

Diss. Leiden

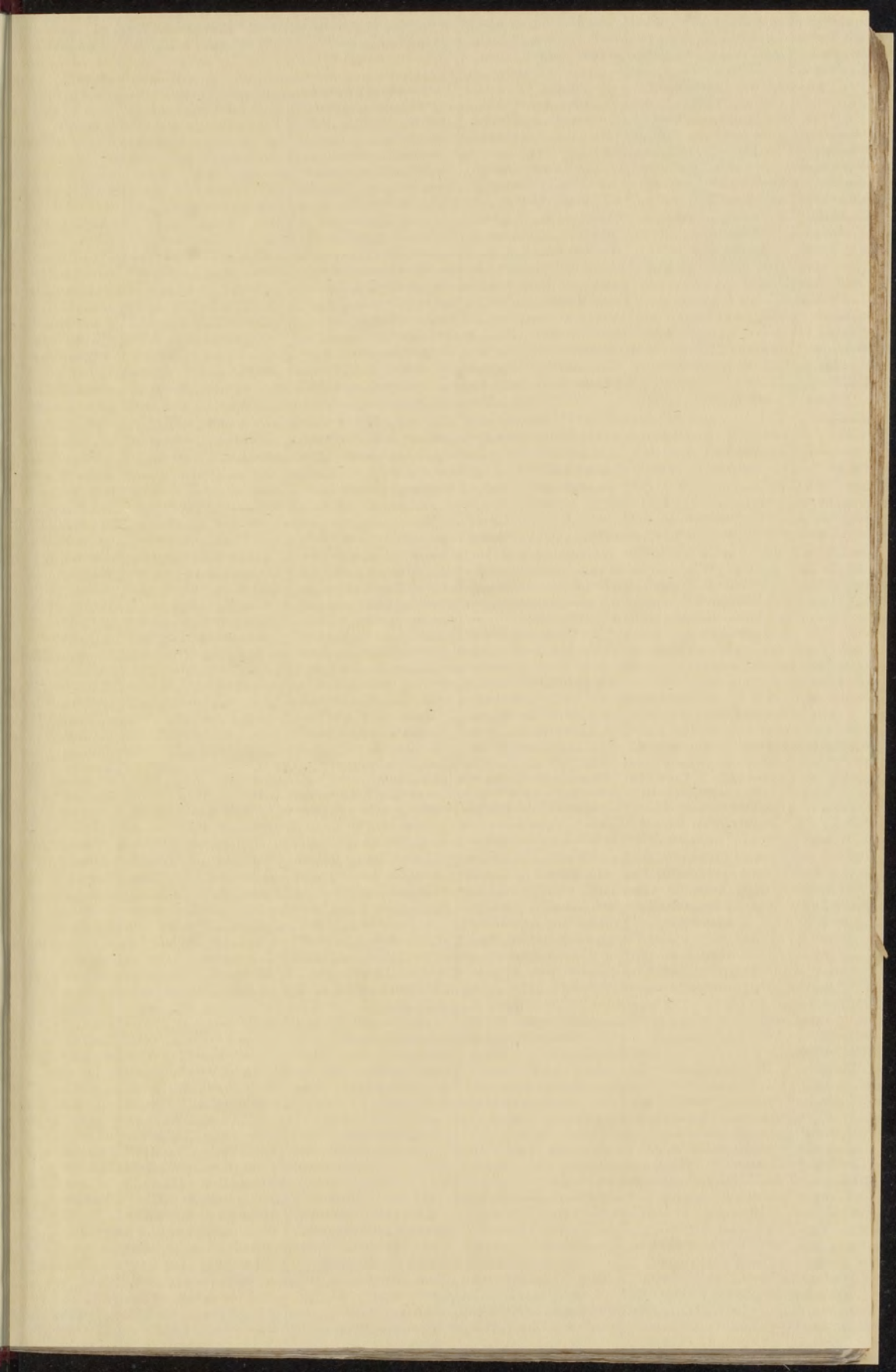
1873: 33

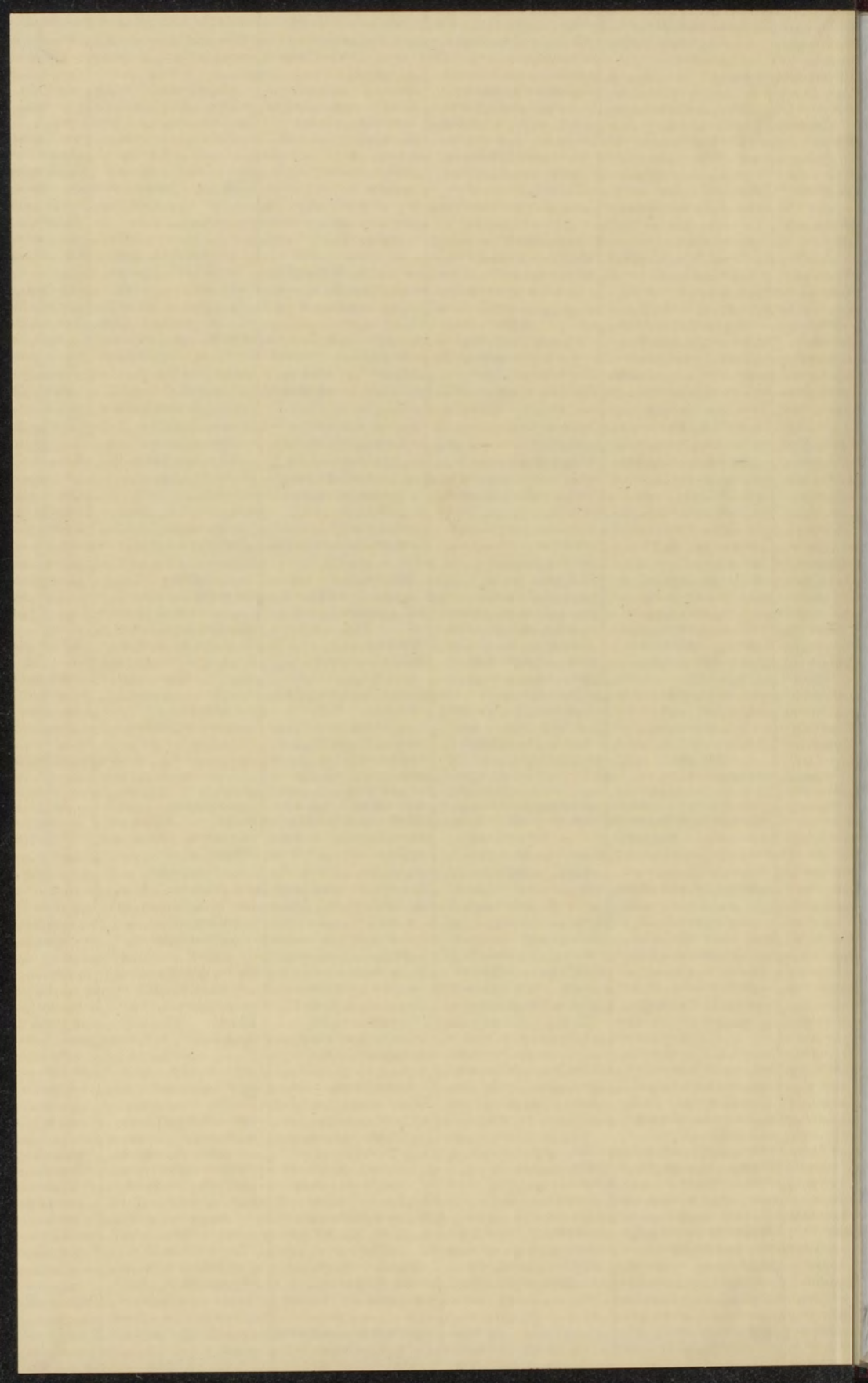
Diss. Leiden
1873-33

Universiteit Leiden



1 442 121 3





OVER
DEN INVLOED DER MIDDENSTOF BIJ DE
ELECTRO-STATISCHE INDUCTIE.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

DOOR

H. BRONGERSMA.

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

LEIDEN,
S. C. VAN DOESBURGH.
1873.

Leiden

3:33

~~111~~
~~112~~

O V E R

DEN INVLOED DER MIDDENSTOF BIJ DE
ELECTRO-STATISCHE INDUCTIE.

LEIDEN: BOEKDRUKKERIJ VAN L. VAN NIFTERIK HZ.

O V E R
DEN INVLOED DER MIDDENSTOF BIJ DE
ELECTRO-STATISCHE INDUCTIE.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT,

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

D^R. MATTHIAS DE VRIES,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT VAN WIJSBEGEERTE EN LETTEREN,

Op Zaterdag den 20^{sten} December 1873, des namiddags te 3 uren,

VOOR DE FACULTEIT TE VERDEDIGEN

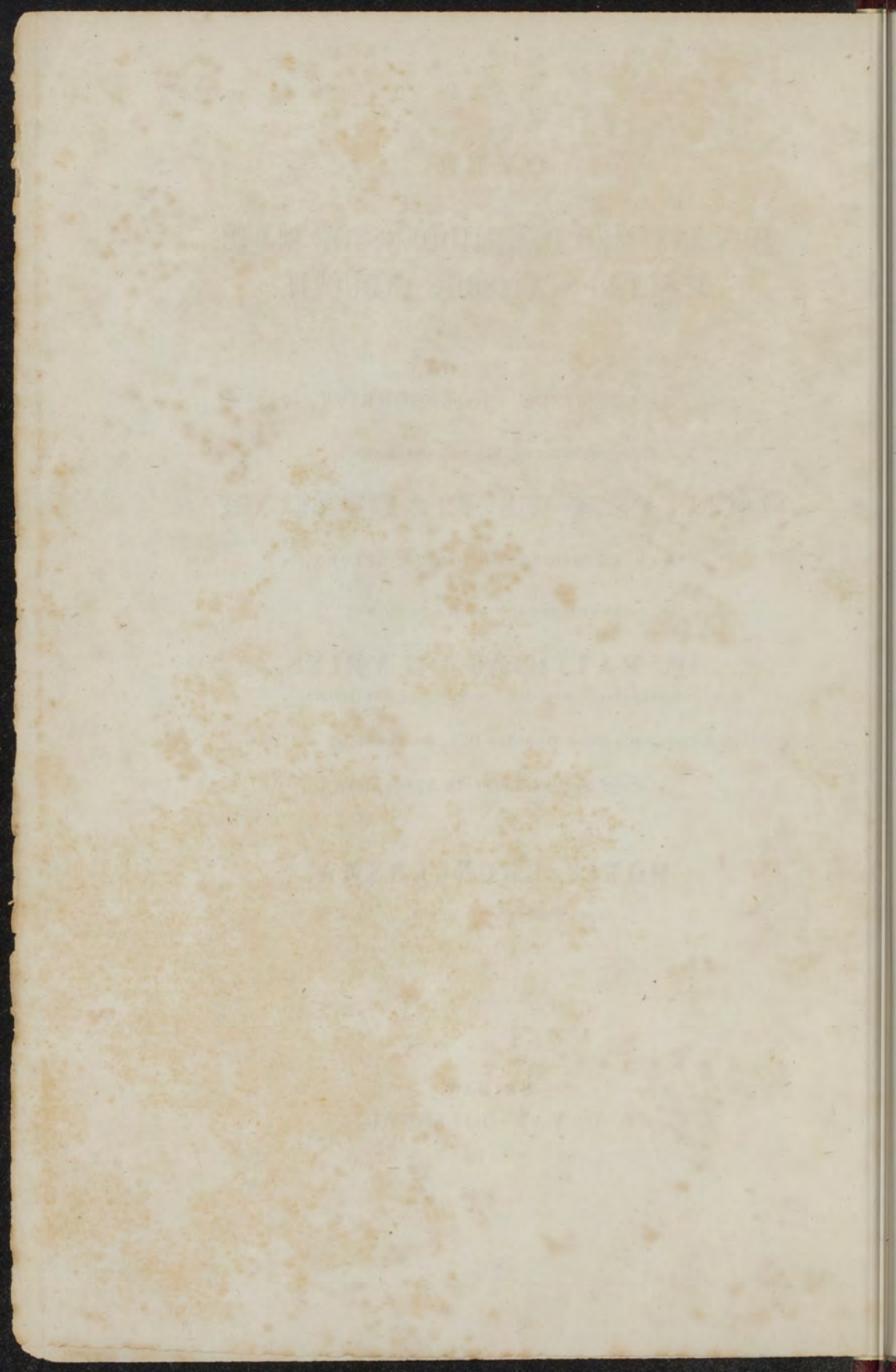
DOOR

HOTZE BRONGERSMA,

GEBOREN TE BEERS.

LEIDEN,
S. C. VAN DOESBURGH.

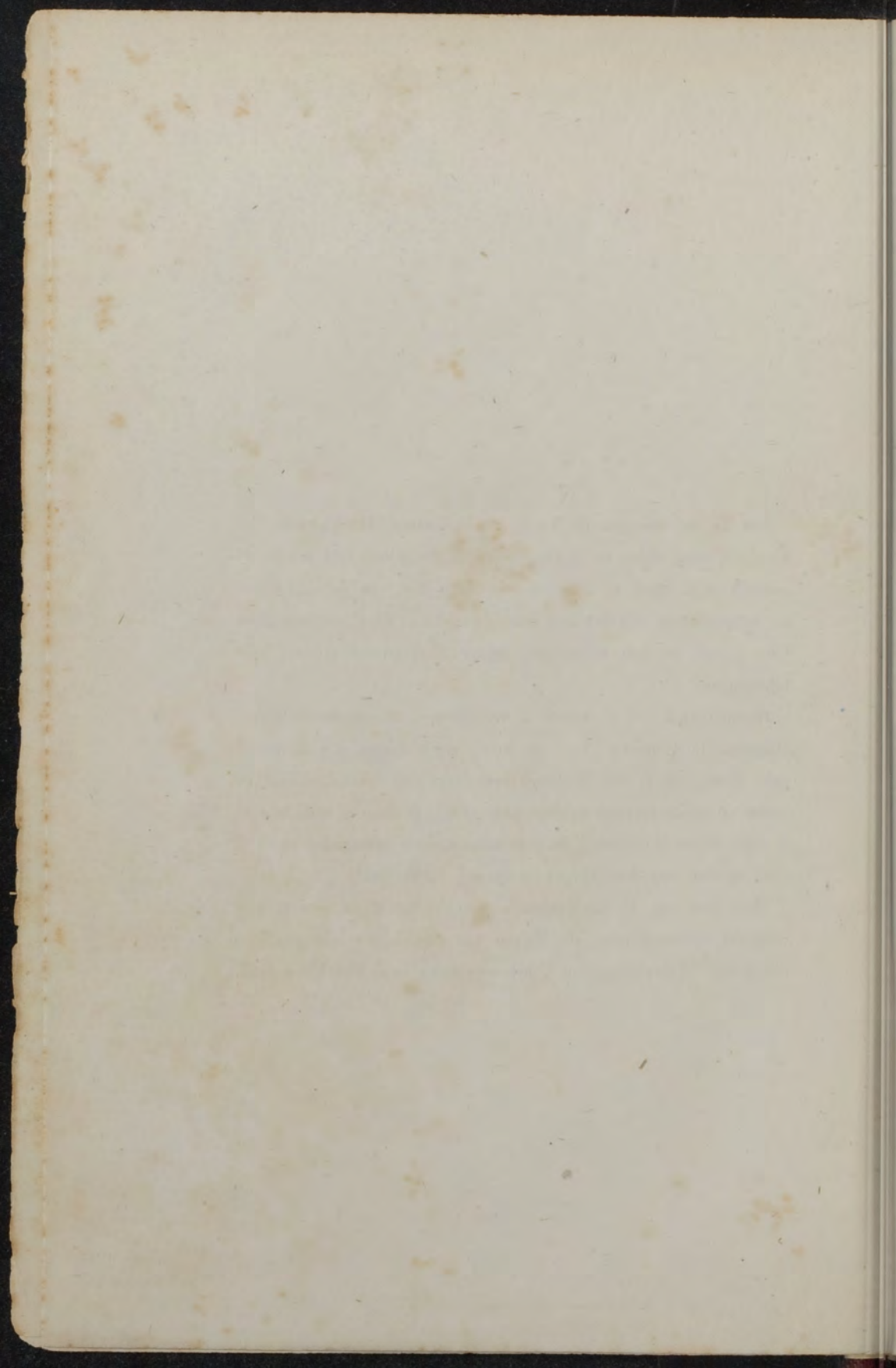
1873.



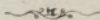
Het is mij aangenaam Hooggeleerde Heeren, Hoogleeraren der Faculteit voor Wis- en Natuurkunde, in de gelegenheid te zijn, U openlijk mijn dank te betuigen voor de blijken van welwillendheid en belangstelling mij betoond, inzonderheid aan die Uwer, die door Uwe lessen tot het volbrengen mijner Akademische studiën hebt bijgedragen.

- Grooten dank ben ik vooral U verschuldigd, Hooggeleerde RIJKE, Hooggeachte Promotor, voor de vele verplichtingen, die ik aan U heb. Steeds zal ik mij dankbaar herinneren den invloed, dien Uwe lessen op mijne vorming hebben uitgeoefend; ik hoop in staat te zijn, U mijn blijvende erkentelijkheid te toonen, door zelfstandig voort te gaan op den weg door Uw onderwijs mij voorbereid.

Maar ook aan U, Hooggeleerde BIERENS DE HAAN, ben ik veel verplicht. Ontvang voor de blijken van vriendelijke belangstelling, die ik zoo bij herhaling van U heb ontvangen, mijn hartelijken dank.



INHOUD.



	Bladz.
INLEIDING.....	4
EERSTE HOOFDSTUK.	
Inductie-electriciteit en warmtegeleiding.....	6
TWEEDE HOOFDSTUK.	
Theorie van FARADAY.....	15
DERDE HOOFDSTUK.	
Inductiewerking volgens kromme lijnen.....	26
VIERDE HOOFDSTUK.	
Specifiek induceerend vermogen.....	34
VIJFDE HOOFDSTUK.	
Onderzoek van RIESS.....	40
ZESDE HOOFDSTUK.	
Proefondervindelijk onderzoek.....	49

ZEVENDE HOOFDSTUK.

	Bladz.
Onderzoekingen van andere natuurkundigen.....	76

ACHTSTE HOOFDSTUK.

Electriciteitsverlies langs den isolator en door verstrooiing in de lucht. Proefondervindelijk onderzoek.....	84
--	----

NEGENDE HOOFDSTUK.

Inductie-electriciteit op niet-geleiders. Proefondervindelijk onderzoek..	409
---	-----

INLEIDING.

Onder de werkingen, die men gewoon is bij de electriciteit te onderscheiden, zegt FARADAY terecht, is er geene, die in belangrijkheid boven of zelfs nevens de inductiewerking te stellen is; zij is van den meest algemeenen invloed bij de electriche verschijnselen, schijnt met ieder van deze verbonden te zijn, en heeft werkelijk het karakter van een eerst fundamenteel principe. De kennis daarvan is van zooveel gewicht, dat men, zonder een helder inzicht in het wezen der inductiewerking, met het onderzoek naar de wetten der electriciteit, niet verder kan gaan.

Met betrekking tot de verschijnselen, die bij geleidende lichamen worden waargenomen, bestaat er reeds eene zekere mate van eenheid in opvatting; terwijl men, gesteund door de metingen van COULOMB, de meest eenvoudige verschijnselen onder het bereik van wiskundig onderzoek heeft gebracht. Het onderzoek, naar de wijze waarop zich de zoogenoemde niet-geleidende lichamen bij de induc-

tiewerking gedragen, is op lange na niet zoo ver gevorderd. Men neemt vrij algemeen aan, dat de electriche werking eene actio in distans is, waarbij de niet-geleidende lichamen als middenstof buiten beschouwing blijven, althans voor zoo verre zij uit gassen bestaan; terwijl een vast niet-geleidend lichaam, dat tusschen een induceerenden en geïnduceerden geleider wordt gebracht, zonder met een van beide in aanraking te zijn, zich volgens sommigen overeenkomstig een geleider, volgens anderen even onschuldig als een gas gedraagt. Het ontbreekt hier dus aan een theorie, die al de verschijnselen omvat, en daarvan eene eenvoudige en natuurlijke verklaring geeft.

FARADAY heeft eene theorie der inductiewerking gegeven, waarbij hij den invloed der niet-geleidende middenstof in rekening brengt niet alleen, maar deze zelfs beschouwt als het middel, waardoor de inductiewerking zich van molekule tot molekule voortplant. Deze theorie heeft echter zeer weinige aanhangers gevonden, zoodat zij nauwelijks meer in de leerboeken der natuurkunde wordt vermeld, en dan slechts om er het ongerijmde van te doen uitkomen, of alleen met de opmerking, dat zij, door de onderzoekingen van RIESS, afdoende is weêrlegd.

Ik had mij reeds geruimen tijd met een proefondervindelijk onderzoek naar den electriche toestand der niet-geleidende lichamen bezig gehouden, in de hoop daardoor een beter inzicht te verkrijgen in menig verschijnsel, waarvan de verklaring mij of onvoldoende, of onjuist voorkwam, toen ik, bij het nagaan van den historischen gang van het vraagstuk, eindelijk kwam aan de verhandelingen van FARADAY. Menige diepe gedachte, maar ook menige moeielijk verstaanbare uitdrukking in de geschriften van dezen grooten natuurkundige, deed mij zoo geheel de waarheid gevoelen van de woorden van TYNDALL, als hij zegt: „Er gaat een philosophische ader door deze onderzoekingen; soms schijnt het, alsof FARADAY het spel der atomen heeft

gezien, en dat hij alleen niet het middel bezat, om wat hij zag, tot eenvoudige grondbeginselen terug te brengen, of te beschrijven op eene wijze, die den wiskundige kon bevredigen; dan echter doen vele duistere uitdrukkingen mij hieraan weder twijfelen." Zoowel naar aanleiding van de beschouwingen van FARADAY, als van die der bestrijders zijner theorie, besloot ik aan mijn onderzoek eene andere richting te geven, en in de eerste plaats een proefondervindelijk onderzoek in te stellen, met het doel, om zoo mogelijk, een antwoord te vinden op de vraag: is de theorie van FARADAY al of niet in strijd met de ervaring? Van eene eenigszins volledige behandeling der theorie van FARADAY en hare toepassing kan hier natuurlijk geen sprake zijn, omdat deze de geheele electriciteitsleer zou moeten omvatten. Eenige onderzoekingen, die Faraday, met betrekking tot zijne theorie heeft ingesteld, zooals o. a. zijne talrijke proeven over de verschillende vormen der ontlasting, heb ik zelfs buiten beschouwing gelaten, deels omdat hij zelf daaraan niet de meest afdoende bewijzen voor zijne theorie ontleende, deels ook omdat zij minder door zijne tegenstanders ter sprake werden gebracht. Alleen bij die punten, welke den grondslag zijner theorie vormen, heb ik stil gestaan; de bezwaren daartegen aangevoerd heb ik trachten te weêrleggen, bezwaren die te gereeder werden gedeeld, omdat zij kwamen van de zijde van een der meest beroemde natuurkundigen van onzen tijd. Ik heb getracht aan te toonen, dat deze natuurkundige, door het niet in rekening brengen van invloeden, die de door hem verkregen resultaten aanzienlijk zouden gewijzigd hebben, gedwaald heeft; dat de verschijnselen, waargenomen bij vaste isolators als middenstof bij de inductiewerking, leiden tot de bevestiging der theorie van FARADAY, en dat zij met de bestaande theorie niet in overeenstemming zijn.

THOMSON, wien ik bij de wiskundige beschouwingen heb gevolgd, schijnt de eerste geweest te zijn, die heeft

aangetoond ¹⁾ dat er geene wiskundige bezwaren tegen de theorie van FARADAY bestaan; volgens zijne meening zou zij zelfs eenvoudiger zijn in hare toepassing, dan de algemeen aangenomene wiskundige electriciteitstheorie.

MOSSOTTI heeft ook, reeds geruimen tijd geleden, een wiskundig onderzoek ingesteld, naar de voortplanting der inductiewerking door de middenstof ²⁾, bij welk onderzoek hij gebruik maakt van de formules, die POISSON in zijne verhandelingen over magnetisme ³⁾ heeft gegeven. En MAXWELL, die ook bij zijne wiskundige beschouwingen de theorie van FARADAY heeft toegepast, zegt in de voorrede van zijn werk: „a treatise on electricity and magnetism” hetwelk in den loop van dit jaar het licht zag, ongeveer het volgende: „Toen ik de denkbeelden van FARADAY in een wiskundigen vorm had gegoten, bevond ik dat in het algemeen, de twee methoden (n.l. die van FARADAY en die van de wiskundigen, welke de electricische werking als eene werking op afstand beschouwen) tot overeenstemmende uitkomsten leiden, in dier voege, dat door beide methoden van dezelfde verschijnselen, wordt rekenschap gegeven, en dezelfde wetten voor de electricische werking worden gevonden; dat echter de methode van FARADAY is te vergelijken met die, volgens welke men begint met het geheel, om door analyse tot de onderdeelen af te dalen; terwijl men, volgens het beginsel der gewone wiskundige methoden, van de onderdeelen uitgaat, om door synthese, tot het geheel op te klimmen. Ik bevond tevens,

¹⁾ Papers on Electrostatics and Magnetism. De verhandelingen die hierop betrekking hebben zijn reeds vroeger gedrukt in: Cambridge Math. Journ. 1842, 1845.

²⁾ Discussione analitica sulla influenza che l'azione di un mezzo dielettrico ecc., per Mossotti. Memorie della Societa Italiana delle Scienze, tomo XXIV. Modena 1846.

³⁾ Mém. de l'Acad. Tome V pg. 247 et 488. Tome VI pg. 441.

dat verscheidene der meest vruchtbare methoden van onderzoek, door de wiskundigen ontdekt, veel beter kunnen worden uitgedrukt in denkbeelden aan die van FARADAY ontleend, dan in den vorm, welke daaraan oorspronkelijk was gegeven."

Sedert THOMSON en MAXWELL hebben aangetoond, dat de waarde der theorie van FARADAY, alleen door de resultaten van een proefondervindelijk onderzoek wordt bepaald, mag elke poging op dit gebied, hoe gering ook, als niet geheel onbelangrijk geacht worden, eene reden waarom ik het waag, dit onderzoek het licht te doen zien.

EERSTE HOOFDSTUK.

Inductie-electriciteit en warmtegeleiding.

Met elk vraagstuk, dat betrekking heeft op de verdeeling der electriciteit op geleidende lichamen, of op de krachten van aantrekking en afstooting van geëlectriseerde lichamen, komt een vraagstuk overeen, dat betrekking heeft op de warmtegeleiding, in dezer voege, dat beide aan dezelfde analytische voorwaarden voldoen, zoodat het wiskundig beschouwd dezelfde vraagstukken zijn ¹⁾).

Om de juistheid dezer stelling, die door THOMSON is gegeven, aan te toonen, beschouwen wij in de eerste plaats een geïsoleerden geleider, geladen met electriciteit. De potentiaal ten opzichte van een punt, buiten den geleider, wordt voorgesteld door:

$$V = \int \frac{\delta d\omega}{r} \dots\dots\dots (1)$$

waarin $d\omega$ een element van het oppervlak, waarover de electriciteit verdeeld is, r den afstand van dit element tot het aangetrokken punt, en δ de dichtheid der electriciteit op dit element voorstelt. Als voorwaarde van evenwicht

¹⁾ Thomson, Papers on electrostatics and magnetism, pg. 1.

heeft men, dat de potentiaal ten opzichte van een punt, op of binnen het oppervlak, constant moet zijn of:

$$V_1 = \int \frac{\delta d\omega}{r} = \text{Constante} (2)$$

In beide vergelijkingen strekt de integratie zich uit over het geheele oppervlak. Zij vormen den grondslag van de wiskundige electriciteitstheorie.

Beschouwen wij nu een onbegrensd homogeen vast lichaam, dat blootgesteld is aan de werking van zekere constante warmtebronnen, dan zal de stationnaire temperatuur, in eenig punt afhankelijk zijn van de coördinaten van dit punt. Door elk punt kan een vlak gebracht worden, hetwelk aan de voorwaarde voldoet, dat alle punten in dit vlak dezelfde temperatuur hebben; zoodanig vlak heet isothermisch oppervlak. Beschouwen wij verder een bepaald isothermisch oppervlak, dan zal de temperatuur en de vorm van volgende isothermische oppervlakken en dus ook de temperatuur in eenig punt, dat zich op een dezer oppervlakken bevindt, alleen afhankelijk zijn van den vorm van, en de temperatuur op het eerste. De temperatuur van eenig punt buiten het oorspronkelijk isothermisch oppervlak is onafhankelijk van de warmtebronnen, waardoor dit oppervlak op die temperatuur wordt gehouden, in de onderstelling, dat zich daarbuiten geen warmtebronnen bevinden; want, wanneer wij ons voorstellen, dat de warmtebronnen zoodanig over het oppervlak verdeeld zijn, dat dit overal dezelfde constante temperatuur heeft, dan zal dit geene verandering brengen in de temperatuur van het beschouwde punt. Wij kunnen dus de temperatuur, die eenig punt buiten een isothermisch oppervlak heeft verkregen, beschouwen als het gevolg van de som der uitwerkingen van zekere constante warmtebronnen, die verdeeld zijn over dit oppervlak.

Om de constante temperatuur v in eenig punt p te vinden, wanneer deze het gevolg is van de warmte, die van

een ander punt q van constante temperatuur uitgaat, dat zich op een afstand r van p bevindt, denken wij uit p als middelpunt een bolvormig oppervlak beschreven met den straal r . Nu is klaarblijkelijk de hoeveelheid warmte, die zich in de eenheid van tijd door een isothermisch oppervlak, hetwelk in ons geval bolvormig is, beweegt, evenredig aan de grootte der uitgebreidheid van dit oppervlak; onderstellen wij verder, dat zij tevens evenredig is aan het verschil in temperatuur van dit en het volgende isothermisch oppervlak, dat met den straal $r + dr$ beschreven is, dan wordt de hoeveelheid warmte, die in de eenheid van tijd door dit bolvormig oppervlak stroomt, bepaald door de vergelijking:

$$-4\pi r^2 \frac{dv}{dr} = C$$

of

$$-r^2 \frac{dv}{dr} = A \dots \dots \dots (3)$$

waaruit wij door integratie vinden:

$$v = \frac{A}{r} + C_1$$

en wanneer wij de temperatuur op oneindigen afstand gelijk nul stellen, dan wordt $C_1 = 0$, dus:

$$v = \frac{A}{r} \dots \dots \dots (4)$$

Hieruit volgt dat de temperatuur in een punt buiten een isothermisch oppervlak, voor zoo verre deze het gevolg is van de warmtebronnen verdeeld over een element $d\omega$ van dit oppervlak, voorgesteld wordt door $\frac{\rho d\omega}{r}$ waarin r den afstand van het element tot dit punt, en ρ eene grootheid is, evenredig aan de warmte-intensiteit op een element van het oppervlak. Men vindt in de onderstelling, dat ergeene warmtebronnen buiten het oppervlak zijn, voor de temperatuur van een uitwendig punt:

$$v = \int \frac{\rho d\omega}{r} \dots \dots \dots (5)$$

waarbij de integratie zich weder uitstrekt over het geheele oppervlak.

Bij het onderzoek naar de temperatuur van een punt binnen het oppervlak onderstellen wij, dat al de warmtebronnen, door welke het oppervlak op de temperatuur v_1 wordt gehouden, over het oppervlak verdeeld zijn. Daar de temperatuur op het oppervlak constant is, zal er evenveel warmte stroomen van het inwendige door het oppervlak heen, als van de warmtebronnen op het oppervlak naar het inwendige. Dus de totale hoeveelheid warmte, die stroomt van het oorspronkelijk oppervlak, tot een aangrenzend daar binnen gelegen isothermisch oppervlak, is nul. Evenzoo zal de warmtestroom van dit laatste tot een daarbinnen gelegen volgend isothermisch oppervlak nul zijn, en dit gaat zoo door voor alle deelen van het lichaam binnen het oorspronkelijk isothermisch oppervlak, zoodat de temperatuur daar constant, en gelijk v_1 is. Wij hebben dus voor alle punten zoowel binnen als op het oppervlak:

$$v_1 = \int \frac{\rho d\omega}{r} = \text{Constante.} \dots \dots (6)$$

Op de volgende wijze kunnen wij dit aanschouwelijk maken. Denken wij ons n.l. een lichaam van een bepaalden vorm, dat door een ander vast lichaam, waarvan wij de massa onbegrensd onderstellen, geheel ingesloten is, zoodanig dat er eene ruimte tusschenbeide overblijft, die het eerste geheel omgeeft en die b.v. met water gevuld is, hetwelk door het invoeren van stoom, op eene constante temperatuur wordt gehouden, dan zal de temperatuur van de massa binnen deze ruimte ook constant, en op alle punten dezelfde zijn als die van het water, dat zich in de ruimte bevindt.

De vergelijkingen (1) en (2) met betrekking tot de electriciteit komen geheel overeen met de vergelijkingen

(5) en (6), die betrekking hebben op de eenparige beweging der warmte; δ in de beide eerste is evenredig aan ρ in de beide laatste. De potentiaal V ten opzichte van eenig punt, in het eerste vraagstuk, wordt bepaald door dezelfde uitdrukking als de temperatuur v in een overeenkomstig punt, in het tweede vraagstuk.

Dat de aantrekkende kracht in den toestand van evenwicht steeds loodrecht is gericht op het oppervlak van den geleider, en dat bij de eenparige beweging der warmte de totale warmtestroom loodrecht is gericht op het isothermisch oppervlak wordt door dezelfde redeneeringen afgeleid; terwijl men bovendien door differentiatie van (1) en (5), voor beide geheel overeenkomstige waarden vindt. Dit laatste is ook dan nog waar, wanneer men ze beschouwt met betrekking tot een punt, dat in elk der gevallen op oneindig kleinen afstand van de oppervlakken verwijderd is.

Wanneer $-\frac{dV}{dn}$ en $-\frac{dV_1}{dn_1}$ de aantrekkende krachten voorstellen, uitgeoefend door de electriciteit, die zich op het oppervlak van een geleider bevindt, de eerste op een punt buiten, de tweede op een punt binnen het oppervlak, terwijl beide punten liggen op dezelfde normaal, en op oneindig kleinen afstand van het oppervlak verwijderd, dan is:

$$\frac{dV}{dn} - \frac{dV_1}{dn_1} = -4\pi\delta \dots \dots \dots (7)$$

en daar $\frac{dV_1}{dn_1} = 0$ is, volgt hieruit het bekende theorema van COULOMB:

$$-\frac{dV}{dn} = 4\pi\delta \dots \dots \dots (8)$$

Geleid door dezelfde redeneeringen als waardoor GREEN deze stelling heeft bewezen, vindt men, voor de totale intensiteit des warmtestrooms van een isothermisch oppervlak, naar een punt dat op oneindig kleinen afstand van dit vlak verwijderd is:

$$-\frac{dv}{dn} = 4\pi\rho \dots\dots\dots (9)$$

(waarin ρ , weer evenredig is aan de intensiteit der warmtebronnen op het oppervlak); of, zooals THOMSON zegt, wanneer de waarheid dezer stelling aangetoond is met betrekking tot het eerste vraagstuk, dan geldt zij ook met betrekking tot het tweede en omgekeerd.

Zij verder A een geïsoleerde conductor geladen met eene gegevene hoeveelheid electriciteit, B eene niet-geïsoleerde geleidende schil, die A omgeeft, dan zal volgens de wiskundige theorie eene gelijke hoeveelheid ongelijknamige electriciteit op B worden aangetrokken, die zich verdeelt over de inwendige oppervlakte van B, en in den toestand van evenwicht, zal de potentiaal ten opzichte van een punt binnen of op het oppervlak van A eene constante waarde hebben; terwijl de waarde der potentiaal ten opzichte van een punt buiten of op het inwendige oppervlak van B nul zal zijn. Indien eenige niet-geïsoleerde conductors onderworpen zijn aan den invloed van A, dan moeten wij deze beschouwen als te behooren tot de schil B, waardoor A is ingesloten, zoodat hunne oppervlakken een deel vormen van het oppervlak van B. In het geval dat A geheel vrij is van uitwendige invloeden, moeten wij elk deel van het oppervlak van B als op oneindigen afstand van A verwijderd onderstellen. Het meest algemeene vraagstuk van dien aard, dat wij ons kunnen voorstellen is: de potentiaal te bepalen ten opzichte van eenig punt in het geval dat A, in plaats van een enkelen conductor, eene groep van verschillende geïsoleerde conductors is, die niet even sterk geladen zijn; terwijl zich bovendien geëlectriseerde niet-geleiders in de nabijheid van A bevinden. Voor het evenwicht is het weder noodzakelijk, dat de waarde der potentiaal ten opzichte van een punt op elk der oppervlakken, die het gevolg is van de uitwerking van al de electriciteit, constant is; dan is de aantrekking

uitgeoefend op elk punt in het inwendige van A en buiten het inwendige oppervlak van B gelijk nul. De geheele hoeveelheid geïnduceerde electriciteit, op dit laatste oppervlak, zal dan gelijk zijn aan de algebraïsche som der hoeveelheden electriciteit, van al de binnen B geplaatste lichamen met tegengesteld teeken. Is de potentiaal van zulk een stelsel ten opzichte van een punt bepaald, dan wordt de componente der resulterende aantrekking op een punt p uitgeoefend, in eene bepaalde richting, door differentiatie gevonden.

Indien wij nu het hiermede overeenkomende vraagstuk der warmtegeleiding nagaan, dan moeten wij onderstellen, dat de ruimte tusschen A en B, in plaats van gevuld te zijn met eene isoleerende middenstof, ingenomen wordt door een homogeen vast lichaam, en dat de warmtebronnen zoodanig verdeeld zijn over het oppervlak van A en het inwendige oppervlak van B, dat de temperatuur op het eerste eene constante waarde heeft, dezelfde als die van de potentiaal in het geval van electriciteit, en die op het tweede gelijk nul is. Bestaat A uit verschillende geïsoleerde deelen, dan moet de temperatuur op het oppervlak van elk dezer deelen eene constante waarde hebben, die niet noodzakelijk dezelfde voor elk dezer deelen behoeft te zijn. Het vraagstuk van de verdeling der warmtebronnen, overeenkomstig deze voorwaarden, is wiskundig identiek met het vraagstuk der verdeling van de electriciteit, in evenwichtstoestand, over de oppervlakken van A en B. Zooals reeds gezegd is, vervangt de permanente temperatuur in eenig punt bij de warmtegeleiding, de potentiaal op het overeenkomstige punt in het electrisch stelsel; derhalve wordt ook de totale warmtestroom, in grootte en in richting, vervangen door de resultante van de aantrekking der electrische lichamen. Nu heeft FOURIER ¹⁾ de wetten,

¹⁾ Théorie Analitique de la Chaleur.

volgens welke de warmtegeleiding plaats heeft, ten grondslag gelegd van eene wiskundige theorie der warmtegeleiding; en wanneer wij nu overeenkomstige wetten vinden voor de verschijnselen die bij de electriciteit worden waargenomen, dan kunnen wij deze wiskundige theorie der warmtegeleiding tot grondslag nemen van de wiskundige theorie der electriciteit, althans wanneer wij dit doen onafhankelijk van eenige hypothese. Wij zullen hiervan al aanstonds gebruik maken.

Uit vergelijking (9) volgt dat ρ gelijk is aan de totale intensiteit van den warmtestroom, op eenig punt van het oppervlak, gedeeld door 4π . Verder blijft deze vergelijking doorgaan onafhankelijk van de rangschikking der warmtebronnen, zoodat het niet noodig is, dat zij verdeeld zijn over een isothermisch oppervlak. En daar de temperatuur in een uitwendig punt dezelfde is, als zij wordt teweeggebracht door de oorspronkelijke warmtebronnen, of door warmtebronnen die wij over een isothermisch oppervlak verdeeld onderstellen, en die aan dit oppervlak dezelfde temperatuur v geven als de eerste, zoo moet ook de totale warmtestroom door een isothermisch oppervlak heen, welks temperatuur v is, dezelfde zijn als die, welke van de bestaande warmtebronnen uitgaat. Dit kan men ook nog op de volgende wijze aantoonen:

Zij H de totale hoeveelheid warmte welke, in de eenheid van tijd, door een isothermisch oppervlak stroomt, dan is:

$$H = - \int \frac{dv}{dn} d\omega.$$

Nu is de temperatuur voortgebracht door een element eener warmtebron volgens vergelijking (4): $v = \frac{A}{r}$; dus is de hoeveelheid warmte, die van dit element uit door het oppervlak gaat, klaarblijkelijk gelijk $-\frac{dv}{dr} 4\pi r^2$ of gelijk $4\pi A$, volgens vergel. (3), en stellen wij $A = \rho d\omega$ dan wordt

zij: $4\pi\rho d\omega$, of daar volgens vergelijking (9), $4\pi\rho = -\frac{dv}{dn}$

gaat zij over in, $-\frac{dv}{dn} d\omega$, en voor al de warmtebronnen in

$$-\int \frac{dv}{dn} d\omega.$$

welke waarde gelijk is aan H.

Brengt men het voorgaande over op het gebied der electriciteit, dan volgt daaruit, dat indien men een evenwichts-oppervlak beschrijft om een geëlectriseerden geleider of niet-geleider, vervolgens de electriciteit van het lichaam verwijderd en haar verdeelt in den toestand van evenwicht over dit oppervlak, dan zal de dichtheid, op eenig punt daarvan, gelijk zijn aan de aantrekking van het oorspronkelijk lichaam op dit punt uitgeoefend, gedeeld door 4π , en in de tweede plaats zal de aantrekking, door dat oppervlak op een uitwendig punt uitgeoefend, gelijk zijn aan die van het oorspronkelijk lichaam op hetzelfde punt.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Theorie van Faraday.

Volgens de theorie van FARADAY is de werking op afstand, bij het electrisch worden door inductie in het algemeen, slechts schijnbaar; deze werking komt alleen daarvoor tot stand, dat de middenstof, die zich tusschen beide lichamen bevindt, onder den invloed van het induceerende lichaam, in een polairen toestand gebracht wordt. De molekulen, zoowel van de niet-geleidende als van de geleidende lichamen zijn op zich zelve volkomen geleiders der electriciteit (1669, 1670) ¹⁾. In normalen toestand zijn zij niet polair; in de nabijheid van een geëlectriseerd lichaam worden zij dit, op dezelfde wijze als een geïsoleerde geleider. Dit is echter een gedwongen toestand, zoodat zij, wanneer de invloed ophoudt, weer tot den natuurlijken toestand terug keeren. Een geëlectriseerd lichaam werkt dus niet onmiddellijk op een ander lichaam, maar op de aangrenzende molekulen der middenstof, waarvan het, in de onderstelling dat het geladen is met positieve electrici-

¹⁾ FARADAY. Experimental Researches. In het vervolg wordt alleen de aangehaalde § vermeld.

teit, de negatieve electriciteit aantrekt, de positieve afstoot; deze molekulen werken weêr, op dezelfde wijze, op de volgende enz., en zoo de laatste op het lichaam, dat door invloed electrisch wordt. Ook door mededeeling kunnen de lichamen electrisch worden, zoodat de electriciteit achter-eenvolgens van de eene molekule op de andere overgaat. Bij sommige lichamen gaat dit gemakkelijk, bij andere moeielijk en gelukt dit eerst bij eene krachtige of langdurige werking; de eerste zijn goede, de laatste slechte geleiders der electriciteit (1675). De wijze waarop zich de verschillende slecht geleidende stoffen, gewoonlijk niet-geleiders genoemd, bij de inductiewerking verhouden, is verder niet dezelfde. Zoowel verschil in vorm der molekulen, waaraan waarschijnlijk een groote invloed moet worden toegekend, als andere omstandigheden, maken, dat die van de eene stof den polairen toestand gemakkelijker aannemen, dan die van de andere, waarvan de eigenschap der stof, die FARADAY specifiek induceerend vermogen (specific inductive capacity) noemt, een gevolg is. (1229). Hij zocht deze eigenschap door middel van zijn differentiaal-inductometer, een toestel, dien wij later in gewijzigden vorm zullen beschrijven, proefondervindelijk aan te toonen (1307).

Verder kan een geëlectriseerd lichaam alleen door een niet-geleidende stof heen verdeelend op een ander lichaam werken; bevindt zich tusschen beide lichamen een geleider, die afleidend met den grond verbonden is, en wordt toch het tweede lichaam door invloed geladen, dan moet de inductiewerking plaats hebben volgens kromme lijnen om den geleider heen, welke lijnen FARADAY krachtlijnen (lines of force) noemt. Door het volgende zullen wij trachten de meening van FARADAY, omtrent verschillende punten, nader toe te lichten.

Zij A (fig. 2) een positief geëlectriseerd lichaam, C een geïsoleerde geleider, B en D rijen molekulen eener niet-geleidende stof, b.v. lucht. Nu werkt A verdeelend op de

eerste molekule, deze op de tweede enz., en de laatste op de aangrenzende molekule van C, die weder op de volgende enz. Doch C is een geleider, zoodat de electriciteit hier in een onmeetbaar klein oogenblik van de eene molekule op de andere overgaat, waarvan de bekende verdeling der electriciteit op C het gevolg is. De positieve electriciteit, op de achtervlakte van C, kan nu weer verdeelend werken op de aangrenzende molekulen D enz. Verbindt men nu C afleidend met den grond, dan wordt de positieve electriciteit geneutraliseerd, tengevolge waarvan de verdeelende werking van C op de molekulen D ophoudt. Plaatst men nu een proefschijfje bij afleidende aanraking b. v. ergens in E, in de electricische schaduw van C, en ziet men, nadat het geïsoleerd is weggenomen, dat het negatief electricisch is, dan kan dit niet veroorzaakt zijn door de molekulen D, die neutraal zijn. Dit kan alleen het gevolg zijn van de verdeelende werking der molekulen langs kromme lijnen om het lichaam C heen. De molekulen die A omgeven en die in alle richtingen om A heen in een polairen toestand zijn gebracht, en wel in meerdere of mindere mate afhankelijk van den aard, den vorm en den afstand der lichamen die zich in de nabijheid van A bevinden, zullen zich sterker naar E richten naar gelang er meer negatieve electriciteit in E aanwezig is. En dit zal, wederkeerig eene vermeerdering der negatieve electriciteit in E tengevolge hebben.

Bevindt zich in E een niet-geïsoleerde geleider, voorzien van eene naar A gerichte scherpe punt, dan zal eene aanvankelijk zwakke polaire werking deze punt negatief electricisch maken; nu zullen zich hierheen op nieuw rijen polaire molekulen richten, of zooals FARADAY het uitdrukt, de krachtlijnen zullen hierheen convergeeren (1302, 1374), hetgeen eene vermeerdering der hoeveelheid electriciteit in E tengevolge heeft. Wanneer de lading in E zekere grens bereikt heeft, dan gaat er van E negatieve electriciteit

over op de aangrenzende luchtmolekulen. Was zulk een molekule nu in de onmiddellijke nabijheid van een ander geleidend lichaam, dan kon zij hare lading daaraan mededeelen; dit kan bij zeer sterke lading ook nog plaats hebben, wanneer de volgende eveneens luchtmolekulen zijn (1440); het is mogelijk dat de electriciteit ook dan nog van molekule tot molekule overgaat, tot dit eindelijk bij het telkens zwakker worden der lading, niet meer plaats heeft. Een molekule, die op deze wijze electrisch wordt, zal zich ontladen, wanneer zij in aanraking komt met een geleidend of ook met een niet-geleidend lichaam. Bij de niet-geleiders zal het van den aard der stof afhankelijk zijn, of dit al dan niet plaats heeft (1504, 1550, 1551, 1560). Wordt eene gasmolekule in aanraking met een geëlectriseerd lichaam niet zoo sterk geladen, dat er overgang van electriciteit op de volgende molekulen plaats heeft, dan zal zij zich, door den stoot dien zij ontvangt, voortbewegen, tot dat zij een goeden of ook een slechten geleider ontmoet, waarvan dan eene ontlading het gevolg kan zijn (1441, 1442).

Een wezenlijk verschil tusschen geleidende en isoleerende lichamen bestaat er volgens FARADAY niet. Het zijn de verst verwijderde grenzen van denzelfden toestand. De geleiding, zegt hij (1611, 1612), schijnt eene werking tusschen aan elkander grenzende deelen te zijn; alle lichamen geleiden de electriciteit, gassen zoowel als metalen, en geheel op dezelfde wijze. Nu doet zich de vraag voor: waarin bestaat dan de oorzaak van de verschillende wijze waarop zich de lichamen, met betrekking tot de electriciteit, gedragen? Bestaat deze hierin, dat er geen overgang der electriciteit van molekule tot molekule kan plaats hebben, voor dat de verdeelende werking in de molekulen, d. i. de polaire toestand, tot zekeren graad is gestegen, die voor verschillende lichamen ongelijk is? Of is het waar, dat het geleidend vermogen eene functie van den tijd is, en wel bij ver-

schillende lichamen eene verschillende, zoodat er ook bij niet sterk verdeelende werking electriciteit van molekule tot molekule overgaat, zelfs bij lichamen als schellak, zwavel enz. evenals bij metalen, alleen met dit onderscheid, dat voor de geleiding bij de eerste een langeren tijd noodig is dan bij de laatste? Volgens de eerste onderstelling zou het isoleerend vermogen grooter zijn, naarmate de kracht, noodig om de ontlading tusschen de molekulen te bewerken, grooter is, en deze zou bij verschillende stoffen verschillend zijn; volgens de tweede zou het isoleerend vermogen toenemen met den tijd, die voor het ontstaan van gelijke polaire verdeeling bij de verschillende stoffen noodig is. De eerste onderstelling schijnt op de gasvormige, de tweede op de vaste isoleerende lichamen van toepassing te zijn; terwijl de vloeistoffen zich niet alle op dezelfde wijze gedragen. Sommige vloeistoffen, zooals b. v. terpentijnolie en petroleum, komen in dit opzicht met de vaste lichamen overeen; andere vertoonen, tegelijk met de geleiding der electriciteit, scheikundige werkingen.

Op de volgende wijze kunnen wij ons misschien van de denkbeelden van FARADAY eene voorstelling maken. Stellen wij ons een bol voor geladen met positieve electriciteit en daarbij de molekulen der niet-geleidende zoowel als die der geleidende lichamen, welke den bol omgeven, of zich in de nabijheid van den bol bevinden, als kleine geleidende lichamen, in hunne zwaartepunten opgehangen aan isoleerende draden. Eenvoudigheidshalve zullen wij alleen de werking van die beschouwen, wier zwaartepunten met dat van den bol in hetzelfde horizontale vlak liggen, en hen molekulen noemen om omschrijving te vermijden. Over den vorm dezer molekulen kunnen wij, voor zooverre zij die van geleidende en gasvormige lichamen vertegenwoordigen, willekeurig beschikken. Zij kunnen bolvormig zijn, maar ook langwerpig b. v. cilindervormig, indien wij de

kracht van torsie der draden waaraan zij zijn opgehangen, zeer klein onderstellen. Bij de molekulen van goede geleiders zoowel als bij de gasmolekulen treedt nu oogenblikkelijk, na de lading van den bol, de hoogste graad van verdeeling in, welke overeenkomstig die lading mogelijk is. De zwaartekracht echter belet de gasmolekulen, dat zij den bol en vervolgens ook elkander genoegzaam naderen, om een overgang van electriciteit van de eene op de andere molekule mogelijk te maken. Niet dan bij eene sterke lading van den bol zou dit kunnen plaats hebben. Van de molekulen der goede geleiders moeten wij het gewicht zeer klein onderstellen; zoodra de verdeelende werking begint, kunnen zij elkander naderen, zoodat er onmiddellijk eene ontlading van deelte tot deeltje intreedt. De geleider wordt dus aan de naar den bol gekeerde zijde negatief electrisch, waarvan eene verhooging van den polairen toestand der gasvormige middenstof het gevolg is; dit geeft weer eene verandering in den electrischen evenwichtstoestand op den bol, hetgeen op zijne beurt eene terugwerking op de gasmolekulen en vervolgens op den geleider veroorzaakt, enz. tot de evenwichtstoestand is ingetreden, of tot er eene ontlading heeft plaats gehad. 't Spreekt van zelf, dat dit alles in een onmeetbaar klein tijdsdeel geschiedt. Bevindt zich in de nabijheid van den bol een lichaam van eene niet-geleidende stof, zooals glas, schellak enz., dan zullen de, onder den invloed van den bol polair geworden molekulen der gasvormige middenstof op de molekulen van dit lichaam, die wij langwerpig b. v. cilindervormig onderstellen, verdeelend werken. De assen dezer cilindertjes zullen aanvankelijk snel, doch later door invloed van de kracht van torsie van den draad, waaraan zij zijn opgehangen, langzaam, maar voortdurend naderen tot dien stand, waarbij hunne assen naar het middelpunt van den bol zijn gericht. Hierbij moeten wij het gewicht der cilindertjes zoo groot onderstellen, dat zij elkander

moeielijk kunnen naderen; zoodat de electriciteit ook moeielijk van het eene op het andere kan overgaan. De kracht van torsie vervangt in ons voorbeeld de moleculaire krachten, die aan de draaiende beweging der molekulen weerstand bieden.

Om ons een hiermede overeenkomstig denkbeeld te maken van de wijze, waarop zich de vloeistoffen bij de electrolyse gedragen, stellen wij ons voor, dat eene rij vloeistofmolekulen in den vorm van cilindertjes op dezelfde wijze is opgehangen tusschen twee metalen bollen. Deze cilindertjes bestaan uit twee deelen, die door scheikundige affiniteit met elkander verbonden zijn. Zoodra de bollen geladen zijn, de eene met positieve, de andere met negatieve electriciteit, worden de cilindertjes polair, en zoodanig gericht, dat de assen met de middelpunten der bollen in eene rechte lijn liggen. Neemt nu de lading der bollen en dus ook de polaire verdeeling dezer cilindertjes toe, dan zal eindelijk de aantrekkende kracht van de bollen en de aangrenzende deelen der cilindertjes, zoowel als die der aangrenzende deelen van opeenvolgende cilindertjes onderling, de overhand verkrijgen boven de scheikundige affiniteit, tengevolge waarvan er eene scheikundige ontleding en te gelijk eene ontlading intreedt. Om de verschijnselen der electrolyse te verklaren is men genoodzaakt aan te nemen, dat aan de ontlading eene polaire verdeeling der molekulen voorafgaat. Dit gaf FARADAY eene natuurlijke aanleiding om, bij de verklaring der ontladingsverschijnselen waarbij geene scheikundige werkingen plaats hebben, van dezelfde onderstelling uit te gaan.

Van verschillende zijden zijn er bezwaren tegen FARADAY'S theorie aangevoerd. Volgens RIESS ¹⁾ steunt zij op het onjuiste begrip, dat van de drie hoeveelheden electriciteit, die bij de werking van een geëlectriseerd op een neutraal

¹⁾ Dove, Rep. Bd. VI. S. 429. Pogg. Ann. Bd. 92. S. 339.

lichaam optreden, twee dezer hoeveelheden elkanders werking naar buiten geheel zouden opheffen. Want een lichaam zal, in de onderstelling dat het met positieve electriciteit geladen is, volgens FARADAY'S theorie, alleen verdeelend werken op de aangrenzende molekulen der middenstof, de positieve electriciteit van deze weder op de volgende molekulen, zoodat de negatieve electriciteit van de eerste rij molekulen en de positieve van het lichaam daarbij geheel werkeloos blijven. Daar dit nu, volgens RIESS, met een proefondervindelijk onderzoek in strijd is, vindt hij hierin alleen reeds redenen genoeg om de theorie van FARADAY voor onhoudbaar te verklaren. Deze bewering schijnt echter noch door de proeven van RIESS, noch door die van anderen, als BIOT ¹⁾, OHM ²⁾ en FECHNER ³⁾, welke door RIESS worden aangehaald ⁴⁾, voldoende te worden gestaafd. De proef toch, die hier nog het meest afdoende bewijs zou moeten leveren, komt overeen met die, welke FARADAY beschreef, om de inductiewerking volgens kromme lijnen aan te toonen, en die wij later (pg. 28) zullen vermelden. Doch al wordt proefondervindelijk aangetoond, dat de drie hoeveelheden electriciteit, die bij de werking van een geëlectriseerd lichaam op een geïsoleerden geleider, optreden, weder gezamenlijk verdeelend op een derden geleider werken, dan bewijst dit nog niets tegen de theorie van FARADAY, integendeel, men kan het als een noodzakelijk gevolg dezer theorie beschouwen.

Onderstellen wij toch dat een geïsoleerde cilinder geplaatst is in de nabijheid van een geëlectriseerden metalen bol, zoodanig dat de as van den metalen cilinder, naar het middelpunt van den bol is gericht. Plaatsen wij nu aan denzelfden kant op eenigszins grooteren afstand van den bol, in verschillende standen met betrekking tot dezen,

¹⁾ *Traité de phys.*

²⁾ *Schweig. Journ. B. 61. S. 193.*

³⁾ *Pogg. Ann. Bd. 51. S. 321.*

⁴⁾ *Dove's Rep. Bd. II. S. 29. IV. S. 135.*

een tweeden metalen cilinder, dan zullen in het algemeen ook krachtlijnen, van den bol uitgaande, naar dezen cilinder convergeeren; en zeer zeker zal dit ook dan nog het geval zijn, wanneer de as van den cilinder, zich in het verlengde van die des eersten cilinders bevindt; terwijl tevens de zijdelingsche werking van de, onder den invloed der ongelijknamige inductie-electriciteit op den eersten cilinder polair geworden, molekulen de richting der krachtlijnen zal wijzigen; zoodat de tweede cilinder werkelijk onder den invloed van de drie hoeveelheden electriciteit, electrisch wordt. Wij kunnen ons, van de richting der krachtlijnen in zoodanig geval, misschien eenigermate eene voorstelling maken, door drie magneetstaven op kleine afstanden van elkander te plaatsen, zoodanig, dat de assen in elkanders verlengde vallen, en de polen afwisselend op elkander volgen. Door bestrooiing met ijzervijzel neemt men de richting der magnetische krachtlijnen duidelijk waar. Willen wij het voorgaande meer overeenkomstig de taal der wiskunde uitdrukken, dan is het noodig, eerst eene bepaling van krachtlijnen te geven. Krachtlijnen zijn in het algemeen kromme lijnen, die de eigenschap hebben, dat de resultante der electrische krachten op elk hunner punten, steeds samenvalt met de raaklijn in dat punt, of ook lijnen, die de opvolgende evenwichtsoppervlakken rechthoekig snijden; de snijpunten eener krachtlijn met deze evenwichtsoppervlakken noemt men corresponderende punten.

Stellen wij nu dat wij in het door ons gekozen voorbeeld, waarbij de assen der cilinders in eene rechte lijn liggen, die gaat door het middelpunt van den bol, de evenwichtsoppervlakken kunnen construeeren; dat wij vervolgens de positieve electriciteit van den bol zoowel als de ongelijknamige inductie-electriciteit van den eersten cilinder kunnen verwijderen, zonder overigens iets aan de verdeling der positieve electriciteit, op dien cilinder, te veranderen,

om daarna opnieuw de evenwichtsoppervlakken te construeeren, dan zullen deze ongetwijfeld niet met de eerste samenvallen. Ook de krachtlijnen in het eerste en tweede geval vallen dus niet samen, zoodat de electriciteit op den bol, zoowel als de ongelijknamige inductie-electriciteit op den eersten cilinder, van invloed op den electricischen toestand van den tweeden cilinder moeten zijn. Uit de theorie van FARADAY volgt dus, dat de drie hoeveelheden electriciteit, die bij de werking van een geëlectriseerden op een neutralen geleider optreden, werkelijk allen invloed op de verdeeling der electriciteit op een derden geleider moeten uitoefenen, zoodat de bedenking van RIESS niet als een bezwaar tegen deze theorie kan gelden.

Men heeft nog eene andere bedenking tegen de theorie van FARADAY. In overeenstemming met een bekend gezegde van NEWTON, erkent men de bezwaren die er bestaan tegen het begrip van eene werking op afstand, doch dit bezwaar is, zegt men, door FARADAY niet opgeheven, maar slechts verplaatst. Hij heeft alleen de werking op de grootere afstanden der lichamen, tot eene op de kleinere afstanden der molekulen teruggebracht, en dan nog maar voor zoo verre er zich molekulen tusschen het induceerende en geïnduceerde lichaam bevinden. Want indien men een geëlectriseerd lichaam in eene volkomen luchtledige ruimte kon plaatsen, dan zou het, zegt FARADAY, niet met zijne theorie in strijd zijn, indien dit volgens de bekende wet der afstanden, verdeelend op de wanden dezer ruimte werkt. Alleen dan als er stof voorhanden is, moet de inductiewerking door middel dezer stof tot stand komen.

De bedenking, ofschoon ook van toepassing op de bestaande theorie, is volkomen juist. En indien FARADAY zich alleen ten doel had gesteld, om door zijne theorie, alle bezwaren tegen eene werking op afstand, op te heffen, dan zouden zijne pogingen niet aan dat doel hebben beantwoord. Daarmede is echter niet gezegd, dat zijne theorie

ons niet misschien eene eerste groote schrede nader aan dat doel brengt, en dat zij niet meer omvattend is in hare gevolgen dan de bestaande theorie; daarmede is niet weêrlegd, dat zij aan de uitkomsten van een proefondervindelijk onderzoek hare grootste waarde ontleent.

Het was voor FARADAY, die als het ware de bewegingen der molekulen zag, ongerijmd dat een geëlectriseerd lichaam verdeelend op de molekulen van een verwijderd lichaam zou kunnen werken, zonder invloed op die der naaste omgeving uit te oefenen. Ook meende hij, dat sommige bekende verschijnselen (1216), als die bij de electrolyse, waarover hij zijne beroemde onderzoekingen reeds toen had bekend gemaakt, bij de elektrische vonken, pluimen enz. werden waargenomen, als gunstig voor zijne theorie kunnen worden beschouwd, maar, zegt hij, zij kunnen voor twijfelachtige bewijzen worden gehouden, omdat men hierbij met stroomingen en ontladingen te doen heeft, ofschoon zij toch schijnen heen te wijzen op eene voorafgaande moleculaire rangschikking. Gelukkig gingen FARADAY's speculatiën steeds hand aan hand met een proefondervindelijk onderzoek, en dit was altijd rijk aan de schoonste resultaten. Zoodanig onderzoek kan alleen uitspraak doen over de vraag, of de middenstof daar, waar zij voorhanden is, werkelijk invloed op de inductiewerking uitoefent.

DERDE HOOFDSTUK.

Inductiewerking volgens kromme lijnen.

Wanneer proefondervindelijk kan worden aangetoond, dat de inductiewerking kan plaats hebben volgens kromme lijnen, dan moet dit volgens FARADAY, een krachtige steun zijn voor zijne theorie; mocht het onderzoek leeren, dat de inductiewerking niet volgens kromme lijnen kan plaats hebben, dan zou dit misschien nog niet bepaald een bewijs zijn tegen zijne theorie. Bij nader onderzoek schijnt echter te blijken, dat zij eene noodzakelijke consequentie is zijner hypothese, dat de inductiewerking door tusschenkomst van de middenstof plaats heeft.

Ofschoon er, door de bestrijders van deze theorie, geene bedenkingen van eenig gewicht tegen de inductiewerking volgens kromme lijnen zijn aangevoerd, vond men er toch bezwaar in om, zooals RIESS zegt, eene nieuwe eigenschap der inductiewerking aan te nemen, te meer, omdat de verschijnselen die hierop betrekking hebben, ook met behulp van de wiskundige theorie kunnen worden verklaard. FARADAY zegt (1805), dat hij ook de door hem verkregen uitkomsten heeft vergeleken met die, welke POISSON uit zijne schoone wiskundige onderzoekingen heeft afgeleid, in zoverre deze voor hem verstaanbaar waren, en hij acht het daarna waarschijnlijk, dat ook zijne theorie in een wiskundig onderzoek hare bevestiging zou vinden, indien men zich tot zoodanig onderzoek de moeite wilde geven.

Uit de beschouwingen in het eerste hoofdstuk volgt reeds dat, aangezien de warmtegeleiding kan plaats hebben volgens kromme lijnen, dit ook met de inductiewerking het geval kan zijn. THOMSON heeft echter de inductiewerking volgens kromme lijnen aan een nader onderzoek onderworpen, en de uitkomsten daarvan zijn in overeenstemming met hetgeen FARADAY verwachtte.

Reeds vroeger (pag. 23) hebben wij eene bepaling van krachtlijnen zoowel als van corresponderende punten gegeven. Nu heeft elk element op een evenwichtsoppervlak ook een corresponderend element op een ander evenwichtsoppervlak van hetzelfde stelsel, zoodanig dat de krachtlijnen, die gaan door den omtrek van het eerste, ook gaan door dien van het tweede. Eene der hoofdstellingen nu (1369), waarvan FARADAY in zijne theorie gebruik maakt, wordt door THOMSON ongeveer aldus uitgedrukt: Beschouwen wij een element a op het geëlectriseerde lichaam A, en een corresponderend element b op een lichaam B, dan zal de hoeveelheid electriciteit voortgebracht door inductie op dit element gelijk zijn aan de hoeveelheid ongelijknamige electriciteit op het eerste ¹⁾.

Zij, om dit te bewijzen, S een gesloten oppervlak waarin zich geen deel van het geëlectriseerde lichaam bevindt, en dat beschreven is tusschen A en B; zij verder P de componenten van de resultante der aantrekkende krachten op een element ds van S in de richting der normaal op dit element genomen. Nu is volgens het theorema van GREEN:

$$\int \Delta^2 H dk = \int G \frac{dH}{dn} ds - \int \frac{dH}{dn} \cdot \frac{dG}{dg} \cdot \cos \delta dk$$

waarin $G = \text{Const.}$ en $H = \text{Const.}$ oppervlakken, geheel onafhankelijk van de geslotene ruimte, waarvan dk een

¹⁾ VAN REES heeft aangetoond, dat de hiermede overeenkomende stelling met betrekking tot magnetische krachtlijnen, ook kan worden afgeleid uit de grondformule der magneto-inductie van WEBER. VAN REES over de theorie der magnetische krachtlijnen van FARADAY (pag. 48).

element en ds een vlakke-element is, voorstellen; terwijl dh , dg en dn elementen zijn der normalen op H , G en S , en δ de hoek tusschen de normalen h en g is. Verder is

$$\Delta^2 H = \frac{d^2 H}{dx^2} + \frac{d^2 H}{dy^2} + \frac{d^2 H}{dz^2}. \text{ Stellen wij nu: } G = 1 \text{ en}$$

$H = V$, dan vinden wij, voor een uitwendig punt waarvoor

$$\Delta^2 V = 0 \text{ is: } \int \frac{dV}{dn} ds = 0$$

$$\text{of } \int P ds = 0$$

waarbij de integratie zich uitstrekt over het geheele oppervlak. Onderstellen wij nu dat S is samengesteld uit drie deelen: het eerste a op het oppervlak van A , het tweede b op het oppervlak van B , en het derde c gevormd door de krachtlijnen, die gaan door de omtrekken van a en b , dan kunnen wij $\int P ds$ beschouwen als te bestaan uit drie deelen: $\int P_a ds_1$, $\int P_b ds_2$ en $\int P_c ds_3$, overeenkomende met de drie deelen van het oppervlak; dus is:

$$\int P_a ds_1 + \int P_b ds_2 + \int P_c ds_3 = 0.$$

De waarde van P , in elk punt van het laatste deel, is klaarblijkelijk nul, dus ook:

$$\int P_a ds_1 + \int P_b ds_2 = 0$$

maar, volgens vergel. 8, p. 10, is $P_a = -4\pi\rho_1$ en $P_b = -4\pi\rho_2$, waaruit volgt:

$$\int \rho_1 ds = - \int \rho_2 ds.$$

Hiermede is de waarheid der stelling aangetoond, zoodat de toepassing daarvan wiskundig beschouwd geen bezwaar heeft. Wij zullen nu overgaan tot de beschouwing van het proefondervindelijk onderzoek, waarin FARADAY eene bevestiging zijner theorie meende te vinden.

Eene der belangrijkste proeven (1224) waardoor hij de inductiewerking volgens kromme lijnen zocht aan te toonen, is de volgende. Op een cilinder van schellak, die een vertikalen stand heeft, en van boven bolvormig is uitgehoud, is een halve bol van metaal geplaatst met het platte vlak boven. Nu wordt de schellakcilinder door wrijven ne-

gatief electrisch gemaakt, de halve bol afleidend aangeraakt, en vervolgens het proefbolletje der torsiebalans op verschillende plaatsen met den halven bol in aanraking gebracht. Het blijkt nu, dat het proefbolletje telkens geladen wordt met positieve electriciteit, en dat de sterkte dezer lading van den rand naar het middelpunt toe, afneemt. Wordt het vervolgens op verschillende afstanden boven den halven bol gebracht, en na afleidende aanraking onderzocht, dan ziet men dat de sterkte der lading toeneemt met den afstand, totdat een maximum bereikt wordt; bij het verder toenemen van den afstand wordt de lading kleiner. Werd de halve bol door eene metalen schijf vervangen, dan veranderde hierdoor het resultaat niet; alleen wordt de lading, die het proefbolletje op een bepaalden afstand boven de schijf verkrijgt, kleiner, naarmate de middellijn der schijf grooter wordt genomen. Brengt men een geleidend lichaam, dat afleidend met den grond verbonden is, in de nabijheid van den schellakecilinder (1225), terwijl het proefbolletje boven den halven bol of boven de schijf is geplaatst, dan worden de krachtlijnen naar het eerste en minder naar het tweede lichaam gericht. Neemt men het eerste weg, dan hernemen zij hare vorige richting. Daar nu bij dit onderzoek het proefbolletje door invloed electrisch werd, terwijl men het door de lucht heen, niet door eene rechte lijn met den cilinder kon verbinden, moest volgens FARADAY de induceerende werking plaats hebben volgens kromme lijnen.

FECHNER ¹⁾ heeft deze proeven met verschillende wijzigingen herhaald, en verkreeg daarbij dezelfde uitkomsten. Hij is het er echter niet mede eens, dat men, naar aanleiding van deze proeven, tot eene inductiewerking volgens kromme lijnen mag besluiten, omdat men deze verschijnselen ook op eene andere wijze kan verklaren.

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 51. S. 321.

Het proefondervindelijk onderzoek heeft dus tot nu toe, geene uitspraak gedaan; en daar, waar men meende dat de verschijnselen niet in overeenstemming zijn met de theorie van FARADAY, blijkt het, dat men zich niet altijd daarvan, eene zuivere voorstelling wist te maken. Opgevoed in eene andere theorie, waarmede zij hunne denkbeelden geheel vereenzelvigd hadden, viel het den natuurkundigen moeielijk, zich met die van FARADAY vertrouwd te maken. En aan FARADAY ontbrak het middel, om zich, als het ware, verstaanbaar uit te drukken, om anderen te noodzaken, zijne wijze van voorstelling tot de hunne te maken. Hij dacht wiskundig, zooals TYNDALL zegt, zonder de taal der wiskunde te verstaan. Andere hebben eerst ingezien, dat de krachtlijnen van FARADAY niets anders zijn dan kromme lijnen, waarvan de raaklijn aan eenig punt steeds samenvalt met de resultante der electriche krachten, die op dat punt werken. Sedert THOMSON heeft aangetoond, dat de vraagstukken der inductiewerking en warmtegeleiding, wiskundig beschouwd identiek zijn, terwijl men bij de laatste te doen heeft met eene voortplanting van molekule tot molekule, die volgens kromme lijnen kan plaats hebben, is daarmede nog niet bewezen, dat dit ook bij de inductiewerking het geval zal zijn; maar het geeft toch aanleiding tot het denkbeeld aan eene voortplanting dier werking, door middel van de aangrenzende deelen der middenstof.

Bij de verschijnselen, die wij tot nu toe hebben beschouwd, leiden beide theoriën, langs verschillenden weg, tot hetzelfde resultaat. Wij hebben daarbij geen overtuigend bewijs vóór, maar evenmin eenig bewijs tegen de theorie van FARADAY gevonden. Het blijft dus voorbehouden aan het proefondervindelijk onderzoek, naar het specifiek induceerend vermogen der middenstof, waarmede wij ons in de volgende hoofdstukken zullen bezig houden, om eene beslissende uitspraak te doen.

VIERDE HOOFDSTUK.

Specifiek induceerend vermogen.

Voor dat wij tot de beschouwing der uitkomsten, die het proefondervindelijk onderzoek van FARADAY, omtrent het verschil in specifiek induceerend vermogen der stof opleverde, overgaan, zullen wij naar aanleiding van de verhandelingen van THOMSON ¹⁾ de wiskundige behandeling van het vraagstuk geven.

Zij A een geïsoleerde geleider, geladen met eene gegevene hoeveelheid positieve electriciteit; B eene geleidende schil, die A omgeeft en afleidend met den grond in verbinding is, en D eene vaste niet-geleider, waarvan wij het inwendige oppervlak door O, het uitwendige door O' voorstellen, en die zich in de ruimte tusschen A en B bevindt. De potentiaal, ten opzichte van een punt op of buiten B, is nul; terwijl die, ten opzichte van een punt op het oppervlak of in het inwendige van A, eene constante waarde heeft, welke waarde afhankelijk is van de hoeveelheid electriciteit op A, van den vorm, de grootte en den betrekkelijken stand van A en B, en van den aard der niet-geleidende stof D. De polaire toestand waarin deze middenstof onder den invloed van A en B is gebracht, kunnen wij beschouwen als overeenkomende met de magnetische polariteit, die opgewekt wordt in week ijzer onder den invloed eener mag-

¹⁾ Papers on Electrostatics and Magnetism, page 26.

neet. Nu heeft poisson, met behulp der bekende hypothese betreffende den aard der magnetische werking, de wiskundige wetten der verdeeling van magnetisme en van magnetische aantrekking en afstooting in het algemeen afgeleid. Deze wetten schijnen den toestand van een door invloed gepolariseerd lichaam op de meest algemeene wijze voor te stellen, en daarvan mogen wij, zonder verder eenige hypothese aan te nemen, gebruik maken, bij de wiskundige theorie der niet-geleidende lichamen, geplaatst onder electricischen invloed, wanneer een proefondervindelijk onderzoek daarmede niet in strijd is. De invloed van D , tengevolge van den polairen toestand, waarin D onder de werking van A en B is gebracht, op eenig punt in of buiten D , kan op dezelfde wijze worden voorgesteld, als poisson dit voor het magnetisme heeft gedaan, door eene verdeeling van electriciteit op de oppervlakken O en O' aan te nemen, zoodanig, dat over het eerste eene zekere hoeveelheid negatieve, over het laatste eene even groote hoeveelheid positieve electriciteit verdeeld is. De noodzakelijke en voldoende voorwaarde, waardoor deze verdeeling bepaald wordt, kan, zooals uit de analyse van poisson blijkt, op de volgende wijze worden uitgedrukt. Zij R de resultante der krachten, die werken op een punt p buiten D , R' die van de krachten, welke werken op een punt p' binnen D , en die alle het gevolg zijn van de ladingen op A en B , en de aangenomene verdeeling op D . Neemt men nu p en p' op oneindig kleinen afstand van elkander en dus ook op oneindig kleinen afstand van het oppervlak van D , dan zullen de componenten van R en R' in de richting der normaal, eene constante verhouding hebben, die wij door q voorstellen, en die evenredig is aan het specifiek induceerend vermogen der stof. Want volgens vergelijking (7) pg. 7 is: $R' - R = \div 4\pi\delta$, waarin δ de electricische dichtheid voorstelt, op het element van het oppervlak tussehen p en p' ; verder is $\delta = (\lambda - 1) R'$, waarin λ eene grootheid

voorstelt, die afhankelijk is van de vatbaarheid der stof om den polairen toestand aan te nemen, als die voor gassen als eenheid wordt aangenomen. Uit beide vergel. volgt:

$$\frac{R}{R'} = 1 + 4\pi(\lambda - 1) = q$$

waaruit blijkt dat q voor gassen, overeenkomstig onze onderstelling, gelijk één is.

Indien verder O en O' evenwichtsoppervlakken zijn in het stelsel van krachten, die het gevolg zijn van de werking van A en B en den polairen toestand van D , dan zullen zij ook nog evenwichtsoppervlakken zijn, wanneer de niet-geleidende stof D niet aanwezig is, en dus de geheele ruimte tusschen A en B door een gas wordt ingenomen. Door toepassing van de theorie der verplaatsing van equivalente massa's (zie pg. 14 en o. a. ook KÖTTERITZSCH, Lehrbuch der Electrostatik) is de waarheid hiervan gemakkelijk aan te toonen. Hieruit volgt dat al de evenwichtsoppervlakken, beginnende met A en eindigende met B , in beide gevallen dezelfde zullen zijn. De resulterende kracht, die het gevolg is van de electriciteit, welke wij ondersteld hebben, over de oppervlakken O en O' verdeeld te zijn, op punten binnen O of buiten O' , moet dus zoodanig zijn, dat zij bij eene gegevene lading van A , geene verandering in de verdeling der electriciteit op A en B veroorzaakt, en is dus gelijk nul. Zij nu weêr R de resultante der krachten die werken op een punt p binnen O , en R' die van de krachten, welke werken op een punt r buiten O' , in de onderstelling dat beide punten op oneindig kleinen afstand van de oppervlakken verwijderd zijn. Indien wij nu twee punten p' en r' beschouwen, het eerste buiten O en op oneindig kleinen afstand van p , het tweede binnen O' en op oneindig kleinen afstand van r verwijderd, dan zullen de resulterende krachten, die op deze twee punten werken, worden voorgesteld door $\frac{R}{q}$ en $\frac{R'}{q}$. Hieruit volgt, dat de

dichtheid der electriciteit, die wij ons voorstellen, over de oppervlakken O en O' verdeeld te zijn, en die den invloed van den polairen toestand in D vervangt, op elementen tusschen p en p' , r en r' , wordt bepaald door:

$$\delta = -\frac{1}{4\pi} \left(R - \frac{R}{q} \right)$$

en
$$\delta' = \frac{1}{4\pi} \left(R' - \frac{R'}{q} \right)$$

Zijn nu V_1 en V_2 de waarden der potentiaal op O en O', die alleen het gevolg zijn van de werking van A en B; zij eveneens V de potentiaal op eenig punt P, dan zal de waarde der potentiaal op P, die alleen het gevolg is van den polairen toestand van den isolator D, zijn: indien P ligt binnen O:

$$-\left(1 - \frac{1}{q}\right) V_1 + \left(1 - \frac{1}{q}\right) V_2$$

indien P ligt buiten O en binnen O':

$$-\left(1 - \frac{1}{q}\right) V + \left(1 - \frac{1}{q}\right) V_2$$

indien P ligt buiten O':

$$-\left(1 - \frac{1}{q}\right) V + \left(1 - \frac{1}{q}\right) V = 0.$$

Men vindt dus voor de totale potentiaal in P: indien P is binnen O:

$$V - \left(1 - \frac{1}{q}\right) (V_1 - V_2)$$

indien P is binnen O':

$$\frac{V}{q} + \left(1 - \frac{1}{q}\right) V_2$$

indien P is buiten O:

V.

De invloed, welke de isolator D op den toestand van A en B uitoefent, bestaat dus hierin, dat de waarde der poten-

tiaal in A met $\left(1 - \frac{1}{q}\right) (V_1 - V_2)$ verminderd wordt.

Is de geheele ruimte, tusschen A en B, met eene vaste isoleerende middenstof gevuld, zoodat O en A en O' en B samenvallen, dan is $V_1 = V$ en $V_2 = 0$. Hieruit volgt, dat de potentiaal in het inwendige van A, $\frac{V}{q}$ of het $\frac{1}{q}$ de gedeelte wordt van de waarde, die de potentiaal zou hebben, indien de geheele ruimte tusschen A en B door een gas werd ingenomen. Wil men dus A in beide gevallen tot dezelfde potentiaal laden, dan is daartoe in het eerste geval eene q maal grootere lading noodig dan in het tweede. Het specifiek induceerend vermogen der middenstof is dus evenredig aan q .

Beschouwen wij, in het hiermede overeenkomende vraagstuk der warmtegeleiding, A en B als isothermische oppervlakken in eene homogene middenstof, zoodanig dat A door inwendige warmtebronnen op eene constante temperatuur wordt gehouden, terwijl B de constante temperatuur nul heeft. Vervangen wij vervolgens de middenstof tusschen A en B door eene andere, waarvan het geleidend vermogen q maal grooter is, dan zal de hoeveelheid warmte die van A uitgaat grooter worden, hetgeen eene daling in temperatuur op A tengevolge heeft. Stellen wij nu dat de hoeveelheid warmte, die van de inwendige warmtebronnen uitgaat, in die mate vermeerderd, dat A weder de oorspronkelijke constante temperatuur verkrijgt, dan zal de intensiteit van den warmtestroom van A naar B, q maal grooter zijn, zoodat B in denzelfden tijd q maal meer warmte ontvangt.

Wij zullen nu nagaan of het proefondervindelijk onderzoek van FARADAY, met de voorgaande beschouwingen in overeenstemming is. Hij gebruikte om de verhouding van het specifiek induceerend vermogen van verschillende, hetzij vaste, vloeibare of gasvormige lichamen, tot dat der lucht te bepalen, twee gelijke toestellen, bestaande in

spherische condensators, zoodanig ingericht, dat hij de isoleerende middenstof gemakkelijk door andere kon vervangen (1187—1214). Tot recht begrip van dit onderzoek, zullen wij eene enkele uit vele zijner proeven (1252—1294) mededeelen (1257). De isoleerende middenstof van den eenen toestel was lucht; de onderste helft der bolvormige tusschenruimte van den tweeden was bijna geheel met schellak gevuld. De eerste werd nu geladen, en het proefbolletje met den knop, die met het binnenbekleedsel geleidend verbonden was, in aanraking gebracht om op deze wijze, met behulp der torsiebalans de betrekkelijke sterkte der lading te meten. Deze bedroeg 304. De beide binnenste bollen, of wat hetzelfde is, de binnenbekleedsels van beide condensators, werden nu voor een oogenblik met elkander in geleidende verbinding gesteld, door de knoppen met elkander in aanraking te brengen, nadat echter de lading van den eersten toestel op nieuw was gemeten; deze bleek tot 297 verminderd te zijn. Hiervan kon zich alleen dat deel, waarvan de betrekkelijke grootte door 290 werd voorgesteld, over beide toestellen verdeelen, omdat het schellakbekleedsel van de stang, die het binnenbekleedsel van den condensator met den knop verbond, eene constante lading van 7 had verkregen, zooals later duidelijk werd. Nadat de geleidende verbinding was verbroken, werden de ladingen van beide toestellen gemeten; hij vond nu dat de toestel met schellak eene betrekkelijke lading van 113, en de andere eene van 121 had verkregen. Vervolgens werden beide toestellen, voor een oogenblik, afleidend met den grond in verbinding gebracht, en daarna zag hij, dat de eerste eene lading had behouden, die op dezelfde wijze onderzocht 7 bedroeg, en die, zooals reeds gezegd is, aan den invloed van genoemd schellakbekleedsel was toe te schrijven. Eene betrekkelijke lading van 290 had zich dus zoodanig over beide toestellen verdeeld, dat de toestel met lucht eene lading van $290 - 114 = 176$ had

verloren, terwijl de andere slechts eene lading van 113 had verkregen. Het specifiek induceerend vermogen van schellak brengt dus de potentiaal eener lading van 176, als lucht de isoleerende middenstof is, terug tot 113; waaruit volgt, dat het specifiek induceerend vermogen van schellak $\frac{176}{113} = 1,55$

bedraagt, als dat van lucht als eenheid wordt aangenomen. Deze verhouding is echter door de proef om te keeren, zoowel als door de toestellen te verwisselen, tot 1,5 teruggebracht. Voor het specifiek induceerend vermogen van zwavel vond hij 2,24 (1275, 1276); voor dat van een der stukken glas die hij onderzocht 1,38, en voor flintglas 1,76, waarbij men echter in aanmerking moet nemen, dat de tusschenruimte, wat de onderste helft der condensator-bollen betreft, slechts voor $\frac{2}{3}$ door glas werd ingenomen, daar de dikte van het glas 10 mm. en de afstand der bolvormige oppervlakken 15 mm. bedroeg (1274). Hij maakte echter de opmerking, dat glas voor dit onderzoek weinig geschikt is wegens geleiding aan de oppervlakte. Dit blijkt ook uit de onderzoekingen van MATTEUCCI ¹⁾.

FARADAY zocht den invloed van het residuum zoo klein mogelijk te maken door de proef in den kortst mogelijken tijd te doen, en overigens ook werden zijne proeven met de meeste zorg genomen (1196—1214, 1267, 1269), zooals van een man als FARADAY te verwachten was. Dit neemt niet weg, dat men aan de juistheid der door hem verkregen getallen niet eene te groote waarde mag toekennen. Zoo schijnt het niet zonder bedenking te zijn, dat slechts de helft van de tusschenruimte der condensator-bollen met de te onderzoeken stof was gevuld. FARADAY zoekt den invloed daarvan wel in rekening te brengen, door de werking in de bovenste helften van beide toestellen gelijk te

¹⁾ Ann. de Chim. et de phys. T. 27 pg. 452.

stellen, omdat deze beide lucht bevatten, waaruit dan zou volgen dat het specifiek induceerend vermogen van schellak gelijk 2 wordt; maar het is zeker zeer twijfelachtig, dat de verdeeling der electriciteit, in de onderste helft van den toestel, dezelfde zal geweest zijn, als in het geval, dat de geheele tusschenruimte met de te onderzoeken stof was gevuld. Ook is het volgens de onderzoekingen van MATTEUCCI ¹⁾ en anderen waarschijnlijk, dat de aanraking, op enkele punten van de te onderzoeken stof met het metaalbekleedsel, niet zonder invloed is geweest op de verkregen getallen.

Bij het onderzoek van vloeistoffen (1280—1283), als terpentijnolie en petroleum, kwam hij tot minder duidelijk sprekende uitkomsten, daar zij niet voldoende isoleerden.

Het specifiek induceerend vermogen der lucht scheen onafhankelijk te zijn van de drukking (1284—1286); dit is in overeenstemming met de uitkomsten der proeven van HARRIS ²⁾. Verder is het mede onafhankelijk van den warmtegraad (1288), en van den vochtigheidstoestand (1289). Ook scheen het niet merkbaar van dat van andere gassen te verschillen (1290, 1292).

Dat de drukking geen invloed op de verdeelende werking uitoefent, vindt FARADAY zeer natuurlijk (1375). Wanneer toch een lichaam voorzien is van eene bepaalde hoeveelheid electriciteit, dan gaat er van dit lichaam eene bepaalde kracht uit, die de molekulen van de isoleerende middenstof in een polairen toestand brengt. Deze toestand is een gedwongene, zoodat deze kracht den weerstand, dien de molekulen bieden, heeft te overwinnen. Naar gelang zich nu de verdeelende werking voor eene zelfde middenstof, over een grooter aantal molekulen uitstrekt, zal de invloed, dien zij op elk dezer molekulen uitoefent, afnemen.

¹⁾ Ann. de Chim. et de phys. T. 27, pg. 146.

²⁾ Phil. Trans. 1834.

Zoo moet ook de verdeelende werking der molekulen met het toenemen van den afstand tot het geëlectriseerde lichaam kleiner worden, volgens de bekende wet der afstanden, die hier voor eene homogene middenstof eveneens uit de theorie volgt, zooals dit het geval is bij de trillings-theorie (1376). Voor een bepaalden afstand zal de verdeelende werking, op eene molekule grooter worden, naarmate het getal molekulen in die ruimte kleiner wordt; zoodat, wanneer men de helft der gasmolekulen uit de tusschenruimte verwijderd, de verdeelende werking op elk der molekulen tweemaal grooter wordt (1375).

VLIJFDE HOOFDSTUK.

Onderzoek van Riess.

RIESS betwijfelde de juistheid der meening van FARADAY, omtrent het specifiek induceerend vermogen der lichamen. Hij stelde daarom een proefondervindelijk onderzoek in ¹⁾ en houdt de meening van FARADAY, door zijne uitkomsten, voor afdoende weerlegd. Zijn toestel bestaat uit twee koperen schijven van ongeveer 163 m.m. middellijn en 1,4 m.m. dikte, die op een afstand van 26 m.m. evenwijdig aan elkander op glazen staven zijn bevestigd. Eene schellakschijf, van 182 m.m. middellijn en $7\frac{2}{3}$ m.m. dikte, werd op eene geverniste glazen staaf van 150 m.m. lengte, die van onderen om eene scharnier draaibaar was, derwijze geplaatst, dat men de schellakschijf in een vlak evenwijdig aan de koperen schijven tusschen deze kon verplaatsen; bovendien was zij verschuifbaar, zoodat men haar elken stand tusschen de koperen schijven kon doen innemen. Deze toestel is eene vereenvoudigde inductometer van FARADAY, zooals die reeds door FARADAY was voorgesteld (1314). De schijf A werd nu geladen, onderstellen wij ook in 't vervolg steeds, met positieve electriciteit; terwijl de schijf B

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 92. S. 337.

door een draad van 468 m.m. lengte geleidend met een door RIESS gewijzigden electroscop van BEHRENS verbonden was. Nadat de knop van den electroscop een oogenblik afleidend met den grond in verbinding was gesteld, werd de schellakschijf tusschen de twee koperen schijven gebracht, hetgeen terstond eene sterke vermeerdering der inductie-electriciteit op B gaf, merkbaar aan de positieve lading die het goudblad van den electroscop vertoonde. Werd de electroscop nu weer voor een oogenblik afleidend aangeraakt, en vervolgens de schellakschijf uit de tusschenruimte der koperen schijven verwijderd, dan gaf de electroscop eene vermindering der inductie-electriciteit op B aan. Tot zoover is dus het onderzoek geheel in overeenstemming met dat van FARADAY. Brengt men echter slechts een klein deel der schellakschijf in de tusschenruimte der koperen schijven, zoodat het grootste deel er buiten ligt, dan wordt daardoor de inductie-electriciteit op B verminderd, zoodat ook, bij de beweging der schellakschijf naar die tusschenruimte, de electroscop op het oogenblik, dat zich nog slechts een klein gedeelte in die tusschenruimte bevindt, eene kleine vermindering aantoot; doch onmiddellijk daarop volgt, bij de verdere beweging, eene sterke vermeerdering. Dit nu, zegt RIESS, is reeds bepaald in strijd met de theorie van FARADAY; want er bestaat volgens hem geene enkele reden, waarom een klein stuk schellak den invloed zou verzwakken, die door een groot stuk versterkt wordt. FARADAY merkt daartegen op ¹⁾, dat hetgeen voor een klein niet-afgescheiden deel van een grooter stuk geldt, nog niet waar behoef te zijn voor een klein stuk. Verder zegt hij, dat een lichaam van een groot specifiek induceerend vermogen evenzeer verandering in de richting der krachtlijnen moet brengen, indien het in de nabijheid van een induceerend lichaam geplaatst is, als een geleidend lichaam.

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 97. S. 427.

Het verschijnsel bevat dus niets wat in strijd is met zijne theorie. RIESS erkent ¹⁾ nu wel gedeeltelijk de juistheid der opmerking van FARADAY; maar hij vindt het toch moeilijk het verschijnsel volgens diens theorie te verklaren. Wij zullen echter later (pg. 64) aantoonen, dat dit verschijnsel eene geheele andere oorzaak heeft.

Nadat RIESS zijn toestel eenigszins heeft gewijzigd, herhaalt hij de boven beschreven proef, waarbij hij de schijf van schellak door schijven van verschillende stoffen vervangt.

De volgende tabel geeft een overzicht van zijne onderzoekingen en de daarbij verkregen uitkomsten.

De lengte van de middellijn der metalen schijven bedroeg 104 m.m., de afstand 36 m.m.

		Inductie-electr. der schijf B:	
I. Niet-geleidende schijven.			
A. Schellak	middellijn = 97 m.m.	dikte 2½ m.m.,	vermeerderd.
a. „	„ 30 „	„ 6 „	„
B. Paraffine	„ 108 „	„ 41½ „	„
b. „	„ 59 „	„ 7 „	„
β. „	„ 55 „	„ 2⅞ „	„
C. Gutta percha	„ 108 „	„ 3½ „	„
c. „ „	„ 50½ „	„ 3½ „	„
Glimmer (rechth.) lengte = 156 m.m. breedte = 104 m.m. dikte 1/10, vermind.			
D. Glas	middellijn = 51½ m.m.	dikte 4 m.m.	vermeerderd.
d. „ (rechth.)	lengte = 96 m.m. breedte = 96 m.m.	dikte 4 m.m.	„
δ. „ „ „	284 „ „	243 „ „	4½ „ verminderd.

II. Geleidende schijven.

Bladtin	middellijn = 36½ m.m.	dikte 0,06 m.m.,	vermeerderd.
Geel koper	„ 45½ „	„ 5½ „	„
Zilver	„ 36⅝ „	„ 2½ „	„
Koper	„ 94 „	„ ⅔ „	verminderd.

Wanneer de koperen schijven werden vervangen door koperen bollen van 20½ m.m. middellijn, en de te onderzoeken schijf zoodanig werd geplaatst, dat de lijn, die de middelpunten der bollen vereenigde, loodrecht was gericht

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 97. S. 438.

op het midden der schijf, terwijl de afstand van de middelpunten der bollen ongeveer 34 m.m. bedroeg, verkreeg RIESS de volgende uitkomsten:

III. Niet-geleidende schijven.

	Inductie-electr. der schijf B:
A. Schellak	verminderd.
a. "	vermeerderd.
b. Paraffine	"
β. "	"
C. Gutta percha	verminderd.
c. " "	vermeerderd.
D. Glas	"
d. "	verminderd.

IV. Geleidende schijven.

Geel koper	middellijn	15½ m.m.	dikte	5⅝ m.m.	vermeerderd.
"	"	15½	"	⅝	verminderd.
Zilver	"	36½	"	2⅝	vermeerderd.
Bladtin	"	36½	"	0,06	verminderd.
Koper	"	9¼	"	⅜	"

De uitkomsten, met de metalen schijven verkregen, hangen blijkbaar van de afmetingen af; metalen schijven, die afleidend met den grond verbonden waren, gaven eene vermindering der inductie-electriciteit op B, zooals te voorzien was.

RIESS leidt verder uit zijne onderzoekingen de volgende stelling af: De invloed van niet-geleidende schijven op de inductiewerking hangt af, zoowel van den vorm en de afmetingen dezer schijven, als van die der geleiders, welke bij zoodanige proeven gebruikt worden. En hiermede is, zegt RIESS, op eenvoudige wijze, de meening van FARADAY, aangaande het verschil in specifiek induceerend vermogen der lichamen, weêrlegd. Men zou echter ook kunnen zeggen: hiermede is aangetoond, dat er, behalve het specifiek induceerend vermogen der lichamen, nog andere invloeden zijn, die de inductiewerking kunnen wijzigen.

De vraag is nu: aan welke oorzaken is dan de invloed

der niet-geleidende middenstoffen op de inductiewerking toe te schrijven? RIESS geeft hierop het volgende antwoord: „Auf welche Weise die Wirkung der isolirenden Zwischenplatten zu Stande kommt, ist nicht direct auszumachen, weil der elektrische Zustand dieser Platten sich der Untersuchung entzieht, und es muss die analoge Wirkung der leitenden Zwischenplatten hinzugezogen werden, bei welchen diese Untersuchung ausgeführt werden kann.“ Vervolgens stelt hij een onderzoek in naar de wijze waarop de inductie-electriciteit over metalen schijven van verschillende afmetingen verdeeld is; en hierop laat hij volgen: „Da es unzweifelhaft ist, dass bei leitenden Zwischenplatten diese Wirkung allein durch die Anordnung der beiden Influenz-*elektricitäten* auf den Platten bedingt wird, so werden wir nothwendig darauf geführt, die Wirkung der nichtleitenden Zwischenplatten demselben Grunde zuzuschreiben. Dass auch die am vollkommensten isolirenden Körper durch die Influenz eines elektrisirten Körpers an ihrer Oberfläche mit beiden *Elektricitätsarten* versehen werden, steht fest, und dass diese *Elektricitäten* auf jeder der gebrauchten isolirenden Zwischenplatten in der kurzen Zeit zum Vorschein kommen, in welcher die Wirkung jener Platten beobachtet wurde, lehrt ein leichter sehr augenfälliger Versuch.“ En nu volgt de beschrijving der proef. RIESS plaatste een conductor, geladen met positieve electriciteit en eene spiritusvlam op 32 c. m. afstand van elkander. Eene schellak- of paraffineschijf werd in de nabijheid der vlam, en in eene richting loodrecht op de verbindingslijn, snel tusschen beide door bewogen; de schijf was nu, volgens RIESS, op de naar den conductor toegekeerde zijde, sterk negatief electrisch geworden. Hij geeft van dit verschijnsel de volgende verklaring. De schijf was onder den invloed van den conductor aan deze zijde negatief, aan de andere zijde positief electrisch geworden; de positieve electriciteit was door de vlam verwijderd, zoodat de negatieve op eerstgenoemde

zijde alleen achterbleef. FARADAY toonde echter aan, dat het juist de andere zijde was, die het sterkst negatief electrisch werd; en dit is geheel in overeenstemming met zijne theorie. Hiermede vervalt de verklaring van RIESS niet alleen, maar de proef bewijst ook niet, wat zij volgens hem moest bewijzen. RIESS zoekt dergelijke verschijnselen, ook in verhandelingen van lateren tijd, steeds van een verkeerd standpunt uitgaande, te verklaren, zooals wij later zullen zien.

FARADAY meent uit de voorgaande beschouwingen te moeten afleiden ¹⁾, dat RIESS den invloed der isoleerende zoowel als dien der geleidende schijven op de inductiewerking aan geleiding toeschrijft; en daarop toont hij aan, dat dit niet het geval kan zijn. Het gelukte hem n.l. eene schijf van zwavel in minder dan vier seconden, aan de eene zijde positief, aan de andere zijde negatief electrisch te maken. Gedurende eenige minuten scheen de toestand onverzwakt dezelfde te blijven, en zelfs uren daarna was de schijf nog geladen. De inductiewerking door eene niet-geleidende schijf heen, komt in een onmeetbaar klein oogenblik tot stand; hoe is het nu mogelijk, vraagt hij, hierbij aan geleiding te denken, terwijl voor de vereeniging der positieve en negatieve electriciteit op de schijf van zwavel een tijd vereischt wordt, die honderde malen grooter is. Bovendien zou zoodanige geleiding zeker niet in overeenstemming zijn met de isoleerende werking van den slechten geleider bij den condensator.

RIESS antwoordt o. a. hierop ²⁾: „Bei einer nichtleitender Platte kann ich zwar die Anordnung der Electricitäten nicht untersuchen, aber mit einer angenommenen Anordnung kann ich gleichfalls die Wirkung dieser Platte

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 97, S. 419.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 97, S. 435.

erklären, und muss deshalb leugnen, dass zwischen der Wirkung leitender und nichtleitender Platten bei der Influenz ein wesentlicher Unterschied vorhanden sey. Dass die Art und Weise, in welcher die Influenz auf einer leitender und einer nichtleitender Platte zu Stande kommt, in jeder Hinsicht dieselbe sey, habe ich weder gesagt, noch gemeint." Intusschen heeft RIESS reeds vroeger gezegd ¹⁾, als hij over de eigenschap spreekt, die FARADAY specifiek induceerend vermogen noemt: „Diese Eigenschaft ist offenbar nichts Anderes als das Leitungsvermögen der Isolatoren, in dem speziellen Fälle der Ladung, welche entgegengesetzte Elektricitätsarten auf nahestehenden Flächen desselben Körpers anhäuft." Het schijnt dus, dat wij de isolators nu eens als niet-geleidende, dan weër als geleidende lichamen moeten beschouwen, zonder ons slechts eenigermate reenschap te kunnen geven van de redenen, waarom zij zich zoo verschillend gedragen, en van de wijze waarop de geleiding, in het door RIESS bedoelde geval, tot stand komt. Wij meenen naar aanleiding hiervan te mogen besluiten, dat de beschouwingswijze van RIESS elken redelijken grondslag mist, zoodat zij, ter verklaring van den invloed der niet-geleidende lichamen op de inductiewerking, niet in aanmerking kan komen. Het slot zijner verhandeling is merkwaardig, omdat hij ons daar de redenen doet kennen, waarom zijne uitkomsten slechts schijnbaar tegen de theorie van FARADAY bewijzen. Het zou n.l. zegt RIESS, voor de rangschikking der isoleerende lichamen van belang zijn, voor verschillende stoffen, de kleinste afmetingen met elkander te vergelijken, waarbij zij eene vermindering der inductie-electriciteit veroorzaken, als zij tusschen bepaalde lichamen, waarvan het eene induceerend op het andere werkt, geplaatst zijn, indien niet de geleiding der elec-

¹⁾ Dove, Rep. Bd. IV, S. 146.

tricieit aan de oppervlakte dier isolators dit onderzoek zeer onzeker maakte. Glas, mica en schellak, dus drie der lichamen, die bij zijne proeven tegen FARADAY'S theorie moesten bewijzen, geleiden aan de oppervlakte de electriciteit beter dan inwendig; alleen met het vierde, gut-tapercha, heeft volgens RIESS het omgekeerde plaats. Verder zegt hij, dat deze geleiding aan de oppervlakte, bij de meeste voorzorgen in de behandeling der isoleerende schijven, niet zoo constant te verkrijgen is, dat niet dezelfde plaat, op verschillende tijden, eene verschillende uitwerking heeft. Wanneer de geleiding aan de oppervlakte alzoo bij de meest mogelijke voorzorgen niet constant te verkrijgen, nog veel minder te vermijden is, en wij hierbij in aanmerking nemen, dat juist de geleiding aan de oppervlakte er toe mede werkt, de verschijnselen bij niet-geleiders waargenomen, met die, welke bij geleiders optreden, te doen overeenkomen, rijst de vraag op: Waarom heeft RIESS dit bij de verklaring dezer verschijnselen niet in aanmerking genomen? Dat door de uitkomsten van RIESS de theorie van FARADAY niet weêrlegd wordt, blijkt nog meer uit de volgende beschouwing.

FARADAY vond voor het specifiek induceerend vermogen van glas ongeveer 1,76, wanneer de tusschenruimte der metalen voor $\frac{2}{3}$ gedeelte door glas werd ingenomen. Nu waren de metalen schijven, bij de proeven van RIESS, op een afstand van 36 m.m. van elkander verwijderd; terwijl de dikte der schijven, die bij de eerste reeks zijner proeven eene vermindering der inductie-electriciteit veroorzaakten, voor de eerste, eene glazen schijf, $1\frac{1}{3}$ m.m., die voor de tweede, eene micaplaat $\frac{1}{10}$ m.m. bedroeg; zoodat te tusschenruimte der metalen schijven voor $\frac{1}{27}$ door glas, en slechts voor $\frac{1}{360}$ door mica werd ingenomen. De invloed die beide schijven volgens FARADAY op de vermeerdering der inductie-electriciteit zouden uitoefenen, moest dus wel zeer gering, ja misschien onmerkbaar zijn, en het is

meer dan waarschijnlijk, dat zij niet kon opwegen tegen eene vermindering, die door geleiding aan de oppervlakte zou kunnen veroorzaakt worden. Wil men met eenige zekerheid oordeelen over het al of niet bestaan der eigenschap, die FARADAY specifiek induceerend vermogen der stof heeft genoemd, dan moet men bij het nemen der proeven, meer voorzorgen in acht nemen, dan RIESS gedaan heeft, zooals uit het proefondervindelijk onderzoek, dat wij in het volgende hoofdstuk zullen beschrijven, blijkt.

ZESDE HOOFDSTUK.

Proefondervindelijk onderzoek.

De toestel waarmede ik aanvankelijk proeven heb genomen, komt met dien van RIESS overeen; alleen werd in de wijze, waarop de te onderzoeken schijf was bevestigd, eene verandering gebracht. Deze werd door middel van twee zijden draden opgehangen aan haakjes van eboniet, die aan eene zijden koord waren bevestigd, waarvan het eene uiteinde aan een balk was vastgemaakt, terwijl het andere over eene katrol was geslagen. De waarnemer kon nu, met de koord in de hand, op meer dan een meter afstand van den toestel, de beweging van de schijf regelen, en zich zoo plaatsen, dat hij de beweging van het goudblad duidelijk kon zien. Nadat de schijf A geladen was met positieve electriciteit, en vervolgens de schijf B geleidend met den electroscop in verbinding was gesteld, werd de niet-geleidende schijf snel tusschen de twee koperen schijven gebracht, en te gelijk de beweging van het goudblad waargenomen, hetwelk met de schijven, die aan dit onderzoek zijn onderworpen, eene vermeerdering der inductie-electriciteit op B aangaf, behoudens ééne uitzondering; eene glazen schijf van 150 m.m. middellijn en $1\frac{1}{2}$ m.m. dikte veroorzaakte eene vermindering der inductie-electriciteit op B. Vervolgens werd de knop van den electroscop afleidend aangeraakt, en dan de schijf snel verwijderd. Wanneer de heen- en teruggaande bewegingen der schijf zoo spoedig mogelijk

op elkander volgden, dan toonde de tegengestelde beweging van het goudblad bij de laatste in het algemeen eene verandering der inductie-electriciteit op B aan; alleen in sommige gevallen, voornamelijk bij glazen schijven, werd ook dan, na afleidende aanraking van den electroscop, bij de verwijdering der schijf, eene vermeerdering waargenomen, in welk geval de te onderzoeken schijf steeds negatief electrisch bleek te zijn. Was dit laatste niet het geval, dan werd de niet-geleidende schijf opnieuw tusschen de koperen schijven gebracht en herhaaldelijk hetzelfde onderzoek ingesteld, waarbij aanteekening werd gehouden van den tijd, gedurende welken de niet-geleidende schijf, na de eerste waarneming, tusschen de schijven A en B was geweest.

Het bleek weldra dat zijden draden niet voldoende isoleerden; de niet-geleidende schijf tusschen A en B geplaatst, werd in weinige seconden, sterk genoeg negatief electrisch om eene aan de eerste tegengestelde uitwerking te geven. Nadat de zijden draad met schellak was overtrokken, isoleerde zij beter; de hiermede verkregen uitkomsten komen overeen met die, welke wij later zullen vermelden. Wij moeten hierbij nog opmerken, dat bij het schommelen der niet-geleidende schijf in de ruimte tusschen A en B, het goudblad van den electroscop mede eene schommelende beweging verkreeg, zooals dit ook door KNOCHENHAUER was waargenomen ¹⁾; dit verschijnsel kan echter geene aanleiding geven tot eene uitspraak in het voordeel van eene of andere theorie, zoodat wij hierbij niet behoeven stil te staan.

Om meerdere voorzorgen te kunnen in acht nemen, was het noodig aan den toestel eene andere inrichting te geven. Deze bestaat (fig. 1) uit eene houten tafel van 1,08 meter lengte en 0,84 meter breedte. Het blad P Q steunt met vier stelschroeven op een raam M N, dat door vier pooten gedragen wordt. De opstaande rand der tafel is voorzien

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 51. S. 426.

van eene diepe gleuf, waarin eene glazen stolp, van 1 meter lengte, 0,76 meter breedte en 0,76 meter hoogte, inzinkt, terwijl de gleuf verder is gevuld met kwik. Deze stolp is samengesteld uit vijf platen van goed isoleerend glas, die met de randen luchtdicht aan elkander bevestigd zijn. Twee koperen schijven A en B, van 112 m.m. middellijn, steunen op vertikaal geplaatste staven van eboniet van 11 m.m. middellijn, wier voetstukken op houten schuiven zijn bevestigd, die goed sluitend door den rand der tafel steken. Door middel van de knoppen *a* en *b*, die aan deze schuiven, waarop eene verdeeling in millimeters is aangebracht, zijn bevestigd, kan men den afstand der schijven naar willekeur veranderen. terwijl zij steeds evenwijdig blijven. De afstanden van de middelpunten dezer schijven tot het vlak van de tafel bedraagt 0,4 meter, en die tot den naastbij zijnden glazen zijwand 0,22 meter. De naar elkander toegekeerde oppervlakken der koperen schijven zijn niet gevernist. Eene derde koperen schijf C steunt eveneens op eene isoleerende staaf, wier voetstuk ook weder op dezelfde wijze, met behulp van den knop *c*, verschuifbaar is, zoodat men het steeds zoodanig kan inrichten, dat de oppervlakken der schijven B en C, in een zelfde vertikaal vlak liggen. Het middelpunt der schijf C bevindt zich op 0,215 meter afstand boven het vlak der tafel, en is 0,16 meter van den naastbijzijnden glazen wand verwijderd. Beide schijven B en C zijn door middel van dunne koperen draden, die bij *e* en *e'* goed geïsoleerd door den rand van de tafel zijn gebracht, geleidend met twee electroscopen E en E', met Zambonische zuil volgens de inrichting van FECHNER, verbonden. Beide electroscopen zijn gedeeltelijk achter elkander op eene tafel geplaatst, en wel de electroscop E', die met C in verbinding staat, het dichtst bij den waarnemer. De as *ad'*; die van hard hout is gemaakt, en nauwsluitend door den rand der tafel gaat, draagt een sectorvormig voetstuk, waarop, loodrecht op de rich-

ting der as, eene ebonietstaaf is geplaatst, zoodat men deze, door middel van den knop *d* kan doen bewegen in een vertikaal vlak, evenwijdig aan de oppervlakken der koperen schijven. Op deze ebonietstaaf is de schijf D, waarvan het specifiek induceerend vermogen moet worden onderzocht, zoodanig bevestigd, dat zij gemakkelijk verwijderd en door eene andere vervangen kan worden. De ebonietstaaf is namelijk boven ongeveer 2 c.m. diep cilindrisch uitgehold, terwijl de te onderzoeken schijven voorzien zijn van stelen van glas of eboniet, die nauwkeurig in de cilindrische holte der staaf passen.

Aan de glazen schijven zijn stelen van glas, door middel van schellak, waaraan eene geringe hoeveelheid was werd toegevoegd, bevestigd. Men kan de schijf D een willekeurigen stand in de ruimte tusschen A en B doen innemen, waarbij men echter steeds zorgt, dat de oppervlakken evenwijdig zijn en de middelpunten in eene rechte lijn liggen. Draait men den knop *d* in tegengestelden zin, dan wordt D op dezelfde wijze met betrekking tot C geplaatst als in den vorigen stand met betrekking tot B. In de nabijheid van C is in het blad der tafel eene opening gemaakt, die luchtdicht gesloten kan worden; deze dient om de schijf D te kunnen verwijderen en door eene andere te vervangen. Vervolgens is bij *f* eene koperen staaf F door den rand der tafel gebracht, die aan beide uiteinden koperen knoppen draagt. Het deel, dat zich in den rand der tafel bevindt, is omgeven door een bus van eboniet, die vast aan de staaf verbonden is, en draait in eene cilindervormige tappan. De staaf is verder zoodanig gebogen, dat men haar door een handvat van eboniet, dat zich bij *f* bevindt, kan draaien, tot het eene uiteinde in geleidende verbinding met de schijf A komt. Hierdoor wordt het mogelijk de schijf A te laden, zonder dat men de glazen stolp behoeft te verwijderen. Eindelijk waren nog aan de opstaande randen der glazen stolp handvatsels van

leder stevig bevestigd; hierdoor werd het gemakkelijk gemaakt de stolp op te lichten, en er een paar houten staven onder te schuiven, om haar op deze wijze te kunnen verwijderen.

Aanvankelijk werden de proeven genomen zonder dat de toestel door de stolp was overdekt. Hierbij werd steeds aantekening gehouden van de temperatuur en van den vochtigheids-toestand der lucht, voor zooverre deze door een haarhygrometer werd aangegeven. Aan de schijven A, B en C werd zorgvuldig de beschreven stand gegeven, terwijl de schijf D zoover mogelijk van A en B verwijderd werd. Zij werden voor elke proef, door middel van een daskwast, van stofdeelen bevrijd. Nu werd de koperen knop f in geleidende verbinding met A gebracht en vervolgens in verbinding gesteld met het geladen deksel van den electrophoor. Terstond daarna werd de verbinding met A opgeheven, de knop f afleidend aangeraakt, en de staaf F op het vlak van de tafel neêrgeslagen. Op deze wijze is nu A geladen, zooals wij bij de volgende proeven steeds zullen onderstellen, met positieve electriciteit, terwijl B ondertusschen door middel van de draad p met den grond in geleidende verbinding was gesteld. Vervolgens werden de schijven B en C met behulp van de draden p en q geleidend met de electroscoopen E en E¹ verbonden, en nu werd eerst een onderzoek ingesteld naar den toestand der schijf D, door haar in de nabijheid van C te brengen. Was zij niet neutraal, dan werd zij ontladen met behulp van de spiritusvlam, zoodat zij, ook nog eenigen tijd daarna, geen invloed op de schijf C uitoefende, wanneer zij in de nabijheid van deze werd bewogen. Het gelukte echter niet de schijf D op deze wijze te ontladen, vóórdat eerst weer de schijf A was ontladen, tenzij een metalen scherm, dat afleidend met den grond verbonden was, tusschenbeide was geplaatst. Nu werd de schijf D snel in de ruimte tusschen A en B gebracht en de bewe-

ging van het goudblad van den electroscoop E waargenomen; terstond daarna werd zij teruggeslagen, zoodat zij nu op dezelfde wijze ten opzichte van C was geplaatst, als eerst ten opzichte van B, en tegelijk de stand van het goudblad van den electroscoop E' waargenomen. Voor deze heen- en teruggaande beweging der schijf D waren nauwelijks twee seconden noodig. Zij werd nu weêr in de ruimte tusschen A en B gebracht en dit onderzoek van tijd tot tijd herhaald, waarbij telkens aantekening werd gehouden van het tijdstip, waarop dit plaats had, gerekend van af het tijdstip der eerste waarneming. De schijf C was steeds met den gevoeligsten der twee electroscoopen verbonden, terwijl de beweging van het goudblad met behulp van een kijker werd waargenomen, die zoodanig was ingericht, dat het beeld van het goudblad samenviel met het beeld eener verdeelde schaal. Op deze wijze zou het mogelijk geweest zijn uit de grootte der afwijkingen van het goudblad, tot die van het specifiek induceerend vermogen der stof te besluiten, indien althans de schijf A steeds even sterk werd geladen. Het moge misschien later blijken van belang te zijnde grootte van het specifiek induceerend vermogen van verschillende middenstoffen te kennen; voorschands vond ik het alleen noodig aan te toonen, dat er werkelijk een verschil in specifiek induceerend vermogen bij verschillende middenstoffen bestaat, en dat wij hiermede rekening moeten houden bij de verschijnselen, die bij de inductiewerking worden waargenomen.

Vervolgens werd het onderzoek op dezelfde wijze herhaald, nadat 'de toestel door de glazen stolp was overdekt en de lucht door zwavelzuur en chloorcalcium, dat in 'glazen bakken op de tafel was geplaatst, droog was geworden. Het chloorcalcium was, zelfs na eenige weken, nauwelijks merkbaar veranderd, waaruit volgt dat het inwendige van den toestel voldoende van de buitenlucht was afgesloten. Het hout bevat echter altijd vochtdeelen, tengevolge waarvan het, ook dan wan-

neer dit goed gepolijst is, niet gelukt in dergelijke toestellen, de lucht absoluut droog te verkrijgen. Aanvankelijk heb ik er over gedacht het blad van de tafel weg te nemen, en dit te vervangen door eene uit- en inschuifbare lade, waarin het chloorcalcium en het zwavelzuur kon worden geplaatst; doch daar dit, wegens het onvermijdelijke krimpen van het hout, aanleiding tot eene minder goede sluiting kon geven, kwam ik hiervan terug.

Voor het doen dezer proeven werd zeer veel tijd vereischt. Nadat de te onderzoeken schijven met behulp der spiritusvlam volkomen neutraal waren gemaakt, werden zij, tengevolge van de onvermijdelijke aanraking bij het plaatsen in den toestel, in den regel, electricisch. Ik moet hierbij nog opmerken, dat de schijven nooit met de hand werden aangeraakt, dan nadat deze met een handschoen was bedekt. Om op verschillende tijden, met dezelfde schijven, dezelfde uitkomsten te verkrijgen, bleek het weldra noodig te zijn, zelfs dan wanneer de schijf, in de nabijheid van C gebracht, geene electriciteit meer vertoonde, het onderzoek nog een dag uit te stellen. De schijven werden nooit onmiddellijk nadat zij in den toestel waren geplaatst, onderzocht, ook dan niet wanneer zij neutraal waren gebleven; dit onderzoek had niet voor den volgenden dag plaats. De resultaten vindt men in de volgende tabellen. Kolom 1 bevat de opgave van de stof en de afmetingen der te onderzoeken schijf; kolom 2 geeft aan, of de toestel bij het onderzoek niet of al door de stolp was overdekt; in kolom 3 is de tijd opgegeven, gerekend van het oogenblik af dat de neutrale niet-geleidende schijf het eerst in de ruimte tusschen A en B is gebracht; in 4 is de temperatuur in graden Celsius, en in 5 de stand van den haarhygrometer opgegeven, op de in kolom 3 aangewezen tijden. De kolom 6 geeft aan of bij het plaatsen der schijf D in de ruimte tusschen A en B, de inductie-electriciteit op B is vermeerderd, verminderd of onveranderd gebleven.

Eindelijk geeft de 7^{de} of laatste kolom aan, of de niet-geleidende schijf bij C gebracht neutraal is, of, indien dit niet het geval is, met welke electriciteit zij is geladen.

De afstand der schijven A en B bedroeg 36 m.m.; die van het midden der schijf D tot A 24 m.m. en tot B 12 m.m.

	1	2	3	4	5	6	7
A.	I. Schijf van: Schellak. midd. = 120 m.m. dikte = 2 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E. op B: vermeerderd	Electr. toest. der schijf D:
			0 m.	19° C.	39°		neutr.
	II.	In droge lucht.	5 »	»	»	»	pos.
			0 »	15½° »	7½°	»	neutr.
			90 »	»	»	»	pos.
			4 u.	18° »	8°	»	»

De proef werd op nieuw genomen met dezelfde schijf echter met deze wijziging, dat de schijf D juist in het midden tusschen A en B werd geplaatst.

	1	2	3	4	5	6	7	
B.	I. Schijf van Schellak. midd. = 120 m.m. dikte = 2 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hyg.	Inductie E. op B: vermeerderd	Electr. toest. der schijf D:	
			0 m.	24° C.	35°		neutr.	
			2 »	»	»		»	neg.
			15 »	»	»		vermin. = vermeer.	»
	II.	In droge lucht.	20 »			verminderd	»	
			0 »	15° »	15°	vermeerderd	neutr.	
			50 »	16° »	15½°	»	neg.	
			3 u.	»	»	»	»	
			4 »	15° »	»	vermin. = vermeer.	»	
			5½ »	»	»	verminderd	»	

Deze tabellen geven een voldoende overzicht van den loop der proeven. Nadat de schijf voor het eerst in de ruimte tusschen A en B was gebracht, werd zij terstond teruggeslagen, om haren toestand, met behulp der schijf

C, te onderzoeken; daarna werd zij onmiddellijk in haren eersten stand teruggebracht. Dit onderzoek werd aanvankelijk dikwijls herhaald totdat de schijf negatief electrisch was geworden, hetgeen in niet-droge lucht soms na $\frac{1}{4}$ min. reeds het geval was; vervolgens had het ongeveer om de 3 min. plaats. In droge lucht werd het om de 5 min. herhaald. Uit de eerste proef bleek alzoo onstreeks wanneer de schijf D electrisch was geworden, en ook wanneer zij eene vermindering der inductie-electriciteit op B veroorzaakte. Dezelfde schijf werd nu nogmaals op overeenkomstige wijze onderzocht, echter met dit verschil, dat zij zooveel mogelijk in de ruimte tusschen A en B werd gelaten. Alleen op de tijdstippen, waarop volgens de eerste proef, eene verandering in den toestand der schijf D, of eene vermindering der inductie-electriciteit op B, te verwachten was, werd het onderzoek meermalen herhaald.

Uit tabel A blijkt nog dat de schijf D positief electrisch werd, indien de afstand tot de schijf A 24 m.m. en die tot B 12 m.m. bedroeg. Was de toestel niet door de stolp overdekt, dan had dit reeds plaats na 5 min.; in droge lucht bleef zij gedurende $1\frac{1}{2}$ uur neutraal. 't Spreekt van zelf dat zij daarna eene vermeerdering der inductie-electriciteit op B moest veroorzaken, zoodat eene voorzetting van het onderzoek niet noodig was. Bij de volgende proeven werden de te onderzoeken schijven telkens in het midden tusschen A en B, wier onderlinge afstand steeds 36 m.m. bedroeg, geplaatst. Na eenigen tijd bleek het, dat zij, in de nabijheid van C gebracht, negatief electrisch waren geworden; want het goudblad van den electroscop E' naderde tot de positieve pool, eerst, ofschoon met den kijker waargenomen, nauwelijks merkbaar; doch de afwijking nam langzamerhand toe. De schijf werd, volgens tabel B, in niet-droge lucht reeds na 2 min. en in droge lucht eerst na 50 m. negatief electrisch. Niettegenstaande de schijf vervolgens negatief was, gaf zij, in de ruimte tusschen A en B ge-

bracht, toch nog geruimen tijd vermeerdering der inductie-electriciteit op B; het goudblad week dan nog af naar de negatieve pool, terwijl eene tegengestelde beweging werd waargenomen bij het verwijderen der schijf. Beide afwijkingen werden langzamerhand kleiner, totdat op zeker oogenblik geene afwijking werd waargenomen; vervolgens kreeg de invloed der negatieve electriciteit op de schijf D, bij het gelijktijdig afnemen der lading van A, de overhand, zoodat zij in de ruimte tusschen A en B gebracht, vermindering der inductie-electriciteit op B veroorzaakte. In vochtige lucht had dit reeds plaats na 20 min., in droge lucht eerst na meer dan 5 uren. Wanneer de te onderzoeken schijf reeds vrij sterk negatief electrisch was geworden, nam men, bij het naderen der schijf tot de ruimte tusschen A en B, wanneer zich slechts een gedeelte der schijf in die ruimte bevond, eene vermindering der inductie-electriciteit op B waar; kwam er, bij de verdere beweging der schijf een grooter deel in die ruimte, dan volgde daarop eene vermeerdering. De beweging van het goudblad van den electroscoop E' naar de positieve pool was eerst kleiner, werd vervolgens gelijk, en eindelijk grooter dan de tegengestelde beweging, die er onmiddellijk op volgde, totdat later alleen eene afwijking naar de positieve pool werd waargenomen, hetgeen eene vermindering der inductie-electriciteit aangaf. Deze schommelende beweging van het goudblad, waarbij beide afwijkingen ongeveer even groot waren, werd in droge lucht, zooals uit de tabel B blijkt, waargenomen na 4 uren.

De staaf, waarop de te onderzoeken schijf geplaatst was, werd, wanneer de schijf, zooals bij ons onderzoek, in het midden tusschen A en B was geplaatst, steeds negatief electrisch. Hierdoor kon dus nooit eene vermeerdering der inductie-electriciteit op B worden veroorzaakt; wel kon dit tengevolge hebben, dat er spoediger eene vermindering plaats had, dan dit anders het geval zou geweest zijn. In

niet-droge lucht isoleerde een zijden draad met schellak overtrokken het beste; doch deze kon in den toestel, met de stolp overdekt, niet gebruikt worden. Ik heb vervolgens een tal van governiste glazen buizen onderzocht; doch het gelukte mij niet deze voldoende isoleerend te verkrijgen. Wanneer eene glazen buis met eene dikkere laag schellak werd bedekt, dan verkreeg dit laatste in droge lucht wel dra zoovele barsten, dat het isoleerend vermogen sterk verminderde. RIESS ondervond, bij het zoeken naar isoleerende staafjes voor proefschijfjes, dezelfde bezwaren ¹⁾. Glazen staven met gesmolten schellak overtrokken isoleerden aanvankelijk wel beter dan governiste glazen staven; maar bij de minste aanraking met een geëlectriseerd lichaam bleken zij toch electrisch te zijn. Eene glazen buis met paraffine overtrokken, gedroeg zich niet beter dan eene governiste glazen buis, en eene staaf van schellak was wegens hare breekbaarheid niet te gebruiken. Eene staaf van eboniet scheen nog het best te voldoen, wanneer deze althans herhaaldelijk werd behandeld met gewone magnesia en zwavelkoolstof. Dit laatste was vooral noodig, voordat de proeven in niet-droge lucht werden genomen, nadat dit eerst in droge lucht had plaats gehad.

De volgende tabel bevat de uitkomsten van het onderzoek.

1	2	3	4	5	6	7
I. Schijf van: Schellak.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E. op B:	Electr. toest. der schijf D:
midd. = 80 m.m.		0 m.	23° C.	35°	vermeerderd	neutr.
dikte = 2 m.m.		1½ »	»	»	»	neg.
		15 »	»	»	verminderd	»
II.	In droge lucht.					
		0 m	20° »	10°	vermeerderd	neutr.
		40 »	»	»	»	neg.
		7 u.	»	»	verminderd	»

¹⁾ RIESS, Reibungselek. S. 138.

1	2	3	4	5	6	7				
D.	I. Schijf van Paraffine. midd. = 156 m.m. dikte = 10 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E op B:	Electr. toest. der schijf D.			
			0 m.	19° C.	39°	vermeerderd	neutr.			
			2 »	»	»	»	neg.			
			95 »	»	»	vermin. = vermeer.	»			
	II.	In droge lucht.	120 »	»	»	verminderd	»			
			0 »	15½° »	9½°	vermeerderd	neutr.			
			30 »	16° »	10°	»	neg.			
			4 u.	17° »	11°	»	»			
			6 »	»	»	vermin. < vermeer.	»			
			6u40m	»	»	verminderd	»			
E.	I. Paraffine. midd. = 112 m.m. dikte = 12 m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neutr.			
			1½ »	»	»	»	neg.			
			105 »	»	»	vermin. = vermeer.	»			
			135 »	»	»	verminderd	»			
	II.	In droge lucht.	0 »	24½° »	13°	vermeerderd	neutr.			
			25 »	»	»	»	neg.			
			6 u.	17° »	12°	vermin. = vermeer.	»			
			6u30m	»	»	verminderd	»			
			F.	I. Paraffine. midd. = 150 mm. dikte = 5 mm	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neutr.
						1½ »	»	»	»	neg.
85 »	»	»				vermin. < vermeer.	»			
100 »	»	»				verminderd	»			
II.	In droge lucht.	0 »		18°	9°	vermeerderd	neutr.			
		20 »		»	»	»	neg.			
5u30m	»	»	verminderd	»						

	1	2	3	4	5	6	7
G.	I. Schijf van: Eboniet. midd. = 154 m.m. dikte = 2 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd. 0 m. $\frac{1}{2}$ » 3 »	Therm. 24° C. » »	Hygr. 36° » »	Inductie E op B: vermeerderd » verminderd	Electr. toest. der schijf D: neutr. neg. »
	II.	In droge lucht.	0 » 6 » 4 u. 2u20m	14 $\frac{1}{2}$ ° » » 15° » »	8° » 9 »	vermeerderd » vermin < vermeer. verminderd	neutr. neg. » »
H.	I. Zwavel. midd. = 145 m.m. dikte = 3 m.m.	In niet droge lucht.	0 m. 1 » 21 »	23° C. » »	35 » »	vermeerderd. » verminderd	neutr. neg. »
	II.	In droge lucht.	0 » 20 » 3 u.	21° » » »	11° » »	vermeerderd » verminderd	neutr. neg. »
J.	I. Glas. midd. = 50 m.m. dikte = 1 $\frac{1}{2}$ m.m.	In niet droge lucht.	0 m. 1 »	18 $\frac{1}{4}$ ° C. »	40° »	onveranderd verminderd	neutr. neg.
	II.	In droge lucht.	0 » 1 » 1 $\frac{1}{2}$ »	18° » » »	10 $\frac{1}{4}$ ° » »	vermeerderd onveranderd verminderd	neutr. neg. »
K.	I. Glas. midd. = 80 m.m. dikte = 1 $\frac{1}{2}$ m.m.	In niet droge lucht.	0 m. $\frac{1}{2}$ » 10 »	24° C. » »	34° » »	vermeerderd. vermin. < vermeer. verminderd.	neutr. » »
	II.	In droge lucht.	0 » $\frac{1}{2}$ » 8 » 18 »	15° » » » »	8° » » »	vermeerderd » vermin. = vermeer. verminderd	neutr. neg. » »

	1	2	3	4	5	6	7
L.	I. Schijf van: Glas. midd. = 140 m.m. dikte = 1½ m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	De inductie E. op B:	Electr. toest. der schijf D:
			0 m.	24° C.	36°	vermeerderd	neutr.
	II.	In droge lucht.	½ »	»	»	»	neg.
			8 »	»	»	verminderd	»
L'.	I. Gevernist Glas. (dezelfde schijf L.)	In niet droge lucht.	0 »	23° C.	36°	vermeerderd	neutr.
			½ »	»	»	»	neg.
	II.	In droge lucht.	16 »	»	»	verminderd	»
			0 »	14° »	7¼°	vermeerderd	neutr.
M.	I. Glas. midd. = 130 m.m. dikte = 1½ m.m.	In niet droge lucht.	0 »	24° C.	34°	vermin. < vermeer.	neg.
			1 »	»	»	vermin. = vermeer.	»
	II.	In droge lucht.	6 »	»	»	verminderd	»
			0 »	19° »	12°	vermeerderd	neutr.
N.	I. Glas. midd. = 150 m.m. dikte = 1½ m.m.	In niet droge lucht.	0 »	24° C.	34°	verminderd	neg.
			0 »	17° »	12°	vermeerderd	neutr.
	II.	In droge lucht.	½ »	»	»	»	neg.
			3 »	»	»	verminderd	»

1	2	3	4	5	6	7
I. Schijf van: Mica.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E. op B:	Electr. toest. der schijf D:
midd. = 155 m.m. dikte = $\frac{1}{4}$ m.m.		0 m.	24° C.	36	verminderd	neg.
II.	In droge lucht.	0 » 4 sec.	18° » »	10 »	onveranderd verminderd	neg. »

Behalve deze schijven heb ik nog verscheidene andere onderzocht; doch ik vind het niet noodig de tabellen langer te maken, daar de uitkomsten geheel met de hier medegedeelde overeenkomen. Ik heb alleen de uitkomsten, met de glazen schijven I, K, L, M en O verkregen, medegedeeld, omdat deze alle uit een zelfde stuk glas gesneden zijn, waarvan ook eene der glazen schijven mijner Holtzsche machine, die zeer goed werkte, was gemaakt. De proeven, in niet droge lucht, werden genomen bij helder winterweder, in eene goed verwarmde kamer, dus onder de meest gunstige omstandigheden van temperatuur en vochtigheidstoestand. Uit dit onderzoek blijkt, dat de uitkomsten in groote mate afhankelijk zijn van de afmetingen der schijven, wanneer de geleiding aan de oppervlakte groot is.

Gaarne had ik het onderzoek met schijven van eboniet verder uitgestrekt; maar de schijven, die ik mij aanschafte, bevatten steeds metaaldeelen, misschien Sb_2 , S_3 .

De schommelende beweging van het goudblad des electroscopes, bij de beweging der schijf D naar de ruimte tusschen A en B, werd alleen waargenomen, wanneer deze schijf eene elektrische lading had verkregen. De glazen schijven K, L, M en N, en de micaschijf O, veroorzaakten dit verschijnsel reeds bij de eerste proef; werd de schijf nu terstond teruggeslagen en bij C gebracht, dan bleek het dat zij reeds vrij sterk negatief electrisch was. In droge lucht

werd deze schommelende beweging van het goudblad nooit bij de eerste proef waargenomen, dan alleen met eene glazen schijf, die aan de eene zijde met foelie was bedekt, en waarvan het later bleek, na verwijdering der foelie, dat het glas sterk geleidend was; deze vertoonde in droge lucht reeds bij de eerste proef hetzelfde verschijnsel als genoemde glazen schijven in vochtige lucht. Bij al de andere schijven werd dit eerst waargenomen, nadat zij gedurende korteren of langeren tijd in de ruimte tusschen A en B waren geweest. Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat dit verschijnsel, waarin RIESS, zooals reeds vroeger (pg. 41) is vermeld, een bewijs tegen de theorie van FARADAY meende te vinden, alleen het gevolg is van de lading, welke de schijf tengevolge van geleiding aan de oppervlakte verkrijgt, zoodat het inderdaad niets tegen deze theorie bewijst. Een ander verschijnsel, n.l. dat enkele der te onderzoeken schijven reeds bij de eerste proef in niet-droge lucht, geene vermeerdering der inductie-electriciteit te weeg brachten, hetgeen volgens RIESS een afdoend bewijs tegen de theorie van FARADAY zou zijn, moet blijkbaar aan dezelfde oorzaak worden toegeschreven; zoodat werkelijk in de verhandelingen van RIESS geen enkel bewijs tegen die theorie te vinden is niet alleen, maar de beschouwingwijze van RIESS geheel ontoereikend is om dergelijke verschijnselen te verklaren. Indien toch deze verschijnselen aan geleiding moeten worden toegeschreven, dan moeten de schijven, zoowel die van schellak als van glas, in zulk een groote mate geleidend zijn, dat eene scheiding zoowel als eene vereeniging van positieve en negatieve electriciteit in een onmeetbaar klein oogenblik tot stand kan komen, terwijl het bij de eerste een half uur, bij de tweede nauwelijks eene halve minuut duurt, voordat eene overmaat van negatieve electriciteit aanwezig is, niettegenstaande zij onder dezelfde omstandigheden en op dezelfde isoleerende staaf waren geplaatst. Had RIESS bij zijn onderzoek meer-

dere voorzorgen in acht genomen, en ook den duur van het onderzoek in rekening gebracht, dan had hij daarin ongetwijfeld de bevestiging der theorie van FARADAY gevonden; dan zou hij veel van hetgeen in zijne verhandelingen van lateren tijd als minder juist moet aangemerkt worden vermeden, en tegelijk op de ontwikkeling der wetenschap een gunstigen invloed uitgeoefend hebben.

Nadat de verschillende bezwaren tegen de theorie van FARADAY aangevoerd, zijn weêrlegd, blijft ons nog over te onderzoeken, of de uitkomsten van ons proefondervindelijk onderzoek geheel in overeenstemming zijn met dat gedeelte dezer theorie, hetwelk betrekking heeft op het specifiek induceerend vermogen der lichamen. Dat de schijf D, in de ruimte tusschen A en B gebracht, zoo lang zij neutraal is, of ook nadat er langzamerhand eene scheiding van electriciteit heeft plaats gehad, zoodat de eene zijde negatief en de andere even sterk positief is geworden, eene vermeerdering der inductie-electriciteit moet veroorzaken, in de onderstelling dat haar specifiek induceerend vermogen grooter dan dat der lucht is, behoeft geen betoog. Maar ook dan wanneer de naar A toegekeerde zijde der schijf, die wij *a* zullen noemen, meer negatieve electriciteit bevat dan de andere zijde *b* positieve, of ook in de onderstelling dat de zijde *a* negatief, de zijde *b* neutraal is, zal zij volgens deze theorie aanvankelijk nog eene vermeerdering der inductie-electriciteit moeten veroorzaken, en wel tot zoolang de negatieve lading op *a* zekere grens heeft bereikt. Want onderstellen wij, dat de eerste laag molekulen op de zijde *a*, grenzende aan de luchtmolekulen, meer negatieve dan positieve electriciteit bevat, dan zal de laatste, nadat er onder den invloed der positieve electriciteit op A, in deze molekulen eene scheiding van electriciteit heeft plaats gehad, verdeelend op de molekulen in eene volgende laag gaan werken en zoo vervolgens, totdat eindelijk die der laatste laag aan de oppervlakte *b* verdeelend

op de luchtmolekulen werkt; en nu is het zeer wel mogelijk, dat deze werking sterker is dan zij zou zijn, indien de schijf D niet aanwezig, en door luchtmolekulen vervangen was. Neemt de hoeveelheid negatieve electriciteit aan de oppervlakte a toe, dan zal de verdeelende werking op de volgende molekulen, en dus ook die op de eerste laag luchtmolekulen tusschen D en B, afnemen, totdat deze laatste eindelijk kleiner wordt dan zij zou zijn, in het geval dat D door luchtmolekulen werd vervangen; alsdan zal de invloed van D eene vermindering der inductie-electriciteit op B tengevolge hebben.

De theorie van FARADAY wordt door ons proefondervindelijk onderzoek zoo overtuigend bevestigd, dat een verder onderzoek eigenlijk overbodig is. RIESS heeft echter een grooten invloed toegekend, niet alleen aan de afmetingen der te onderzoeken schijven, maar ook aan die der metalen conductors, waartusschen deze schijven geplaatst worden. Dat de invloed van den vorm en de afmetingen der te onderzoeken schijven aanzienlijk is, voornamelijk bij schijven, waarbij men eene sterke geleiding aan de oppervlakte waarneemt, blijkt reeds uit het onderzoek met de glazen schijven. Bij het onderzoek der schijf N, die de grootste middellijn heeft, werd in niet droge lucht reeds bij de eerste proef, en in droge lucht veel spoediger dan bij de andere schijven, eene vermindering waargenomen, niettegenstaande de glazen schijven uit eene zelfde glasplaat gesneden waren. Om ook nog den invloed van den vorm der conductors te onderzoeken, heb ik in mijn toestel de koperen schijven A en B vervangen door koperen bollen, die wij ook A en B zullen noemen, wier middellijn 50 m.m. bedroeg, en die zoodanig geplaatst waren, dat de afstand der middelpunten 80 m.m. was; de lijn, die de middelpunten der bollen vereenigde, was loodrecht gericht op het midden der te onderzoeken schijf, die evenver van de oppervlakken van beide bollen verwijderd was. Nog moe

ik opmerken, dat de proeven zoowel in niet droge als in droge lucht met door de stolp overdekten toestel moesten worden genomen. Het onderzoek had n.l. plaats in de maanden Juli en Augustus van dit jaar, en gedurende dien tijd stond de haarhygrometer steeds boven 50° . Door de kamer tot eene temperatuur van 30° C. te verwarmen werd wel de stand van den hygrometer tot omstreeks 46° teruggebracht; maar ook dan nog waren de schijven van gläs, en ook sommige andere, reeds negatief electricisch, wanneer zij de ruimte tusschen de conductors A en B naderden en vóórdat zij den bepaalden stand hadden ingenomen. Door in den overdekten toestel eene kleine hoeveelheid zwavelzuur te plaatsen, en de opening die zich in de tafel bij C bevindt, slechts gedeeltelijk te sluiten, gelukte het, den vochtigheidstoestand in den toestel zeer nabij te doen overeenkomen met dien, waarbij de vorige proeven genomen zijn.

De uitkomsten van dit onderzoek vindt men in de volgende tabel.

	1	2	3	4	5	6	7
A	I. Schijf van: Schellak. midd. = 124 m.m. dikte = 4 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E op B:	Electr. toest. der schijf D:
			0 m.	24° C.	34°	vermeerderd	neutr.
			4 »	»	»	»	neg.
	II.	In droge lucht.	21 »	»	»	verminderd	»
			0 »	24° C.	5	vermeerderd	neutr.
			8 »	»	»	»	neg.
60 »	»	»	verminderd	»			
C	I. Schellak. midd. = 80 m.m. dikte = 2 m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neutr.
			5 »	»	»	»	neg.
			21 »	»	»	verminderd	»
	II.	In droge lucht.	0 »	24° C.	3°	vermeerderd	neutr.
			15 »	»	»	»	neg.
			60 »	»	»	vermin. < vermeer.	»
			85 »	»	»	verminderd.	»

1	2	3	4	5	6	7	
D.	I. Schijf van Paraffine. midd. = 156 m.m. dikte = 40 m.m.	In niet droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E op B:	Electr. toest. der schijf D.
			0 m.	25° C.	39°	vermeerderd	neutr.
			4 »	»	»	»	neg.
			20 »	»	»	vermin. = vermeer.	»
	II.	In droge lucht.	25 »	»	»	verminderd	»
			0 »	25° »	3°	vermeerderd	neutr.
			9 »	»	»	»	neg.
			30 »	»	»	vermin. < vermeer.	»
85 »	»	»	verminderd	»			
E.	I. Paraffine. midd. = 112 m.m. dikte = 42 m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neutr.
			5½ »	»	»	»	neg.
			35 »	»	»	verminderd	»
	II.	In droge lucht.	0 »	20° C.	5°	vermeerderd	neutr.
			7 »	»	»	»	neg.
			110 »	»	»	verminderd	»
F.	I. Paraffine. midd. = 150 mm. dikte = 5 mm	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	36°	vermeerderd	neutr.
			5 »	»	»	»	neg.
			23 »	»	»	verminderd	»
	II.	In droge lucht.	0 »	24°	3°	vermeerderd	neutr.
			20 »	»	»	»	neg.
			65 »	»	»	verminderd	»
G.	I. Ebouiet.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neutr.
			½ »	»	»	»	neg.
			1½ »	»	»	verminderd	»

	1	2	3-	4	5	6	7
G.	II. Schijf van: Eboniet.	In droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E op B:	Electr. toest. der schijf D:
			0 »	20° C.	7°	vermeerderd	neutr.
			2 »	»	»	»	neg.
			5 »	»	»	verminderd	»
	I. Zwavel. midd. = 154 m.m. dikte = 4 m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	34°	vermeerderd.	neutr.
			1 »	»	»	»	neg.
			14 »	»	»	verminderd	»
H'	II.	In droge lucht.	0 »	20° C.	7°	vermeerderd	neutr.
			12 »	«	»	»	neg.
			18 »	«	»	vermin. = vermeer.	»
			25 »	»	»	verminderd	»
	I. Glas. midd. = 50 m.m. dikte = 1½ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermeerderd	neg.
			5 sec.	»	»	verminderd	»
J.	II.	In droge lucht.	0 »	22° C.	6°	vermeerderd	neutr.
			1 »	»	»	»	neg.
			2 »	»	»	verminderd	»
	I. Glas. midd. = 80 m.m. dikte = 4½ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	vermin. = vermeer.	neg.
			5 sec.	»	»	verminderd	»
K.	II.	In droge lucht.	0 m.	20° C.	7°	vermeerderd	neutr.
			½ »	»	»	»	neg.
			1½ »	»	»	verminderd	»
L.	I. Glas. midd. = 110 m.m. dikte = 1½ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	verminderd	neg.

	1	2	3	4	5	6	7
L.	II. Schijf van: Glas.	In droge lucht.	Tijd.	Therm.	Hygr.	Inductie E. op B:	Electr. toest. der schijf D:
			0 m.	21°	6°	vermeerderd	neutr.
			$\frac{1}{2}$ »	»	»	»	neg.
L ₁	I. Gevernist glas. (dezelfde schijf L.)	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	onveranderd	neg.
			$\frac{1}{2}$ »	»	»	verminderd	»
	II.	In droge lucht.	0 »	20°	7°	vermeerderd	neutr.
			$\frac{1}{2}$ »	»	»	»	neg.
			2 »	»	»	verminderd	»
M.	I. Glas. midd. = 130 m.m. dikte = 1 $\frac{1}{2}$ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	24° C.	35°	verminderd	neg.
	II.	In droge lucht.	0 »	22° »	7°	vermeerderd.	neutr.
			$\frac{1}{2}$ »	»	»	verminderd.	neg.
N.	I. Glas. midd. = 150 m.m. dikte = 4 $\frac{1}{2}$ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	25° C.	35°	verminderd	neg.
	II.	In droge lucht.	0 »	22° »	6°	onveranderd	neutr.
			$\frac{1}{2}$ »	»	»	verminderd	neg.
O.	I. Mica. midd. = 155 m.m. dikte = $\frac{1}{2}$ m.m.	In niet droge lucht.	0 m.	25° C.	34°	verminderd	neg.
	II.	In droge lucht.	0 »	24° C.	7°	verminderd	neg.

Uit dit onderzoek blijkt, dat RIESS terecht een belang-
rijken invloed aan den vorm der conductors heeft toege-

schreven. In niet droge lucht waren ook nu nog de glazen schijven L, M en N reeds negatief electrisch, voordat zij de ruimte tusschen A en B bereikt hadden, tengevolge waarvan zij reeds terstond eene vermindering der inductie-electriciteit op B veroorzaakten. Ook de andere schijven veroorzaakten in korteren tijd eene vermindering der inductie-electriciteit op B dan bij het vorige onderzoek, waarbij de conductors schijven waren.

Verder was, bij het onderzoek met bolvormige conductors, de vermeerdering der inductie-electriciteit op B, wanneer de niet-geleidende schijven in de ruimte tusschen A en B werden gebracht, veel kleiner dan bij het eerste. Dat dit het geval moest zijn, is gemakkelijk aan te toonen.

Het verdichtingsvermogen eens condensators is, in overigens dezelfde omstandigheden, aanmerkelijk kleiner in het geval dat de geleiders bollen van eene bepaalde middellijn, dan indien zij schijven van dezelfde middellijn zijn. Is de middellijn der schijven nu aanmerkelijk grooter dan die der bollen, zooals bij deze proeven het geval was, dan zal het verschil in verdichtingsvermogen nog grooter zijn; want het verdichtingsvermogen neemt toe, als de middellijn der schijven grooter wordt. Wanneer dus aan de schijf A bij de eerste reeks mijner proeven dezelfde hoeveelheid electriciteit werd medegedeeld als aan den bol A bij de tweede, dan zal in het eerste geval de hoeveelheid ongelijknamige inductie-electriciteit op de schijf B aanmerkelijk grooter zijn, dan die in het tweede geval op den bol B. Indien wij nu mogen aannemen, dat het getal, hetwelk het specifiek induceerend vermogen eener stof voorstelt, constant, d. i. onafhankelijk van de sterkte der lading van A, is, dan zal, wanneer wij dit getal door m voorstellen, bij het brengen van de schijf in de ruimte tusschen A en B, de inductie-electriciteit op B met een m^{de} vermeerderd worden, in de onderstelling dat die geheele ruimte door de schijf werd ingenomen. In ons geval zou die vermeer-

dering dus niet zoo groot, maar toch voor dezelfde schijf een constant getal zijn. Is nu de hoeveelheid inductie-electriciteit op B, bij het gebruik van bolvormige conductors kleiner dan bij dat van schijfvormige, dan zal in het eerste geval de vermeerdering der inductie-electriciteit op B, door den invloed van de niet-geleidende schijf, ook kleiner moeten zijn dan in het tweede.

Het onderzoek met glazen schijven kan zeker weinig gewicht in de schaal leggen, omdat glas in groote mate geleidend aan de oppervlakte is, zooals uit de tabel blijkt. Dat glas weinig geschikt is voor dergelijke proeven wordt ook door anderen erkend. Volgens FARADAY (1254) deugt het daarvoor niet; door de uitkomsten van MATTEUCCI ¹⁾ wordt dit eveneens bevestigd; en RIESS zegt, zooals reeds vroeger is opgemerkt, dat glazen staven, al zijn ze ook met gesmolten schellak overtrokken, bij de kortst mogelijke aanraking met een geëlectriseerd lichaam, electrisch worden. Wel blijkt uit de proeven met de schijf L, dat een glazen schijf zich beter gedraagt wanneer zij gevernist is, dan wanneer dit niet het geval is. De micaschijf was van alle het meest geleidend, zoodat wij aan de uitkomsten, daarmede verkregen, niet de minste waarde kunnen toekennen.

Het bleek verder duidelijk, uit de grootere afwijking van het goudblad, dat, naarmate de niet-geleidende schijven van dezelfde stof dikker werden genomen, de vermeerdering der inductie-electriciteit op B, door haar teweeg gebracht, grooter was. Ik zou hieraan misschien nog eenige opmerkingen kunnen toevoegen, die de ervaring mij als waarschijnlijk juist zijnde, aan de hand heeft gedaan; maar een vrij langdurig onderzoek naar den electrischen toestand der niet-geleidende lichamen heeft mij geleerd, met het maken van algemeene gevolgtrekkingen hoogst voorzichtig te zijn, omdat men hierbij steeds te doen heeft met verschillende

¹⁾ Ann. de Chim. et de Phys. 1849 pg. 151, 160.

invloeden die niet te scheiden zijn, zoodat een dergelijk onderzoek een breedten weg tot dwalen open stelt. Bovendien is het eenige doel, dat ik mij had voorgesteld, bereikt, daar ik met zekerheid meen te mogen besluiten, dat al de proeven, waarvan de uitkomsten niet door geleiding aan de oppervlakte onzeker worden gemaakt, leiden tot de bevestiging der theorie van FARADAY. En de uitkomsten zouden ongetwijfeld nog meer in het voordeel dezer theorie geweest zijn, indien het mij mogelijk was geweest, de staaf, waarop de niet-geleidende schijf bevestigd was, beter isoleerend te maken, dan mij dit nu, bij de meeste voorzorgen, gelukt is.

De reden waarom ik mijn toestel niet zoodanig heb gewijzigd, dat ik daardoor in staat zou geweest zijn, het specifiek induceerend vermogen der stoffen in getallen uit te drukken, is in de eerste plaats, zooals ik reeds vroeger heb opgemerkt deze, dat het uit een theoretisch oogpunt wel van belang schijnt te zijn, het bestaan dezer eigenschap der stof aan te toonen; maar dat het aanvankelijk noch theoretische noch practische waarde heeft, de grootte dezer getallen te kennen. En in de tweede plaats zouden de verkregen getallen, toch niet met die door anderen gevonden vergelijkbaar zijn, al werden de proeven ook onder volkomen dezelfde omstandigheden met betrekking tot temperatuur en vochtigheidstoestand genomen. Om vergelijkbare uitkomsten te verkrijgen zou het bovendien noodig zijn, dat de proeven door verschillende natuuronderzoekers met geheel overeenkomstige toestellen werden genomen. Behalve de vorm der conductors, waarvan de grootte invloed reeds is aangetoond, is ook de aard, de vorm en de afstand der lichamen, die zich in de nabijheid bevinden, niet zonder invloed. Zoo meet men met een spherischen condensator, zooals dit door FARADAY is gedaan, niet hetzelfde, als met een condensator, waarvan de conductors schijven zijn, en die dus overeenkomt met den toestel, welken ik heb gebruikt.

Stellen wij ons, om dit aan te toonen, een spherischen condensator voor, waarvan het geladen binnenbekleedsel A volkomen bolvormig, en geheel door het gesloten buitenbekleedsel B omgeven is, terwijl lucht de isoleerende middenstof vormt. Wanneer nu een gedeelte der lucht plotseling door een concentrischen vasten isolator kon worden vervangen, derwijze dat beide oppervlakken van dezen isolator met de bolvormige bekleedsels een gemeenschappelijk middelpunt hadden, dan zou dit alleen tengevolge hebben, dat de waarde der potentiaal kleiner werd, zooals uit hetgeen daaromtrent reeds vroeger (pg. 34) is aange-toond volgt. De verdeling der electriciteit op A zou dezelfde blijven en de hoeveelheid inductie-electriciteit op B zou mede niet veranderen, en dus gelijk blijven aan die op A, met tegengesteld teeken.

Zijn echter beide conductors schijven, waarvan de achtervlakten voorzien zijn van knoppen, door middel waarvan zij op de isoleerende staven bevestigd zijn, en waarvan de eene geladen is, dan zal de electriciteit, wanneer men een vasten isolator in de ruimte tusschen deze schijven brengt, zich anders over de geladen schijf verdeelen, tengevolge van het grooter specifiek induceerend vermogen van den isolator; een grooter aantal krachtlijnen zal zich naar de oppervlakte van den tweeden schijfvormigen conductor richten, en dit zal eene vermeerdering der inductie-electriciteit op de laatste tengevolge hebben, welke vermeerdering afhankelijk zal zijn van den vorm der geladen schijf.

Wanneer wij dus, bij den spherischen condensator, de lucht vervangen door een vasten isolator, dan zal dit eene vermindering der potentiaalwaarde op het geladen binnenbekleedsel A ten gevolge hebben, zonder dat dit eene vermeerdering der inductie-electriciteit op B veroorzaakt; terwijl bij een schijfvormigen condensator, het vervangen der lucht door een vasten isolator, ook wel eene vermin-

dering der potentiaalwaarde op de geladen schijf, maar tevens eene vermeerdering der inductie-electriciteit op B ten gevolge zal hebben.

Zoowel door de eene als door de andere wijze van onderzoek, wordt echter de invloed der middenstof bij de inductie-werking, overtuigend aangetoond. Bij de beschouwing van verschillende andere verschijnselen, die op de theorie van FARADAY betrekking hebben, vonden wij geen afdoend bewijs vóór, maar evenmin eenig bewijs tegen deze theorie, zooals reeds aan het einde van het derde hoofdstuk is opgemerkt. Door beide theorien, zoowel door de wiskundige electriciteitstheorie, als door die van FARADAY, kwamen wij met betrekking tot die verschijnselen, ofschoon langs verschillenden weg, tot hetzelfde resultaat. Maar het proefondervindelijk onderzoek, waardoor het bestaan van de eigenschap der stof, die FARADAY specifiek induceerend vermogen heeft genoemd, wordt bevestigd, heeft op beslissende wijze uitspraak gedaan, ten gunste der theorie van FARADAY.

ZEVENDE HOOFDSTUK.

Onderzoekingen van andere Natuurkundigen.

Het zijn inzonderheid de Italiaansche natuurkundigen, zoowel van vroegeren als van lateren tijd, die zich met het onderzoek naar de wijze, waarop zich de niet-geleiders bij de inductiewerking verhouden, hebben bezig gehouden. De uitgebreide onderzoekingen van CIGNA ¹⁾ hebben zelfs nu nog hunne wetenschappelijke waarde niet verloren, terwijl mannen als CANTON, BECCARIA en VOLTA zich mede door hunne onderzoekingen verdienstelijk hebben gemaakt. AVOGADRO is zeer waarschijnlijk de eerste geweest, die over eene voortplanting der inductiewerking door tusschenkomst der middenstof gedacht, althans geschreven heeft ²⁾. Hij ging hierbij uit van de hypothese van FRANKLIN, en nam aan dat eene fijne vloeistof de molekulen der lichamen omgeeft. Bij een niet-geleidend lichaam onder den invloed van een geëlectriseerd lichaam gebracht, hoopt zich deze vloeistof op de van dit laatste lichaam verwijderde deelen der molekulen van den niet-geleider op, zoodat zij in een polairen toestand worden gebracht. Ofschoon het niet

¹⁾ Miscellanea Societatis Taurinens. 1765.

²⁾ Journ. de phys. 1806, 1807.

blijkt, dat de beschouwingen van AVOGADRO een belangrijken invloed hebben uitgeoefend, schijnt het toch dat de Italiaansche natuurkundigen over het algemeen geneigd zijn eene voortplanting der inductiewerking door middel van de polair geworden middenstof aan te nemen. Zij hebben aan de theorie van FARADAY niet alleen de meeste aandacht geschonken, maar zich ook van tijd tot tijd bezig gehouden met onderzoekingen, die daarop betrekking hebben. Dit blijkt o. a. uit de verhandelingen van MATTEUCCI ¹⁾ en FELICI ²⁾, welke laatste in den loop van het vorige jaar het licht zagen.

MATTEUCCI vervaardigde cilindertjes van schellak, zwavel, stearine, enz. van 10 m.m. lengte en 2 m.m. dikte, en plaatste die achtereenvolgens, in hun zwaartepunt opgehangen, aan cocondraden onder een glazen stolp, waarin de lucht door chloorcalcium werd droog gehouden. Bracht hij nu een geëlectriseerd lichaam in de nabijheid dezer cilindertjes, dan gedroegen zij zich op dezelfde wijze als in het zwaartepunt vrij opgehangen staafjes van week ijzer onder den invloed eener magneet; zij vertoonden duidelijk aan beide uiteinden tegengestelde electriciteit. Werd het geëlectriseerd lichaam verwijderd, dan hield ook deze polaire toestand onmiddellijk op. MATTEUCCI besluit naar aanleiding hiervan tot de polariteit der molekulen overeenkomstig de theorie van FARADAY, en leidt daaruit tevens gevolgen af met betrekking tot het geleidend en isoleerend vermogen der lichamen, welke met die theorie overeenkomen. Met behulp van eene gewijzigde balans van COULOMB zoekt MATTEUCCI vervolgens de aantrekkende werkingen, die een geëlectriseerde geleider op verschillende isoleerende en geleidende lichamen in dezelfde omstandigheden uitoefent, met elkander te vergelijken. Hij vond, dat bij eene zelfde lading, de aan-

¹⁾ Ann. de Chim. et de Phys. 1849, 1850, 1859.

²⁾ Il nuovo Cimento 1871, 1872.

trekking steeds op denzelfden afstand werd waargenomen, onverschillig of het te onderzoeken lichaam een geleider of een niet-geleider was, en dat zij steeds op hetzelfde oogenblik werd waargenomen, waarop het geëlectriseerde lichaam op den bepaalden afstand was gebracht. MATTEUCCI schijnt echter niet al de invloeden in rekening te hebben gebracht, die de verschijnselen kunnen wijzigen. Dit geldt voornamelijk ook van het onderzoek, waarbij hij het induceerende lichaam met eene niet-geleidende schijf in aanraking brengt, om te doen zien hoe de kracht, waarmede het op de bewegelijke naald der torsiebalans werkt, in den tijd van 5 minuten gewijzigd wordt, wanneer deze aan den anderen kant der schijf in de nabijheid der oppervlakte is opgehangen. Eene doos van mica, wier oppervlakte geheel met schellak was bedekt, werd op deze wijze onderzocht, terwijl zij bij een eerste proef met lucht, bij eene tweede met zwavel was gevuld. In beide gevallen kwam hij tot hetzelfde resultaat. Uit deze en meer dergelijke proeven besluit hij, in strijd met de meening van FARADAY, dat de lichamen geen verschil in specifiek induceerend vermogen vertoonen, ofschoon hij niet schijnt te betwijfelen, dat de voortplanting der inductiewerking overigens volgens de voorstelling van FARADAY plaats heeft. De vaste zoowel als de bewegelijke bol der torsiebalans, waartusschen de niet-geleidende schijf werd gebracht om het specifiek induceerend vermogen te onderzoeken, had eene middellijn van slechts 12 m.m; zij waren dus waarschijnlijk te klein om, bij de wijze waarop de proeven genomen werden, eenig verschil merkbaar te maken. Bovendien zijn de aanraking van de schijf met den geladen bol, het niet voldoende droog zijn der lucht, en de nabijheid van de glazen wanden der torsiebalans, invloeden, die het meer dan twijfelachtig maken of men aan het onderzoek van MATTEUCCI tegenover dat van anderen, eene stem van eenig gewicht mag geven.

Voordat ik tot eene meer uitvoerige beschouwing van het onderzoek van FELICI overga, wil ik eerst een oogenblik stilstaan bij dat van GAUGAIN ¹⁾. Omtrent de wijze van proefneming moet ik kortheidshalve naar zijne verhandeling verwijzen. De getallen, die hij voor het specifiek induceerend vermogen der lichamen vindt, leiden tot bevestiging der theorie van FARADAY. Zij zijn echter, volgens hem, voor dezelfde middenstof afhankelijk van den tijd gedurende welken de niet-geleidende middenstof onder den invloed der electricische werking is geweest; terwijl de volgorde der getallen voor verschillende stoffen gevonden, wanneer deze naar hunne grootte zijn gerangschikt, eveneens veranderlijk zijn, bij verschillenden duur der proeven. Ofschoon deze verschijnselen niet in strijd zijn met de theorie van FARADAY, komt het mij toch zeer waarschijnlijk voor, dat geleiding aan de oppervlakte ook hier haren invloed heeft doen gelden, zonder dat dit door GAUGAIN in rekening is gebracht. De verklaring, die GAUGAIN van de waargenomen verschijnselen geeft, verschilt van die van FARADAY, Hij neemt n.l. aan dat de stof, ten opzichte van de electriciteit, heterogeen is, zoodanig, dat de niet-geleidende lichamen samengesteld zijn uit deeltjes die goede, en andere die slechte geleiders der electriciteit zijn. De beschouwingen, die hem aanleiding gaven tot deze onderstelling, zoolwel als de proeven waardoor hij haar tracht te bevestigen, meen ik hier achterwege te kunnen laten.

Door een kort verslag in het Journal de Physique, 1873 pg. 75, werd ik, eerst korten tijd geleden, op het belangrijk onderzoek van FELICI, dat betrekking heeft op het specifiek induceerend vermogen der lichamen, opmerkszaam gemaakt. De toestel welken hij gebruikte ²⁾, (§ 5) is samengesteld uit drie deelen, geplaatst onder eene glazen stolp.

¹⁾ Ann. de Chim. et de Phys. 1864.

²⁾ Il nuove Cimento 1871, 1872.

Het eerste deel bestaat uit twee geleiders A en B, waartusschen de te onderzoeken niet-geleidende stof steeds in den vorm van een kubus, wordt gebracht. De geleider A, die induceerend werkt, is een bol van 30,5 m.m., de geleider B eene schijf van 92 m.m. middellijn. Beide geleiders, zoowel als de te onderzoeken niet-geleider, zijn op geverniste glazen staven bevestigd. Tusschen de oppervlakken van den kubus en de geleiders A en B bevinden zich twee metalen platen, die afleidend met den grond verbonden zijn. Deze dienen als schermen, zoodat de geladen bol A geen invloed op den niet-geleidenden kubus noch op de schijf B kan uitoefenen voordat men, op zeker oogenblik, de schermen snel laat dalen.

Het tweede deel van den toestel dient om den bol A te laden, en tevens om de sterkte der lading te meten door middel eener torsiebalans P. Het laden kan plaats hebben zonder dat de stolp verwijderd wordt.

Het derde deel bestaat eveneens uit eene torsiebalans Q, waarvan zoowel de beweegbare als de vaste bol geleidend met de schijf B verbonden is. De beweegbare naald dezer balans draagt een spiegeltje, hetwelk geplaatst is tegenover eene verdeelde staaf; zoodat de grootte der afwijking kan worden bepaald volgens de Poggendorff-Gaussche methode. Het eerst beschrevene deel van den toestel is geplaatst tusschen de beide andere.

Nadat de toestel geladen, (§ 6, 10) en de sterkte der lading met behulp der balans P bepaald is, wordt de verbinding van de balans met den bol A opgeheven en de eerste ontladen. Vervolgens laat men de schermen te gelijk vallen en nu leest men, zoo spoedig mogelijk, de daarop gevolgde afwijking der balans Q af. Door deze proeven met ladingen van verschillende sterkte en met kubus van verschillende stoffen, zoowel als in het geval dat er alleen lucht in de ruimte tusschen A en B aanwezig is, te herhalen, wordt de grootte van het specifiek induceerend ver-

mogen dezer stoffen bepaald. De lucht werd zoo goed mogelijk droog gehouden, door chloorcalcium en zwavelzuur onder de stolp te plaatsen. Het schijnt FELICI niet gelukt te zijn den toestel luchtdicht te doen sluiten; want de haarhygrometer wees 35° aan.

De kuben waren vervaardigd (§ 10) uit zwavel, glas en spermaceti; sommige waren massief, andere hol. De ribbe der kuben bedroeg 96 m.m., de afstand van den bol A en de schijf B 147 m.m.

Om den invloed, dien de aard van de oppervlakken (§ 11) der kuben op de uitkomsten zou kunnen uitoefenen, na te gaan, werden deze nu eens met eene laag schellak, dan met eene laag spermaceti bedekt. Dit bleek echter op de verkregen getallen geen invloed uit te oefenen; alleen met kuben van glas scheen het minder zeker te zijn.

Om te onderzoeken of de kuben, onder den invloed der electriciteit op A, electrisch waren geworden (§ 12), zoodat deze electriciteit mede invloed op de hoeveelheid inductie-electriciteit op B zou kunnen uitoefenen, werden zij achtereenvolgens eenige minuten blootgesteld aan de werking van A, terwijl het scherm tusschen den kubus en de schijf C belette, dat A tevens verdeelend op C kon werken. Vervolgens werd A ontladen en het scherm tusschen den kubus en de schijf C, verwijderd. De balans Q vertoonde echter niet de geringste afwijking, waaruit FELICI besluit, dat de kubus volkomen neutraal was gebleven, of dat zij, in niet meer dan $\frac{1}{50}$ sec., hare electriciteit weder had verloren, daar er tusschen het ontladen van A en het verwijderen van het scherm nauwelijks $\frac{1}{50}$ sec. verliep.

De resultaten van dit onderzoek, dat plaats had met ladingen van verschillende sterkte, drukt FELICI uit (§ 13) door de constructie van kromme lijnen, waarvan de abscissen de afwijkingen der balans P, en de ordinaten de overeenkomstige afwijkingen der balans Q voorstellen. Zij geven hem verder aanleiding tot de volgende stellingen:

1. Het specifiek induceerend vermogen van al de onderzochte stoffen is grooter dan 1 (§ 10); dat van glas is grooter dan dat van spermaceti, en dat van spermaceti grooter dan dat van zwavel (§ 19).

2. Het specifiek induceerend vermogen van een massieven kubus is steeds grooter dan dat van een hollen, van dezelfde stof (§ 10).

3. Het getal, waardoor het specifiek induceerend vermogen eener stof wordt voorgesteld, is onafhankelijk van de sterkte der lading van het induceerend lichaam (§ 20).

4. De invloed der niet-geleidende middenstoffen, bij de inductiewerking, is alleen afhankelijk van den vorm en den aard der stof, en onafhankelijk van den physischen toestand der oppervlakte (§ 11, 12, 18, 19).

Onder den indruk van mijn proefondervindelijk onderzoek, hetwelk in veel gunstiger omstandigheid, wát den vochtigheidstoestand der lucht betreft, plaats had, dan dat van FELICI, meen ik te moeten betwijfelen, of de te onderzoeken lichamen en voornamelijk de kuben van glas, nadat deze eenige minuten onder den invloed waren geweest van den geëlectriseerden bol A, nog volkomen neutraal zouden geweest zijn. Dat verder de aard der oppervlakte in het algemeen geen invloed zou uitoefenen, en dat dit alleen bij een kubus van glas twijfelachtig zou zijn, kan ik mede niet aannemen. Ook dan wanneer het gelukte de proeven in absoluut droge lucht te nemen, zou men hoogst waarschijnlijk nog de geleiding aan de oppervlakte niet vermeden hebben, omdat men steeds te doen heeft met eene verdichting der gassen op de oppervlakte der vaste lichamen, tengevolge waarvan het geleidend vermogen zou kunnen worden gewijzigd. Wanneer FELICI zich had bediend van een meetinstrument, dat in gevoeligheid overeenkomt met een goudblad-electroscop met Zambonische zuil, waarbij het aflezen, zooals bij mijne proeven, met behulp van een kijker geschiedt, dan zou hij, in dit op-

zicht, zeker tot andere resultaten zijn gekomen. Dat de getallen, door hem gevonden voor dezelfde middenstof, niet overeenkomen met die van anderen, bewijst niets tegen zijne proeven, evenmin als tegen de theorie van FARADAY. Zelfs wanneer de te onderzoeken stoffen in vorm en in samenstelling geheel overeenkwamen, en men de geleiding aan de oppervlakte geheel buiten rekening zou kunnen laten, zou men eerst dan, zooals reeds vroeger is opgemerkt, dezelfde getallen kunnen vinden, als de toestellen in alle opzichten volkomen gelijk waren. Overigens verdient zeker het onderzoek van FELICI het meeste vertrouwen. De veelvuldige voorzorgen, bij de proefneming in acht genomen, geven aan de uitkomsten eene groote waarde, en maken het onderzoek tot eene der belangrijkste van die, welke met betrekking tot de theorie van FARADAY zijn ingesteld.

ACHTSTE HOOFDSTUK.

Electriciteitsverlies langs den isolator en door verstrooiing in de lucht. Proefondervindelijk onderzoek.

Wanneer een geïsoleerde geleider geladen is met electriciteit, dan zal hij, in korteren of langeren tijd, deze electriciteit verliezen, en wel, zooals men algemeen aanneemt, tengevolge van twee verschillende invloeden: in de eerste plaats door geleiding langs den isolator, en in de tweede plaats door verstrooiing in de lucht. De aangrenzende luchtmolekulen zouden namelijk door aanraking geladen worden met electriciteit, gelijknamig met die van het lichaam, daarna worden afgestooten en door nieuwe vervangen, die op dezelfde wijze geladen worden, enz.

Een even belangrijk, als moeielijk op te lossen vraagstuk is zeker dit: hoe groot is het deel dat door elk dezer invloeden wordt uitgeoefend? Belangrijk is dit vraagstuk, omdat elke proef op het gebied der electriciteits-leer in de lucht of in een ander gas, als middenstof, moet plaats hebben, en een proefondervindelijk onderzoek op menige vraag geen voldoende antwoord kan geven, voordat men van dit vraagstuk de juiste oplossing heeft gevonden; en moeielijk is het, omdat beide invloeden steeds tegelijk schijnen voor te komen en zij, zelfs in een bepaald geval, bezwaar-

lijk te scheiden zijn. Het voorgaande onderzoek gaf mij aanleiding om, met betrekking tot deze verschijnselen, die daarmede in nauw verband staan, enkele beschouwingen te laten volgen.

De eerste, die zich met de oplossing van dit vraagstuk heeft bezig gehouden en aan wiens uitkomsten zelfs nu nog de grootste waarde wordt toegekend, is COULOMB ¹⁾. Hij bracht in de torsiebalans een vlierpitbol van 1 c. m. middellijn, volkomen gelijk aan dien, welke aan de schellaknaald der balans was bevestigd. Deze bol is verbonden aan een schellakstaafje van 36 m.m. lengte, hetwelk aan een zijden draad is opgehangen. Nadat zij in aanraking met elkander waren geëlectriseerd, werden zij op een bepaalden afstand van elkander gebracht en de torsie afgelezen. Door het electriciteits-verlies moest de torsie voortdurend worden verminderd, om den afstand denzelfden te doen blijven. Hieruit werd door eene eenvoudige berekening de verhouding afgeleid, die bestond tusschen het electriciteits-verlies in de minuut en de totale hoeveelheid electriciteit, die de bol bevat. Vervolgens werd dezelfde proef herhaald, echter met deze wijziging, dat de eerste bol niet door één, maar door vier gelijke schellakstaafjes werd ondersteund. Genoemde verhouding, die ook de verstrooiings-coëfficiënt genoemd wordt, bleek nu volkomen dezelfde te zijn als bij de eerste proef. Hieruit besloot COULOMB, dat het schellakstaafje even goed isoleerde als de lucht. Deze stelling is de basis, waarop zijne verdere onderzoekingen steunen. Hij stelde nu een onderzoek in naar de wetten, volgens welke de verstrooiing in de lucht plaats heeft, en daarna naar die, welke het electriciteits-verlies langs onvolkomen isolators bepalen.

Was die bol op de reeds vermelde wijze opgehangen aan een schellakstaafje, dan bleek de verstrooiings-coëfficiënt

¹⁾ Histoire de l'Académie 1785, pg. 612—638.

steeds constant te zijn, waaruit moet worden afgeleid, dat het electriciteits-verlies door verstrooiing in de lucht evenredig is aan de hoeveelheid electriciteit, welke in den bol aanwezig is. Op dezelfde dagen, waarop het vorige onderzoek plaats had, werden de proeven op dezelfde wijze herhaald, alleen met dit onderscheid, dat de vlierpitbol nu aan een zijden draad van 39 c. m. lengte was opgehangen. Hij vond dat de verstrooiings coëfficiënt, die aanvankelijk $\frac{1}{14}$ was, in 50 min. afnam tot $\frac{1}{41}$, terwijl zij op den volgende dag, in ongeveer een uur tijds, afnam van $\frac{1}{23}$ tot $\frac{1}{61}$. De verstrooiings-coëfficiënt bleef vervolgens gedurende den tijd, in welchen het onderzoek werd voortgezet en die bij de eerste proef 17 min., bij de tweede 40 min. bedroeg, constant. Hieruit besluit COULOMB dat het electriciteits-verlies dan alleen het gevolg was van verstrooiing in de lucht en dat de isolator in de gegevene omstandigheden, de hoeveelheid electriciteit, die zich op den bol bevond, volkomen isoleerde. De hoeveelheid electriciteit, welke het schellakstaafje kon isoleeren, was het drievoud van die, welke door den zijden draad geïsoleerd werd. Verder leidde hij uit zijne onderzoekingen af, dat de hoeveelheid electriciteit, welke eene onvolkomen isoleerende draad, waaraan een geladen bol is opgehangen, onder dezelfde omstandigheden, volkomen kan isoleeren, evenredig is aan den vierkantswortel uit de lengte van den draad. En eindelijk vond hij, dat de verstrooiings-coëfficiënt geheel onafhankelijk is, zoowel van den aard der stof, als van den vorm van het geladen lichaam. Hij nam proeven met een metalen bol van 314 m. m. middellijn, met een bol van schellak, met schijven van metaal en van papier, en eindelijk met een bol, waaraan eene koperen stift van 22 m. m. lengte en $\frac{1}{2}$ m. m. dikte was bevestigd, en vond steeds voor den verstrooiings-coëfficiënt dezelfde waarde, onder voorwaarde, dat de lucht zeer droog was en de ladingen, nadat zij eerst sneller waren afgenomen, eene zekere grens

bereikt hadden. Ofschoon het voor de juistheid der gemaakte conclusie schijnt te pleiten, dat de na eenigen tijd constant geworden verstrooiings-coëfficiënten $\frac{1}{41}$ en $\frac{1}{61}$ (zie vor. pg.), waargenomen bij een door een zijden draad geïsoleerden bol, juist dezelfde zijn als die, welke op dezelfde dagen werden waargenomen, wanneer de bol door de schellakstaaf was geïsoleerd, zijn daartegen toch gewichtige bedenkingen in te brengen.

MATTEUCCI vond ¹⁾, toen hij zich met dergelijke onderzoekingen bezig hield, dat wanneer hij den bol der torsiebalans eerst door één en later door drie schellakstaafjes ondersteunde, dit bij eene temperatuur van $13,8^{\circ}$ C., zelfs tot 20° C. geen invloed op de waarde vanden verstrooiings-coëfficiënt uitoefende; maar reeds bij eene temperatuur van 22° C. en hooger, werd deze in het tweede geval veel grooter, dan in het eerste. Bij dit onderzoek waren de ladingen, aan de bollen der torsiebalans medegedeeld, veel grooter dan bij de proeven van COULOMB. Verder gaven zijne proeven aanleiding tot de conclusie, dat het electriciteitsverlies in droge lucht, binnen zekere grenzen, onafhankelijk van de sterkte der lading is, en eene constante waarde heeft. Dit is dus in strijd met de uitkomsten van COULOMB.

Reeds vroeger heeft FARADAY bedenkingen tegen de onderzoekingen van COULOMB gemaakt (1235). De proef, waardoor COULOMB trachtte aan te toonen, dat schellak even goed isoleert als de lucht, bewijst volgens hem niet de juistheid dier stelling. Het zijn, zegt hij, niet alleen de aangrenzende lagen der niet-geleidende middenstoffen, die men te onderzoeken en te vergelijken heeft, maar men moet rekening houden met al de lichamen, die zich in de ruimte bevinden tusschen het lichaam en de geleiders, waardoor de verdeelende werking begrensd wordt. Zijne onderzoekingen,

¹⁾ Ann. de Chim. et de Phys. XXVII pg. 155.

die betrekking hebben op den invloed, dien de middenstoffen op de inductie-werking uitoefenen, gaven hem spoedig aanleiding tot twijfel aan de juistheid der conclusie, die COULOMB uit de uitkomsten, welke zijne proeven opleverden, afleidt.

Dat de nabijheid der isoleerende lichamen invloed op de verdeeling der electriciteit op een geleider uitoefent, en dat zij dit doet in verschillende mate, kan niet worden tegengesproken, al bestaat er ook verschil in opvatting omtrent de wijze, waarop dit plaats heeft. Zeer zeker zal de electriciteit dan ook geheel anders over den bol verdeeld zijn, wanneer hij met vier dan wanneer hij met één schellakstaafje in aanraking is. Indien het waar is, dat aan de geleiding langs het schellak eene verdeelende werking voorafgaat, dan zal zeker het electriciteits-verlies geringer zijn, naarmate de verdeelende werking zwakker is; hieruit volgt, dat het electriciteits-verlies per minuut langs elk der vier schellakstaafjes bij de tweede proef, kleiner moet zijn dan langs het eene bij de eerste proef. Het schijnt zelfs niet onmogelijk te zijn, dat deze proeven hetzelfde resultaat zouden hebben kunnen opleveren, indien de lucht een volkomen isolator was, en dus alle electriciteits-verlies moest worden toegeschreven aan geleiding langs het schellak; te meer, omdat COULOMB slechts kleine hoeveelheden electriciteit aan de vlierpitbollen mededeelde, zoodat het verschil, hetwelk beide proeven misschien bij eene sterkere lading hadden kunnen opleveren, nu zeer zeker klein, wellicht onmerkbaar moest zijn.

Opmerkelijk is het, dat COULOMB voor den verstrooiings-coëfficient, bij verschillende temperatuur en vochtigheidstoestand, waarden verkreeg, die soms tot elkander in verhouding staan als één tot vijf, terwijl zij onder dezelfde omstandigheden steeds constant waren. Hieruit zou volgen, dat schellak, onder verschillende omstandigheden van temperatuur en vochtigheidstoestand, steeds hetzelfde isoleerend

vermogen behoudt als de lucht, zoodat genoemde omstandigheden volkomen dezelfde verandering brengen in het isoleerend vermogen der lucht, als in dat van schellak; een resultaat dat a priori wel niet bepaald kan worden tegengesproken, maar dat toch, op zijn minst genomen, zeer twijfelachtig schijnt.

Dat de nabijheid van geleidende lichamen invloed moet uitoefenen op het electriciteits-verlies van een geladen lichaam, blijkt duidelijk uit een onderzoek, dat MATTEUCCI heeft ingesteld ¹⁾. Hij toonde namelijk aan, dat een geïsoleerde geleider, geladen met electriciteit, in denzelfden tijd minder electriciteit verliest, wanneer hij in de nabijheid van een niet geïsoleerden geleider is geplaatst, dan wanneer zich geen geleider in den nabijheid bevindt. Het electriciteits-verlies was, onder overigens gelijke omstandigheden, in denzelfden tijd, het grootst, wanneer de eerste geleider in de nabijheid van een tweeden geleider was geplaatst, die met gelijknamige electriciteit geladen was. Zijn onderzoek was op de volgende wijze ingericht. De vaste bol der torsiebalans werd geladen, en nadat de sterkte der lading was bepaald, waarbij steeds met behulp van den torsie-cirkel werd gezorgd, dat de afstand der bollen 20° bedroeg, werd de vaste bol verwijderd en geplaatst in de nabijheid van een geïsoleerden geleider, die nu eens met dezelfde dan weêr met tegengestelde electriciteit geladen was, of in het midden van een hollen metalen bol van 10 c. m. middellijn, die eene opening van 3 c. m. had en afleidend met den grond in verbinding was gesteld. Na 10 min. werd de vaste bol weder in de torsiebalans gebracht en opnieuw de sterkte der lading gemeten, bij een zelfden afstand der bollen van 20° . Het resultaat van dit onderzoek vindt men in de volgende tabel:

¹⁾ Ann. de Chim. et de Phys. 1850.

	Afstand der bollen.	Aanvankelijke torsie van den microm.	Torsie van den micrometer na 10 min.	De bol was gedurende 10 min. geplaatst:
1	20°	188°	105	van andere geleiders verwij- derd.
2	»	188	136	in het midden van den niet- geïsoleerden bol.
3	»	188	96	in de nabijheid van een bol van 2 c. m. middellijn, die met ge- lijksnamige electriciteit was ge- laden; de afstand der middel- punten bedroeg 12 c. m.
4	»	188	164	op dezelfde wijze als bij de 3e proef; de tweede bol was echter met ongelijksnamige electriciteit geladen.
5	»	188	85	evenals bij de 3e proef.
6	»	188	162	» » » 4e »
7	»	198	131	» » » 1e »
8	»	198	162	» » » 2e »

Was de verstrooiing der electriciteit in de lucht hier de hoofdoorzaak van het electriciteitsverlies, dan had men mogen verwachten, dat dit verlies dan het grootst zou geweest zijn, wanneer lichamen, met ongelijksnamige electriciteit geladen, in elkanders nabijheid zijn geplaatst, en juist het tegendeel gebeurt. Neemt men daarentegen aan, dat er geen verlies van electriciteit door verstrooiing in de lucht, maar alleen langs den isolator, die het lichaam steunt, plaats heeft, dan zouden de door MATTEUCCI verkregen uitkomsten geheel in overeenstemming zijn met deze onderstelling. Dit leidt tot het vermoeden, dat men, wat het electriciteitsverlies van een geïsoleerden geleider betreft, veel op rekening van verstrooiing in de lucht heeft gesteld, wat alleen aan verlies door geleiding langs de oppervlakte van den isolator moet worden toegeschreven. Met het oog hierop vond ik het belangrijk genoeg een enkele der proe-

ven van MATTEUCCI in een anderen vorm te herhalen.

De toestel (fig. 1) werd, voor het nu in te stellen proefondervindelijk onderzoek, eenigermate gewijzigd. De schijf C werd verwijderd; de schijf A bleef den in de figuur aangewezen stand behouden, terwijl de koperen schijf B, met behulp van een goed isoleerende, geverniste glazen staaf, op het sectorvormig voetstuk werd geplaatst, zoodat zij daar de isoleerende schijf D verving. Om meerdere zekerheid te hebben, dat men de schijf B na eene verplaatsing juist haar vorigen stand weder kon doen innemen, moest de ebonietstaaf, waarop zij bij het vorige onderzoek was geplaatst, wegens hare buigzaamheid, door eene glazen staaf worden vervangen. Men kon nu de schijf B in een vertikaal vlak, evenwijdig aan het oppervlak van A verplaatsen, en haar zoodanigen stand tegenover deze doen innemen, dat de middelpunten van deze schijven zich bevonden in de gemeenschappelijke loodlijn op beider vlakken; terwijl bij den tweeden vasten stand de afstand dezer middelpunten ongeveer 56,5 c. m. bedroeg. De beweegbare schijf B was door middel van den draad *e'* geleidend met een sinuselectrometer in verbinding gesteld, die op korten afstand van den toestel op eene tafel was geplaatst, in dier voege dat de waarnemer met behulp van den knop *d*, de schijf B kon doen bewegen, en tegelijk de afwijking der magneetnaald nagaan. De sinuselectrometer is dezelfde, die prof. RIJKE gebruikte bij zijn proefondervindelijk onderzoek naar de wet der slagwijdte ¹⁾. De magneetnaald was zoodanig gemagnetiseerd, dat zij onder de werking van het aardmagnetisme eene schommeling in 1,93 seconde volbracht. Onder de glazen stolp werd eene kleine hoeveelheid zwavelzuur geplaatst, om den vochtigheidstoestand te kunnen doen overeenkomen met dien, waarbij men des winters, onder de

¹⁾ Pogg.-Ann Bd. 406. S. 438.

gunstigste omstandigheden, in eene warme kamer, proeven kan nemen.

Nadat de schijf B tegenover A was geplaatst, zoodat de afstand van beide 10 m.m. bedroeg, werd de knop f door middel der staaf F, geleidend met A en de schijf B geleidend met den sinuselectrometer, en tegelijk afleidend met den grond in verbinding gesteld. De knop f werd nu tevens, door een metalen draad, met een der conductors der electriseermachine van HOLTZ verbonden, door middel waarvan de schijf A geladen werd met positieve electriciteit. Met behulp van eene koord, die over eene katrol liep, en waarvan het eene uiteinde aan het handvat van eboniet bij f was bevestigd, kon de waarnemer, met het andere uiteinde in de hand, voor den sinuselectrometer geplaatst, de verbinding van de staaf F, en dus ook van de electriseermachine met A, opheffen. Nu werd de schijf B, nadat de verbinding met den grond was verbroken, in den vasten stand, zoover mogelijk van A verwijderd, gebracht. Het tijdstip, waarop dit plaats had, werd nauwkeurig waargenomen, en de lading die B onder den invloed van A had verkregen, door middel van den sinuselectrometer gemeten. Het aflezen der afwijking had telkens juist 30 seconden na de verwijdering van B plaats. Door den cilinder herhaalde malen eene beweging te geven, tegengesteld aan die der schommelende magneetnaald, gelukte mij dit, na eenige oefening, ook bij de sterkste ladingen, die bij dit onderzoek aan den electrometer werden medegedeeld. Vervolgens werd B tegelijk met den electrometer en opnieuw afleidend met den grond verbonden, en eindelijk na 5 min. op 5 sec. na in haren stand bij A teruggebracht. De verbinding met den grond werd terstond opgeheven en de schijf B teruggeslagen, juist 5 min. nadat dit bij het vorige onderzoek plaats had. De schijf B bleef dus gedurende den tijd tusschen twee waarnemingen zoo ver mogelijk van de geladen schijf A verwijderd. Van de resultaten

op deze wijze verkregen, en die zeer goed met elkander overeenkomen, zal ik alleen de volgende mededeelen. De kolom 1 geeft den stand aan van den haarhygrometer; de tweede dien van den thermometer; de derde, den tijd waarop de waarnemingen plaats hadden; de vierde de afwijkingen der magneetnaald, en eindelijk de vijfde, den verstrooiingscoëfficiënt ¹⁾ die op de volgende wijze is berekend.

De betrekkelijke waarde der potentiaal op B, welke door den sinuselectrometer wordt aangegeven, en die ondersteld wordt evenredig te zijn aan die op A, stellen wij voor door V_0 en die welke zij zal hebben na t min. door V_t . Wanneer wij nu verder onderstellen, dat de afname der potentiaalwaarde, die evenredig is aan het electriciteitsverlies, tevens evenredig is aan de waarde der potentiaal op A en dus ook aan die op B, welke gemeten wordt, dan heeft men:

$$dV = p V dt$$

waaruit:

$$\int_{V_0}^{V_t} \frac{dV}{V} = pt$$

en na integratie en herleiding:

$$p = \frac{\log. V_t - \log. V_0}{t. \log. e.} = \frac{\log. \sqrt{\sin \Phi_t} - \log. \sqrt{\sin \Phi_0}}{0,4343. t}$$

$$\text{of} \quad p = \frac{1/2 (\log. \sin \Phi_t - \log. \sin \Phi_0)}{0,4343. t}$$

waarin Φ_0 en Φ_t de telkens na 5 min. op elkander volgende afwijkingen der magneetnaald voorstellen, indien $t = 5$ wordt gesteld. De hoek gevormd door de magneetnaald en den gebogen koperen arm van den sinus-electrometer bedroeg, wanneer deze niet geladen was, $2^\circ 30'$.

¹⁾ Ik heb den naam verstrooiings-coëfficiënt behouden, zonder daaraan de beteekenis te hechten, dat deze alleen betrekking zou hebben op het electriciteits-verlies in de lucht.

I.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 φ	5 —p
	34½°	24°½ C.	11 Oct. 's morg.		
			8 u. 45 m.	29° 2'	
			" 50 "	27 12	0,0060
			" 55 "	25 24	0,0064
			9 u. 0 "	23 30	0,0069
			" 5 "	21 50	0,0074
			" 10 "	20 12	0,0074
			" 15 "	18 32	0,0083
			" 20 "	17	0,0083
			" 25 "	15 30	0,0078
			" 30 "	14 24	0,0083
			" 35 "	13 12	0,0087
			" 40 "	12 8	0,0083
	35°	24°½ "	" 45 "	11 4	0,0087
			" 50 "	10 6	0,0092
			" 55 "	9 6	0,0101
			10 u. 0 "	8 10	0,0110
			" 5 "	7 14	0,0119
			" 10 "	6 26	0,0115
			" 15 "	5 40	0,0124
II.	35°	25° C.	13 Oct. 's avonds.		
			5 u. 42 m.	25° 10'	
			" 47 "	23 30	0,0064
			" 52 "	22	0,0060
			" 57 "	20 30	0,0069
			6 u. 2 "	19 4	0,0069
			" 7 "	17 40	0,0074
	34°	25°½ "	" 12 "	16 18	0,0078
			" 17 "	14 58	0,0083
			" 22 "	13 46	0,0083
			" 27 "	12 36	0,0087
			" 32 "	11 30	0,0087
			" 37 "	10 30	0,0092

II.	1	2	3	4	5
	Hygr.	Therm.	Tijd.	ϕ	$-p$
	34°	25° $\frac{1}{2}$ C.	13 Oct. 's avonds.		
			6 u. 42 m.	9° 30'	0,0097
			„ 47 „	8 34	0,0101
			„ 52 „	7 40	0,0110
			„ 57 „	6 50	0,0115
	34°	26° „	7 u. 2 „	6 4	0,0119
			„ 7 „	5 22	0,0119
			„ 12 „	4 44	0,0126

Bij het onderzoek, waarvan de volgende tabellen III en IV de uitkomsten bevatten, bleef de schijf B in haren vasten stand tegenover A geplaatst. Nadat A geladen was werd B, terwijl zij met den sinus-electrometer en te gelijk afleidend met den grond in verbinding was, in haren tweeden vasten stand gebracht; de verbinding met den grond werd nu terstond opgeheven, en B in haren vorigen stand teruggebracht, zoodat nu niet de ongelijknamige, maar de gelijknamige inductie-electriciteit op B door middel van den sinus-electrometer werd gemeten. Overigens had dit onderzoek op dezelfde wijze plaats.

III	1	2	3	4	5
	Hygr.	Therm.	Tijd.	ϕ	$-p$
	35 $\frac{1}{2}$ °	24° $\frac{1}{3}$ C.	11 Oct. 's morg.		
			2 u. 35 m.	26° 2'	0,0018
			„ 40 „	25 30	0,0018
			„ 45 „	25	0,0021
			„ 50 „	24 24	0,0021
			„ 55 „	23 48	0,0023
			3 u. 0 „	23 8	0,0032
			„ 5 „	22 22	0,0032
			„ 10 „	21 36	0,0032
			„ 15 „	20 54	0,0032

III.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — p
	$35\frac{1}{2}^{\circ}$	$24^{\circ}\frac{1}{3}$ C.	11 Oct. 's morg.		
			3 u. 20 m.	$20^{\circ} 6'$	0,0037
			" 25 "	19 26	0,0032
			" 30 "	18 48	0,0032
			" 35 "	18 10	0,0032
			" 40 "	17 30	0,0037
	35°	$24^{\circ}\frac{1}{2}$ "	" 45 "	16 56	0,0032
			" 50 "	16 22	0,0032
			" 55 "	15 50	0,0032
			4 u. 0 "	15 20	0,0032
			" 5 "	14 50	0,0032
			" 10 "	14 22	0,0032
			" 15 "	13 50	0,0037
			" 20 "	13 18	0,0037
			" 25 "	12 54	0,0032
			" 30 "	12 22	0,0041
			" 35 "	11 50	0,0041
			" 40 "	11 22	0,0041
			" 45 "	10 52	0,0041
			" 50 "	10 24	0,0046
			" 55 "	9 54	0,0046
			5 u. 0 "	9 28	0,0046
			" 5 "	9	0,0051
			" 10 "	8 32	0,0051
			" 15 "	8 8	0,0051
			" 20 "	7 40	0,0055
			" 25 "	7 16	0,0055
			" 30 "	6 52	0,0055
			" 35 "	6 28	0,0060
			" 40 "	6 6	0,0060
			" 45 "	5 44	0,0060
			" 50 "	5 24	0,0060
			" 55 "	5 8	0,0064
	$34\frac{1}{2}^{\circ}$	25° "			

IV.	1 Hygr. 34°	2 Therm. 25° C.	3 Tijd. 14 Oct. 's morg.	4 φ	5 — p
			1 u. 20 m.	33° 20'	
			„ 25 „	32 50	0,0017
			„ 30 „	32 20	0,0017
			„ 35 „	31 50	0,0017
			„ 40 „	31 20	0,0017
			„ 45 „	30 52	0,0017
			„ 50 „	30 14	0,0018
			„ 55 „	29 38	0,0018
			2 u. 0 „	28 54	0,0021
			„ 5 „	28 10	0,0021
			„ 10 „	27 28	0,0021
			„ 15 „	26 40	0,0023
			„ 20 „	25 54	0,0023
			„ 25 „	25 8	0,0023
			„ 30 „	24 24	0,0023
			„ 35 „	23 42	0,0023
			„ 40 „	23	0,0023
			„ 45 „	22 22	0,0023
			„ 50 „	21 36	0,0032
			„ 55 „	21	0,0023
			3 u. 0 „	20 24	0,0023
			„ 5 „	19 44	0,0032
			„ 10 „	19 10	0,0023
			„ 15 „	18 32	0,0032
			„ 20 „	17 56	0,0032
			„ 25 „	17 20	0,0032
			„ 30 „	16 46	0,0032
			„ 35 „	16 14	0,0032
			„ 40 „	15 40	0,0032
			„ 45 „	15 6	0,0037
			„ 50 „	14 34	0,0037
			„ 55 „	14	0,0037
			4 u. 0 „	13 26	0,0041
	34½°	25° C.			

IV.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — <i>p</i>
	34½°	25° C.	14 Oct. 's morg.		
			4 u. 5 m.	12° 52'	0,0041
			„ 10 „	12 22	0,0041
			„ 15 „	11 48	0,0046
			„ 20 „	11 18	0,0050
	34°	26° „	„ 25 „	10 48	0,0046
			„ 30 „	10 18	0,0046
			„ 35 „	9 50	0,0046
			„ 40 „	9 22	0,0046
			„ 45 „	8 56	0,0046
			„ 50 „	8 32	0,0046
			„ 55 „	8 10	0,0051
			5 u. 0 „	7 44	0,0051
			„ 5 „	7 22	0,0051
			„ 10 „	7	0,0051
			„ 15 „	6 40	0,0055
			„ 20 „	6 18	0,0055
			„ 25 „	5 56	0,0055
			„ 30 „	5 38	0,0055
			„ 35 „	5 20	0,0055
			„ 40 „	5 6	0,0055

Vervolgens werden de proeven, waarvan de tabellen V en VI de verkregen resultaten bevatten, in droge lucht genomen. De schijven A en B bleven gedurende den tijd tusschen de waarnemingen van elkander verwijderd, zoodat dit onderzoek overeenkomt met dat, waarop de tabellen I en II betrekking hebben, behalve dat de waarnemingen niet om de 5 min. maar om de 30 min. plaats hadden.

V.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 φ	5 — p
	4°	24° C.	19 Oct.		
			8 u. 55 m.	40°	0,0015
			9 u. 25 „	35 54'	0,0015
			„ 55 „	32 30	0,0012
	5°	25° „	10 u. 25 „	29 56	0,0011
			„ 55 „	27 54	0,0009
			11 u. 25 „	26 16	0,0012
			„ 55 „	24 16	0,0014
			12 u. 25 „	22 14	0,0015
			„ 55 „	20 16	0,0015
	6°	24° „	1 u. 25 „	18 26	0,0017
			„ 55 „	16 36	0,0018
			2 u. 25 „	14 54	0,0018
	5°	24° „	„ 55 „	13 18	0,0018
			3 u. 25 „	11 54	0,0019
			„ 55 „	10 36	0,0020
			4 u. 25 „	9 22	0,0021
	4°	23° $\frac{1}{2}$ „	„ 55 „	8 16	0,0022
			5 u. 25 „	7 14	0,0024
			„ 55 „	6 16	0,0026
	4°	24° „	6 u. 25 „	5 10	0,0028
			„ 55 „	4 22	
VI.	5°	23° $\frac{1}{2}$ C.	3 Oct.		
			8 u. 1 m.	30° 52'	0,0011
			„ 31 „	28 34	0,0011
			9 u. 1 „	26 40	0,0009
			„ 31 „	25 8	0,0011
			10 u. 1 „	23 20	0,0013
			„ 31 „	21 32	0,0014
			11 u. 1 „	19 42	0,0014
			„ 31 „	18 2	0,0015
			12 u. 1 „	16 20	0,0016
	6°	24° „	„ 31 „	14 50	0,0016
			1 u. 1 „	13 26	

VI.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — p
	6°	24° C.	3 Oct.		
			1 u. 31 m.	12° 8'	0,0017
			2 u. 1 „	10 54	0,0018
			„ 31 „	9 42	0,0019
			3 u. 1 „	8 34	0,0020
			„ 31 „	7 34	0,0021
			4 u. 1 „	6 36	0,0022
			„ 31 „	5 44	0,0024
	5°	24° „	5 u. 1 „	4 56	0,0025

Ook de volgende proeven, waarvan de tabellen VII en VIII de uitkomsten bevatten, werden in droge lucht genomen. De schijf B bleef gedurende den tijd tussehen de waarnemingen, die evenals bij de vorige proeven om de 30 min. plaats hadden, haren vasten stand tegenover A innemen; zoodat de gelijknamige inductie-electriciteit door middel van den sinus-electrometer werd gemeten, evenals bij het onderzoek, waarvan de tabellen III en IV de uitkomsten geven.

VII.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — p
	5°	25° C.	18 Oct.		
			8 u. 30 m.	48°	0,0012
			9 u. 0 „	43 30'	0,0011
			„ 30 „	40	0,0010
			10 u. 0 „	37 16	0,0008
			„ 30 „	35 8	0,0008
			11 u. 0 „	33 10	0,0008
			„ 30 „	31 30	0,0007
	6°	24° „	12 u. 0 „	30 4	0,0008
			„ 30 „	28 36	

VII.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — <i>p</i>
	6°	24° C.	18 Oct. 1 u. 0 m.	26° 56'	0,0009
			„ 30 „	25 8	0,0011
	7°	25° „	2 u. 0 „	23 22	0,0011
			„ 30 „	21 36	0,0012
			3 u. 0 „	20	0,0012
			„ 30 „	18 26	0,0013
	5°	24° $\frac{1}{2}$ „	4 u. 0 „	17	0,0013
			„ 30 „	15 38	0,0014
			5 u. 0 „	13 58	0,0015
			„ 30 „	13 4	0,0015
			6 u. 0 „	11 54	0,0015
			„ 30 „	10 34	0,0015
			7 u. 0 „	9 48	0,0016
			„ 30 „	8 38	0,0017
	6°	25° „	8 u. 0 „	7 44	0,0018
			„ 30 „	6 54	0,0019
			9 u. 0 „	6 6	0,0021
			„ 30 „	5 20	0,0022
			10 u. 0 „	4 36	0,0023
VIII.	6°	24° C.	30 Sept. 9 u. 34 m.	33°	0,0011
			10 u. 4 „	30 32'	0,0011
			„ 34 „	28 28	0,0010
			11 u. 4 „	26 40	0,0008
			„ 34 „	25 16	0,0008
			12 u. 4 „	24 8	0,0007
			„ 34 „	22 54	0,0008
	7°	25° „	1 u. 4 „	21 30	0,0010
			„ 34 „	20	0,0011
			2 u. 4 „	18 38	0,0011
			„ 34 „	17 14	0,0012
			3 u. 4 „	15 38	0,0012
					0,0013

VIII.	1 Hygr.	2 Therm.	3 Tijd.	4 ϕ	5 — p
	6°	24°C.	30 Sept.		
			3 u. 34 m.	14° 46'	0,0013
			4 u. 4 „	13 34	0,0014
			„ 34 „	12 24	0,0015
	6°	24° „	5 u. 4 „	11 18	0,0015
			„ 34 „	10 14	0,0016
			6 u. 4 „	9 14	0,0017
			„ 34 „	8 16	0,0018
			7 u. 4 „	7 20	0,0020
			„ 34 „	6 26	0,0021
			8 u. 4 „	5 38	0,0022
	5°	24° „	„ 34 „	4 54	0,0023
			9 u. 4 „	4 16	0,0023

Uit de resultaten van het onderzoek in de vorige bladzijden vermeld, meen ik de volgende conclusies te mogen afleiden:

1°. Het electriciteits-verlies van een positief geëlectriseerden geleider is, in denzelfden tijd, aanzienlijk grooter in niet droge, dan in droge lucht, wanneer de overige omstandigheden dezelfde zijn; (vergel. de tabellen I, II, III en IV met V, VI, VII en VIII).

2°. Een positief geëlectriseerde geleider verliest in den zelfden tijd minder electriciteit, wanneer hij zich in de onmiddellijke nabijheid van een anderen geleider bevindt, die afleidend met den grond verbonden is, dan wanneer hij op een grooteren afstand daarvan verwijderd is; dit verschil is grooter in vochtige, dan in droge lucht; (vergel. de tabellen III en IV met I en II; verder VII en VIII met V en VI).

3°. De verstrooiings-coëfficiënt is niet constant, maar neemt toe, wanneer de sterkte der lading van den geïsoleerden geleider afneemt. Dit is niet alleen het geval, wan-

neer deze een stand inneemt van andere geleiders verwijderd; maar ook wanneer hij in de nabijheid van een niet-geïsoleerden geleider geplaatst is.

Hierbij moet ik doen opmerken, dat de verstrooiings-coëfficiënt in droge lucht aanvankelijk schijnt af te nemen, zooals uit de tabellen V, VI, VII en VIII blijkt. Misschien hangt dit samen met den toestand der staaf, waarop de schijf A is bevestigd, die eerst neutraal is, doch langzamerhand electrisch wordt.

De uitkomsten welke dit onderzoek opleverde, zouden kunnen beschouwd worden in strijd te zijn met die welke COULOMB verkreeg. Deze natuurkundige vond namelijk, dat de verstrooiings-coëfficiënt aanvankelijk te gelijk met de sterkte der lading afnam en dat hij vervolgens, nadat de lading zekere grens had bereikt, constant is, in den tijd, gedurende welchen het onderzoek werd voortgezet. Wegens verschil in methode van onderzoek zijn echter de uitkomsten niet met elkander vergelijkbaar. Bij het onderzoek van COULOMB toch waren beide bollen der torsiebalans met gelijknamige electriciteit geladen. Het is dus niet onwaarschijnlijk dat het afnemen van den verstrooiings-coëfficiënt te gelijk met de sterkte der lading daaraan moet worden toegeschreven, evenzeer als de omstandigheid, dat de verstrooiings-coëfficiënt, bij de proeven van COULOMB, veel grooter was dan bij het boven beschreven onderzoek. Verder schijnt de tijd, gedurende welchen het constant zijn van den verstrooiings-coëfficiënt werd waargenomen, die 17 min. bij de eerste en 40 min. bij de tweede proef bedroeg, met het oog op de voorgaande tabellen, wel wat kort, om tot het bij voortdoring constant zijn, van dien coëfficiënt te besluiten. Hieruit meen ik te mogen afleiden, dat de resultaten van het onderzoek van COULOMB geen voldoende bewijs opleveren, zooals hij meende, voor de juistheid der stelling, dat het electriciteitsverlies in den tijd, gedurende welchen de verstrooiings-coëfficiënt constant bleef, alleen het gevolg

zou geweest zijn van verstrooiing in de lucht. Integendeel, door het in de vorige bladzijden beschreven onderzoek, zoowel als naar aanleiding van de beschouwingen in dit hoofdstuk vermeld, wordt het vermoeden versterkt, dat de hoofdzakelijke, zool niet de eenige oorzaak van het electriciteitsverlies, de geleiding langs den onvolkomen isolator is, wanneer de sterkte der lading zekere grens niet te boven gaat, en men den invloed van meer of minder geleidende stofdeeltjes, die in de lucht kunnen zweven, buiten rekening laat. Doch al zijn ook de conclusies, die COULOMB uit de resultaten van zijn onderzoek afleidt, juist, voor het geval dat door hem werd onderzocht en waarbij twee geïsoleerde geleiders met gelijknamige electriciteit geladen in elkanders nabijheid waren geplaatst, dan schijnt dit toch nog weinig practische waarde te hebben, omdat men bij een proefondervindelijk onderzoek op het gebied der statische electriciteit slechts bij uitzondering daarmede te doen heeft.

Naar aanleidig van het voorgaande wil ik nog even stilstaan bij een verschijnsel, dat op sommige beschouwingen geen onbelangrijken invloed heeft uitgeoefend, en waarvan de verklaring, die er gewoonlijk van gegeven wordt, in strijd is met de bovenstaande beschouwingen. Wanneer men n.l. een geïsoleerden geleider, in neutralen toestand, gedurende eenigen tijd plaatst onder den invloed van een geëlectriseerd lichaam, dan wordt deze geladen met electriciteit ongelijknamig aan die van het laatste. Verschillende natuurkundigen hebben dat verschijnsel beschreven, o. a. FARADAY (1566, 1567), RIESS ¹⁾ en POGGENDORFF ²⁾, en ieder die zich met dergelijk onderzoek heeft beziggehouden, zal het ongetwijfeld hebben waargenomen. De verklaring die er van gegeven wordt komt hierop neêr, dat de ge-

¹⁾ Reib. Elekt. Th. I. S. 195. Pogg. Ann. Bd. 431. S. 218.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. 439. S. 461.

lijksnamige inductie-electriciteit door verstrooiing in de lucht zou verdwijnen; waarom deze en niet de ongelijksnamige inductie-electriciteit door verstrooiing in de lucht verdwijnt, daarover spreekt men niet, en toch zou dit laatste veel natuurlijker zijn. Als men hierbij denkt aan de proef, die FRANKLIN beschreef, (zie o. a. BOSSCHA, electriciteit p. 94), om de ontladingsverschijnselen bij de Leidsche flesch te verklaren, of ook aan het zoogenoemde electricisch klok-kenspel, dan kan men bezwaarlijk tot zoodanige voorstelling van het verschijnsel komen. Volgens mijne opvatting kan men het verschijnsel alleen verklaren, door den invloed van den isolator, waarop de geïnduceerde geleider steunt, in rekening te brengen. Wanneer men wederom aanneemt dat er, of geene electriciteit door verstrooiing in de lucht verdwijnt, of eene hoeveelheid zoo klein, dat zij met betrekking tot die, welke door geleiding langs den isolator verloren gaat, niet in aanmerking kan komen, dan is de verklaring op eenvoudige en natuurlijke wijze gegeven. Men heeft daarbij slechts den isolator te beschouwen als een slechten geleider der electriciteit.

't Is opmerkelijk dat FARADAY door zijne proeven, en na hetgeen hij zegt o. a. in de §§ 1427, 1243, 1320—1329 zijner Exp. Res., niet tot eene andere voorstelling van dit verschijnsel komt niet alleen, maar dat hij daarvan eene verklaring zoekt te geven, die weinig past in zijne theorie.

RIESS heeft eene dergelijke verklaring als die, welke hij van dit verschijnsel geeft, ook op andere verschijnselen toegepast. Zoo zegt hij o. a. als hij de redenen bespreekt, waarom de electrophoor geruimen tijd zijne lading behoudt: ¹⁾ „Der Schild wirkt hierbei in zweifacher Weise: einmal indem er den Zutritt der Luft zum Kuchen beschränkt, ferner aber indem die Elektrizität des Schildes die darunter befindliche Luft ausser Stande setzt, die Zerstreuung

¹⁾ Reib. Electr. Th. I. S. 296.

zu bewirken. Zu diesem letzten Zwecke darf der Schild nicht isolirt sein, so dass er an seiner unteren Fläche eine Schicht positiver Electricität besitzt. Nun wissen wir, dass die Zerstreung durch wirklichen Uebergang der Electricität eines Körpers an die Luft eintritt, und dass ferner, damit dieser Uebergang erfolge, zuvor die Luft entgegengesetzt elektrisch sein muss. An einem freiliegenden Harzkuchen erfolgt also die Zerstreung dadurch, dass die der Oberfläche des Kuchens nächsten Lufttheilchen durch Influenz positiv elektrisch geworden sind, und von der negativen Electricität des Kuchens angezogen werden. Die Lufttheilchen, die sich an dem bedeckten Kuchen zwischen diesem und dem Schilde befinden, werden eine bei Weitem geringere Ladung annehmen, weil die positive Electricität des Schildes die Luft durch Influenz negativ elektrisch macht. Er befindet sich also zwischen Kuchen und Schild eine Luftschicht, die bei geringer positiver Ladung sich zwar zum Kuchen hinbewegt, aber die negative Electricität desselben aufzunehmen und fortzuführen nicht im Stande ist. Hierzu trägt auch die vermehrte Dichtigkeit wesentlich bei, welche eine Luftschicht in der Nähe jedes festen Körpers annimmt, und die dadurch bedingte geringere Beweglichkeit der Luft." Deze beschouwingswijze is zeker in hooge mate ongerijnd. Wij vinden in het verschijnsel opnieuw een bewijs voor de juistheid der stelling dat de lucht voor ladingen, die zekere grens niet te bovengaan, een volkomen isolator is.

In nauw verband met deze verschijnselen staat ook de theorie, die POGGENDORFF naar aanleiding van een gesprek met MAGNUS, van de inductie-electriciteit op niet-geleiders gaf ¹⁾. Wanneer, volgens dezen natuurkundige, een niet-geleidend lichaam in de nabijheid van een geëlectriseerd lichaam wordt geplaatst, dan zal dit verdeelend op het

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 439. S. 458.

eerste werken, tengevolge waarvan op elk der tegengestelde oppervlakken, eene verdeling der neutrale elektrische vloeistof plaats heeft. Zoowel de positieve als de negatieve electriciteit zal op de plaats van scheiding blijven; want de gescheiden elektrische vloeistoffen kunnen zich niet door het lichaam heen bewegen. Dit toch zou eene mate van geleidbaarheid doen onderstellen, waartoe wij niet gerechtigd zijn. Wordt nu het induceerende lichaam verwijderd, dan zal het andere geene electriciteit vertoonen; want al had er nu ook geene vereeniging van de gescheiden vloeistoffen plaats, dan zouden deze zich toch te dicht bij elkander bevinden, om eene werking naar buiten te kunnen uitoefenen. Deze toestand is echter niet te verkrijgen; POGGENDORFF heeft althans geene stof kunnen vinden, die, na eenigen tijd onder den invloed van een geëlectriseerd lichaam geweest te zijn, neutraal was gebleven. Eene van de twee der gescheidene vloeistoffen zal ontwijken, in grootere of in kleinere mate, naar gelang van den duur en de sterkte van den invloed. Bij geleiders verdwijnt altijd de gelijknamige inductie-electriciteit; bij niet-geleiders kunnen twee gevallen plaats hebben: Of de electriciteit, die aan beide oppervlakken ontwijkt, is met de induceerende gelijknamig, zoodat de niet-geleider aan beide oppervlakken met ongelijknamige inductie-electriciteit geladen wordt, en dit is het meest voorkomende geval; of de nabijheid van scherpe punten kan veroorzaken, dat de niet-geleider aan de, naar het induceerend lichaam toegekeerde oppervlakte, de gelijknamige, aan de andere de ongelijknamige electriciteit verliest. De niet-geleider is dan aan beide oppervlakken met tegengestelde electriciteit geladen evenals een geleider, die onder den invloed van een geëlectriseerd lichaam is geplaatst. De proeven, die POGGENDORFF ter bevestiging dezer theorie heeft genomen, zal ik niet vermelden, omdat de daarbij waargenomene verschijnselen eenvoudiger op eene andere wijze kunnen verklaard worden.

Overigens wordt deze theorie door de omstandigheid, dat een niet-geleider, die in droge lucht onder den invloed van geëlectriseerde geleiders is geplaatst, geruimen tijd neutraal blijft, zoowel als door de voorgaande beschouwingen over het electriciteits-verlies in lucht, afdoende weêrlegd.

NEGENDE HOOFDSTUK.

Inductie-electriciteit op niet-geleiders. Proefondervindelijk onderzoek.

De proef op pg. 44 beschreven heeft in den laatsten tijd meerdere practische waarde verkregen, omdat zij den grondslag vormt van de verklaring, die RIESS van de werking der electriseermachine van HOLTZ heeft gegeven ¹⁾. Zooals reeds vermeld is, waren FARADAY en RIESS het niet eens over de verschijnselen, die bij deze proef worden waargenomen, en evenmin over de verklaring, die daarvan moet gegeven worden. Wanneer n.l. een niet-geleidend lichaam snel tusschen een positief geëlectriseerd lichaam, en eene vlam of een conductor met scherpe punten voorzien, wordt bewogen, dan wordt het eerste geladen met negatieve electriciteit, en wel, volgens RIESS het sterkst aan de zijde, die gekeerd is naar het geëlectriseerde lichaam, door hem voorvlakte genoemd, volgens FARADAY aan de andere zijde, die RIESS achtervlakte noemt. Terwijl RIESS deze proef later op verschillende wijze herhaalt, beschrijft hij tevens een verschijnsel, hetwelk zou kunnen geacht worden in strijd te zijn met de resultaten van mijn onderzoek, en dit geeft

¹⁾ Pogg. Ann. Rd. 431 S. 226.

mij te meer aanleiding ook bij deze onderzoekingen stil te staan.

Opmerkelijk is het, dat deze natuurkundige, aan wien zeker de eer toekomt, dat hij meestal in zijne verhandelingen een nauwkeurig historisch overzicht geeft, van het te behandelen onderwerp zegt, de beschrijving dezer proef nergens te hebben gevonden; terwijl CIGNA ¹⁾ zoowel als WILKE ²⁾ haar heeft beschreven, en wel in verhandelingen, waarvan RIESS op eene andere plaats gebruik maakt. Het schijnt zelfs, dat de strijd tusschen FARADAY en RIESS, met betrekking tot deze proef, reeds door eene proef van WILKE in het jaar 1762 beschreven, in het voordeel van den eersten wordt beslist. WILKE maakt n.l. eene glazen schijf, door haar een oogenblik tusschen een positief geladen schijf en een conductor met scherpe punten voorzien te plaatsen, negatief electrisch. Nu plaatste hij aan weërszijden metaalbekleedselen tegen de schijf, die na afleidende aanraking geïsoleerd werden weggenomen. Het bekleedsel, dat tegen de achtervlakte was geplaatst, bleek nu geladen te zijn met positieve, het andere met negatieve electriciteit. De toestel van WILKE komt geheel overeen met den electrophoor; alleen in de wijze, waarop de niet-geleidende schijf geëlectriseerd wordt, bestaat verschil. Het verschijnsel door WILKE waargenomen, kan alleen dan op voldoende wijze worden verklaard, wanneer men aanneemt dat de achtervlakte uitsluitend of althans het sterkst negatief electrisch was geworden; de verklaring komt dan overeen met die, welke VON BEZOLD van het hiermede overeenkomend verschijnsel bij den electrophoor waargenomen, heeft gegeven ³⁾.

CIGNA beschreef de proef op de volgende wijze: Hij plaatste een stuk zijde in neutralen toestand, gedurende een korten

¹⁾ Miscellanca Societatis Taurinens 1761.

²⁾ Schwed. Abh. 1762.

³⁾ Pogg. Ann. Bd. CXLIII, S. 73, (Fünfter Versuch) S. 82, 83.

tijd, tusschen een ander stuk zijde, dat door wrijven electrisch was gemaakt, en een conductor, die voorzien was van scherpe punten. Het eerste stuk zijde werd nu geladen met electriciteit, ongelijknamig aan die van het laatste.

Toen FARADAY had aangetoond ¹⁾ dat de achtervlakte het sterkst negatief electrisch was geworden, heeft RIESS hierop in zooverre geantwoord ²⁾, dat hij het negatief electrisch worden der achtervlakte een zeer ingewikkeld verschijnsel noemt. Het wordt misschien daardoor veroorzaakt, zegt hij, dat het positief geladen lichaam ook verdeelend op de vlam werkt, zoodat er ten gevolge daarvan negatieve electriciteit op de achtervlakte der schijf overgaat, of door dat de negatieve voorvlakte verdeelend op de achtervlakte werkt, of wel door beide invloeden te gelijk. Dat de achtervlakte sterker negatief wordt dan de voorvlakte, daarover spreekt RIESS in zijn antwoord aan FARADAY niet.

In eene verhandeling van lateren tijd ³⁾ komt RIESS uitvoerig op deze proef terug. Eene schijf B van paraffine van 118 m. m. middellijn en ruim 11 m. m. dikte wordt geplaatst op 4 m. m. afstand van de scherpe punten van een Tvormigen conductor C, in dier voege, dat de as van den conductor gaat door het middelpunt der schijf. De scherpe punten, 15 in getal, hebben eene lengte van $9\frac{1}{2}$ m. m.; de lengte van den conductor, die eindigt in een koperen bol van 13 m. m. middellijn kan hij door inschuiven, van 156 m. m. tot 123 m. m. wijzigen. Eene plaat A van eboniet van 175 m. m. lengte en 150 m. m. breedte wordt, na eerst door wrijven negatief electrisch gemaakt te zijn, zoodanig aan den anderen kant der paraffine-schijf geplaatst, dat de afstanden der beide schijven 26 m. m. bedraagt en de middelpunten van beide schijven met de as des conductors in

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 415.

²⁾ Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 428.

³⁾ Pogg. Ann. Bd. CXXXI S. 215.

eene rechte lijn liggen, die loodrecht door de oppervlakken van beide schijven gaat. Volgens RIESS is nu de paraffine-schijf B aan beide zijden positief electrisch geworden en wel het sterkst aan de achtervlakte, d. i. aan de zijde die naar de scherpe punten was gekeerd; de schijf B is nu, zooals RIESS het noemt, geladen door dubbelen invloed. Het resultaat is dus ditmaal in overeenstemming met dat, hetwelk FARADAY verkreeg. Bij het onderzoek bleek verder, dat de knop van den conductor geladen was met negatieve electriciteit. RIESS verklaart deze verschijnselen nu op de volgende wijze: De schijf B wordt door invloed van de negatieve electriciteit op A aan de voorvlakte positief, aan de achtervlakte negatief electrisch; de conductor wordt eveneens positief electrisch aan het uiteinde, waar zich de scherpe punten bevinden en negatief aan het andere uiteinde, maar de positieve electriciteit gaat van de scherpe punten op de schijf B over en maakt haar ook aan de achtervlakte positief electrisch. Werd de schijf A in plaats van 3 sec., ongeveer 5 min. in den beschreven stand gelaten, dan bevond RIESS dat de voorvlakte evenals straks positief electrisch was, maar dat de achtervlakte negatief was geworden. Hij verklaart dit aldus. De invloed van het geëlectriseerde lichaam A op de slechtgeleidende schijf B, kon bij den korten duur der eerste proef slechts gering zijn; de hoeveelheden positieve electriciteit op de voorvlakte, en negatieve op de achtervlakte waren dus zeer klein. Die weinige seconden waren echter meer dan voldoende om in den conductor C eene sterke verdeling van electriciteit teweeg te brengen, zoodat er meer positieve electriciteit van de scherpe punten op de achtervlakte van B overging, dan deze negatieve door invloed van A had gekregen. Duurt de invloed van A echter langer, dan zal, wegens de grootere nabijheid, de scheiding van electriciteit op B grooter zijn dan op den conductor C, zoodat de positieve electriciteit, die van de scherpe punten op B

overgaat, niet in staat is om de negatieve electriciteit op de achtervlakte te neutraliseeren; deze blijft dan geladen met negatieve electriciteit. Deze laatste proef gelukt echter volgens RIESS, alleen dan, wanneer de afmetingen van den conductor niet te groot zijn. Wordt bij deze proef de conductor C afleidend met den grond verbonden, zoodat de negatieve electriciteit wordt geneutraliseerd, dan zal er eene nieuwe scheiding van electriciteit in den conductor plaats hebben, tengevolge waarvan er ook opnieuw positieve electriciteit van de scherpe punten op B overgaat. In dit geval zal ook dan nog, wanneer men de schijf B en den conductor C gedurende 12 min. onder den invloed van A laat, de eerste aan beiden zijden sterk positief electrisch zijn. Zoowel bij deze proef als bij die, waarbij de conductor geïsoleerd is en de werking slechts kort duurt, is dus de invloed van de geëlectriseerde schijf A op de niet-geleidende schijf B van minder belang dan de dubbele invloed op den metalen conductor. Heeft de conductor grootere afmetingen, dan zal ook in geïsoleerden toestand, bij langdurigen invloed de schijf B aan beide zijden positief electrisch zijn, evenzoo als in het geval, dat deze afleidend met den grond verbonden is.

Uit de beschouwing van RIESS blijkt, dat hij zijne denkbeelden, met betrekking tot deze verschijnselen, sedert 1854, toen hij zijn brief aan FARADAY schreef, wel eenigszins gewijzigd heeft. Toen was de verdeeling op B onder den invloed, van A, nu is die op den conductor C van overwegenden invloed, zoodat de achtervlakte sterker positief moet zijn dan de voorvlakte. De electrische toestand der schijf wordt nu toegeschreven, hoofdzakelijk aan den invloed, welken de achtervlakte der schijf op de voorvlakte uitoefent ¹⁾. Zoo wordt ook het verschijnsel dat eene, aan

¹⁾ Pogg. Ann. 31. CXXXI S. 221.

de eene zijde door wrijven negatief geëlectriseerde harskoek, bij een electroscop gebracht, aan de andere zijde ook negatieve electriciteit vertoont, volgens RIESS, veroorzaakt door den verdeelenden invloed, dien de electriciteit op de eerste zijde op de andere zijde uitoefent.

RIESS heeft de beschreven proeven op verschillende wijze herhaald, en zoekt de waargenomen verschijnselen steeds van hetzelfde standpunt uitgaande te verklaren, waarvan de onjuistheid door FARADAY en later ook door VON BEZOLD ¹⁾ is aangetoond.

Ik heb de proeven van RIESS herhaald, op eene wijze welke overeenkomt met die door hem gevolgd. Dit onderzoek leidde tot uitkomsten, welke met die van RIESS overeenkomen, behoudens eene enkele uitzondering. Wanneer de paraffineschijf langer dan 5 min. geplaatst bleef tusschen de gewreven ebonietplaat en den conductor, dan was zij evenzeer aan beide zijden positief electrisch als in het geval dat dit 3 sec. duurde, terwijl RIESS vond, dat zij dan aan de voorvlakte positief, aan de achtervlakte negatief electrisch was. De bij dit onderzoek gebruikte conductor kwam in afmetingen en in vorm met dien van RIESS overeen; alleen was zij met achttien in plaats van vijftien scherpe punten voorzien. Om zeker te zijn dat dit resultaat niet het gevolg van onvoldoende isolatie van den conductor kon zijn, heb ik de proef in droge lucht herhaald, en wel op de volgende wijze. De schijf B in den toestel (fig. 1) werd vervangen door een T vormigen conductor van 84 m. m. lengte en $8\frac{1}{2}$ m. m. dikte, die eindigde in een bol van 18 m. m. middellijn. Het dwarstuk dat 18 scherpe punten van $9\frac{1}{2}$ m. m. lengte bevatte, had eene lengte van 105 m. m. en eene dikte van 7 m. m. Eene paraffineschijf van 156 m. m. middellijn en 10 m. m. dikte werd nu op dezelfde wijze

¹⁾ Pogg. Ann. Bd CXLIII S. 52.

als bij mijn eerste onderzoek, op eene staaf van eboniet geplaatst, die op het sectorvormige voetstuk was bevestigd. In de ruimte tusschen de schijf A en den conductor gebracht, bedroeg de afstand van een harer oppervlakken tot de scherpe punten van den conductor 4 m. m. en die van het andere tot de schijf A 26 m. m. evenals bij de proeven van RIESS. Voor dat het onderzoek aanving had ik mij eerst overtuigd van den neutralen toestand der paraffineschijf door haar in de nabijheid van de metalen schijf C, die op dezelfde wijze als vroeger geleidend met den electroscoop was verbonden, te brengen. Nadat ik de paraffineschijf weder den stand tusschen de schijf A en den conductor had doen innemen, werd A geladen met positieve electriciteit, op dezelfde wijze als dit bij mijn eerste onderzoek plaats had. Toen de paraffineschijf na ruim 5 min. weder in de nabijheid van C werd gebracht, vertoonde zij eene sterke negatieve lading aan de achtervlakte, die bij dit onderzoek op 1 m. m. afstand van C verwijderd was. De proef werd eenige malen herhaald, telkens met het zelfde gevolg. Ook veranderde het resultaat niet door de paraffineschijf zoodanig te plaatsen, dat de afstand van een harer zijvlakken tot de scherpe punten 15 m. m. en die van het andere tot de schijf A 10 m. m. bedroeg; alleen was de negatieve lading der schijf niet zoo groot als bij het vorige onderzoek. Dat dit resultaat niet in overeenstemming is met dat, hetwelk RIESS verkreeg, kan niet worden toegeschreven aan de grootte der afmetingen van den conductor; want deze was aanzienlijk kleiner dan dien welke RIESS gebruikte, en evenmin aan geleiding langs den isolator, waarop de conductor was bevestigd; want de deugdelijkheid daarvan was bij een vorig onderzoek voldoende gebleken. Bovendien waren de omstandigheden, waaronder de proeven zijn genomen, zeker gunstiger dan bij het onderzoek van RIESS, daar de hygrometer op 8° a 10° en de thermometer op 20° a 21° C. stond.

De hierbij door mij verkregen uitkomsten zijn ook geheel in overeenstemming met die van het vorig onderzoek in Hoofdst. VI beschreven, terwijl die van RIESS daarmede moeielijk te rijmen zijn. Immers dezelfde paraffineschijf werd onder den gelijktijdigen invloed der electriciteit op de schijven A en B eerst na 30 min. electrisch en nu zou zij onder den invloed van A in 5 min. reeds zoo sterk electrisch geworden zijn, dat de negatieve electriciteit die van de scherpe punten op de schijf overgaat niet in staat is, om de positieve electriciteit op de achtervlakte te neutraliseeren. Hiermede is naar ik meen overtuigend aangetoond, dat RIESS bij dit onderzoek gedwaald heeft; waaraan deze dwaling moet worden toegeschreven is echter moeielijk uit zijne verhandeling op te maken. Wel zijn er door VON BEZOLD ¹⁾ terecht bedenkingen gemaakt tegen de wijze, waarop RIESS, met behulp van het proefschijfje, den electrischen toestand der niet-geleidende schijven onderzoekt; maar in hoe verre dit hier invloed kan hebben uitgeoefend, kan ik niet beoordeelen.

¹⁾ Pogg. Ann. Bd. 143, S. 55.

Fig. 1.

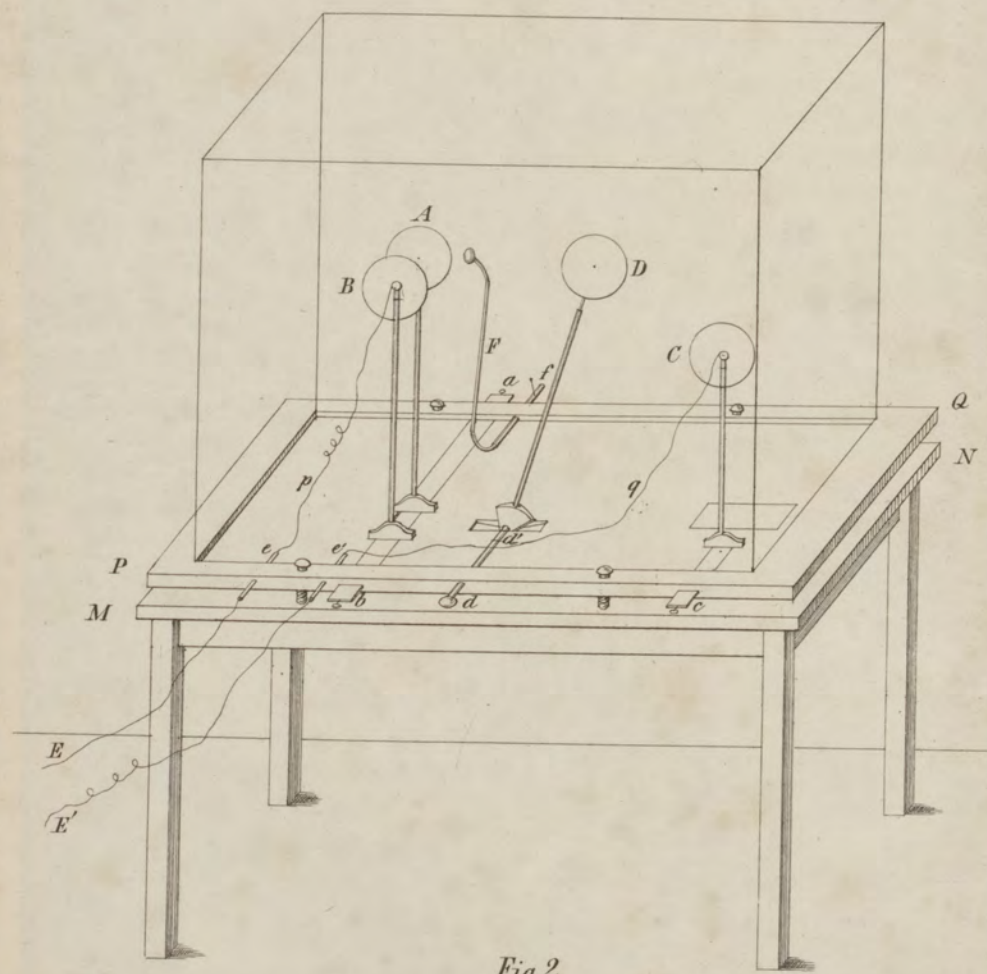
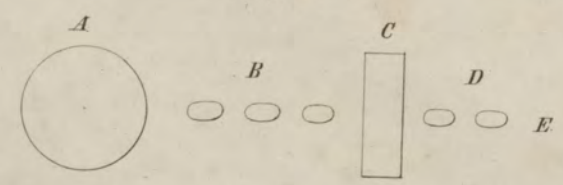
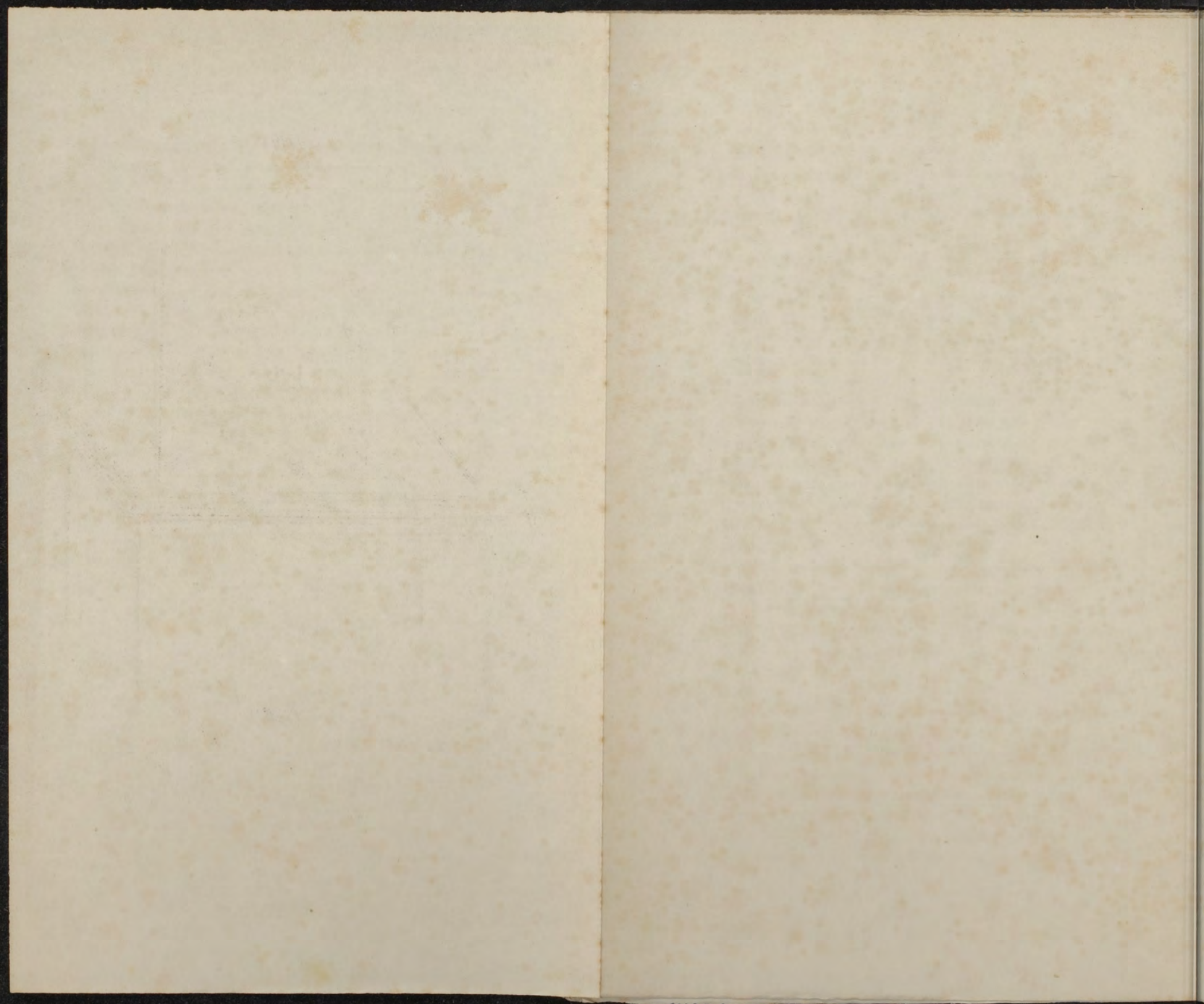


Fig. 2.





STELLINGEN.

I.

De onderzoekingen, door verschillende natuurkundigen ingesteld, naar de wetten, volgens welke het electriciteitsverlies in de lucht en langs den isolator plaats heeft, hebben geene resultaten van eenige beteekenis opgeleverd.

II.

Ofschoon de talrijke onderzoekingen, met betrekking tot het residuum van den electricischen condensator, niet hebben geleid tot het geven van eene afdoende verklaring van dit verschijnsel, maken zij het toch waarschijnlijk, dat de juiste verklaring in overeenstemming zal zijn met de inductie-theorie van FARADAY. Deze bewering wordt door de onderzoekingen van VON BEZOLD (Pogg. Ann. Bd. 114, 125, 137) niet weêrlegd.

III.

De verschijnselen, die bij den electrophoor worden waargenomen, moeten verklaard worden op eene wijze, die in overeenstemming is met de inductie-theorie van FARADAY.

IV.

De verklaring die RIESS van de werking der electriseermachine van HOLTZ heeft gegeven, moet in zooverre gewijzigd worden, dat zij in overeenstemming worde gebracht met de inductie-theorie van FARADAY.

V.

Men kan de wet der afstanden, met betrekking tot de electrische werking, beter op eene andere wijze proefondervindelijk bevestigen, dan door rechtstreeksche metingen, zooals dit door COULOMB is gedaan.

VI.

Ofschoon het niet proefondervindelijk is aangetoond, is het niet onwaarschijnlijk, dat de inductiestroomen tot stand komen, door invloed van de polaire verdeeling der middenstof.

VII.

De bedenkingen die CLAUSIUS maakt (Pogg. Ann. Bd. 135) tegen de redeneeringen, waardoor NEUMANN komt (Die Principien der Elektrodynamik) tot de formule:

$$\omega = \frac{mm_1}{r} \left\{ 1 + \frac{1}{c} \frac{dr}{dt} + \frac{1}{c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 - \frac{r}{2c^2} \frac{d^2r}{dt^2} \right\}$$

zijn ongegrond. Hieruit volgt dat er een bezwaar bestaat

tegen de beschouwingwijze van RIEMANN (Pogg. Ann. Bd. 131), hetwelk door CLAUSIUS niet als zoodanig wordt erkend.

VIII.

De proeven waaruit volgens MAGNUS en BALFOUR STEWART zou blijken, dat klipzout niet alle warmtestralen even goed doorlaat, verdienen meer vertrouwen wegens de wijze, waarop dit onderzoek heeft plaats gehad, dan die waardoor MELLONI, KNOBLAUCH en andere natuurkundigen het tegendeel meenen te bewijzen.

IX.

De proeven van BARTHÉLEMY over de dialytische eigenschappen van plantenvliezen (Compt. rend. LXXVII N^o. 6) hebben voor de plantenphysiologie geene waarde.

X.

POGGIALE en MARTY hebben het recht niet uit hunne proeven af te leiden, dat er geen blauwzuur in den rook van tabak aanwezig zou zijn.

XI.

De methode, volgens welke TYNDALL (Phil. Trans. 1866) het uitstralingsvermogen van sommige lichamen heeft bepaald, verdient weinig vertrouwen.

XII.

Het zoogenoemd plantenei komt niet overeen met het dierlijk ei.

XIII.

Ten onrechte beweert LUBIMOFF (Pogg. Ann. Bd. 148), dat

de bepaling die EULER van het gezichtsveld van den kijker van GALILEI geeft, en die in de meeste leerboeken is overgenomen, eene grove fout bevat; zij is wel niet nauwkeurig, maar dit geldt evenzeer van de bepaling, die LUBIMOFF er voor in de plaats stelt.

XIV.

Bij de sodabereiding volgens de methode van LEBLANC ontstaat er geen calciumsulphide maar een oxysulphide.

XV.

De vuurspuwende bergen, de heete bronnen, en de toename van de temperatuur der aarde met de diepte zijn geene voldoende bewijzen voor het bestaan van een centraalvuur.

