dan ijzer, zoo wordt dit, ingeval de draad zeer dun is, schitterend gloeiend en smelt. Dit verschijnsel van gloeiing treedt telkenreize op, wanneer men het element in de vloeistof dompelt.

Daar goud veel beter dan de vorige metalen de galvanische E. geleidt, zoo moet men den draad *p' p'*, om dit metaal te doen verbranden, nog dunner maken. Goudblad verbrandt en vervliegt reeds, indien men het einde van den eenen pooldraad der galvanische kolom met goudblad bekleedt, dan met dit einde de andere pool aanraakt, en het er vervolgens een weinig van verwijderd; er springen in dat geval vonken over, die het goudblad verteeren. Zilverblaadjes leveren dergelijke verschijnselen op. Het beste gelukt deze proef, wanneer men het eene einde van den sluitdraad in een kwikbakje dompelt en aan het einde van den draad, die van de andere pool der batterij afkomt, een stukje goud- of zilverblad hangt, en daarmede de oppervlakte van het kwikzilver aanraakt.

Verbindt men aan den eenen pooldraad eene vijl, en strijkt men met eenen dunnen draad, die aan den van de andere pool afkomenden geleider verbonden is, over de vijl heen, zoo springen er schitterende vonken uit de geleiders.

Het kleinste gloeitoestelletje maakte zeker eenmaal Wollaston. Op zijne wandeling een' kennis ontmoetende, riep hij hem ter zijde, haalde eenen koperen vingerhoed uit den zak, waarin hij met lak een rolletje zink had bevestigd, deed er uit een fleschje een weinig zuur water in, en gloeide er eenen platina draad mede, die zoo dun was, als hij die toen alleen wist te maken (zie bladz. 12).

Met de reuzenbatterij van Teylers stichting (zie bladz. 678) gloeit men op eenmaal 6 meters ijzerdraad van ongeveer 2 streep dikte; 2 meters ijzerdraad van ruim 3 streep dikte, wordt er ook zeer sterk mede aan het gloeijen gebracht. Daartoe wordt de batterij eenigzins anders ingerigt, en wel tot 10 zesdubbele elementen, dat wil zeggen, (zie bladz. 695) de platen platina worden, even als de platen zink, zes aan zes aan elkander verbonden, en de verbindingsdraad van elke zes platina-platen weder met die van elke zes zinkplaten vereenigd, zoodat daardoor als het ware elke plaat der batterij zesmaal grootere oppervlakte verkrijgt, maar het aantal platen zesmaal minder wordt. Door dezelfde batterij werd 15 à 16 palm platinadraad, van 2 streep dikte, op 5 plaatsen te gelijk gesmolten, toen er de electricische stroom werd doorgeleid. Met de vermelde kleine grovesche batterij van 5 paren, kan men een eind ijzerdraad van 2 palm lengte en 0,6 steep dikte sterk gloeijen, en een stuk van hetzelfde ijzerdraad van 1,5

palm lengte smelten. De hitte, die door Teylers merkwaardige batterij ontwikkeld wordt, is zoo verbazend groot, dat, als men elken pooldraad met een' ijzeren bol van 2 duim middellijn in verbinding stelt, met de bollen de keten sluit en ze vervolgens weder iets van elkander verwijderd, het ijzer als was begint af te druipen, en de bollen binnen weinige seconden in druppels op den voet van het werktuig gevonden worden, dat tot het doen van deze proef is bestemd.

Een zeer fraai gloeiingsverschijnsel verkrijgt men, volgens aanwijzing van den heer Logeman, wanneer men een kettingje maakt met afwisselende schakels van zilver- en platinadraad, van omtrent een streep dikte; de schakels moeten 2 duim lang zijn en met oogjes in elkander grijpen. Leidt men nu den stroom daar door heen, zoo zullen de schakels van platina gloeijen, die van zilver niet (zie bladz. 714).

Bevestigt men aan ieder einde der draden, die van de beide polen eener galvanische keten uitgaan, twee stukjes kool, die in fijne punten uitloopen, en vervaardigd zijn uit dezelfde stof als de koolcilinders van Bunsen's batterij, of ook wel van de coke, die zich aan de binnenzijde der cilinders vastzet, waarin de steenkolen bij de gasfabrieken worden gegloeid, dan ontstaat er, ingeval de beide fijne koolpunten met elkander in aanraking worden gebracht, daar tusschen een zeer helder licht. Gebruikt men daartoe eene sterke batterij, bij voorbeeld 30 tot 50 paren van de batterij van Bunsen, zoo kan men de punten der stukken kool, alseenmaal de galvanische stroom overvloeit, op eenigen afstand van elkander verwijderen, en op deze wijze verkrijgt men, door de gloeiende kooldeeltjes, die van de eene pool naar de andere overgaan, het heerlijke verschijnsel van een' lichthoog.

Fig. 442.

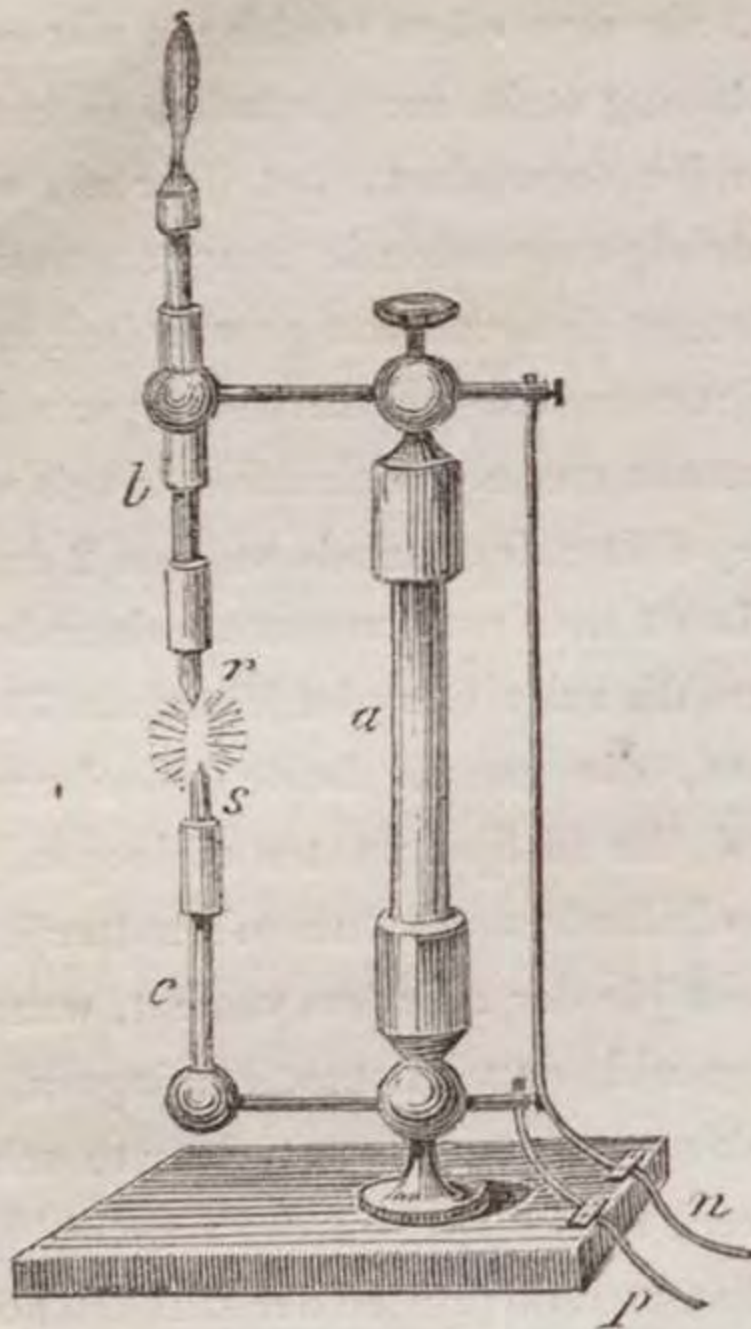


Fig. 442 is geschikt, om een denkbeeld van zulk een lichtverschijnsel te geven. *a* en *b* verbeelden de koolspitsen, *c* en *d* de geleidende houders, waaraan de pooldraden zijn bevestigd. De aanraking van de kool met de metalen bussen *c* en *d*, waarin zij bevestigd zijn, moet zoo groot mogelijk wezen, dat is, het metaal moet de kool op vele plaatsen goed aanraken.

Deze proef met de koolspitsen is inderdaad eene der merkwaardigste lichtverschijnselen, welke de galvanische keten voortbrengt.

Met de meergenoemde kleine grovesche batterij kan men twee koolspitsen, gemiddeld van ongeveer 5 streep middellijn, buitengewoon sterk gloeijen. Daartoe worden de koolspitsen in koperen buisjes geplaatst, die van houten stelen zijn voorzien, en vervolgens in die koperen busjes met een klemschroefje geleidraden bevestigd, die in de kwikbakjes, waarin de pooldraden der batterij eindigen, worden gedompeld. Door nu de bussen bij de houten stelen aan te vatten, kan men den afstand der koolspitsen naar verkiezing regelen. Gemakkelijker geschiedt dit intusschen met een toestelletje, dat fig. 443 voorstelt, want het is altijd hoogst moeilijk, om met de handen de koolspitsen gestadig regt tegenover elkander te houden. Zonder verdere

Fig. 443.

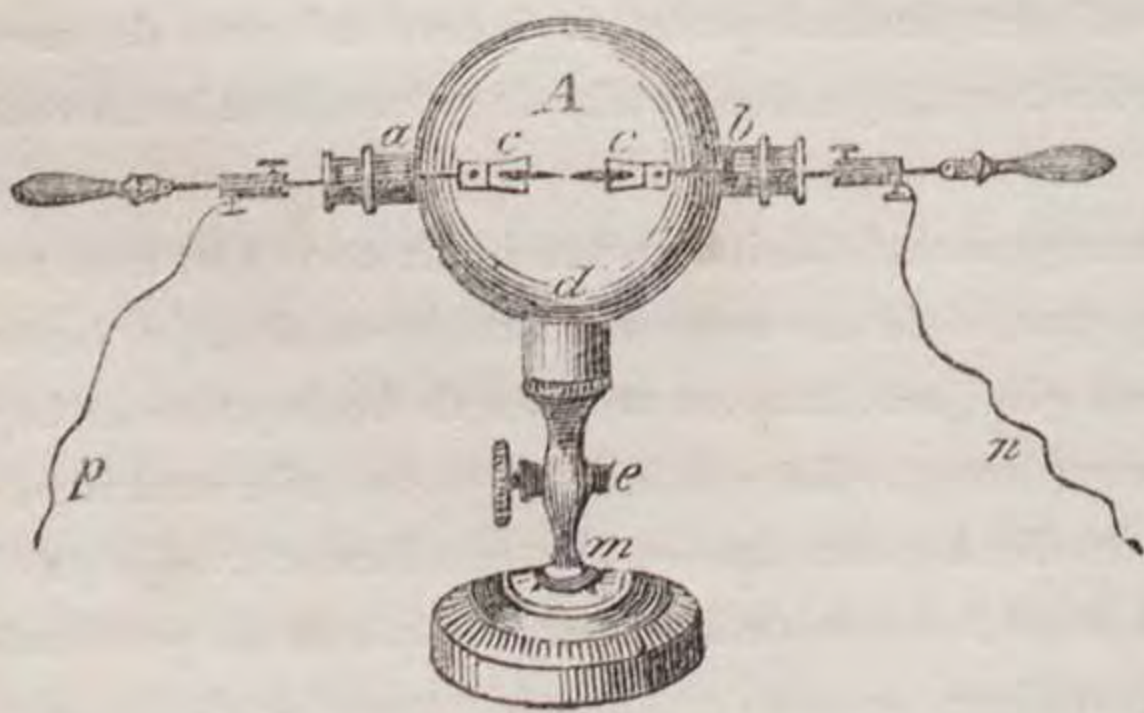


over gevoeligheid der oogen klaagden, niettegenstaande deze het licht op een afstand van 3 à 4 el, en nog wel door blaauw of groen glas beschermd, hadden opgevangen.

Casselmann vond de lichtsterkte der kolenspitsen, bij aanwending van 44 bunsensche elementen, gelijk aan 1171 stearine-kaarsen. Fizeau vond bij 46 elementen het licht 34 maal zoo groot als het drummondsche kalklicht.

Fig. 444 maakt aanschouwelijk op welk eene wijze men het elektrische kolen-

Fig. 444.



licht in het luchtledige kan voortbrengen. De glazen bol *A* is op drie plaatsen *a*, *b* en *d* doorboord. Door de twee over elkander staande openingen *a* en *b* gaan dikke draden van rood koper, die in de busen *a* en *b* luchtdigt verschuifbaar zijn. De bol wordt door middel der buis *d m*, welke op de plaat der luchtpomp wordt geschroefd, luchtledig gemaakt, en dan door middel der kraan *e* gesloten. Bij *c* en *c'* zijn de koolspitsen bevestigd. *p* en *n* verbeelden de pooldraden der batterij.

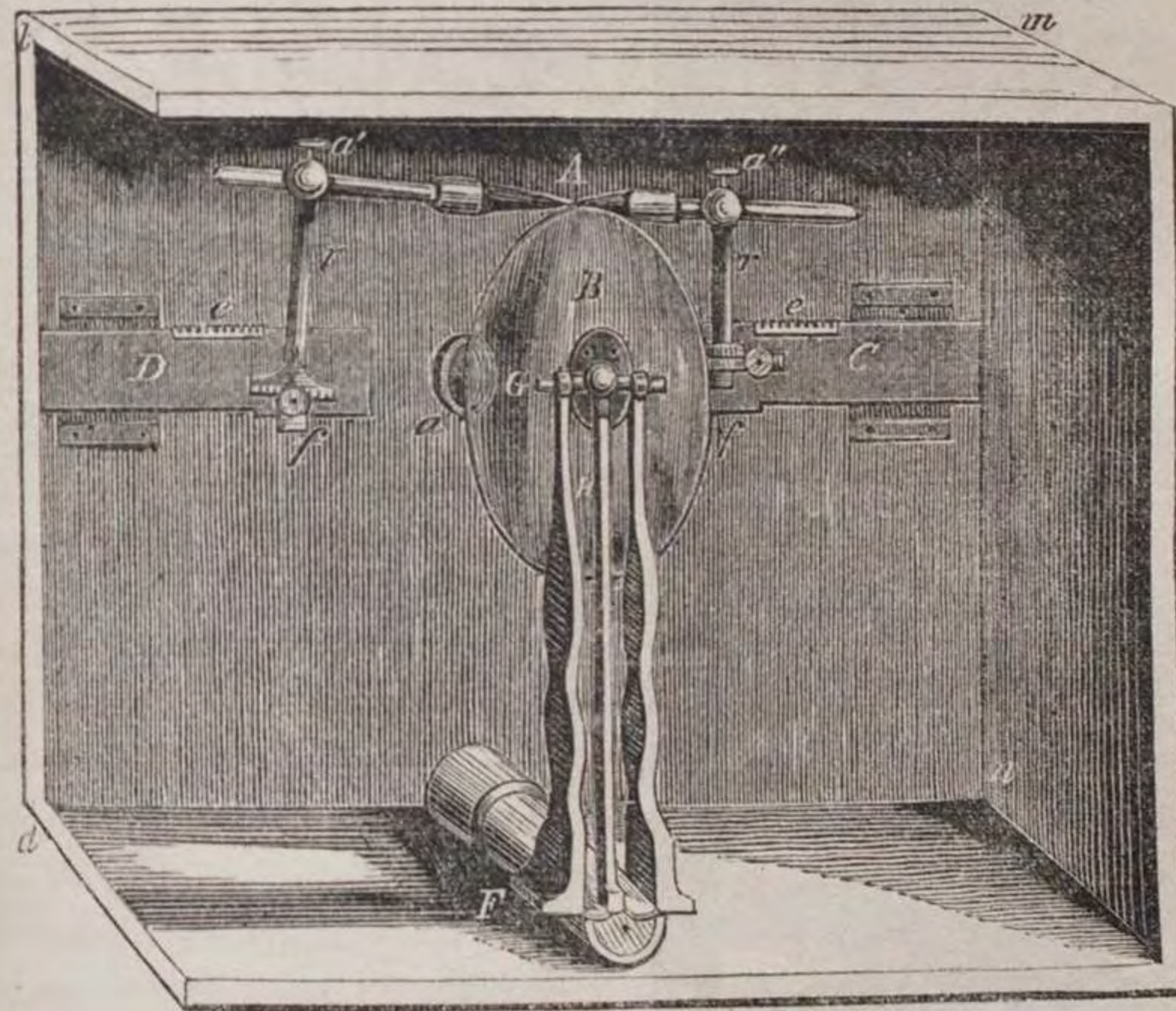
Daar dit licht, gelijk gezegd is, het bekende drummondsche kalklicht verre

verklaring zal men deze figuur goed begrijpen. *n* en *p* verbeelden de pooldraden; *a* is van glas; *b* en *c* zijn geleiders; *r* en *s* stellen de koolspitsen voor.

Met Teylers batterij gloeit men twee kegelvormige koolspitsen, die gemiddeld 2 duim middellijn hebben. De inrigting daartoe zullen wij zoo aanstonds leeren kennen. Deze koolspitsen kunnen zelfs 2 à 3 duim van elkander verwijderd worden, zonder dat het licht zijne kracht verliest; in het luchtledige kan men den afstand der stukken kool, nadat deze met elkander in aanraking zijn geweest, zelfs nog aanmerkelijk vergrooten: men ziet in dat geval eenen ongewoon glansrijken lichtboog. Het licht is bij deze gloeiing zoo verblindend sterk, dat sommige dergenen, welke eene dusdanige proef in Teylers museum bijwoonden, den volgenden dag nog

weg in sterkte overtreft, zoo kon de aanwending van het laatste boven het eerste niet achterwege blijven; werkelijk ontstond er spoedig, in plaats van het kalklicht- of zonnlicht-mikroskoop (zie bladz. 415), een electrisch licht-mikroskoop. De heer Logeman vervaardigde voor Teyler's museum zulk een werktuig. Door medewerking van den zamensteller kunnen wij hiervan eene teekening overleggen, en doen dit vooral daarom, dewijl, voor zoo verre ons bekend is, zulk eene teekening nergens dan zeer gebrekkig gevonden wordt. Fig. 445 (zie ommezijde) stelt het werktuig van buiten gezien, in zijn geheel voor; fig. 446 maakt het

Fig. 446.



inwendige zichtbaar; men moet bij deze laatste teekening zich voorstellen, van de achterzijde in de kast *acdb* te zien, zoodat men in beide figuren dezelfde zijde *bdnm* waarneemt, doch in fig. 445 aan de buiten- of voorzijde en in fig. 446 aan den binnen- of achterkant. In fig. 446 is met eene kleinere letter aangeduid, wat in fig. 445 door eene hoofdletter wordt aangewezen.

De beide koolspitsen bevinden zich in *A* (zie fig. 446), en zijn begrepen in twee zware koperen busen *a'* en *a''*, die weder door middel van andere armen *r* en *r'*, aan de stangen *C* en *D* zijn bevestigd. Op deze stangen *C* en *D* werken in *e* en *e'* twee rondsels, die door de knoppen *E* en *E'* (zie fig. 445) buiten aan de kast kunnen worden omgedraaid, en die derhalve de stangen *C* en *D*, en dus ook de koolspitsen *A*, nader tot elkander kunnen voeren. Deze spitsen kan men verder ook nog, ieder afzonderlijk, bij *f* en *f'* (zie fig. 446) door middel van de knoppen *F* en *F'* (zie fig. 445) buiten de kast bewegen, en wel de eene koolspits *a'* in een vertikaal en de andere *a''* in een horizontaal vlak. Deze drierlei

Fig. 445.



bewegingen der koolspitsen, door middel der knoppen *E*, *E* en *F*, *F*, is vooral noodig, omdat de kool bij het gloeijen niet gelijkmatig, maar aan de eene zijde dikwijls meer dan aan de andere verteert.

Het licht, dat nu tusschen de koolspitsen *A* ontwikkeld wordt, door de knoppen *x* en *x* (zie fig. 445), en dus ook de bussen *a'* en *a''*, met de polen der batterij in verband te stellen, wordt door den hollen spiegel *B* (zie fig. 446), dien wij in de fig. aan den achterkant verbeelden te zien, teruggekaatst naar de opening *a*, die eene buis bevat, welke door den wand *b d n m* van de kast heen gaat, en vóór welke buiten aan de kast de buis *A* is geplaatst, waarin door middel eener veer, de voorwerpen, die men wil vergrooten, worden vastgeklemd. Om te weeg te kunnen brengen, dat het brandpunt van den spiegel *B* juist valle op het voorwerp in *A*, is de spiegel op twee wijzen beweegbaar: ten eerste voor- en achterwaarts, door te draaijen aan den knop *B* (zie fig. 445) buiten aan de kast, waardoor de geheele buis *C* (zie fig. 445) of *F* (zie fig. 446) met den spiegel en al verplaatst, en dus de afstand van het brandpunt bepaald wordt, en ten tweede om eene as *G* (zie fig. 446), ten einde den spiegel zóó te kunnen rigten, dat de vereenigde stralen juist door de buis *a*, en dus niet te hoog of te laag vallen. Deze laatste beweging geschiedt, door weder buiten de kast te draaijen aan den knop *D* (zie fig. 445), welke beweging wordt overgeplant op de staaf *H* (zie fig. 446).

Verder is de buis *G* (zie fig. 445), waarin de vergrootende achromatische lens is geplaatst, benevens de blinding *H*, die de buiten gelegene lichtstralen afkeert, ook door rondsels beweegbaar op de stang *I*, buiten aan de kast. Tegen over de blinding *H* staat eene buitengewoon groote, mat geslepene glazen ruit, waarop de voorwerpen, die in den voorwerpdrager *A* begrepen, door de koolspitsen *A* buitengewoon verlicht, en door de lens in den lensdrager *G* aanzienlijk vergroot zijn, worden afgebeeld. De kast is verder van binnen van zeer dikke, kurken wanden voorzien, ten einde de ongeloofelijke hitte deze niet zou beschadigen; de verhitte lucht en de dampen ontwijken door het schoorsteentje *K*. Om de hitte der koolspitsen nog meer te veronzijdigen, welke hitte anders de voorwerpen in *A* niet alleen verlichten, maar ook verschroeijen zou, plaatst men vóór den spiegel een' bak met loodregt staande glazen wanden, die gevuld wordt met eene oplossing van aluin; hierdoor worden de warmtestralen opgeslorpt en de lichtstralen doorgelaten.

De lade *P* dient, om er verschillende voorwerpen in te bergen.

Ziedaar de beschrijving van dit uitmuntend zamengesteld en allernuttigst werktuig, hetwelk reeds gediend heeft bij de voorlezingen over de natuurkunde, welke de hoogleeraar van Breda, directeur van Teylers museum, jaarlijks in de stichting van Teyler houdt. De fijnste en teederste voorwerpen worden door dit mikroskoop beter, d. i. scherper en duidelijker, dan door eenig ander lichtmikroskoop vergroot op het matte glas afgebeeld. Zoo kan men, om iets te noemen, door dit werktuig de dwarsstreepjes op de, voor het bloote oog bijna

onzichtbare, pluimpjes der vleugelen van het gewone schietmotje duidelijk in het beeld onderscheiden, en de helderheid, waarmede de kleuren worden teruggegeven, grenst aan het wonderbare. Van de uitwerking van het licht op de oogen hebben wij reeds iets gezegd; vooral verdient het nog opmerking, dat dit werktuig de fraaije figuren, door de polarisatie van het licht in kristallen voortgebracht, en de werking der lichtende koolspitsen zelven vergroot, op het matte glas naauwkeurig te beschouwen geeft.

De vermelding van het verblindende licht door de koolspitsen te weeg gebracht, heeft ongetwijfeld bij den lezer het vermoeden opgewekt, dat van dit verschijnsel tot algemeene verlichting zou gebruik kunnen gemaakt worden. Werkelijk heeft men reeds mijnen, en in Engeland een gedeelte van Londen, met daartoe door Straite en Foucault aangewezen inrigtingen, weten te verlichten. Ook de heer Logeman maakte eene voor het electrisch licht bestemde lamp, die uitnuntend voldoet. De stroom gaat daarbij eerst door de elkander rakende koolspitsen, en zoodra dit geschiedt, trekt hij ze, door eene bijzondere inrigting, op den voor het licht meest voordeelligen afstand van elkander; zoodra die afstand te groot wordt, voert de werking des strooms de koolspitsen weder digter aaneen. Het licht blijft daardoor standvastig gelijk. Met deze lamp werden in Teylers stichting, door middel van een flintglasprisma, de frauenhofersche strepen in het spectrum (zie bladz. 389) zeer goed zichtbaar gemaakt. Deze strepen verschilden natuurlijk van die, welke bij zonnelicht voorkomen. Wanneer men ongelijksoortige metalen met de kool verbranden liet, dan vertoonden zich in het spectrum verschillende, voor elk metaal van elkander onderscheidene strepen, die voor hetzelfde metaal altijd standvastige stelsels opleverden. Gebruikte men twee onderscheidene metalen te gelijk, of eene menging van deze, zoo deden zich de beide tot die metalen behorende strepen te gelijk voor; zoodat het op deze wijze zou kunnen mogelijk worden, om de metalen, in een mengsel voorkomende, daaruit te kennen. Ook de hoogleeraar van Rees te Utrecht maakte met dit licht al de vroeger vermelde eigenschappen des lichts aanschouwelijk.

De hitte, door den galvanischen stroom op deze wijze voortgebracht, is zoo groot, dat men er diamant en kool door heeft weten te smelten.

Verder achten wij het volgende met betrekking tot het lichtend en verwarmend vermogen des galvanischen strooms vermeldenswaardig.

1°. De positieve pool bezit eene hoogere temperatuur dan de negatieve.

2°. De lichtboog ontstaat tusschen de koolspitsen niet, dan nadat deze laatste eerst elkander hebben aangeraakt. Hij ontstaat insgelijks, wanneer men tusschen de elkander niet rakende koolspitsen de electrische vonk eener sterk geladene leidsche flesch laat overspringen.

3°. De kooldeeltjes worden in den lichtboog in alle rigtingen heen geworpen. Beide de stukken kool verliezen aan gewigt; dit is door den hoogleeraar van Breda bewezen; deze geleerde helt intusschen tot het gevoelen over, dat de negatieve pool meer verliest dan de positieve. (Mechanische werking).

4°. De lichtboog wordt door een' magneet, die in zijne nabijheid wordt gebracht, merklijk van rigting veranderd.

5°. Wanneer men den stroom door het plotseling afbreken van den gesloten geleiddraad opent, ontstaat er, zooals bekend is, eene vonk. Bij aanwending van 30 kleine grovesche cellen is deze reeds zoo groot als eene erwte; hij is dan vergezeld van een goed hoorbaar sissend geluid. Geschiedt echter dit afbreken tusschen de beide polen van den op bladz. 573 afgebeelden, grooten hoefmagneet, terwijl deze sterk magnetisch is, zoo wordt het sissend geluid helder klappend, ja gelijk aan het klappen van een' grooten stalzweep. Dit verschijnsel is het eerst door Page ontdekt, en wordt naar hem ook *de vonk van Page* genoemd.

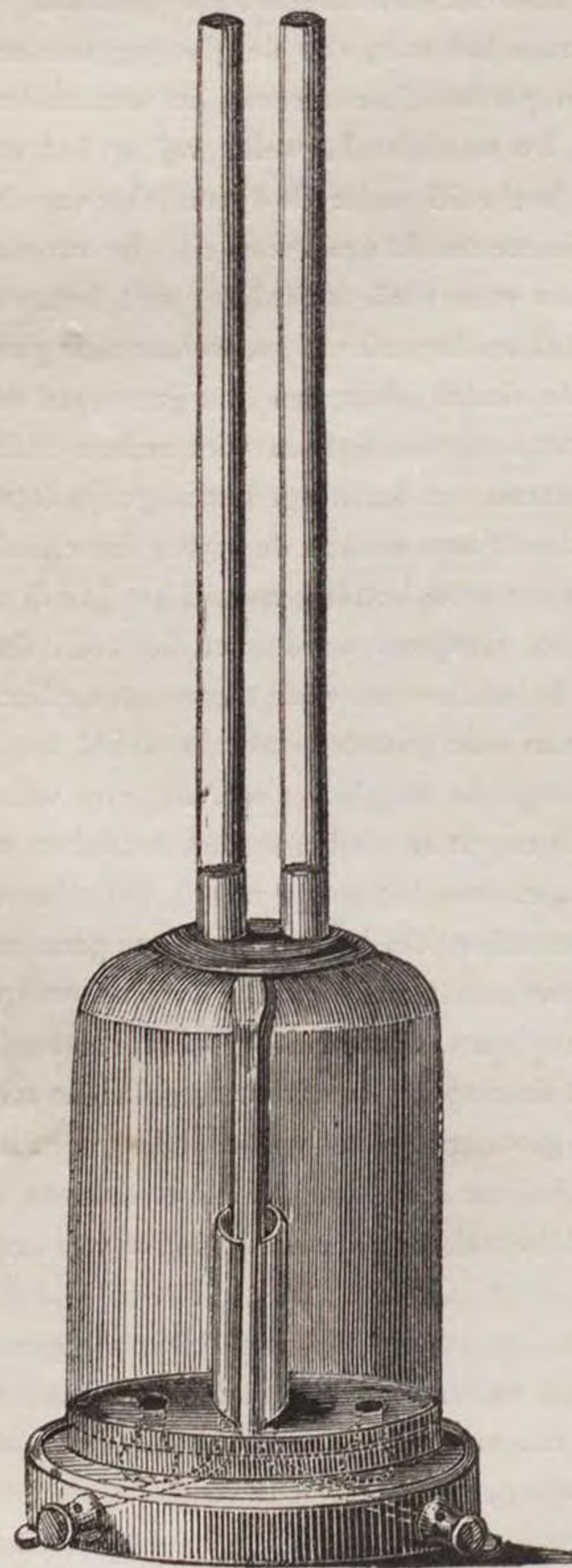
Wij mogen verder niet onvermeld laten het nut, dat de gloeiing van een' slechten geleider, door middel van den galvanischen stroom, in verscheidene opzichten reeds heeft te weeg gebracht. De nuttigheid, welke wij op het oog hebben, bestaat in het ontsteken van buskruid onder de oppervlakte van den vasten aardbodem, of onder water. Hiertoe maakt men eenen cilinder van dun metaal of van glas, maakt dien aan het eene einde luchtdigt, vult hem met buskruid, plaatst er vervolgens twee stukken koperdraad in, welker eene paar, eenige strepen van elkander verwijderde einden, door een dun ijzerdraad verbonden zijn, dat alzoo te midden van het buskruid ligt, en wier andere einden buiten den cilinder reiken, en sluit daarna ook luchtdigt het nog ongeslotene einde van den gevulden cilinder. Verbindt men nu aan de buiten den cilinder reikende draden de pooldraden eener galvanische batterij, zoo zal het ijzerdraad in den cilinder, bij sluiting des strooms, gloeiend worden, en het kruid doen ontploffen. Men kan natuurlijk den op de beschrevene wijze toegerusten cilinder plaatsen, waar men verkiest, en hem van eene grootere massa buskruid omringen, dat bij de gloeiing des draads insgelijks ontploffen zal. Afgezien van de voordeelen, die de krijgskundige hierin meent te vinden tot het ontsteken van kruidmijnen ten verderve des vijands, en van het gewin in tijd, dat men verkrijgt, indien men de steenmassaas in den schoot der bergen van haren grooteren stam kan doen losscheuren, bepaal ik uwe aandacht slechts bij datgene, waarop de heer van Geuns te Haarlem het ontsteken van buskruid op groote afstanden onder water heeft toegepast, n.l. op het doen springen van zwaar geladene schepen, die in de nabijheid der kusten zijn gezonken, en tot welke lading men met de duikerklok geen toegang kan verkrijgen, alvorens men het dek van het schip en de massaas zand, die het wrak bedekken, door het springen van kruid heeft weten te verwijderen.

Genoemde heer heeft gedurende eenige jaren, met het schoonste gevolg van de ontsteking van vaatjes buskruid onder water gebruik gemaakt, tot het uit elkander slaan van wrakken, om zoodoende, door middel van zijnen duikertoestel en duikers, de lading der schepen gedeeltelijk te redden.

Door aanwending van de bekende 5 grovesche elementen kan men op honderd el afstands, en dus met een' gesloten draadkring van twee honderd el, nog een

draadje aan het gloeijen brengen, en alzoo de ontploffing onder water doen plaats grijpen. Wanneer men alzoo eene hoeveelheid buskruid van slechts één kilogram goed in een stevig vaatwerk besloten, onder water ontsteekt, zooals ongeveer twee jaren geleden bij de eerste proef, die de heeren Logeman en van Geuns in het Buitensparen nabij Haarlem namen, plaats had, dan ziet men, zegt de heer Logeman, een kortdurend, maar misschien daarom nog te indrukwekkender, prachtig verschijnsel. Zoodra aan land de keten gesloten wordt, geraakt voor een oogenblik het water in hevig golvende beweging; daarna verheft zich eene

Fig. 447.



waterkolom van wel twee el hoogte en ruim eene halve el middellijn regtstandig omhoog; vervolgens verdeelt zich deze kolom van boven koepelswijze, en eindelijk stijgt uit het midden de witte damp van het kruid opwaarts.

De *mechanische* werking van den galvanischen stroom is weinig betekenend, omdat men nimmer zulk eene groote massa *E* op eenmaal kan doen overstromen als bij de ontlading eener leidsche flesch. Een belangrijk verschijnsel van de werktuigelijke kracht des strooms zien wij in het bovengenoemde overvliegen der kooldeelen; hij stelt dus de stoffen, door welke hij loopt, in beweging, en tracht ook de druipbare vloeistoffen, die in zijnen weg zijn gesloten, uit elkander te doen gaan; vooral is in dit opzigt zeer merkwaardig de overgang, dien men bij zekere vloeistoffen van de positieve naar de negatieve pool ontdekt, wanneer men er den stroom door henen leidt. Fig. 447 beeldt een toestelletje af, dat door Logeman is uitgedacht, en waarin reeds door 3 à 4 kleine grovesche cellen het transport of den overgang der vloeistof wordt zichtbaar gemaakt. Het bestaat uit een eenigzins cilindervormig glaasje van boven door een koperen plaatje gedekt, waarin twee volmaakt even wijde, en omstreeks 2 palm lange glazen buisjes waterdicht zijn bevestigd. De

bodem van het glaasje bestaat uit hout, waarin twee openingen zijn geboord, die ook in de teekening zichtbaar zijn, en welke dienen, om er het glas door met water te vullen; is dit geschied, zoo worden zij met een paar kurkjes gesloten. Alvorens de houten bodem op het glas waterdicht wordt bevestigd, is het glazen cilindertje, door middel van een poreus tusschenschot, in twee gelijke afdeelingen verdeeld; die poreuze tusschenwand is weder waterdicht tegen de wanden van het glas bevestigd. De bodem wordt nu nog van twee opstaande, eenigzins omgebogen platinaplaatjes voorzien, die door middel van in het hout gewerkte koperdraden gemeenschap hebben met de beide verbindingsknopjes, welke in den voet zichtbaar zijn gemaakt. Wordt de bodem onder aan den cilinder bevestigd, dan reikt er in elke afdeeling een platinaplaatje; de knop links heeft nu met de linker, die regts met de rechterafdeeling van het glas gemeenschap. Is nu het glas geheel met water gevuld, zoodat het eenigermate in de opstaande buisjes zichtbaar is, en verbindt men daarna de beschrevene knopjes met de polen eener batterij, dan zal, al bestaat deze laatste slechts uit 3 à 4 cellen, het water uit de eene helft in de andere door den stroom worden overgevoerd, en wel van den positieven of platina pooldraad naar den negatieven of zinkdraad; die overgang kan al zeer spoedig aan den stand des waters in de beide buisjes van het *transportwerktuigje* worden waargenomen. Met 40 cellen van Teylers batterij zag de schrijver in elke minuut 21 kubieke duimen zuiver water overgaan. Ook koper- en zinkvitriool-oplossingen worden overgevoerd, alcohol veel sterker dan deze, maar verdund zwavelzuur in een veel minderen graad dan zuiver water. De tusschenwand kan uit blaas, gips, of gebakken aarde bestaan.

De volgende waarheden verdienen hierbij nog vermelding:

- 1°. De hoeveelheid der in gelijke tijden door den stroom overgebrachte vloeistof is evenredig aan de sterkte des strooms.
- 2°. Deze hoeveelheid is onafhankelijk van de grootte en dikte des tusschenwands, als voor het overige alles gelijk blijft.

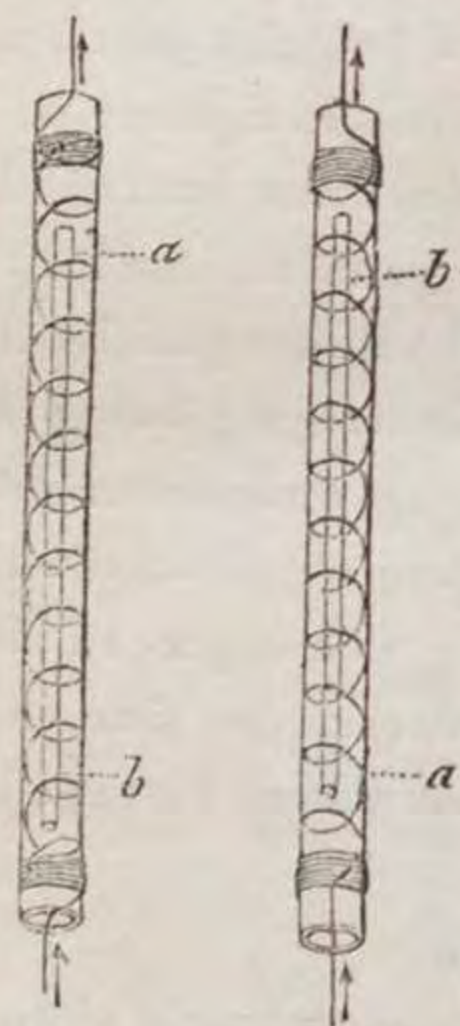
DRIE EN TACHTIGSTE LES.

Magnetische werking van den galvanischen stroom. Toepassingen van deze eigenschap des strooms. Electro-magnetische telegraphen en uurwerken.

Wij hebben op bladz. 684 en vervolgens gezien, dat de electriche stroom invloed uitoefent op de magneetnaald en dus op magnetismus, dat reeds vooraf tot stand gebragt is; maar die stroom is ook in staat om in lichamen, die voor opwekking van magnetismus vatbaar zijn, deze kracht te voorschijn te roepen. Wij hebben reeds op bladz. 639 bij de wrijvings *E* door eene proef

bewezen, dat de ontlading der leidsche flesch ook het vermogen bezit, om staal magnetisch te maken, en in dit opzigt komen dus de wrijvings- en galvanische *E* al weder met elkander overeen. Reeds de indompeling in ijzervijsel van een' sluitdraad eener batterij, waardoor een genoegzaam krachtige stroom wordt geleid, bewijst de magnetische werking der *E*; want het ijzervijsel blijft aan den draad hangen, zoolang de stroom voortduurt. Ook kan men op gelijke wijze als op bladz. 639 is vermeld, kleine staalnaalden door een' zeer zwakken stroom blijvend magnetisch maken. Daartoe windt men weder een koperdraad om eene glazen buis (zie fig. 448 en 449) en leidt door die om-

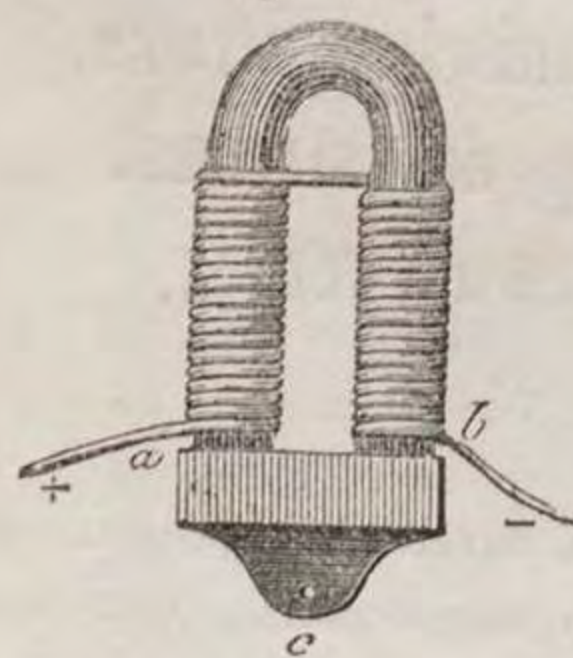
Fig. 448. Fig. 449



windingen den stroom heen. Uit de pijltjes in beide figuren blijkt, dat in de eene (fig. 448) de stroom in de rigting van de wijzers eener klok de omwindingen doorloopt, wanneer men namelijk het einde *b* naar zich toe keert, en in de andere juist eenen omgekeerden weg volgt. Indien men zich nu aan dat einde van den spiraal draad plaatst, van waaruit gezien de stroom in de omwindingen rondloopt, volgens eene rigting, die met de beweging van den uurwijzer eener klok overeenkomt, zoo zal het naar ons toegekeerde einde van het ijzer of staal de zuidpool zijn, dat is, het einde uitmaken, hetwelk zich van de vrij zwevende naald naar het zuiden zal rigten. In fig. 448 zal dus *b*, in fig. 449 *a* de zuidpool van de naald worden. De bovenstaande wet is bijna eensluidend met die van Ampère (zie bladz. 685).

Men kan op eene overeenkomstige wijze uit zacht ijzer, door middel van den galvanischen stroom, tijdelijke magneten vormen, die, omdat zij door de electriciteit magnetisch worden gemaakt, den naam van *electromagneten* verkrijgen, en die verreweg de staalmagneten in vermogen overtreffen. De wijze, op welke dit geschiedt, is door fig. 450 aanschouwelijk gemaakt.

Fig. 450.



geduid, dan vormt zich ook bij *a* de noord- en bij *b* de zuidpool. Fig. 451 dient, om de wet der polariteit voor alle dergelijke gevallen aanschouwelijk te maken.

Een met zijden of katoen overtrokken, liefst dik roodkoperdraad wordt om een rond, tot den vorm van een hoefijzer omgebogen, stuk ijzer gewonden, zoodanig, dat de schroefvormige omwindingen digt tegen elkander liggen, en op beide beenen van den hoef altijd denzelfden weg omgaan.

Door het bekleeden van den draad met zijde kan vooreerst de stroom niet in het ijzer overgaan, en ten andere is hij genoodzaakt den geheelen draad te doorloopen. Treedt nu de positieve stroom bij *a* in, zooals door het teeken $+$ is aan-

Fig. 451.

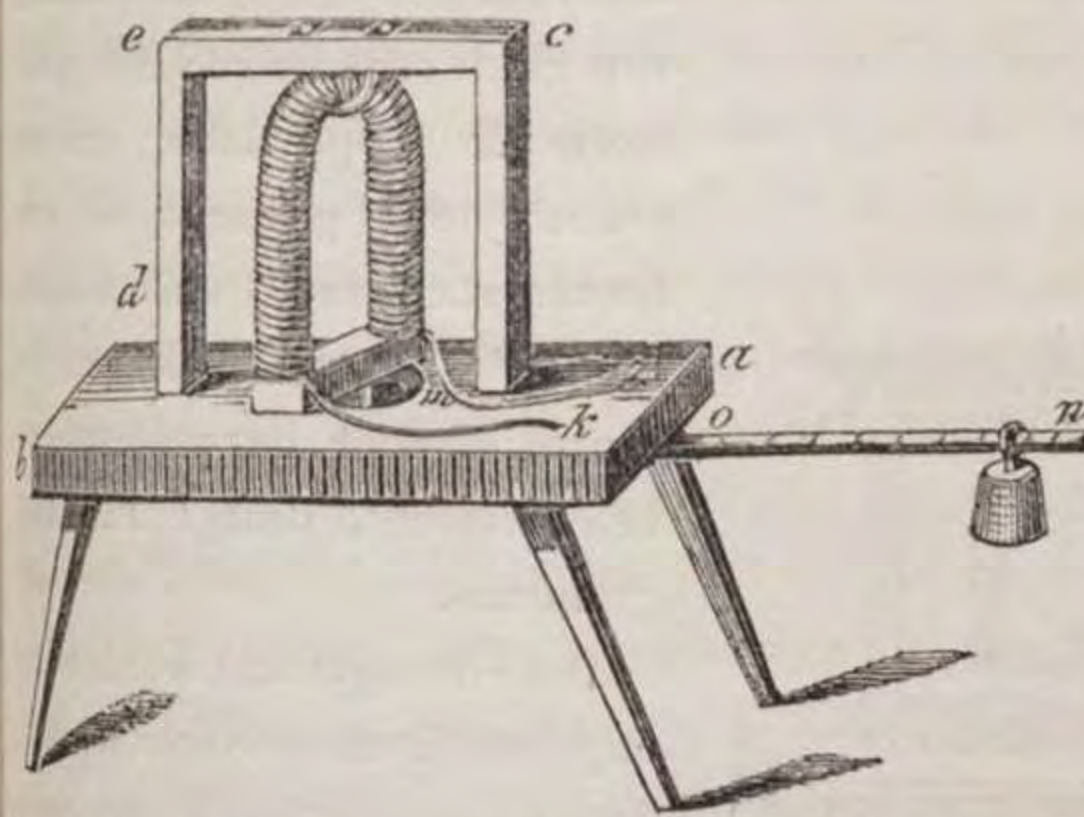


De pijlen stellen de rigting van den stroom rondom elk been van den hoef voor; de letters *Z* en *N* duiden aan, welke polen zich in ieder been vormen. Het spreekt van zelf, dat men bij den electromagneet, door middel van een week ijzeren anker *c*, dat door de beide polen sterk wordt aangetrokken, ook even als vroeger is aangeduid, kan bepalen, hoeveel gewigt zulk een hoef kan dragen.

Zeer geschikt en eenvoudig ingerigt is het toestelletje, dat de schrijver in den constructie-winkel te Delft tot bepaling van het draagvermogen eens electromagneets vond.

ab (zie fig. 452) is een stevig plankje, waarop een dwarsbalkje *ce* is bevestigd,

Fig. 452.



aan hetwelk door middel van een' koperen beugel, wiens uiteinden in het balkje *ce* zijn vastgeschroefd, de hoef hangt. Het tafeltje *ab* heeft in het midden eene opening *m*, door welke de haak, die aan het anker verbonden is, heengaat; die haak reikt tot onder de plank *ab*, vattende

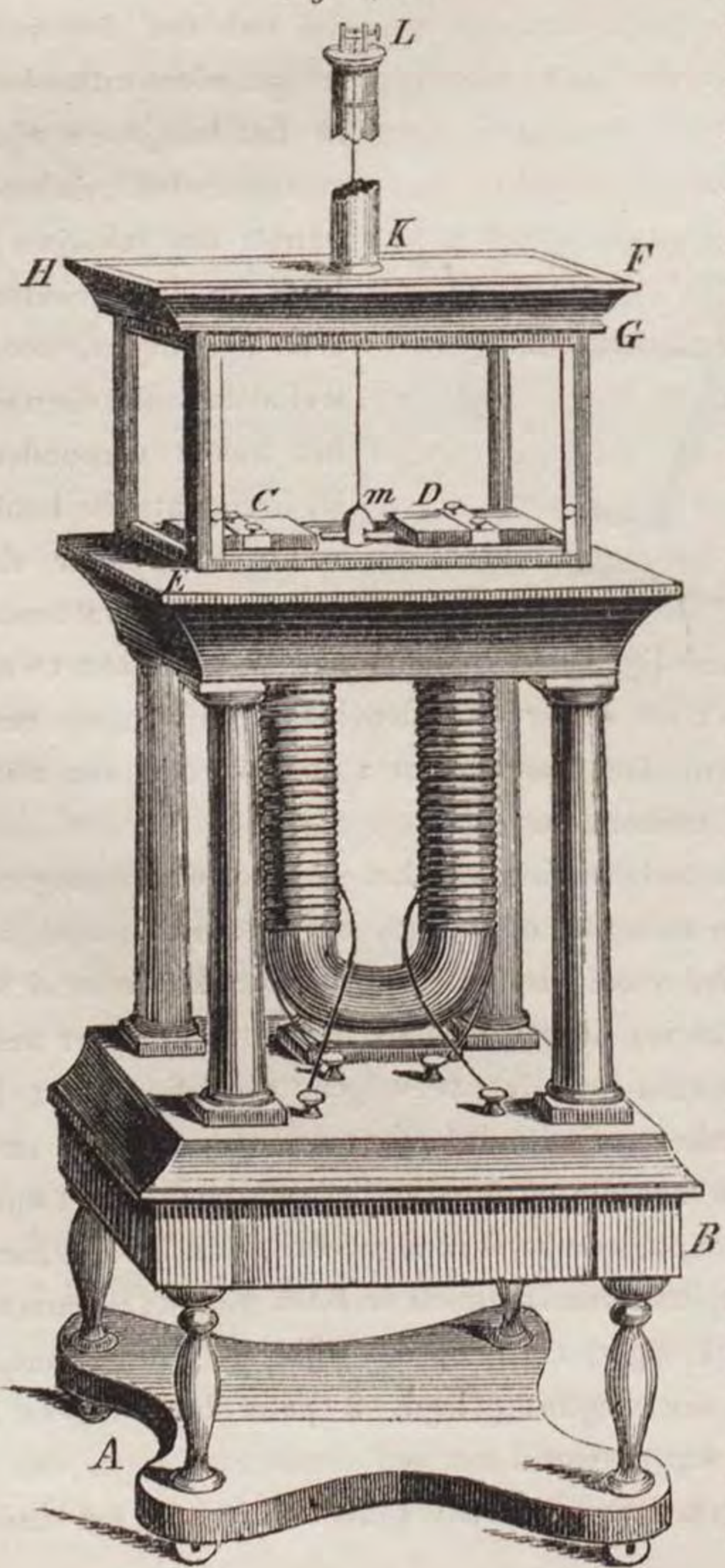
daar eenen verdeelden, horizontaal liggenden hefboom van de derde soort *no*, die op korten afstand van de plank *ab* onder deze doorloopt, en waaraan een verschuifbaar gewigt is gehangen. De draadeinden *z* en *k* worden aan een' eenvoudigen galvanischen toestel verbonden.

Wij merken ten aanzien van de toebereiding van het ijzer tot electromagneten nog aan, dat, wanneer men er zich niet op toelegt, om de *sterkst mogelijke* draagkracht te verkrijgen, het niet noodig is, het hoefijzer met koperdraad te omwinden, dat met zijde omwoeld is; indien men slechts eerst het ijzer met zijden lint beplakt, daarna met vernis bestrijkt, vervolgens een' niet omwoelden koperen draad er zoodanig omheen windt, dat elke twee omwindingen van elkander gescheiden zijn, door een koordje of touwtje, hetwelk men bij het omleggen van den metaal draad er tegelijk mede heeft rondgevoerd, dan bereikt men ook zeer goed het oogmerk. De kapitein von Dentsch te Delft (thans Luitenant-lolonel der artillerie bij het O. I. leger) rigtte op die wijze een ijzeren hoefje, gemaakt van een rond staafje, dat, regtuit gelegd, 2 palm lang was en 1/2 duim middellijn had; dit hoefje was omwoeld met een' draad rood koper van 1/2 streep middellijn, waar tusschen een draad van touw (400 driedraads) ten einde

de omwindingen te isoleren, gelegd was. De draadeinden van dit hoefje werden verbonden met de beide polen eener kleine zeer zwakke batterij. Zij bestond n. l. uit twee paren koper- en zinkplaatjes, tot cilinders opgerold, welke 4,5 en 6,5 duim middellijn en 11 duim hoogte hadden, en gescheiden waren door een poreus potje, dat den kopercilinder bevatte. Cilinders en potjes werden geplaatst in twee gewone cilindervormige bierglazen, terwijl in het glas eene keukenzoutoplossing, en in het potje eene oplossing van kopervitriool begrepen was. Toen in dezen toestel de elektrische stroom door de omwindingen omliiep, droeg het hoefje gedurende meer dan 10 uren, een aanbeeldje van meer dan 15 kilogrammen.

Een hoefje van ongeveer dezelfde afmetingen, als boven is vermeld, en omwonden met rood koperdraad van 3 streep dikte, draagt 35 kilogr., wanneer

Fig. 453.



men de beide einden des draads verbindt aan een grove's element van ruim eene halve vierk. palm werkende oppervlakte; en een groote hoef, gemaakt uit eene ijzeren staaf van 3 duim middellijn en 4 à 5 palm lengte, bekrachtigd door het genoemde enkele element, draagt 125 kilogrammen.

Deze draagkracht wordt echter ongelooflijk verre overtroffen door den reuzen-electro-magneet, waarvan fig. 453 eene voorstelling geeft. De bestemming van dien hoef is reeds op bladz. 573 ontvouwd; zijne beenen zijn, gelijk gezegd is, 5 à 6 palm lang en ruim 9 duim dik; zij zijn omwoeld door ruim 200 el met katoen omweven koperdraad van 3 streep middellijn; wanneer dit ligchaam met 30 elementen, en dus met de helft van Teyler's grovesche batterij, bekrachtigd is, wordt zijne draagkracht op 3000 kilogr. geschat.

Het is duidelijk, dat men op dezen hoef de inrigting van fig. 452 kan overdragen, om zijne

draagkracht te bepalen. De hefboom zal daartoe slechts boven de polen moeten geplaatst worden. Om den lezer een denkbeeld te geven van de kracht, die de beschrevene hoef ontwikkelt, vermelden wij hier het volgende: Wanneer men op de pooleinden C of D een dun plaatje lood legt, daarop een muntstukje, en op dit laatste het weeke anker, en men bekrachtigt den hoef op de gewone wijze, zoo zal het anker zóó sterk worden aangetrokken, dat de afdruk der munt in het lood er door wordt te weeg gebracht.

Het nut, dat dergelijke electro-magneten den mensch aanbieden, is thans reeds buitengewoon groot; hunne voortreffelijkheid boven de staalmagneten [ligt, zooals later zal blijken, in de omstandigheid, dat men het in zijne magt heeft, om het magnetismus plotseling te doen ontstaan en weder te doen ophouden: zoodra toch de elektrische stroom wordt afgebroken, en hij dus niet meer in de spiralen van den hoef rond loopt, is ook aanstonds de magneetkracht van den hoef verdwenen. Men ziet reeds in, van welk eene nuttigheid deze plotselinge afbreking van het magnetismus geweest is bij de proefnemingen van Faraday, op bladz. 574 en verv. vermeld, en later zal het nut daarvan nog veel sterker uitkomen. In plaats van de spiralen tot magnetisering van het ijzer onmiddellijk op de staaf of de beenen van den hoef te wonden, is het meer doeltreffend, de draadwindingen op holle cilindervormige houten klossen te leggen, en het te magnetiseren ijzer in de holte te schuiven. Zulk eene klos wordt in fig. 454 voorgesteld; de draadeinden zijn

Fig. 454.



door het hout gestoken. Eenige dergelijke klossen, met draaden van ongelijke lengte en dikte omwoeld, bewijzen, zooals het vervolg leeren

zal, in meer dan een opzigt goede diensten.

Wij moeten hier nog bijvoegen, dat de lengte van den draad, die op de beenen van den hoef wordt gelegd, niet willekeurig is, maar afhankelijk van het aantal en de soort van elementen, die men gebruikt, als ook van de dikte van den koperen draad zelve. Volgens de wetten van Ohm, Lenz en Jacobi, is de voordeeligste lengte die, waarbij de weêrstandbieding van den stroom in de batterij, zooveel mogelijk gelijk is aan den weêrstand, dien de draad of de geleider zelf aan den stroom biedt (zie bladz. 696 en 697).

De onderzoekingen der bovengenoemde natuurkundigen, Jacobi en Lenz, hebben te dien aanzien geleerd:

1°. Wanneer men om een week ijzer een spiraal draad wikkelt, en door dezen,

in sterkte verschillende, electriche stroomen leidt, zoo zal de grootte der magneetkracht, die daardoor in het ijzer wordt opgewekt, evenredig zijn aan de kracht dier stroomen. En daar wij gezien hebben, dat deze krachten tot elkander staan als de tangenten der afwijkingshoeken in de tangenten-boussole (zie bladz. 689), zoo kunnen wij deze waarheid hierop overbrengen, en zeggen: *de sterkte van het magnetismus, opgewekt in week ijzer, is evenredig aan de tangenten der afwijkingshoeken, die men bij de boussole door den stroom verkrijgt.* Deze regel geldt niet voor zeer sterke stroomen.

2°. De dikte van den spiraal draad heeft geen invloed op de sterkte van de opgewekte magneetkracht, wanneer slechts de sterkte van den stroom dezelfde blijft. Dat wil zeggen: wanneer men om een stuk week ijzer een' dikken draad legt, en men laat daardoor een' stroom gaan, die aan de boussole eene zekere afwijking geeft, dan zal het in het ijzer opgewekte magnetismus even zoo sterk zijn, als hadde men om het ijzer met even zoo vele windingen een' dunnen draad gelegd, en door dezen dunnen draad een' stroom geleid, die denzelfden afwijkingshoek aan de ingeschovene boussole geeft, als de voorgaande. Het is duidelijk, dat men, om door den dunnen draad, bij gelijke lengte van den sluitdraad, een' stroom van gelijke sterkte te doen gaan, eene galvanische batterij van meer elementen moet aanwenden, dan bij den dikkeren draad, dewijl de eerste meer tegenstand biedt.

3°. Het is, bij gelijke sterkte van den stroom, hetzelfde of de draadwindingen onmiddellijk op het ijzer rusten, of dat zij eene zekere ruimte tusschen zich en het ijzer overlaten.

4°. De geheele werking van al de windingen is gelijk aan de som van de werking der enkele windingen.

5°. Het magnetismus, dat staven van gelijke lengte door gelijke stroomen aannemen, is evenredig aan hare doorsneden.

De onderzoekingen van Dub bevestigen voor een groot gedeelte bovenstaande wetten. Deze natuurkundige heeft door proefnemingen aangetoond:

1°. dat de aantrekkingen van electro-magneten zich tot elkander verhouden als de producten van de stroomsterkten en het aantal windingen.

2°. dat de aantrekking aangroeit, onder voor het overige gelijke omstandigheden, hoe nader de windingen bij de oppervlakte van het ijzer liggen.

3°. dat bij gelijke omstandigheden ook de aantrekking tot zekere grenzen toeneemt, wanneer men het ijzer, om hetwelk de windingen liggen, langer maakt.

4°. dat het voordeelig op het aantrekkingsvermogen werkt, wanneer de omwindingen aan het einde van den hoof draad worden gelegd.

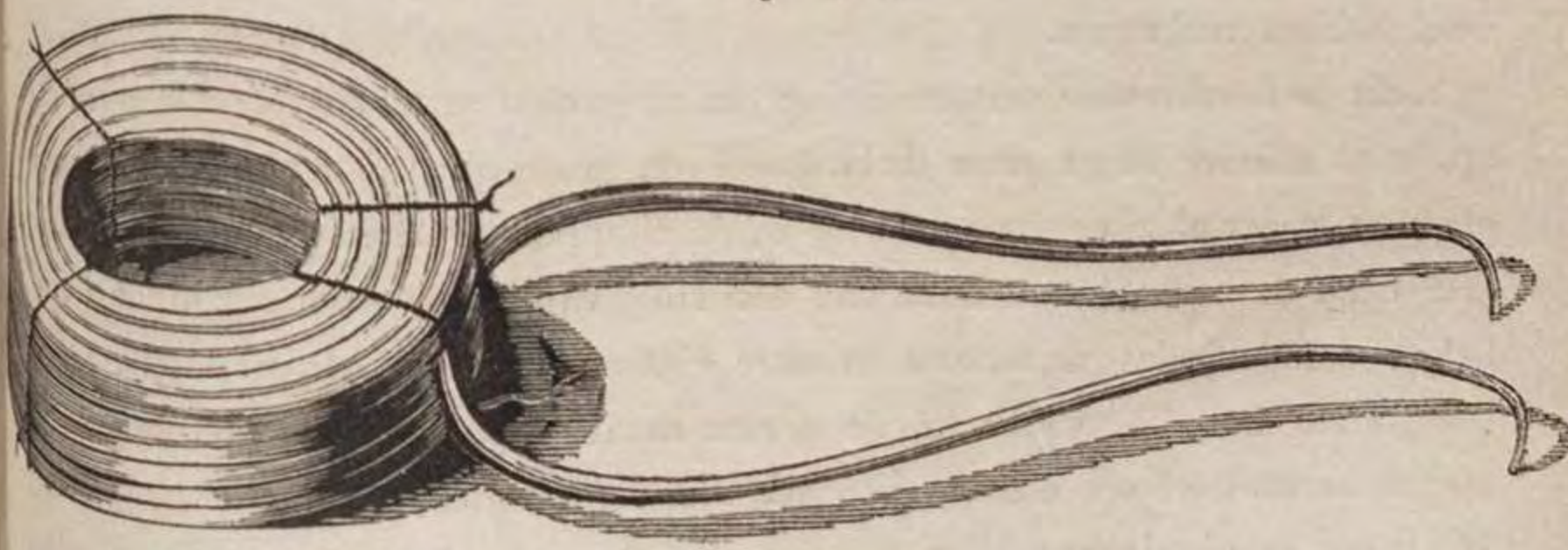
5°. dat de aantrekkingen zich tot elkander verhouden als de quadraten van het aantal windingen des electriche spiraals.

Uit deze wetten volgt nu, dat men met eenig galvanisch element magneten

van eene willekeurige sterkte maken kan, indien men slechts de afmetingen vergroot; dat is, daartoe moet men de ijzerstaven verdikken, of wel men moet bij dubbele, drievoudige, enz. doorsnede van den draad, dubbel, driemaal, enz. zooveel windingen om het ijzer leggen, om eene dubbele of drievoudige werking te verkrijgen: indien men echter door twee- of driemaal zoo veel windingen de lengte van den sluitdraad even zooveel maal vergroot, zoo wordt bij gelijke dikte des draads de stroom verzwakt, en er zal dan hier aan de eene zijde door den zwakkeren stroom verloren gaan, wat men aan den anderen kant door meerdere omwindingen wint. Ingeval men de vlakke der doorsnede van den draad grooter maakt, in dezelfde verhouding, waarin de lengte des sluitdraads toeneemt, zoo blijft de stroom gelijk van sterkte, en het vermogen van dezen neemt alzoo toe in reden, waarin het vierkant van het aantal omwindingen vermeerderd.

Hebben wij gezien, hoe men in kleine stalen naalden blijvend magnetismus kan opwekken, en in grootere staven week ijzer eene kortstondige magneetkracht kan tot stand brengen, het laat zich verwachten, dat aan de magnetische spiralen wel het vermogen kan worden gegeven, om ook grootere stalen staven in magneten te herscheppen.

De heer Elias, kantonregter te Haarlem, gaf in het tijdschrift *Natuurkunde* (jaargang 1844 bladz. 376) een eenvoudig middel aan de hand, om stalen staven tot magneten te vormen. Fig. 455 maakt zijne handelwijze aanschouwen.



welk. Men windt, zegt hij, zeven tot acht ellen met zijde omwoeld koperdraad, van 3 streep dikte, tot eenen hollen cilinder op, die 25 streep hoog is, en wiens binnenste opening 35 streep middellijn heeft. Men laat nu eenen sterken stroom door den draad gaan, door de beide, in de figuur ter rechter zijde van den ring liggende, draadeinden in de kwikbakjes te dompelen, waarin de polen eener batterij zijn gevoerd, en steekt vervolgens de te magnetiseren staaf in den cilindervormigen ring, waarin men haar tot aan de eindden op en neder beweegt. Wanneer de staaf zich weder met het middelste gedeelte in den ring bevindt, verbreekt men den sluitdraad, en neemt de staaf, die nu volkomen gemagnetiseerd is, daaruit. Wanneer de staaf hoefijzervormig is gebogen, doet men wel haar met een anker te sluiten, en

wanneer het eene regte staaf is, haar boven en onder van een stuk week ijzer te voorzien.

Indien men het staal in den ring brengt, ontdekt men aanstonds de aantrekking van den stroom, en dit is inderdaad eene verrassende gewaarwording. Wij willen hier mededeelen, op welke wijze wij den heer Logeman een' stalen hoof zagen magnetiseren.

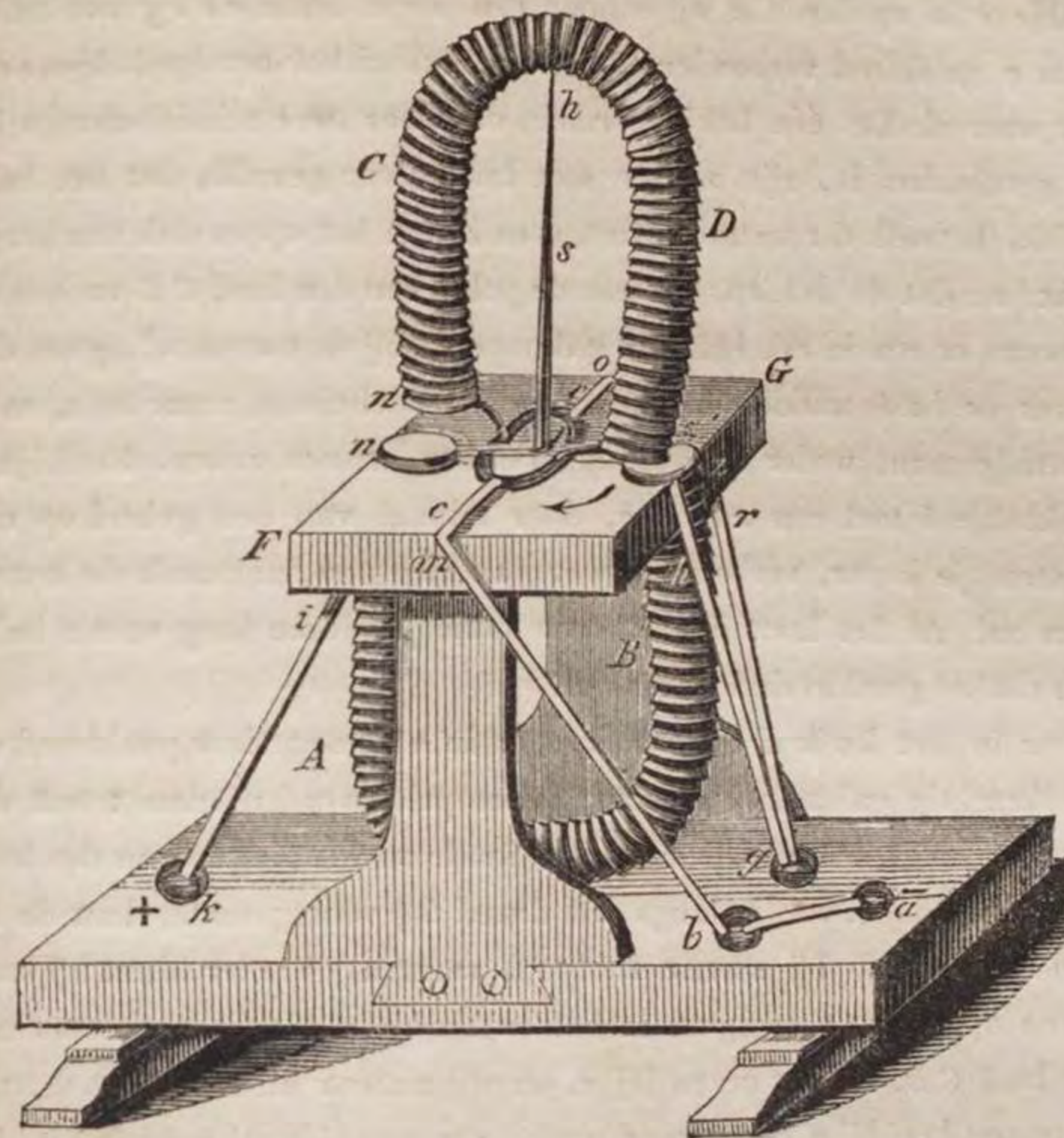
De beide draadeinden van den ring van Elias werden in de kwikbakjes van een groves batterijtje van 5 paren gedompeld; vervolgens werd de hoof met een der beenen door den ring gebragt, en toen hij er tot op de helft, dat is tot op het midden der kromming, was doorgevoerd, werd het anker aan de beenen gebragt, dat er nu reeds vast aansloot. Thans werd de hoof verder door den ring geschoven, vervolgens weder terug gevoerd, en dit heen- en wedschuiven tot 5 à 6 malen herhaald, terwijl de hoof altijd met zijn anker was gesloten. Toen nu de magneet zich weder op het midden zijner kromming in den ring bevond, werd de stroom afgebroken door de draadeinden uit de kwikbakjes te ligten. Terwijl de ring zich nu nog om den hoof bevond en deze nog door zijn anker was gesloten, bezat de magneet eene ongelooflijke draagkracht, maar toen er het anker was afgenomen en de ring verwijderd, was zijne kracht eenigzins verminderd. Er is op bladz 551 vermeld, hoever het de heer Elias op deze wijze in het bekrachtigen van magneten heeft gebragt, en dat de heeren Logeman en van Wetteren te Haarlem volgens zijne methode magneten vervaardigen, die eene europesche vermaardheid hebben verkregen.

Wekt de beschrevene vervaardiging van magneten onze onverdeelde aandacht op, niet minder stijgt onze belangstelling, wanneer wij zien, hoe aan den magneet weder al zijne magnetische eigenschappen worden ontnomen, indien men eerst de beide draadeinden van den ring van Elias zoodanig in de kwikbakjes dompelt, dat de stroom in eene rigting door den draad loopt, tegenovergesteld aan die, welke hij de eerste maal nam, en men vervolgens den magnetischen hoof op nieuw, even als de eerste maal, door den ring voert. Dit is een gevolg daarvan, dat de polen des magneets worden omgekeerd en alzoo de magnetische krachten weder worden veronzijdigd.

De buitengewoon sterke magneetkracht, waarmee de electricische stroom het ijzer toerust, heeft het denkbeeld doen ontstaan, om deze magnetische werking als beweegkracht aan te wenden.

De heer van der Weijden te Zierikzee maakte, in het tijdschrift *Natuurkunde* (jaargang 1845 bladz 161), eenen toestel bekend, die zeer geschikt is om aan te toonen, hoe men door het electromagnetismus eene bestendige beweging kan voortbrengen; dit werktuigje kan voor het grootste gedeelte gemakkelijk door ieder worden vervaardigd. Fig. 456 geeft er eene afbeelding van, en het zal zoo aanstonds blijken, dat het eene wijziging is van dat van Ritchie. De volgende beschrijving is van de heer van der Weijden zelven ontleend.

Fig. 456.



AB is een hoefijzervormig gebogen week ijzer, dat aan een houten toestelletje bevestigd is. Deze hoof is spiraalswijze omwoeld met een strookje dik plaatkoper van omtrent 4 streep breedte, en de omwindingen zijn geïsoleerd, door den hoof met zijde te bekleeden en tusschen de koperdraden touw te leggen, even als vroeger is vermeld. Ten einde den hoof goed vast te doen staan, zijn er uit het plankje *FG* ter wederzijde cirkelvormige stukken weg genomen, waarin zijne pooleinden *n* en *z* juist sluiten. Het eene einde *nik* van den draad gaat naar eene kleine verdieping *k* in het voetstuk, die met kwik wordt gevuld; het andere draadeinde *hg* is gedompeld in een dergelijk kwikbakje *g*. *CD* is een tweede hoof, die juist zoo groot is als de eerst beschrevene, en ook op dezelfde wijze is toegerust. Deze hoof heeft bij *h* eene kleine holte, en rust daarmee op de punt van eene geelkoperen staaf *s*, waardoor hij in evenwigt hangt, en op deze staaf als as kan rondraaijen; om het slingeren te voorkomen, is het goed, een dun plankje te nemen, daarin een gaatje te boren, en het tot beneden op de staaf *s* te schuiven, waardoor het dan tevens tegen de pooleinden van den hoof *CD* stoot en dezen op gelijken afstand van de staaf *s* houdt. De beide einden van den draad, die om den hoof *CD* gewonden is, dompelen in twee half cirkelvormige uitholingen *c* en *e*, die in het plankje *FG* zijn gemaakt en ingelijks met kwik gevuld zijn. Het eene bakje *c* is door middel van een reepje koper of een' koperdraad *cm*, in geleidende gemeenschap

gebragt met het kwikbakje *b*, dat weder in het voetstuk is gemaakt; het andere kwikbakje *e* is op dezelfde wijze door een' koperdraad *e o r g* met het kwik in de holte *g* geleidend verbonden. De beide half-cirkelvormige bakjes *e* en *c*, die als het ware slechts één bakje vormen, dat door twee middelschotjes in twee bakjes gescheiden is, zijn zoover met kwikzilver gevuld, dat het bolvormig oppervlak, hetwelk dit metaal vormt, even boven het oppervlak van het plankje uitsteekt, zoodat de draden, die aan de polen van den hoof *CD* verbonden zijn, en waarvan er een in elk bakje is gedompeld, bij de omwenteling van den hoof *CD*, over de beide middelschotjes kunnen heenschuiven, maar toch, na deze te zijn voorbijgegaan, weder de kwikoppervlakte kunnen raken. Eindelijk is nog het kwikbakje *b* met een ander *a*, door middel van een geheel op zich zelf staand strookje koper, verbonden, waarvan men zoo aanstonds de bestemming begrijpen zal. Al het hout is met eene tamelijk dikke laag vernis bedekt, en vooral is dit het geval in de kwikbakjes.

Laat nu in het kwik *k* de positieve en in *a* de negatieve pooldraad van een tamelijk krachtig galvanisch element gedompeld worden; dan treedt de positieve stroom langs den draad *ki* bij *n* in de omwindingen van den hoof *AB*, en verlaat dien bij *z*, verder langs den draad *hg* voortgaande; laat de stroom nu bij *n* eene noord- bij *z* eene zuidpool vormen. Verder klimt hij langs den draad *gro* op, treedt vervolgens in het kwikbakje *e*, uit dit in de omwindingen van den hoof *CD*, verlaat dezen bij *z*, en wij nemen nu aan, dat daardoor in den bovensten hoof bij *n'* eene noord- en bij *z'* eene zuidpool gevormd is. Daarna komt de stroom in het kwikbakje *c*, daalt af langs den draad *mb*, gaat van daar op het kwik *a* over, en blijft zoo voortdurend in omloop. Dewijl nu in de stelling, welke men in de figuur den hoof gegeven heeft, de gelijknamige polen *n* en *n'*, *z* en *z'* zich nabij elkander bevinden, zoo stooten zij elkander af, en de hoof *CD* geraakt in beweging naar die zijde, welke door het pijltje is aangewezen; doch door de weinige wrijving, die hij op de spil ondervindt, worden de polen *n'* en *z'* iets verder omgevoerd dan het vierde gedeelte eens cirkels; dien ten gevolge komen zij in de nabijheid van de met haar ongelijknamige polen *z* en *n* des vastliggenden hoefs, deze polen trekken dus elkander sterk aan, maar ten gevolge dezer aantrekking en de eigenschap der traagheid, wordt het pooleinde *z'* even voorbij *n* en het pooleinde *n'* even voorbij *z* gevoerd; daardoor schuiven de draadeinden, die bij den hoof *CD* afhangen, over de bekende middelschotjes heen, dompelen nu in andere kwikbakjes, en oogenblikkelijk gaat ook de pool *z'* in noord- en de pool *n'* in zuidpool over. Op nieuw stooten nu de hoefeinden elkander af, en alles staat nu dus weder als in den aanvang. De gedurige omkeering der polen bewerkt derhalve eene onafgebrokene, voortdurend draaijende beweging.

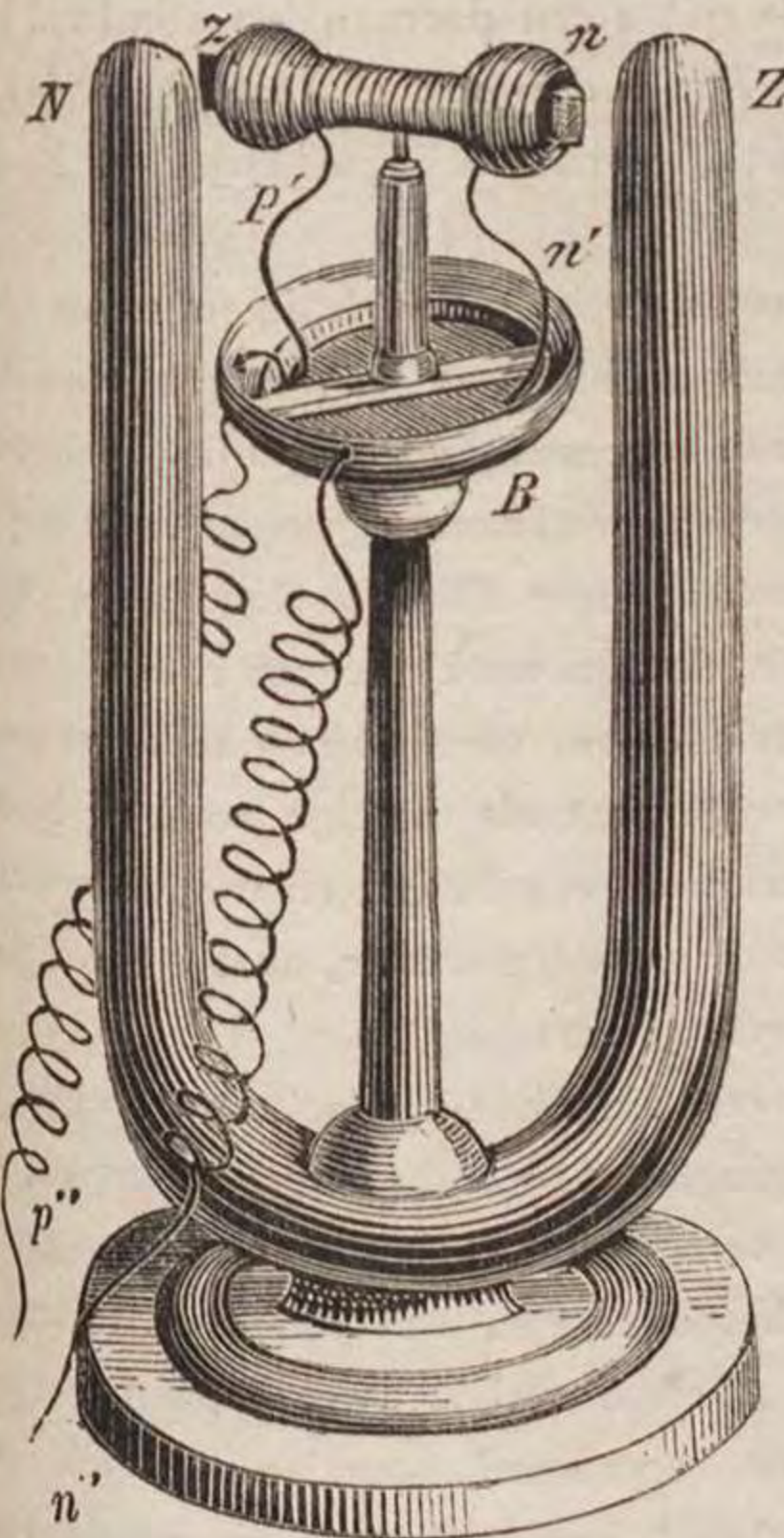
Legt men het einde *b* van het koperdraad *ba* in het bakje *g*, en ligt men tegelijk het uiteinde *g* van den draad *hg*, uit *g*, en plaatst het in *b*, dan zal de hoof in de stelling, welke de figuur aangeeft, in eene tegenovergestelde rigting

van het pijltje omwentelen, want dan treedt de galvanische stroom eerst in *c* en zal dus, volgens de eerst aangenomen onderstelling, *z'* tot noordpool maken. Zeer opmerkelijk is het, te zien, hoe bij het verwisselen der polen van *CD*, of liever het gedurig afbreken van den stroom, de electrische vonken van den draad op het kwik overspringen; de kwikvlakte is zelfs bij de ronddraaijng in beide bakjes met een zeer helder licht bedekt.

Men ziet ligtelijk in, dat men de beweging van den hoof gemakkelijk op eenig raderwerk zou kunnen overbrengen; daartoe konde boven op den hoof *CD* een horizontaal getand radertje bevestigd worden, welks tanden grepen in een grooter rad, dat ook horizontaal of wel vertikaal in de nabijheid van het eerste bevestigd was.

De rotatietoestel van Ritchie is eenvoudiger dan de beschrevene. Hij vordert evenwel een' blijvenden magneet, dat bij de behandelde inrigting het geval niet is. Men ziet in fig. 457 hiervan eene afbeelding. *NZ* is een hoefvormige staalmagneet, die de plaats vervangt van den hoof *AB* in fig. 456; *nz* is een staafje week ijzer, om hetwelk een, door zijde geïsoleerd, rood koperdraad is gewonden. Dit staafje rust op een koperen pennetje, dat weder los

Fig. 457.



in een busje sluit, en het kan dus gemakkelijk ronddraaijen. Het busje staat verder, even als de staaf *s* van fig. 456, in het midden van een beenen of verlakt houten bakje *B*, dat door een middelschotje in twee bakjes is verdeeld, waarin het kwik zoo hoog wordt gegoten, dat het weder, als in de bakjes *e* en *c* van fig. 456, even boven den tusschenwand staat. De einden *p' n'*, van den om *nz* liggenden spiraal, strijken bij het ronddraaijen van dit staafje door het kwik, maar tevens over den tusschenwand heen. In elk der beide kwikbakjes reikt door openingen, welke in den bak *B* zijn geboord, een draad *p''* en *n''*, die ieder met eene pool van een' galvanischen toestel kunnen verbonden worden. Wordt er nu een stroom door deze draden geleid, die bij *p''* ingaat, dan is het zeer gemakkelijk te begrijpen, dat deze door het achterste kwikbakje op den draad *p'* en vervolgens door de omwindingen *zn*, in

het voorste zal henen gaan, en langs n'' in zichzelf moet terug keeren. Het staafje nz wordt nu magnetisch, en er zullen in z en n dus polen ontstaan, die met N en Z of gelijknamig of ongelijknamig zijn; in het laatste geval wordt z naar N heen getrokken en n naar Z . Door den ontvangen indruk geraakt de draad n' over het middelschot heen in den achtersten kwikbak, en de draad p' in den voorsten; de beide polen zijn nu omgekeerd, en tegelijk stoot dus Z de pool n af en N de pool z . Het overige is duidelijk; de omwenteling van het staafje zn zal dus zoo lang duren als de stroom aanhoudt.

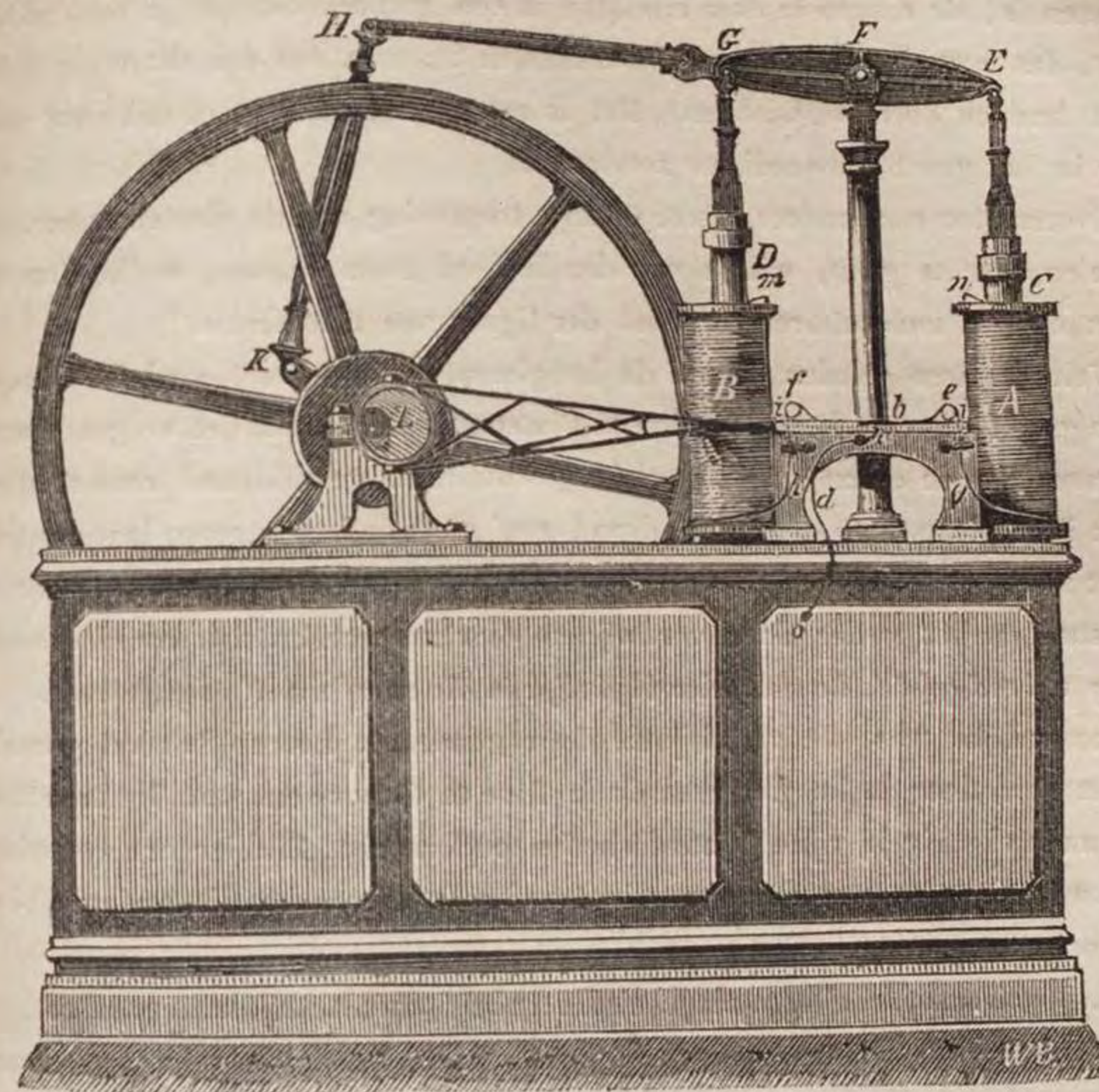
Het lichtverschijnsel is bij het afbreken des strooms gelijksoortig aan dat, wat wij bij de inrigting van van der Weijden deden opmerken. Het is verder duidelijk, dat men den magneet NZ ook als electro-magneet kan inrigten. Daartoe heeft men slechts de einden der draadwindingen, om NZ liggende, in de beide kwikbakjes te leiden.

Jacobi te Petersburg paste het eerst de hier behandelde roterende beweging in het groot toe. Zijn toestel kwam in aard overeen met die, welke wij in fig. 456 hebben beschreven, echter was bij hem de spil s zelve beweegbaar en daaraan was de hoof CD bevestigd. Verbeelden wij ons verder, dat de hoeven bij zijne inrigting horizontaal lagen, dan zal het niet veel moeite kosten, om in te zien, dat met die draaijende spil s een daaraan bevestigd rad kan worden rondgevoerd. Werkelijk bragt Jacobi dan ook in 1839 op dergelijke wijze eene boot op de Newa met bijna 1 paardekracht in beweging. Hij gebruikte daartoe 64 grovesche cellen.

De mogelijkheid, om door het electromagnetismus werktuigen te bewegen, was alzoo bewezen; Stratingh te Groningen bragt er een wagentje mede in beweging, Wagner in Frankfurt is aan de toepassing der galvanische electriciteit op den machinen-bouw jaren achtereen werkzaam geweest, en is nog tot geene gewenschte uitkomst geraakt; ook de heer Elias te Haarlem beschreef in een, in den jare 1842 te Haarlem uitgekomen werkje, eenen rotatie toestel. Men kan, niettegenstaande al deze uitvindingen, voor als nog niet met grond hopen, dat de electromagnetische beweegkracht als nuttige werking bij het drijven van werktuigen in toepassing zal worden gebragt, en wel daarom niet, dewijl het verbruik van zink, zwavelzuur en salpeterzuur, naar evenredigheid van de krachtsontwikkeling, te veel kosten baart.

Fig. 458 geeft de afbeelding van een zinrijk uitgedacht werktuigje, tot voortbrenging eener rondgaande beweging, dat, wat het beginsel betreft, het eerst door Page is uitgedacht, en het verschijnsel van aantrekking ten grondslag heeft, dat wij op bladz. 730 bij het inbrengen van een' ijzeren staaf in den ring van Elias deden opmerken. A en B stellen twee klossen voor met een aantal omwindingen van geïsoleerd koperdraad voorzien. In elk dezer klossen bevindt zich eene staaf of kern C en D van week ijzer, die aan de armen van een' om het punt F draaijenden hefboom GFE hangen, aan welken een verlengstuk GH is aangebragt, dat aan eene kruk K is verbonden. Door de

Fig. 458.



slingering van dien hefboom zal dus, op dergelijke wijze als op bladz. 230 is verklaard, het rad, waarop de kruk K geplaatst is, worden rondgevoerd. Op dit rad ligt eene uitmiddelpuntige schijf Z , welke (zie bladz. 232) de daaraan bevestigde stang, en dus ook het stuk ii , hetwelk er aan verbonden is, heen en weder trekt. Het links en regts schuivende stuk ii is van ivoor of eene andere niet geleidende stof, waarin een stukje metaal b is gelegd, dat bij de schuivende beweging altijd met den metalen, beweegbaren pooldraad c in aantaking blijft. Boven op ii drukken de einden van den spiraal der klossen B en A , en daarvoor zijn die einden bij f en e eenigzins veërend gemaakt. Verbeelden wij ons nu, dat de positieve stroom eener batterij bij o ingaat, dan doorloopt deze, bij den aangewezen stand des werktuigs, den draad odc , gaat op het metaal b over, vloeit langs e door de spiraal A , treedt bij n er buiten, en daar deze met de negatieve pool der batterij is verbonden, zoo is de stroom aan de rechterzijde geheel gesloten, en de ijzerkern C wordt in de spiraal getrokken. Zoodra C in de laagste stelling is gekomen, verplaatst zich, door de draaijende beweging van het vliegwiel, de uitmiddelpuntige schijf Z ; ii beweegt zich dus naar de linkerhand, daardoor geraakt het draadeinde f met het koperen stuk b in verband, de stroom gaat dus over o, d, c, b, f door de spiraal B , langs m naar de negatieve pool der batterij, en daardoor wordt de

ijzerkern *D* in de spiraal naar beneden bewogen, terwijl *A* buiten den stroom gesloten is; de einden *m* en *n* eindigen in een' gemeenschappelijk verbindingspunt, dat met de negatieve pool verbonden is; men zou ook dit verbindingspunt kunnen doen verwisselen. Het is zeer te betwijfelen, of ook deze inrigting in het groot aanwendbaar zoude zijn.

Alvorens tot eene andere, meer nuttige toepassing van de electromagnetische spiralen over te gaan, willen wij den invloed doen kennen, welke deze spiralen op den moleculairen toestand der lichamen uitoefenen.

Weinige jaren geleden namen de hoogleraren Page in Noord-Amerika, en bijna gelijktijdig met hem, Marrian en Blatson in Engeland, het volgende waar: wanneer men in eenen spiraalvormig gewonden geleiddraad eene staaf van week ijzer plaatst, en door den draad een' electrischen stroom laat gaan, zoo hoort men, bij het openen en sluiten van de keten, en dus bij het magnetiseren der staaf en het weder doen verdwijnen dier magneetkracht, een *eigenaardig, droog tikkend geluid, hetwelk klaarblijkelijk in die staaf wordt voortgebracht.*

Naauwelijks was dit verschijnsel door genoemde heeren bekend gemaakt, of het werd door de hoogleraren de la Rive te Geneve en van Breda te Haarlem naauwkeurig in zijne bijzonderheden onderzocht. Ziehier eenige weinige merkwaardigheden van de velen, die deze beide heeren bij dit onderzoek hebben ontmoet.

1°. Het vermelde electro-magnetische geluid wordt, bij matige afmetingen der staaf en goed berekende omwinding (zie bladz. 728), reeds door een' stroom te weeg gebracht, die door 5 kleine grovesche elementen wordt ontwikkeld.

2°. Spant men in plaats van de staaf een' ijzerdraad in de spiraal, welke draad door een daaraan gehangen gewigt regt wordt gehouden, dan verkrijgt men bij het openen en sluiten der keten een nog sterker geluid dan in de staaf.

3°. Bij eene ondenkbaar snelle verbreking en sluiting van den stroom, volgt nog even zeer het gewone geluid. Tot het nemen dezer proef bevindt zich in Teyler's museum een, door den heer Logeman uitsluitend daartoe vervaardigd, werktuig, waarmede men den electrischen stroom tot 500 malen in ééne seconde kan verbreken en sluiten; en bij die snelle verbreking en verbinding, en dus gedurende een tijddeel van het vijfhonderdste deel eener seconde, hoort men nog het geluid, en loopt derhalve niet alleen de stroom door den geheelen draad, die bij Teyler's grooten toestel wel 100 el lang is, maar in dienzelfden, ondenkbaar korten oogenblik, wordt de magneetkracht ook weder opgewekt en vernietigd. Inderdaad, dit is een belangwekkend verschijnsel!

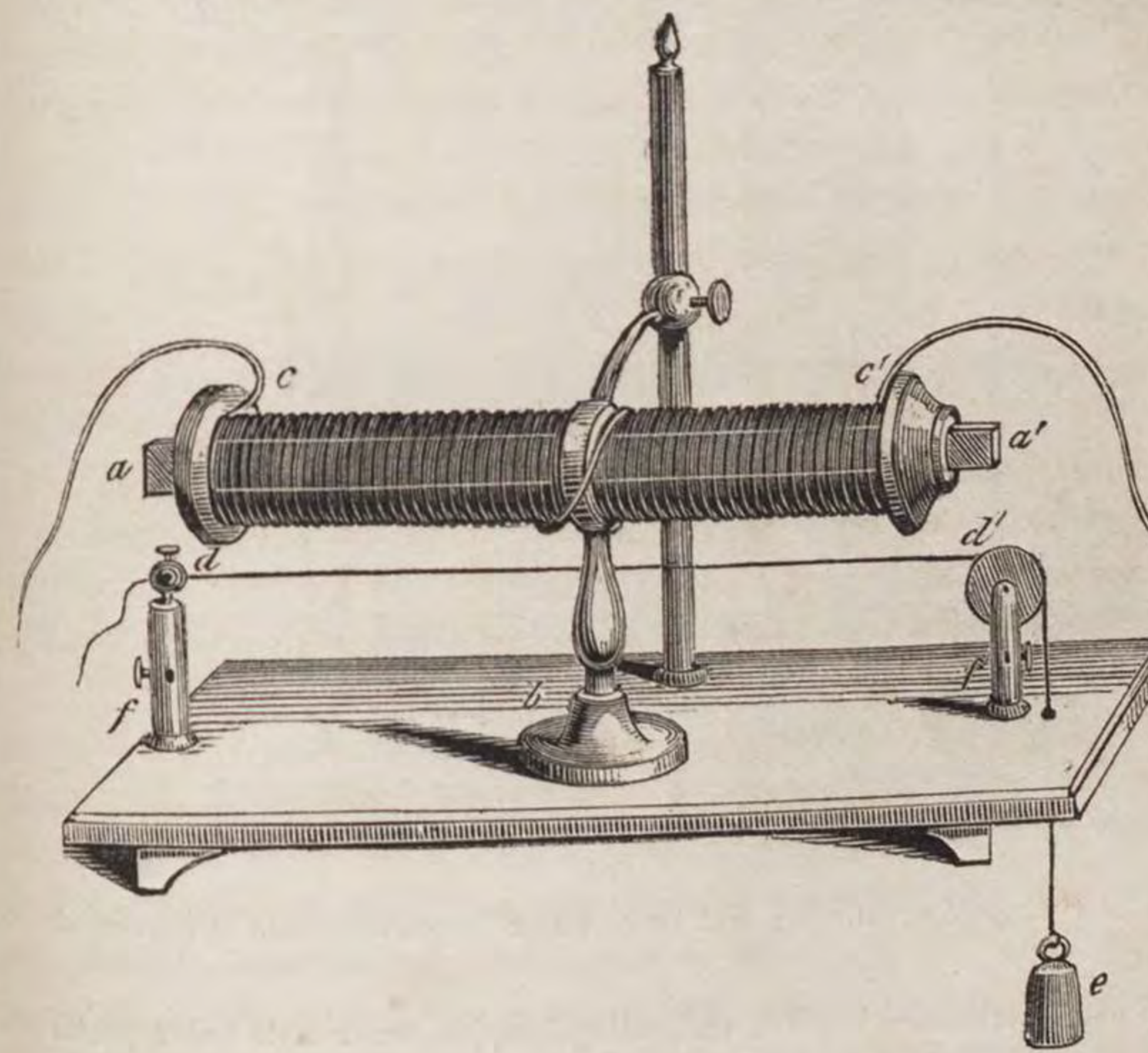
4°. Niet alleen bij het voortbrengen en doen verdwijnen van de magneetkracht wordt er geluid in een' ijzerdraad opgewekt, maar ook wanneer de uiteinden van dezen ijzeren draad zelve met de batterij in verbinding worden gebracht, en wanneer dus die draad mede een deel van den sluitdraad der

batterij uitmaakt, verkrijgt men bij het openen en sluiten der geleiding dezelfde uitwerking.

Men vooronderstelt, dat het beschreven geluid zijnen oorsprong heeft in eene verandering, welke de schikking en ligging van de deeltjes der stof, waarin dat geluid wordt voortgebracht, ondergaan. Deze proeven zullen misschien eenmaal licht verspreiden, zoo wel over den aard van den electrischen stroom zelve, als over den moleculairen toestand der lichamen.

Ten einde u een beter begrip van de proefnemingen, aangaande het electromagnetisch geluid te geven, is hier bijgevoegd de afteekening van het kleine werktuig, dat wij daartoe in Teyler's museum geplaatst vonden en door Logeman was vervaardigd. *aa'* (zie fig. 459) is eene week ijzeren staaf,

Fig. 459.



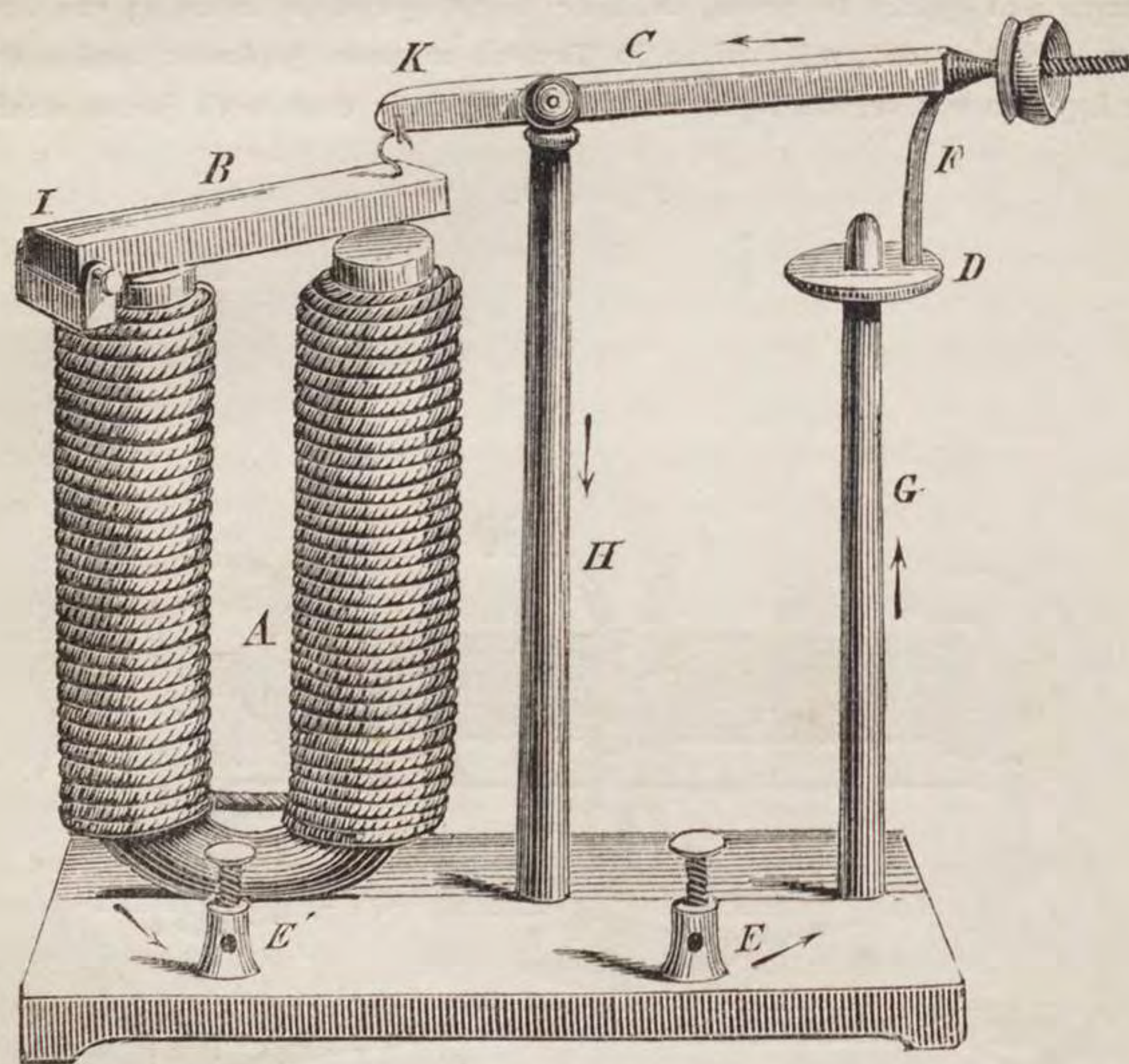
die op het koperen voetstuk *b* vastgeschroefd, en in het binnenste van den houten klos of cilinder *cc'* geplaatst, om welken eenige omwindingen liggen van geïsoleerd koperdraad. Wanneer nu door dien draad een stroom wordt geleid, of deze wordt afgebroken, geeft de staaf in beide gevallen het bovenvermelde geluid.

Dit is ook met de ijzeren snaar *dd'*, die door het gewigt *e* gespannen, en bij *d* vastgeschroefd wordt, het geval. Ten einde deze echter in het midden van den spiraal draad te brengen, wordt de staaf *aa'* van het voetstuk ge-

schroefd, uit de spiraal genomen, en ook het voetstuk *b* verwijderd. Vervolgens laat men de spiraal *c c'* zoover dalen, dat de snaar *dd'* er midden door kan geleid worden.

Om eenen afgebroken stroom ook door de snaar *dd'* zelve te leiden, zooals hierboven (4°) is vermeld, zijn er in de koperen stijltjes *f* en *f'* gaten geboord, waarin geleiders door schroefknopjes aangedrukt worden.

Fig. 460 geeft eene afbeelding van den zelfwerkenden stroomverbreker van Fig. 460.



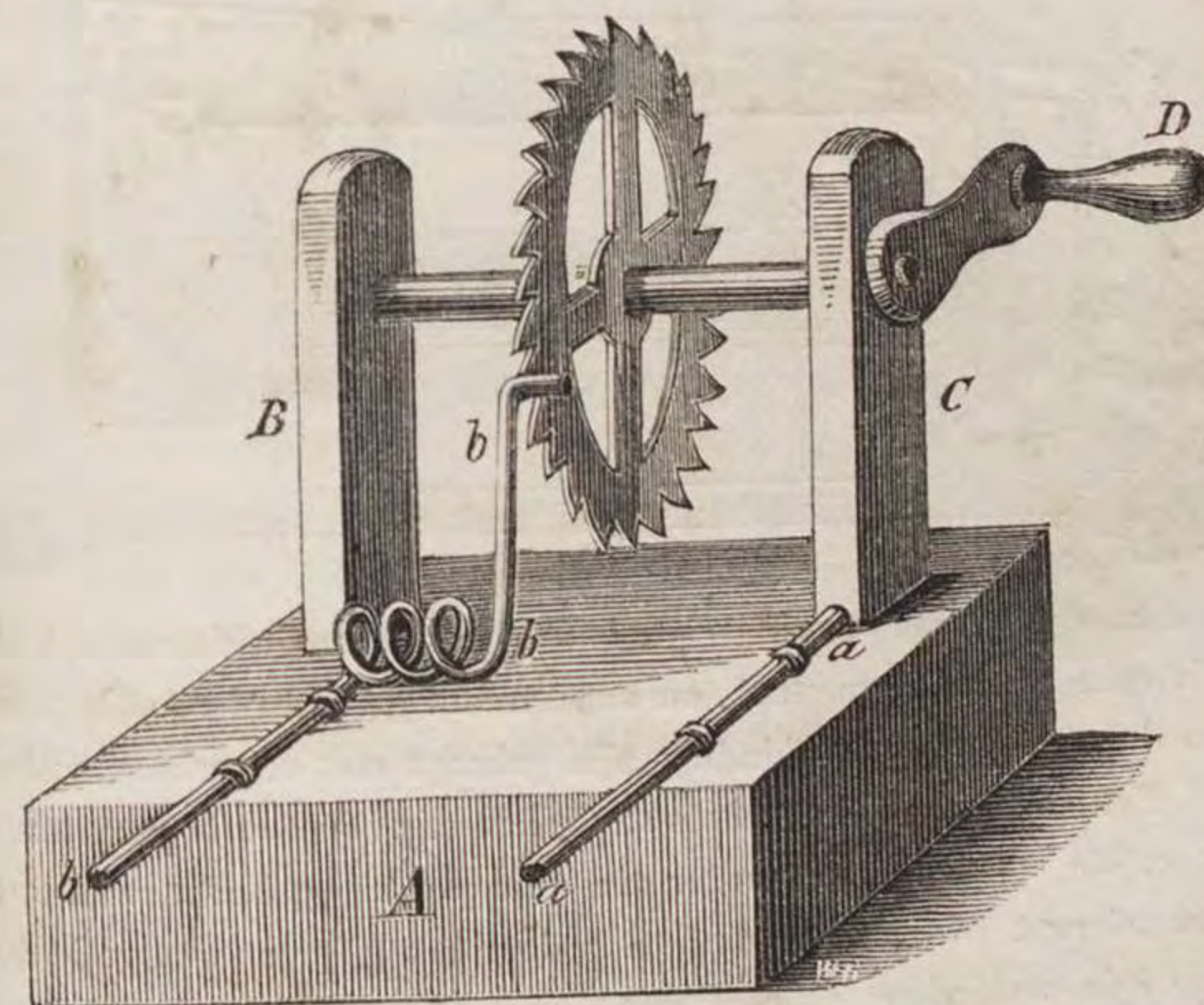
den heer Logeman, die bij het nemen der bovenvermelde proeven dienen moet.

E en *E'* verbeelden koperen verbindingsknopjes, waarin de beide pooldraden van een galvanisch element kunnen worden vastgeklemd. Is dit geschied, dan gaat de elektrische stroom van het verbindingsknopje *E*, langs eenen koperen draad, onder het plankje door, naar den stijl *G*, verder van het koperen plaatje *D*, langs den draad *F*, die los op het plaatje rust, naar den hefboom *C*, van dezen op de kolom *H*, daarna, onder langs het plankje, door de omwindingen van den hoof *A*, en eindelijk, weder onder het plankje door, naar het verbindingsknopje *E'*. De keten alzoo gesloten zijnde, wordt de hoof magnetisch en hij trekt dus het, om eene as *I* beweegbare, weekijzeren anker *B* aan; maar zoodra dit geschiedt, wordt de arm *K* van den hefboom nederwaarts

bewogen, en daardoor de draad *F* van het plaatje *D* verwijderd; dien ten gevolge is de stroom bij *D* verbroken, de ijzeren hoof verliest zijne magneetkracht en laat het sluitstukje *B* los, dat door den hefboomsarm *C*, welke door zijne eigene zwaarte weder nedervalt, van den hoof wordt afgerukt; op denzelfden oogenblik echter rust nu ook weder de draad *F* op het plaatje *D*, de stroom is op nieuw gesloten, het ijzer *A* ook weder magnetisch, en de beweging, die wij het eerst waarnamen, kan zich herhalen. Dat die herhaalde opening en sluiting met eene ongeloofelijke snelheid kan plaats grijpen, en dat de draad *F*, wanneer deze geïsoleerd aan den arm *C* is bevestigd, eerst nog rondom eene ijzeren staaf gewonden worden of eenige andere dienst verrigten kan, alvorens op den arm *C* geleidend terug te keeren, hiervan kan men zich door nadenken gemakkelijk overtuigen. Zulk een werktuigje zou waarlijk eene eeuwigdurende beweging zijn, indien de elementen der batterij eeuwig duurden. Bij vele werktuigen kan men er groot nut van hebben, en het is dan ook bij verscheidene inrigtingen reeds in toepassing gebragt.

Fig. 461 geeft eenen anderen stroomverbreker aan, die men op eene meer

Fig. 461.



onkostbare wijze zou kunnen zamenstellen. Op een houten blokje *A* staan twee zuiltjes *B* en *C* van messing, die de metalen as van een getand rad dragen, dat ook van messing is vervaardigd, en welke tanden eveneens zijn gesneden als die van raderen, waaraan men lasten ophijscht en door eenen pal kunnen worden vastgezet.

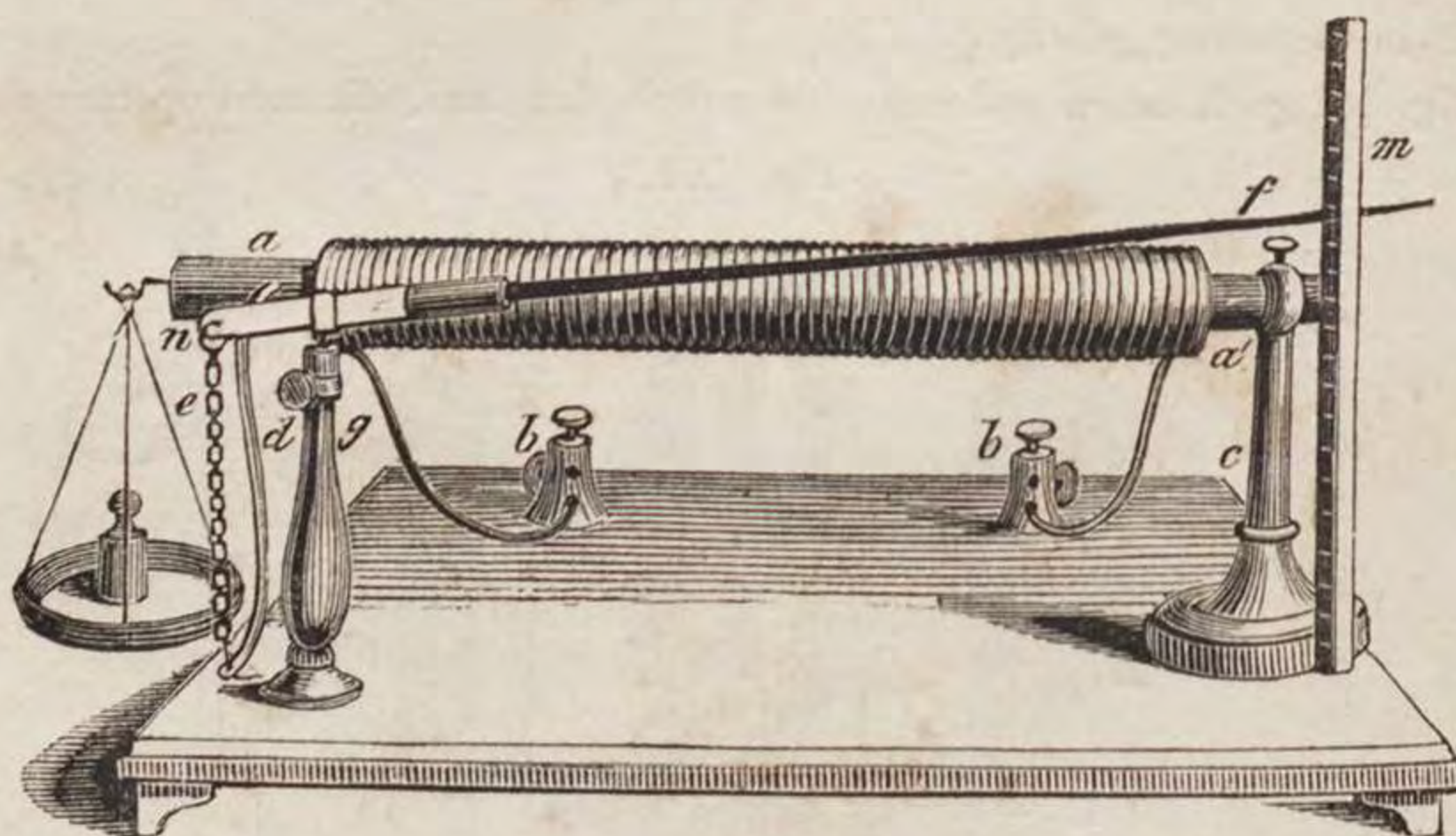
Aan de eene zuil *C* is het rood koperdraad *a* bevestigd, de andere draad *b* drukt veérend tegen het rad. Schuift men dit toestelletje in den sluitdraad door den draad *a* aan de eene, *b* aan de andere pool eener batterij te verbinden, dan

zal door het omdraaijen der kruk *D* de stroom beurtelings geopend en gesloten zijn, daar *b* gedurig van den eenen tand op den anderen overspringt. Men kan ook eene houtvijl aan de eene pool eener batterij verbinden en met den anderen pooldraad er over heen strijken; op deze wijze wordt evenzeer de stroom afwisselend geopend en gesloten.

De boven aangehaalde proeven, betrekkelijk den invloed, dien de electriche stroom op de plaatsing van de molekulen of atomen der lichamen uitoefent, kunnen vermeerderd worden: 1° met de proef van Guillemin, en 2° met de lichtproef van Faraday, op bladz. 577 vermeld, betrekkelijk de draaijing van het polarisatie-vlak. Wij willen van beide deze proeven het een en ander doen kennen.

Fig. 462 verbeeldt al weder een werktuigje, zooals het voor Teyler's stichting

Fig. 462.



door den heer Logeman was ingerigt, om de proef van Guillemin te herhalen.

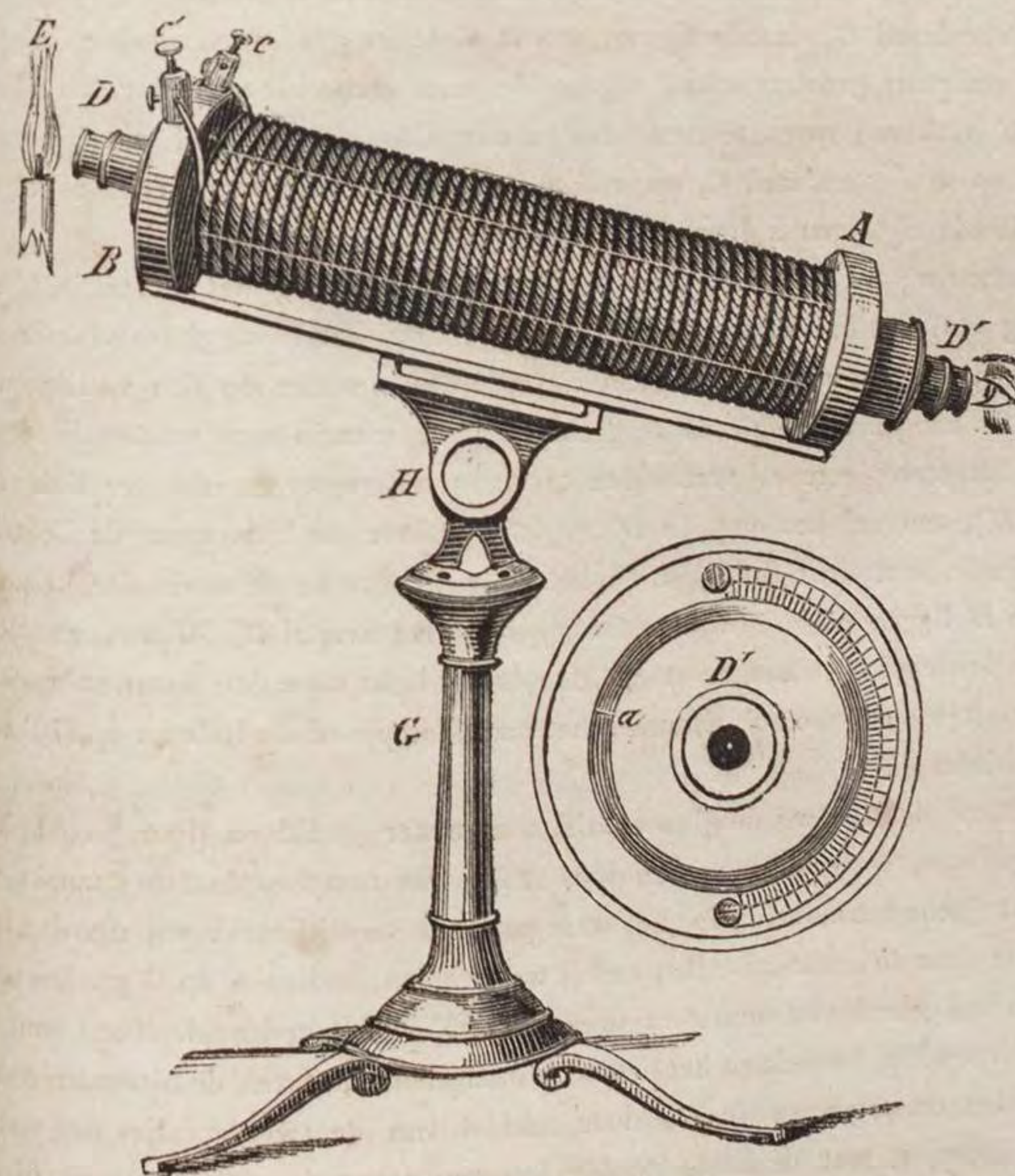
a a' is eene week ijzeren staaf, omwonden met geïsoleerd rood koperdraad, waarvan de uiteinden in verbinding zijn gebragt met de verbindingsknoppen *b* en *b'*. Het einde *a'* van die staaf is stevig bevestigd in den koperen standaard en voet *c*, die op zijne beurt weder aan eene plank is gehecht, waarop de geheele toestel rust. Het andere einde *a* is door het gebogen stangetje *d* en het kettingje *e* in verbinding gebragt met den korten arm van den hefboom *nf*, die om een spilletje, boven aan den stijl *g*, zeer ligt beweegbaar is. De lange arm van dezen hefboom *nf* loopt langs eene verdeelde schaal *m*, die naast den standaard *c* is geplaatst. Nog is het uiteinde *a* van de ijzeren staaf van een' haak voorzien, waaraan eene schaal hangt, die bestemd is, om er gewigten op te leggen, en alzoo de staaf eene eenigzins gebogene rigting te geven. Het is in dien toestand, dat onze figuur haar voorstelt. Wanneer men nu de pooldraden eener krachtige galvanische batterij met de knoppen *b* en *b'* in verband stelt, alzoo een' sterken stroom doet gaan door de draadwindingen der staaf *a a'* en

deze derhalve in een' hoogen graad magnetisch maakt, zoo rigt zich het uiteinde *a* van de staaf onmiddellijk op, die beweging plant zich voort op den gevoeligen hefboom *nf*, wiens einde *f* daardoor daalt, en kan alzoo vergroot op de verdeelde schaal *m* worden afgelezen. En wat wordt nu hierdoor bewezen? — Dat de veërkracht van het ijzer door het magnetiseren verhoogd wordt. Maar die verhooging van veërkracht is slechts tijdelijk, want zoodra de stroom ophoudt, ziet men den arm *f* weder rijzen tot op de vorige hoogte, een bewijs, dat de staaf door het gewigt weder naar beneden is getrokken. De veërkracht nu is eene eigenschap, welke van de schikking en den onderlingen afstand der atomen van een ligchaam afhangt; men ziet deze eigenschap door het magnetismus gewijzigd worden; en hieruit kan men dus besluiten, dat of de schikking, of de afstand der ijzer-atomen, of beiden te gelijk door den invloed der geheimzinnige magneetkracht wordt veranderd.

Ook de ontdekking van Faraday is te belangrijk, dan dat wij er nog niet eenige oogenblikken bij zouden vertoeven.

Fig. 463 geeft eene afbeelding van een werktuig, dat uitnemend geschikt

Fig 463.



is, om de proef van Faraday te bewerkstelligen. Het wordt hier voorgesteld in den vorm, zooals het alweder voor Teyler's stichting door Logeman vervaardigd is.

AB is een holle houten klos of cilinder, om welke verscheidene lagen met zijde omsponnen rood koperdraad zijn gewonden, en waarvan de uiteinden geplaatst zijn in de verbindingsknopjes *c'* en *c*, die op den rand des cilinders bevestigd zijn. In de holte van den houten klos *AB* zijn geplaatst: 1° eene ijzeren buis, en daarin 2° eene glazen buis, aan beide zijden door eene glazen plaat gesloten, welke laatste gebruikt wordt, om er het vocht in te gieten, welks werking op de gepolariseerde lichtstralen men onderzoeken wil. Men bemerkt dus, dat men den gepolariseerden straal door het inwendige holle gedeelte van den cilinder voert. Bij *D* en *D'* bevinden zich nicolsche prisma's (zie fig. 270), waarvan het eene *D* als polarisatie spiegel het andere *D'* als analyseur dient (zie bladz. 449). De lichtstralen, die van het licht *E* door *D* gaan, worden gepolariseerd. Het prisma *D'* kan met de koperen buis, waarin het sluit, worden rondgedraaid, terwijl een in graden, en onderdeelen van deze, verdeelden boog in *D'* aangeeft, in welke betrekkelijke stelling de assen der beide kristallen *D'* en *D* zich bevinden. In de ter rechterzijde van den standaard *G* staande figuur, wordt deze in graden verdeelde boog op eene eenigzins grootere schaal afgebeeld; men verbeelde zich hier den cilinder in *D'* vlak van voren te zien. De geheele klos *AB*, met al wat hij omvat, rust op een' standaard *G*, op welken hem, door middel van eene as *H*, verschillende rigtingen kunnen gegeven worden.

Nemen wij nu de glazen buis uit *AB* en draaijen wij het kristal in *D'* zoodanig om, dat het wijzerstreepje *a*, hetwelk op het beweegbare vlak is aangegeven, op het nulpunt staat der verdeling, welke op den vastliggenden rand is aangebragt, (zie de vergrootte figuur, waarin men echter de letter *a* met het streepje moet verbeelden te staan ter rechter en niet ter linkerzijde van *D'*), zoo zal het oog, in *D'* geplaatst, door de buis naar de lichtvlam *E* ziende, dat licht duidelijk en helder waarnemen; de assen der kristallen *D* en *D'* liggen nu evenwijdig. Draaijen wij het kristal *D'* 90° om, zoodat de assen loodrecht op elkander staan, dan is het licht voor den waarnemer schijnbaar uitgedoofd, zoo ook wanneer het maatstreepje of de index *a* op 270° staat (zie bladz. 449).

Thans plaatsen wij de glazen buis, met water gevuld en door glazen plaatjes gesloten, weder binnen den klos *AB*. Die tusschenplaatsing maakt volstrekt geene verandering in het waargenomen verschijnsel: wij zien het licht helder door de beide kristallen en het water heen, indien *a* op 0 graden staat, en in het geheel niet meer, wanneer *a* op 90° wordt gedraaid. Neem aan, dat *a* zich op 90° bevindt en het licht dus onzichtbaar is, laten de uiteinden *c* en *c'* van den omwonden draad, door middel van de twee gaatjes der verbindingsknopjes, met de beide pooldraden eener zeer krachtige batterij, in ver-

band worden gebragt, zoodat er een electriche stroom door den draad om den klos wordt geleid. Er werkt alsdan eene sterke magneetkracht op het tusschen de beide kristallen liggende ligchaam, namelijk op het water. Immers de ijzeren buis, die tusschen den spiraaldraad en de glazen buis binnen in den houten klos ligt, is sterk magnetisch geworden. Hier doet zich dus hetzelfde geval op, hetwelk wij op bladz. 577 behandelden. De magneetkracht oefent invloed uit op het water binnen in de glazen buis, en dat water zal daardoor de eigenschap verkrijgen, om het polarisatie-vlak te doen draaijen; — bezien wij dit eens!

De wijzerstreep stond, zooals gezegd is, op 90° en het licht was uitgedoofd, de pooldraden waren van *c* en *c'* losgemaakt en de galvanische keten is dus niet gesloten; maar nu laat men den stroom door den spiraaldraad gaan, en als door een' tooverslag verschijnt het licht weder voor het oog in *D'*. Om het weder te doen verdwijnen of zoogenaamd uit te dooven, moet men het voorste kristal in *D'* eenige graden over 90° heen draaijen; draait men het vervolgens weder op 90° terug, dan wordt het licht op nieuw zichtbaar, en breekt men nu den stroom af, dan verdwijnt het weder.

Ziedaar dus bewezen, dat het water door den invloed eener sterke magneetkracht, eene dergelijke eigenschap met betrekking tot het gepolariseerde licht verkregen heeft, als welke op bladz. 457 aan eenige stoffen in den gewonen toestand werd toegekend. Maar er is nog meer! — Plaats men zich nogmaals in de verbeelding voor het werktuig, dat weder zoo gesteld is, dat de wijzerstreep *a* op 90° staat, waardoor het licht schijnt uitgedoofd te zijn. Nu laat men den galvanischen stroom nogmaals door den spiraaldraad gaan, maar in eene tegenovergestelde rigting, door de beide pooldraden in de verbindingsknopjes te verwisselen. Het licht wordt dan op nieuw zichtbaar, doch om het nu uit te dooven, moet men het beweegbare kristal in *D'* niet over het punt van 90° heen, maar even zooveel terug draaijen als het vroeger over de 90° moest geschieden. De rigting, waarin de stof onder den invloed van de magneetkracht het polarisatie-vlak doet draaijen, hangt derhalve van de rigting des electriche strooms of van de ligging der polen van den magneet af. Het polarisatie-vlak des straaals wordt altijd in dezelfde rigting door den stroom gedraaid, waarin de positieve stroom in de spiraal rondloopt.

Ook de dikte der laag, waardoor het gepolariseerde licht geleid wordt, heeft grooten invloed op de sterkte der draaijing van het polarisatie-vlak. Zoo vond bij voorbeeld Bertin voor water, bij

dikte der laag		draaijing van het polarisatie-vlak.	
1 duim	2°	"	"
2 "	3°30'	"	"
3 "	4°25'	"	"
13 "	5°	"	"

Had men in plaats van water eene andere doorschijnende vloeistof, alcohol bij voorbeeld, in het werktuig geplaatst, dan ware de uitslag slechts daarin

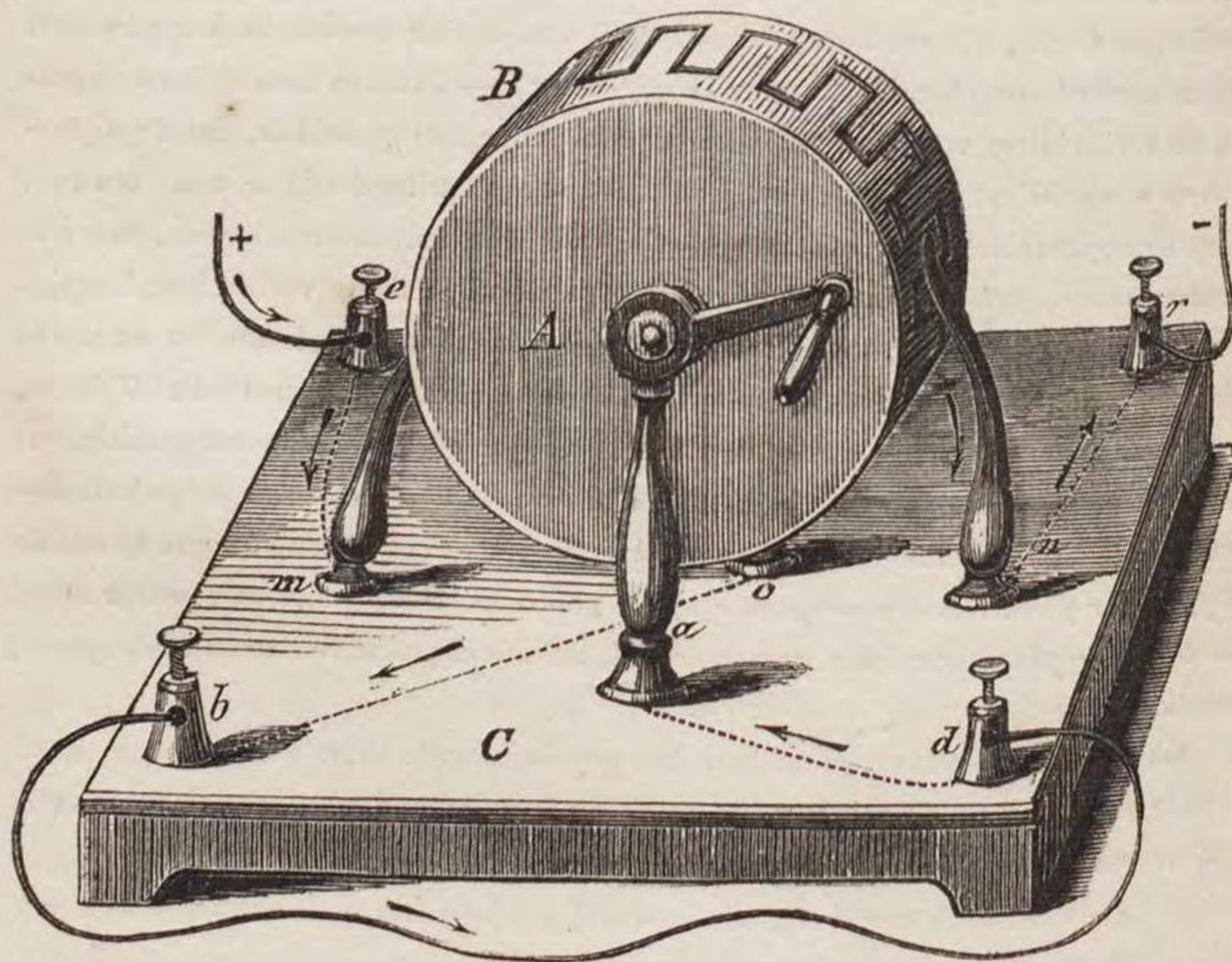
verschillend geweest, dat het verschijnsel bij de eene stof zich sterker voordoet dan bij de andere. Ja zelfs bij die vloeistoffen, welke, zooals terpentijn, suikeroplossing, enz. (zie bladz 457), de eigenschap der circulaire polarisatie reeds bezitten, heeft het verschijnsel nog in eene zeer sterke mate plaats. De hoeveelheid graden, welke zij reeds uit zich zelve het polarisatie-vlak doen draaijen, wordt, onder de inwerking der magneetkracht, of vermeerderd of verminderd, al naar de rigting, waarin deze op de vloeistof werkt.

Neemt men de ijzeren buis uit den cilinder *AB* weg, zoodat dan alleen de magnetische stroom onmiddellijk op de tusschenliggende vloeistof werkt, dan doet het verschijnsel zich nog op, maar in eene mindere mate.

Wij hebben gesproken van het omkeeren van den stroom door de beide pooldraden in de verbindingsknopjes *c'* en *c''* te verwisselen. Het is in vele opzigten wenschelijk, dit omkeeren spoedig en naar verkiezing te kunnen doen, en daartoe heeft men verschillende werktuigen bedacht, die de namen dragen van *stroomkeerder*, *gyrotroop* of *commutator*.

Vroeger gebruikte men bij zulk een werktuig altijd kwikbakjes, maar deze zijn in het gebruik zeer lastig. Fig. 464 stelt een stroomkeerder voor, die

Fig. 464.



zonder kwik het doel doet bereiken. Het is de *commutator van Elias*, ik trof dit eenvoudige werktuigje voor de eerste maal bij den heer Logeman aan, en meen te mogen vooronderstellen, dat het in sierlijkheid, doelmatigheid en eenvoudigheid de tot nog toe bestaande overtreft. *e*, *r*, *b* en *d* zijn de bekende me-

talen verbindingsknopjes, *a* en *c* zijn twee koperen zuiltjes, die de assen dragen van het cilindertje *AB*. Deze cilinder bestaat eigenlijk uit twee deelen van koper *A* en *B*, welke over den gebeelen omtrek met regthoekige tanden in elkander watten; echter ligt er tusschen deze tanden eene isolerende stof, bijvoorbeeld goed verlakt hout of hars. De voorhelft *A* van den cilinder staat voortdurend met de kolom *a*, de achterhelft *B* met *c* in verband. De omtrek van het cilindertje is bestendig in aanraking met de koperen veëren *m* en *n*, die zoodanig langs den omtrek schuiven, dat, wanneer *n* op het voorste deel *A* rust, zooals in de teekening is voorgesteld, de veër *m* met *B* in aanraking is, en omgekeerd. Verder staat door draden, die onder het plankje *C* doorloopen, *e* met *m* en *r* met *n* in verband, vervolgens heeft de drager *c* met *b* en *a* met *d* gemeenschap, dit is alles door tittels aangewezen. Is nu in *e* de positieve, in *r* de negatieve pooldraad der batterij vastgeschroefd, in *b* het eene en in *d* het andere einde des draads, welchen de stroom moet doorloopen, dan ligt de weg van dezen laatste van *e* naar *m*, over de achterhelft *B* des cilinders, over *c* naar *b*, dan naar *d*, en over *a* langs de helft *A* des cilinders de veer *n* en de schroef *r*, in zich zelve terug. Draait men nu den cilinder *AB* de breedte van een tand om, dan rust de veër *n* op de achterhelft en *m* op de voorhelft; de stroom gaat dan over *e*, *m*, de voorste helft *A* des cilinders, langs *a*, *d*, door den draad naar *b*, op *c*, de achterhelft *B*, en over *n* en *r* verder naar de batterij. De stroom is dus omgekeerd. Rusten de veëren op de tusschen de vierkante tanden liggende isolerende stof, dan is de stroom afgebroken. Wij zullen later het nut van dit werktuigje beter inzien en het veel eenvoudiger afbeelden.

De fraaiste en nuttigste toepassing van de geleiding des strooms op verre afstanden, ten einde deze aldaar uitwerkingen van verschillenden aard te doen te weeg brengen, vindt men ongetwijfeld in de *electrische telegraphen*. De stroom, die bij deze inrigting doorgaans snel wordt afgebroken en weder gesloten, maakt hierdoor zelfs op grooten afstand week ijzer, waar hij omheen loopt, bij korte tusschenpoozen magnetisch, en ten gevolge van het hieruit ontstane beurtelings aantrekken en onzijdig worden van den tijdelijken magneet, heeft men het mogelijk gemaakt, om met eene onbegrijpelijke snelheid, ja waarbij niets te vergelijken is, op uren afstands met elkander gedachten te verwisselen.

In verreweg de meeste landen van Europa, in oostelijk Noord-Amerika, een gedeelte van zuidelijk Azië, en ook in ons land zijn de groote steden reeds door zulke telegraphen aan elkander verbonden. Zelfs geschiedt thans die verbinding tusschen Engeland en het vasteland, door, onder de zee gelegde, met gutta percha bekleede koperdraden. Onze landgenoot E. Wenckebach heeft zich, ten aanzien van het tot stand brengen dezer nuttige inrigting in ons land en elders zeer verdienstelijk gemaakt.

Op zeer onderscheidene wijze heeft men bij de electrische telegraphen het doel trachten te bereiken. Sommige uitvinders leidden, door middel van vele draden, onderscheidene stroomen over verschillende magneetnaalden, die op

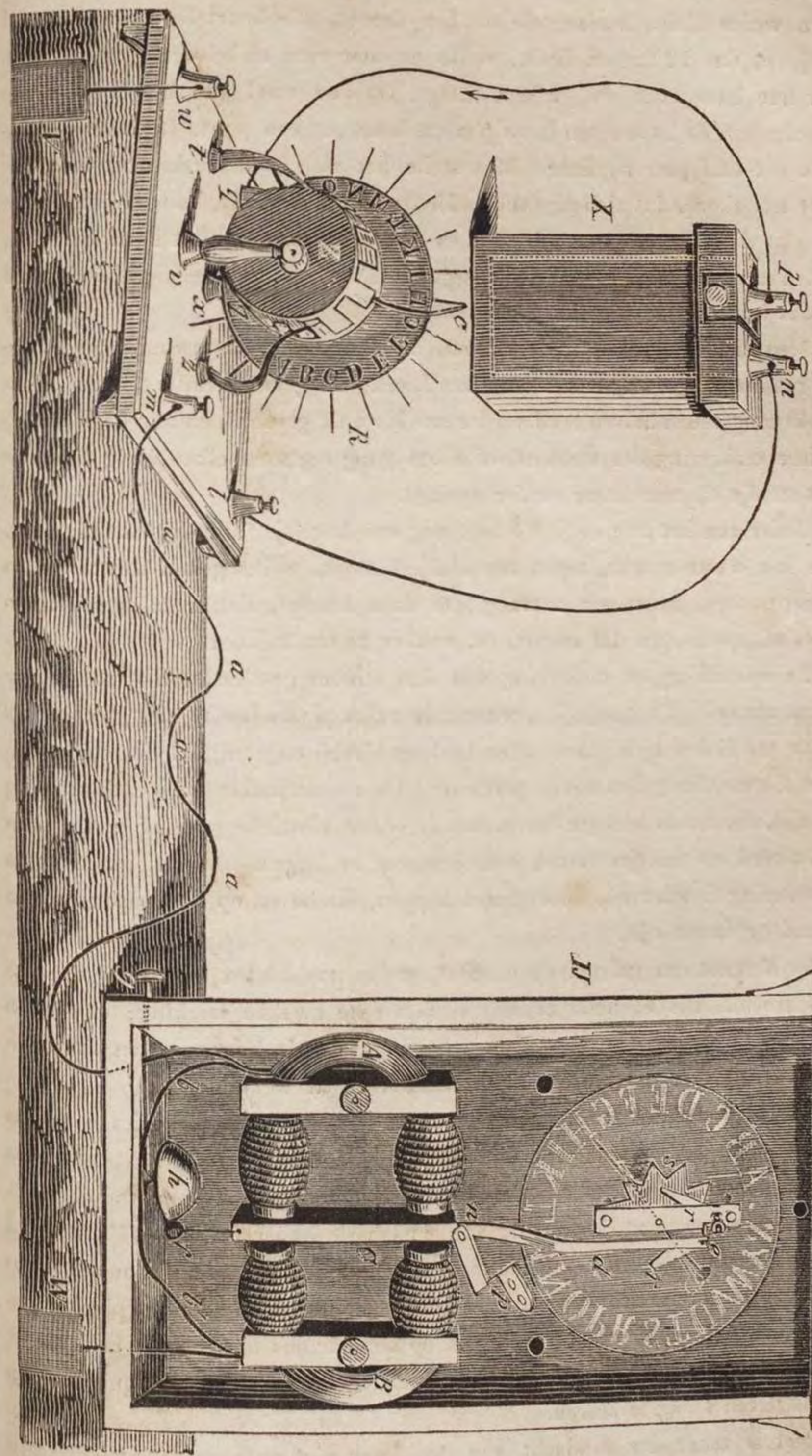
grootte afstanden van den seingever waren geplaatst, en wisten, door verbinding der afwijkingen, welke deze naalden bij afwisseling ondergingen, door teekenen hunne gedachten uit te drukken. Onze landgenoot Vorrsselman de Heer vond eene telegraaf uit, die door aandoeningen van het menschelijk ligchaam, door den stroom te weeg gebragt, die langs verschillende draden werd geleid, de tijding moest kenbaar maken. Tegenwoordig echter wordt algemeen de opwekking en het doen verdwijnen der magneetkracht in het weeke ijzer, bij de oprigting der electriche telegraphen, toegepast, en van al de inrigtingen van dezen aard zullen wij slechts die van Logeman en Morse vermelden, te meer daar wij hoop hebben, om uitsluitend deze weldra in ons land te zullen werkzaam zien. Wij beginnen met den *telegraaf van Logeman*, waarvoor hij in den jare 1846 octrooi verkreeg.

In een mahonijhouten kastje *Y* (zie fig. 465) zijn twee vertikaal geplaatste hoefijzervormig gebogene staven van week ijzer *A* en *B* bevestigd, welke beide op de bekende wijze omwoeld zijn met vele lagen rood koperdraad, dat met zijde omsponnen is. Deze omwindingen, voortgebragt door een' enkelen draad, die, zooals het draaddeel *b b'* ook aantoonst, van den eenen hoof naar den anderen overgaat, zijn zoodanig om de beide hoeven gelegd, dat, wanneer er een galvanische stroom wordt doorgeleid, de tegenover elkander liggende polen van de beide alsdan tot electromagneten gewordene hoeven, altijd ongelijknamig zijn, dat is, dat de noordpool van den eenen zich tegenover de zuidpool van den anderen bevindt, en omgekeerd.

Tusschen de beide electromagneten *A* en *B* hangt een stalen staafje *C*, dat *blijvend* magnetisch is. Leidt men dus een' stroom door de omwindingen der beide hoeven, in de rigting van *b'* naar *b*, en zijn de polen van het staalmagneetje *C*, die natuurlijk eene onveranderlijke stelling met betrekking tot elkander behouden, in dat geval, *ongelijknamig* met de daar tegenoverliggende polen van den electromagneet *A*, dan zijn de polen van het staafje *C* natuurlijk *gelijknamig* met de tegenover haar liggende polen van den electromagneet *B*. Wat is nu hiervan het gevolg? — het staafje *C* wordt door *A* aangetrokken en door *B* afgestooten, zooals het ook in de figuur is aangegeven. Keert men den stroom echter om, leidt men dezen van *b* naar *b'*, dan keeren ook de polen der beide hoeven om, en het staalmagneetje *C* wordt nu door *A* afgestooten en door *B* aangetrokken.

Door het gedurig verwisselen van den galvanischen stroom wordt derhalve aan het staafje *C* eene heen- en wedergaande of slingerende beweging gegeven. Aan dat staafje is eene langere stang *d* verbonden; beide draaijen gezamenlijk om eene as in *n*, die door een geelkoperen, regthoekig omgebogen plaatje *p* gedragen wordt. Door de beweging van het magneetje *C* gaat dus het staafje *d* naar de regterzijde, wanneer *C* door den hoof ter linkerzijde wordt aangetrokken, en omgekeerd. Deze heen- en wedergaande beweging van het stangetje *d* voert ook regts en links een horizontaal liggend staafje *e*, waar-

Fig. 465.



aan eene A vormig gebogene stang rr is verbonden, welke aan de beide einden weder kleine horizontale staafjes draagt, die beurtelings in een rad s grijpen, dat 12 tanden bevat, welks as door eene cirkelvormige plaat gaat, en aan haar eind een' wijzer draagt. Op den rand van het cirkelvormige bord staan de letters van het alfabet, benevens een punt. Dit alles is duidelijk uit de figuur zichtbaar. Men stelle het zich in de teekening voor, alsof het letterbord, dat zich eigenlijk vóór de kast Y bevindt, doorschijnend ware, zoodat wij de letters van achteren, en dus omgekeerd op het bord zien staan. (Men moet vooral den arm r , die regts ligt, met r links vereenigd beschouwen: dit is in de figuur niet juist aangewezen.)

Men ziet dat, wanneer de stroom, die door de draadomwindingen in A en B rondloopt, gedurig wordt omgekeerd, ook het getande rad s telkens bij elke omkeering eenen halven tand verder rond wordt gevoerd, en dus de wijzer, bij iedere omkeering des strooms, of elken gang regts en elken gang links van het staafje C , eene letter verder springt.

Onder aan het magneetje C hangt nog een kogeltje f , dat bij elke slingering, die het eerste maakt, tegen een klokje h stoot, welks geluid dient, om aan den persoon, die seinen ontvangt, te doen kennen, dat er zal geseind worden, of, zooals men dat noemt, tot wekker te verstrekken.

De opwekking en omkeering van den stroom geschiedt, als men wil, op uren afstands. De toestellen, waarmede zulks plaats heeft, ziet men in de figuur ter linker zijde staan. Men herkent hierbij ongetwijfeld den stroomkeerder Z van Elias; den roodkoperen draad aaa verbeelde men zich uren lang te zijn, en, zooals vroeger beschreven is, door elastieke gom of gutta percha geïsoleerd op paaltjes boven over den weg te liggen. De paaltjes zijn tegen inwatering beschermd, door glazen koppen, die boven op de toppen over den draad geplaatst zijn.

In X staat een galvanisch element, welks pooldraden bij p en n zijn vastgeschroefd. Dit element behoeft slechts eene zwakke werking tot stand te brengen, daar eene geringe bekrachtiging van de hoeven A en B reeds in staat is, om het magneetje aan te trekken en af te stooten.

De beide pooldraden p en n reiken in de verbindingsknopjes q en l , en daar nu in den commutator (zie fig. 464) de veër t op de achterzijde, en z op de voorste helft des cilinders drukt, zoo gaat de stroom van q , over t , x , w , de koperplaat V , door de aarde naar de koperen plaat W , vervolgens door de omwindingen der beide hoeven A en B , keert langs den draad aaa boven over den weg terug naar het knopje m , van dit, onder het plankje door, naar het stijltje v , treedt vervolgens op de naar ons toegekeerde helft van den cilinder Z , daarna langs de daarop rustende veër z naar den knop l , om zoo in zich zelve terug te keeren.

Het is zeker der aandacht van den lezer niet ontsnapt, dat wij zeiden, de stroom gaat door de aarde van V naar W . Dit is eene ontdekking van Steinheil.

Bij de proeven, die hij in den zomer van 1838 op den Neurenberger spoorweg nam, deed hij de in de gevolgen zoo vruchtbare ontdekking, dat de aardkorst zelve als geleider voor den stroom kan worden aangewend, en dat men alzo slechts een' draad over den weg noodig heeft, terwijl de terugkeering door den aardbodem plaats grijpt. Twee koperplaten V en W in den vochtigen grond geplaatst begunstigen dien wondervollen loop.

Zetten wij thans onze beschouwing voort. De commutator Z is eenigzins anders ingerigt dan in figuur 464. Op zijne as ligt namelijk eene schijf of een letterbord R bevestigd, dat zich met den commutator rond beweegt en in de figuur doorschijnend is afgebeeld. Bovendien zijn de tanden op den commutator aan iedere zijde 12 in getal, zoodat de stroom bij het omdraaijen der schijf R 24 maal wordt omgekeerd. Bij X bevindt zich diegene, welke naar Y berigten wil afzenden; R is dus het seingevend, Y het seinopvangend werktuig. In onze figuur is de letter H geseind. Boven iedere letter n. l. staat op den omtrek der schijf R een zwaar koperdraad of een staafje bevestigd; in c bevindt zich een dergelijk koperdraad, dat aan het kolommetje x onverplaatsbaar is verbonden; brengt nu de seingever het staafje, dat boven de letter op het bord R staat, tegenover het staafje c , dan is hij verzekerd, dat de veëren t en z zich op hare plaats bevinden en dat elke letter, die hij over c draait, ook door den wijzer in Y wordt aangegeven. Immers, wanneer men slechts zorgt dat, wanneer men niet te seinen heeft, de wijzer in Y , zoowel als het staafje c op de plaats X tegenover de punt op de letterborden liggen, zal elke verplaatsing van het bord in R van eene gelijksoortige des wijzers in Y gevolgd worden. Door het omkeeren toch des strooms en dus ook der polen A en B , wordt de magneet C beurtelings door A en door B aangetrokken. Wil men derhalve, na, zoo als de teekening voorstelt, H te hebben geseind, de letter K seinen, zoo draait men het bord R twee staafjes of letters verder om, de stroom is daardoor twee malen omgekeerd, en het rad s twee tanden, of de wijzer in Y twee letters versprongen. Alzo wordt het mogelijk, op elke letter, die men verkiest, den wijzer te brengen en te doen stilhouden, of wel men kan het wijzerbord beweegbaar maken, en de letters voor eene kleine opening, die in eene vaststaande plaat is gemaakt, doen stilstaan. Het is nu duidelijk, dat er bij eenen geheelen omgang des cilinders ook 24 omkeeringen van den stroom hebben plaats gehad.

Verklaren wij nu nog, hoe men het inrigt, om met slechts een' enkelen draad over den weg heen en terug te seinen. Dit geschiedt op de volgende wijze:

Op elke standplaats, zoowel in X als in Y , staat een seingevend (zie de fig. links) en een seinopvangend werktuig (zie de kast Y). Indien er niet geseind wordt, staan, zooals gezegd is, op beide standplaatsen X en Y de wijzers op het punt (.) tusschen de letters A en Z . Op dat oogenblik zijn, door eene kleine werktuigelijke inrigting aan de seingevende toestellen RZ , deze van den galvanischen sluitdraad uitgesloten. Door den geleiddraad aaa en den grond staan de draadwindingen van de beide electromagneten der beide telegraphen alle vier

met elkander in verbinding. Nu gaat men in *X* aan het seinen. Men draait daartoe de wijzerplaat *R* van den seingever een' ganschen slag om. Zoodra deze over het punt (.) is heengedraaid, zijn de hoeven op de plaats *X*, waar men de seinen geeft, buiten de keten, en het seingevend werktuig *RZ* er naar behooren in. De wijzer in *Y* gaat nu ook geheel in de rondte, en de klok slaat krachtig aan. Nu herhaalt de persoon in *Y* datzelfde werk, ten blijke dat hij acht geeft; hij zorgt nu vervolgens ook weder zijn seingevenden toestel op (.) te brengen, waardoor de commutator buiten de keten ligt en zijne hoeven er in liggen. Thans gaat men in *X* met seinen voort en deelt op de beschrevene wijze mede, wat men wil te kennen geven. Men kan onder het seinen het klokje *h*, door middel der schroef *g*, een eind wegs terug trekken, om niet voortdurend de klok te hooren aanslaan; of, zoo de opzigter van eene der standplaatsen de waakzaamheid van den seingever niet vertrouwt, wordt het wegtrekken der klok onmogelijk gemaakt, door haar vast te zetten

Men behoeft, hoewel zulks voor de duidelijkheid hier zoo is beschreven en afgebeeld, bij deze telegraaf-inrigting geen gebruik te maken van een of meer galvanische elementen. Tot het opwekken van den daarbij benoodigden electrischen stroom, is een magneet voldoende; men zal dit uit de volgende les leeren begrijpen.

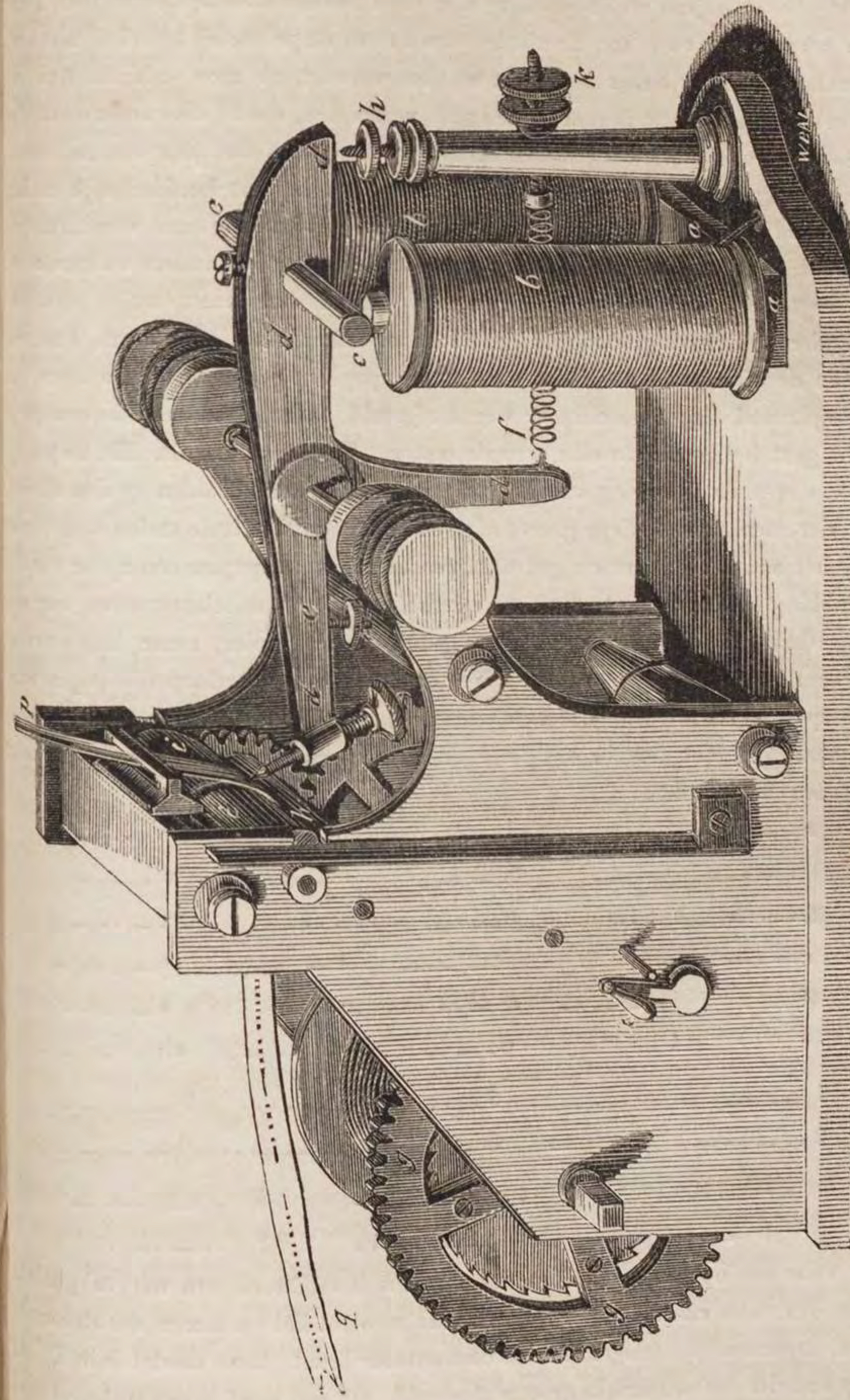
Ziedaar de beschrijving van eene der eenvoudigste en meest doelmatige telegraphische inrigtingen, die er tot nog toe bestaan. De vindingrijkheid van den mensch munt in deze uitvinding zeker schitterend uit. Waarlijk dit kan Galvani niet hebben voorondersteld, dat de eenvoudige waarnemingen der trekkingen van de kikvorschpooten op zulk eene wonderbare en schoone wijze zou worden toegepast. Wie zou hebben durven vermoeden, dat een paar metalen, in zuur water gedompeld, zouden dienstbaar gemaakt worden tot het overbrengen van onze gedachten op ongelooflijk groote afstanden, met onberekenbare snelheid!

Wij willen thans tot de beschrijving van den *druk- of schrijftelegraaf van Morse* overgaan, die thans op vele plaatsen in ons land in toepassing is gebragt.

Reeds in October van het jaar 1832 kwam de Amerikaan Morse op de gedachte, om electro-magneten tot de telegraphie aan te wenden. Na vele zeer moeilijke proefnemingen werd evenwel eerst in 1837 zijne inrigting, die inderdaad eene der eenvoudigste en zekerste mag genoemd worden bekend gemaakt.

De schrijftoestel is in fig 466 bijna op de helft der grootte afgebeeld. Op de ijzeren plaat *a* zijn twee ijzeren cilinders *b b* bevestigd, die dus met de plaat als het ware een' hoef vormen, de beide beenen *b b* zijn met geïsoleerd rood koperdraad omwonden. Boven de polen ligt het anker *c c*, dat aan den hefboom *d e* van messing bevestigd is. Wordt de hoef door den electrischen stroom magnetisch gemaakt, dan wordt het deel *d* van dien hefboom door de aantrekking van *c c* naar beneden, en de arm *e* naar boven bewogen; houdt de magneetkracht op, dan trekt de veërende spiraal *f* den hefboom weder in de vorige stelling terug. De schroef *k* dient, om de kracht der werking van de spiraal *f* te regelen.

Fig. 466.

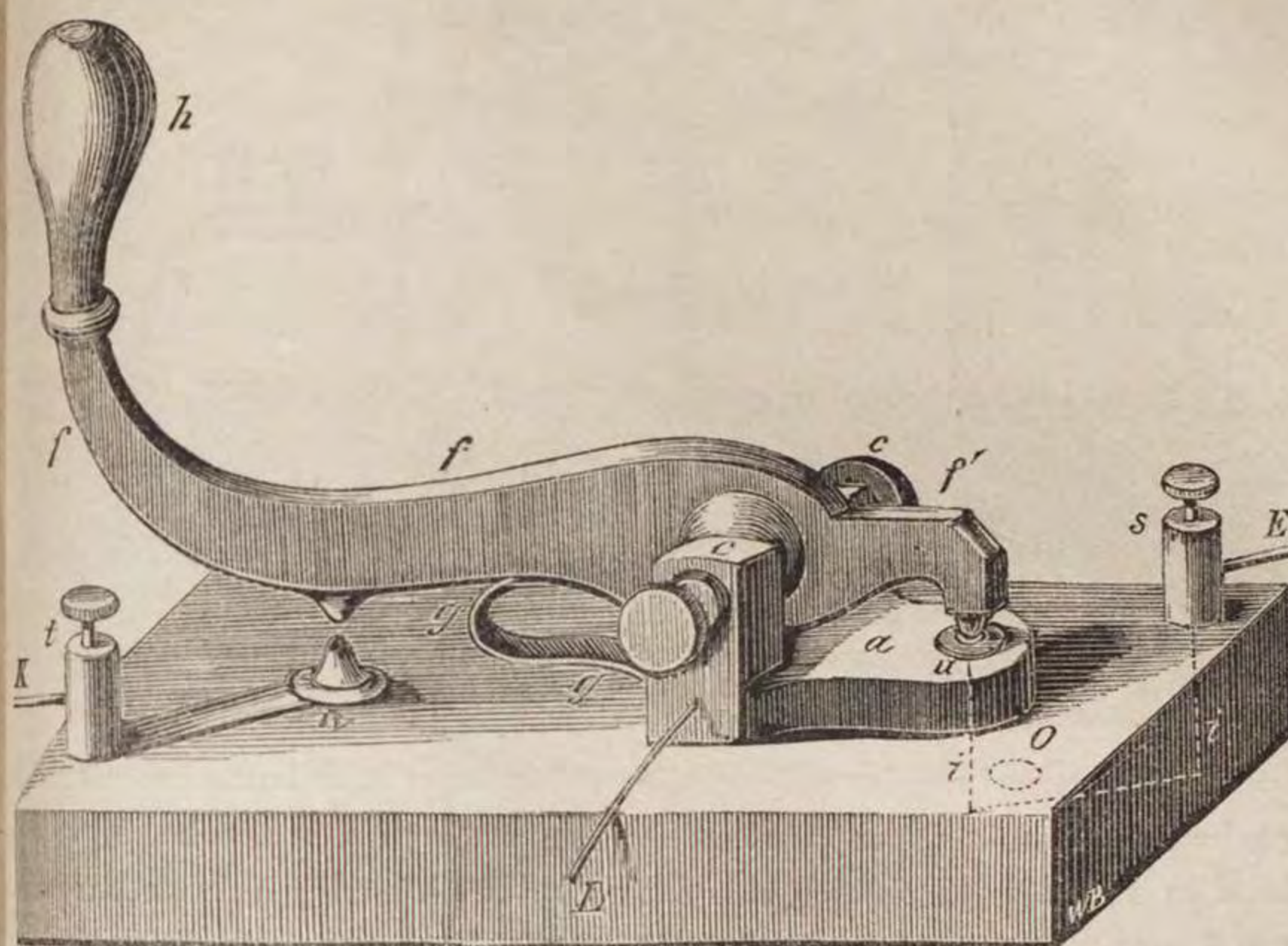


Het anker *cc* raakt in geen geval de polen onmiddellijk aan, omdat, al houdt de stroom op rondom de beenen van den hoof te loopen, toch de magneetkracht in het weeke ijzer niet dadelijk verdwijnt; daardoor nu zou *cc* aan de polen vastgehecht blijven en de werking niet meer aan het doel beantwoorden. Door de schroeven *h* en *e* kan de afstand van *cc* tot de polen, bij het al of niet aantrekken van het anker zoo groot worden gemaakt, als men verkiest. Aan den arm *e* des hefbooms is eene stalen stift verbonden, die bij elke nederwaartsche beweging van *d* of *cc* tegen eene strook papier drukt, dat door een raderwerk regelmatig wordt voortbewogen. Dit raderwerk bestaat hoofdzakelijk uit het hoofdrad *gg*, dat door een daaraan hangend gewigt langzaam wordt rondgedraaid; even als in eene klok, wordt die beweging op andere raderen overgebracht, en alzoo ook de cilinder *h* rondgevoerd; deze laatste wrijft tegen den cilinder *ii*, die even groot is als *h* en daardoor draait ook die mede om. Tusschen beide de cilinders *h* en *i* ligt eene strook papier *pq*, die van eenen boven den schrijftoestel liggenden cilinder wordt afgerold. Is het raderwerk in beweging, dan gaat het papier in elke seconde omtrent 2,5 duim vooruit. Met de pen bij *n* kan men de beweging van het raderwerk afbreken. Midden op den cilinder *ii* ziet men eene ondiepe groeve afgebeeld; in deze wordt de stalen stift of pen bij het aantrekken van *cc* gedrukt, zoodat er in het papier een spoor van die drukking kenbaar wordt. Sluit men derhalve den galvanischen stroom voor een oogenblik, dan drukt de pen eene punt in het papier; maar laat men den stroom iets langer gesloten, dan zal er op het steeds voortlopende papier eene streep gemaakt worden. Uit deze punten en strepen stelt Morse nu het alfabet zamen. Zie hier hoe in ons land de letters, cijfers en zintekens daarmede worden uitgedrukt:

a. —	f. . . .	l. . . .	q — . . .	v
æ. . . .	g — . . .	m — . . .	r	w. — . . .
b — . . .	h	n — . . .	s	x — . . .
c — . . .	i	o — . . .	t — . . .	y — . . .
d — . . .	j	œ — . . .	u	z — . . .
e	k — . . .	p — . . .	ue	ch — . . .
1. — . . .	3	5	7 — . . .	9 — . . .
2	4	6	8 — . . .	0 — . . .
.	,	! — . . .		
; — . . .	: — . . .	?		

Voor het openen en sluiten des strooms heeft Morse een werktuig bedacht dat den naam van sleutel draagt; even als men tot het omkeeren des strooms bij den logemanschen telegraaph den commutator bezat. Deze sleutel is in fig. 467 op de helft der natuurlijke grootte afgebeeld. Op een bord is een stuk geel koper *a* bevestigd, dat twee regt opstaande zuiltjes bevat, waarin de stalen assen

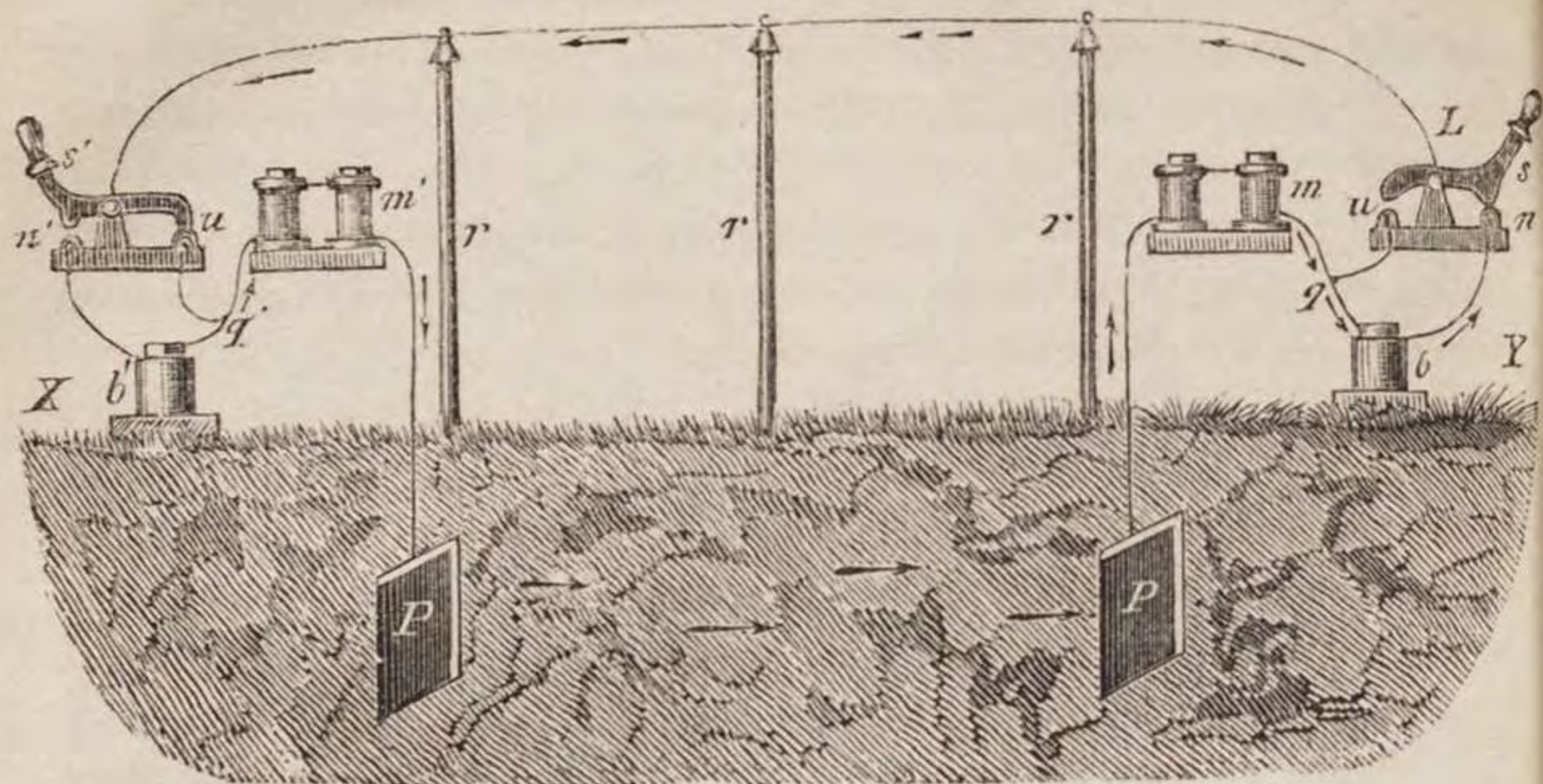
Fig. 467.



rusten van den gebogenen, geelkoperen hefboom *fff'*. Die hefboom wordt door de stalen veer *gg* altijd met het einde *fh* naar boven gedrukt, zoodat het einde *f'* op een stukje messing *u* drukt, dat door eene isolerende stof van het overige koper *a* geheel is afgescheiden, maar door een koperen draad *ii* met het verbindingskolommetje *s* in geleidende aanraking is gebracht. Drukt men den hefboomsarm *fh* met het handvat *h* naar beneden, zoo komt die arm met een knopje of kegeltje *n* van messing in verband, dat weder door een strookje van metaal met het kolommetje *t* in gemeenschap staat; de vereeniging met *u* is dus afgebroken. Bij *o* moest, even als bij *s* en *t*, een verbindingskolommetje staan, dat door een geleiddraad met het stuk messing *a* in verband staat; dit is evenwel in de teekening weggelaten, ten einde beter het einde *f'* van den hefboom en de vereeniging bij *u* te kunnen overzien. In plaats van dus *o* met *a* te verbinden, is er in de teekening een geleiddraad *L* aan het stuk *a* vastgehecht. Deze geleiddraad *L* gaat over den weg naar het eerstvolgend station. Zoo nu *K* de draad is, die van het koper in de batterij komt, en *ff* is op *n* neergedrukt, loopt de stroom van *t*, over *nfL* naar het volgende station, beweegt zich aldaar door de windingen van den hoof *bb* (zie fig. 466) keert onder de aarde door naar de batterij terug, en is alzoo gesloten.

Fig 468 steit, tot regt begrip der zaak, twee met elkander verbondene stations *X* en *Y* voor. *b'* en *b* zijn de batterijen, *s'* en *s* de sleutels (zie fig. 467), *m*, en *m* verbeelden de electromagneten (zie fig 466). Liggen beide de sleutels in rust, zooals in fig. 467 of in *X* fig. 468, zoo kan er geen stroom ontstaan, want bij *n'* en *n* is de geleiding afgebroken, de draad *b' n'* of *bn*, die aan het zink ver-

Fig. 468.



bonden is, is geheel van den anderen, die van het koper in de batterijen uitgaat, gescheiden. Wordt echter de sleutel op een station nedergedrukt, bij voorbeeld in *Y*, zoo is de sluiting voor dat station bewerkstelligd; de stroom gaat van *b* over *n* langs *L*, (zie ook fig. 467) loopt den draad door, die op de beschrevene wijze over de paaltjes *r* langs den weg gelegd is, treedt op het station *X* over den hefboomsarm *f'*, het stukje messing *u*, (zie fig. 467) den draad *i*, de kolom *s*, ontmoet nu bij *q'* twee takken, van welke hij slechts die, welke naar *m'* of het anker geleidt, volgt, dewijl de andere tak *q' b'* bij *n'* geopend is, treedt door de omwindingen, daarna op de aardplaat *P'*, in de rigting der pijltjes door de aardkorst naar de plaat *P*, klimt in de omwindingen van *m*, ontmoet bij *q* op nieuw twee draden, maar van welke *q u* is afgebroken, en treedt alzoo langs *q b* in de batterij terug. Alzoo beweegt zich dus de in *Y* voortgebrachte stroom om de electromagneten van beide stations, en de batterij in *X* kan geen stroom afzenden, omdat zij in *n'* niet gesloten is.

Wil de telegraphist in *Y* een bericht afzenden, zoo drukt hij eenige malen snel achter elkander den sleutel met het einde *h f* (fig. 467) naar beneden. Het daardoor veroorzaakte geraas van het aantrekken en weder verwijderen des ankers *cc* (fig. 466) wekt de aandacht van den telegraphist in *X*; hij antwoordt thans op dergelijke wijze, zet zijna raderwerk door de kleine kruk *n* in gang en laat het papier tusschen *h* en *i* (fig. 466) voortloopen. De telegraphist in *Y* drukt nu met behoorlijke tusschenpoozen den sleutel naar beneden, om hierdoor in *X* de vereischte punten en strepen voort te brengen. Ten bewijze, dat de boodschap is afgeloopen, maakt hij eene reeks van tittels. De telegraphist in *X* antwoordt nu met het woord begrepen of verstaan, of wel hij vraagt de herhaling van onverstaanbaar geblevene plaatsen.

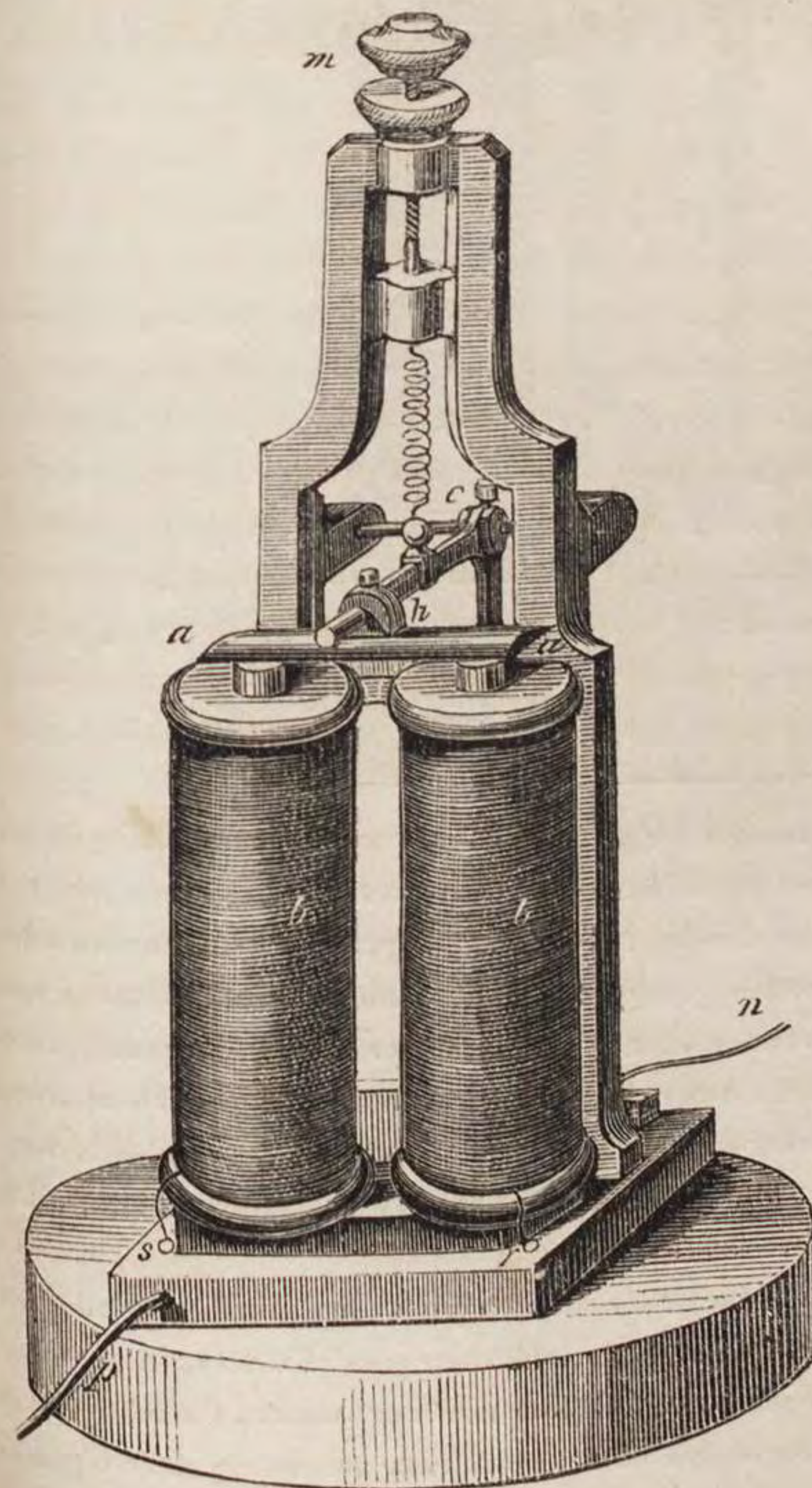
Het is jammer, dat wij hier met deze eenvoudige beschrijving niet kunnen eindigen. De galvanische stroom moet bij den toestel van Morse nog al zeer krachtig

zijn, om het anker *cc* zoo sterk te kunnen aantrekken, dat er duidelijk zichtbare afdrukken van den gang der schrijfstift in het papier *p q* (zie fig. 466) zichtbaar worden. Om het gemis nu van eene zoo krachtige batterij voor groote afstanden te vergoeden, heeft men de volgende vindingrijke inrigting tot stand gebracht.

Op elk station bevinden zich twee batterijen, eene hoofdbatterij, die de sterkste is, bestaande uit 6 tot 8 zink-kool of zink-platina paren, en eene meer zwakke localbatterij, uit 3 tot 4 cellen bestaande.

De stroom der hoofdbatterij, die in fig. 468 in *Y* gesloten werd en naar *X* vertrok, doorloopt nu niet meer dadelijk de omwindingen van den hoof des schrijftoestels, fig. 466, maar treedt in de veel meer talrijke en uit dunner draad bestaande omwindingen *bb* van den zoogenaamden overbrenger. Deze ziet men

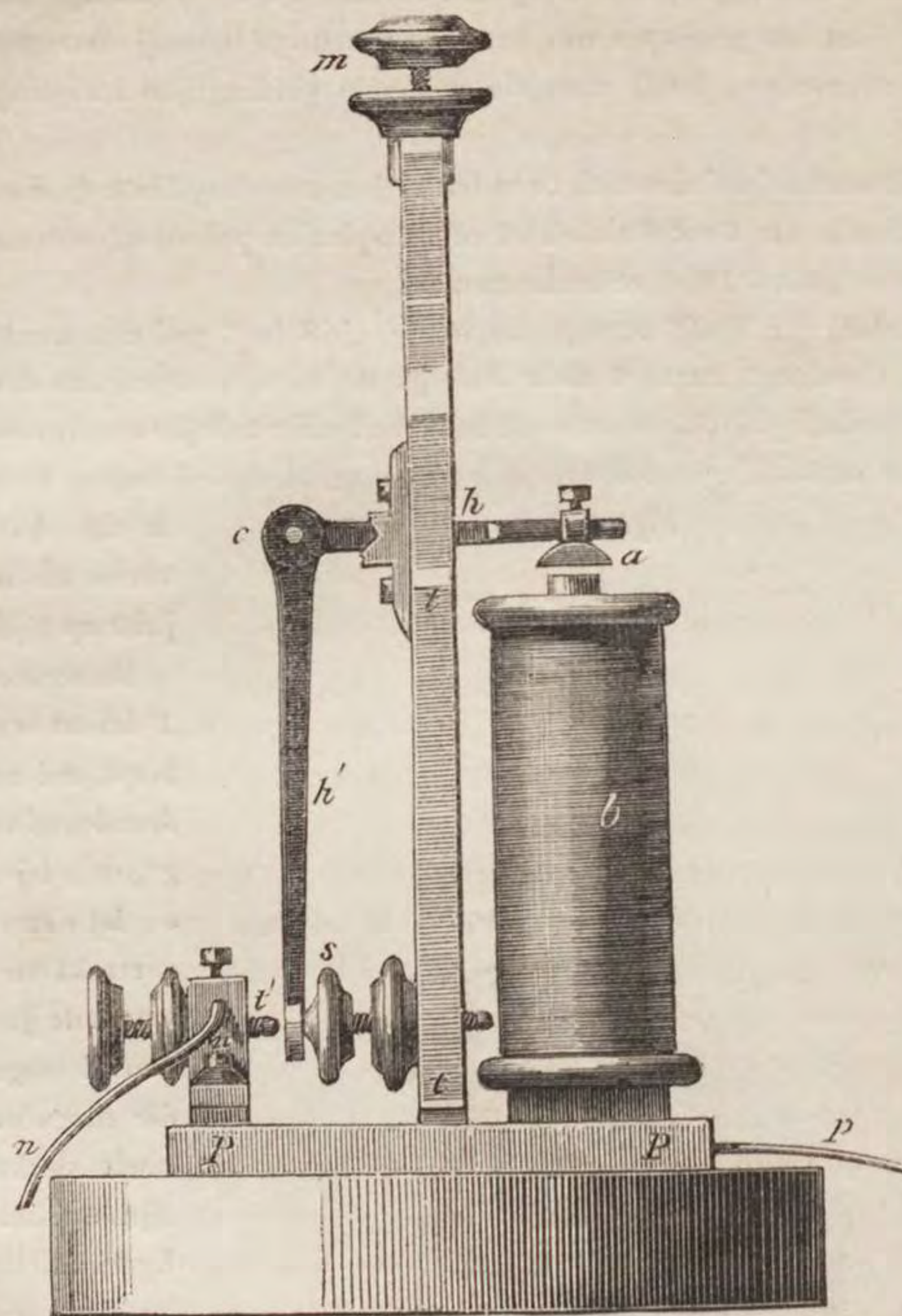
Fig. 469.



in fig. 469 meer van voren en in fig. 470 juist op zijde.

De stroom, die van *Y* boven over den weg loopt, zal nu, na door den sleutel te zijn heen-gegaan, bij *s* intreden en bij *r* naar de aarde vertrekken. Daardoor wordt de ijzerkern binnen *bb* magnetisch, en die magneetkracht behoeft slechts zwak te zijn, om het zeer nabij liggende, ligt beweegbare anker *aa* aan te trekken. Dit anker is aan een' regthoekig gebogenen hefboom *h c h'* bevestigd, welks draaijingsas *c* door een' toestel van messing gedragen wordt. (Men vergelijk bij deze beschrijving voortdurend de beide figuren 469 en 470). Door eenen veërenden draad wordt de arm *h* in de

Fig. 470.

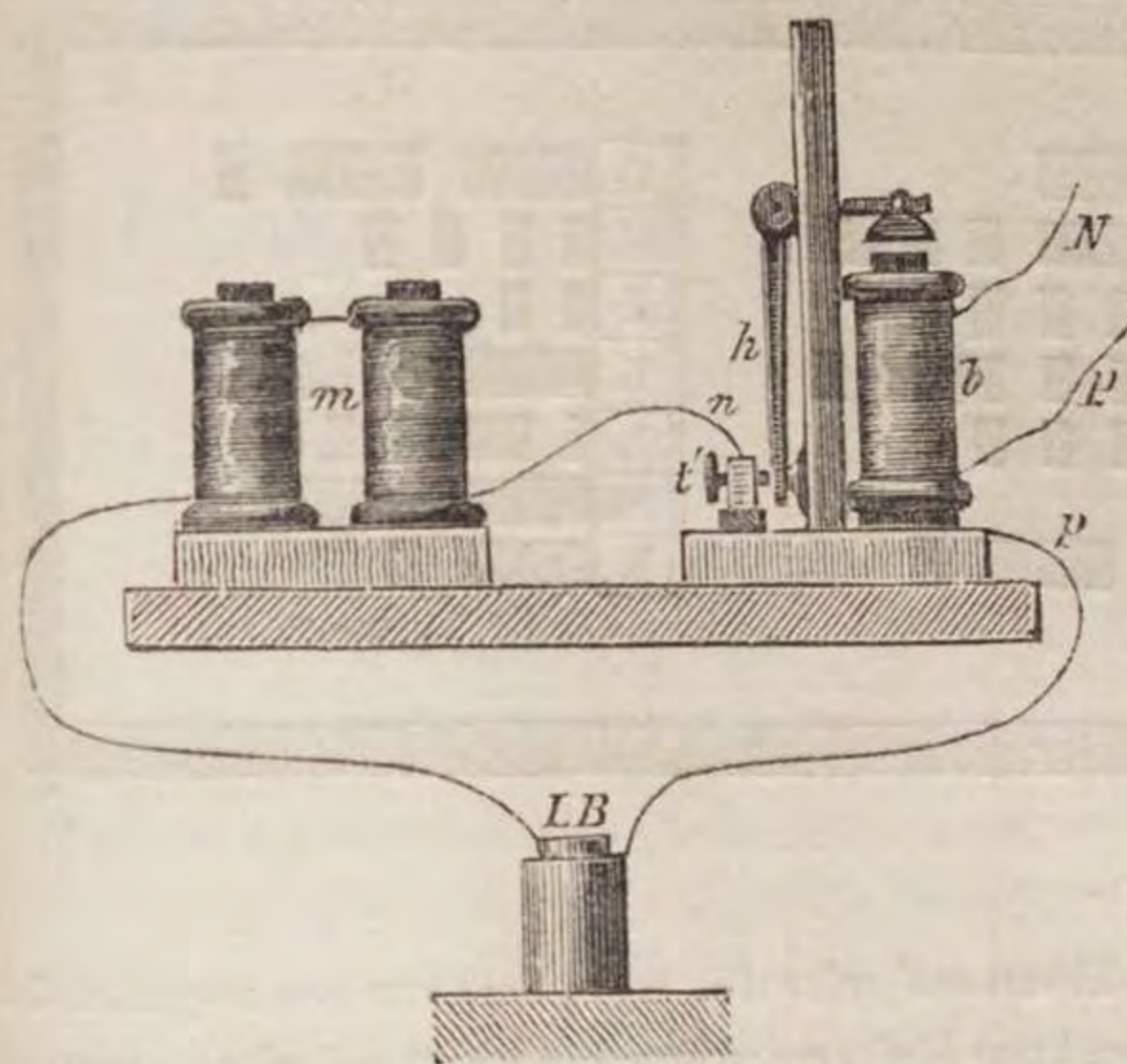


hoogte gehouden en daardoor de andere arm $c h'$ tegen den messing knop s gedrukt; door de schroef bij m kan weder de werking der veër gewijzigd worden. Zoodra de stroom den spiraal $b b$ doorloopt, wordt het anker nederwaarts bewogen, en dien ten gevolge het ondereinde h' des hefbooms tegen den metalen knop t' gedrukt, zelfs nog eer het anker $a a$ met de polen in aanraking komt. De speelruimte tusschen t' en s is buitengewoon klein, zoowel als de afstand, die het anker van de polen heeft, en dit maakt duidelijk, waarom de stroom, rondom $b b$ loopende, slechts zeer zwak behoeft te zijn, om de beschrevene beweging voort te brengen.

Van de eene pool nu der kleine locaalbatterij gaat een draad p naar de plaat pp van messing, met welke de hefboom $c h'$, door middel van tt , in geleidende verbinding staat. De kleine messing-kolom n echter, waarin t' steekt, rust op een' ivoren onderlaag, en is dus buiten geleidende aanraking met pp gesteld;

dit kolommetje t' is door een' draad n , welke eerst den spiraal van den schrijftoestel m doorloopt (zie fig. 471) met de andere pool der locaalbatterij LB in

Fig. 471.



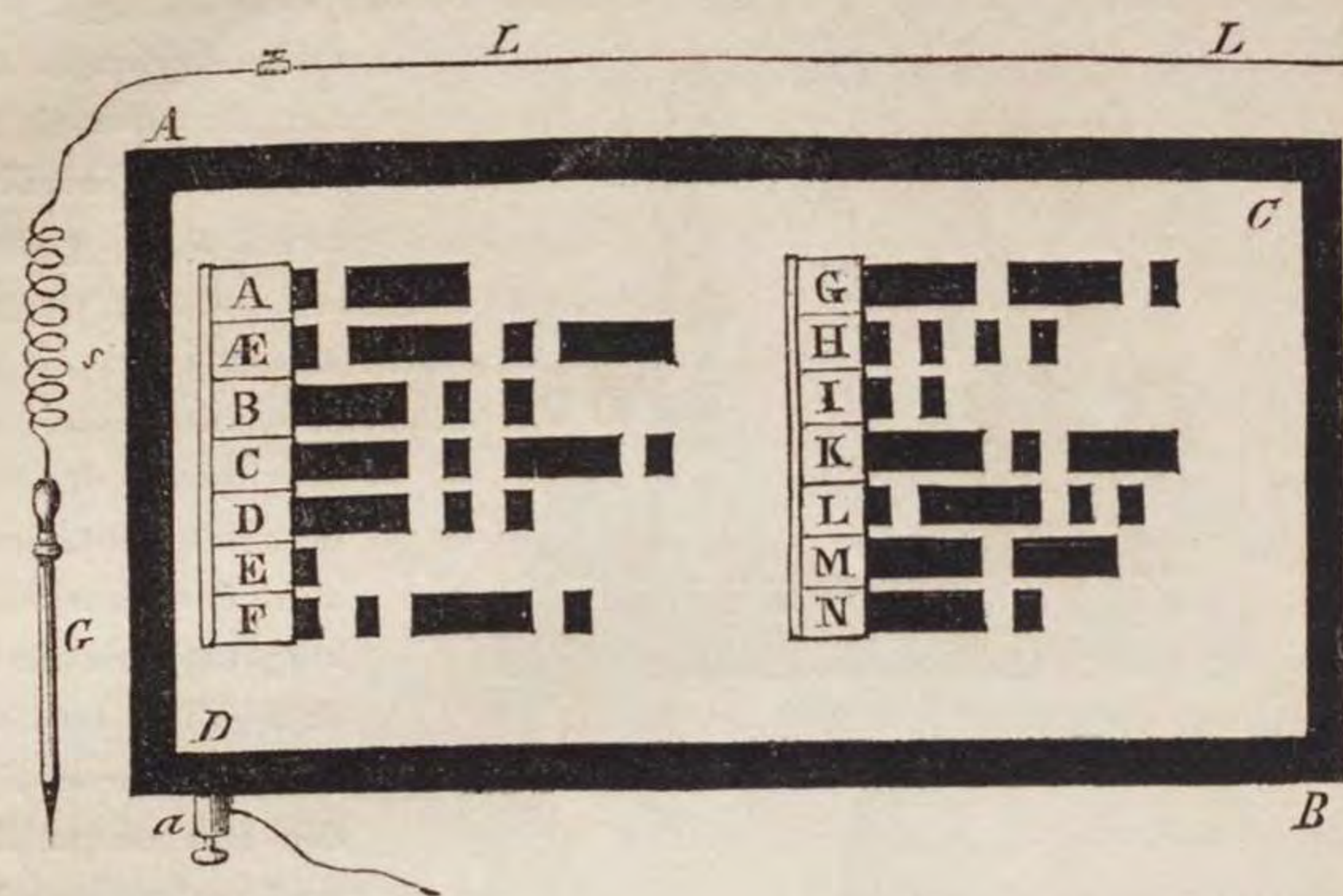
verband gebragt. Men ziet derhalve uit fig. 471, dat de locaalbatterij LB niet gesloten is, zoolang er geen stroom, van Y (fig. 468) uitgaande, door den spiraal des overbrengers loopt, dewijl zich dan eene afbreking tusschen de met de negatieve pool verbundene schroef t' en den met de positieve pool verbonden hefboom h bevindt. Zoodra echter (zie fig. 471) de

stroom uit de hoofdbatterij, van Y uitgaande, langs N in de omwindingen des overbrengers en langs P er buiten treedt, wordt bij t' de keten der locaalbatterij LB gesloten, en nu doorloopt de stroom der laatstgenoemde batterij den schrijftoestel m , welke stroom natuurlijk, uithoofde van de geringe lengte der draden, buitengewoon krachtig is.

De beteekenis van fig. 468 wordt nu in zooverre gewijzigd, dat m' en m niet meer de electromagneten des schrijftoestels verbeelden, maar die van de beide overdragers. Zoodra de telegraphist in Y den sleutel nederdrukt, leidt hij den stroom der hoofdbatterij door den spiraal van den overdrager der beide stations; daardoor echter worden de locaalbatterijen op beide stations gesloten, en op beiden het anker van den schrijftoestel aangetrokken.

De omstandigheid, dat er nog al eenige moeite en langdurige oefening aan verbonden is, eer de telegraphist de op bladz. 752 aangewezen teekens zeer vlug aan de daarmede bedoelde letters weet te verbinden, heeft Morse bij zijnen telegraaph eene inrigting doen bedenken, die het ieder mogelijk maakt, om de bedoelde letters in punten en strepen over te brengen. Dit middel bestaat in eene metalen plaat AB (zie fig. 472), die met eene, van ivoor, CD , is overdekt. Uit deze laatste zijn echter een aantal smalle en langwerpige, regthoekige vierhoekjes gesneden (deze worden door eene zwarte kleur in de figuur aangewezen), en daarna met metaal weder gevuld, zoodat dit metaal met de plaat AB geleidend is vereenigd. Men verbeelde zich nu, dat in plaats van den sleutel in Y (fig. 468) op de plaats n de beschrevene plaat ligt; dat bij a fig. 472 de geleiddraad bn fig. 468 is verbonden, en dat verder aan den draad L , die over

Fig. 472.

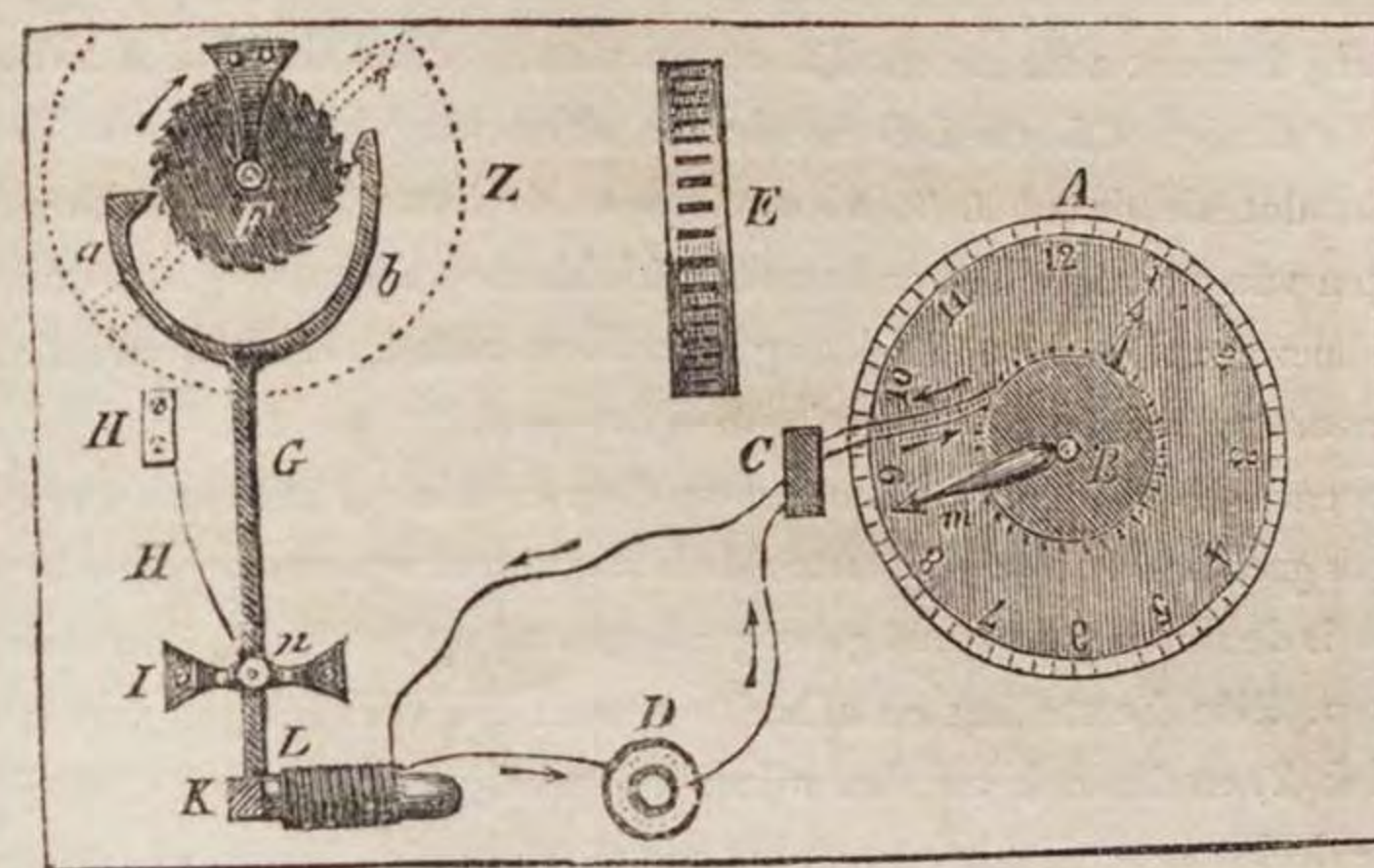


den weg loopt, door middel van een' spiraal *s*, eene soort van ivoren griffel *G* is gehecht, die eenen metalen knop heeft, en welker binnenste gedeelte en punt uit metaal bestaan; dan kan gemakkelijk worden ingezien, dat, zolang de griffel met de punt op eene der zwarte, dat is metalen, vakken rust, de stroom gesloten zal zijn, en de schrijftoestel in *X* in werking zal geraken. Zijn alzoo de in het ivoor ingelegde stukjes metaal in de ware verhouding in rijen tegen over elke letter van het alphabet geplaatst, zoo als in de figuur met enkele letters is aangetoond, dan behoeft men slechts de griffel regtlijnig over eene rij van zulke ingelegde stukken te voeren, om op het volgende station de stalen schrijfstift ook de teekens in dezelfde verhouding op het papier te doen overbrengen; want de sluiting en afbreking des strooms geschiedt dan in dezelfde lengteverhouding van de op de plaat *AB* ingelegde stukken metaal en hunne tusschenruimten.

Uit de gegevene beschrijving valt dadelijk het meer eenvoudige van Logeman's telegraaf in het oog. In hoeverre de laatste in snelheid van werking en deugdelijkheid die van Morse overtreft of evenaart, kunnen wij nog niet beslissen.

Wij hebben bij de verklaring van Logemans telegraaf gezien, op welke wijze, door het omkeeren van den stroom, een wijzer kan worden rondgevoerd. Dat dit eveneens door het afbreken van den galvanischen stroom kan geschieden, hiervan overtuigt ons fig. 473. Hierin stelt *L* een hoef voor, welks beenen met geïsoleerd koperdraad zijn omwonden; *K* is het anker; beiden worden juist van ter zijde gezien, zoodat er slechts één been van den hoef zichtbaar is. Aan dit anker nu, is eene staaf *G* bevestigd, die in twee armen *a* en *b* uitloopt, en om eene horizontale spil *n* beweegbaar is. Even boven het draaipunt *n* drukt gestadig eene veër *H*, die, den arm *G* steeds naar de rechterzijde overdruwend, het anker *K* daardoor van den hoef verwijderd houdt. Wordt evenwel door het

Fig. 473.



sluiten des strooms de hoef magnetisch, dan overwint de magneetkracht van den hoef de drukking der veër *H*, en het anker wordt naar den hoef getrokken, zoodat de arm *G* met de daaraan verbondene vork *ab* zich naar de linkerhand beweegt; op deze wijze is de ligging ook in de figuur voorgesteld; de stroom is op dat oogenblik gesloten. Door deze, ten gevolge van het openen en sluiten des strooms, heen en weder gaande beweging van de staaf *G* en de armen *a* en *b*, grijpen de daaraan verbondene verbredingen of haakjes in de tanden van een rad *F*, waaraan een wijzer is gehecht. Daar nu die haakjes, zooals in de figuur duidelijk is voorgesteld, een' halven tandsafstand in hoogte verschillen, zoo zal bij elken heen- en wedergang het rad *F* in de rigting van het pijltje worden rondgevoerd; want de beide takken *a* en *b* ondersteunen elkanders werking op het rad, doordien de schuine zijde der haakjes juist in tegenovergestelde rigtingen ten opzichte van elkander liggen. Ziedaar de beschrijving van de eenvoudige inrigting der zoogenaamde *electrische klokken*, zooals zij reeds op enkele plaatsen in ons land aanwezig zijn. Het openen en sluiten van den stroom geschiedt door een ander gewoon uurwerk *A*.

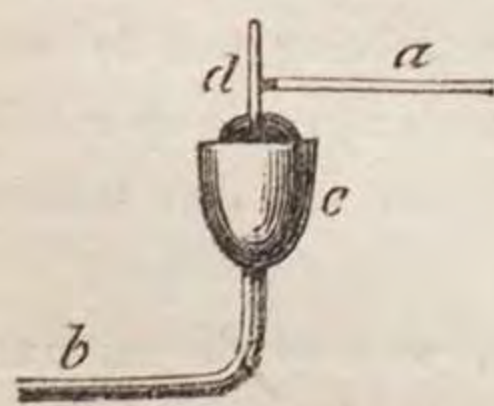
Om dit tot stand te brengen, kan men op de spil, waarop de minuutwijzer *m* is bevestigd, of op de zoogenaamde minuutpijp, een houten schijfje *B* vastmaken, dat vooraf in dertig gelijke deelen is verdeeld, terwijl er op elk dier deelpunten een koperen krammetje in het hout is bevestigd, dat slechts even boven de oppervlakte van den omtrek dier schijf reikt. Men ziet deze inrigting bij *E*, waar de schijf *B* op den kant gezien wordt, meer duidelijk aangewezen. Verder zijn er in het blokje *C* twee koperen, eenigzins veërende draden vastgemaakt, die men zich in de figuur als geheel naast en niet boven elkander liggende moet voorstellen, en welke bij de beweging van den minuutwijzer *m* en het schijfje *B* over den rand van dit laatste heen strijken. Een dier veërende draden is aan een der elementen van de batterij *D* verbonden, terwijl de tweede in gemeenschap is gebragt met den draad *CL*, die naar het andere, boven be-

schrevene, uurwerk *Z* gaat, zich daar om den hoof *L* wikkelt, en vervolgens langs den tweeden draad *LD* naar het andere element der batterij voortgaat. De batterij bevindt zich natuurlijk op de plaats, waar de klok *A* aanwezig is, terwijl de draden *CL* en *LD* honderden ellen lang kunnen zijn. Het is ook duidelijk, dat de draad *LD*, alvorens naar de batterij te vertrekken, de omwindingen van meerdere hoeven in andere klokken op zijnen weg kan doorloopen. Al deze hoeven zullen bij aantrekking hetzelfde verschijnsel openbaren als die in *L*, en dus ook wijzers in beweging kunnen brengen.

Het openen en sluiten van den stroom door de klok *A* zal nu zeker door den lezer reeds goed begrepen zijn. Rusten de beide veeren op een koperen krammetje in *B*, dan is de sluiting tot stand gebragt; liggen zij op het hout, dan is de stroom afgebroken. Elke herstelling en afbreking heeft een verspringen van het rad *F* in de klok *Z*, en dus ook van den wijzer ten gevolge. Daar nu het schijfje *B* in 30 gelijke deelen is verdeeld, en ook het rad *F* 30 tanden heeft, zoo zal de wijzer in *F* bij elke minuut verspringen, en dus een' gelijken gang met het uurwerk *A* hebben. Op dergelijke wijze is het met al de overige magnetische klokken gesteld: allen bewegen zich gelijktijdig met het gaande uurwerk *A*. Door het aanbrenge van een kleiner rad midden op *F*, en een paar raderen, waarop dit kleinere werkt, wordt er ook een uurwijzer in rondgevoerd.

Men rigt het wel eens zoo in, dat de slinger eener klok het openen en sluiten van den stroom bewerkstelligen kan; maakt deze slinger in elke seconde eene slingering, dan zal het sluiten van den stroom op het einde van elke seconde op de volgende wijze kunnen plaats grijpen. In het benedeneinde van den slinger is een koperdraad *b* geschroefd (zie fig. 474); die draad draagt een klein bakje

Fig. 474.



c, dat met kwikzilver is gevuld, zoodanig dat het kwik even boven den rand reikt. Dit bakje beweegt dus met den slinger heen en weder; in de nabijheid van dezen laatste is in eene horizontale rigting een koperdraad *a* bevestigd, waaraan een platina schijfje *d* is verbonden; dit schijfje is zoodanig geplaatst dat, wanneer de slinger en dus ook het bakje *c* zijn laagste punt heeft bereikt, het platina door het kwikheveltje heen strijkt; op dat oogenblik is dan de stroom gesloten, want de eene pooldraad der batterij is aan *a*, de andere aan het ophangpunt des slingers verbonden; *d* en *c* vertegenwoordigen dan de einden der pooldraden. De wijzer in *Z* (zie fig. 473) zal dus elke seconde vooruit gevoerd worden. De slinger wordt in fig. 474 voorgesteld als op den kant gezien te worden.

Voor sterrekundige waarnemingen zijn de galvanische uurwerken van het grootste gewigt. Neem aan, dat ten gevolge van het openen en sluiten des strooms door den secondeslinger een toestel wordt in beweging gebragt, gelijk aan het schrijfwerktuig van Morse's telegraaph (zie fig. 466); dan zal de stift *d* bij elke seconde op het papier *s s* eene punt maken; hoe sneller zich dit papier

beweegt, hoe verder de punten van elkander zullen liggen; stel nu eens, dat deze punten op 1 duim afstands van elkander vallen, dan zal de lengte van een duim den duur eener seconde kunnen voorstellen. Laat nu naast den electromagneet *bb* een tweede liggen, die door een' geheel anderen sluitdraad magnetisch wordt gemaakt, en waarin de stroom door eenen waarnemer naar verkiezing kan gesloten worden, door het drukken met den vinger op een ivoren knopje; stel dat de laatstgenoemde electromagneet ook eene schrijfstift in beweging brengt, die juist naast *b* gelegen is, en op hetzelfde papier punten maakt, die dus in eene, aan de eerste rij van punten evenwijdige, rigting liggen; dan noemt men de eerste reeks van punten *secondepunten*, de laatste *waarnemingspunten*.

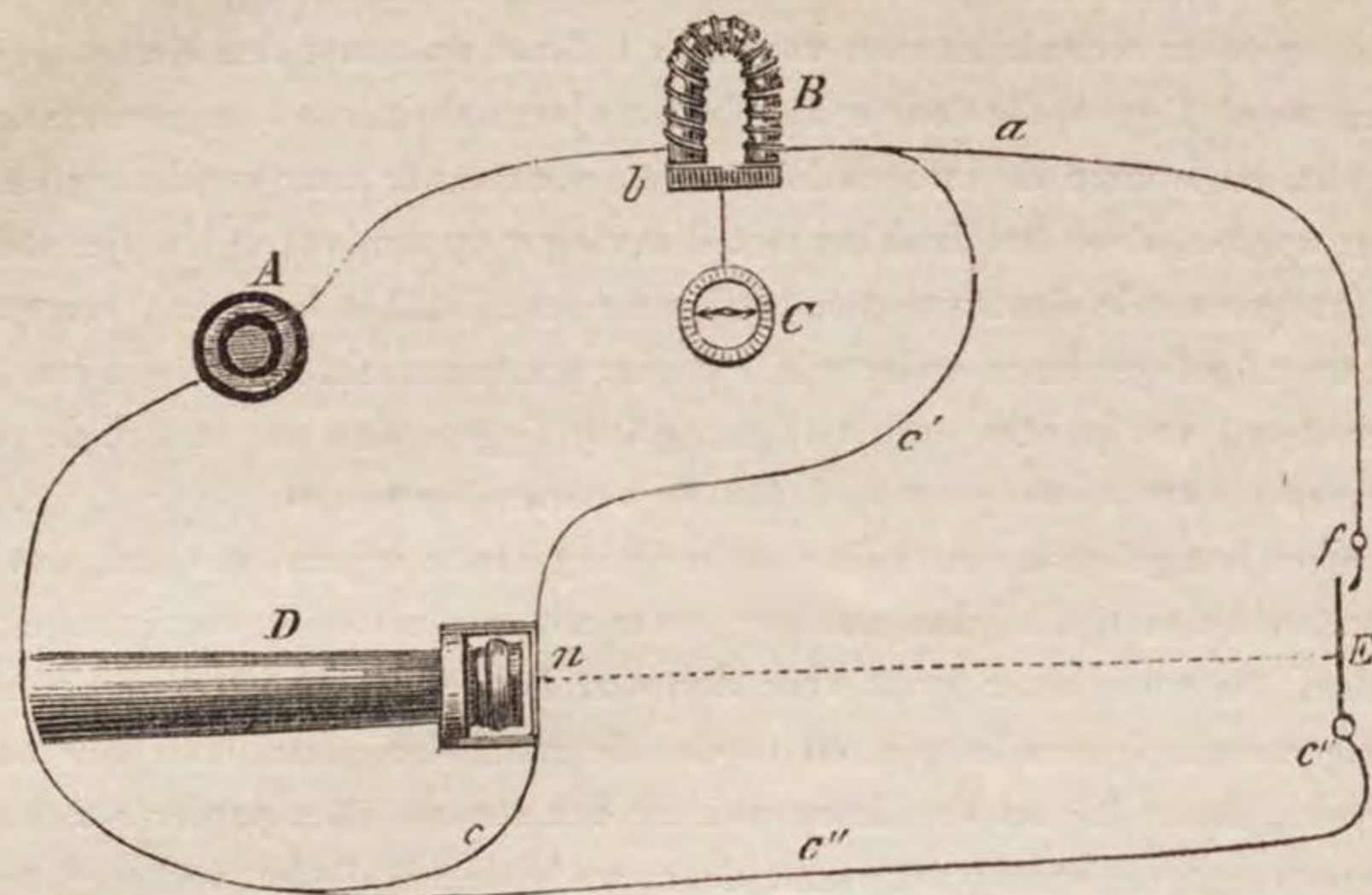
Om nu het gebruik van zulk eene inrigting aan te wijzen, zoo stel, dat men bijvoorbeeld den tijd bij den aanvang eener zonsverduistering met juistheid wil bepalen. De waarnemer staat voor den verrekijker, houdt den vinger aan het bovengenoemde ivoren knopje, en zoodra de rand der maan dien van de zon aanraakt, drukt hij op den knop en sluit den stroom. Het papier *s s* (zie fig. 466) ontvangt nu eene punt naast de *secondepunten*, die het verkreeg, terwijl het gestadig zich voortbewoog. Valt nu dat waarnemingspunt naast een *secondepunt*, zoo is de waarneming met die seconde zamengevallen en de verduistering te zooveel uren, minuten en seconden ingetreden. Valt echter een waarnemingspunt tusschen twee *secondepunten* in, dan kan men door middel eener schaal naauwkeurig meten, hoeveel tienden en honderdsten eener seconde bij de laatste voorgaande geheele seconde nog moeten worden opgeteld. Zoo kan men derhalve tot honderdste deelen van seconden naauwkeurig bepalen. Op deze wijze kunnen ook de doorgangen van sterren door den meridiaan met eene vroeger niet gekende naauwkeurigheid worden uitgedrukt.

Wheatstone bezigde de groote snelheid, waarmede de galvanische stroom zich langs geleiders beweegt, om de snelheid van geschutkogels te bepalen. Fig. 475 geeft eene schets zijner inrigting daartoe.

A stelt de galvanische batterij voor; de eene pooldraad is met den electromagneet *B* verbonden. Is de stroom gesloten, en ligt dus het beweegbare anker *b* tegen den hoof, dan staat de klok *C*, door eene daarin aangebragte inrigting, stil. Houdt de magneetkracht op, dan trekt eene veer het anker van den hoof af en de klok *C* gaat weder. Het openen en sluiten nu, wordt door den kogel bewerkt. Om den mond namelijk van het geschut *D* ligt een houten ring, over welke de draad *c c'* is gespannen, zoodat de stroom van *A* naar *B* over *c'*, *n* en *c* naar *A* terugkeert. Zoodra de kogel wordt afgeschoten, is de draad bij *n* verbroken, de stroom geopend en het uurwerk gaat weder. Op eenigen afstand treft de kogel eene plaat *E*, die daardoor met de metalen veer *f* in aanraking komt en blijft; de stroom is nu weder gesloten, en loopt over *A*, *B*, *a*, *f*, *E*, *c''*, en *c''*; de hoof trekt het anker weder aan en de klok staat stil. De wijzer geeft nu aan, hoeveel tijd de kogel tot zijnen loop heeft besteed.

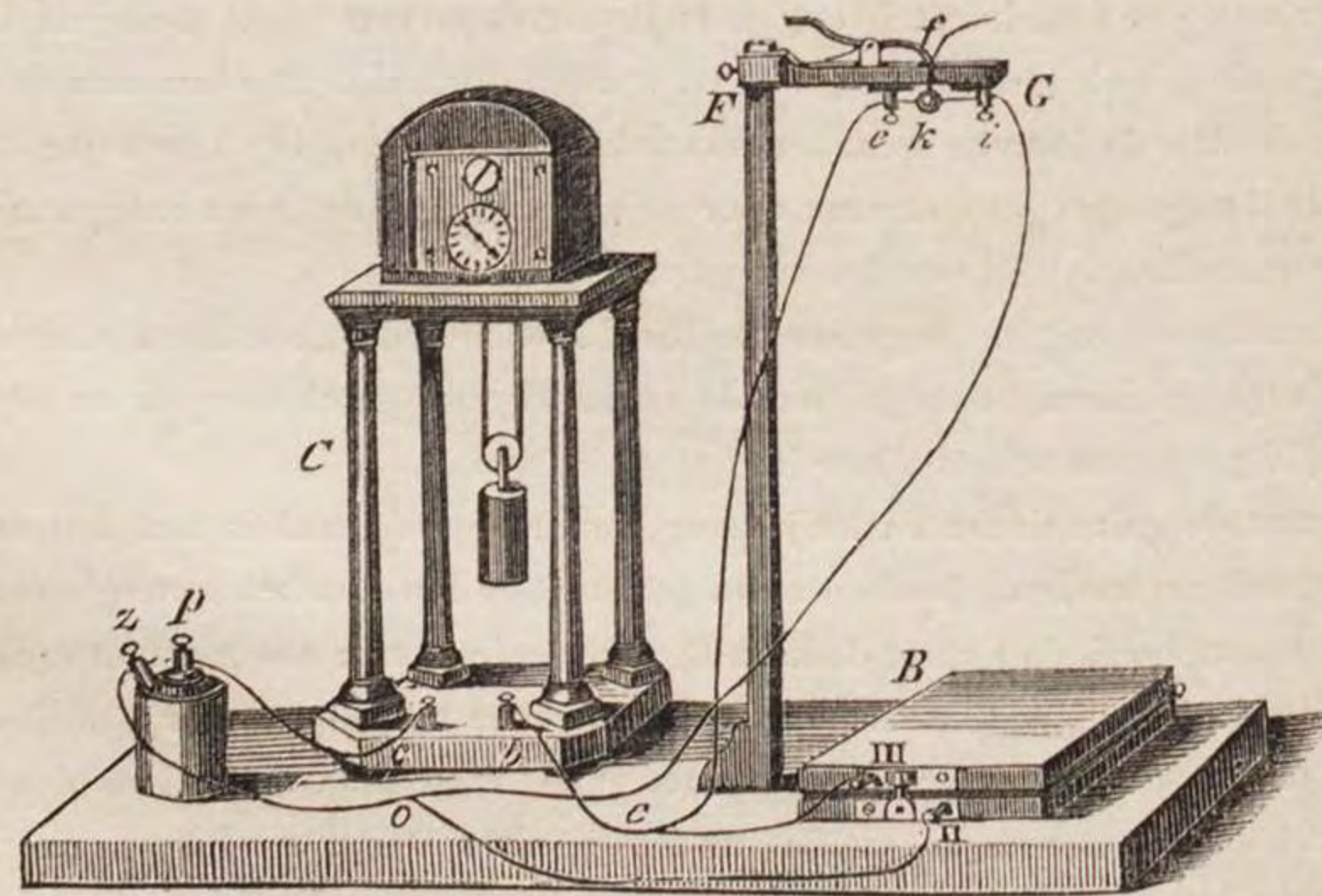
Een werktuig, dat dient om zeer kleine tijddeelen te meten, heet *chronoskoop*.

Fig. 475.



Eene allernuttigste toepassing van het electromagnetismus op het meten van zeer kleine tijddeelen, vindt men in den *chronoskoop* (zie fig. 476) wanneer hij

Fig. 476.



is ingerigt, om den valtijd van een ligchaam te bepalen. *pz* is de platina-zink batterij. Een draad is in de klemschroef *a* bevestigd, en van deze gaat de stroom door een der kolommen, waarop het uurwerk rust, naar den electromagneet, die er achter ligt, loopt dezen rond, daalt dan langs eene andere kolom naar den verbindingsknop *b*, en gaat vervolgens naar *c*, waar de draad zich in twee takken verdeelt. In de stelling van den valtoestel *FG*, zooals de teekening die afbeeldt, kan nu de stroom van *m* niet op *n* overgaan, maar moet zich van *c* naar het

houten balkje *FG* bewegen, vloeit dan daar op het metalen knopje *e* over, dat door den koperen bal *k* geleidend met *i* verbonden is, en keert dus door dezen bal en *i* naar de batterij terug. De kogel *k* hangt aan eenen draad, die door de veër *f* vastgeklemd is, zoodanig dat de bal beide stukken *e* en *i* goed aanraakt. Drukt men nu op de veër *f*, dan begint de bal te vallen, de stroom is bij *e* en *i* afgebroken en de wijzers van het uurwerk bewegen zich. Zoodra echter de bal *k* op het houten bruggetje *B* neêrslaat, wordt er door den stoot eene geleidende aanraking tusschen de metaaldeelen *m* en *n* tot stand gebragt; de stroom is derhalve weder gesloten, want hij gaat nu van *c*, over *m*, *n* en *o* naar het zink terug. De wijzers staan derhalve weder stil, en het verschil tusschen hunnen vorigen en tegenwoordigen stand geeft den tijd aan, dien de bol gebruikt heeft, om van *k* tot op *B* te vallen. Men kan het balkje *FG* op verschillende hoogten bevestigen.

Er bestaan nog andere middelen, om door den galvanischen stroom kleine tijddruimten te bepalen. Wij achten echter de beschrevene voor deze beginselen voldoende.

Welke diensten de electromagneten bij de onderzoekingen van Faraday, aangaande het diamagnetismus, hebben bewezen, is reeds hier en daar aangetoond. Wij zullen later op deze zaak nogmaals terug komen.

VIER EN TACHTIGSTE LES.

Over den invloed van het aardmagnetismus op de galvanische stroomen, alsmede over de werking van de stroomen op elkander.

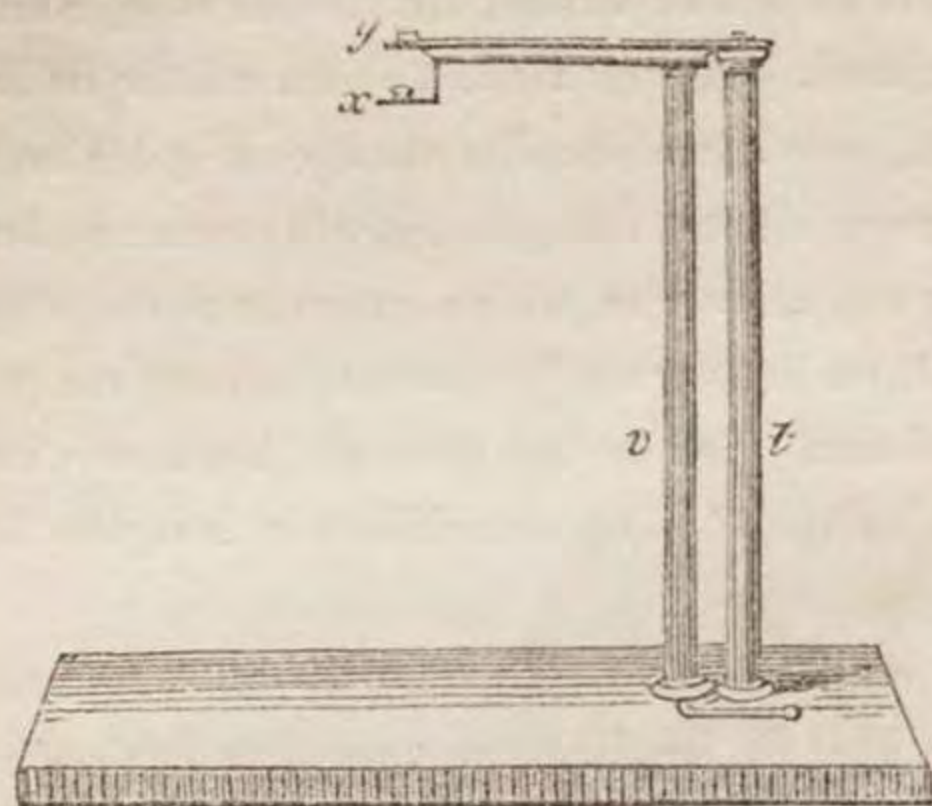
Het gedeelte van de galvanische electriciteit, dat wij thans gaan behandelen, is meer bekend onder den naam van *electro-dynamica* of *electriciteit in beweging*. Er is in de vorige les reeds eenige malen over *E* in beweging gesproken, en dit bewijst, dat dit gedeelte niet scherp is af te scheiden van het reeds behandelde. Nogmaals herinneren wij hier, dat wij door electriche of galvanische stroom altijd den positieven stroom verstaan.

Hebben wij den invloed leeren kennen, dien de stroom op de rigting van de magneetnaald heeft, dan is daaruit gemakkelijk af te leiden, dat ook de magneet, omgekeerd, invloed zal uitoefenen op de rigting van den stroom; en daar de aarde zelf een groote magneet is, zoo ligt het denkbeeld voor de hand, dat ook het aardmagnetismus op den galvanischen stroom zal kunnen inwerken. Dit is inderdaad zoo, en die inwerking levert allermerkwaardigste verschijnselen op. Maar hoe zal men dien invloed ontdekken? — Op welke wijze kan men eenen stroom voortbrengen, zoodanig, dat de draad, waardoor hij heengaat, zeer

bewegelijk is en zich naar welgevallen van rigting kan veranderen? Hiertoe heeft Ampère het volgende hoogst vernuftige middel ontdekt.

Fig. 477 stelt twee loodrecht staande geelkoperen staven *v* en *t* voor, die

Fig. 477.



op een' houten voet bevestigd zijn; boven aan dragen zij twee horizontale armen, aan de einden voorzien van bakjes *x* en *y* voor kwikzilver, welke juist onder elkander liggen. De beide armen raken elkander niet, of mogten zij dit kunnen doen, dan zijn zij op de plaats der aanraking met eene isolerende vernislaag bedekt. Worden nu de staven *v* en *t* van onderen met de pooldraden van een galvanisch element, hetzij

door klemschroeven en openingen in die staven, of met kwikbakjes verbonden, zoo stellen de kwikbakjes *x* en *y* de einden des draads voor. In deze bakjes worden nu de einden van een koperdraad gehangen, die gebogen is zooals fig. 478 of 479 aangeeft. Daar, waar de draadeinden het dichtst bij

Fig. 478.

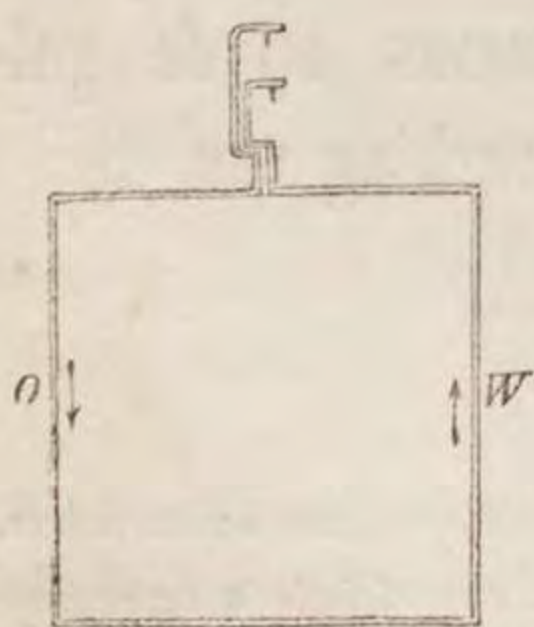
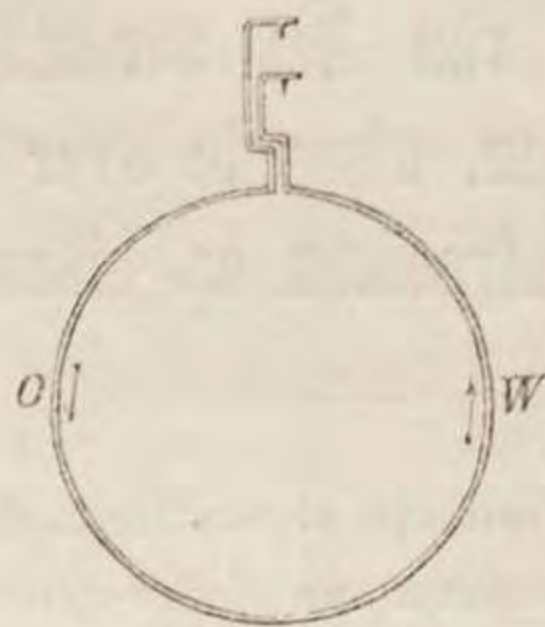


Fig. 479.



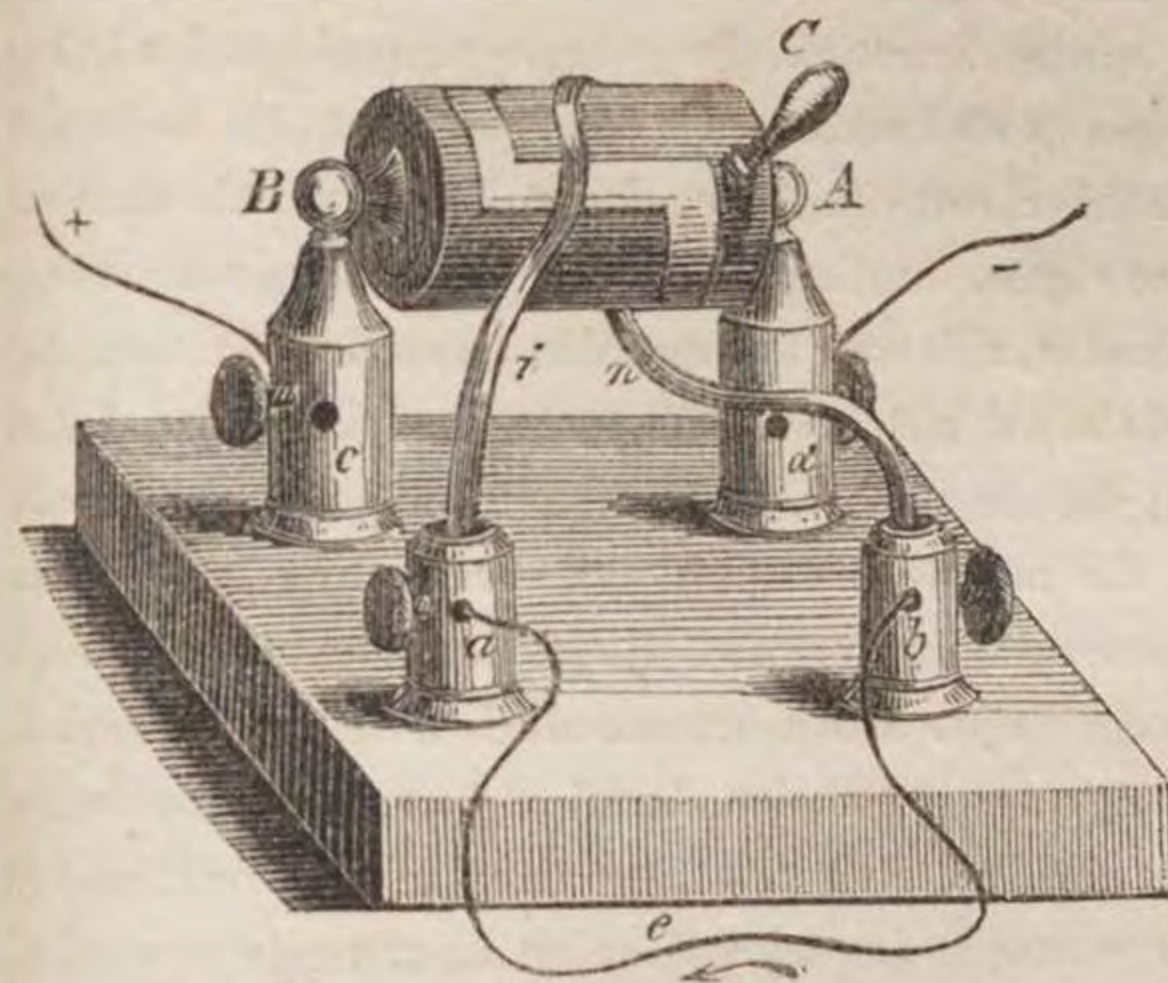
elkander liggen, of elkander zouden kunnen raken, zijn zij weder door eene laag zijde gescheiden. Zij zijn van boven van stalen puntjes voorzien, die in de kwikbakjes *x* en *y* gedompeld worden. Een dezer punten reikt tot op den bodem van

het bakje *y* en rust daar op een glazen plaatje, ten einde weinig wrijving bij het omdraaijen te ondervinden, zoodat de draad daardoor zeer bewegelijk blijft.

Laat men nu een' stroom door den draad *OW* gaan, zoo draait deze zich om, en blijft altijd, na weinige schommelingen in ééne en dezelfde rigting in rust; en al brengt men hem ook uit deze rigting, hij keert er telkens weder in terug. Keert men den stroom om, dat wil zeggen, brengt men den pooldraad, die met de staaf *v* in verbinding stond, met *t* in aanraking, en dien, welke aan de staaf *t* verbonden was, met *v*, dan maakt ook aanstonds de draad eene halve omdraaijing, en blijft dan weder stil hangen. In beide evenwichtsstanden staat de draad zoodanig, dat het vlak, hetwelk men zich verbeelden kan er door te gaan, loodrecht staat op den magnetischen meridiaan; zoodat de linker- en rechterzijde van den

draad in de streken van Oost en West zich bevinden. Plaatst men zich nu zoodanig voor een' der draden fig. 478 of 479, dat de stroom er in de rigting van de wijzers eener klok in rondloopt, dan heeft men het zuiden *achter* of het noorden *vóór* zich. Men kan dus zeggen, dat er evenwigt plaats vindt, wanneer in de onderste helft van den draad de positieve stroom van het oosten naar het westen gaat. Heeft men zich alzoo voor den beweegbaren draad, door welken de galvanische stroom loopt, gesteld, als zoo even is gezegd, dan gaat de stroom in de westelijke helft van den draad opwaarts en in de oostelijke naar beneden.

Fig. 480.

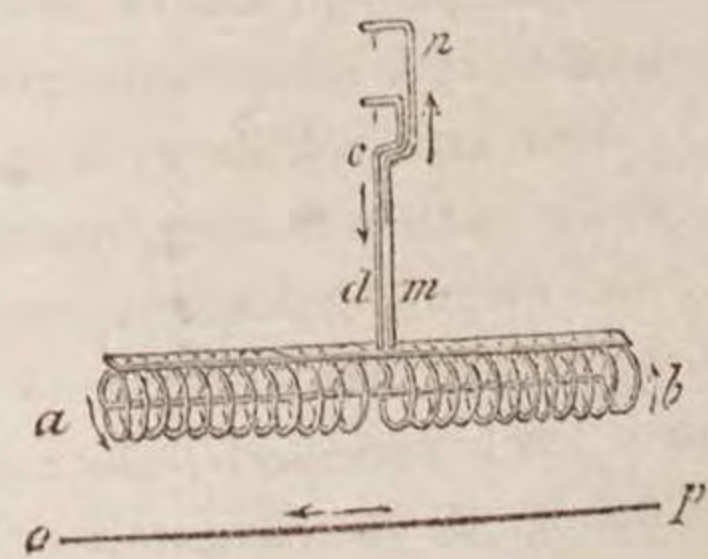


De commutator van Elias bewijst natuurlijk bij de omkeering des strooms goedendiensten. Hij is daartoe zoo eenvoudig ingerigt als fig. 480 hem voorstelt. De vier verbindingen der draden geschieden nu niet als in fig. 464 door 4 afzonderlijke knopjes, maar zij hebben plaats in de veeren *a* en *b* en de dragertjes *c* en *d* zelve. In de figuur is aangewezen, hoedanig de stroom thans loopt. Draait men door middel van *C* het cilindertje *AB* eenen halven slag om, dan rust *n* op de helft *A* en *i* op de helft *B*, de stroom is dus omgekeerd. Rusten de veeren op het houten deel des cilinders dan is de keten geopend.

Het boven beschreven rigtingsverschijnsel des strooms doet zich zelfs op bij een' zeer zwakken stroom. Steekt men b. v. door een stuk kurk, dat op zuur gemaakt water drijft, een plaatje koper en zink, die beiden onder door de kurk in het zuur reiken, en vereenigt men deze met een' koperen draad (zie fig. 481), zoo gaat de stroom, gelijk bekend is, van het zink *z* door het water op het koper over, en neemt eenen loop aan, die door pijltjes is aangewezen. Deze zwakke stroom is nu sterk

Fig. 482.

Fig. 481.

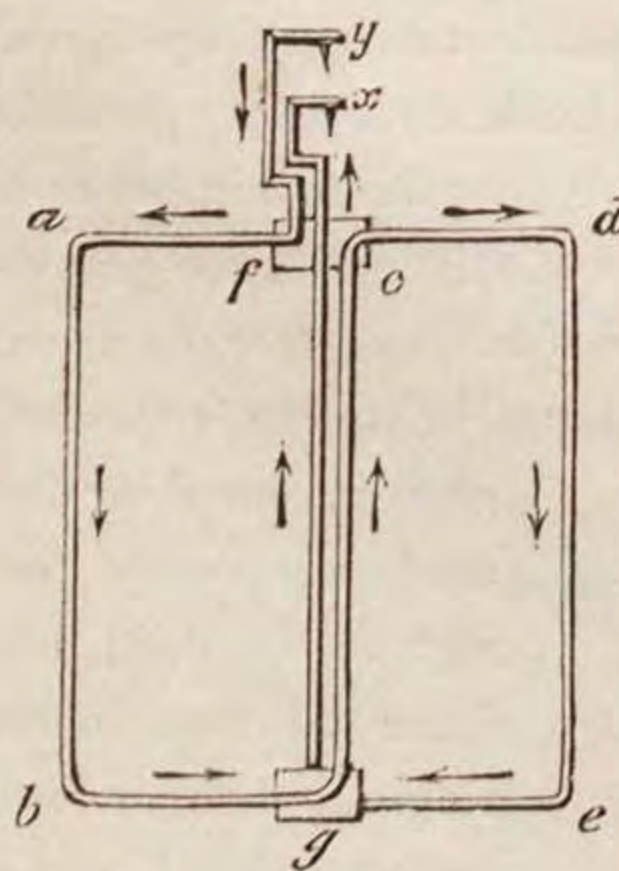


genoeg, om door het aardmagnetismus gerigt te worden; nog beter zal men hierin slagen, indien men den koperen draad, van *z* uitgaande, eerst eenige cirkelvormige windingen, gelijk aan de ééne

afgebeelde, doet maken, alvorens hij aan het koperen plaatje bevestigd wordt. Laat men een' magneet op dit toestelletje werken, dan wordt aan den draad de aangeduide rigting veel sterker gegeven, omdat de magneet de rigtende kracht der aarde ondersteunt.

Op deze wijze kan men, door middel van den stroom, de werking van de magneetnaald nabootsen. Daartoe neemt men eenen koperdraad, die op de wijze, zooals fig. 482 duidelijk maakt, schroefvormig is omgebogen, terwijl de gevormde schroefdraden, evenwijdig aan elkander loopende, aan een strookje van niet geleidende stof worden bevestigd. De geheele schroefdraad wordt op de bekende wijze opgehangen in de kwikbakjes *x* en *y* (zie fig. 477). Leidt men nu den stroom door dit stelsel schroefwindingen, dan zullen deze zich allen van het oosten naar het westen rigten, en dien ten gevolge zullen de einden *a* en *b*, of zal de as van de schroefdraden, zich naar het noorden en zuiden plaatsen. Het naar het zuiden gerigte einde zal zich naar ons toegekeerd bevinden, indien wij ons zoodanig plaatsen, dat de stroom, in de schroefdraden rond loopende, weder eene rigting heeft, die met de beweging van eenen uurwijzer overeen komt. *a* zal dus, volgens de aanwijzing van het pijltje, het naar het noorden, *b* het naar het zuiden gerigte einde zijn. Men moet ook uit de teekening bemerken, dat de positieve stroom langs den vertikalen draad *cd* in de schroefdraden treedt, en wanneer hij het einde *a* heeft bereikt, van daar geleid wordt naar *b*, om daar op nieuw aan de westzijde der schroefdraden klimmende te worden, zich weder naar het midden te bewegen, en langs den draad *mn* te kunnen opstijgen. Ziedaar dus, als het ware, de electricische stroom in eene magneetnaald veranderd. Men noemt zulk een' gebogenen draad *electrodynamische cilinder*. Geeft men den draad eene inrigting, gelijk fig. 483 doet zien, zoo gaat de stroom

Fig. 483.



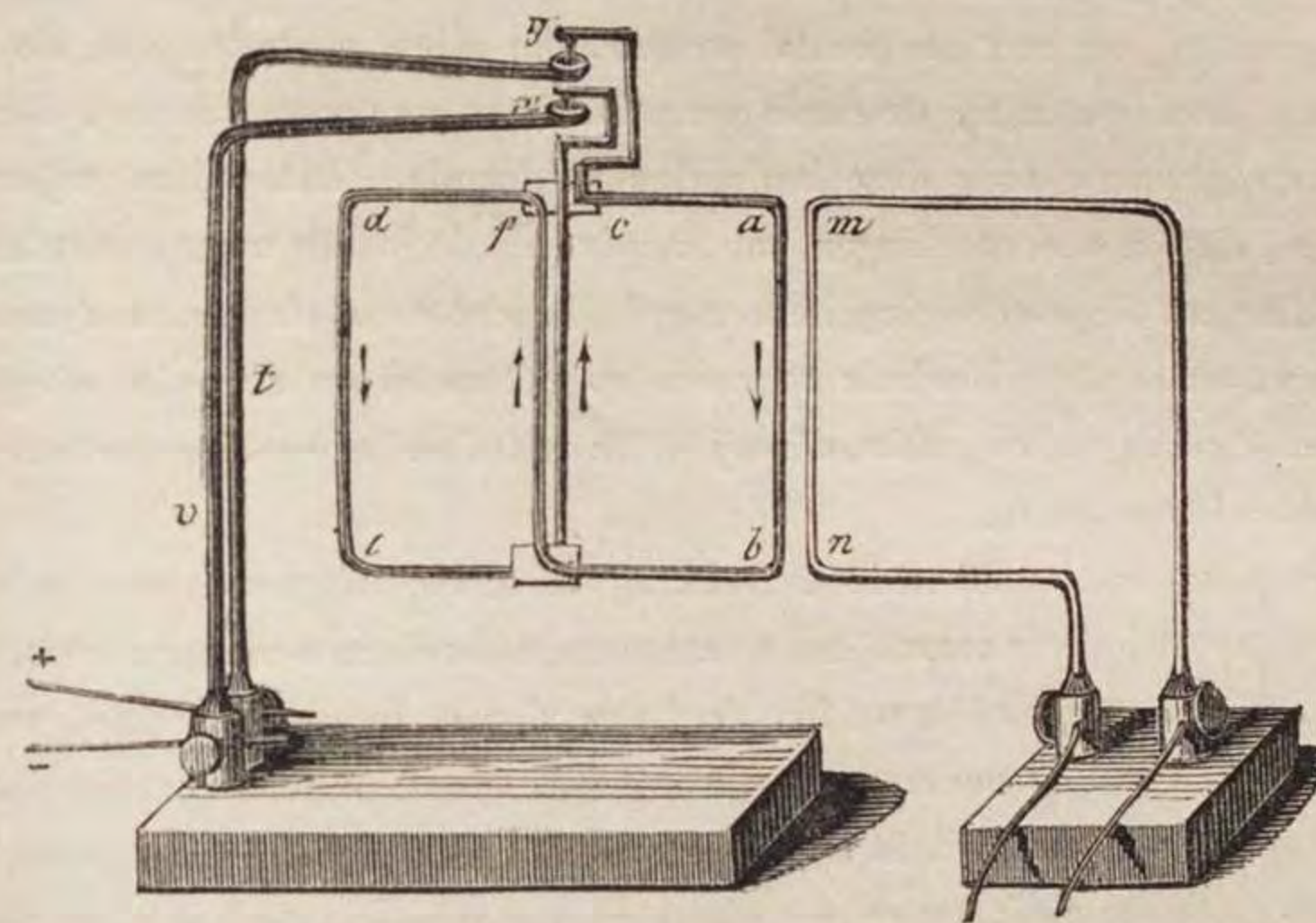
in dezen, wanneer hij aan den toestel van Ampère (zie fig. 477) wordt opgehangen, van *y* over *a*, *b*, *c*, *d* en langs *e* en *f* naar *x* terug. Hij loopt dus tweemaal op en evenveel nederwaarts, alsmede even zoover regts als links. De draad kan dus naar geene bepaalde streek door het aardmagnetismus gerigt worden en blijft dus in elke stelling in rust. Men noemt daarom zulk eene inrigting *astatische geleiddraad*. Bij *f* en *g* zijn twee stukjes hout of kurk aangebragt, om de draden van elkander te houden; zij konden ook daar omwoeld zijn.

Men heeft ook de werking, die de eene stroom op den anderen te weeg brengt, wanneer zij al of niet evenwijdig loopen, nagegaan, en bij dit onderzoek bevonden, dat deze werking met den afstand der stroomen, met hunne spanning en met hunne lengte verandert. Schier alles, wat men daarvan weet, is van Ampère afkomstig. De voornaamste waarheden, die hij aan

het licht heeft gebragt, zijn de volgende, waarbij wij alleen op de rigting der stroomen hebben acht geslagen: twee evenwijdige stroomen trekken elkander aan, indien zij zich in gelijke rigting bewegen; zij stooten echter elkander af, wanneer hunne rigtingen aan elkander tegenover gesteld zijn.

Deze hoofdwet wordt aldus opgehelderd. Men hangt den astatischen draad fig. 483 in Ampère's toestelletje (zie fig. 484); zet daar naast een' anderen

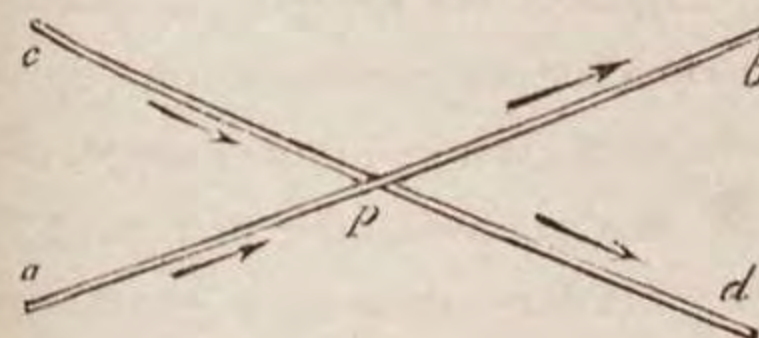
Fig. 484.



regthoekig gebogenen geleiddraad *mn*, die op een voetstukje is bevestigd; zorge nu, dat het draaddeel *mn* zich zeer nabij den vertikalen arm *ab* van den beweeglijken stroomgeleider bevinde, en laat den stroom, door 2 à 3 grovesche elementen opgewekt, door *cabfdex* gaan, en een van even veel elementen door den draad *mn*. Loopen nu de stroomen in de beide draden evenwijdig en in gelijke rigting, zoo ziet men, dat *ab* en *mn* elkander aantrekken; keert men den stroom in *mn* door den commutator om, dan stooten de draden elkander af, want terwijl dan de stroom in *ab* naar beneden gaat, zal hij in *mn* klimmen.

Kruisen de stroomen elkander, dan openbaren zij eene neiging, om zich aan elkander evenwijdig te plaatsen, en naar dezelfde rigting te loopen; zijn alzoo *ab* en *cd* (zie fig. 485) twee beweegbare stroomgeleiders, die boven elkan-

Fig. 485.



der liggen, en *p* hun kruisingspunt, dan zullen de deelen *cp* en *ap*, zoo wel als *pb* en *pd* elkander aantrekken, terwijl *cp* en *pb*, alsmede *ap* en *pd* elkander zullen afstooten. Men drukt deze wet derhalve ook wel aldus uit: bewegen de stroomen zich naar het kruisingspunt toe, of beiden daarvan af, zoo trekken zij elkander aan; maar loopt de eene naar dat punt, terwijl de andere er zich van verwijdert, zoo stooten zij

elkander af. Is dus op (zie fig. 482) de rigting eens strooms, die op den dynamischen cilinder ab , waardoor ook een stroom gaat, kan werken, zoo zal ab zich loodregt, dwars over op plaatsen, zoodanig dat de stroom onder in ab evenwijdig aan en in dezelfde rigting met op loopt. Laat men den hoek cpb (zie fig. 485) aangroeijen of grooter worden, zoo blijven cp en pb elkander afstooten; eindelijk verkrijgen de deelen cp en pb dezelfde rigting, en men zegt daarom: de onderscheidene zamenhangende deelen van een' en denzelfden regtlignigen stroom stooten elkander af.

Wij zouden nog met een aantal wetten, die allen gevolgen van de eerstgenoemde hoofdwet zijn, de reeds vermelde kunnen vermeerderen, doch wij achten de gevevene voor deze beginselen voldoende. Dit willen wij er nog bijvoegen, dat de onderzoekingen van Ampère en de latere meer naauwkeurige van Weber tot de overtuiging hebben geleid, dat voor de electro-dynamische werkingen, welke de galvanische stroomen op afstanden op elkander uitoefenen, inderdaad dezelfde wetten gelden, die wij bij de wederkeerige werking van twee magneten hebben leeren kennen.

De in deze les beschouwde betrekking tusschen magneten en electriche stroomen, zoowel als de verschijnselen aangaande het electro-magnetismus, welke zaken Ampère hoofdzakelijk tot het doel van zijn onderzoek maakte, voerden dezen geleerde tot de onderstelling, dat een magneet zijne magnetische eigenschappen niet verschuldigd is aan eene voorafgegane scheiding of opwekking eener magnetische stof, maar aan electriche stroomen, die om zijne kleinste

Fig. 486.



stofdeeltjes of molekulen rondloopen, en in zich zelve wederkeeren. Hij stelt zich alzoo elken magneet, op de dwarse doorsnede gezien, voor, zoo als fig. 486 dit aanschouwelijk maakt, alwaar de molekulen zijn afgebeeld, als door de stroomen te zijn omringd. In plaats van al die oorspronkelijke stroomen, die in elke doorsnede liggen, kan men zich die doorsnede als van eenen enkelen

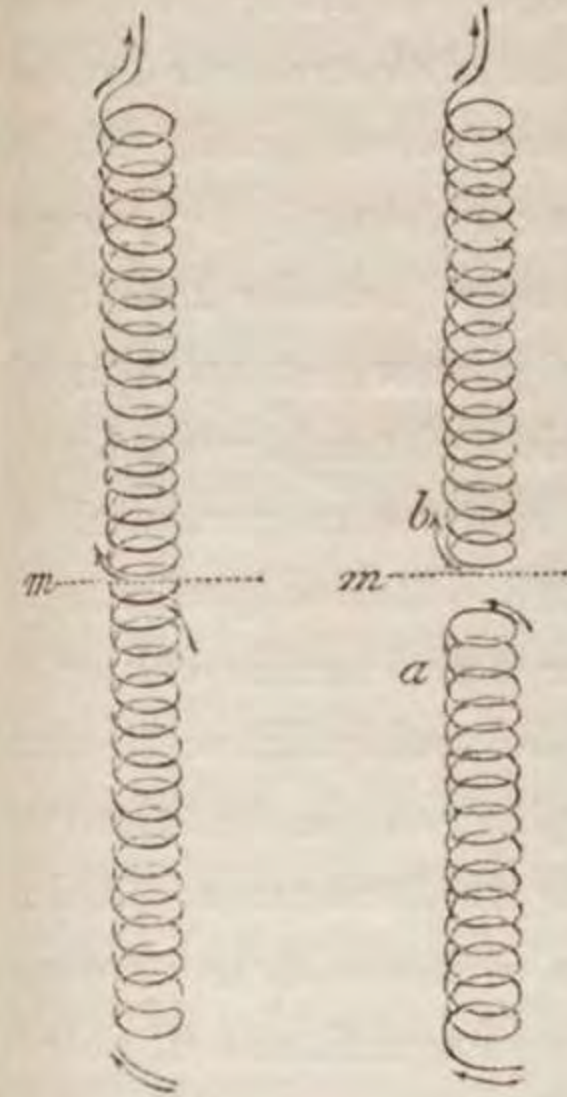
Fig. 487. stroom omringd voorstellen, die de zamengestelde uitmaakt van al de bijzondere stroomen, en zoo zou dan eene magneetstaaf aan te merken zijn, als een stelsel van onderling evenwijdige, geslotene stroomen; omtrent zooals fig. 487 dit doet zien, alwaar de pijltjes de rigting van dat stelsel stroomen verbeelden.



Hetgeen nu hier van eene magneetstaaf gezegd is, laat zich volgens Ampère ook toepassen op eene magneetnaald, ja op alle andere magneten, welken vorm men hun ook geven moge. Het magnetiseren zou alzoo bestaan in de opwekking of rigting van de oorspronkelijke stroomen, zoodat deze, daar zij bij natuurlijke lichamen onregelmatig liggen, allen zoodanig veranderd worden, dat zij evenwijdig aan elkander om de moleculen beginnen te loopen.

Hierdoor zouden dan ook de andere eigenschappen der magneten verklaard

worden. Laat fig. 488 een schroefdraad zijn, welke zich, van m afgerekend, gelijkelijk naar beide zijden uitstrekt, en die door den stroom in de rigting der pijltjes doorloopen wordt. Stelt u verder voor, dat de schroefdraad bij m wordt doorgesneden en de helften van elkander worden verwijderd, zoo volgt uit de bepaling, welke wij vroeger gegeven hebben, dat zich bij a een zuidpool, en bij b een noordpool zal vormen; want keert men het aangezicht naar a , dan loopt de stroom er in rond in de rigting des uurwijzers; hij stijgt dus aan de linkerhand; keert men b naar zich toe, dan stijgt de stroom aan de rechterhand.



Dit is derhalve juist zooals bij de magneten, indien men deze doorbreekt. (Zie blz. 567 fig. 318).

Verder moet daaruit blijken, dat de ongelijknamige polen b en a elkander zullen aantrekken, want de stroomen loopen hier evenwijdig en in gelijke rigting, terwijl de pool b , zoo men haar het tegenovergestelde einde van a aanbiedt, dat zal afstooten, omdat de stroomen in tegenovergestelde rigting loopen.

Ten einde de aantrekking en afstooting der polen in verschillende standen, met betrekking tot elkander, aanschouwelijk te maken, neemt men twee cilinders van hout of bordpapier, die 2 à 3 palm lang en 3 tot 5 duim in diameter zijn; deze cilinders laat men de magneten voorstellen; nu teekent men op den omtrek van de cilinders eenige pijlen, in dier voege, als men dit in fig. 487 ziet; deze pijlen zullen dan de rigting der stroomen verbeelden; verder zet men aan de einden dezer cilinders de teekens N en Z , om de gelijknamige polen aan te duiden, en neme hierbij in acht, dat de letter N , die noordpool beteekent, zich daar bevindt, alwaar het pijltje de tegenovergestelde rigting aanwijst van die, waarin de uurwijzers zich bewegen. Met behulp van twee zulke modellen laat het zich zeer gemakkelijk begrijpelijk maken, waarom gelijknamige polen elkander afstooten en ongelijknamige elkander aantrekken. Want, indien men de beide cilinders zoodanig bij elkander brengt, dat de einden, waarop dezelfde letters staan, en dus de gelijknamige polen, naar elkander zijn toegekeerd, zal men bemerken, dat ook de pijltjes of de circulerende stroomen, die zij voorstellen, eene tegenovergestelde rigting hebben; maar zoo men het einde, dat met N is geteekend, plaatst bij dat, hetwelk Z heeft, zal men zien, dat ook de pijltjes dezelfde rigting aantoonen.

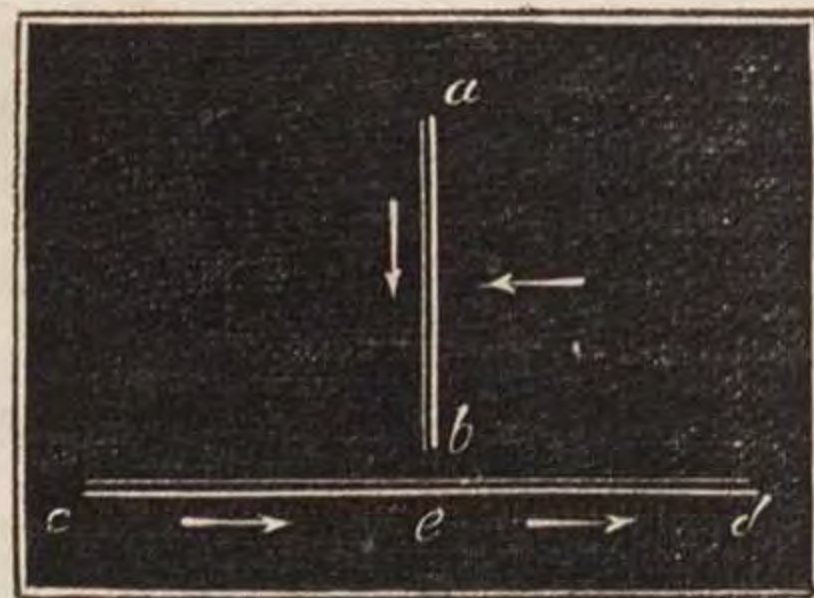
Uit de verklaarde hypothese van Ampère volgt, dat het vermoeden moest ontstaan van het aanwezen van electriche stroomen in de aardkorst. Hetgeen vroeger aangaande de rigting is gezegd, die een vrij bewegende geleider onder

den invloed van het aardmagnetismus neemt, kan men op de volgende wijze uitdrukken: *Het aardmagnetismus werkt op bewegelijke stroomen even eens, alsof zich rondom de geheele aarde electriche stroomen bewegen van het oosten naar het westen, evenwijdig aan den evenaar; de zamenstellende van al die stroomen kan door ééne stroom, in den magnetischen evenaar liggende, worden voorgesteld.* Die beweging van het oosten naar het westen is geheel overeenkomstig het vroeger beredeneerde. Zij geschiedt, wel is waar, in eene aan de wijzers der klok tegenovergestelde rigting, indien wij ons met het aangezicht naar het noorden der aarde keeren, en de zuidpool moest oogenschijnlijk dus niet achter ons liggen, maar men neemt dan niet in aanmerking, dat wij bij eene magneetnaald of kunstmagneet het naar het zuiden gerigte einde eigenlijk ook noordpool moesten noemen; zoo wij dit dus deden, zou al het vroeger beredeneerde ook op de aardsche stroomen van toepassing zijn. Fox zag, door den multiplicator tusschen de einden van een' zamenhangenden metaalader te plaatsen, in de mijnen van Cornwallis, werkelijk het aanwezen der genoemde aardstroomen. Andere onderzoekers vonden in elders gelegene bergwerken eveneens deze stroomen. Faraday wees zelfs het middel aan, om door het aardmagnetismus of door de electriche aardstroomen eenen nevenstroom in een' anderen geleider op te wekken (zie bladz. 640); wij zullen later deze nevenstroomen meer uitvoerig behandelen.

Het spreekt van zelf dat, als de aarde en het staal der kunstmagneten door electriche stroomen de magnetische eigenschappen ontvangen, deze lichamen ook beiden op bewegelijke stroomgeleiders denzelfden invloed moeten uitoefenen als stroomen op stroomen. Dit is ook inderdaad zoo. Wij willen dit door eenige rotatie of omwentelingsverschijnselen ophelderden.

Stelt *cd* (zie fig. 489) een stuk van een vastliggenden geleiddraad voor, door

Fig. 489.

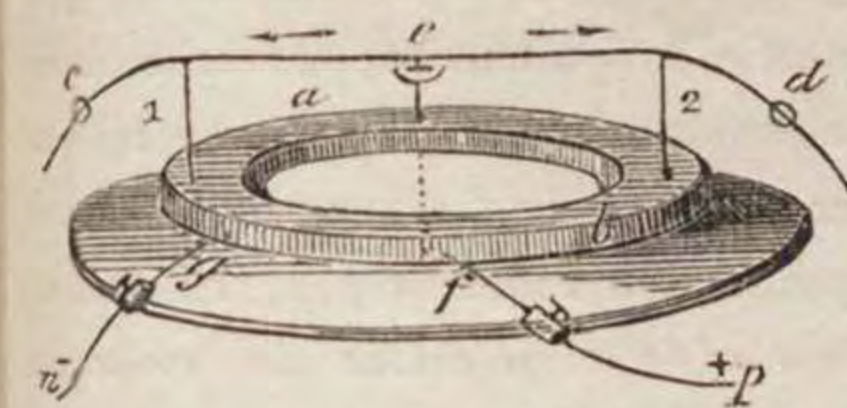


welken van *c* naar *d* een stroom gaat, is verder *ab* een bewegelijke geleider, die evenwijdig aan zich zelve, in de rigting van het pijltje (regts) gemakkelijk kan verplaatst worden, en gaat door dezen laatsten geleider *ab* een stroom van *a* naar *b*, dan zullen, daar het deel *ed* van den stroom *cd* zich van het kruissingspunt *e* verwijderd, en *ab* er naar toestroomt, de stukken *ed* en *ab* elkander afstooten, terwijl de deelen *ce* en *ab*, die beiden naar het punt *e* zich bewegen, elkander zullen aantrekken (zie bladz. 767); *ab* zal derhalve in de rigting van het pijltje tegen den stroom *cd* in, bewogen worden. Keert men den stroom in *ab* om, zoodat zijne beweging van *b* naar *a* is gerigt, dan zal de verplaatsing van *ab* naar de rechterhand, dat is met den stroom *cd* mede, geschieden. Wanneer dus de stroom *cd* zich door den cirkelvormig gebogenen draad *cd* (zie fig.

Fig. 490.



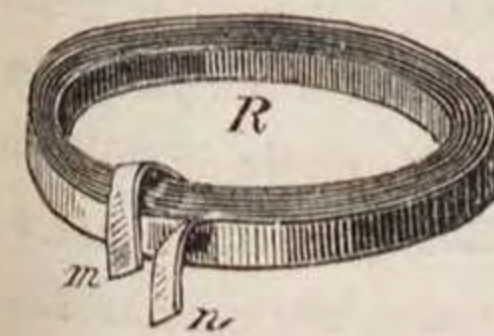
Fig. 491.



490) beweegt, en *ab* is om eene verticale as *e* draaibaar, zoo zal de geleider *ab* werkelijk om *e* beginnen te draaijen, en wel in de rigting der pijlen *p* en *q*, indien men in hem een' stroom geleidt, die van *e* naar de einden *ab* voortgaat. Ten einde nu zulk eene draaijende of roterende beweging voort te brengen door den invloed van het aardmagnetismus of de electriche aardstroomen, kan men een toestelletje gebruiken, dat in fig. 491 is afgebeeld. *ab* verbeeldt daarin een cirkelvormig koperen bakje, dat uit twee evenwijdige koperen banden, die op eenen koperen bodem bevestigd zijn, is zamengesteld, en welk bakje met zuur water is gevuld. *cd* is een horizontaal liggende koperen draad, die aan de einden met twee kleine kogeltjes is bezwaard, en door middel van een stalen puntje *e* op den met een stukje glas voorzienen bodem rust van het kwikbakje *e*. Aan dien draad *cd* zijn verder twee naar beneden hangende draden 1 en 2 gesoldeerd, welke met hunne einden in het zure water reiken. De genoemde kogeltjes dienen hoofdzakelijk, om den draad in evenwigt te houden en het gemeenschappelijk zwaartepunt beneden de punt *e* te doen vallen. Het kwikbakje *e* rust op een' geleidenden draad *ef*. Deze moest in de teekening niet getitteld zijn, maar ook onderaan doorgetrokken, daar hij midden op het ronde houten bord is bevestigd. Verbindt men nu den geleider *ef* met den positieven pooldraad *p* der batterij, en den koperen bak *ab* bij *g* met het negatieve einde *n*, zoo gaat de stroom van *f* over *e* in tegenovergestelde rigtingen naar *c* en *d*, vervolgens in beiden de deelen 1 en 2 benedenwaarts, en dan door het zure vocht, langs *g* terug naar de batterij. De beide benedenwaartsgaande stroomdeelen 1 en 2 trachten zich (zie bladz. 765) naar het oosten te rigten en de ronddraaijing van *cd* moet derhalve intreden van het oosten naar het noorden. Leidt men den stroom bij *g* in, dat is, keert men hem om, dan geschiedt de beweging in de tegenovergestelde rigting. Tot deze proef is een krachtige stroom noodig.

Wil men door den invloed van een' door de batterij voortgebragten cirkelvormigen stroom eene roterende beweging op doen treden, dan moet men om het bakje *ab* van fig. 491, den ring *R* plaatsen (zie fig. 492). Deze bestaat uit

Fig. 492.



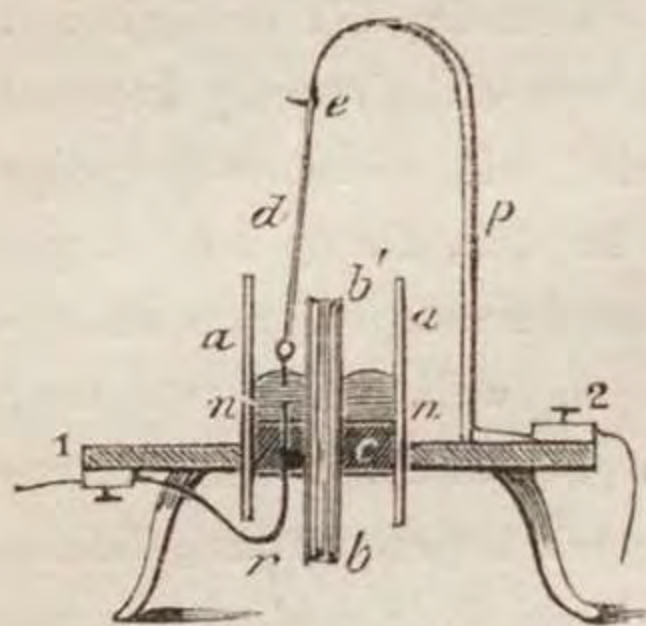
eenige met zijde omwoelde windingen van eene strook koper, welks einden *m* en *n* aan de polen eener batterij verbonden zijn. Dat in zulk een geval de stroom, door *R* gaande, over de electriche aardstroomen de overhand heeft, wordt daardoor bewezen, dat het roteeren in eene andere rigting

plaats grijpt, zoodra de stroom, in *R* rondlopende, wordt omgekeerd. Gaat de stroom in de deelen 1 en 2 (zie fig. 491) opwaarts, of naar het punt *e*, en die in den draad *R* in de rigting van de wijzers eener klok, zoo draait de draad *c d* met de rigting des strooms in *R* mede.

Op dergelijke wijze kan men een' bewegelijken, doorstroomenden geleider om een' magneet doen ronddraaijen. Dit geschiedt zeer gemakkelijk op de volgende wijze.

In fig 493 verbeeldt *aa* een' van onder met eene kurken stop *c* voorzienen glazen cilinder; *b'* is een staafje week ijzer, dat door het midden van de stop reikt; de cilinder *a* bevat eenig kwikzilver *nn*, dat er tot 2 à 3 duim hoogte in staat, en boven welks oppervlak het staafje *bb'* uitsteekt; *d* verbeeldt een' dunnen platina-draad, die van boven bij *e* aan een geleider *p* zoodanig is bevestigd, dat hij zich zeer gemakkelijk kan bewegen, en met zijn onder einde slechts even onder de kwikoppervlakte reikt. Nabij dit einde is een zeer ligt glazen balletje vastgesmolten, opdat de platina-draad nimmer het staafje *b'* geleidend zoude kunnen aanraken. Sluit men nu den stroom door verbinding der schroefjes 1 en 2 met de polen der batterij, zoo gaat de stroom door den geleidenden draad *p*, langs *e*, *d*, het kwikzilver, den draad *r*, die door den bodem *c* heen er in reikt, en zoo weder naar de batterij terug. Wordt verder het staafje *bb'*, door aan het oudereinde *b* een' krachtigen magneet te houden, zelf een magneet, dan begint de platina-draad rondom den magneet *bb'* te draaijen; wanneer de stroom, zoo als in het vooronderstelde geval is aangewezen, van boven naar beneden in *d* voortgaat, en het einde *b'* is tot zuidpool gemaakt, dan geschiedt de omdraaijing in eene rigting, die tegenovergesteld is met den wijzer der klok; maakt men *b'* tot noordpool, of keert men den stroom in *d* om, dan verandert de rigting der omdraaijing. De oorzaak daarvan ligt na het behandelde bij fig. 489, voor de hand. Stelt namelijk in die figuur *ab* een' cirkelvormigen stroomgeleider voor, dien men juist op den kant ziet, dan gaat de stroom bij het punt *b* in de, volgens het pijltje bepaalde rigting, door het vlak van het papier heen, en dus benedenwaarts, terwijl de stroom in den vasten geleider, indien men dien ook cirkelvormig genomen denkt, in de rigting van de wijzers der klok voortloopt; de draad *ab* beweegt zich in die vooronderstelling volgens de gegevene verklaring tegen den stroom in. Dit is nu juist het geval, dat in fig. 493 is voorgesteld. Is namelijk *b'* de zuidpool, dan loopen de electrische stroomen in het weeke ijzer *bb'*, naar Ampère, volgens den uurwijzer in eene horizontale rigting rond: de stroom in *d* gaat benedenwaarts, en de draaijing van *d* geschiedt dus tegen de beweging dier wijzers in. Het spreekt van zelf, dat *bb'* ook een staalmagneet zijn kan, maar dan kunnen niet zoo gemakkelijk de

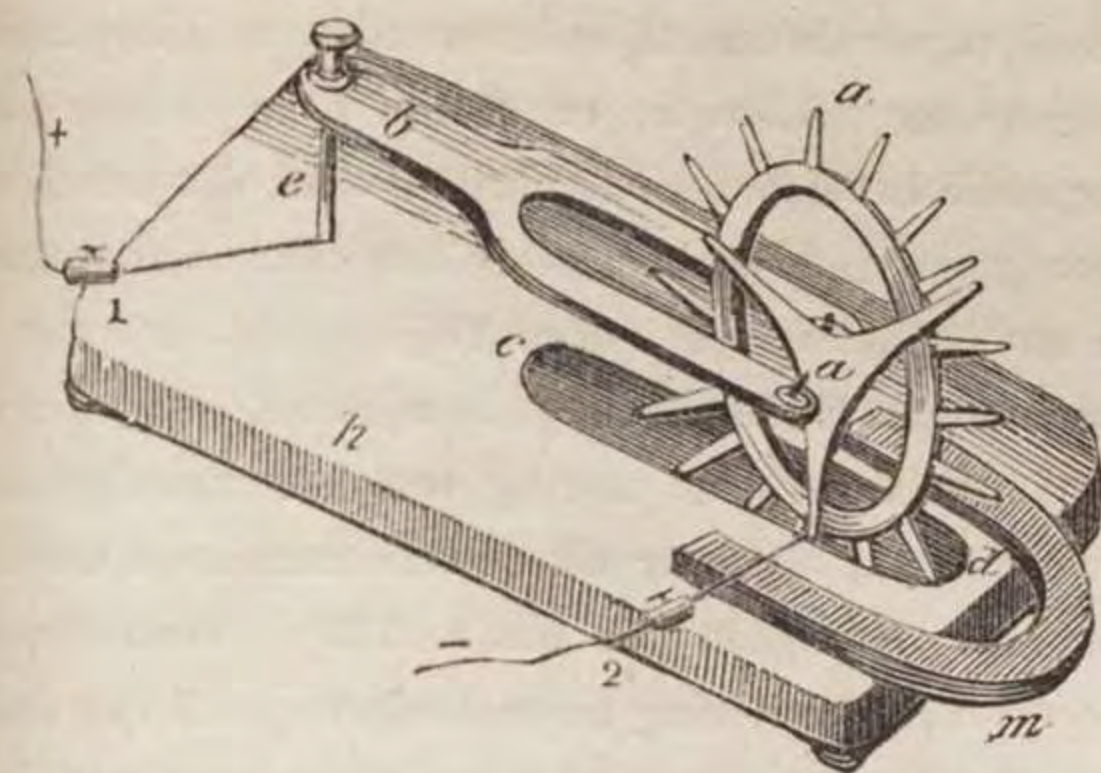
Fig. 493.



polen worden omgekeerd, als dit geschieden kan, door het verwisselen van de polen eens magneets, die aan het einde *b* wordt gehouden.

Op het zelfde beginsel berust het rad van Barlow (zie fig 494). *aa* verbeeldt een stervormig koperen radertje, welks stalen as rust in de uiteinden van eenen koperen vork *b*, die door een' geleider *e* op een plankje *h* is bevestigd. De punten van het radertje *a* reiken even onder de oppervlakte van het kwikzilver, dat in eene ondiepe groeve *cd* van het plankje *h*

Fig 494.



is begrepen. Ter wederzijde van het kwikzilver liggen de beenen van een' hoefmagneet *m*. Het kwikzilver is door een' draad met het klemschroefje 2, en de vork, en dus ook het rad *a*, geleidend met de schroef *i* verbonden. Dompelt men nu een der punten van *a* in het kwik, en verbindt men de schroefjes 1 en 2 met de polen eener batterij, die niet sterk behoeft te zijn, dan is de stroom gesloten; de tand van het rad, waar langs de stroom gaat, stelt nu een bewegelijken stroom geleider voor, die door beide de polen des magneets wordt voortbewogen, en het rad begint dus te draaijen. Gaat de stroom van het middelpunt van het rad *a* naar zijn' omtrek, terwijl de noordpool des magneets bijvoorbeeld aan de westzijde, en de zuidpool aan de oostzijde ligt, dan draait het radertje in de rigting van den uurwijzer, wiens wijzerbord naar het oosten is gerigt; want aan de beide zijden des magneets, die het digtst aan het rad liggen, gaat alsdan de stroom om den hoef benedenwaarts, loopt dus evenwijdig aan dien in den tand van het rad, en er treedt derhalve aantrekking op. Keert men den magneet of den

stroom om, zoo grijpt het draaijen in eene tegengestelde rigting plaats.

Men kan ook omgekeerd den magneet om eenen galvanischen stroom doen draaijen. Fig. 495 geeft de wijze aan, waarop men deze proef kan inrigten. Een glazen vat *vv'* is tot aan den metalen rand *m* met kwikzilver gevuld; een cilindervormige magneet *ab*, door een stuk platina *p* bezwaard, staat loodregt in het kwikzilver overeind, zoodanig, dat hij nog eenige weinige strepen boven de kwikvlakte uitreikt. Een staafje *t*, dat men door middel eener schroef hooger en lager kan plaatsen, duikt even met het onder-einde onder het kwik, terwijl het bij *c'* met de pool der

Fig. 495.



batterij kan verbonden worden; een andere koperen draad n , die aan de tweede pool der batterij reikt, is bevestigd aan genoemden ring m van het vat. Zoodra de stroom gesloten is, begint de magneet om den vasten draad t rond te draaijen. De verklaring hiervan kan na het voorafgaande niet moeilijk vallen. Tot deze proef is eene sterke batterij noodig.

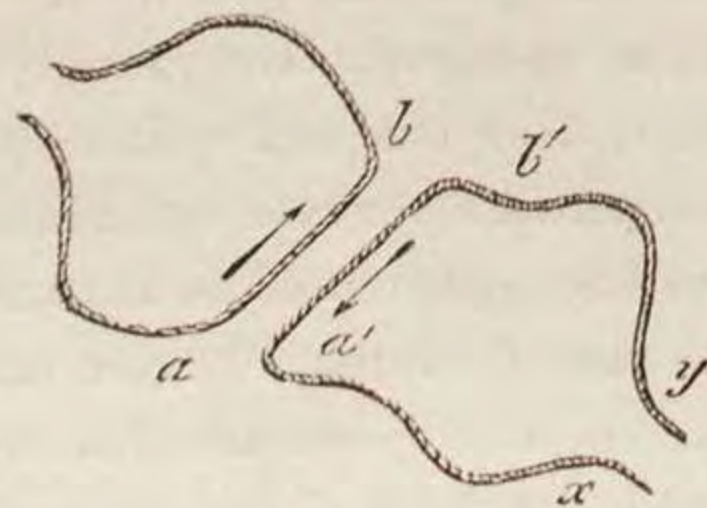
Hoewel wij nog van andere rotatie-verschijnselen zouden melding kunnen maken, achten wij de aangewezen voldoende, en zullen deze afdeeling met eene korte opmerking aangaande het noorderlicht sluiten. Ook dit verschijnsel meent men, dat zijn oorsprong verschuldigd is aan de electriche aardstroomen, want vele waarnemingen stellen het schier buiten twijfel, dat het met het aardse magnetismus zamenhangt. Humboldt zegt in zijnen Kosmos, dat het noorderlicht wordt voortgebracht door eene storing van het evenwigt in de verdeeling van het aardmagnetismus, blijkbaar uit de schommelingen der magneetnaald, die het verschijnsel voorafgaan (zie bladz. 569). Wanneer, zoo gaat die geleerde schrijver voort, deze storing eenen hoogen graad van sterkte heeft bereikt, dan wordt het evenwigt der verdeeling door eene ontlading, welke van lichtontwikkeling vergezeld gaat, wederom hersteld. Het prachtige verschijnsel van het gekleurde noorderlicht is de werking der ontlading, het einde van een magnetisch onweder; gelijk in het electriche onweder evenzeer eene ontwikkeling van licht, de bliksem namelijk, de herstelling van het gestoorde evenwigt in de verdeeling der electriciteit te kennen geeft. Het electriche onweder is gewoonlijk tot eene kleine ruimte beperkt, en buiten die ruimte blijft de toestand der lucht-electriciteit nagenoeg onveranderd. Het magnetisch onweder daarentegen openbaart zijne werking op den gang der naald over een grooter gedeelte van het vaste land; ja, zooals Arago het eerst ontdekt heeft, zeer ver van de plaats, waar de lichtontwikkeling zichtbaar wordt. Slechts zooveel over het nog altijd raadselachtige noorderlicht.

VIJF EN TACHTIGSTE LES.

Geïnduceerde electriciteit of electro- en magneto-electriciteit.

In den jare 1838 nam Faraday waar, dat, wanneer men door eenen draad $a b$ (zie fig. 496) een galvanischen stroom laat gaan, en er bevindt zich in zijne

Fig. 496.



nabijheid een tweede geleidende draad $a' b'$, er ook in dezen laatsten, bij het beginnen en eindigen van den stroom, een electriche stroom wordt opgewekt.

Indien wij hier van *beginnen* en *eindigen* spreken, dan wordt dit meer bepaald bedoeld met betrekking tot den draad $a' b'$, die zich nabij den regtstreekschen stroom $a b$ bevindt, en het wil dus juist niet

altijd zeggen, dat de galvanische keten door den draad $a b$ gesloten of weder geopend wordt, terwijl hij in de nabijheid van den draad $a' b'$ ligt; maar ook verstaat men er door, dat de stroom $a b$, reeds in werking zijnde, zelf eenen anderen geleidenden draad $a' b'$ nadert, of door dezen genaderd wordt, en de beide draden daarna weder van elkander worden verwijderd.

Men ziet, dat dit verschijnsel overeenkomst heeft met de electriciteit, die door verdeeling wordt opgewekt in een geleider, welke zich in den electriche werkkring van eenig ligchaam bevindt, alsmede met den nevenstroom, die in een geleider wordt opgewekt, welke zich nabij een anderen bevindt, door welke de ontlading der leidsche flesch gaat (zie blz. 640); even als wij daar zagen, dat zich de beide electriche vloeistoffen in het niet geëlectriseerde ligchaam, ten aanzien van het electriche, in tegenovergestelde ligging bevonden, zoo ook is het hier met den stroom gesteld. De in den draad $a' b'$ opgewekte stroom beweegt zich in tegenovergestelde rigting van dien in den draad $a b$, dat kan ontdekt worden, door tusschen de draadeinden x en y eenen galvanometer te plaatsen en den aard van de afwijking der naald na te gaan. Men noemt den stroom, die in den geleider $a' b'$, door de verdeelende werking van eenen anderen stroom $a b$, wordt opgewekt, *secundaire*, *geïnduceerde*, of ook *inductie*-stroom. Men zou hem ook *tijdelijke stroom* kunnen noemen, dewijl hij slechts een oogenblik duurt. Wilde men hem naar zijnen oorsprong een naam geven, dan zou men moeten zeggen: *electro-electriche* of *magneto-electriche* stroom; omdat hij door de electriciteit of het magnetismus wordt voortgebracht. Wij zullen den naam van *geïnduceerde stroom* behouden.

Wordt er alzoo een nevenstroom opgewekt in een in de nabijheid des hoofdstrooms liggenden geleider, het is dan geheel in overeenstemming met het bestaan der vooronderstelde stroomen van Ampère in een magneet, dat ook deze in een nabij zijnden geleider stroomen doet ontstaan. Het volgende bevat derhalve de hoofdwetten der inductie.

1°. Iedere electriche stroom brengt, op het oogenblik van zijn ontstaan en ophouden, in elken nabijzijnden electriciteitsgeleider een electriche stroom voort, die altijd slechts een oogenblik duurt, en bij het ontstaan des hoofdstrooms de tegenovergestelde rigting van dezen heeft, maar bij het ophouden diens strooms gelijke rigting met dezen aanneemt.

2°. Wordt een geleider, door welken een stroom gaat, snel bij eenen anderen geleider gebracht of er van verwijderd, zoo ontstaat in dezen laatsten een nevenstroom, weder van oogenblikkelijken duur, en bij nadering in tegenovergestelde, maar bij verwijdering in eenerlei rigting met den hoofdstroom.

3°. Elke pool van een in beweging gebragten magneet wekt in een naburigen geleider een oogenblikkelijken stroom op, welks rigting loodregt staat op die der beweging, en juist tegenovergesteld is aan die rigting, die de stroom eener batterij in den geleider moet hebben, om door zijne werking de pool te doen ontstaan, waarmede men den geleider genaderd heeft.

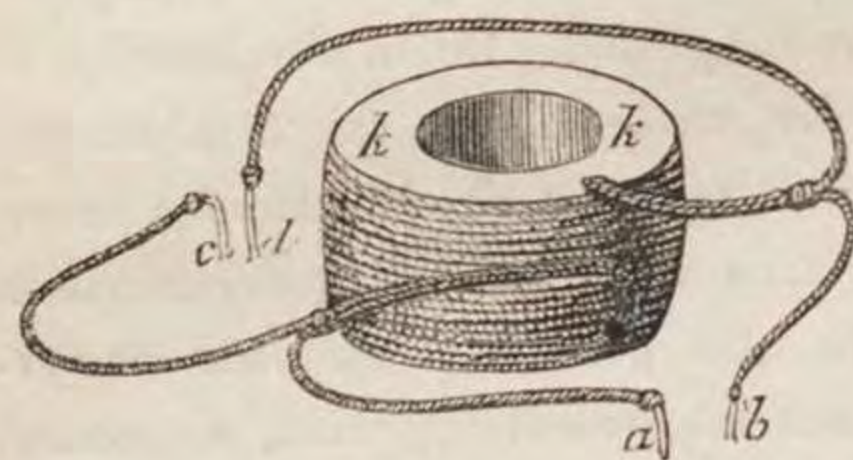
4°. De in week ijzer ontstaande of verdwijnende magneetkracht werkt op een' nabij liggenden geleider eveneens als het naderen of verwijderen van een blijvenden magneet.

5°. In al deze gevallen blijft het volkomen hetzelfde of men, in plaats van den geleider des hoofdstrooms of den staalmagneet naar den tweeden geleider te bewegen, dezen laatsten in beweging brengt en de beide eerstgenoemden in rust laat.

Ziehier op welk eene wijze men de werking van een' stroom op een' in zich zelven wederkeerenden geleider zichtbaar maakt.

Op eenen houten of metalen hollen cilinder *k k* (zie fig. 497) worden twee,

Fig. 497.



met zijde omwoelde, en daardoor ieder op zich zelven geïsoleerde, koperdraden zoodanig gewonden, dat zij over hunne gansche lengte naast elkander op den klos liggen.

Sluit men nu alzoo met den eenen draad eene galvanische keten, door de beide draadeinden *a* en *b* aan de polen van een galvanisch element te bevestigen, zoo loopt

de stroom in dien draad rond, zonder op den anderen draad *c d* te kunnen overgaan. In dezen laatsten echter wordt nu, door de verdeelende werking des strooms, een stroom in tegenovergestelde rigting opgewekt. Dit is geheel in overeenstemming met de verklaring op bladz. 640 gegeven, en onmiddellijk waar te nemen, zoodra men de einden *c* en *d* van den anderen draad verbindt met de einden van den draad des multiplicators. Op het oogenblik, dat men door den eersten draad *a b* den stroom sluit, toont de afwijking van de magneetnaald des galvanometers een' stroom in den tweeden draad aan, en die afwijking doet dan tevens zien, dat de opgewekte of geïnduceerde stroom in eene rigting zich beweegt, die tegenovergesteld is aan die van den hoofdstroom.

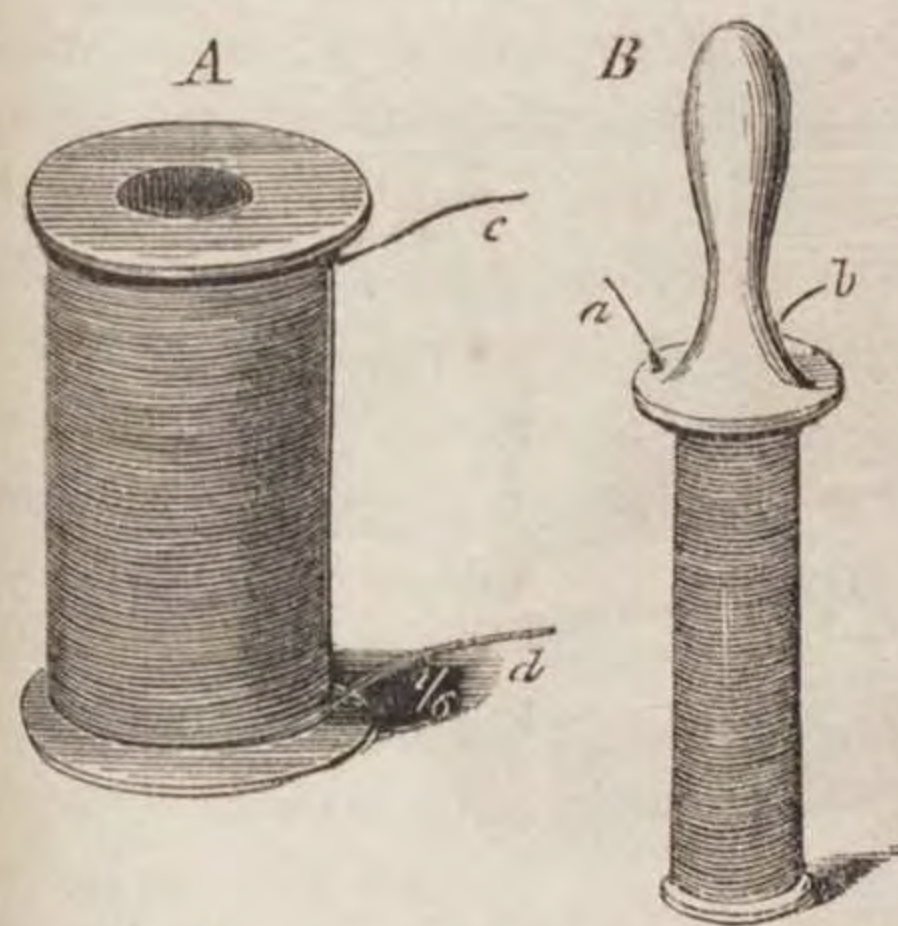
De geïnduceerde stroom is niet blijvend, want na eenige oogenblikken houdt de afwijking van de naald des galvanometers op, en zij keert weder op het nulpunt terug; maar zoodra men nu den hoofdstroom afbreekt, ziet men de naald, tusschen *c* en *d* geplaatst, aan de tegenovergestelde zijde afwijken, en zij wijst dus een' stroom aan, die in dezelfde rigting loopt, waarin de pas afgebrokene hoofdstroom zich bewogen heeft.

Alzoo is de eerste wet bewezen: Een electriche stroom kan in eenen hem nabijliggenden, in zichzelf wederkeerenden draad, op het oogenblik van zijn ontstaan en van zijn eindigen, stroomen induceren. De stroom, welke bij het sluiten van de pooldraden opgewekt wordt, heeft de tegengestelde, en die, welke bij het verbreken van de pooldraden wordt opgewekt, dezelfde rigting van den hoofdstroom.

De door den hoofdstroom op voorschrevene wijze in een' anderen draad opgewekte stroom brengt, even als de eerste, vonken en schokken voort. Indien

men de einden *c* en *d* (zie fig. 497) dicht bij elkander brengt, ziet men hieruit vonken springen, zoodra de einden *a* en *b* de keten sluiten of openen. Heeft men aan de einden *c* en *d* holle koperen cilindertjes gesoldeerd, en neemt men in elk der vooraf bevochtigde handen een van deze, zoo krijgt men bij het openen en sluiten van den hoofdstroom een' schok, die des te sterker is, naarmate de op de klos gewondene draad langer is. Men kan zelfs, met behulp van de alzoo opgewondene draden, zeer hevige werkingen op de zenuwen voortbrengen. Zoo de draad *e d* slechts eene zeer groote lengte heeft, is de sterkte van den geïnduceerden stroom aanmerkelijk veel sterker dan van den hoofdstroom. Zelfs eene batterij van 4, 6 tot 12 paren geeft bij opening of sluiting geenen slag; sluit men echter met den hoofddraad slechts een enkel element, zoo verkrijgt men in den nevendraad eenen krachtigen stroom. Men ziet hieruit, dat de draadwindingen, in welke de stroom bij inductie wordt opgewekt, hetzelfde op den stroom uitwerken, wat een grooter aantal platen er op te weeg brengt; beide maken de spanning des strooms grooter. Het is niet noodig, de beide draden, zooals in fig. 497 is aangenomen, naast elkander te leggen; zij kunnen ook op onderscheidene afzonderlijke klossen gewonden zijn (zie fig. 498), die

Fig. 498.

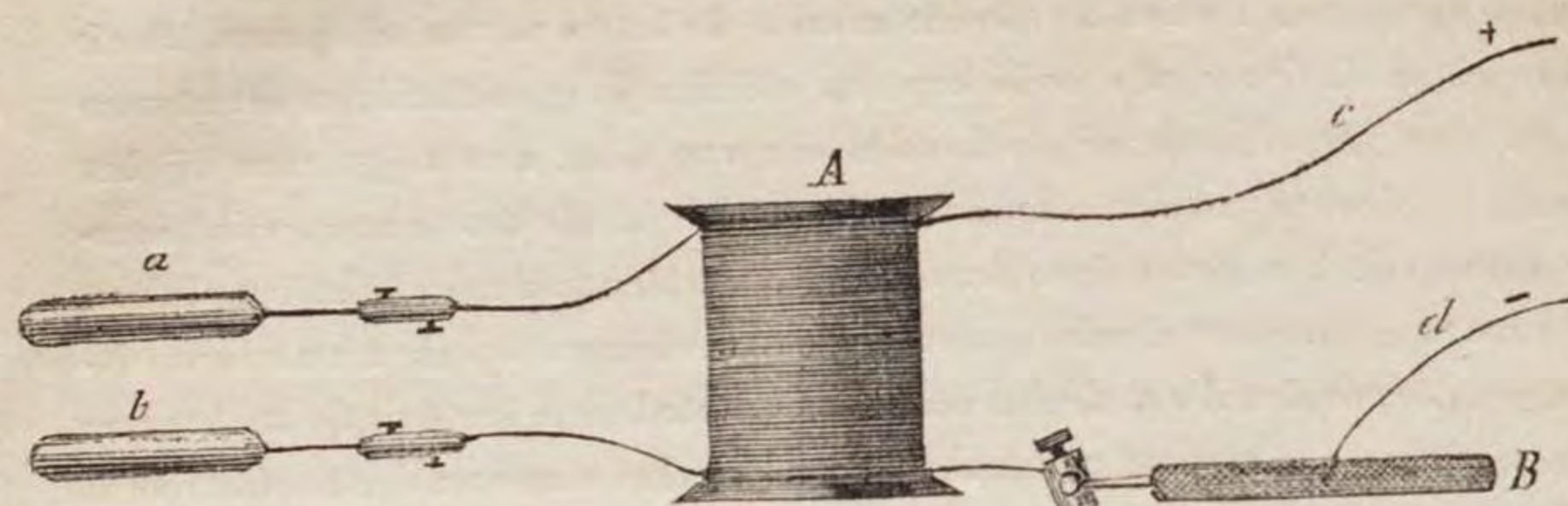


verschillende dikte hebben. De holte in *A* moet zoo groot zijn, dat de klos *B* er kan ingeschoven worden. Steekt men nu den klos *B* in *A*, en verbindt men de einden *c* en *d* van den draad op *A* met den galvanometer, terwijl men de einden *a* en *b* van de winding op *B* aan de polen eener galvanische batterij bevestigt, zoo toont de galvanometer oogenblikkelijk het ontstaan van een' stroom in de draadwinding *A*. Beweegt men den klos *B*, terwijl *a b* altijd den stroom blijft sluiten,

uit en in den klos *A*, zoo openbaren zich ook de in tegenovergestelde rigting zich bewegende inductie stroomen, waardoor de tweede wet (zie bladz. 775) tevens bewezen is.

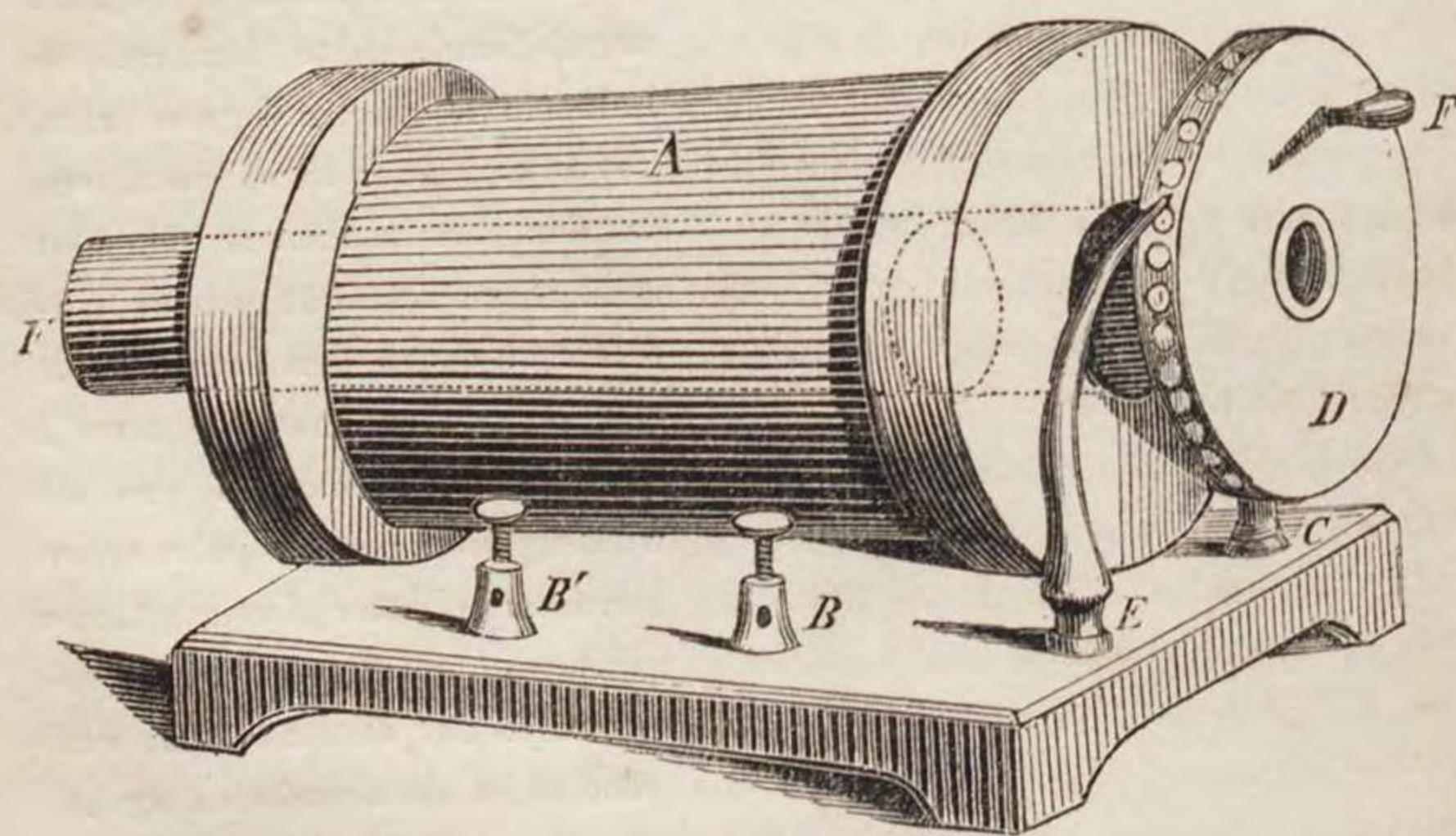
Om met zulk eene inrigting de werking op het menschelijk of dierlijk ligchaam, die men physiologische werking noemt, regt voelbaar te maken, moet men het openen en sluiten van den stroom in *B* zeer snel op elkander doen volgen. Dit nu kan geschieden, of door de toestellen, die in fig. 456, 457, 460 en 461 zijn afgebeeld, of op de zeer eenvoudige wijze, welke fig. 499 aanschouwelijk maakt. *A* stelt de beide in elkander gestokene klossen voor; *c* en *d* zijn de einden van den hoofddraad, en *a b* de met holle, cilindervormige, metalen handgrepen voor-

Fig. 499.



ziene einden van den dun dradigen nevenspiraal; *B* is eene tusschen den hoofdstroom gevoegde grove vijl, over welke de draad *d* wordt heen en weder geschoven en alzoo de openings- en sluitingslagen worden veroorzaakt. De heer Logeman verbond onmiddellijk aan zijne schok-cilinders den afbrekingstoestel (zie fig. 500). *A* is weder een holle houten klos; om dezen is eerst gewonden omstreeks 25

Fig. 500.



el geïsoleerd rood koperdraad van 1 à 2 streep dikte; het eene einde van dezen draad is, onder het plankje door, waarop alles rust, in verbinding gebragt met het knopje *B*, en het andere einde, op gelijke wijze, geleidend verbonden met het koperen stijltje *C* (in de figuur slechts gedeeltelijk zichtbaar). Aan dit laatste is een spilletje bevestigd, om hetwelk het koperen schijfje *D*, dat nu in geleidende gemeenschap staat met den stijl *C*, door middel van het handvat *F* kan worden rondgevoerd; op den rand dier schijf zijn een aantal kleine verdiepingen aangebragt, welke met eene isolerende stof, als hard hout of ivoor, zijn opgevuld; een koperen veër *E*, naast den stijl *C* in het plankje bevestigd, drukt gestadig tegen den rand van het schijfje, en is dus, gedurende de omwenteling van dit laatste, dan eens met de isolerende stof, waarmede de holten gevuld

zijn, dan eens met het metaal, en dus ook met den stijl *C*, in aanraking. De meergenoemde veër *E* staat, onder het plankje door, met het knopje *B* in verband.

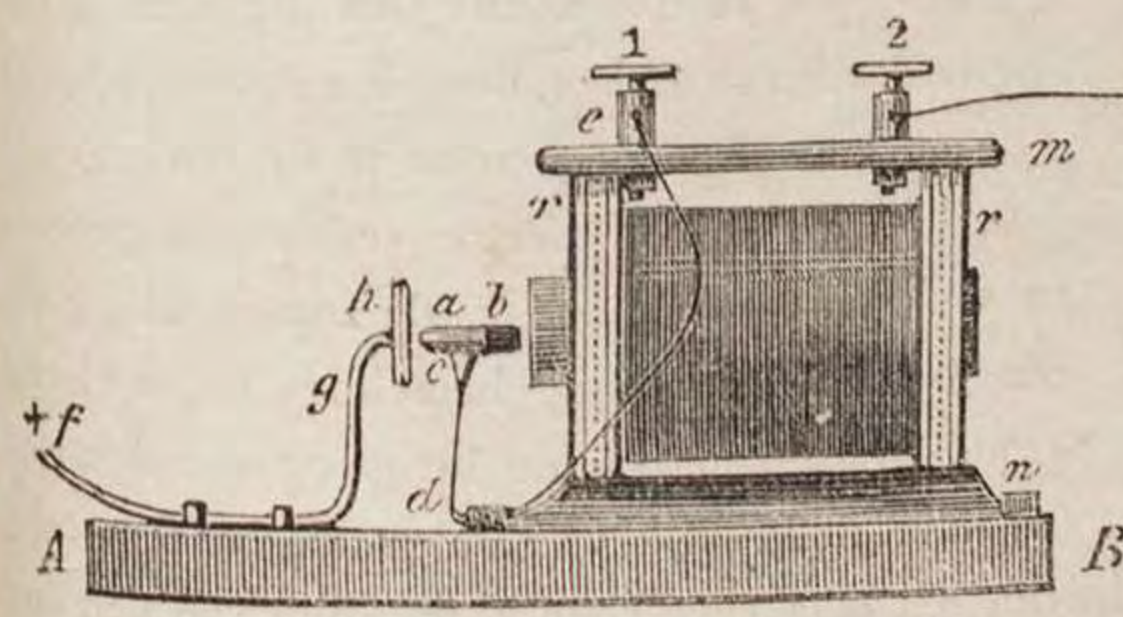
Bevestigd men nu in de beide verbindingsknopjes *B* en *B'* de beide einden van de pooldraden van een galvanisch element, dan zal, indien bij de omwenteling van het schijfje *D* de veër *E* op het koper rust, de keten gesloten zijn, en de stroom zijnen weg van den knop *B'* over de veër *E*, de schijf *D*, het stijltje *C*, de omwindingen van den cilinder *A* en het knopje *B* geregeld kunnen vervolgen. Zoodra echter de veër op de isolerende stof rust, is de stroom verbroken, daar hem de weg, om op de schijf *D* te geraken, is afgesneden. Door derhalve de schijf *D* te draaijen, doet men telkens afgebrokene electrische stroomen in den draad om den klos *A* ontstaan.

Nu is er om den klos *A* bovendien 5 à 600 meters veel dunner, ook met zijde omwoeld, rood koperdraad gewonden, dat derhalve met verscheidene lagen op het dikkere koperdraad rust. De einden van dien dunneren draad zijn in verbinding gebragt met twee dergelijke knopjes als *B* en *B'*, die echter aan de andere zijde van den klos *A* staan, en dus in de figuur niet zichtbaar zijn. Vereenigt men die beide knopjes, en dus de uiteinden van den langen, dunnen draad, door het menschenlijke ligchaam met elkander, dan worden er, op de gezegde wijze, in den dunnen draad telkens stroomen opgewekt, die schokken in het ligchaam veroorzaken.

Men versterkt aanmerkelijk de uitwerking van dit werktuig door in de holle kern van den klos eene ijzerstaaf *F*, of wat nog beter is, een' bundel ijzerdraden te leggen. Wij zullen daarvan later de reden ontvouwen. Het is zeer opmerkelijk, dat de alzoo door Logeman toegeruste werktuigjes reeds sterke schokken geven, indien men, tot opwekking der electriciteit, een galvanisch element gebruikt, bestaande uit eenen cent en een plaatje zink van dezelfde grootte, gedompeld in verdund zwavelzuur.

Het openen en sluiten van den stroom geschiedde tot hiertoe door werktuigelijke middelen, maar men kan dit ook door den stroom zelven doen verrigten. Fig. 501 toont aan, hoe dit kan geschieden. Even als bij Logeman's

Fig. 501.



schoktoestel zijn hoofd en nevenspiraal op denzelfden klos gewonden. Deze ligt op een voetstukje *AB*, tusschen twee plankjes *m* en *n* en vier stijltjes *r r* opgesloten. De einden van den hoofddraad zijn in de schroefjes 1 en 2, die van den nevendraad in twee andere, die bo

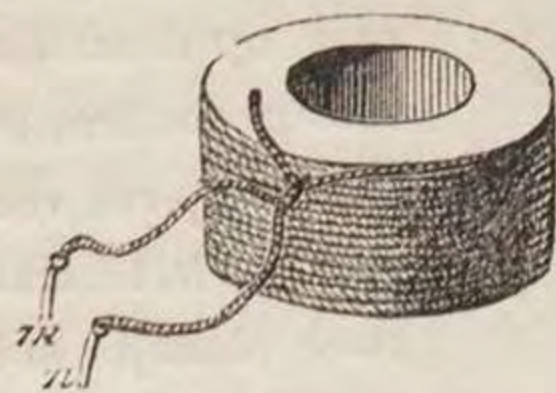
ven de twee andere stijltjes er naast liggen, bevestigd. In de holte van den spiraal bevindt zich, even als in den toestel van fig. 500, een ijzeren cilinder, die natuurlijk bij het rondloopen van den stroom magnetisch wordt. Vóór dit ijzer ligt de zoogenaamde magnetische hamer *ab*, die uit een stukje koper *a* en een daaraan gesoldeerd stukje ijzer bestaat. Dit hamertje is aan het plat uitgeslagen en dus veërende eind koperdraad *cd* bevestigd, hetwelk met het schroefje *e* in verbinding staat. De veër *cd* drukt voortdurend het hamertje tegen de koperen plaat *h*, welke door *gf* met de eene pool der batterij is verbonden, terwijl de draad 2 met de andere pool in gemeenschap staat. De stroom, in werking gesteld wordende, gaat over *f, g, h, a, c, d*, den spiraal en over 2 naar de batterij terug; op denzelfden oogenblik wordt het weeke ijzer binnen den spiraal magnetisch, het trekt *b* aan, en brengt eene verbreking van den stroom tusschen *a* en *h* tot stand; met het ophouden des strooms houdt ook de magneetkracht op, de veër drukt dus *ab* weder tegen *h*, de stroom is op nieuw hersteld, om de afbreking op nieuw te doen beginnen.

Uit het behandelde blijkt, dat het zeer voordeelig op de spanning van de in den nevendraad opgewekte electriciteit werkt, in geval aan dien draad eene groote lengte wordt gegeven. Eveneens is het gesteld met den draad, waardoor onmiddellijk de galvanische keten gesloten wordt. Wij hebben reeds vroeger opgemerkt, en met proeven gestaafd, dat, wanneer een enkelvoudig element door een' korten draad wordt gesloten, er bij de opening van de keten geene schokken worden voortgebracht, maar wel vonken. Verlengt men evenwel den sluitdraad aanmerkelijk, zoo is de vonk bij het openen der keten veel heviger, en men kan er ook op de vermelde wijze schokken door ontvangen.

Nog veel sterker echter wordt de werking van den langen sluitdraad, indien men dezen opwindt, en wel zoo, dat de enkelvoudige spiraalwindingen zeer dicht bij elkander liggen. Ook in dat geval moet de draad ter isolering met zijde omwonden zijn.

Zeer geschikt kan men daartoe weder een' houten klos gebruiken, waarop men den draad opwindt (zie fig. 502), latende de einden *m* en *n* vrij, om

Fig. 502.



die in kwikbakjes, waarin de polen eener batterij eindigen, te dompelen. Ook bij deze inrigting voelt men schokken, door den stroom schielijk achter elkander te openen en te sluiten. Het is uit de tot hertoe verklaarde proeven en wetten duidelijk, dat bij de zamenstelling van een inductie werktuig hetzelfde beginsel ten grondslag ligt, als bij de inrigting van den multiplicator of galvanometer (zie blz. 688). De vermenigvuldigende werking der draadwindingen ligt daarin, dat elke enkelvoudige winding van den door de electriciteit doorstroomden hoofddraad, in elke winding des tweeden of

nevendraads een' tweeden stroom opwekt; dat al die nevenstroomen dezelfde rigting hebben, en zoo door de som hunner werkingen een' grooten invloed op de magneetnaald des galvanometers of op het menschelijk ligchaam uitoefenen. Wij zullen zoo aanstonds zien, dat een magneet als een stelsel van evenwijdige stroomen werkt. De inductie-stroom, die in een' spiraal ontstaat, welke alleen uit windingen van den sluitdraad is zamengesteld, zoo als in fig. 502 is vermeld, noemt Faraday, die dezen stroom ontdekte, *extrastroom*. Hij verklaart zijn ontstaan op de volgende wijze. De electriche stroom, die eene spiraal doorloopt, wekt, zooals bekend is, in eenen nabij zijnden geleider, die met den spiraal evenwijdig loopt, bij het sluiten van den draad een' tegengestelden, bij het openen eenen gelijk gerigten inductie stroom op; ontbreekt echter deze nevendraad, zoo wekt de hoofdstroom in zijn' eigen geleidingsdraad, dewijl de eene winding inducerend op de andere werkt, een' inductie stroom op, en wel bij het sluiten eenen aan den hoofdstroom tegenovergestelden, en bij het openen een' gelijkgerigten stroom. Hieruit blijkt derhalve, dat de door het sluiten opgewekte stroom geene aanzienlijke werking kan voortbrengen, daar hij aan den hoofdstroom tegenovergesteld is; de schokken, van welke vroeger gewag gemaakt is, zijn dus hunnen oorsprong aan de bij het openen des sluitdraads geïnduceerde stroomen verschuldigd, die met den hoofdstroom in gelijke rigting plaats grijpen. Het bestaan der extrastroomen hebben Dove en Edlund onbetwistbaar bewezen.

Wij willen thans de derde der genoemde wetten bewijzen (zie bladz. 775).

Laat de opening van den met geïsoleerd koperdraad omwoelden klos zoo groot zijn, dat men er een' magneet *ab* in kan steken (zie fig. 503) en laten de

Fig. 503.



beide einden *m* en *n* van den draad met die van den draad des galvanometers in verbinding gebracht worden, welke laatste zich zoo ver af bevindt, dat de magneet op de naald van den multiplicator geen' invloed kan uitoefenen. Men voere nu den magneet in den cilinder, en oogenblikkelijk ziet men de naald van den galvanometer afwijken; weldra echter houdt die afwijking weder op; de naald keert op het nulpunt terug, maar wijkt op nieuw af, en wel in de tegengestelde rigting van de eerste maal, zoodra men den magneet uit den cilinder verwijderd. Indien men

zich verbeeldt, dat in *a* de noordpool des magneets ligt, dan loopen de stroomen, volgens het gevoelen van Ampère, om den magneet in de rigting van het pijlje: dit is bekend; en werkelijk vindt men, bij het inschuiven van de zuidpool *b* des magneets in de gezegde opening, dat de geïnduceerde stroom in den draad eene tegenovergestelde rigting heeft. Bij het verwijderen van den

magneet verkrijgt de stroom dezelfde rigting van het pijltje, hetwelk op den magneet is geplaatst. Men vindt hierin eene verrassende overeenkomst met het voorafgegane betrekkelijk den geïnduceerden stroom.

Niet alleen, wanneer men een' magneet in den spiraalvormig opgewonden draad voert, of hem er uit verwijderd, worden er stroomen in den draad opgewekt, maar dit zal ook het geval zijn, indien men de beide polen van een' blijvenden hoefvormigen staalmagneet met koperdraad omwoelt, dat door een zijden bekleedsel is geïsoleerd, en men tegen de polen van den magneet het week-ijzeren anker brengt, of dit van den magneet verwijderd; ook dan zullen er bij beide bewegingen stroomen in de windingen van den draad worden voortgebracht. In het eerste geval, *bij het aanbrengen van het anker* n. l., zal de stroom door de windingen van den koperen draad omloopen, eveneens alsof de magneet *er uit werd getrokken*, en in het laatste, *bij het afrukken van het anker*, zal de stroom den tegenovergestelden weg nemen, eveneens alsof de magneet *in de windingen werd gebracht*. Alzoo is ook de 4^e wet bewezen, terwijl aan de waarheid der 5^e wel niet zal getwijfeld worden.

Bij het inschuiven van week ijzer in den spiraal (zie fig. 500 en 501) wordt derhalve de werking aanmerkelijk verhoogd. Bij voorkeur maakt men intuschen, bij de inductie-spiralen voor physiologische werking, gebruik van een' bundel ijzerdraden. De uitwerking hiervan is ook bij extrastroomen zeer merkbaar. Faraday verklaart die versterking daardoor, dat bij het aanwezen van eene ijzeren staaf in de spiraal, bij het openen des strooms gelijktijdig met den hoofdstroom ook het door hem opgewekte magnetismus van het ijzer verdwijnt; het verdwijnen van het magnetismus oefent evenwel eene gelijksoortige werking uit, als het ophouden van electriche stroomen; het magnetismus, dat ophoudt, induceert tevens een' met den eindigenden hoofdstroom evenwijdig gerigten nevenstroom, en hieruit verklaart men de versterking door ijzer. Voor het bezigen van een' bundel ijzerdraden, in plaats van eene enkele staaf, pleit het volgende: de hoofdstroom ophoudende, wekt evenwijdig of gelijkgerigte stroomen in de massa ijzer op, waardoor het verdwijnen van het magnetismus eenige oogenblikken tegengewerkt, en de versterkende werking van het *plotseling* ophouden verzwakt wordt. Alles, wat alzoo het ontstaan dezer stroomen in het ijzer vermindert, zal ook natuurlijk de werking van het verdwijnende magnetismus verhoogen; dewijl nu in een' bundel van ijzerdraden, de stroomen, die door het afbreken des hoofdstrooms worden voortgebracht, zich niet zoo ongestoord kunnen vormen, als in eene zamenhangende massa ijzer, zoo is het duidelijk, dat de uitwerking der afbreking van het magnetismus des draadbundels ook meer volkomen zal geschieden, en niet door deze stroomen in zulk een' hoogen graad zal gestoord worden, als bij de massive ijzerstaaf het geval is. Het is niet goed, den ijzerdraadbundel met een niet magnetisch metaal, bijv. met bladtin, te beplakken, want dan kan het verdwijnende magnetismus op de spiraal geenen onmiddellijken invloed uitoefenen.

Het is volgens het uiteengezette merkwaardige beginsel, dat de heer Logeman het seingevend werktuig van zijn' telegraaf (zie den toestel links in fig. 465) eene zeer gewigtige vereenvoudiging heeft doen ondergaan, waarbij zelfs het geheele voltasche element *X* (zie dezelfde fig.) kan gemist worden, en tot welke uitvinding zich insgelijks het verkregen octrooi van den uitvinder uitstrekt.

Wij hebben gezien, dat het geheele seinen bij genoemden telegraaf enkel en alleen bestaat in een gedurig omkeeren van den electriche stroom; den stroom en zijne omkeering heeft de uitvinder op de navolgende zeer zinrijke wijze verkregen. Aan de bekende letterplaat *R* zijn nu geene spaken verbonden, maar zij bevat op den rand tanden, die door een roundsel, dat men door middel eener gewone kruk omdraait, worden gegrepen, zoodat het bord *R* daardoor wordt in de rondte gevoerd. Op het vlak van die plaat *R* zijn verder aan de achterzijde, waarop geene letters staan, 12 ronde pennen loodrecht bevestigd, die zich dus allen in eene horizontale rigting geplaatst vinden, indien de schijf vertikaal ligt; tegen die pennen rust het bovineinde van eenen eenigzins S-vormig gebogenen, omtrent vertikaal staanden hefboom, die in het midden om eene horizontale as beweegbaar is, en aan wiens onderende het week-ijzeren pool- of sluitstuk is bevestigd van eenen blijvenden hoefvormigen staalmagneet, die in eene horizontale rigting onbewegelijk naast de wijzerplaat ligt.

Om de polen van dien magneet zijn vele ellen roodkoperdraad gewonden, dat met zijde omsponnen is; de einden van dien draad staan in verband met de einden van dien, welke op grooten afstand om de beide hoeven *A* en *B* ligt.

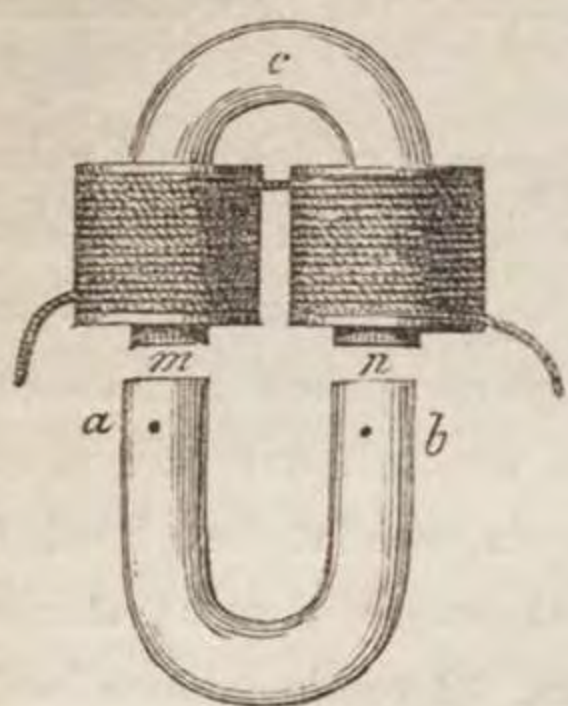
Wordt nu het letterbord *R* met zijne 12 pennen in de rondte gevoerd, dan bevindt zich het bovineinde van den S-vormigen hefboom beurtelings op en beurtelings tusschen die pennen. Geraakt het er op, dan wordt het onderende terug getrokken en het poolstuk, dat er aan vast zit, van den hoefmagneet verwijderd, waardoor er een stroom in den draad ontstaat, die de hoeven *A* en *B* magnetisch maakt. Valt het bovineinde des hefbooms tusschen de pennen, dan wordt het onderende tegen den hoefmagneet aangevoerd en deze door het poolstuk gesloten; er ontstaat nu weder een stroom in den draad, maar in eene tegenovergestelde rigting.

Zeker verdient deze uitvinding onze volle aandacht en is overwaardig, om bij de telegraphie in toepassing gebracht te worden.

Wij hebben alzoo gezien, dat én door blijvende én door tijdelijke magneten stroomen kunnen voortgebracht worden. Deze stroomen brengen alle verschijnselen van den hoofdstroom voort. Door krachtige opwekkingsmiddelen en vermenigvuldiging der windingen kunnen de nevenstroomen schitterende vonken, sterke gloeiings-verschijnselen, scheikundige ontledingen, electro-magnetische werkingen en gevoelige schokken voortbrengen. Het best ge-

schiedt dit door rotatie-werktuigen. Wij willen van de inrigting dezer belangrijke werktuigen een denkbeeld geven.

Zij ab (zie fig. 504) een sterke hoefijzermagneet; mcn een hoef van niet magnetisch week ijzer, en welks beide beenen mc en nc met eene groote menigte, op klossen liggende windingen van een' en denzelfden, met zijde omwoelden, zeer langen koperen draad zijn beladen. De rigting der windingen moet eveneens zijn als vroeger is aangewezen, zoodat, wanneer men den hoef mcn , even als in de nevenstaande figuur, regt voor zich heeft, en eenen stroom door den draad laat gaan, die stroom aan het eene been, mc b. v., in de omwindingen ter rechterzijde klimt, en dat been dus tot noordeinde maakt, en in het andere been ter linkerzijde, en daar dus eene zuidpool doet ontstaan.



Worden nu de beide einden van den draad op eenen doelmatigen afstand van het ijzer met elkander verbonden, zoo bemerkt men reeds bij de nadering van den magneet ab eene afwijking in de magneetnaald, boven of onder welke men den draad heeft heengeleid, en dit is natuurlijk het gevolg van den geïnduceerden stroom, die door den hoefmagneet is opgewekt. Hetgeen vroeger gezegd is, heeft nu hier plaats: indien men met den magneet ab de beenen van den niet magnetischen hoef mcn plotseling nadert, zoo toont de afwijking der magneetnaald eenen stroom aan, die in tegenovergestelde rigting loopt van dien, welke, volgens Ampère's gevoelen, het weeke, thans tot magneet geworden ijzer mcn moet rondloopen. Bij verwijdering van den magneet ab heeft de geïnduceerde stroom gelijke rigting met dien, welke nu in het weeke ijzer, tegelijk met het eindigen van het magnetismus, ophoudt. Vergelijkt vooral hiermede, wat in het begin dezer les over de werking van stroomen op stroomen is gezegd, en men zal de treffendste overeenstemming ontdekken.

De stroomen, op deze wijze in de draadwindingen opgewekt, zijn, gelijk gezegd is, van zulk eene spanning of digtheid, dat, zoo men de beide einden van den draad niet in volstreekte aanraking, maar slechts op een' zeer geringen afstand van elkander brengt, eene schitterende vonk overspringt, en dit zoowel bij de snelle toenadering als bij de verwijdering des magneets. Deze electriche vonken zijn blijkbaar hoofdzakelijk door magnetische werkingen voortgebracht. Zoo men in elke hand een einde van den draad neemt, ontdekt men bij nadering en verwijdering van den magneet ab ook een' schok, welke, zoo de magneet sterk genoeg is, dien van eene kleine leidsche flesch evenaart. Wij zeiden dat deze stroomen hoofdzakelijk door magnetische krachten ontstaan: eigenlijk zijn er hier 3 oorzaken, die hen te voorschijn roepen:

1°. De onmiddellijke werking van den magneet ab op den spiraal; 2°. de in

mcn optredende en verdwijnende magneetkracht, ten gevolge der nadering of verwijdering van ab ; 3°. de invloed der enkele draadwindingen op elkander. De beide laatste oorzaken zijn de voornaamste.

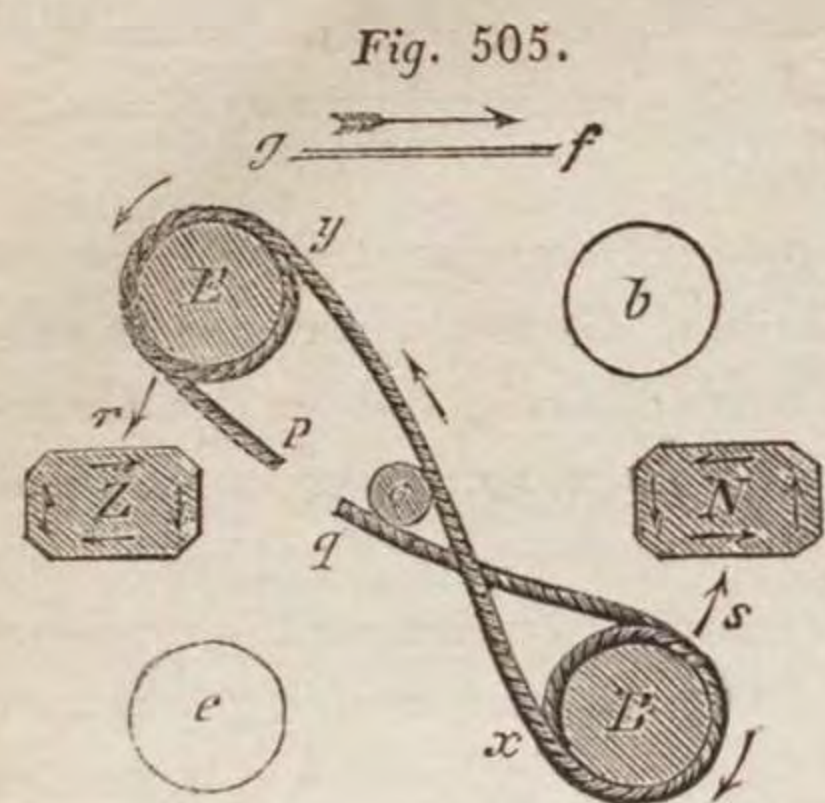
Ook door het aardmagnetismus kunnen op dergelijke wijze stroomen worden opgewekt. Indien men eene staaf van week ijzer, die met koperdraad is omwonden, in de rigting houdt van de inclinatie-naald (zie fig. 341) en dan plotseling omdraait, zoodat het bovenste eind onder komt, zoo wordt er in den draad een stroom opgewekt.

Verbeeldt u, dat de einden van den spiraalvormig om het weeke ijzer mcn gewonden draad in geleidende verbinding met elkander worden gebragt, en dat verder de hoef mcn om eene vertikale as snel omgedraaid wordt, zoodat de pool m , die zich tegenover de pool a bevindt, na eene halve omdraaijng tegenover b staat, zoo zal er, daar m zich van a en n van b verwijderd, in de draadwindingen een stroom worden opgewekt; deze stroom duurt nu wel met veranderlijke sterkte, maar toch in dezelfde rigting, gedurende eene halve omwenteling voort, dat is, gedurende den tijd, dat m van a tot b en n van b tot a is omgewenteld. Wij zeiden, in dezelfde rigting: de nadering toch van m tot b brengt er geene verandering in te weeg; want, daar a en b tegenovergestelde polen zijn, zoo zal eene verwijdering van a een stroom opwekken, die in dezelfde rigting loopt, als eene nadering tot de pool b ; dit moet uit het vroeger beredeneerde duidelijk zijn. Zoodra echter de tweede halve omdraaijng begint, verandert zich ook de rigting van den stroom, om, na het volbrengen eener geheele omwenteling, op nieuw te veranderen. Indien men nu alzo het weeke ijzer mn met zijne draadomwindingen tegenover de polen van den magneet ab snel ronddraait, wordt de draad bestendig door afwisselende, in tegenovergestelde rigting vloeijende stroomen doorloopen.

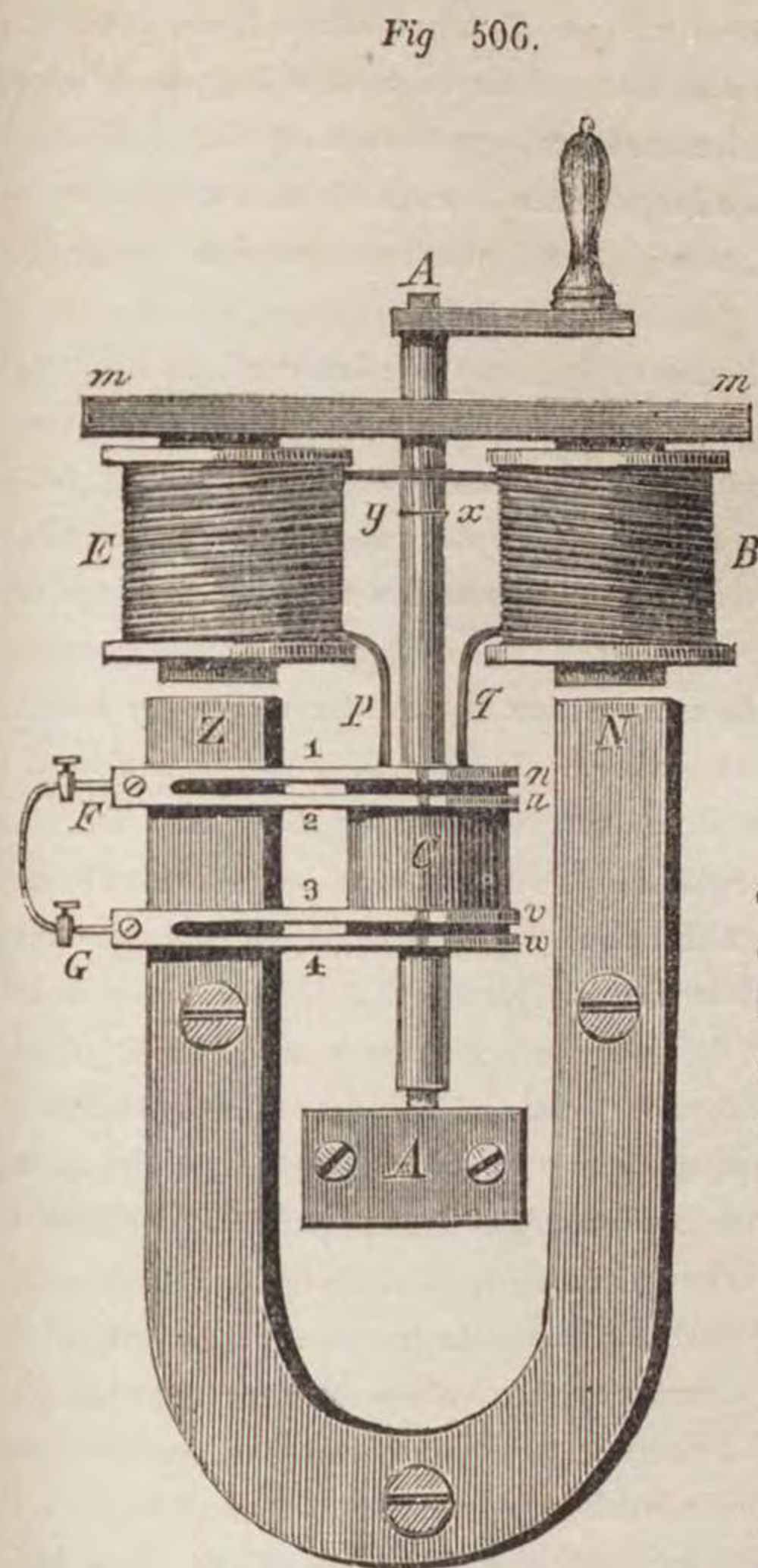
Om nu op eene geschikte wijze met den geïnduceerden stroom proeven te nemen, heeft men, volgens het zoo even aangegeven grondbeginsel, werktuigen zamengesteld, die naar hunne inrigting den naam dragen van *magneto-electrische rotatie-machines*. De eerste van dezen aard werd uitgevonden door Pixii in den jare 1832. Vele vereenvoudigingen en verbeteringen heeft dit werktuig sedert dien tijd ondergaan, en eene laatste verbetering, vereenvoudiging en versterking van het vermogen is er door onze werktuigkundigen Bekker te Arnhem en Logeman te Haarlem aan gegeven.

Behalve deze hebben zich Faraday, Saxton, Ettingshausen en Stöhrer in de zamenstelling van de genoemde electriseermachines verdienstelijk gemaakt. De werking van al deze toestellen kan men door de volgende schets ophelderen.

Indien in fig. 505 N de noord- en Z de zuidpool voorstelt van een' vastliggenden hoefmagneet, die dus overeenkomen met a en b van den magneet in fig. 504, en B en E zijn de einden van een week ijzeren hoef, wiens beenen met eene groote massa koperdraad omwoeld zijn, even als dit met m en n in fig. 504 het geval is, en welke ijzeren hoef in de rigting der pijltjes r en s , en dus



tegen de rigting van de uurwijzers in, zich om de as c laat omdraaijen, zoodanig dat, even als in fig. 504, de deelen E en B zoo nabij mogelijk over Z en N heenstrijken, zoo zal E bij de nadering van Z een noord- en B tegelijk een zuidpool worden. Volgens het herhaalde malen aangegevene zal derhalve een inductie-stroom in den draad ontstaan, die tegenovergesteld is aan de rigting van de stroomen van Ampère in het magnetisch gewordene ijzer; die inductie-stroom gaat dus van x naar y in de rigting der pijltjes, en vervolgens van p naar q . Verwijdert zich E van Z , naar de stelling e , zoo ontstaat, bij het ophouden der magneetkracht, in den draad een tegenovergestelde stroom. B heeft zich nu ook van N verwijderd en is in b aangekomen, daardoor keert ook de stroom in den draad om, en deze loopt derhalve van e over y naar x en b , en daarna van q naar p . De verwijdering van het been E van Z brengt daarin denzelfden stroom voort, die zijne nadering tot N veroorzaakt. Zoo lang derhalve E zich in den onderste halven cirkel bevindt, gaat de stroom van E door $y x$ naar B , en gedurende den tijd dat E in de bovenhelft des cirkels zich beweegt en B in de onderste, loopt de stroom van B door $x y$ naar E . Ten einde nu onafgebroken stroomen, die in verschillende rigtingen vloeijen te verkrijgen, behoeft men slechts EB snel rond te draaijen, en de einden p en q met elkander te verbinden. Om echter een' stroom voort te brengen, welke voortdurend in ééne en dezelfde rigting voortgaat, is het noodzakelijk, om tusschen p en q eenen beweegbaren toestel tot stand te brengen, met eene geleiding, fg bij voorbeeld, die bewerkt, dat, wanneer de stroom van p naar q loopt, het einde p met g en q met f in geleidend verband staat; terwijl, wanneer de stroom zich van q naar p beweegt, q met g en p met f in verbinding is gebracht. Op deze wijze alleen kan men een' stroom opwekken, die in den geleiddraad gf altijd dezelfde rigting heeft. Dit nu grijpt plaats bij de zamenstelling, welke fig. 506 afbeeldt, en waartoe hoofdzakelijk de commutator C dient. De as AA laat zich namelijk met behulp der kruk tusschen de beenen van den staalmagneet ZN ronddraaijen. In plaats van een' week-ijzeren hoof, vindt men hier een eenigzins hoofvormig stuk, eigenlijk bestaande uit twee week-ijzeren cilinders, die in de klossen E en B steken en op de ijzeren plaat mm bevestigd zijn. Door den draad xy is de draad van den eenen klos B op den anderen geleid, en deze derhalve aan elkander verbonden; p en q zijn de beide einden der omwindingen, en deze leiden naar den commutator C , die in fig. 507 en 508 in doorsnede en in perspectivisch aanzien is afgebeeld. Deze commutator bestaat uit eene buis rr van messing, die op de as AA wordt gestoken, en eene tweede buis mm , eveneens van messing, welke



of de binnenste buis rr , en de draad p met de buitenste buis mm geleidend verbonden, terwijl p van rr door een ivoren buisje s geïsoleerd is. De stalen ringen n en w zijn derhalve voortdurend met elkander in geleidend verband door rr , en evenzoo de ring u met v , door m . Op het been Z van den hoof zijn op een houten blokje de vorkvormige stalen veeren F en G vastgemaakt. De deelen 1, 2, 3 en 4 dier veeren rusten voortdurend midden tusschen de beenen des magneets op twee van de beschrevene halve cirkelvormige stalen ringen des commutators C . De einden F en G zijn van klem-schroeven voorzien, om er een' sluitdraad in vast te maken, die of chemische of magnetische en dergelijke verschijnselen meer moet voortbrengen.

De commutator C is zóó op de as AA geplaatst, dat in de stelling, welke B en E in de teekening hebben, de tand 1 juist de stalen ring n verlaat, wanneer de kruk A een weinig wordt gedraaid in eene rigting van den lezer af; nog rust in de gezegde stelling de veer 3 op den stalen ring v , en zal,

Fig. 507.

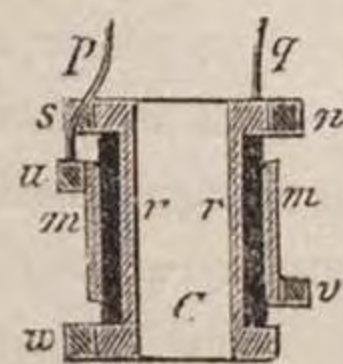


Fig. 508.



de eerste in het midden geheel omsluit, maar toch van deze geheel is geïsoleerd door eene niet geleidende stof, welke in fig. 507 zwart is gekleurd. Op de eerste buis rr zijn twee halve cirkelvormige stalen ringen n en w bevestigd, zoodanig dat zij juist tegen over elkander liggen en boven den cilinder m zich verheffen. Op dergelijke wijze zijn de stalen ringen u en v op de buis mm gehecht. De draad q is met de as AA

wanneer de kruk op de aangewezen wijze wordt rondgedraaid, deze eveneens verlaten. De veëren 2 en 4 komen dan met de ringen u en w in gemeenschap, en blijven dat, tot de as eene halve omwenteling volbragt heeft, of B boven de zuidpool Z is gekomen. Dan echter komen 1 en 3 op nieuw met de ringen n en v in geleidend verband, terwijl 2 en 4 ontslagen worden van de aanraking met u en w .

Wanneer nu B de noordpool N nadert en, van den lezer af, zich verwijderd, zoo moet, volgens het vroeger behandelde (zie fig. 505), een stroom ontstaan, die van x naar y , en dus van p naar de middelste buis m (zie fig. 507), den stalen ring v , de veër 3 en de schroef G loopt, van daar door den sluitdraad naar F gaat, en door de veër 1 over den stalen ring n , en langs den draad q in zich zelve terugkeert. Verwijderd zich echter B in de aangegevene rigting van de noordpool B , zoo ontstaat er een stroom van y naar x ; deze loopt over q naar de binnenste buis rr (zie fig. 507), van deze door den stalen ring w naar de veër 4, en daar 3 nu buiten aanraking met m is, door middel van die veër 4 naar G , alzoo weder door den sluitdraad naar F , en door 2 en u naar p en in zich zelve terug. De opgewekte stroomen blijven dus in dezelfde rigting door den sluitdraad GF loopen, en bereiken hunne grootste sterkte, wanneer de door het midden van E en B gaande lijn loodrecht op de lijn staat, die van Z naar N is getrokken. Indien er snel wordt gedraaid, volgen de slagen, die men door middel van den draad FG door het menschelijk ligchaam kan laten gaan, zoo spoedig op elkander, dat men hunne werking naauwelijks kan uithouden. Wil men de hevigheid van die slagen verzwakken, men behoeft dan slechts langzaam te draaijen, of de beide polen Z en N des magneets door een anker van week ijzer te verbinden.

Om krachtige slagen te verwekken, moet men met eenen dunnen draad een groot aantal windingen om de beide week-ijzeren kernen E en B leggen. In dat geval windt men den draad op een' houten cilinder, en schuift dien op de ijzeren kernen. Ten einde korte, dunne draden gloeiend te maken, steekt men de einden m en n van twee tangvormig gebogene koperdraden (zie fig. 509)

Fig. 509.



in de schroeven F en G . De draden m en n zijn daar, waar zij om elkander gedraaid zijn, geïsoleerd, en de draad, welke gloeiend moet gemaakt worden, is tusschen de einden a en b gespannen.

Wordt de geheele rotatie-toestel door glazen dragers geïsoleerd, en is ook de kruk bij A zelve van glas, dan kan men, door den knop van de leidsche flesch met de eene schroef G , en het buiten bekleedsel der flesch met de andere, die dan geleidend met de aarde in gemeenschap staat, te verbinden, de leidsche flesch met electriciteit laden.

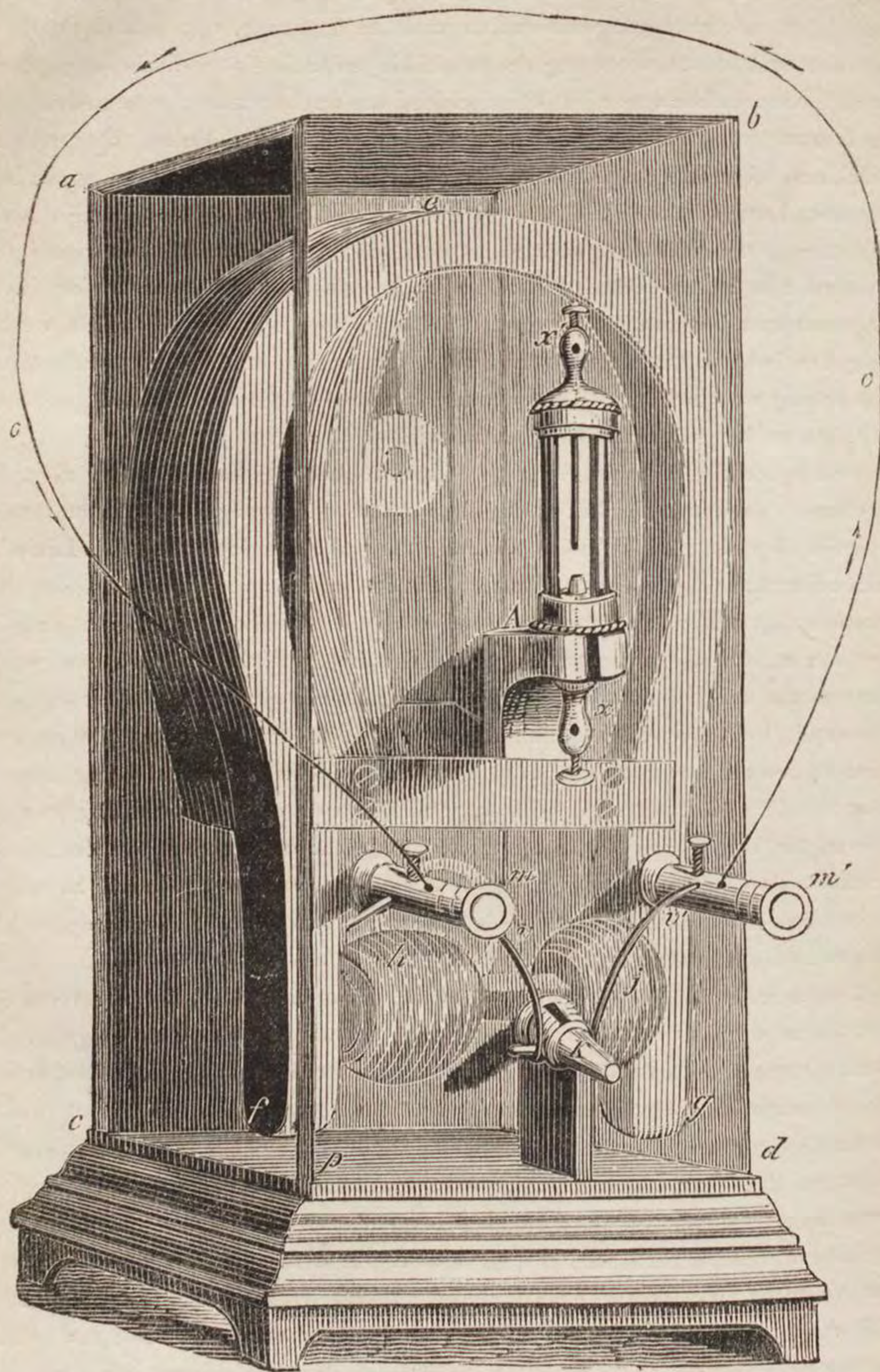
Wij kunnen niet nalaten van de veel eenvoudigere

inrigting, die de heer Logeman aan de magneto-electrische rotatie-toestellen gegeven heeft, melding te maken. Te meer gaan wij tot die beschrijving over, dewijl het ons genoegzaam veroorzaken moet te vernemen, dat de Nederlanders van den rusteloozen voortgang der ontdekkingen in de Natuurkunde nog geene werkeloze toeschouwers zijn. Verscheidene van de Logemansche toestellen zijn reeds naar verschillende landen verzonden. Waarom de uitwerking zijner machines, bij gelijke uitgebreidheid, grooter is dan eenige der tot nog toe bestaande, kan gemakkelijk daaruit worden afgeleid, dat hij en de heer van Wetteren, naar aanleiding der Elias' methode (zie bladz. 551) het verste gevorderd zijn in het bekrachtigen der magneten. Ook wij hebben den heer Logeman met het zamenstellen van een vrij groot magneto-electrisch werktuig, ten behoeve van de natuurkundige vereeniging te Nijmegen, belast, en zoo er nog voor het afdrukken dezer bladen proeven mede kunnen genomen worden, zullen wij den uitslag daarvan vermelden.

$acdb$ (zie fig. 510) is een mahonijhouten kastje, waarin schier alles is besloten. Men verbeelde zich, dat de zijwand ap is weggenomen, en dat de voorzijde bp doorschijnend is. Al het flauw geteekende of getittelde bevindt zich achter den voorwand pb , binnen in het kastje, het overige, meer opgewerkte gedeelte, ligt buiten tegen den voorwand aan, of is onmiddellijk zichtbaar. feg is een sterke, hoefvormige staalmagneet, tusschen welks polen zich een week ijzeren staafje hj bevindt, dat op eene horizontaal liggende spil K bevestigd is. Deze spil, welke door den voorwand bp gedeeltelijk heengaat, en aan het andere eind in den achterwand rust, draagt aan dat achtereind een schijfje, waarop, door middel van een zoogenaamd snoer zonder eind, eene grootere schijf werkt, die achter buiten aan de kast met de hand kan rondgedraaid worden, doch welke beide schijven in de figuur niet wel konden worden afgebeeld. Men ziet intusschen boven aan, even onder de kromming van den hoof, de as afgebeeld, om welke die grootere schijf ronddraait.

Zoodra men nu de groote schijf draait, plant zich die beweging voort op het kleine schijfje, en vervolgens op de spil K , waardoor de daaraan gehechte week ijzeren staaf hj in een vertikaal vlak, met eene groote snelheid als men wil, tusschen de beide polen van den magneet feg omwentelt. In een oogenblik is dus het einde h gekomen op de plaats, waar vroeger j was, en omgekeerd. Tusschen deze beide standen is er echter noodzakelijk een tijdstip geweest, waarin de staaf juist vertikaal stond. Die staaf omwonden zijnde met door zijde geïsoleerd, rood koperdraad, zoo als in de figuur duidelijk zichtbaar is, verkeert nu volmaakt in hetzelfde geval van de omwentelende plaat mm in fig. 506. Zij wordt namelijk afwisselend magnetisch en niet magnetisch; bovendien keeren hare polen gedurig door den invloed van den hoefmagneet feg om, en onophoudelijk worden er dus electriche stroomen in den draad, welke om de staaf ligt, opgewekt, afgebroken en omgekeerd, zooals reeds vroeger is aangegeven.

Fig 510.



Om de opwekking en gedurige verandering van rigting des strooms in den draad te onderhouden, en te gelijker tijd den stroom gemakkelijk te kunnen heenleiden naar die plaats, waar hij zijne werking moet uitoefenen, dient de

ring of commutator bij *k*, die aldaar mede op de spil is geplaatst, en met haar rondgaat. Die ring is een holle, palmhouten cilinder, die met rood koper is bekleed; echter bedekt dit metaal den ring niet geheel: er zijn op twee plaatsen kleine ruimten tusschen het koperen bekleedsel opengelaten, die met eene, de electriciteit niet geleidende, stof zijn gevuld. Met elk dezer beide koperoppervlakten staat gestadig een einde in verband van den draad, die om de staaf *h j* ligt. Verder drukken er op den palmhouten ring of commutator bij *k* twee koperen veëren *v* en *v'*, die geklemd zijn in de dubbele verbindingsknopjes *m* en *m'*, die buiten tegen den voorwand *pb* der kast rusten. Men kan dus deze beide knopjes *m* en *m'* als de einden van den draad, die om de staaf *h j* ligt, beschouwen, indien namelijk de veëren *v* en *v'* op het koper rusten; maar drukken die veëren op het isolerende tusschenlegsel, wat namelijk plaats heeft bij den vertikalen stand der staaf *h j*, dan hebben de knoppen *m* en *m'* volstrekt geene gemeenschap meer met den draad *h j*.

Stellen wij ons nu voor, dat die beide verbindingsschroeven *m* en *m'* ook onderling verbonden zijn, door een geleiddraad *oo*, dat de staaf *h j* in eene horizontale rigting is gekomen, en door hare verkregene magneetkracht in den geleider *oo* een stroom heeft opgewekt, welks rigting door de pijltjes is aangeezen; dan zal, zoodra de staaf vertikaal staat, haar magnetismus verdwijnen, en zoodra zij weder horizontaal ligt, maar nu met het uiteinde, dat eerst bij de noordpool *f* lag, bij de zuidpool *g*, haar magnetismus in tegenovergestelde rigting terugkeeren. En wat zal hiervan het gevolg zijn? dat er in dien tweeden stand, bij de verwijdering van de einden der staaf *h j* van de polen des magneets, weder een stroom in den draad zal worden opgewekt, die om die staaf ligt, maar in tegenovergestelde rigting; doch in den draad *oo* moet die rigting dezelfde blijven, want ook de commutator bij *k* is mede een halven slag omgewenteld, en daardoor is de gemeenschap met de beide veëren *v* en *v'* ook verwisseld; de veër *v*, die eerst met *h* in verband stond, is nu in verband met *j*, en de veër *v'* met *h*. Alzoo verkrijgen wij gedurig afwisselende stroomen, door het magnetisch worden der staaf *h j* en het verdwijnen dier magneetkracht.

Buiten aan den voorwand der kast bij *A* staat een toestelletje, dat alleen bestemd is, om gebruikt te worden bij geneeskundige toepassingen van het werktuig. Het bestaat uit een glazen buisje, van onder en boven door een koperen bekleedsel gesloten. Door den koperen bodem en het deksel gaan de met verbindingsknopjes voorziene geleiders *x* en *x'*. De bovenste geleider kan op en neder worden geschoven. Indien men nu dit glazen buisje met een slecht geleidend vocht vult, en de gemeenschap zoo inrigt, dat de electriche stroom, die door het werktuig opgewekt wordt, alvorens hij door het ligchaam of lichaamsdeel van eenigen lijder gaat, door dit vocht moet heenstromen, dan zal die stroom daardoor zwakker worden, en te meer, naarmate men het knopje *x'* hooger stelt en dus den weg van den electriche stroom, door de vloeistof heen, vergroot. Dit is een natuurlijk gevolg van en een sterk bewijs voor de wet van Ohm.

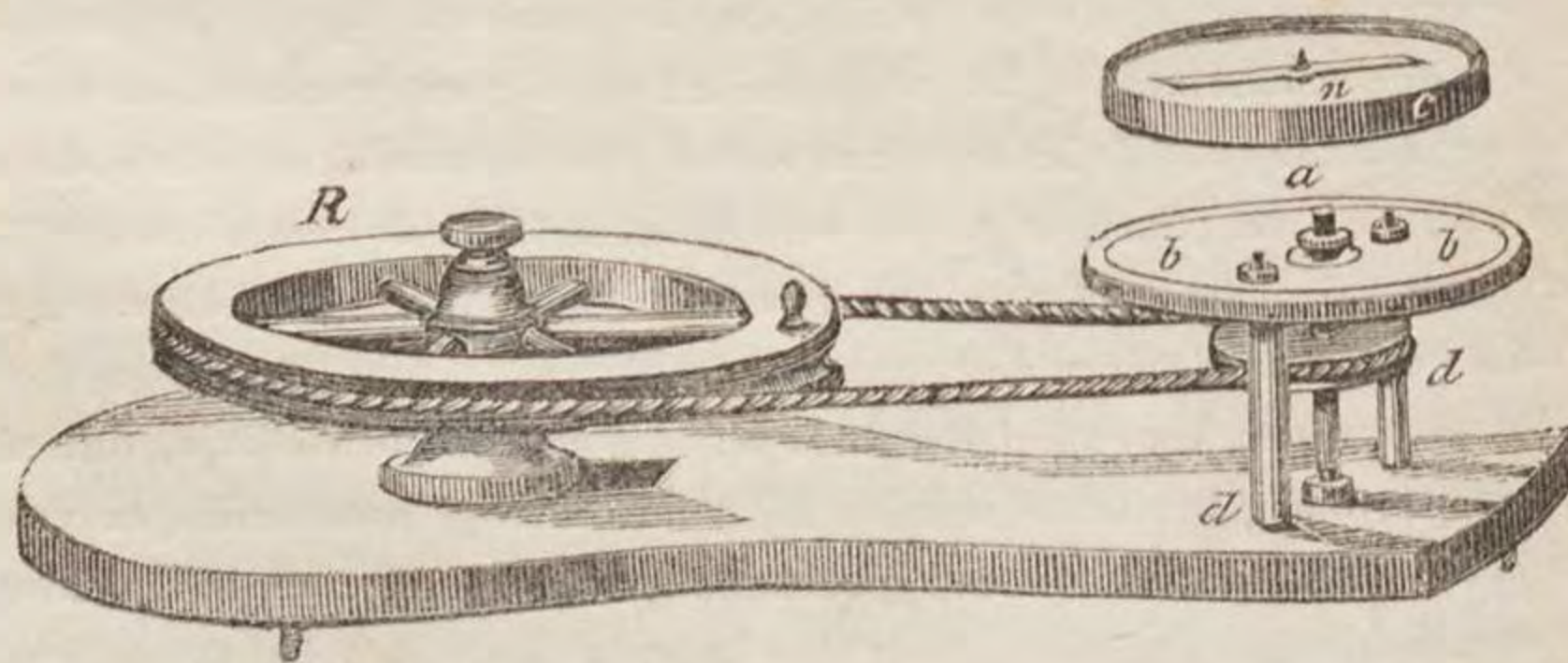
Ziedaar de beschrijving van Logeman's eenvoudigen magneto-electrischen toestel, wiens inrigting zeker gemakkelijker is te doorzien dan de eerstbeschrevene. Men bemerkt, dat het beginsel bij beiden hetzelfde is; maar niemand heeft vóór den heer Logeman eene regte staaf tusschen de polen des magneets doen wentelen, en daarin ligt juist de oorzaak der beknoptheid.

Dat ook dit werktuig het vermogen bezit, om water te ontleden, electromagneten te bekrachtigen, warmte-verschijnselen op te wekken, enz., dit kan aan geene bedenking onderworpen zijn.

De schrijver zag eenigen tijd geleden den heer Logeman door een dergelijk werktuig van zijn maaksel, waarin de hoef *f e g* 100 kilogrammen draagkracht bezat, platina-draad gloeijen, een electromagneet vormen, die 100 kilogrammen droeg, buskruid ontsteken, water ontleden, in die mate, dat er 10 kub. duimen gas in elke minuut geleverd werden, eenen rotatietoestel in beweging zetten, enz. enz.

Tot de inductie-verschijnselen behoort ook de volgende in 1825 door Arago gemaakte ontdekking. Wanneer eene horizontaal zwevende magneetnaald boven eene digt daaronder liggende koperen schijf schommelt, zoo wijken de slingeren minder ver af, dan wanneer die schijf er niet onder lag; en indien onder eene in rust zijnde, zeer ligt beweegbare magneetnaald eene koperen schijf snel wordt rondgedraaid, wordt de naald met haar in dezelfde rigting rondgevoerd. Even als het koper werken ook alle andere metalen. IJzer overtreft daarin al de anderen. Zeer gemakkelijk kan men de genoemde omwenteling door een toestel aanschouwelijk maken, die in fig. 511 is afgebeeld. *b b* is eene

Fig. 511



houten schijf, in welks midden eene opening is, door welke de as *a* reikt, die door het grootere rad *R* en een' riem zonder eind kan worden rondgedraaid. Rondom *b b*, die op de stijltjes *d d* rust, ligt eene cirkelvormige groef, waarin de geel koperen ring *c* juist past. Deze ring is van boven met eene glazen plaat gedekt, op welks midden bij *n* eene spits is bevestigd, waarop de magneetnaald draaijen moet. Op de spil *a* worden de schijven geschroefd, die men wil doen rondwentelen; zulk eene schijf ligt dus tusschen het hout *b b* en het glas *c*; de naald is derhalve door het glas van de roterende schijf gescheiden. De spil *a*

moet zich juist onder *n* bevinden. Wordt nu door middel van het rad *R* de as *a*, en daardoor ook de metalen schijf, snel rondgevoerd, zoo ziet men ook spoedig de naald die beweging volgen. Dat dit niet door de luchtbeweging boven de schijf plaats grijpt, hiervan worden wij door het tusschenliggen der glazen schijf *c* overtuigd. Bovendien worden niet-magnetische naalden door de roterende schijf niet in beweging gebragt, en verschillende metafen oefenen op den magneet eene in kracht verschillende werking uit.

De verklaring, die men van het vermelde verschijnsel geeft, is deze: De magneetnaald induceert in de nabijliggende metalen schijf electriche stroomen, deze werken op de stroomen, die volgens Ampère in de magneetnaald bestaan, terug, en wekken daardoor de verklaarde beweging in de magneetnaald op. Dat werkelijk zulk eene inductie plaats grijpt, bewijst de volgende door Faraday genomene proef. Plaatst men eene om eene horizontale as *a b* (zie fig. 512) be-

Fig. 512.



weegbare koperen schijf *r k* zoodanig tusschen de polen *n z* van een' hoefmagneet *n*, dat haar rand *r* in het vlak der beide polen valt, of er ten minste zeer nabij ligt, brengt men verder met den goed geëmalgameerden rand *r* der schijf een metalen collector van een' condensator in verband, die met het eene draadeinde van een' gevoelligen multiplicator is vereenigd, terwijl het tweede einde van den multiplicator-draad met de metalen as *a b* in geleidende aanraking is gebragt, en men doet vervolgens de schijf *r k* snel roteren, zoo wordt men eene bestendige

afwijking gewaar van de naald des multiplicators, welke afwijkingsrigting afhangt van de rigting der omwenteling van de schijf; zoodat bij omkeering der rotatie-rigting de naald in tegengestelden zin afwijkt. Om nu van de rigting des in de schijf geïnduceerden strooms en zijne terugwerking op de naald eene meer juiste voorstelling te verkrijgen, zullen wij *n* en *z* (zie fig. 513)

Fig. 513.



de vlakten der polen van den hoefmagneet doen voorstellen, en de daarin geplaatste pijlen de rigting der stroomen van Ampère doen aanwijzen, die derhalve, zooals de digtst bij de pijl *a b* liggende kleine pijlen aantoonen, aan de poolzijden, welke naar de roterende schijf gekeerd zijn, dezelfde rigting hebben. Wentelt nu de schijf zoodanig om, dat haar rand ook de rigting dier pijltjes verkrijgt zooals *a b* aantoot, zoo toont de multiplicator een' stroom aan, die van het midden der schijf naar haren rand gaat, en bij tegenovergestelde wenteling een' stroom, welke van den rand naar het midden gaat. Dit stemt dus met de vroeger vermelde algemeene inductie-wet overeen. Werkt op de schijf, in plaats van twee, slechts eene pool, zoo blijft de werking dezelfde, maar wordt slechts zwakker. Indien nu de metalen as met den rand niet meer door den draad van den multiplicator is verbonden, zoo houdt evenwel de opwekking van de stroom-

men in de schijf niet op, zij moeten echter, daar de multiplicator-draad ontbreekt, in de schijf zelve hunnen weg volbrengen. Zij zullen derhalve ongeveer loopen, op eene wijze, die fig. 514 aangeeft. Passen wij zulks nu toe op het geval, dat

Fig. 514.



Fig. 515.



boven de roterende schijf eene magneetnaald zweeft, en nemen wij aan, dat de stroomen, die den magneet vormen, zulk eene rigting hebben, dat zij aan de onderzijde der naald, die dus naar de plaat is toegekeerd, van de regter naar de linkerhand loopen, en dat de schijf gedraaid wordt in de rigting, welke de pijlen *a* en *b* in fig. 513 aanwijzen, zoo zal, ten gevolge van het boven beredeneerde, de pool *a* stroomen opwekken, welke van het midden der schijf naar den rand gaan, de pool *b* echter dezulken, die van den rand naar het midden zich bewegen, en derhalve omtrent loopen zooals fig. 515 doet zien. De terugwerking dier stroomen op de naald brengt hare rondwenteling voort.

Al de tot hiertoe ontvouwde beginselen betrekkelijk de *electro-statica* en *electro-dynamica*, of de electriciteit in rust en in beweging, heeft de hoogleeraar Weber te Gottingen tot eene enkele algemeene wet gebragt, waaronder dus ook de wet der inductie verschijnselen begrepen is. Zijne geheele theorie strekt weder tot bevestiging van de wet van Ampère (zie bladz. 685 en 767), en niet alleen heeft hij deze er door in zamenhang gebragt met al de overige grondwetten der electriciteit; maar onlangs heeft onze hoogleeraar van Rees bewezen (zie zijne verhandeling over de magnetische krachtlijnen van Faraday) dat zij ook uitnemend geschikt is, om het aantal magnetische verschijnselen te verklaren, die door Faraday zijn ontdekt, en die deze laatste getracht heeft, langs eenen anderen, min duidelijken en min zekeren weg te bewijzen. Wij kunnen dit onderwerp niet verder uiteenzetten, omdat deze uiteenzetting zonder eene vrij groote bedrevenheid in de wiskunde geen nut zoude aanbrengen.

Het is hier de meest geschikte plaats, om nog iets over de theorie van de diamagnetische verschijnselen te zeggen; wij moeten daarover intusschen zeer beknopt zijn. Faraday, Weber en anderen nemen aan, dat er in het diamagnetische ligchaam, door nadering van een' magneet of electromagneet, stroomen ontstaan, en wel in tegenovergestelde rigting van de magnetische stroomen van Ampère. In dat gedeelte van het bismuth-staafje, (welke stof wij als de meest diamagnetische (zie blz. 575) tot voorbeeld nemen), dat naar de noordpool des electromagneets gerigt is, ontstaat alzoo een noordpool, en in het tegenover de zuidpool liggende deel een zuidpool; de afstooting, die dus bij de opwekking van het magnetismus of het sluiten van den stroom volgt (zie bladz. 572) is derhalve een gevolg van in tegenovergestelde rigting bewegende, electriche stroomen. Een bismuth-staafje kan dus een gewone magneet niet nabij worden gebragt, zonder dat er stroomen in ontstaan, die

in tegenovergestelde rigtingen vloeijen met die van Ampère, en het moet bij gevolg ook door den blijvenden magneet afgestooten worden. Poggendorf en Weber hebben inderdaad bevonden, dat indien men een bismuth-staafje, dat van de noordpool afgestooten wordt, aan dezelfde zijde met de zuidpool van een' anderen magneet nadert, door dezen wordt aangetrokken. Het verschil tusschen magnetische en diamagnetische ligchamen zou derhalve daarin bestaan, dat in de eerste, bij toenadering tot een magneet, electriche stroomen in tegenovergestelde rigting, en in de laatste in gelijke rigting worden opgewekt. Het is aannemelijk, dat in diamagnetische ligchamen alleen stroomen worden opgewekt volgens de wet der inductie, zonder dat er juist reeds andere stroomen, rondom de moleculen loopende, aanwezig waren; terwijl in de magnetische stoffen reeds eene soort van moleculair-stroomingen bestaan, die door den magneet in gelijke rigting worden gebragt en er in gehouden; de eerst genoemde geïnduceerde stroomen vooronderstelt men, dat dan slechts de enkele moleculen blijven omringen, en zich niet in de geheele massa, van het eene molecuul naar het andere voortgaande, kunnen bewegen, terwijl dit bij de laatstgenoemde wel het geval zoude zijn. Wij achten deze korte aanwijzing tot eenig begrip der zaak voldoende.

ZES EN TACHTIGSTE LES.

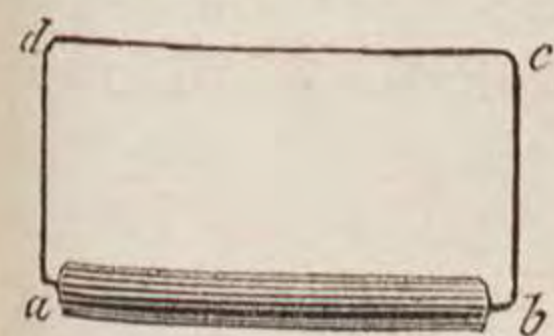
Over de thermo-electriciteit. Opwekking van electriciteit door bijzondere oorzaken. Physiologische verschijnselen van den stroom, en dierlijke electriciteit.

Thans willen wij nog kortelijk spreken over die electriciteit, welke wordt opgewekt in metalen staven of draden, indien men ze aan het eene einde verwarmt. Men heeft de daardoor opgewekte electriciteit *thermo-electriciteit* genoemd, en men verstaat ongetwijfeld de beteekenis van dien naam.

De proef, die dit electriche verschijnsel doet optreden, wordt op de volgende wijze op het eenvoudigst in het werk gesteld.

Men neemt een' draad *adcb* (zie fig. 516) van koper, en soldeert dezen

Fig. 516.



met beide einden aan een staafje van bismuth *ab*. Zet men nu onder de soldeerplaats *b* een brandend spirituslampje, en plaatst men onder of boven den draad *cd* eene magneetnaald, dan wijkt oogenblikkelijk door die verwarming de naald af, en deze afwijking duurt zoolang voort, als er verschil in warmte aan de beide einden *a* en *b* plaats heeft. Die afwijking toont dus het ontstaan van een' electriche stroom aan. Weet men het gesoldeerde einde of *ab* sterk af te koelen, dan wijkt de naald in eene tegenovergestelde rigting af; een bewijs, dat de stroom dus ook in tegenoverge-

stelde rigting omloopt. Hetzelfde heeft plaats bij aanwending van eene staaf antimonium, doch dan wijkt de naald in eene omgekeerde rigting af. Ten einde zulk een thermo-electrischen stroom goed kenbaar te maken, heeft men slechts den draad bij *d* of *c* te verbreken, en de daardoor verkregene einden met den multiplicator in verband te brengen. Om den multiplicator voor dit doel geschikt te maken, moet hij uit een' draad van eene streep dikte bestaan, die slechts 50 tot 150 windingen heeft, want men heeft hier doorgaans met zwakke stroomen van eene geringe spanning te doen.

Wij hebben van twee verschillende metalen tot opwekking dier stroomen gebruik gemaakt, maar het verschijnsel zou ook opgetreden zijn, indien men eene enkele strook koper in den vorm van fig. 516 had omgebogen, bij *d* het deel *cd* eenigzins had laten overreiken, het draaddeel *ad* er tegen aan had gedrukt, en vervolgens het overstekende of verlengde deel met eene wijngeest-lamp had verwarmd; de stroom zou zich dan in eene rigting van *d* naar *c* over *b* en *a* hebben bewogen. Dergelijk verschijnsel doet zich op, indien men eenen knoop in een' metaaldraad legt, en hem bij den knoop verwarmt. Op zulk eene wijze kan men in elk metaal, alsmede door de aanrakingsplaats van verschillende metalen te verwarmen, warmte-electrische stroomen met den multiplicator kenbaar maken. Indien men bij voorbeeld een staafje antimonium en bismuth aan elkander soldeert, en de vrije einden door middel van een' geleiddraad met de einden van den draad des multiplicators in verband brengt, zoo ziet men reeds eene afwijking der naald, wanneer men de soldeerplaats tusschen den vinger en duim verwarmt. Wil men met den multiplicator den graad van sterkte en de rigting van den electricen stroom, bij twee verschillende metalen, op de minst omslagtige wijze leeren kennen, men gaat dan bijna als in de laatst beschrevene proef te werk: men neemt namelijk twee strookjes van een der te onderzoekene metalen, verbindt aan elk eind des multiplicators eene dezer strooken; plaatst nu tusschen de vrije einden eene strook van het tweede metaal, zoodat dit laatste aan twee einden met het eerst bevestigde metaal verbonden is, en verwarmt eene dier aanrakingsplaatsen, als wanneer de rigting en sterkte van den daardoor opgewekten stroom kenbaar wordt. Op deze wijze heeft men de metalen in eene reeks leeren rangschikken, zoodanig dat, wanneer men daaruit twee metalen neemt, ze met elkander verbindt, en vervolgens de verbindingsplaats verwarmt, er een stroom ontstaat, die altijd van het in de reeks lager staande metaal naar het hooger geplaatste gaat. Zulk eene reeks is de volgende:

Antimonium	Messing	Kobalt
Arsenicum	Rhodium	Palladium
IJzer	Lood	Platina
Zink	Tin	Nickel
Goud	Zilver	Kwikzilver
Koper	Manganesium	Bismuth.

Uit deze reeks ziet men dat, zooals wij bij de eerst vermelde proef hebben gezegd, antimonium aan koper gesoldeerd en op een der soldeerplaatsen verwarmd zijnde, eenen anders gerigten stroom moet geven, dan eene verbinding met bismuth en koper. Deze proef wordt op de volgende wijze zonder veel omslag genomen. Men maakt een staafje van bismuth *ab* (zie fig. 517)

F, g. 517.



van 1 à 2 duim breed en dik, en omstreeks 2 palm lang, soldeert er eene even breede, tweemaal regthoekig gebogene reep koper *scs'* aan vast, en plaatst daar tusschen eene gewone magneetnaald; indien men nu de regthoekige figuur *scs'* zoodanig zet, dat de naald juist tusschen den regthoek valt, en men verwarmt de plaats *s*, zoo gaat de stroom (zie de bovenstaande reeks) in de rigting van *s* over *c* naar *s'* en dan naar *s* terug; aan de verwarmde aanrakingsplaats *s* is bij gevolg het in de reeks hooger staande koper positief ten opzichte

van het lager liggende bismuth.

Seebeck te Berlijn is de eerste geweest, die het ontstaan der thermo-electrische stroomen heeft ontdekt. Wij zullen zoo aanstonds zien, welk een belangrijk nut die ontdekking heeft aangebragt. Een' uit twee metalen, die op twee plaatsen aan elkander gesoldeerd zijn, gevormden gesloten geleider noemt men een *thermo electric element*.

Even als men verscheidene galvanische elementen tot ééne batterij vereenigd heeft, zoo heeft men ook meerdere metalen staven aan elkander gesoldeerd, en de afzonderlijke werking van ieder paar weten te vereenigen. Onder al de toestellen van dezen aard, die bekend zijn onder den naam van thermo-electrische kolommen, is die van Nobili en Melloni de beste en gevoeligste. Dit werktuig is uit 30 tot 50 zeer fijne, aan elkander gesoldeerde naalden van bismuth en antimonium zamengesteld (zie fig. 518).

Deze staafjes zijn op eene wijze aan elkander gesoldeerd, die fig. 519 duidelij

Fig. 518.

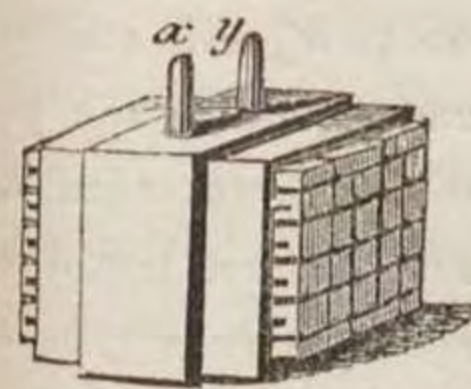
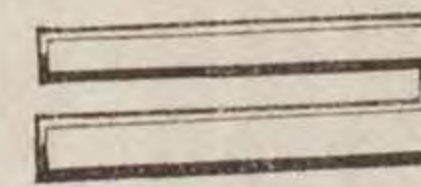


Fig. 519.



lijkt maakt, alwaar de zwarte streep het eene, de lichte het andere metaal voorstelt. Men bemerkt uit deze figuur, dat men alzoo, gelijk het dan ook geschiedt, de staafjes zoodanig op elkander kan plaatsen, dat al de evene soldeerplaatsen op de eene, en al de onevne aan de andere zijde kouden te liggen. Het geheel wordt door een' ring omvat, en het vormt dan een' vasten en gesloten bundel staven, doordien de ruimten, die de staafjes tusschen elkander overlaten, met eene niet geleidende stof wordt aangevuld, opdat zij elkander slechts aan de soldeerplaatsen aanraken. Er blijven nu op deze wijze twee

de einden in de kwikbakjes *m* en *n* reiken. In den derden hals bevindt zich een dun glazen buisje van 35 duim lengte, dat bij *e* onder een stompen hoek is gebogen, en met het einde in *d* uitloopt.

De drie halsjes van het bolletje *A* zijn met lak lucht-digt gesloten, terwijl het bolletje in eene kleine opening van het plankje *B*, waarop alles is bevestigd, rust. Zal men met dit eenvoudige werktuigje proeven nemen, zoo vult men eerst het schaalte *d* met gekleurde alcohol; gekleurd, opdat velen het verschijnsel op een' afstand zouden kunnen zien; vervolgens verwarmt men het bolletje *A* een weinig met de hand, opdat er de lucht zich eenigzins in verdunne, waardoor de wijngeest, na bekoeling van *A*, uit *d* een eindwegs, bij voorbeeld tot in *e*, door de drukking der buitenlucht opklimt. Dompelt men nu de pooldraden van een met zeer zwak zuur gevuld groves-element in de beide kwikbakjes *m* en *n*, en gaat de stroom thans bij *m* of het antimonium *a* in, dan ziet men den wijngeest in *c e* dalen, of naar *d* terugtrekken, omdat de soldeerplaats in het midden van den bol *A* warm wordt, en de lucht zich daardoor uitzet. Keert men den stroom om, zoodat hij bij *n* of het bismuth *b* ingaat, zoo beweegt zich de top der wijngeest-kolom naar *A*, omdat er koude op de aaneenhechtingsplaats der beide metalen ontstaat, en de lucht in *A* daardoor inkrimpt.

Lenz maakte bij een groot antimonium-bismuth element op de soldeerplaats eene holte, vulde die met water, en legde de staaf op smeltende sneeuw, waarmede hij ook de overige deelen der staaf omringde, met uitzondering der soldeerplaats. De stang bekam natuurlijk daardoor 0° warmte. Werd zij nu zóó tusschen de polen van een Volta's element geplaatst, dat de positieve stroom van het bismuth naar het antimonium ging, zoo bevroor binnen 5 minuten het water in de holte, en de thermometer daalde op 3,5°.

Welk een treffend verband bespeurt men niet hierin tusschen warmte en electriciteit! zeker kan het geene gewaagde vooronderstelling heeten, dat hoofdzakelijk aan de zonnewarmte de jaarlijksche en dagelijksche veranderingen van het aardmagnetismus, die toch volgens de waarnemingen met haar zoo innig in verband staan, haar aanwezen te danken hebben. Misschien wordt eenmaal het gevoelen van de la Rive bewaarheid, dat licht, warmte, magnetismus en electriciteit allen aan dezelfde natuurkracht hun bestaan te danken hebben.

Wij zouden thans nog hebben te spreken, hoe men door drukking, splijting, scheikundige verbinding enz. electricische verschijnselen kan opwekken, maar deze van minder belang voor deze beginselen zijnde, willen wij er slechts ter loops gewag van maken.

1° Iedere door zamendrukking eens ligchaams bewerkte toenadering zijner deelen is met ontwikkeling van *E* verbonden. Buitengewoon sterk treedt dit verschijnsel op bij kalkspaat; dit toont zich aan den electroscoop positief-electrisch, wanneer men het slechts tusschen vinger en duim zamendrukt. Zoo vertoont een stuk kurk, dat aan een stang zegellak, tot handvat dienende, is vastgekleefd,

duidelijk sporen van $+E$, wanneer men het tegen een stuk kaoutschouk drukt, terwijl dit laatste $-E$ doet zien. De hoeveelheid *E*, die door drukking vrij wordt, hangt af van de stof, geleidbaarheid, temperatuur en de sterkte der drukking.

2°. Splijt men een stuk glimmer een weinig aan het eene einde, kleeft men nu aan elk der daardoor nog niet geheel gescheidene plaatjes een stukje zegellak vast, en volbrengt men daarna verder, door middel der lakstangetjes, de splijting, zoo toont het eene blaadje $+E$ en het andere $-E$. Zoo is het ook met alle regelmatig deelbare kristallen gesteld. Ook bij het stampen van suiker, krijt enz. ziet men in donker electricisch licht.

3°. Scheikundige verbinding en ontbinding is ook van electriciteitsontwikkeling vergezeld. Eenige weinige voorbeelden mogen tot opheldering hier plaats vinden. Bij de verbranding der ligchamen, dat is bij hunne verbinding met zuurstof of eene andere brandstof, verkrijgt het brandende ligchaam altijd de eene, en de stof, die de verbranding onderhoudt, de andere *E*. Kool wordt alzoo bij verbranding negatief, en het daarbij gevormde koolzuur positief electricisch. Deze proeven zijn genomen, door het brandende ligchaam met den collectorplaat van den condensator te verbinden, en op deze wijze heeft men dan ook ontdekt, dat de zuurstof, zoo dikwijls zij zich met een ander ligchaam verbindt, altijd positief, en het laatste negatief-electrisch is.

4°. Ook bij de levenswerking in planten en dieren, en hier treden wij op het gebied der *physiologische werking* van den stroom (zie bladz. 698), meent men electricische verschijnselen te hebben waargenomen. Pouillet meende zulks te zien, terwijl het kiemen en wassen der planten in geïsoleerde potten plaats greep. Tot zulke verschijnselen brengt men ook de electricische krachten, die men bij sommige visschen ontdekt. Tot de electricische visschen behoort de sidderrog, de beef-aal en de beef-visch. Zij schijnen hunne electricische werking als middel tot verdediging aan te wenden, en men heeft reeds verschillende verklaringen van het zonderlinge verschijnsel, dat zich bij deze dieren opdoet, gegeven.

Onze landgenoot Musschenbroek was de eerste, die den slag, door de ontlading der leidsche flesch te weeg gebragt, met die van den beef-aal vergeleek, en die derhalve twee verschijnselen, wier oorsprong geheel verschillend scheen, tot eene gemeenschappelijke bron terug voerde.

Men vindt den sidderrog in de Middellandsche en Atlantische zee; zeer zeldzaam in de Noordzee. De beemaal treft men vooral in de binnenmeiren van Zuid-Amerika, en wel hoofdzakelijk in Guyana aan; terwijl de beef-visch in den Nijl, den Niger en in andere afrikaansche wateren gevonden wordt.

De sidderrog vertoont vele der verschijnselen, welke wij bij de behandeling der electriciteit hebben leeren kennen.

Wanneer men hem met de hand of met den vinger of met eenen goeden geleider, bij voorbeeld eene metalen staaf, aanraakt, zoo verkrijgt men eenen schok. Met glas of hars kan men het dier zonder gevaar aanvatten.

Indien eenige personen elkander de hand geven, en de eerste raakt den visch aan, zoo gevoelt de tweede en ook de derde den slag; evenwel met steeds afnemende sterkte. Maar de slag is zelfs nog door een' kring van 20 personen voelbaar, indien de eerste den visch aan den buik, de laatste aan den rug aanvat. In het water zijn de slagen minder sterk dan in de lucht. Daar het water een geleider is, zoo kan een groote sidderrog in het water schokken veroorzaken op een' zekeren afstand, dat wil zeggen, indien hij niet wordt aangeraakt.

Geeft de sidderrog een' schok of slag, dan schijnt dit geheel willekeurig te geschieden. Soms kan men hem aanraken, zonder iets te voelen; prikkelt men echter het dier op eene of andere wijze, zoo kan men verzekerd zijn slagen te zullen bekomen. Davy heeft met de electriciteit van den sidderrog stalen naalden gemagnetiseerd, magneetnaalden doen afwijken en scheikundige werkingen voortgebracht, en daardoor bewijzen geleverd, dat de electriciteit van dat dier met die der wrijvings- en galvanische electriciteit gelijksoortig is.

Becquerel heeft, door middel van eenen galvanometer ontdekt, dat de positieve stroom altijd van den rug naar den buik overging. De rug is dus positief-, de buik negatief-electrisch. Men is er zelfs in geslaagd, om door de electriciteit van dit dier vonken te verkrijgen.

De beef-aal, ook wel surinaamsche aal genaamd, heeft nog grootere elektrische kracht dan de sidderrog.

Humboldt heeft in vereeniging met Bonpland eene menigte proeven met de beef-alen genomen; hoort, wat hij over hunne eigenaardige levenswijze, en de manier, waarop zij gevangen worden, zegt: Niet alleen de krokodil en de jaguar (de zoogenaamde amerikaansche tijger) vervolgen de zuid-amerikaansche paarden, ook onder de visschen hebben zij gevaarlijke vijanden. De moerassen van Bera en Rastro zijn met talloze elektrische alen gevuld, die met elk deel van haar slijmerig, geel gevlekt ligchaam elektrische slagen naar willekeur toebrengen. Deze beef-alen hebben 5 tot 6 voet lengte, en bezitten krachts genoeg, om dieren te doodden, wanneer zij hare elektrische werktuigen op eenmaal in eene gunstige rigting ontladen. De weg, door de steppen van Uritucu, moest eenmaal verlegd worden, omdat hij door eene rivier liep, waarin de beef-alen zich in zulk eene menigte hadden opgehoopt, dat jaarlijks verscheidene paarden bij den overtocht verdronken, ten gevolge der verdooving, die zij door de alen ondergingen. Alle andere visschen ontvlugten de nabijheid dezer gevreesde dieren. Zelfs verschrikken zij den visscher, aan den hoogen oever gezeten, wanneer het vochtige hengelsnoer tot hem de schokken uit de verte geleidt. Alzoo breekt uit den diepen schoot des waters het elektrische vuur uit.

Een schilderachtig schouwspel levert de vangst der beef-alen op. Men jaagt muilieren en paarden in een moeras, dat de Indianen naauw omsluiten; de ongewone beweging wekt de moedige visschen tot den aanval op. Slangvormig ziet men hen op het water kronkelen en zich listig onder den buik der paarden dringen. Vele dezer dieren bezwijken onder de hevigheid der onzichtbare slagen.

Andere ontvlugten met overeind staande manen, snuivend, en terwijl hun doodelijke angst uit de oogen straalt, het verdoovende onweder. Maar de Indianen, met lange bamboesstokken gewapend, drijven hen weder in het midden des waters terug.

Langzamerhand geven de woedende visschen den ongelijken strijd op. De afgematte alen verstrooijen zich even als ontladene onweerswolken. Zij hebben eene lange rust en eene groote mate van voedsel noodig, om weder te herstellen, wat zij aan galvanische kracht verloren hebben. De slagen worden van tijd tot tijd zwakker en zwakker. Door het geruisch der steigerende paarden verschrikt, naderen zij vreesachtig den oever, waar zij door harpoenen gekwetst, en met dor, niet geleidend hout op de vlakke worden getrokken.

Alzoo is de wonderbare strijd tusschen de paarden en visschen. De kracht die het levende, maar onzichtbare wapen is dezer waterbewoners, die door de aanraking van vochtige en ongelijksoortige stoffen wordt opgewekt, die in al de werktuigen van dieren en planten rondloopt, die het ruime luchtgewelf donderend ontvlamt, die ijzer aan ijzer doet hechten en den zachten, telkens wederkeerenden gang der geleidende magneetnaald bestuurt, is bij al die verschijnselen dezelfde; alles smelt zamen in eene eeuwige, alom verspreide kracht." — Wij zouden achter deze verhevene schildering kunnen voegen: Hoe onnavolgbaar groot en verheven is dus de wijsheid van den Schepper van

hemel en aarde. God is groot, maar wij begrijpen Hem niet.

Dat wij nu nog een denkbeeld trachten te geven van het werktuig, waarmede de zonderlinge visschen hunne elektrische schokken voortbrengen.

Het ligchaamsdeel, waarin zich de electriciteit ontwikkelt, heeft bij de verschillende elektrische visschen dezelfde samenstelling en hetzelfde uitwendige aanzien, ofschoon de gestalte, grootte en bestemming verschillend is. Dat werktuig is bij den sidderrog het naauwkeurigst onderzocht geworden.

Fig. 523 geeft eene afbeelding van het laatstgenoemde dier van boven gezien, zijnde de helft van het opperdeel aan de linkerzijde weggenomen, opdat men het elektrische werktuig zien zoude. Dit strekt zich uit tot dicht aan de voorzijde van den kop; de bovenste vlakke er van sluit, door middel eener draadvormige huid, aan de

Fig. 523.



huid van den rug, en de onderste vlakke aan den buik; de buitenste zijvlakte van het werktuig rust tegen de beenderen van de zijvinnen, en de binnenste zijvlakte tegen de spieren van den kop en het voorste gedeelte van den romp. Als men het werktuig van boven of van onderen beziet, vertoont het verscheidene veelhoekige of rondachtige afdeelingen (zie fig. 524); beziet men het echter van ter

Fig. 524.



Fig. 525.



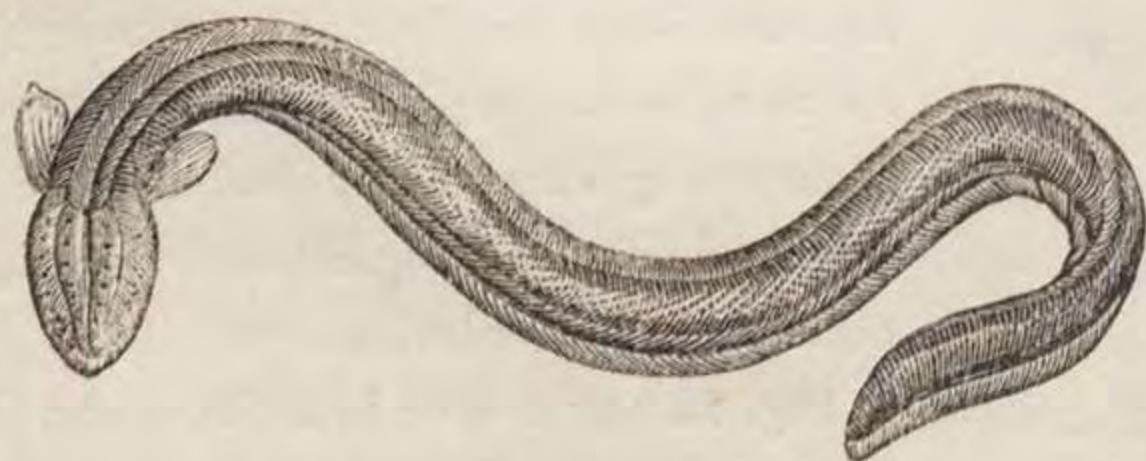
zijde, dan ontdekt men evenwijdige strepen (zie fig. 525). Het geheele electriche samenstel bestaat alzoo uit eene menigte veelhoekige of rondachtige kolommen, die eene rigting hebben van den buik naar den rug, zoodat zij in fig. 523 of 524 overeenind op het vlak van het papier verbeelden te staan. De buitenomkleedsels van elk kolommetje worden door een vlies gevormd, dat gelijke dienst aan de kolom bewijst als de glasstaven, tusschen welke de galvanische kolom wordt opgebouwd. Ieder kolommetje bestaat uit eene menigte op elkander liggende dunne plaatjes, die kleine, nu eens vlakke, dan eens gebogene blaadjes zijn, door zeer kleverige laagjes van slijm van elkander gescheiden; men ziet dus daaruit, dat deze kolommetjes in hare samenstelling met die der galvanische kolom eene treffende overeenkomst hebben.

Men telt bij den sidderrog 400 tot 500 zulke kolommetjes op ieder zijner zijden.

Hunter telde er bij eenen zeer grooten sidderrog, van bijna 14 palm lengte, 1184. Vier sterke zenuwbundels *d*, *e*, *f* en *g* (fig. 523) verdeelen zich in het electriche werktuig, en, volgens het gevoelen van Matteucci, schijnt het middelste zenuwstelsel, waaruit deze bundels ontspringen, de eigentlijke zitplaats der electriche kracht te zijn.

De beef-aal (zie fig. 526) heeft eenen buitengewoon langen staart; het achterste

Fig. 526.



ligt namelijk zoo ver naar voren, dat de staart bijna $4\frac{1}{2}$ maal zoo lang is als de kop en het lijf zamengenomen. De electriche toestel strekt zich bij dit dier omtrent over de geheele lengte van den staart uit, en bevindt zich zoowel op zijde als onder deze; zoodat dit werktuig bij dezen visch eene zeer groote uitgebreidheid heeft, waaraan het dan ook is toe te schrijven, dat de beef-aal zulke buitengewoon sterke slagen kan toebrengen.

Bij den beef-aal staan de kolommetjes, welke den electriche toestel uitmaken, niet loodrecht, zooals bij den sidderrog, maar zij loopen in de rigting van den

staart voort, zoodat de bovengenoemde schijfjes, uit welke zij zijn zamengesteld, vertikaal staan, terwijl zij bij den sidderrog horizontaal liggen. Dit is dan ook de reden, waarom bij den beef-aal de positieve stroom in de rigting van den kop naar de staart, en niet, zoo als bij den sidderrog, van den rug naar den buik loopt.

Ook in pas gedoode en levende kikvorschen heeft Nobili eenen galvanischen stroom ontdekt. Verbindt men de einden des draads van een' zeer gevoeligen galvanometer met den kop en een' poot van den kikvorsch, zoo openbaart de magneetnaald het aanwezen van een' stroom, die van den poot naar den kop van het dier gaat. Neemt men de achterpooten van het dier en maakt men, na er de huid te hebben afgetrokken, beide de zenuwbundels bloot, die ter wederzijde van den ruggegraad liggen, en aan hunne witte kleur en draadvormige gedaante gemakkelijk kenbaar zijn, zet men vervolgens twee met zout water gevulde glazen naast elkander, hangt men daarna het onderdeel der pooten in het eene glas en de zenuwdraden in het andere, dan zal er eene trekking in de pooten volgen, zoodra men eenen met het zoute water bevochtigden draad katoen over de randen heen in de beide glazen hangt, en daardoor de glazen geleidend verbindt. Zulk een stroom is bekend onder den naam van *kikvorschstroom*. De kikvorschdeelen worden alzoo de meest gevoelige galvanoscopen. Dubois-Reymond heeft over de dierlijke *E* in de laatste jaren het meeste licht verspreid; hij heeft inderdaad dit onderwerp als uitgeput, en overtuigend bewezen, dat iedere enkelvoudige spier electriciteit opwekkend werkt. De multiplicator, dien hij gebruikte, had 4600 omwindingen. Hij heeft verder aangetoond, dat de positieve stroom in den kikvorsch van de pooten naar den kop gaat, en dat deze rigting ook meestal zelfs te bespeuren is in de afzonderlijke spieren. Er is dus in deze eene electromotorische kracht werkzaam, want ook zelfs zonder eenig metaal te gebruiken kan men den versch gedooden kikvorsch stuiptrekkingen doen verkrijgen, indien men slechts de spieren of het vleeschachtige gedeelte met de zenuwdraden aanraakt.

Wij hebben reeds hier en daar melding gemaakt van de physiologische werking des galvanischen strooms, en doen zien, onder welke omstandigheden er schokken of trekkingen in het dierlijke of menschelijke ligchaam kunnen worden voortgebracht. Hoe die trekkingen in de kikvorschpooten het meest zichtbaar te voorschijn treden, hebben wij op bladz. 659 aangegeven. Wij vermelden hierbij nog de volgende daadzaak. Na van een' kikvorsch den kop te hebben afgesneden, en zonder den huid van het dier weg te nemen, het te hebben opengesneden en de ingewanden verwijderd, ten einde deze tot een bijzonder oogmerk te doen dienen, werd het opengeslagen buikbekselsel, benevens de 4 pooten, door middel van vertinde ijzeren nageltjes op een stuk kurk bevestigd. Raakte men nu met een reepje koper of zink een der nagelknopjes aan, en tevens een der zenuwdraden, zoo verkreeg het dier hevige zenuwtrekkingen. Dit verschijnsel duurde voort, tot ruim 24 uren na het openen van het dier. De temperatuur was 54 à 50° Fahrenheit.

Indien de kikvorschdeelen reeds onder omstandigheden trekkingen verkrijgen, onder welke aan levende lichamen geen spoor van een' slag of schok kenbaar is, zoo ontstaat dit daaruit, dat bij de kikvorschpooten de stroom, over eene groote lengte van zijne baan, op de zenuwen alleen beperkt is, dat is, over deze alleen vloeit, terwijl hij bij het levende ligchaam een geleider aantreft, bij voorbeeld den arm, die eene veel grootere dikte heeft, zoodat slechts een gering deel van den geheelen stroom op de zenuwen kan overgaan.

B E S L U I T.

Alzoo heb ik de mij opgelegde taak, zoo goed mijne vermogens mij dit toelieten, volbragt. Dankbaar gevoel ik mij gestemd, dat de Heer der natuur mij daartoe lust en krachten heeft geschonken. Den lezer op te wekken, om een' meer dan oppervlakkigen blik op de werken van Gods hand te slaan, hem des Scheppers verhevene wijsheid te leeren bewonderen in het nasporen der krachten, die hij in het geschapene heeft gelegd, in het gadeslaan van de oneindige orde, waarmede hij alles in stand houdt, hem door waarnemingen langs dien weg in kennis aan God krachtig te doen wassen, dat was mijn hoofdoogmerk. Ik heb grond om te verwachten, dat dit oogmerk is bereikt. Wanneer men toch den inhoud dezer bladen met aandacht heeft nagegaan, dan heeft ongetwijfeld dit onderwijs eene vormende kracht op het verstand uitgeoefend: immers, niets scherpt meer het denkvermogen, dan het met orde en bedaard overleg zoeken naar iets, dat onbekend is, en die menigte proeven, welke de juistheid of valsheid onzer redeneringen moesten blootleggen, vereischten zij niet doorgaans de grootst mogelijke oplettendheid en zeer veel handigheid, als ook een zorgvuldig vergelijken en onderscheiden? Is dat alles niet ontwikkelend voor het verstand? en loopt die meerdere uitbreiding en versterking van het denkvermogen niet uit op een levendiger besef van en een vaster geloof aan het bestaan van een' wijzen en liefderijken Bestuurder onzer lotgevallen?

De opvolging der onderscheidene hoofd-onderwerpen, die in dit leerboek behandeld zijn, bood daarenboven als van zelf eene geschikte leerwijze aan, om den geest te ontwikkelen. Er werd van het gemakkelijke tot datgene, wat meer moeilijk te verstaan was, overgegaan. Daaraan is het dan ook toe te schrijven, dat de toon, waarop er tot den lezer gesproken is, onwillekeurig is veranderd, naarmate de onderwerpen een meer ernstig aanzien verkregen. Ik zou mij gelukkig achten, indien deze wijze van handelen geschikt is geweest, om de aandacht, tot op de laatste bladzijde toe, te boeijen; want ik had dan de verblijdende overtuiging, dat men niet zoude blijven stilstaan, maar dat de Natuurstudie eene plaats onder de meest geliefkoosde oefeningen zou hebben verworven.

Op deze wijze ving de schrijver zijn slotwoord, aan het einde van den tweeden druk geplaatst, aan. Er zijn, sedert hij zich alzoo uitte, niet vele jaren verlopen, maar zij waren toch genoeg in aantal, om hem te doen inzien, dat er nog veel aan dit werkje te verbeteren en op eene doelmatige wijze uit te breiden viel. De omwerking en bijvoeging van dezen 3den druk is zóó groot geworden, dat de schrijver even gemakkelijk een geheel nieuw leesboek over dit onderwerp had kunnen zamenstellen. Die omwerking en vermeerdering is het gevolg, vooreerst van de aanzoeken, die hij nu en dan heeft ontvangen, om sommige takken der

natuurkunde meer in bijzonderheden te ontleden, maar ten andere vooral van zijne verandering van woonplaats en werkring. Moest hij in de vroegere afdrukken van dit werk meestal op het gezag van anderen de natuurkundige waarheden voordragen, thans heeft hij het grootste aantal der vermelde zaken zelf onderzocht, en de natuurwetten proefondervindelijk aan anderen kunnen bewijzen. Dit heeft hij gedeeltelijk aan het onderwijs te danken, waarmede hij aan het gymnasium te Nijmegen is belast, maar hoofdzakelijk aan het onbepaald vertrouwen, dat hem de zeer bloeiende en talrijke vereeniging, ter beoefening der Natuurkunde aldaar, gedurende ruim drie jaren heeft geschonken. Hij maakt daarvan met erkentelijkheid melding. Door de betrekking, waarin hij tot genoemde vereeniging staat, is hij in de gelegenheid gesteld geworden, om de afmetingen van een aantal instrumenten aan te geven en de voorzorgen meer uitvoerig te vermelden, die men te nemen heeft, zoo de proeven wel zullen gelukken. Hij verkrijgt daardoor grond, om te verwachten, dat het doel, waarmede hij deze beginselen schreef, meer volledig zal worden bereikt. Intusschen heeft hij zich op verre na niet te beklagen over de wijze, waarop deze bladen over het algemeen zijn ontvangen; die ontvangst was veel gunstiger dan hij zich ooit had durven voorstellen (zie het voorberigt).

Maar al mogt het blijken, dat men thans nog meer waarde aan dit werk hechtte, de schrijver rekent het zich ten pligt, ook in dat geval de woorden te herhalen, waarmede hij den tweeden druk sloot. Hij laat zich volstrekt niets op het geschrevene voorstaan; hij heeft slechts nuttig willen zijn, geen' roem pogen te behalen, en geen' naam wenschen te maken; zoo men dit wil, men drage dan geene waarheden voor, die, op weinige uitzonderingen na, anderen reeds vroeger aan het licht hebben gebracht. Men zal toch het grootste gedeelte van hetgeen in dit boek gevonden wordt, bij voortgezette studie, nog dikwerf elders vinden; dit heeft het werk met alle anderen, die de beginselen eener wetenschap mededeelen, gemeen. Slechts datgene, wat beschreven of bekend gemaakt was, konde hier in een' anderen vorm worden gegoten, dan waarin de natuurkundigen het plegen voor te dragen. De schrijver ondernam alleen, om de bezwaren voor den lezer uit den weg te ruimen, om dáár, waar de geleerden te veel bij hunne leerlingen vooronderstellen, toelichtingen te geven, in meer kleine bijzonderheden af te dalen, en de Natuurkunde voor den minkundige in een meer behagelijk kleed te wikkelen.

Mogt hij ter bereiking van dat oogmerk den regten weg hebben ingeslagen, en alzoo met de versterking van het vertrouwende, eerbiedige, werkzame geloof aan het aanwezen van eenen liefderijken, alles besturende God, tevens eene warme belangstelling in de natuurverschijnselen hebben tot stand gebracht, eene belangstelling, die zeker allervoordeeligst zal ingrijpen in het maatschappelijk verkeer, en in alle takken van nijverheid, hij zou het oogenblik zegenen, waarop hij besloot, om zijne weinige vrije uren aan de zamenstelling van deze grondbeginselen der Natuurkunde te besteden.

S o n d s l i j s t,

VAN EENIGE DER MEEST GEZOCHTE WERKEN VAN DEN UITGEVER

G. B. VAN GOOR,
TE GOUDA.

POPULAIRE LEES- EN LEERBOEKEN.

P. van der BURG,
EERSTE

Grondbeginselen der Natuurkunde,

STREKKENDE TOT EEN LEESBOEK VOOR ALLE STANDEN, HOOFDZAKELIJK TOT ZELF-
ONDERRIGT VOOR JONGE LIEDEN EN TOT HANDLEIDING VOOR ONDERWIJZERS.

DERDE VERBETERDE EN BELANGRIJK VERMEERDERDE DRUK,

gr. 12°. met 600 tusschen den tekst geplaatste Houtsneê-Figuren.

Ingenaaid f 4,90. — In geprest linnen band f 5,25.

De 4 Stukjes, waaruit dit Werk bestaat, zijn ook afzonderlijk verkrijgbaar.

Mogt dit Werk in zijne beide eerste drukken reeds in zoo ruime mate de goedkeuring van HH. Beoordeelaars en Docenten wegdragen, gewis zal het thans, na de zoo belangrijke verbeteringen en aanwinsten, die het ondergaan heeft, en waarvan schier elke bladzijde getuigenis draagt, een' nog hooger en bijval verwerven. De schoone vindingen van den jongsten tijd, op het gebied der Natuurkunde, zijn door duidelijke beschrijvingen en figuren (waarvan vele tot dus verre nergens elders te vinden zijn) in 't helderst licht gesteld, de proeven zijn aanzienlijk vermeerderd, het hoofdstuk over het licht behandelt nu ook naar waarde de interferentie, polarisatie, enz.; kortom het Werk maakt in zijn nieuw gewaad ten volle aanspraak op den titel van **Lees- en Leerboek der Natuurkunde in haren tegenwoordigen staat van vordering.**

P. VAN DER BURG,

Eerste Grondbeginselen der Sterrekunde,

OF DE AARDE BESCHOUWD IN VERBAND TOT ANDERE HEMELIGCHAMEN.

EEN LEESBOEK VOOR ALLE STANDEN,

gr. 12°. 1^e Stukje met 84 tusschen den tekst geplaatste Houtsneê-figuren. f 1,40.

Met nog een stukje van nagenoeg gelijken omvang zal dit werkje compleet zijn.

De natuurkunde van denzelfden Schrijver, waarvan binnen zeer weinige jaren een derde druk noodzakelijk werd, is alom te gunstig bekend en viel van bevoegde beoordeelaars te vereerende getuigenissen ten deel, dan dat ook dit populaire en bevattelijke Handboek over de schoonste en verhevenste wetenschap nog een woord tot aanbeveling bij onze beschaafde Landgenooten zou behoeven. Zoowel tot Leerboek op Gymnasiums en Instituten, als tot Handleiding bij Zelfonderrigt, zal het dus in eene lang gevoelde behoefte voorzien.

J. GIRARDIN,
SCHEIKUNDE

VOOR DEN

BESCHAAFDEN STAND EN HET FABRIEKWEZEN.

Twee Deelen met 160 tusschen den tekst gedrukte Houtsneë-figures, in gr. 8vo.

2de Nederduitse uitgave, naar de 3de Fransche bewerkt, f 9,00.

Is de tijd niet meer, in welken de fabrikant den ouden slender kon volgen en de handwerksman zich met eene louter werktuigelijke kennis van zijn vak mogt vergenoegen, in dit Werk van den beroemden GIRARDIN vinden beide een' gids, die hen helder voorlicht bij alle verschijnselen, welke zich bij hunnen arbeid opdoen. Zij zullen hier het noodige onderrigt vinden aangaande den aard der grondstoffen, die zij bewerken, en de schoone wetten leeren kennen, aan welke de natuur geoorzaamt. Verstandige overtuiging zal door dit Werk in de plaats treden van de verouderde gewoonte, en de Nederlander niet langer in industriële kunstkracht bij andere volken behoeven achter te staan. De cursus van de Lessen, door den Rouaanschen professor gehouden, was nauwelijks in druk verschenen, of de vereerendste bijval viel het boek, de schitterendste eerbewijzen den Schrijver ten deel, en eerlang was eene tweede oplage van zijne *Lessen* noodzakelijk. Onze overzeesche naburen, zoo prat en ijverzuchtig op hun fabriekwezen, bragten alras den schat van practische wijsheid, in deze *Lessen* begrepen, op hunnen eigen bodem over; terwijl de keizer van Rusland eene overzetting van dezelve in de russische taal beval, om die allerwege in de fabrieksteden van zijn uitgestrekt gebied te verspreiden. En zou dan eene Nederduitse vertaling van GIRARDIN'S *Lessen* nog verontschuldiging of vergoelijking kunnen behoeven? Voorzeker neen: dat bleek dan ook reeds voldoende uit de gretigheid, waarmede deze onze vertaling bij het Nederlandsch publiek werd ontvangen, zoodat nu eene *Tweede Uitgave* het licht ziet, die met een groot aantal hoogst belangrijke bijvoegsels is verrijkt, welke vooral den fabrikant welkom zullen wezen. Als *Leerboek der Scheikunde* aan onderscheidene inrigtingen van onderwijs, werd het reeds op de proef goed bevonden.

Dr. D. LUBACH,

EERSTE GRONDBEGINSELEN DER

Natuurkunde van den Mensch,

EEN POPULAIR LEESBOEK OVER HET ZAMENSTEL DES MENSCHELIJKEN LIGCHAAMS EN DE VERRIGTINGEN VAN ZIJNE DEELLEN.

Opgehelderd met 167 keurige tusschen den tekst gedrukte Houtsneë-figures, in gr. 12vo.

Ingenaaid f 5,60. — In geprest linnen band f 5,90.

Een oorspronkelijk Werk over een onderwerp, waarbij ieder het hoogste belang heeft. Bij de loffelijke zucht van den tegenwoordigen tijd om algemeen nuttige kundigheden te verspreiden, moet het met regt verwondering baren, dat aan de *Natuurkunde van den Mensch* nog zeer weinig gedacht werd, zoodat vele menschen, die van allerlei wetenschap en kennis weten meê te praten, geheel vreemd zijn aan het samenstel van hun eigen ligchaam en aan de verrigtingen van ieder zijner deelen. En toch, wie zal het hoogst nuttige en noodzakelijke van deze kennis loochenen? Dr. LUBACH levert in dit Werk, dat met eene menigte ophelderende fraaije houtsnedes prijkt, een beknopt en duidelijk tafereel van alles, wat het menschelijk ligchaam aangaat; en ieder beschaafd mensch, die beseft, dat een groot deel van ons geluk geheel afhangt van den staat onzer aardse woning, en dat de physiologie van den mensch in regtstreeksch nut alle andere kennis te boven gaat, zal zich gewis met dit zoo fraaije als goedkoope Werk van nabij bekend willen maken.

WETENSCHAPPELIJKE LEERBOEKEN.

Dr. CARL EMMERT,

Hoogleraar te Bern.

Leerboek der Heelkunde,

UIT HET HOOGDUITSCH DOOR

Dr. M. POLANO,

Lector aan de Klinische School, en 1ste Heelmeester aan het Stedelijk Ziekenhuis te Rotterdam.

MET ZEER VELE TUSSEN DEN TEKST GEDRUKTE HOOTSNEË-FIGUREN.

- 1^e Deel. ALGEMEENE HEELKUNDE. f 10.—
2^e » BIJZONDERE HEELKUNDE, 1ste Gedeelte: DE ZIEKTEN VAN HET HOOFD EN VAN DEN HALS MET HARE BEHANDELING. » 9,60.
3^e Deel. BIJZONDERE HEELKUNDE, 2de Gedeelte: DE ZIEKTEN VAN DE BORST, DEN BUIK EN DE LEDEMATEN, is ter perse, en wordt uitgegeven in *Afleveringen* van *Zes vellen* groot Royaal formaat, welke, niettegenstaande de kostbaarheid der *figures*, tegen f 1.20 worden afgeleverd.

Het is den Heelkundige niet onbekend, dat eenzijdigheid het hoofdgebrek is, waaraan verreweg de meeste chirurgische leerboeken lijden. Is bij de Franschen de operatieve heelkunde de hoofdzaak en wordt de ziektebeschrijving en ziekteleer door hen slechts als bijzaak of in bijzondere werken behandeld, de Duitschers daarentegen plaatsen de ziektekundige zijde der heelkunde te veel op den voorgrond en maken als het ware slechts ter loops van de kunstbewerkingen en heelkundige werktuigen gewag, terwijl er ten onzent eigenlijk geene, vooral niet voor zelfoefening geschikte oorspronkelijke leerboeken der chirurgie bestaan en eigenlijk geene bepaalde rigting heerscht. Geen wonder dan, dat men hooge behoefte gevoelde aan een Werk, dat, vrij van eenzijdigheid, op de hoogte der wetenschap staat, en waarin zoowel het mechanische als pathologische gedeelte even zorgvuldig behandeld wordt. Het *Leerboek der Chirurgie* van Prof. EMMERT bezit al de eigenschappen, die een goed leerboek behooren te kenmerken. Men treft er kort en zakelijk alles in aan, wat tot het wezen der Heelkunde behoort; het geeft een beknopt en volledig overzicht van het geheel en van de bijzondere deelen, door ongeveer duizend tusschen den tekst gedrukte houtsneë-figures. Er is stelsel, eenheid — geen eenzijdigheid — in, en aan de hand van dit Leerboek wordt men bekend gemaakt met al de vorderingen, die op het gansche gebied der heelkunde, zoowel in de eigentliche chirurgische als in de hulpwetenschappen, in lateren tijd zijn gemaakt. Daarbij heeft de Schrijver een gepast gebruik gemaakt van hetgeen vroeger in de chirurgie is gedaan, de litteratuur geraadpleegd, en met omzigtigheid en kritiek gekozen en opgegeven.

De zoo loffelijk bekende nederduitse bewerker, de heer Dr. M. POLANO, Lector aan de Klinische School te Rotterdam, meende daarom voor zijne Kunstgenooten in Nederland een nuttig werk te verrigten, door dit *Leerboek der Heelkunde* op onzen bodem over te planten. Door de leemten van het oorspronkelijke aan te vullen en ook, waar het noodig is, geheel nieuwe figures te leveren, zal het werk in bruikbaarheid gewis gewonnen hebben, en den studerende in staat stellen, den ganschen omvang zijner Wetenschap uit één Werk te leeren kennen.

W. A. RUST,
SCHETS DER TECHNOLOGIE,

OF WETENSCHAPPELIJKE BESCHRIJVING, OPHELDING EN ONDERZOEK VAN ALLE TECHNISCHE VERRIGTINGEN, DIE DEN GRONDSLAG DER GEZAMENTLIJKE INDUSTRIE UITMAKEN.

TEN GEBRUIKE VAN TECHNOLOGISCHE LESSEN EN TOT ZELFONDERRIGT.

2de druk, f 3,60. — Idem in geprest linnen band met vergulden rugtitel f 3,90.

Dit **Leerboek** van den bekenden Berlijnschen Technoloog, dat *eene hoogst gunstige beoordeeling in verschillende Tijdschriften ten deele viel*, zal gewis elken fabrikant, ieder die eenig belang heeft bij de verwerking van eenig natuurproduct, van wat aard het ook wezen moge, hoogst welkom zijn. Het onderscheidt zich van de voorhanden zijnde technologische handleidingen zoowel in Vorm als in Inhoud. Beknophoud en volledigheid reiken hier elkander de hand. Bij elk technisch bedrijf is de natuurlijke gesteldheid der bewerkt wordende stof, de wijze, waarop zij gewonnen en gebruikt wordt, duidelijk opgegeven, terwijl men door de eenvoudige schoone groepering der verschillende technische verrigtingen een gemakkelijk overzicht van het geheel verkrijgt. Het strekt gewis dit Werk tot geene geringe aanbeveling voor het groote publiek, dat de gansche samenhang der Technologie met hare hulpwetenschappen hier voorgedragen is in eene taal, die zich van die des dagelijkschen levens niet zoo verre verwijderd, dat er eene bijzondere studie vereischt wordt om de beteekenis der kunsttermen te ontcijferen. Een uitvoerig **Woorden- en Zaakregister** aan het einde van het Werk moet iederen gebruiker gewis veel gemak en voordeel aanbrengen.

Dr. F. MOHR,

WERKTUIGKUNDE VOOR DEN APOTHEKER,

OF BESCHRIJVING EN AFBEELDING DER WERKTUIGEN IN DE APOTHEEK EN HET LABORATORIUM.

Naar het Hoogduitsch, door A. A. G. van ITERSSEN, Apotheker te Gouda.

MET 250 TUSSCHEN DEN TEKST GEPLAATSTE HOUTSNEË-FIGUREN. In gr. 8vo. f 5.—

Ontbrak er dus verre, bij al den rijkdom van Leerboeken voor het theoretisch gedeelte der Pharmacie, eene oordeelkundige beschrijving van goede pharmaceutische werktuigen en hun gebruik, men zal dan de overbrenging van dit doorwrocht werk van Dr. F. MOHR gewis welkom heeten. Eene opgave van hetgeen men hier vindt, moge voor de volledigheid dezer **Werktuigkunde voor den Apotheker** getuigen: *Beschrijving van de verschillende lokaliteiten: van de apotheek, het laboratorium, de stampkamer, de voorraadkamer, den kelder, den droogzolder voor de kruiden en de droogkast; van de toestellen en werktuigen, in elk der genoemde lokalen gebruikt en daaronder een uitgebreid hoofdstuk over het stoomapparaat en zijn toebehooren, alsmede eene beschrijving van een' stoomketel met gespannen stoom.* Bij de behandeling der *extractbereiding* vindt men beschrijvingen van de *extractpers, de pers van REAL, het deplacerings-apparaat, het apparaat voor de uittrekking met aether, en den werktuigelyken roerder, alle soorten van persen; verder een hoofdstuk over de gloeiëbewerking met allerlei natuurlijk en kunstmatig blaastuig, den blaasbalg, het ventilator-geblaas, den vlamoven en de behandeling van een en ander. Kleinere hoofdstukken handelen over *filtreren, boren in glas, behandeling der glazen buizen, over gaz-ontwikkeling en absorptie, instandhouding der schalen en gewigten; over binden, bepalen van het soortelyk gewigt, luteren; over destillatiën, pipetten, spuitflesschen, luchtdichte verbindingen van allerlei aard, over den hevel en andere practische zaken.* Onder de werktuigen bevinden zich ook onder anderen het door den Schrijver uitgevonden *snijmes* voor kruiden met cirkelvormig lemmer, het *wortelmes* met zelfwerkende voortschuiving, het *poederstampen met luchtzifting, de sublimatie van den calomel in houten kasten en dergelyke.* Twee uitgebreide Hoofdstukken over de *recepteerkunst* en het *beheer der zaak* besluiten het Werk.*

Bijzonder gunstig was het oordeel, dat over dit Werk in het algemeen en over deze onze *nederduitsche uitgave* in het bijzonder door bevoegde beoordeelaars werd uitgesproken. Het wordt daarin genoemd: **oorspronkelijk** wat zijn doel, **volledig** wat zijne uitvoering betreft, **onmisbaar** voor elken *Chemist* en *Artsenijbereider*, die niet onverschillig is omtrent de vereischte handgrepen en de noodige werktuigen, ten einde met besparing van geld en tijd zijn werk het doelmatigst te verrigten. De Overbrenger van dit belangrijk Werk, dat met *niet minder dan 250 fraaije houtsneden* prijkt, naar welke de arbeidsman met volle zekerheid kan werken, heeft zich aanspraak verworven op den dank van alle nederlandsche Pharmaceuten en men zou deze te kort doen, zoo men aan hunne belangstelling durfde twijfelen.

J. G. SCHRIKKER,
METHODOLOGIE,

OM HET

ITALIAANSCH-, DUBBEL- of KOOPMANS-BOEKHOUDEN

BINNEN WEINIG TIJDS,

ALLEEN DOOR ZICH ZELVEN, NAAR DEN AARD EN DE VOLMAAKTHEID UIT TE VOEREN; WAARDOOR EEN IE GELIJK. HOE OOK ONERVAREN, ZICH VAN DEZE WETENSCHAP, ZONDER EENIG ANDER ONDERRIGT, OP EENE GEMAKKELIJKE EN EENVOUDIGE MANIER, KAN VERZEKEREN

Alles in korte schetsen duidelijk en bevattelijk voorgesteld.

Met een beknopt overzicht betrekkelijk het houden van Koopmansboeken, volgens het Wetboek van Koophandel, gr. 8^o.

Tweede druk. f 1,70.

J. G. SCHRIKKER,

VOORSTELLEN

MET GELEIDENDE AANMERKINGEN, TER BEOEFENING EN UITVOERING VAN HET ITALIAANSCH of DUBBEL-BOEKHOUDEN

IN TOEPASSING OP VERSCHILLENDE VAKKEN VAN HANDEL EN ADMINISTRATIE;

waardoor een iegelijk wordt in staat gesteld om deze Methode te volgen en zijne boeken naar dezelve in te rigten,

ZOODAT MEN EEN BEKNOPT TAFEREEL VAN DEN GEHEELEN OMVANG ZIJNER ZAKEN VOOR OOGEN KRIJGT, gr. 8vo. f 1,70.

J. G. SCHRIKKER,

AANWIJZING

DER BOEKING VOOR HET JOURNAAL EN GROOTBOEK

VAN DE OPGEGEVENE VOORSTELLEN

TER BEOEFENING VAN HET

ITALIAANSCH of DUBBEL-BOEKHOUDEN,

TOEGEPAST OP ONDERSCHIEDENE VAKKEN VAN HANDEL EN ADMINISTRATIE; MET DE POSTEN, NA BEKOMEN RESULTAAT, VOOR DE BALANS TOT SLUITING DER REKENINGEN IN HET GROOTBOEK, EN HET OP NIEUW AANVANGEN OF VERVOLGEN DER BOEKINGEN, Gr. 8vo f 1,90.

Bovenstaande drie oorspronkelijke werken, die te zamen een gesloten geheel vormen, bevelen zich aan door *geleidelyken gang* en *duidelijke voorstelling*, zoodat de leerling aan de hand van dezen Gids, zich zelve zonder de hulp van eenen Meester in het *Italiaansch Boekhouden* kan volmaken. De Schrijver heeft alles van de eenvoudigste tot de meest ingewikkelde zaken met uitgewerkte voorbeelden opgehelderd en toegelicht en de behoefte van den tegenwoordigen tijd steeds op het oog gehad. Wij durven het daarom als *Leerboek voor Instituten* en *tot eigen oefening* gerustelijk aanbevelen.

Een tweede Druk van het eerste der opgenoemde Werken namelijk der **Methodologie**, strekt ten bewijze, dat de Schrijver zijne taak naar eisch volbragt heeft; — terwijl de ervaring reeds bewezen heeft, dat inderdaad volgens Schrikker's methode de kunst van 't *Italiaansch-Boekhouden* zonder ander onderrigt dan deze Werken grondig kan aangeleerd worden.

WOORDENBOEKEN.

A. J. VAN DER AA,

Beknopt Aardrijkskundig Woordenboek
DER
NEDERLANDEN.

Onder medewerking van eenige Vaderlandsche Geleerden.

Gebonden in geprest linnen band met vergulden rug, f 7.—.

In één lijvig boekdeel ontvangt de Lezer een Werk, dat hem de Nederlanden in hunnen tegenwoordigen toestand leert kennen. Beknoptheid en duidelijkheid van voorstelling gaan hier hand aan hand; en wat volledigheid betreft, wie zal daaraan twijfelen, die eenigzins bekend is met de moeiten en zorgen, door den kundigen, nu ontslapen, Schrijver besteed, om uit alle deelen des Lands de vereischte inlichtingen te bekomen. Geen dorpje zoo klein, geen gehuchtje zoo nietig, geen beek zoo onbeduidend, of in dit boek werd er een plaatsje voor ingeruimd; terwijl, ondanks den beknopten omvang, aan de meer gewigtige zaken, zoo als aan de beschrijving der provinciën, aan die der groote steden, rivieren enz., vaak verscheidene kolommen zijn ten beste gegeven. 't Kan dus niet missen, of dit Werk moet voor ieder beschaafd Nederlander als onmisbaar geacht worden.

G. J. DEKKER,

BEREDENEERD WOORDENBOEK,
voor de HOLLANDSCHE en FRANSCHEN talen.

bevattende:

- 1) Verkorte spraakkunst voor het Hollandsch.
- 2) De woorden der beide talen, derzelver beteekenis, eigenlijke en figuurlijke, verklaard en door voorbeelden toegelicht, kunstwoorden, wetenschappelijke benamingen, enz.
- 3) Gelijkkluidende, maar in de beteekenis verschillende woorden en ongelijkkluidende, maar van gelijke beteekenis, naar elkander verwezen en verklaard.
- 4) Aanduiding van het rededeel, waartoe ieder woord behoort.
- 5) Geslacht, getal en beheersching der woorden.
- 6) Aanduiding van de voornaamste regelen der woordschikking, inzonderheid met opzigt tot de werkwoorden.
- 7) Algemeene lijst der ongelijkvloeyende en onregelmatige Hollandsche werkwoorden met derzelver oorspronkelijke tijden, enz., enz.

Twee deelen in geprest linnen banden f 7,50.

Doelmatige en voor den gebruiker gemakkelijke inrigting, volledigheid, beknopt formaat, zijn eigenschappen, die dit Woordenboek van vele zijner broederen gunstig onderscheiden. De betrekkelijk zeer geringe prijs is eene aanbeveling te meer, daar het **2252 paginaas** compresen druk bevat.

J. KRAMERS Jz.

FRANSCH-NEDERDUITSCH

EN

NEDERDUITSCH-FRANSCH

W O O R D E N B O E K ,

Naar de beste en nieuwste bronnen bewerkt.

prijs per aflevering f 0.45.

Dit WOORDENBOEK zal zich evenzeer door volledigheid als door goedkoopheid van al zijne voorgangers onderscheiden. Het zal ten sleutel van verklaring en vertolking kunnen dienen, zoowel voor hem, die een werk over de **natuur- of schei- of kruidkunde** beoefent, als voor hem, die een **wijsgeer of theologant of mathematicus** leest; het zal de taal van den **sterrekundige en regtsgeleerde**, zoowel als van den **fabrikant en koopman** verklaren, en niet enkel de taal van de *beschaafde standen* der maatschappij, maar ook die van het *volk*, met alle **gemeenzame zegswijzen, spreekwoordelijke uitdrukkingen en spreekwoorden** opnemen. Bij de behandeling van ieder woord streeft de Schrijver bovenal naar duidelijkheid, en waar enkele vertaling tot dat einde niet toereikt, geeft hij eene korte omschrijving. Bij woorden van meer dan ééne beteekenis geldt als vaste regel, dat eerst de eigenlijke en letterlijke, dan de meer uitgebreide en overdrachtelijke of figuurlijke wordt gegeven; terwijl elke dier beteekenissen door synonieme of zinverwante woorden of wel door voorbeelden wordt opgehelderd. De verschillende deelen der woordverklaring zijn door liggende streepjes gescheiden; terwijl voorts de aanwending van verschillende lettersoorten, van klein-kapitalen en dgl. het hare bijdraagt om het gezochte als met een oogopslag te doen vinden. Elk der beide deelen zal gevolgd worden door eene Tafel der Onregelmatige Werkwoorden, eene Geographische Woordenlijst en eene Lijst der Mans- en Vrouwennamen, alles in alphabetische orde.

Het Woordenboek wordt gedrukt op goed velijn papier, met eene geheel nieuwe, daarvoor expresselijk vervaardigde letter, en moeite noch kosten worden gespaard om het ook door de typographische uitvoering aanbevelenswaardig te maken.

- 1°. De dertien eerste afleveringen zien bereids het licht.
- 2°. Elke aflevering zal bevatten **6 vellen groot 8^{vo}**, wordende zoodanig vel van **16 paginaas** tegen den nog nimmer zoo laag gestelden prijs van **7½ Cent** berekend. Elke dusdanige aflevering van **96 in twee kolommen compres doch duidelijk gedrukte paginaas** zoude naar de gewone verhouding **16 vellen druks** bestaan, en **f 2,40** kosten, doch wordt thans, om zich van een buitengewoon groot publiek verzekerd te houden, tegen **45 Centen** afgeleverd.
- 3°. Het geheel zal omtrent in **29 à 30** afleveringen compleet zijn, welke elkander, om de 6 weken, geregeld zullen opvolgen en die te zamen **twee lijvige boekdeelen** zullen uitmaken.
- 4°. De betaling geschiedt bij elke aflevering, terwijl men zich voor het geheel verbindt.
- 5°. Deze uitgave gaat stellig door, terwijl de intekening tot nadere aankondiging open staat.

J. KRAMERS, Jz.

Geographisch Woordenboek

DER

GEHEELE AARDE.

Kompleet in een lijvig boekdeel van 1020 paginaas in twee kolommen.

Ingenaaid f 15,75. — Idem in geprest linnen band met rijk vergulden rug f 16,25.

Het Nederlandsche publiek wordt hierbij een **Geographisch Woordenboek der Geheele Aarde** aangeboden, dat in één lijvig Boekdeel aan al de eischen beantwoordt, die men billijkerwijze aan zulk een Werk mag doen. De beknoptheid van den omvang, die hier niet verkregen is ten koste van de volledigheid, zal op prijs gesteld worden door ieder, die weet, hoe lastig het gebruik van Woordenboeken in vele boekdeelen is; en de kleine, maar duidelijke en compres gezette letter zal niemand ergeren, die bedenkt, dat dit Werk uit zijnen aard niet voor eene doorlopende lectuur bestemd is, maar telkens bij het opslaan slechts eene korte inspanning der oogen vordert. Men vindt hier een groot aantal belangrijke zaken, geput uit de nieuwste geographische en statistische werken, betreffende Groot-Brittanje, Italië, Spanje, Denemarken, Rusland, Brazilië, Noord-Amerika, en andere landen, die anders niet zoo ligt toegankelijk voor den Nederlandschen lezer zijn. Allerwege worden berigten gegeven aangaande de geologie, de physische, meteorologische en mineralogische gesteldheid der landen en gewesten. Bij de vermelding der zee- en handelsteden vindt men ook de opgaven van de geographische lengte en breedte, van den uit- en invoer, van den toestand en de bruikbaarheid der havens en reeden, ten einde dit Werk ook voor den *Handelaar* en den *Zeeman* zoo bruikbaar mogelijk te maken; ja bij de aanzienlijkste zee- en handelsteden heeft men met gelijk oogmerk zelfs eene opgave gevoegd van de daar gebruikelijke Munten, Maten en Gewigten en die allen op 't nauwkeurigst tot Nederlandsche herleid. — Van ons Vaderland zijn alle steden, gemeenten en dorpen opgenomen, met de gemeente-bevolking van den laatsten census. Uit de menigvuldige recensien van dit Werk, die allen zonder uitzondering hoogst gunstig waren, ontleenen wij hier de volgende woorden van Prof. VETH.

„Wij juichen ten sterkste het plan toe van een „Geographisch Woordenboek der geheele aarde,” in een matig en betrekkelijk onkostbaar boekdeel, door den heer J. KRAMERS Jz. opgevat en reeds gedeeltelijk volvoerd. Maar nog veel meer juichen wij de voortreffelijke wijze toe, waarop hij zich in de vijf tot dusverre verschenen afleveringen van zijne moeilijke taak heeft gekwet. Een buitengewoon kleine, maar daarbij uitnemend zuivere en duidelijke druk, heeft den Schrijver gelegenheid gegeven, in eene zeer beperkte ruimte eene volledigheid te bereiken, die onze bewondering verdient. Dat men, gelijk de voorwaarden van intekening berigten, hier in een boekdeel evenveel letterdruk ontvangt als doorgaans den inhoud van tien andere vrij lijvige boekdeelen uitmaakt, is ongetwijfeld geene groot-spraak. En teregt is er de opmerking bijgevoegd, dat bij een werk als dit de kleinheid van den druk geen noemenswaard bezwaar kan opleveren, daar het uit zijnen aard niet tot doorlopende lectuur bestemd is.

Dr. WAP (in zijne *Astrea*, 9de Afl. 1ste Jaargang) zegt er o. a. van: „De heer KRAMERS heeft bij uitnemendheid goed begrepen wat zijn tijd verlangt. Op allezins voortreffelijke wijze geeft hij geheel de wereld in één boek. Hij slaat geen dorpie over en heeft voor Amsterdam, Londen en Parijs, zoo als voor de waarheden en vraagstukken van den dag, nog verscheiden bladzijden ten beste, want hij handelt over het oudste en allerlaatste nieuws. Voor vijftien gulden dat alles te zamen, en den geheelen rommel der wereld behoorlijk geklasseerd, is, voorzeker, niet te duur, immers niet voor een noodzakelijk ding in de huishouding van ieder fatsoenlijk man.

Wij staan verbaasd over de fraaije uitvoering, over de uitnemende, voorwaar niet gemakkelijke correctie, en nemen onzen hoed af voor den sierlijken en economischen druk, die uit den aard zeer compres wezen moest.

Nog beter dan de diamantletter (*parel*) en het fraaije drukwerk van VAN GOOR, is de tekst der wereldstatistiek, zoo als KRAMERS die levert, en dat denken wij, van tijd tot tijd, aan te toonen en met treffende voorbeelden te bewijzen.”

J. KRAMERS, Jz.

Algemeene Kunstwoordertolk,

BEVATTENDE DE

VERTALING EN VERKLARING

van alle Vreemde Woorden en Zegswijzen,

DIE IN GESCHRIFTEN VAN ALLERLEI AARD, IN DE TAAL DER SAMENLEVING, HANDEL, BEDRIJF ENZ. VOORKOMEN;

met aanduiding van den klemtoon der woorden en nauwkeurige opgave hunner afstamming en vorming.

In gr. Svo. Tweede veel Vermeerderde en Verbeterde druk.

Ingenaaid f 9,90. In geprest linnen band, f 10,40.

Door *Inhoud* en *Inrigting* is dit **Woordenboek** in 'talgemeen bestemd tot een Handboek voor het gansche publiek en voor ieder, die naar beschaving en onderrigt streeft. In het bijzonder zal het de uitstekendste diensten doen als *Legger* op de *Koopmans-kantoren*, op *bureaux van Administratie* van allerlei aard, en overal, waar het gebruik van vreemde woorden vrij algemeen en schier onvermijdelijk is, en men het hoogst belang bij de ware betekenis en de rechte spelling der termen heeft. Vooral zij het ook den *Lezers van Couranten* en *Tijdschriften*, als ook den heeren *Schrijvers* en *Vertalers*, als eene getrouwe vraagbaak bij hunne lectuur en hunnen arbeid, aanbevolen. De aftrek, dien deze **Kunstwoordertolk** ondervond en een Tweeden Druk noodig maakte, bewijst voldingend niet alleen de behoefte aan een zoodanig werk, maar ook de bruikbaarheid van hetgeen de Schrijver heeft geleverd. En toch liet de eerste druk nog veel te wenschen overig. De Schrijver, die dit meer dan iemand anders inzag, heeft dan ook dezen Tolk niet enkel herzien, maar naar de beste en nieuwste bronnen geheel omgewerkt, zoodat schier ieder artikel aanmerkelijke wijzigingen en verbeteringen heeft ondergaan en naauwelijks een enkel geheel onveranderd is gebleven, om niet te spreken van de vele en belangrijke nieuwe artikelen, die bij de vorige zijn opgenomen. In dezen *vernieuwden vorm* mag de **Kunstwoordertolk** als 't ware een nieuw werk heeten; en het wordt dan ook aan belanghebbers andermaal als een veilige vraagbaak aanbevolen.

KRAMERS'

Woordertolk, verkort.

Bevattende de Vertaling en Verklaring van vele duizenden vreemde woorden,

WAARVAN DE KENNIS VOOR DEN AMBTENAAR, KOOPMAN, FABRIKANT, KUNSTENAAR, DAGBLADLEZER, ENZ. VAN DAGELIJSCH BEHOEFTE IS.

Zakformaat. Zesde druk f 0,90. Idem gebonden in heel linnen f 1,10.

Dat in een kort tijdbestek vijf aanzienlijke oplagen van dit Werkje werden uitverkocht, pleit wel voor zijne bruikbaarheid. In den tijd vooral, dien wij beleven, behoort het in handen te zijn van een ieder, die de rechte betekenis van zoo vele *vreemde* en voor ons gedeeltelijk *nieuwe woorden* wil kennen, als waarmede tegenwoordig de nieuwsbladen en de lectuur van den dag zijn opgevuld. De Schrijver-zelf heeft dezen **zesden druk** met zorg nagezien en hem verrijkt met eene menigte *vreemde woorden*, die of in de vorige drukken over 't hoofd gezien waren, of eerst later in gebruik zijn gekomen.

*

JAEGER'S
NOUVEAU
DICTIONNAIRE DE POCHE,
FRANÇAIS-HOLLANDAIS et HOLLANDAIS-FRANÇAIS.

Prijs per deeltje. f 0.75.

Compleet ingenaaid. » 1.50.

Compleet in één geheel geprest linnen band met vergulden rugtitel f1,70.

Bij de zamenstelling van dit Fransch-Hollandsch en Hollandsch-Fransch **Zakwoordenboekje**, heeft men inzonderheid de behoefte van de jeugdige beoefenaars der beide talen in het oog gehouden, en daarom dat alles vermeden, wat in soortgelijke werkjes niet zelden aanstootelijk is. Men heeft gepoogd volledigheid aan beknoptheid te paren, en door menig toevoegsel, onder anderen door de aanwijzing van de geslachten der naamwoorden in de beide talen, de bruikbaarheid voor de scholen verhoogd. Een zeer duidelijke en correcte druk, goed blank papier en een uiterst laag gestelde prijs (*als bevattende elk deeltje 354 bladzijden in twee kolommen*) zullen overigens het hunne toebrengen om dit Woordenboekje aanbevelenswaardig te maken.

J. L. TER WEN,
ETYMOLOGISCH HANDWOORDENBOEK
DER NEDERDUITSCHER TAAL,
OF

proeve van een geregeld overzicht van de afstamming der Nederduitsche woorden.

In één deel van 1100 pagina's in gr. 8vo. f 10,30.

Elken beoefenaar en vereerder der Nederduitsche taal zal dit Werk, dat dus verre geheel eenig in zijn soort is, ongetwijfeld welkom wezen, daar het in eene reeds lang gevoelde behoefte voorziet. Zamengesteld onder de raadpleging van de beste *afleidkundige* gidsen, zoo op vaderlandschen als op Duitschen bodem, brengt dit Handboek al de woorden onzer taal tot hunne wortels terug, waardoor zij tot zoo vele familiën vereenigd worden, hetwelk nogtans in het naslaan dier woorden, ook voor den min ervarene, geene zwaarigheid maakt, daar eene achteraan geplaatste *woordenlijst* in dezen tot wegwijzer dient. Bij de meeste grondwoorden zijn tevens de gelijkkluidende woorden uit de aanverwante talen gevoegd, als opheldering van derzelve oorsprong en beteekenis.

DR. J. H. A. WEYTINGH,
BEKNOPT GESCHIED-, AARDRIJKSKUNDIG EN FABELKUNDIG
WOORDENBOEK DER KLASSIEKE OUDHEID
benevens verklaring der meeste kunsttermen en andere benamingen,
voor zoo ver zij van het Latijn of Grieksch zijn afgeleid. gr. 8° f5,60.

Dit Werk mag met volle regt eene *Vraagbaak voor ongeletterden* heeten, terwijl het ook den *Geleerde* vaak goede diensten zal bewijzen. Bovendien geeft het meer, dan de titel belooft, daar de geleerde Schrijver, om de bruikbaarheid van zijn boek te verhoogen, er tevens eene menigte *Kunsttermen* in heeft opgenomen. Met eenen enkelen oogopslag vindt men hier zoo beknopte als juiste opgaven van de daden en het karakter der personen, die eenige rol in de klassieke oudheid gespeeld hebben, zoowel als van de plaatsen, die uit een of ander oogpunt vermeldenswaardig zijn. Het lijvige boekdeel, dat niet minder dan 736 bladzijden telt, is thans zoo matig in prijs gesteld, dat men slechts 3 centen voor het vel druks betaalt.

SCHRIFTEN OVER OPVOEDING EN ONDERWIJS,
SCHOOLBOEKEN, ENZ.

D. van HINLOOPEN LABBERTON,

HANDLEIDING

tot de kennis van de bestaande bepalingen op het Lager Schoolwezen,

Derde belangrijk vermeerderde en verbeterde druk
gr. 12°. f 0,90.

Mogt deze **Handleiding** de goedkeuring van bevoegde beoordeelaars ruimschoots wegdragen, zij zal die in deze **derde uitgave** ten volle verdienen. De *Zamensteller* bepaalde zich toch niet bij het aanvullen van de sedert 1842 uitgekome Verordeningen, maar hij heeft het *Aanhangsel* vermeerderd met al die stukken, welke noodig zijn tot een geregeld overzicht van al de sedert 1806 ingevoerde wijzigingen, zoodat deze *Handleiding* volkomen genoegzaam te achten is voor allen, die den stand van het thans zooveel besproken vraagstuk van het lager onderwijs wenschen te overzien.

D. van HINLOOPEN LABBERTON,

SCHOOLVERORDENINGEN

VOOR DE PROVINCIE ZUIDHOLLAND.

gr. 12°. f 0,40.

Den bezitters van de bovenstaande *Handleiding* is dit Werkje gewis hoogst welkom, daar het die meer volledig maakt. Men vindt hier de nieuwste *provinciale Verordeningen* op het Lager Onderwijs voor het eerst bijeen gevoegd, en tevens bij wijze van voorbeeld, *plaatselijke Schoolverordeningen voor Rotterdam* en *Moorrecht* opgenomen.

VERZAMELING VAN STUKKEN,

BETREFFENDE DE REGELING VAN HET LAGER SCHOOLWEZEN

sedert den jare 1801. f 0.80.

J. W. REGT,
ALLEREERSTE BEGINSELEN DER
PRAKTISCHE ONDERWIJSKUNDE,
VOORNAMELIJK TEN DIENSTE VAN KWEEKELING-ONDERWIJZERS,
gr. 12vo. f 0.75.

De Schrijver heeft in deze **Handleiding** de beginselen van de practische Onderwijskunde voor kweekelingen en aankomende Onderwijzers eenvoudig en duidelijk uiteen gezet. Allereer ontmoet men den helderzienden practischen man der school, die niet, als zoo velen, fraai klinkende theoriën verkondigt, maar doeltreffende, uitvoerbare middelen ter vorming en ontwikkeling van den jeugdigen mensch aan de hand geeft. Moge zijn arbeid voor velen goede vruchten dragen!

D. VAN HINLOOPEN LABBERTON,
ZIELKUNDE
 VOOR ONDERWIJZERS EN OPVOEDERS,
 Naar het Hoogduitsch van Dr. Calnich, f 0,90.

Is de kennis van 's menschen aanleg en vermogens een onmisbaar vereischte om doeltreffend mede te werken tot de ontwikkeling der kinderlijke geestvermogens en om met wijze bedachtzaamheid de veredeling des gemoeds en de heiliging van den wil te helpen bevorderen, dan mag de *Onderwijzer*, de *Opvoeder*, zal hij aan zijne verheven roeping beantwoorden, geen vreemdeling blijven op het gebied der *Zielkunde*. Te veel werd nog bij ons die wetenschap veronachtzaamd of als bijzaak behandeld, en daarom bragt een man van erkende bekwaamheid in het pædagogisch vak dit Werkje, dat *beknoptheid* en *duidelijkheid* met *rijkdom van zaken* vereenigt, op onzen bodem over. Ieder, die tot het *Onderwijs* in betrekking staat, kan hier ruime stof tot leering en eene gepaste aanleiding tot verdere beoefening vinden.

D. VAN HINLOOPEN LABBERTON,
Inleiding tot de Algemeene Opvoedkunde
 VOOR OPVOEDERS EN ONDERWIJZERS.
 NAAR HET HOOGDUITSCH f 0,75.

Het Werkje, dat onder bovenstaanden titel het licht ziet, is te beschouwen als eene gepaste aanleiding tot de wetenschappelijke studie der opvoedkunde en tevens als eene voortzetting en aanvankelijke toepassing der *Zielkunde*, daar toch deze de voorbereiding is tot de wetenschappelijke beoefening der verpligting, die op den *Onderwijzer* rust, om aan zijn Werk eene opvoedende en vormende strekking te geven. De beknoptheid dezer *Opvoedkunde* zal haar gewis bij velen tot eene aanbeveling strekken, als zijnde daardoor eene krachtige opwekking tot het voor den *Onderwijzer* en *Opvoeder* zoo onmisbare zelfdenken. — Aan ieder, die tot de zoo gewichtige taak der ontwikkeling van 's menschen vermogens geroepen is, mag zij ten dringendste worden aanbevolen.

MOEDERZORG EN MOEDERVREUGDE
Woorden van Liefde en Ernst over de Verpleging der Kindsheid.
 Uit het Hoogduitsch, gr. 12vo. f 1,25.

Met hoogen lof is van dit opvoedkundig Werkje in verschillende recenserende tijdschriften, ook in het Zondagsblad, de Amsterdamsche Courant en elders gesproken. Eene verstandig-liefhebbende Moeder, die hare grootsche roeping gevoelt, treedt hier op als gids en raadgeefster voor andere moeders, en zij toont zich allereerst geheel bevoegd voor deze taak. Trouwens, hoe zou ook anders een *DIERWEG* zoo veel kunnen opgehad hebben met dit Geschrift, om er geheel *con amore* een voorwerk bij te schrijven, dat zoo wel der anonyme Schrijfster, als hem zelve, den grondigen pædagog, tot eere strekt. Geen opvoeder, maar vooral geene opvoedster, geene moeder mag met dit product eener moeder onbekend wezen!

A. DE HEER, JR.
VERZAMELING
 van nuttige opgaven tot Zelfoefening ten dienste der Jeugd. f 0,075.

Zelfoefeningen voor de Leerlingen — welken *Onderwijzer* in eene lagere school zouden zij niet welkom zijn? — De school — *niet het boekvertrek* — schonk aan dit boekje het aanzijn, en men wil er hier niets meer van zeggen, dan dat het leken *onderwijzer gemak*, elken leerling *voordeel* zal aanbrengen.

P. VAN DER BURG,
SCHETS DER NATUURKUNDE.
 TEN DIENSTE DER SCHOLEN,
 8vo. Tweede verbeterde en vermeerderde druk.

1^e Stukje, met 65 Houtsneé-figures. f 0,45.
 2^e " " 62 " " - 0,40.
 3^e " " 94 " " - 0,50.

Kompleet in één deel met Alphabetisch register. f 1,45.

De kundige Lector der Wis- en Natuurkunde aan het Gymnasium te Nijmegen werd van vele zijden aangezocht, om bij zijne *bovenstaande* Eerste beginselen der Natuurkunde nog eene *schets* voor *jongere leerlingen*, een Leerboekje voor de Lagere Scholen, te leveren, en hij heeft hieraan voldaan op eene wijze, die door alle *Onderwijzers* eenstemmig wordt toegejuicht. De bevattelijke en geleidelijke voordragt, ondersteund door nette, duidelijke houtsneé-figures, effent de wetenschappelijke baan ook voor den minder vluggen Leerling, en stelt hem in staat om het groote werk met des te meer vrucht en genoegen te beoefenen.

HANDLEIDING

TOT DENK-, SPREEK- EN SCHRIJFOEFENINGEN,

voor de *Volksscholen*, met eene aanbeveling van den Schoolopziener D. VAN HINLOOPEN LABBERTON, gr. 12^o. f 1,55.

Niemand zal ontkennen, dat er voor den kweekeling en aankomenden *Onderwijzer* nog behoefte bestaat aan eene *practische Handleiding*, zooals dit Werkje die aanbiedt. Men klaagt terecht, dat de geheele gang van het onderwijs in vele scholen nog te werktuigelijk, te eenvormig is, dat men er die levendige afwisseling, die geregelde opklimming in mist, welke er de ziel en 't leven van uitmaken. In deze *Handleiding* vindt men den weg aangewezen, dien men bij een oordeelkundig onderwijs met goede vrucht kan volgen; en de rijke voorraad van doeltreffende oefeningen, die het bevat, zal hoogst dienstbaar bevonden worden aan de geregelde ontwikkeling der kinderlijke vermogens. Het is om deze hare eigenschappen, dat de *Schoolopziener* D. VAN HINLOOPEN LABBERTON er het zegel zijner goedkeuring aan gehecht heeft, door er een woord van aanbeveling voor te schrijven.

J. KRAMERS, Jz.

Fransche Lees- en Vertaal-oefeningen
 VOOR EERSTBEGINNENDEN

1^e stukje, 1^e gedeelte. . . . f 0,50
 " 2^e " - 0,50
 2^e stukje, 1^e gedeelte. . . . - 0,55
 " 2^e " - 0,60

Wat dit Leerboek van alle soortgelijke onderscheidt, is, dat het geheel alleen in de behoefte van den beginnenden leerling der Fransche taal voorziet. Elke oefening bevat eene *les om van buiten te leeren*, een fransch opstel, waaraan de uitspraak beoefend wordt en dat tevens ter vertaling dient, en een nederduitsch opstel of thema, ter vertaling in het Fransch. Elke reeks van Oefeningen wordt door beknopte Taalregels vooraf gegaan, en het geheel is gestoffeerd met opstellen ter Herhaling, waarbij de leerling telkens den reeds afgelegden weg overziet en het geleerde zich herinnert.

**

P. D. SCHEFFELAAR,
Leerboek der Theoretische en Praktische Cijferkunst,

ten dienste der Scholen en bij bijzonder Onderwijs;

MET VRAAGSTUKKEN, WAARIN DE GETALLEN ZOO ZIJN GENOMEN, DAT ZIJ BIJ
 HET MAKEN VAN BEREKENINGEN EN BEGROOTINGEN VAN KOSTEN
 TOT LEIDDRAAD KUNNEN DIENEN.

gr. 12vo. 1—4 Stukje, compleet. f 1,00.

Antwoorden op dezelve, compleet. f 0,20.

Afzonderlijke stukjes zijn tegen 25 Cents te bekomen.

Dit *Rekenboek*, tot dus verre *eenig in zijne soort*, wordt de opmerkzaamheid van iederen belanghebbende aanbevolen. Niet alleen toch is het vervaardigd met het oog op de behoeften der Scholen, en geeft het in theorie, zoo beknopt als duidelijk, een grondig onderrigt in al de regelen der wetenschap, maar het mag met den volsten nadruk *praktisch* heeten, daar de voorstellen ter toepassing (de zoogenaamde sommen) alle uit het industriële leven zijn opgenomen. De prijzen van waren en werkloonen, de werkkrachten, de betrekkelijke waarde en de mengingen der materialen en vele dingen meer, vindt men hier, gelijk zij werkelijk zijn, en niet, gelijk doorgaans in de rekenboeken, als uit de lucht gegrepen. Door de talrijke opgaven betrekkelijk de specifieke zwaarte, de verschillende afmetingen en verhoudingen, door eene menigte tabellen van allerlei aard, is dit werk eene soort van handboek en gids voor opzigtters en aannemers van allerlei bouwwerk, voor timmerlieden, metselaars, verwers enz., voor fabrikanten, kortom voor ieder industriëel.

VERTELLINGJES

uit de boekjes van

FRITS en ZIJNE ZUSJES.

Een leesboek voor jonge kinderen. In vijf lettersoorten
 5^e druk, 8vo. f 0,12½.

Het Lieve Boekje, dat onder bovenstaanden titel zoo vele nuttige lessen voor de lieve kleinen bevat en zoo geheel in den echten kindertoon is gesteld, mogt reeds een *derden druk* beleven. Wij bevelen het op nieuw aan de HH. Onderwijzers met volle ruimte aan.

SMIT EN HOORWEG,

REKENKUNDIGE VOORSTELLEN,

Opgegeven op onderscheidene vergelijkende examens van Onderwijzers in de Provincie Zuidholland; verzameld en opgelost onder medewerking van
 onderscheidene onderwijzers in de provincie. f 0,75.

't Was eene gelukkige gedachte van de Verzamelaars dezer Voorstellen, om aldus de Rekenkundige vraagstukken, die sedert een 60tal jaren in ons Vaderland bij gelegenheid van *Vergelijkende examens* voor vacante *Onderwijzers-posten* zijn opgegeven, bijeen te zamelen en te beantwoorden. Aankomende Onderwijzers vinden hier eene *Schatkamer van Arithmetische opgaven*, welker oplossing hen voorbereiden kan, om in dit gewigtig en moeilijk gedeelte van hun vak de noodige vaardigheid en kennis te verkrijgen; terwijl de gevestigde en meer bejaarde Onderwijzers zeker met genoegen hier menige oude kennis zullen ontmoeten, en aan den leiddraad van dit Werkje gewis het liefst hunne Kweekelingen in het zoogenaamde sommen-maken zullen oefenen. Veel zorg is er door verschillende met *lof bekende* Onderwijzers aan de oplossing der Voorstellen en aan de juistheid der Opgaven en Antwoorden besteed, zoodat de Uitgever zich durft vleijen, dat hij met deze *Verzameling* eer en dank zal inoogsten van ieder, die tot het Onderwijs in betrekking staat.

P. van der BURG,
SCHOOLKAART,

van het Koninkrijk der Nederlanden en het Groot-Hertogdom Luxemburg.

Uit hoogachting opgedragen aan den WelEdelGestr.
 Heer J. HAEFKENS, Oud Consul-Generaal der Nederlanden in
 Centraal-Amerika, thans Schoolopziener en Burgemeester te
 Leerdam. In losse bladen gekleurd f 4,80.

Idem op katoen met rollen - 7,70.

Wie zal in onze dagen nog het nut van **wandkaarten** voor de volksscholen willen betoogen? Wij noemen dan ook enkel een en ander op, waaruit de *doelmatigheid* der opgenoemde kan blijken.

Zij heeft eene **breedte** van **16** en eene **hoogte** van **18 palmen**, en bevat behalve **al de steden en die dorpen, welke meer dan 1000 inwoners tellen**, ook alle andere plaatsen, *hoe klein ook*, die uit een geschied-, aardrijks-, of natuurkundig, geologisch of industrieel oogpunt *eenige merkwaardigheden* bezitten. De namen zijn zoodanig aangebragt, dat de leerlingen die van hunne zitplaatsen *niet* kunnen lezen, terwijl zij op eenen afstand van omtrent **4 ned. ellen** de *verdeling der provinciën*, het *verschil tusschen de provinciale en arrondissements-hoofdsteden*, *tusschen steden en dorpen*, *tusschen straat- en spoorwegen* en wat dies meer is zeer goed kunnen onderscheiden. De **9 vellen klein olifantspapier**, waaruit zij bestaat, zijn *goed getijmd*, opdat de Onderwijzer het getal der plaatsen naar zijne bijzondere behoefte zou kunnen vermeerderen, hetwelk te beter geschieden kan, daar de kaart *geenszins overladen* is. De prijs dezer Kaart, die naar de beste geschied- en aardrijkskundige bronnen (v. d. Aa, Witkamp, Brugsma, Beijer, v. Baarsel en Tuijn) is bewerkt, mag voorzeker een *minimum* geacht worden, en de Uitgever mag dan ook het genoegen smaken, dat zij van **hoogerhand is aanbevolen**.

D. WILLEMIER,

KORTE SCHETS DER OUDE AARDRIJKSKUNDE.

Eene Handleiding bij het Onderwijs op Gymnasiën en andere Scholen,

HERZIEN DOOR

Dr. N. J. B. Kappeljine van de Coppello.

Rector aan het Gymnasium te Gouda, f 0,60.

Dr. WILLEMIER'S **Korte Schets der Oude Aardrijkskunde** treedt hier in een gansch nieuw gewaad te voorschijn. De gunstig bekende Rector van Gouda's gymnasium sloeg er de verbeterende hand aan en levert in weinig bladzijden een geregeld overzicht van eene hoogst belangrijke wetenschap, waarbij hij partij heeft getrokken van het goede, dat er in den jongsten tijd omtrent de Oude Aardrijkskunde in 't licht is verschenen. Wij bevelen deze zeer *goedkoope* handleiding den Onderwijzer in Gymnasiën, Instituten enz. met vertrouwen aan.

D. WILLEMIER,

Tijdrekenkundig Overzicht,

der voornaamste Grieksche en Latijnsche oude Schrijvers,
 ten gebruike bij het Onderwijs in de Gymnasiën en andere
 Scholen. In gr. 12^o. 0,20.

LAND- EN VOLKENKUNDE.

D^R. BERGHAUS,

De Volken van den Aardbodem,

VOLGENS HUNNE

AFSTAMMING, VERWANTSCHAP EN EIGENAARDIGHEDEN

IN

REGERINGSVORM, ZEDEN, GEWOONTEN EN KLEEDERDRAGT.

UIT HET HOOGDUITSCH VERTAALD DOOR

M. J. van OVEN.

2 Deelen, met 120 de Natuur getrouw gevolgde extra-fraai gekleurde Platen.

Gebonden in 2 geheel blaauw linnen Prachtbanden, rijk verguld op plat en rug, f 55,10.

Onder de belangrijke lettervruchten, die in den loop van deze eeuw uit den vreemde op vaderlandschen bodem werden overgeplant, bekleedt voorzeker het bovengenoemde Werk eene zeer aanzienlijke plaats. De naam van den Schrijver alleen moet ieder reeds een hoog denkbeeld geven aangaande hetgeen onder een' zoo veel belovenden titel geleverd wordt: immers 't is BERGHAUS, de als geograaf en ethnograaf in zijn Vaderland hoog gevierde, door de gansche geletterde wereld gehuldigde geleerde, aan wiens hand men hier geheel het oppervlak der aarde rondwandelt, om er kennis te maken met den **Mensch**, en om dit eerste en edelste onder alle levende schepselen van nabij gade te slaan niet alleen in zijne verschillende rassen, maar vooral ook in de onderscheidene trappen zijner verstandelijke, zedelijke en godsdienstige ontwikkeling, en niet minder ook in zijne zoo wijduitloopende zeden, gewoonten en volksgebruiken. Die kennismaking geschiedt tevens — dank zij de geleidelijke voordragt, den klaren en boeienden stijl des Schrijvers — op de aangenaamste, innemendste wijze; terwijl alles, wat hij betreffende den lichaamsbouw, den gelaatsvorm, de kleederdragten der verschillende aardbewoners mededeelt, wordt opgehelderd en aanschouwelijk gemaakt door niet minder dan *honderd-en-twintig* naar de natuur getrouw gevolgde, met zorg gekleurde afbeeldingen, door welke dit Boek wordt verheven tot eene ware **Beeldengalerij** der volkeren — De verschijning van dit zoo schoone als veelomvattende Werk in onze taal werd dan ook algemeen toegejuicht, en bevoegde Beoordeelaars roemden om strijd de zorgvuldige uitvoering, getuigende eenparig, dat den weetlievenden hier een **PRACHTWERK** wordt aangeboden, 't welk betrekkelijk zeer *goedkoop* mag heeten en welks wederga nog bezwaarlijk te vinden is. — De vertaling geeft het oorspronkelijke zoo getrouw mogelijk weder.

F.-T.B.-CLAVEL,

GESCHIEDENIS DER GODSDIENSTEN,

behelzende de oude en hedendaagsche godsdienstige gebruiken, plegtigheden en leerbegrippen van alle volkeren der aarde.

Versierd en opgehelderd door **29 fraaije Staalgravures.**

2 Dln. in royaal gr. 8°. in twee geprest linnen banden f 12,00.

Dit Boek is de vrucht van een ijverig en langdurig onderzoek, en zoowel gerigt aan den *ongeleerde*, die zonder veel inspanning kennis wil opdoen, als aan den *geleerde*, die daarin eene soort van *memento* zal vinden aangaande alles, wat zijne

lectuur hem *belangrijks* en *wetenswaardigs* omtrent de gewijde zaken heeft opgeleverd. De stijl van den Schrijver kenmerkt zich door *eenvoudigheid* en *helderheid*, doch is tevens *sierlijk* en soms *pittoresk*. Wat CLAVEL van iedere Godsdienst zegt, bevat *haren oorsprong*, *hare gedenkteekens* van allerlei aard, *hare leerstelsels*, *zinnebeelden* en *zedeleer*; bijzonder belangrijk is al wat hij geboekt heeft betrekkelijk de *plegtigheden* en *gebruiken*, die in alle landen en bij alle volken gepaard gingen met de *geboorten*, *huwelijken*, *begravenissen*. Al verder boekt hij even beknopt als duidelijk de *martelaars* en *slagtoffers der eerediensten*, *haren invloed op de beschaving*, eindelijk hare *geographie* en *statistiek*; terwijl dit alles doormengd is met een' overvloed van *aardige episodien*, die de droogheid en afgetrokkenheid van ernstiger en verhevener berigten temperen of wegnemen. — Voegt men hierbij, dat de Schrijver geene bijzondere partij kiest, *niemand of niets* met *hoon* of *versmading* behandelt, slechts *onloochenbare facta* boekt; — en bedenkt men tevens, dat er dus verre geen Werk van dezen aard over dit onderwerp bestond, dan zal men gewis aan dit boek al den bijval schenken, dien het **zoo ruimschoots verdient**.

J. KRAMERS Jz.

GEOGRAPHISCH-STATISTISCH-HISTORISCH
H A N D B O E K

OF

BESCHRIJVING VAN HET WETENSWAARDIGSTE

UIT DE

**NATUUR EN GESCHIEDENIS DER AARDE EN HARE
BEWONERS,**

UIT DE BESTE EN NIEUWSTE BRONNEN ZAMENGESTELD,

Twee deelen met 2 platen. f 16,00.

Idem, in 2 nette geprest linnen banden, met vergulden
rugtitel. f 17,50.

Het Werk beslaat **1500 bladzijden** en is voorzien van **2 uitslaande platen**, benevens een *alleruitvoerigst register*, dat de bruikbaarheid van dit **Handboek** zeer vermeerdert.

De Gids, *de Boekzaal*, *de Tijd*, *de Globe*, *het Handelsblad*, *de Amsterdamsche Courant* en *Nordischer Telegraph* bevelen dit voortreffelijk Werk om het zeerst hunnen Lezers aan.

Een van onze Tijdschriften zegt er van: »Zonder te groote uitvoerigheid geeft het in onderhoudenden, levendigen stijl meer dan men in eenig werk ten aanzien van onze Aarde bijeen vindt. Van het *Wiskundige* en *Natuurkundige* gedeelte wordt op eene bevattelijke wijze datgene vermeld, wat voor elk, die in waarheid lust tot uitbreiding zijner kennis bezit, het aangenaamste moet zijn en begrepen kan worden. Hierbij wordt opgenomen de Aarde als *Hemelligchaam*; de *Dampkring* en de voornaamste werktuigen, die tot de regte kennis van dezen kunnen voeren; de *Luchtverhevelingen*; het *Water* en al het merkwaardige dat zich daarbij opdoet; de *vaste Oppervlakte* met hare menigvuldige verscheidenheden; de *Verspreiding der Planten, Dieren, Menschen*, enz., enz., en bij de behandeling van dit alles geeft de kundige Schrijver blijken, dat hij de nieuwste en beste bronnen geraadpleegd heeft. Daar, waar de Schrijver de *Landen of Rijken* ieder afzonderlijk beschouwt, maakt hij het Werk voor elken stand in de Maatschappij onmisbaar. Men vindt hierbij *Aarddeelen* opgenomen, die in andere Werken zeer onvolledig worden vermeld. *Klimaat, Producten, Godsdienst, Onderwijs, Taal, Letterkunde, Kunsten, Munten, Maten, Handel, Nijverheid, Financiële toestand, Krijgswezen*, dit alles wordt met zorg bij elk Rijk behandeld. De *Geschiedenis* is tot op den huidigen dag bijgewerkt. Door het toevoegen van de vroegere benamingen der *Landen, Steden, Rivieren*, enz., bij de tegenwoordige en de aanwijzing van de uitspraak der meeste dezer, heeft de Schrijver de nuttigheid en de voortreffelijkheid van dit Werk aanmerkelijk verhoogd. Niemand, die het raadpleegt bij de tegenwoordige verwickelingen in Europa, zal het onvoldaan uit de handen leggen, daar het den Lezer een' helderen blik doet slaan in de gebeurtenissen van den dag.»

STICHTELIJKE LECTUUR.

P R A C H T B I J B E L,

BEVATTENDE AL DE BOEKEN

VAN HET

O U D E en N I E U W E T E S T A M E N T

MET DE

A P O C R Y F E N ,

VOLGENS DE STATEN-OVERZETTING.

Opgehelderd door gelijklopende plaatsen en aantekeningen van eenige

VADERLANDSCHE GODGELEERDEN.

Met 80 keurig bewerkte Staalplaten,

NAAR SCHILDERIJEN DER BEROEMDSTE MEESTERS, OF GEZICHTEN DER VOORNAAMSTE
PLAATSSEN, IN DE H. S. GENOEMD, NAAR DE NATUUR GETEEKEND DOOR W. H. BART-
LETT, OP ZIJNE JONGSTE REIZEN DOOR HET HEILIGE LAND.

BENEVENS EEN ALPHABETISCH REGISTER OP HET OUDE EN NIEUWE TESTAMENT,
EENE KAART VAN PALESTINA, EN EEN GEILLUSTREERD FAMILIE-REGISTER,
OM DAARIN NAAR OUD-VADERLANDSCH GEBRUIK DE HUWELIJKEN, GE-
BOORTEN EN STERFGEVALLEN AAN TE TEEKENEN.

Kompleet in 107 Afleveringen f 85.60.

Idem *rijk gebonden* in één geheel lederen band, zijnde op het voor en achterplat op eene *fraaije* en *krachtige wijze* toepasselijke *allegorische beeldengroepen* in relief geprest, terwijl het geheel, alsmede de rug, met *antiek lofwerk* is omgeven; daarenboven is de *geheele snede verguld* en dienen *twee krammen* tot sluiting. — Prijs: geheel compleet met den band. f 106.—

„Eene uitgaaf van al de boeken des Bijbels, welke in keurigheid van uitvoering en pracht van staalgravures elke andere overtreft, die ooit in ons vaderland werd geleverd, wordt hier onder de oogen van het Publiek gebracht en aan de algemeene belangstelling aanbevolen.

’t Is zeker wel waar, dat de onschatbare innerlijke waarde der Heilige Schriften niet wordt verhoogd door den uiterlijken vorm, waarin zij worden gekleed: maar ’t is ook even waar, dat die vorm kan medewerken, om tot hare lezing uit te lokken en haren indruk te bevorderen. Het kan immers niet onverschillig zijn, hoe het juweel *gezet* wordt, ofschoon het daarbij aan innerlijk gehalte verlieze noch winne. Daarom ook zal het wel niemand bevreemden, maar veeleer door alle welgezinden worden toegejuicht, wanneer de *Kunst*, die in onzen leeftijd tot zoo hoogen trap van volmaaktheid is geklommen, zich meer en meer op het *heilige* begint te

richten. Moet *godsdienst* heerschen in het menschelijke hart, dan behoort zij ook elken levenstoestand en elke werkzaamheid te doordringen en aan al het aardsche eene hoogere wijding te geven. Dan moet zij de luit van den dichter bezielen; zij het penseel van den schilder leiden; zij teekenstift en graveernaald besturen en den beitel in de hand des beeldhouwers; maar, dan mag zij althans ook van de boekdrukkunst, die zich van den beginne af beijverd heeft om het gezegend licht van godsdienstkennis te verspreiden, verwachten, dat die nu ook op den hooger trap van volmaaktheid, dien zij bereikt heeft, aan het goddelijke en heilige dienstbaar zal blijven. Alle kunst is eene vrucht van de menschelijke ontwikkeling, en staat daarom evenmin als de wetenschap op zich zelve. Zij miskent hare bestemming, waar zij zich enkel voorstelt te streelen en te behagen. Zij miskent haar nog meer en vertrapt hare eigene waarde, waar zij zich vernedert om der zonde en der onreinheid dienstbaar te zijn. Edeler, verhevener is hare roeping. Dienaresse Gods te zijn, dat is hare hoogste, eigenlijke bestemming. Alle vermogens, waarmede de Schepper de menschheid heeft toegerust, moeten tot zijne verheerlijking worden aangewend. Ook Kunstzin en Schoonheidsgevoel behooren dus tot Hem op te leiden — en elke poging om de kunst, op welk gebied dan ook, te doen naderen tot dit ideaal, waarnaar zij moet streven, verdient goedkeuring, aanmoediging, ondersteuning van elk, die de godsdienst op prijs stelt en de eere Gods lief heeft.

Zulk eene poging heeft de uitgever van dezen Prachtbijbel willen aanwenden. Het schoonste, wat de oudere en nieuwere school der gewijde schilderkunst heeft voortgebracht, en al wat graveerstift en typographie voortreffelijks vermochten te leveren, vindt men hier vereenigd, om aan de heilige Schriften des Bijbels, wier innerlijke waardij alles te boven gaat, ook den schoonst mogelijken vorm te geven. Kunnen ook platen, gelijk er zoo vele bestaan, tot menige valsche voorstelling leiden, — waar zij niet enkel *fraai*, maar ook zooveel mogelijk *waar* pogen te zijn, dáár gewis kunnen zij de voorstelling verhelder en de voorgestelde zaak dieper in hart en geheugen prenten.” —

Op bovenstaande wijze kondigde de Uitgever zijnen **Prachtbijbel** bij het Nederlandsch Publiek aan. Hij zettede die met ijver voort, gerugsteund door den bijval, die zijne onderneming mocht vinden, maar vooral aangemoedigd door de goedkeuring, die bevoegde Beoordeelaars aan zijne uitvoering hechtten. Als een staaltje van ’t laatste willen wij hier enkel eenige regels aanhalen uit hetgeen de Schrijvers der **Kerkelijke Courant**, in hun nummer van 6 Februarij 1856 omtrent de nu voltooide onderneming zeggen: „Wij zouden meenen (dus luidt het daar) aan onze verplichting jegens het kerkelijk publiek in Nederland te kort te doen, wanneer wij niet, na herhaalde aankondiging in ons blad, gedurende de voortzetting van den schoonen arbeid, ook nu, bij de voltooiing, van dien arbeid gewaagden. In 92 Afleveringen (buiten de Apocryfen) is VAN GOOR’S Prachtbijbel compleet in ’t licht verschenen, en ons land is een boekwerk rijker geworden, waarvan de uitvoering den boekhandel, de bewerking der wetenschap en de menigte Inteekeparen den godsdienstigen zin van het publiek eer aandoen. Van het begin tot het einde even keurig in druk, papier en plaat, is tevens de bewerking met groote zorg geschied. Voor den tekst is de Staten-overzetting behouden, met de veranderde spelling. Onder aan den voet der bladzijden zijn aantekeningen geplaatst van taal- en uitlegkundigen aard, terwijl daar ook de opgave wordt aangetroffen van betere lezing of juistere vertaling dan de Statenbijbel heeft. Was er ook al voor uitgebreide noten geene ruimte, de korte aantekeningen geven verklaring van duistere plaatsen en zijn gesteld met eene helderheid, die ze toegankelijk maakt voor het publiek.....” Doch waartoe nog meer lofspraak hier aangehaald? De algeheele en onverdeelde bijval, dien deze Bijbeluitgave ten deel viel, is een schier eenig verschijnsel, en wij willen hier alleen nog bijvoegen, dat, wat de *prijs* betreft, deze in geen deele hoog, maar in tegendeel matig, zeer matig zelfs is gesteld.

J. H. van der PALM,
Bijbel voor de Jeugd,

TAFEREELN UIT DE GEWIJDE GESCHIEDENIS

VOOR

CHRISTEN-HUISGEZINNEN.

Van dit belangrijk en in zijne soort geheel eenig werk bestaan

DRIE UITGAVEN in verschillende formaten, als:

- 1°. Eene **Prachtuitgave** in drie deelen, met 50 Extra fijne STAALPLATEN, eene *Kaart van Palestina*, het *Portret van den Schrijver* en eene *Inleiding van een' zijner Leerlingen*. — Gebonden in 3 rijk op plat en rug verguld linnen banden en verguld op snede. f 30.—
- 2°. Eene **groot 12° uitgave** op Hollandsch druk-mediaan, compleet in 24 stukken. f 12.—
- 3°. Eene **klein 8° Schooluitgave**, compleet in 12 deeltjes. f 8.30.

Wie kent niet den naam van VAN DER PALM, den grooten Volks-redenaar en Volksschrijver, die de letterkunde van zijn land gedurende een geheel tijdvak als te beheerschen en met zachten dwang op eene nieuwe baan te leiden wist, en die haar met zoo menig geschrift heeft verrijkt, dat met zeldzame graagte ontvangen en gelezen, met algemeene geestdrift bewonderd en beoefend werd? Onder al die geschriften is 't inzonderheid zijn **Bijbel voor de Jeugd**, waardoor hij zich een' onverwelkelijken lauwer heeft gevlochten, en meer dan door eenig ander voortbrengsel zijner pen heeft bijgedragen tot vermeerdering der kennis van goddelijke en menschenlijke zaken onder Christus' belijders. 't Is hier vooral, dat zijn uitstekend talent, om de moeilijkste zaken uit de duisternis aan het helderste licht te brengen en een' overrijken schat van geleerdheid in een hoogst eenvoudig gewaad te kleeden, zich in al zijne kracht vertoont; hier vooral, dat hij in zijn' muzikalen prozastijl eenvoudigheid, waardigheid en kracht aan helderheid, diepte en losse bevalligheid weet te huwen, en den bezielenden adem van het Zuiden door de deftige bezadigdheid van het Noorden doet trillen. Die zeldzaam vereenigde hoedanigheden waren het, welke aan dit zijn Werk een' zóo algemeenen en onverdeelden bijval deden verwerven, dat van de afzonderlijke stukken, waarin het aan 't licht trad, telkens weder een herdruk noodig was, eer nog het geheel was afgewerkt; dat terstond daarna eene meer goedkoope, de zoogenaamde schooluitgave, werd opgelegd, en dat in deze dagen de tegenwoordige eigenaar van het Werk eene nieuwe en wel eene **Prachtuitgave** deed te voorschijn treden, die alweder met onverflaauwde belangstelling, ja met hooge goedkeuring en toejuiching werd ontvangen. Voorwaar een niet alledaagsch verschijnsel, vooral in ons land, en dat zich enkel (wij herhalen het) laat verklaren door de innerlijke en blijvende waarde, door de zeldzame verdiensten van het Boek zelf, 't welk echte liberaliteit met bijbelsche regtzinnigheid vereenigt.

VAN DER PALM noemde het een **Bijbel voor de Jeugd**; maar men zou zich schromelijk vergissen, als men, op dien titel afgaande, van meening was, dat het enkel en uitsluitend voor den jeugdigen leeftijd geschikt en bestemd is, en minder aan den smaak, de behoeften en eischen van volwassenen kan voldoen. De Schrijver zelf zeide dienaangaande: «Het is er ver van daan, dat ik het gebruik mijns werks alleen tot jongelieden zou bepalen. Ik geloof, dat het door Kerkleeraars, door Schoolonderwijzers, door Vaders en Moeders van Christelijke huisgezinnen

met vrucht zal kunnen gebezigd worden.» Daarom wilde hij zijn arbeid liefst beschouwd hebben als eene verzameling van **Bijbelsche Tafereelen** en gaf hij ook werkelijk dien naam als bijzondere titel aan elk der stukken, in welke hij verscheen; — zoodat het geheel in den geest des Schrijvers gehandeld was, toen «een zijner dankbare Leerlingen,» die de Prachtuitgave met eene hoogst belangrijke *algemeene inleiding* verrijkte, aan den titel van 't geheele werk de uitbreiding toevoegde: **Tafereelen uit de gewijde geschiedenis voor Christen-Huisgezinnen.**

Ja, voor **Christen-Huisgezinnen** van elken stand is deze Bijbel van VAN DER PALM, als bij uitnemendheid bestemd; daár behoort hij geheel te huis, daár mag hij niet vergeefs gezocht, daár kan hij niet zonder nadeel voor de godsdienstige en zedelijke vorming gemist worden; want hij behoort tot die weinige boeken, «welke, hoe ook de smaak veranderen moge, in het oog van braven en weldenkenden, niets van hunne waarde verliezen.» En wel te regt werd het nog onlangs door een' onzer geleerden bejammerd, dat hier en daar nog, in plaats van dit schoone, nationale meesterstuk, enkele vertalingen, en daaronder zeer middelmatige van uitheemsche producten van dien aard werden aangetroffen.

Is de behoefte aan datgene, wat dit Werk aanbiedt, allen Huisgezinnen gemeen, het wordt door de verschillende uitgaven ook onder ieders bereik gesteld, en dit te eerder, daar men zoowel ieder stuk der 12° uitgave, als elk der deeltjes van de zoogenaamde school-editie in 8°, afzonderlijk bekomen kan, de eersten à f . 50 de laatste à f . 60 of . 70. Wat de Prachtuitgave betreft, deze kan niet anders dan in haar geheel worden afgeleverd. Bij deze laatste, die én door typographische uitvoering én door hare 50 **Staalplaten** haren naam ten volle waardig is, zijn de beide Kaartjes der eerste uitgave (als ontoereikend en in sommige opzigten verouderd) weggelaten, en vervangen door eene nette, naauwkeurige **Kaart van Palestina**, die zoodanig is ingerigt, dat zij voor 't gebruik bij het *Oude*, zoowel als bij het *Nieuwe Testament* geschikt is; terwijl tegenover het titelblad het welgelijkend *Afbeeldsel des Schrijvers* prijkt.

G. D. STERINGA KUYPER,

Het Gewigtigste Levensuur.

RAADGEVINGEN EN LESSEN AAN JONGE MEISJES.

bij het doen harer Belijdenis, gr. 12°. in een net bandje. f 1,20.

Niemand zal in de rij zijner stichtelijke litteratuur dit Werkje geene plaats waardig rekenen. 't Zijn woorden uit het hart tot het hart gesproken opgemoedelijken, ongedwongen, ernstigen en beschaafden toon; 't is eene heldere en vrije voorstelling der Evangelische waarheid, geheel in den geest der liefde. Bovenal zij het aan ouders en betrekkingen aanbevolen, die hunnen lievelingen op het hoogste en heiligste feest haars levens een kostelijk geschenk willen opdragen. De Heer gebiedt: «zijnen zegen over!»

G. D. STERINGA KUYPER,

Lentebladen.

WOORDEN DES GELOOFS EN DER LIEFDE

den Jongeling toegesproken in de Heiligste dagen zijns levens, gr. 12°. in een net bandje. f 1,20.

Woorden des verstands en der gezonde leere, woorden des geloofs, gelijk zij uit een opregt, welmeenend hart zijn voortgekomen, en tot liefde dringen door 't geloof in CHRISTUS, — *woorden der liefde*, ziedaar wat deze **Lentebladen** aanbieden. De Schrijver wilde in de dagen, waarin de Natuur uit haren winterslaap ontwaakt en waarin tevens de daarvoor rijp geworden christelijke jeugd zich voorbereidt, om zich met den Heer en zijne gemeente te verbinden, den christelijken jongeling zijnen bijstand bieden, opdat hij met een diep geroerd gemoed, maar tevens met een helder bewustzijn van zijnen bij uitstek gewigtigen stap tot het eerste Avondmaal zijns Heeren toetredt. God geve eene goede aarde voor het uitgestrooide goede zaad!

VAN BALEN BLANKEN,
Feest-geschenk voor jeugdige Christenen,

VOORAL VOOR HEN, DIE ONLANGS BELIJDENIS DES GELOOFS HEBBEN AFGELEGD.

f 1,00.

Wat dit Feestgeschenk inhoudt? Eene kleine maar onschatbare verzameling van wenken en raadgevingen, hoe jeugdige menschen, inzonderheid zij, die tot leden van Jezus gemeente zijn aangenomen, zich bij onderscheidene voorvallen, ontmoetingen en lotwisselingen op hunne baan te gedragen hebben, eene soort van handboekje, om telkens geraadpleegd te worden, ten einde den eenigen waren koers op de levenszee te houden. — En deze wenken en raadgevingen, zij zijn niet voorgedragen in den stroeven redenaars- of betoogtrant, maar in eenige fiksch geschilderde tafereelen, welke opschriften luiden: UITNOODIGING TOT HET BAL; — INTEEKENING-LIJST OP EENE TE GEVEN OPERA TEN VOORDEELE VAN B.; — EENE WANDELING OP DEN ZONDAG NAAR DEN BOUWVAL VAN W.; — HET KOFFIJS HUIS EN DE SOCIETEIT; — HET GEMENGDE HUWELIJK; — DE PROSELITEN-JAGT; — KORTE HERINNERING VAN EENIGE CHRISTEN-PLIGTEN (omtrent den dienstbaren stand, liefdadigheid, huiselijkheid, gebed). — Ouders! Voogden! u zij dit Feestgeschenk voor uwe zonen en dochteren en pupillen aanbevolen!

A. B. van MEERTEN, geb. SCHILPEROORT.

Het Gedachtenismaal des Heeren.

AVONDMAALS-LEKTUUR VOOR EENVOUDIGEN.

In verschillende omstandigheden des levens,

2de vermeerderde druk gr. 12vo in een keurig verguld bandje met Staalgravure. f 1,40.

Teneinde een bewijs te geven van het nuttige en belangrijke van dit Werkje, volgt hier de

Inhoud:

1. Onze verschijning aan het Avondmaal, eene hulde aan onzen Heer. — 2. Het Avondmaal, een rustpunt in een leven vol onrust. — 3. Schuldbelijdenis. — 4. Het Avondmaal, bevestiging van de vergeving onzer zonden. — 5. Goede voornemens. — 6. Het Nachtmaal des Heeren, een Gedachtenismaal. — 7. Het Avondmaal, eene bevestiging van ons geloof. — 8. De wijnstok en de ranken. — 9. De gemeenschap der Christenen in het Avondmaal. — 10. Het Avondmaal, een maaltijd van liefde en verzoening. — 11. Voor dit maal ga heen! — 12. Emma's eerste Avondmaalsviering. — 13. Het Avondmaal in den ouderdom. — 14. Durft gij ook ten Avondmaal gaan? — 15. Het Avondmaal, eene plegtigheid voor alle tijden. — 16. Het Avondmaal in voorspoed. — 17. Het Avondmaal in tegenspoed. — 18. Het Avondmaal, eene aansporing tot eenswillendheid met God. — 19. Mag ik wel tot de Nachtmaalstafel naderen? — 20. Wacht u voor overspanning. — 21. Het Nachtmaal in de ziekenkamer. — 22. Het Avondmaal in de lente, een feest der onsterfelijkheid. — 23. Avondmaal op den sterfdag van Jezus. — 24. Gods trouw, der menschen ontrouw. — 25. Het Avondmaal, eene verkwikkelijke toefplaats in de woestijn des levens. — 26. Christelijke bemoediging bij het Avondmaal. — 27. Na het gebruik des Heiligen Avondmaals. — 28. Beschouwing van de groote genade Gods, ons in het Avondmaal bewezen. — 29. Verdartelt de goede indrukken niet. — 30. Welke moeten de vruchten van het Avondmaal zijn. — 31. Op den avond van eenen Avondmaalsdag. — 32. De uiterlijke viering des Avondmaals. — Voorbereiding tot het Nachtmaal in den huiselijken kring voor eenige jeugdige zusteren.

A. B. van MEERTEN, geb. SCHILPEROORT,

De Vrede der Ziel

en de middelen om dien te verkrijgen.

Lektuur voor beschaafde Vrouwen. Naar het Hoogduitsch in gr. 12vo. f 0,90.

De rijkbegaafde Overbrengster van deze duitsche lettervrucht op onzen bodem, zij, die het opkomend geslacht in 't algemeen en hare sekse in 't bijzonder reeds door zoo menig leerrijk geschrift duur aan zich verpligte, heeft zich met hare omwerking van dezen *Vrede der Ziel* nieuwe aanspraak verworven op de erkenning van allen, die het om leering en stichting te doen is. Geene beschaafde vrouw zal dit Werkje onbevredigd ter zijde leggen; niemand zal het kunnen lezen, zonder zijn *zelfkennis* en daarmee zijnen *zielenvrede* vermeerderd te hebben.

A. B. van MEERTEN, geb. SCHILPEROORT,

JACOB CATS,

de Gids en Troost, inzonderheid der ouden van dagen,

Eene bloemlezing uit zijne belangrijkste werken, gr. 12^o. f 0,90.

Eene bloemlezing uit de belangrijkste werken van *Vader* CATS in zamenhang gebracht door *Mevrouw* VAN MEERTEN: — wie zal ze niet eene kostbare nalatenschap noemen, zoowel van den vereeuwigen Volksdichter zelve, als van de bekwame Schrijfster en Opvoedster, die aan dit Werk den laatsten tijd van haar zoo werkzaam en nuttig leven besteedde? De nu ontslapene vrouw, tot wier eere te Gouda een *monument* verzezen is, noemt CATS de vreugd van hare kindschheid, den leidman harer jeugd, den raadgever van haar gemiddelden leeftijd, den troost van haren ouderdom; — en dat alles kan hij nu te eerder en te gemakkelijker voor een iegelijk wezen, nadat zij orde en samenhang heeft gebracht in de kostelijke waren, die in het rijk voorziene magazijn van den dichter zoo dooreen verspreid en op elkaar gestapeld lagen. Een kort levensberigt van den Dichter, en eene vlugtige vermelding van zijne politieke loopbaan gaat het werk vooraf. Verdere aanbeveling zou eene beleediging zijn voor den goeden smaak onzer Landgenooten.

CHARLOTTE SPATH,

MARIA WERNER,

De Moederlooze. Een Gids op 't levenspad voor Meisjes en Vrouwen.

Naar het Hoogduitsch, door A. G. Bruinses. Met eene voorrede van Prof. P. Hofstede de Groot, gr. 12vo. f 2,50.

„Een Gids op 't Levenspad“, die de Moederlooze Dochter of de jeugdige Vrouw op de glibberige baan getrouw voor wankelen behoedt, — 't is een veelbelovende titel, maar, ik ben er zeker van, de inhoud zal dien niet logenstraffen; hij wordt veeleer op elke bladzijde bevestigd en de jeugdige of meer bejaarde lezeres vindt er een' schat van nuttige wenken in, zoodat dit *Boekje* het beste geschenk van den Vader aan zijne Dochter, van den Echigenoot aan zijne jeugdige Gade, mag genoemd worden, die het gaarne een plaatsje zullen inruimen in het boekvertrek of de houthoudkamer.”

A. de HEER Jr.
A A N W I J Z I N G

DER VOORNAAMSTE GESCHIEDENISSEN DES BIJBELS, f 0,20.

Een gemakkelijk handboekje voor *Catechisanten*, waarin de gebruiker al de gebeurtenissen, in het *Oude en Nieuwe Testament* geboekt, in geleidelijke orde vindt aangewezen, zoodat hij die terstond in het *Bijbelboek* kan opslaan, en zich den tijd en de moeite der doorbladering besparen.

MAÇONNIEKE GESCHRIFTEN.

F. - T. B. - CLAVEL,

Geschiedenis der Vrijmetselarij

EN DER

VROEGERE EN LATERE GEHEIME GENOOTSCHAPPEN,

In royaal gr. 8°. 2^e druk, gebonden in rijk vergulden linnen
prachtband. f 9,65.

Dit werk, de vrucht van twintigjarige geregelde en onvermoeide vlijt, dat met niet minder dan 25 *fraaije Staalgravuren* is versierd en opgehelderd, moet als een onmisbaar *handboek voor elk lid der maçonnieke orde* worden beschouwd, terwijl ook de *oning-wijde* niet anders dan met nut en genoegen de geschiedenis van een genootschap kan lezen, dat van de oudste tijden af zulk een' veel beduidenden invloed heeft uitgeoefend. Met evenveel onpartijdigheid als zaakkennis bewerkt, bevat het tevens een' grooten schat van historische daadzaken en treffende anecdoten, die dus verre nog ongedrukt bleven, daar zij uit de *verborgenste archieven*, tot welke de Schrijver toegang had, zijn geput.

EMANUEL REBOLD,

Algemeene Geschiedenis der Vrijmetselarij.

ONTLEEND AAN HARE OUDE DOCUMENTEN EN AAN DE DOOR HAAR OPGERICHTE GEDENKTEEKENS VAN HARE STICHTING IN HET JAAR 715 VÓÓR CHR. TOT IN 1850.

Uit het Fransch vertaald, f 5,70. Idem in linnen band f 4,10.

„Eene *maçonnieke bibliotheek* op weinige bladzijden” luidde de vereerende getuigenis door buitenlandsche achtenswaardige leden der Orde afgelegd, en de Uitgever twijfelt dan ook niet of dit beknopt, duidelijk en zaakrijk geschiedboek der Orde zal zoowel voor leden als oningewijden geschikt zijn, om hun een blik te doen werpen op de wording en uitbreiding dier instelling.

G. KLOSZ,

De Vrijmetselarij in hare ware beteekenis.

uit de Oude en Echte Oorkonden der Steenwerkers, Masons
en Vrijmetselaars in het licht gesteld. In royaal 8vo. f 5,75.

Met het volste regt mag men verwachten, dat dit Werk, de vrucht der veeljarige studie van een' zoo geleerden als schranderen en onbevooroordeelden Vrijmetselaar, den verdienden opgang zal maken. Het maakt op niets meer of minder aanspraak dan te zijn: Een *onvervalscht en onopgesierd verslag omtrent den oorsprong, den aard en het doel* der zooveel besprokene, zoo vaak miskende, zoo schaars gekende *Broederschap*; en dat verslag is getrokken uit een groot getal van oorkonden, die de Schrijver of zelf het eerst ontdekte, of die, als hier en daar verstrooid, tot dusverre als onbruikbare, onbewerkte bouwstof bleven liggen. Dat het hem daarbij om *waarheid* en om die alleen te doen was, moet bij iederen lezer van dit Werk boven allen redelijken twijfel verheven wezen.

WILLIAM PRESTON,

DE VRIJMETSELARIJ OPGEHELDERD.

Naar de zestiende engelsche uitgave. f 0,75.

De verdiensten van WILLIAM PRESTON omtrent de orde der Vrijmetselaars worden te zeer en te algemeen erkend, dan dat het noodig zou zijn, die hier te verheffen. Dit Werkje, niet minder dan 16 malen in Engeland herdrukt, geeft een zoo beknopt als duidelijk overzicht van den *oorsprong, den aard en de bedoeling der Orde*. Het kan den ingewijde tot een' trouwen *gids* dienen, en den profanen lezer van zijne (*mogetijke*) vooroordeelen genezen.

A. RUYSCHE,

ACACIA-LOVEREN,

EENE KLEINE VERZAMELING VAN NIEUWE MAÇONNIEKE GEZANGEN VOOR
NEDERLANDSCHE V. V. M. M. f 0,75.

Eene wel kleine, maar zeer nette en doeltreffende verzameling van geheel nieuwe *Maçonnieke Liederen*, in de Nederlandsche en Fransche taal. Zij zal den *B. B.* gewis bij hunne werkzaamheden zeer welkom wezen.

DE GIDS VOOR DEN L. VRIJMETSELAAR. Derde druk f 1,00.

In een' kleinen bundel vindt men al datgene bijeen gebracht en duidelijk voorgesteld, wat den *Leerl. V. M.* na zijne opname in de *Broederschap* noodig is te weten, om zijne eerste wankelende schreden in de *K. K.* te besturen. Of de *Gids* een goede, een veilig te vertrouwen *gids* mag heeten, daarvoor pleit, onzes inziens, de bijzonderheid, dat in twee jaren tijds de beide eerste drukken waren uitgeput, zoodat deze *derde* en verbeterde uitgave het licht moest zien, terwijl deze niet dan voor ingewijden verkrijgbaar is en gezegeld wordt afgeleverd.

ALLERLEI

Staatsbladen,

VAN HET

Koningrijk der Nederlanden.

Van 1813 tot en met 1840.

In geprest linnen band f 18,00, — In geheel leder f 20,00.

Van 1841 tot en met 1850.

In geprest linnen band f 14,00. — In geheel leder f 15,50.

Terwijl elk der Jaargangen van 1841 af en vervolgens ook afzonderlijk tegen den zeer geringen prijs van f 1,25 wordt afgeleverd.

Het was gewis een gelukkig denkbeeld om al de *Wetten, Beshuiten, Reglementen, Ordonnantien, Publicatien, Proclamatiën*, enz. enz., die sedert 21 November 1813 van de Hooge Landsregering zijn uitgegeven, naar tijdsorde bijeen te zamelen en in het licht te zenden. Daardoor toch werd eene uitstekende dienst bewezen aan allen, wien de *Wetten* van ons land ter harte gaan, en vooral aan hen, die door hunne betrekking genoodzaakt zijn, zich met die *Wetten* enz. bekend te maken. Zij worden toch daardoor van het zoo moeilijk en tijdroovend naslaan van de van Gouvernements-wege uitgegeven *Staatsbladen* ontheven, die niet minder dan 27 **lijvige boekdeelen** bevatten, welke hier in eenen band van 1270 compres gezette, maar duidelijk leesbare bladzijden in twee kolommen zijn vervat. De tegenwoordige Uitgevers, **G. B. van Goor** te Gouda en **P. A. de Jong** te Arnhem, gaan onvermoeid met dit belangrijk werk voort. *Aangemoedigd door het debiet*, dat het reeds mogt vinden, sparen zij van hunne zijde kosten noch moeite, om het geheel aan het oogmerk der gebruikers te doen beantwoorden. Wat aan dit Werk eene groote waarde voor den Gebruiker bijzet, zijn de twee alphabetisch geordende *Algemeene Registers*, waarvan het eene over de stukken van 1813 tot en met 1840 het andere over die van 1841 tot en met 1850 loopt, en waarin men alzoo met eenen enkelen oogopslag het begeerde stuk kan vinden, hetgeen anders vaak een even vervelend als tijdroovend werk zou wezen.

D. DORBECK TH^r.

M O S C H R O Z E N .

ZANGEN EN FANTAZYËN.

36°. Verguld op snede, in blaauw linnen bandje verguld op plat en rug. Prijs f 1,40.

Toonen van minnesmart en minneweelde, van weemoed en verlangen, van hope en vreeze, van vreugde en droefheid, — gezongen door **Dorbeck**, ten geleide van een twaalftal keurige staalplaatjes, — gehuld in een' bevalligen dos en net zakformaat, — ziedaar wat deze *Moschrozen* aanbieden, die zoo geheel in de fijne vingers onzer schoonen te huis behooren, om ze op haar' liefelijken geur te vergasten.

J. KRAMERS Jz.

PROEVE VAN LUIMIGE DICHTSTUKJES, f 0,60.

J. B. RIETSTAP,
HANDBOEK DER WAPENKUNDE,

BEVATTENDE:

1. De Geschiedenis der Wapenkunde. — 2. De Practijk der Wapenkunde. — 3. Registers der Wapens van den thans bloeienden Nederlandschen adel; van de Staatslieden en Veldheeren van Napoleon I; van beroemde personen uit vroeger en later tijd; enz.

OPGEHELDERD DOOR VIJF PLATEN, MET 546 FIGUREN. f 2,40.

Welk veld van wetenschap mogt ten onzent gezegd worden tot heden als't ware nog braak te liggen, zoo 't niet de **Wapenkunde** is? Inderdaad, die wetenschap verkeerde bij ons nog in een' staat van wording; men behielp zich met het fransche heraldiek-systeem, dat niet alleen aan den eenen kant veel bevat, dat wij kunnen missen en aan den anderen ons weder vaak in verlegenheid laat, maar tevens onze taal met een' vloed van bastaardwoorden overstroomt. Het werd dan bij de toenemende belangstelling in de heraldieke wetenschap (ook in Nederland zoo zichtbaar) hoog noodig, dat er een nieuw gebouw wierd opgetrokken, dat de bastaardwoorden voor verstaanbare, zuiver nederduitsche benamingen plaats maakten, en de wetenschap, ontdaan van haar geheimzinnig waas, in gelijkmatige, zamenhangende volgorde voorgesteld werd. De Heer RIETSTAP heeft zijne krachten aan deze waarlijk niet gemakkelijke taak beproefd; en 't is den kenneren gebleken, dat hij voor deze geheel was opgewassen, zoodat ook Nederland thans een Handboek der Wapenkunde in eene eigene heraldieke taal bezit, waarop alzoo een nederlandsche stempel staat gedrukt en dat den dilettant tot 'leiddraad, den geleerde tot legger of tot opscherping van 't geheugen kan dienen.

Het geheel is in 3 Afdeelingen gesplitst, die gezamenlijk de *geschiedenis, theorie en practijk* der Wapenkunde bevatten, toegelicht door *honderden voorbeelden van werkelijk bestaande familie-wapens* en opgehelderd door *vijf platen met 546 figuren*.

Eerste Afdeeling. *Geschiedenis der Wapenkunde.* Deze afdeeling behandelt de fabelachtige verhalen omtrent de oudheid der heraldieke wetenschap, de gewaande symboliek der kleuren, de historische bewijzen omtrent het ontstaan der wapens, de oude zeden met betrekking tot de wapens, de heraldische wetgeving in verschillende landen, en besluit met een overzicht van den vroegeren en tegenwoordigen toestand van adel en wapens in Nederland.

De **Tweede Afdeeling**, *Practijk der Wapenkunde*, is gesplitst in de volgende Hoofdstukken, uit wier titels de inhoud genoegzaam blijkt:

I. HET SCHILD EN ZIJNE VERDEELING. — II. DE WAPENKLEUREN. — III. DE WAPENFIGUREN. — IV. HERALDIEKE HOOFDFIGUREN. — V. HERALDIEKE BIJFIGUREN. — VI. HERALDIEKE ONDERVERDEELING. — VII. EIGENSCHAPPEN DER HERALDIEKE STUKKEN. — VIII. CLASSIFICATIE DER HERALDIEKE STUKKEN. — IX. NATUURLIJKE WAPENFIGUREN. — X. KUNSTMATIGE WAPENFIGUREN. — XI. HERSENSCHIMMIGE WAPENFIGUREN, OF MONSTERS. — XII. HELMEN. — XIII. KROONEN. — XIV. HOEDEN, BARETTEN, ENZ. — XV. HELMTEEKENS. — XVI. HELMDEKKLEEDEN. — XVII. SCHILDHOUDERS. — XVIII. BANIEREN, VANEN, ENZ. — XIX. WAPENKREET EN WAPENSPREUK. — XX. MANTELS. — XXI. ANDERE SIERADEN DER WAPENSCHILDEN. — XXII. REGELEN DER WAPENKUNDE, EN WIJZE VAN BLAZOENEREN. — XXIII. DE VERSCHILLENDE SOORTEN VAN WAPENS. — XXIV. BREUKEN. — XXV. HERALDIEKE TEEKENEN VAN WAARDIGHEDEN.

In de **Derde Afdeeling**, getiteld *Wapenregisters*, wordt het in de Tweede Afdeeling geleerde toegepast. Die toepassing was echter niet het eenige doel; de Schrijver heeft voornamelijk beoogd hun te gemoet te komen, voor wie de kostbare en zeldzame heraldieke plaatwerken niet toegankelijk zijn. Daarom bevat *Hoofdstuk I* een *naamregister der wapens van den thans bloeienden Nederlandschen Adel*, met opgave van de helmteekens, schildhouders, wapenspreuken enz. In *Hoofdstuk II* vindt men de *wapens van de meest bekende legerhoofden, staatslieden enz. van Napoleon I*, merkwaaardig ook uit hoofde van de nieuwe beginselen, welke de keizer bij de Fransche heraldiek had ingevoerd. Terwijl eindelijk *Hoofdstuk III*, waarmede deze Afdeeling besloten wordt, de *Wapens* behelst van een aantal beroemde mannen uit vroeger en later tijd en dus voorzeker aan de wenschen van menig beoefenaar der Wapenkunde te gemoet zal komen.

Uitvoerige registers: 1° van de aangehaalde en beschrevene familiewapens, 2° van de behandelde zaken en kunsttermen (ook de vreemde), besluiten het werk, — dat bij deze in de algemeene belangstelling zij aanbevolen.

H. E. G. SMITSHUYZEN,
HANDLEIDING VOOR DEN JAGER,
OF
JAGT-CURSUS,

Inhoudende de wijze om het wild overal op te sporen en te schieten, het dressereren der honden en alles wat verder op de jagt betrekking heeft; benevens de wet tot regeling der jagt en visscherij. f 0,55.

De Schrijver legt in dit zaakrijk Werkje kort en bondig de vruchten van eigen ervaring neder, en daaraan ontleent het gewis eene bijzondere waarde. De on- of mingeoefende vindt er volkomen onderrigt en verdere opleiding, de meer bedrevene menigen nuttigen wenk. Hij behandelt in geleidelijke volgorde: den *Hond*, het *Geweer*, de *Kleeding*, de *Kamerjagt*, de *Lading* en het *Schoonmaken van het geweer*, de *Opening der jagt*, verschillend *Jagtwild* (haas, konijn, vos, patrijs, eendvogel, watersnep, houtsnep, fazant, korhoen enz.), het *Afrigten der Honden*, *Jagtermen*, *Geneesmiddelen* tegen de meest algemeene kwalen der honden, en geeft ten slotte de *Wet tot regeling der Jagt en Visscherij*. — Daar geen ander werkje van dien aard in onze taal voorhanden is, zal het den jagtliefhebbers gewis welkom wezen. Ofschoon het bepaaldelijk de zoogenoemde **Kortejagt** of die met den staanden hond bevat, wordt er ook het *tirasseren* en *fretteren* in aangestipt.

J. NIEDEKEN,
TUIN-ALMANAK

OF DE

NIEUWE, OPREGTE HOLLANDSCHE HOVENIER,

aanwijzende wat men 's maandelijks in Moes- en Bloemtuin, Boomgaard, Boomkweekerij, Oranjerie en Broeierij te verrigten hebbe. Met nieuwe opmerkingen, om alles vroeg en veel te hebben. 7de verbeterde en vermeerderde druk, door Th. F. UILKENS, predikant te Wehe en Zuurdijk, in gr. 12vo. f 1,40.

NIEDEKEN'S Tuin-Almanak, die reeds een' zevenden druk mogt beleven, is te wel bekend, om er veel van te zeggen. In een kort en zakelijk bestek vindt men hier bijeen, wat men elders óf te veel omslagtig, óf te veel verspreid, óf in 't geheel niet aantreft. De zevende druk onderscheidt zich van al de vorige niet enkel door menige nieuwe, op de ervaring gegronde opmerking, maar ook door een meer geschikt formaat (gr. 12vo), en het wordt daarom op nieuw onder de aandacht gebragt van allen, wien het er om te doen is, hunne tuin-producten, vroeg, in ruime mate, en zoo volkomen mogelijk te hebben.

TUINIERS MAAND-GETIJDEN,
of aanwijzing van maand tot maand der werkzaamheden in den
Bloemhof, Boomgaard en Moestuin.

(UIT DE BESTE BRONNEN GEPUT EN OP EIGENE VEELJARIGE ERVARING GEGROND.)

Derde Druk, f 0,15.

Een derde druk pleit voor het doeltreffende van dit eenvoudige boekje, dat iederen Tuinvriend leert, hoe hij 't best en meest van bloemhof, boomgaard en moestuin partij zal trekken. — Praktische ervaringslessen, geheel voor onzen bodem en ons klimaat geschikt, — wie zou er niet eenige centen voor veil hebben?

MARIA HAEZEBROEK,
De Hedendaagsche Kookkunst,

OF DE WETENSCHAP OM LEKKER EN GOEDKOOP
TE ETEN EN TE DRINKEN.

VIERDE DRUK, (van 1857.)

Op nieuw geheel omgewerkt en met tal van recepten verrijkt door

J. P. GROS,

Eersten Kok van wijlen Z. M. WILLEM I.

Vermeerderd met een Alfabëtisch register, eene handleiding omtrent het Voorsnijden, het Bedienen der tafel, als ook met eenige Tafel-menus,

Opgehelderd door Houtsneé-figuren, in gr. 12°. f 1,75.

Idem gebonden in linnen met vergulden rugtitel f 2.—

Hoe uitgebreid ook reeds in ons land de *Keukenlitteratuur* wezen moge, zal dit Werk toch gewis met welgevallen door alle *Huisvrouwen* en *Keukenvoogdissen* worden ontvangen, daar het, behalve door de ervaring geijkte Voorschriften, ook al die veranderingen, verbeteringen en vereenvoudigingen bevat, welke de *Wetenschap van Keuken en Kelder* in de laatste jaren heeft ondergaan. Bij wijze van *Aanhangsel* vindt men hier ook een' grooten voorraad van allerlei nuttige en voor elk huishouden gewichtige mededeelingen en voorschriften, welke gepastheid boven allen twijfel is verheven. — Drie drukken van dit Keukenboek waren spoedig uitverkocht, en daar deze vierde uitgave op nieuw door eene zoo bevoegde hand met zulke belangrijke aanmerkingen en bijvoegsels is verrijkt, twijfelt de Uitgever in geenen deele aan den verderen goeden opgang van dit in iedere huishouding onmisbaar boek.

ALEXIS SOYER,
DE BEKWAME HUISVROUW
OF

NIEUW KOOKBOEK,

bevattende eene volledige reeks van voorschriften ter zuinige bereiding van alle dagelijks voorkomende spijzen, in hunne juiste verhoudingen;

Alsmede Spijs-Recepten voor de Zieken- en Kinderkamer,
Met Alfabëtisch Register. Naar de 25ste oorspronkelijke Uitgave, gr. 12°. f 1,75. In geprest linnen band f 2,00.

Zelden misschien viel aan enig werk zulk een uitbundige lof en onverdeelde bijval ten deel, als dit het geval was met *Soyer's Modern Housewife*, waarvan in een kort tijdsbestek 25 drukken het licht zagen, en dat wij onder den bovenstaanden titel het Nederlandsche Publiek aanbieden. Wij willen den lof, aan dit Boek zoo ruimschoots gegeven, hier niet herhalen; maar verzekeren enkel, dat Soyer bij de bereiding van de smakelijkste en gezondste spijzen op de eenvoudigste wijs te werk gaat, zonder dat daardoor eenige afbreuk aan de deugdelijkheid der spijzen wordt gedaan. Ook de recepten voor de Zieken- en Kinderkamer vormen een allerbelangrijkst toevoegsel tot het veelomvattend werk. 't Zal wel naauwelijs vermelding behoeven, dat men bij de overplanting van deze uitheemsche lettervrucht op onzen bodem met het Nederlandsche klimaat is te rade gegaan.

DAATJE'S WOORDENBOEK VOOR DE KEUKEN.

Alphabetische Handleiding voor jonge Vrouwen, Huishoudsters, Koks en Keukenmeiden.

OF DE KUNST OM Velerlei Spijzen op eene smakelijke wijze te bereiden; ALSMEDE HET GEREED MAKEN VAN PASTIJEN, GEBAKKEN, GELEIJEN, VLADEN, PUDDINGS ENZ.

HET INZOUTEN EN ROOKEN VAN VLEESCH, SPEK EN WORST; HET INLEGGEN VAN ONDERSCHIEDENE GROENTEN, OOK HET DROOGEN EN BEWAREN DERZELVE; VOORBEHOEDMIDDELEN TEGEN BEDERF VAN SPIJZEN, ALSMEDE DE KUNST OM DRANKEN GOED TE HOUDEN OF TE BEWAREN.

Inlichtingen om bij verschillende maaltijden of dinés de bij elkan- der passende geregten aan te geven, te plaatsen en voor te die- nen, de daarbij behoorende wijnen en likeuren en eene op- gave van de benoodigde vruchten, gebakken, compots enz. enz., welke bij het nageregt of dessert aangebragt moeten worden.

Tweede druk, kl. 8vo. f 0,60.

DE ONVERMOEIDE SPEELMAKKER,

Volledige Verzameling van Nuttige en Aangename Spelen, Uitspanningen, Lig- chaamsoefeningen en andere Bezigheden, zoowel in huis als in de open lucht,

VOOR JONGENS EN MEISJES.

versierd en opgehelderd door eene menigte fraaije houtsnée- figuren f 3,00. In linnen band met vergulde stempels. f 3,40.

Eenig in zijne soort mag dit werk genoemd worden, en onmisbaar tevens voor allen, die gezonde lichaamsbeweging en oefening van den geest, in uren van uit- spanning voor wakkere jongens en meisjes, nuttig en aangenaam oordeelen. Aan een' deugdelijken inhoud gaat een bevallig uiterlijk gepaard, daar het geheel door vele **keurige houtsneden** is versierd. Zonder twijfel maakt deze **Speelmak- ker** dan ook het beste gezelschap uit, waarmede de jeugd kan kennis maken.

J. L. DUBOIS,

DE DIERENWERELD,

IN HARE GEAARDHEID EN VERRIGTINGEN.

Opgehelderd door 470 fraaije Houtsnée-Figuren.

In 2 nette geprest linnen bandjes met vergulde rugtitels. f 5,25.

Zoo ergens, dan gaat hier het *nuttige* met het *aangename* gepaard. In onderhou- denden stijl en afgewisseld door de vermelding der op elk dier betrekking hebbende *anecdotes, merkwaardige bijzonderheden*, enz. enz. bevat dit boek eene zaakkundige beschrijving van *gedaante, grootte, kracht, kleur, voorkomen, levenswijze* en *vader- land*, bij een welgelijkend *afbeeldsel* van elk dier.

H. HEMKES, Kz.,

Het Koninkrijk der Nederlanden,
EN DESZELFS OVERZEESCHE BEZITTINGEN.

Beschreven op een reistogtje en voor de Jeugd bewerkt.

Met 16 Kaartjes royaal 32°. f 1,20, in linnen f 1,50.

Is de kennis van *het Vaderland en zijne Koloniën*, een hoofdvereischte voor den beschaafden Jongeling, dan vindt dit Werkje gewis bijval. De naam des Schrijvers, *beknoptheid en volledigheid, zestien keurige en duidelijke kaartjes*, — zie daar reeds zoo vele aanbevelingen, die het Werkje met zich rond voert, en die het *onmisbaar* maken in de bibliotheek van elk weetgierig Jongeling.

A. C. BLOEMENDAAL,

ETUI-BLOEMENSpraak,

of Poëtisch Magazijn voor Albumbladen.

Een geschenk voor Jonge lieden van beiderlei kunne, die de zinrijke beteekenis der Bloemen willen leeren en gebruiken. — Zakformaat.

Blaauw gedrukt in geprest linnen bandje. Derde druk. f 0,75.

In een *sierlijk kleedje* gedost, ontvangt men hier eene *verzameling* van meestal in vloeijende *versmaat* voorgedragene verklaringen van de *symbolische beteekenis* der *bloemen en planten*. Jonge Liederen, aan wie dit Werkje hoofdzakelijk is gewijd, vinden hier niet enkel de stof, maar ook de taal om zich *zinnebeeldig* en *verbloemd* uit te drukken, terwijl de bruikbaarheid van het geheel nog daardoor wint, dat vele der hier geleverde Versjes zeer geschikt zijn voor **albumblaadjes**. Het gunstig onthaal, dat dit lieve boekje ten deel mogt vallen, getuigt van zijne bruik- baarheid en maakte reeds een' **derden druk** noodzakelijk.

C. KRAMM,

DE GOUDSCHE GLAZEN,

of *beschrijving der beroemde geschilderde kerkglazen van de GROOTE of St. JANSKERK ter GOUDE*, benevens de ge- schiedenis der St. Janskerk, der glazen, der cartonteeke- ningen enz., waarbij is gevoegd een afzonderlijk levens- berigt der beroemde Glasschilders, de gebroeders *Dirk* en *Wouter Crabeth* en hunne portretten. f 1,25.

Wie kent niet of hoorde niet vaak met hoogen lof vermelden de geschilderde Glasramen in de Grootte of St. Janskerk te *Gouda*? Sinds eeuwen zijn zij 't voor- werp der bewondering van landzaat en vreemdeling, en toch ontbrak er dus verre eene *goede beschrijving* van deze meesterstukken der glasschilderkunst. In die be- hoefte is door den heer KRAMM voorzien, die zijn werk heeft opgeluisterd met een levensberigt en eene fraaije afbeelding der gebroeders CRABETH, alsook met eene geschiedenis der zoo schoone St. Janskerk. Het zij den vereerders en beminnaars van Vaderlandsche kunst en kunstroem vertrouwend opgedragen.

d'ANCONA'S**FEESTTOASTEN VOOR DEN BESCHAAFDEN STAND,**

Twee voorbeelden voor elke betrekking, welke men, zonder Dichter te zijn, naar omstandigheden kan wijzigen en veranderen.

Voor Verjaar-, Oudejaars-Avond-, Collegie- en andere Partijen, Festiviteiten, Maaltijden, enz. enz. f 0,75.

d'ANCONA'S**BRUILOFTS-TOASTEN VOOR DEN BESCHAAFDEN STAND,**

zijnde tevens eene Handleiding voor Ceremoniemeesters.

Twee voorbeelden voor elke betrekking, welke men, zonder Dichter te zijn, naar omstandigheden kan wijzigen en veranderen. f 0,75.

d'ANCONA'S**BRUILOFTS-GEDICHTEN,**

aan Ondertrouwen, Jonggehuwen, Koperen-, Zilveren- en Gouden-Paren, voor alle Betrekkingen, alsmede van de Bruidegoms aan de Gasten. f 0,50.

d'ANCONA'S**BRUILOFTS-VREUGDE,**

eene Verzameling van 100 Liederen,

voor Ondertrouw-Partijen, Groene-, Koperen- en Gouden-Bruiloften. f 0,60.

Wie heeft wel niet eens en meermalen behoefte gevoeld, om bij Bruiloften, Feestmalen en andere Partijen het woord te voeren of eenen Toast in te stellen? Wel hem, die het talent bezit om bij zulke gelegenheden zijne denkbeelden in gepaste taal uit te drukken: hij heeft deze werkjes niet noodig. Maar voor het groote aantal van dezulken, die deze gave derven, kunnen zij niet anders dan welkom zijn. De taal in al deze poëtische producten is gepast en eenvoudig, en de meeste verzen zijn zoodanig ingerigt, dat zij naar omstandigheden gewijzigd kunnen worden zoodat men ze niet woordelijk behoeft te gebruiken. Wie deze wegwijzers bezit, zal wel schaars als Gast of als Ceremoniemeester verlegen staan.

