

A qu. 325. VI . 10 .

Rede Groningen

DE CONTINUITEIT
IN DEN
ONTWIKKELINGSGANG DER NATUURKUNDE.

REDEVOERING

BIJ DE

Aanvaarding van het Hoogleeraarsambt

AAN DE

RIJSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN,

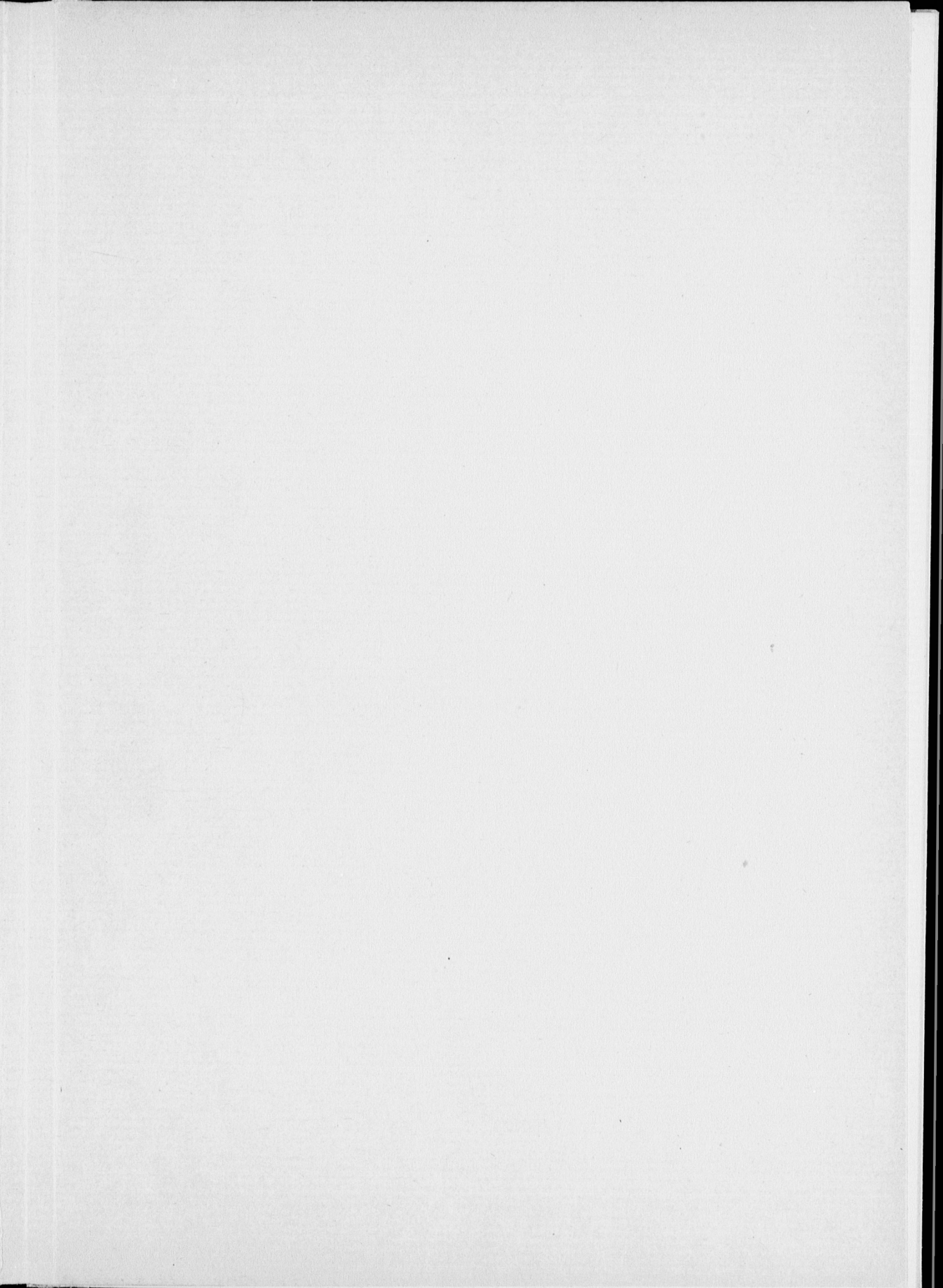
DEN 24^{STEN} SEPTEMBER 1886

UITGESPROKEN DOOR

DR. H. HAGA.



GRONINGEN. — P. NOORDHOFF. — 1886.



Agv. 325 VII, 10
DE CONTINUITEIT

IN DEN

ONTWIKKELINGSGANG DER NATUURKUNDE.

REDEVOERING

BIJ DE

AANYAARDING VAN HET HOOGLEERAARSAMBT

AAN DE

RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN,

den 24^{sten} September 1886

UITGESPROKEN DOOR



DR. H. HAGA.

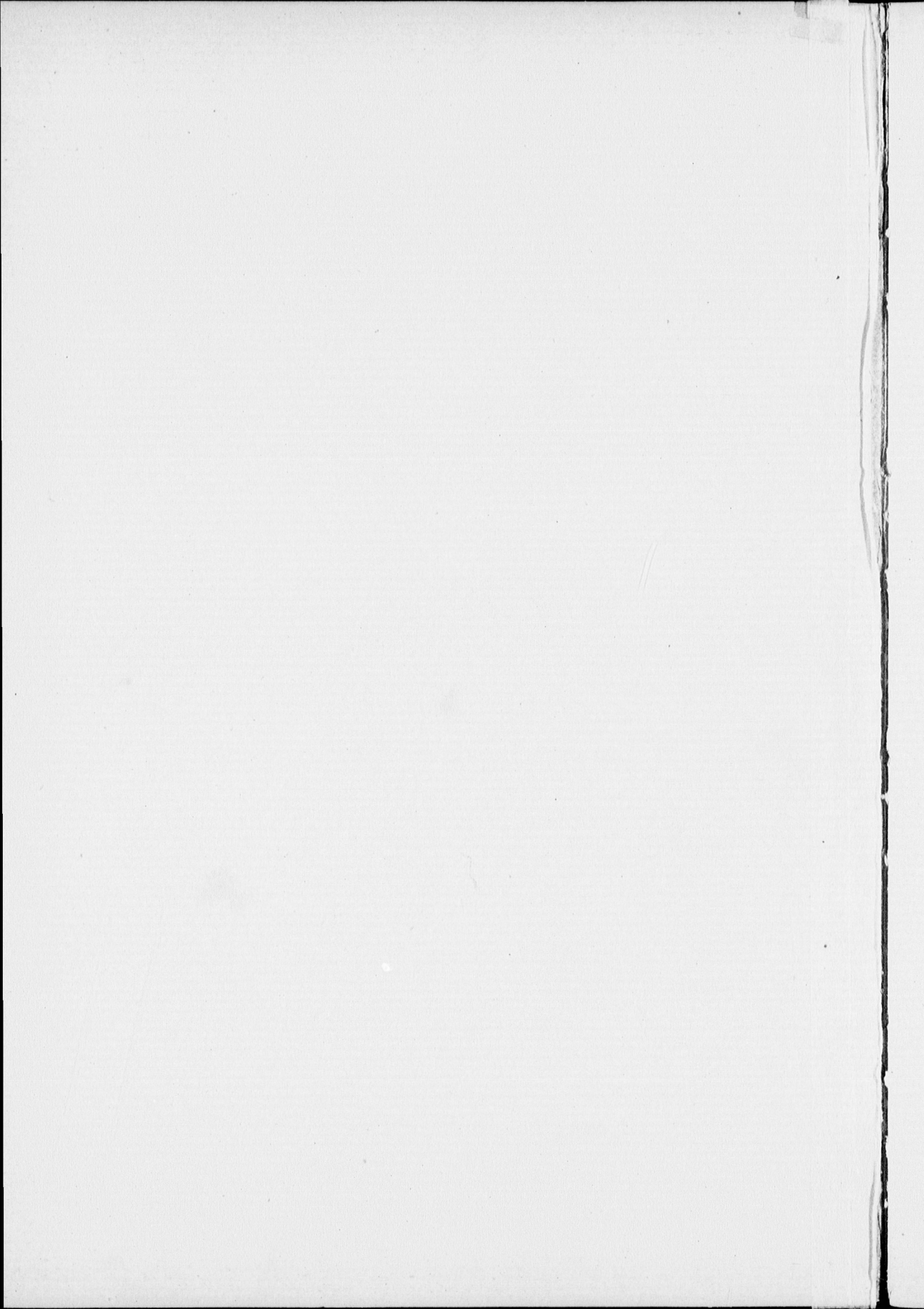
~~~~~  
GRONINGEN. — P. NOORDHOFF. — 1886.

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



1906 0965





EDEL GROOTACHTBARE HEEREN CURATOREN.  
HOOGGELEERDE HEEREN RECTOR EN HOOG-  
LEERAREN.

WELEDELE HEEREN STUDENTEN AAN DEZE  
UNIVERSITEIT, EN GIJ ALLEN DIE DEZE  
PLECHTIGHEID MET UWE TEGENWOORDIG-  
HEID VEREERT.

ZEER GEWENSCHTE TOEHOORDERS!

Niet ten onrechte wordt de tegenwoordige tijd verheerlijkt als een waarin de lauweren geoogst worden van de betere inzichten op natuurwetenschappelijk gebied; — wordt gewezen op den verbazenden ommekeer daardoor op onze wereldbeschouwing en maatschappelijke toestanden teweeggebracht, doch tevens is men maar al te zeer geneigd uit de hoogte neer te zien op vroegere onderzoekers, alsof wij hun juist niet te danken hebben voor dat waarin wij onzen roem stellen, alsof ook wij niet eveneens leden zijn van het naar vooruitgang strevende menschedom.

De ontwikkelingsgang wordt vergeten en toch, slechts door het raadplegen der geschiedenis, kan men zich voor eenzijdigheid behoeden, zich rekenschap geven van het gewicht

en de grootte van den vooruitgang ; ja meer nog , eerst daardoor wordt ons de weg helder , langs welken we met vertrouwen voort kunnen gaan , daar dezelfde middelen , waardoor vroegere natuurkundigen hun doel bereikt hebben , ook ons zullen brengen tot de oplossing der vele vragen , die we ons nog te stellen hebben.

Hoewel ieder deel der historie voor dit doel gekozen kan worden , kwam mij toch de ontwikkelingsgeschiedenis der nieuwere denkbeelden omtrent het wezen der warmte het meest geschikt voor , al was het alleen omdat hier , door het rusteloos werken en denken van tal van mannen , die we met recht tellen tot de eersten van ons geslacht , schijnbaar onoverkomelijke hinderpalen uit den weg geruimd zijn.

Want wanneer we letten op het groot aantal vormen , waaronder de warmte optreedt , op de verschillende eigenschappen , die ze aan den waarnemer vertoont , dan behoeft het ons niet te verwonderen , dat de natuurkundigen van vroegeren tijd groote moeite hadden tot het wezen der warmte door te dringen.

Nu eens toch wordt ze geleid uiterst langzaam van het eene gedeelte van een lichaam tot het andere , dan weer straalt ze van verwarmde lichamen naar alle zijden uit , zich verbreidende met de snelheid van het licht , nu eens is ze de trouwe medgezellin van het licht , dan weer treedt ze zelfstandig op , onzichtbaar voor het oog en toch in vele eigenschappen met licht overeenkomende. Ze verschijnt bij scheikundige verbindingen , en ook bij wrijven , stooten , kortom bij alle



mechanische bewerkingen, ze is noodig om een vast lichaam vloeibaar te maken en eene vloeistof in damp over te doen gaan en daarbij door geen thermometer waar te nemen. Hoe meer de waarnemingen toenamen, des te duisterder werd haar wezen, des te meer scheen ze zich te onttrekken aan den vorschenden blik. Is ze eene alom tegenwoordige stof, of is ze een bewegingsvorm der deeltjes van een lichaam; — zie daar de vraag die gesteld werd en die pas in de eerste helft dezer eeuw beantwoord werd.

Voortgevloeid uit de onderstelling der ouden omtrent het wezen van het vuur, uit de phlogistontheorie van STAHL, ontwikkelde zich de theorie dat de oorzaak der warmteverschijnselen eene stof was in de laatste helft der vorige eeuw meer en meer, vooral toen men het bestaan der soortelijke warmte en der latente warmte ontdekte. Immers men vond dat verschillende lichamen voor gelijke verhooging van temperatuur verschillende hoeveelheden warmte noodig hebben en voor de hand lag het dit te vergelijken met de verschillende hoeveelheden vloeistof, noodig om in vaten van verschillende doorsneden het oppervlak evenveel te doen stijgen; zoo sprak men van een lichaam van eene groote of kleine warmte-capaciteit, dus bevattingsvermogen voor de warmte en vond een steun voor deze opvatting in het feit, dat bij menging van lichamen van verschillende temperatuur de eindtemperatuur met behulp der capaciteiten juist zoo berekend kan worden als de hoogte, waartoe, in vaten van bekende doorsneden, de vloeistof stijgen zal, als ze met elkaar in gemeenschap gesteld worden.

Toen men bemerkte, dat een thermometer in smeltend ijs of in kokend water niet stijgt, hoeveel warmte men toevoegt, zoolang al het ijs niet in water, al het water in stoom veranderd is, zoo was dit feit wel niet zoo eenvoudig te verklaren als het voorgaande, maar leverde toch geene groote moeilijkheid, daar men zich voorstelde, dat de warmtestof zich verborg, latent werd, dat b.v. damp uit water en warmtestof bestond, welke warmtestof bij het condenseeren van den waterdamp weer „vrij” werd. En bedenkt men, dat de ontdekker der latente warmte tevens in marmer het gasvormige koolzuur aantoonde, dat weinig later tal van andere gassen gevonden werden, dan is het te begrijpen, hoe men er toe kwam de eigenschappen van warme evenals van geëlectriseerde en magnetische lichamen toe te schrijven aan de aanwezigheid van ijle stoffen, die als de onweegbare het eerst in scheikundige werken behandeld werden.

Bij de voornaamste physici stond het dan ook vast, dat de warmte eene ijle stof was; kwam meer van die stof in een lichaam, zoo werd dit warmer en zette zich uit; ja zelfs het bizondere geval van inkrimpen, dat water van  $0^{\circ}$  vertoont tot  $4^{\circ}$  verwarmd wordende, kon men vergelijken met de volumevermindering bij het mengen van water en alcohol; verder kon de warmtestof overvloeien van een deel van het lichaam naar een ander, waardoor de warmtegeleiding verklaard werd; ook tusschen de poriën van het menschelijk lichaam kon ze dringen en de gewaarwording van warmte opwekken.

Eene theorie op dergelijke grondslagen, zoo geheel in over-

eenstemming met alle bekende verschijnselen scheen zich te moeten verheugen in de onbetwiste heerschappij.

Aan RUMFORD's geest echter was ze niet voldoende rekenschap te geven van het optreden van warmte door wrijven; dit algemeen bekende feit werd vergeleken bij het druppelen van water uit eene geknepen spons, of bij het vloeien van honig uit eene gebroken raat, dus verklaard uit eene vermindering der hoeveelheid warmte in de op elkaar wrijvende lichamen, als maat waarvan de warmte-capaciteit aangenomen werd. Of dit werkelijk het geval was, had men niet onderzocht en veel waarde hechtte men niet aan die, zoo men meende, steeds geringe hoeveelheid, totdat RUMFORD aantoonde dat wrijven eene bron van warmte is die onuitputtelijk scheen te zijn: Eene stompe breede boor werd sterk tegen een stuk metaal gedrukt, dat door twee paarden in de rondte werd bewogen; het metaal en de boor bevonden zich in een bak met ongeveer 8,5 kilo water, dat na verloop van  $2\frac{1}{2}$  uur begon te koken. Het weinige metaal door de boor afgeschaafd bleek dezelfde warmte-capaciteit te hebben als een stuk van het metaal, zoodat niet uit eene vermindering der capaciteit de ontzaglijke warmtehoeveelheid kon verklaard worden; en terecht merkt RUMFORD op, dat iets, hetgeen door een bepaald aantal lichamen in onbepaalde hoeveelheid geleverd kan worden, geene stof kon zijn en verklaart het voor zeer moeilijk, zoo niet voor onmogelijk, zich eene voorstelling te vormen van de wijze waarop de warmte ontstond, tenzij ze eene beweging is.

Ook DAVY volbracht eene gedenkwaardige proef: twee stuk-



ken ijs werden in eene luchtledig gemaakte klok, die door ijs omgeven was, tegen elkander gewreven tot ze smolten en daar de warmte-capaciteit van water veel grooter is dan die van ijs, maakte DAVY de gevolgtrekking „dat wrijving de warmte-capaciteit der lichamen niet vermindert.” Duidelijk ziet men dus, hoe zoowel RUMFORD als DAVY voornamelijk een onderdeel der warmtestoftheorie bestreden en dat hunne tegenstanders, met behoud der hoofdzaak, hunne hypothese konden handhaven en voor het ontstaan der warmte bij wrijven andere oorzaken bedenken.

Zoo werd het niet onmogelijk geacht, dat bij de proeven van RUMFORD en DAVY warmte van andere lichamen toestroomde, dat in het algemeen bij het wrijven van lichamen de warmtestof vrij wordt, maar uit de omringende voorwerpen als uit eene onuitputtelijke bron weer tot de lichamen toestroomt. De meer grondige physici uit het laatst der eerste helft dezer eeuw moesten echter erkennen, dat eene dergelijke onderstelling vrij gedwongen was, maar verkozen toch de warmtestof-theorie verre boven die, welke de aanhangers van RUMFORD en DAVY hun aanboden.

Deze toch verklaarden de warmteverschijnselen uit beweging der lichaamsdeeltjes, maar in hun ijver ook een warmte-ether verwerpende, mochten geen verband tusschen warmte- en lichtverschijnselen zoeken, ze alleen vergelijken met geluidsverschijnselen en moesten het antwoord schuldig blijven op de vraag naar de oorzaak dier beweging, naar de reden waarom deze niet, even als bij een geluidgevend lichaam, langzaam

verminderde, bij aanraken niet ophield, waardoor de lichamen tot het absolute nulpunt zouden afkoelen. En verder, hoe uit beweging de latente warmte te verklaren, waarbij een zeker iets, dat warmteverschijnselen in volkomen bepaalde hoeveelheden kan teweeg brengen, voor onbepaald langen tijd verborgen blijft en naar willekeur kan te voorschijn geroepen worden.

Ja, denken kon men zich, dat de trillingen van den lichtether een zoo fijn orgaan als de gezichtszenuw kunnen aandoen en de trillingen van vaste, vloeibare en gasvormige lichamen in het teedere gehoororgaan eene gewaarwording kunnen opwekken, maar niet dat de op zich zelve niet waartenemen beweging, die bij de scheikundige verbinding van waterstof en zuurstof in de knalgasvlam zou plaats vinden, de met groote kracht samenhangende deelen van ijzer in zulk eene beweging kan brengen, dat ze wegspatten.

Men wilde zich niet tevreden stellen met het vage woord, beweging der deeltjes, maar eischte heldere, juiste begrippen, nauwkeurige omschrijving van de bewegingen, die bepaalde verschijnselen veroorzaken, zoodat men met het oog des geestes de deeltjes in hunne banen kon volgen, zooals men dit bij de geluids- en lichtverschijnselen in staat was te doen.

En ten slotte werd zegevierend gewezen op de gevolgtrekkingen uit het bestaan der stralende warmte af te leiden, die door tal van natuurkundigen, waaronder MELLONI en FORBES, tot voorwerp van onderzoek gekozen werd.

Neemt men, zooals bij de stralende warmte, waar, dat eene

werking van een lichaam zich naar alle zijden uitbreidt, dan kan men zich hiervan twee oorzaken denken: of dat deeltjes van het lichaam uitgezonden worden en in de omringende voorwerpen veranderingen teweegbrengen met den aard dier deeltjes overeenkomende, of dat zich in eene het lichaam omgevende middenstof een bewegingstoestand verbreidt, die meêgedeeld wordt aan de andere zich in die middenstof bevindende lichamen.

Wat was nu natuurlijker dan om, even als NEWTON in zijne emissietheorie voor het licht gedaan had, te onderstellen dat warme lichamen deeltjes uitzenden, die op andere lichamen vallende deze verwarmen; nam men daarbij aan dat een lichaam, naar gelang zijne temperatuur hooger was, ook meer warmtestof uitzond, dan kon men alle feiten gemakkelijk verklaren.

Het waren echter juist de verdere onderzoekingen over stralende warmte, waardoor storing gebracht werd in deze schoone harmonie; ze bleken spoedig het trojaansche paard te zijn voor de aanhangers der stoftheorie; in het eerst met gejubel ingehaald, als leverende een bewijs te meer voor het bestaan eener warmtestof, drongen ze hoe langer hoe meer tot de erkenning, dat warmtestralen door de voortplanting eener trillende beweging ontstonden en zoo nauw met lichtverschijnselen verbonden waren, dat, wilde men de stoftheorie handhaven, tal van hypothesen moesten worden ter hulp geroepen om hiervan rekenschap te geven.

Herinneren we ons in het kort de feiten: In het laatst der vorige eeuw zijn het eerst proeven genomen over de warmte-



verdeeling in het spectrum van het zonlicht; de eerste, welke eenige aanspraak op nauwkeurigheid kunnen maken, zijn door HERSCHEL in 1800 verricht, die zonlicht door een prisma liet gaan en de temperatuursverhoogingen bepaalde van een thermometer in de verschillende kleuren van het spectrum; hij vond toenemende warmte van de violette stralen naar de roode, ja eerst buiten het zichtbare deel was de warmtewerking het sterkst; er waren dus stralen die warmte gaven maar onzichtbaar waren.

Een tiental jaren later werd de ontledende werking van het zonnespectrum op zilverzouten onderzocht en bevonden het sterkst te zijn in het blauw en violet, maar ook nog buiten het spectrum te bestaan.

Het behoeft wel geene vermelding dat men door tal van onderzoekingen de eigenschappen dezer onzichtbare en hun verband met de zichtbare stralen trachtte uit te vorschen.

Zoo bleek uit MELLONI's proeven, dat er verschillende soorten van warmtestralen waren, wel allen de eigenschap missende op ons oog een indruk te kunnen voortbrengen, maar wier onderscheid door het doorlaten door verschillende stoffen getoetst kon worden.

Van de tallooze proeven van MELLONI moge hier eene enkele genoemd worden: een kubus van dun metaalblik met water gevuld, dat aan de kook gehouden werd, werd voor de thermozuil geplaatst en de uitslag van den galvanometer gemeten; een plaatje zure chroomzure kali tusschen warmtebron en thermozuil bleek alle warmte tegen te houden; toen in plaats van

den kubus eene koperen plaat, door eene er achterstaande alcohol-lamp op  $400^{\circ}$  gehouden, voor de thermozuil gezet werd op zoodanigen afstand, dat de uitslag van den galvanometer en dus de hoeveelheid warmte dezelfde was als bij den met kokend water gevulden kubus, bleek dat hetzelfde plaatje nog 15 % doorliet; hoewel dus de totale hoeveelheid der warmtestralen even groot was, kon deze niet op dezelfde wijze zijn saamgesteld en moest een even groot verschil aangenomen worden tusschen warmtestralen als tusschen lichtstralen onderling. Want evenals dit plaatje zou b.v. groen gekleurd glas alle roode stralen tegenhouden, maar van wit licht slechts een deel; ten opzichte der warmtestralen zijn dus de stoffen als het ware gekleurd en met recht zegt MELLONI dat „al mogen die feiten niet dezelfde aantrekkelijke schoonheid bezitten, die de proeven van NEWTON over de samenstelling van het licht aanbieden, ze toch niet geheel beroofd zijn van die intellectueele bekooring, eigen aan de ontdekkingen, die door de beperktheid onzer zintuigen voor ons steeds verborgen schenen te blijven.”

Zijn er dus verschillende soorten van warmtestralen, dan was de eenvoudige emissie-theorie niet meer vol te houden en werd ze hierdoor reeds zeer onwaarschijnlijk, daar allerlei nevenonderstellingen gemaakt moesten worden, zoo bewezen de proeven van FIZEAU en FOUCAULT, waardoor, evenals van licht, ook interferentie van stralende warmte werd aangetoond, dat deze voortgeplant werd door de trillende beweging der deeltjes eener stof.

De aanhangers der warmtestof-theorie moesten zich nu logisch

de vraag voorleggen, hoe het mogelijk is dat een lichaam met eene hoogere temperatuur dan de omgeving en hetwelk die eigenschap te danken heeft aan eene meerdere hoeveelheid warmtestof, de middenstof in trillende beweging kan brengen en dat die trillingen, komende op andere voorwerpen, de temperatuur er van kunnen verhoogen, dus de hoeveelheid warmtestof in die lichamen vermeerderen.

Maar in plaats van pogingen te doen hier heldere inzichten te geven, vergenoegde men zich met op te merken, dat de warmtestof even als lucht, verschijnselen van tweeërlei aard kan aanbieden, die namelijk waarbij, zooals bij de drukking der lucht, de hoeveelheid de hoofdrol speelt en ten tweede die, welke, zooals de geluids-verschijnselen, aan trillingen hun ontstaan te danken hebben.

Hoewel het duidelijk is, hoe door eene enkele opmerking de bewegings-theorie nu reeds gezegevierd zou hebben, werd deze niet gemaakt, maar stelde men zich de vraag, of naast den lichtether nog eene afzonderlijke stof aangenomen moest worden, door wier trilling de warmtestraling plaats vindt, waarschijnlijk in de vage hoop langs dien weg het bestaan eener warmtestof te bewijzen.

En terwijl de andere onderdeelen der warmteleer zich weinig uitbreidden, maakte de kennis der stralende warmte zulke vorderingen, dat het der moeite waard is hierbij even stil te staan.

---



MELLONI, de ijverige Italiaansche natuuronderzoeker, deelde aan de Fransche academie in 1835 proeven mede, waardoor hij meende het bestaan van licht zonder warmte te hebben aangetoond, daar geene warmte gevonden werd in lichtstralen, die door een met koperoxyd groen gekleurd glas gegaan waren, niet-tegenstaande de stralen door eene lens zoo geconcentreerd waren, dat ze in glans het zonlicht evenaarden en anderdeels werd in de donkere absorptiebanden van het spectrum van zonlicht, dat door een bepaald gekleurd glas gegaan was, warmte aangetoond.

De lichtwerking scheen dus duidelijk afgescheiden van de warmte en voegt men bij deze proeven nog de waarneming dat lichtstralen scheikundige werkingen kunnen uitoefenen, terwijl dit van donkere warmtestralen nog niet bekend was, dan is het begrijpelijk dat MELLONI beweerde dat de licht- en warmtestralen aan twee essentieel verschillende wijzen van zijn van den ether toegeschreven moesten worden, dat CAUCHY de meening uitsprak dat de lichtstralen door transversale, de warmtestralen door longitudinale trillingen van een zelfden ether werden voortgeplant, zoodat het licht zich voort kon planten zonder van warmte vergezeld te zijn.

Evenzeer mag de onderstelling van twee afzonderlijke stoffen gewettigd genoemd worden, waardoor het voordeel ontstond dat de lichtverschijnselen zich ongedwongen uit eene fraaie, consequent doorgevoerde theorie lieten afleiden, terwijl juist het streven verband te zoeken met de warmteverschijnselen de verwarring met zich bracht; en waarom zou men niet naast den lichtether, de beide electriche, de twee magnetische vloe-

stoffen geen warmtestof aannemen? „Inderdaad,” hooren we in 1840 een verdienstelijk natuurkundige uitroepen, „de natuur is niet zoo arm in hare voortbrengselen als zoo vele physici haar gaarne willen maken.” Zeker een merkwaardig contrast met FRESNEL's woorden: „de natuur heeft zich niet bekommerd om mathematische moeilijkheden; zij heeft slechts de samengesteldheid der hulpmiddelen vermeden; zij schijnt zich te hebben voorgesteld veel te doen met weinig.”

Maar al had men door de laatst besproken onderstelling de verklaring der lichtverschijnselen in veilige haven gebracht, toch bleef men met het aannemen van het bestaan van den warmte-ether op menige vraag het antwoord schuldig, vooral waar het gold zich rekenschap te geven van de verwarmende werking der lichtstralen b. v. van het zonlicht.

Als een staaltje van de verschillende wijzen waarop men aan deze bezwaren tegemoet trachtte te komen, moge de volgende onderstelling, die veel ingang vond, vermeld worden: Even als aan ieder lichaam is ook de warmtestof aan de aarde door aantrekking verbonden, zoodat ze zich slechts tot zekere hoogte boven haar oppervlak verheffen kan. Het zonlicht ontbindt de warmte en verwijderd zich ten gevolge zijner snelheid, de warmte op sommige plaatsen sterk opgehoopt achterlatende; men sprak dan ook van eene dagelijksche en jaarlijksche ebbe en vloed van de warmtestof.

Gezondere denkbeelden had b. v. BIOT, de aanhanger der emissietheorie voor het licht, die merkwaardigerwijze de scheikundige, warmte- en lichtwerkingen als uitingen derzelfde

zaak beschouwde; zoo zendt de zon eene vereeniging van stralen van verschillende breekbaarheid uit en even als deze in die eene eigenschap van elkaar verschillen, oefenen zij, volgens BIOT, ook een onderscheiden indruk op onze zintuigen, op thermometer, op zilverzouten uit, zoodat alleen stralen eener bepaalde breekbaarheid ons oog aandoen, terwijl de warmte- en scheikundige werking over alle deelen van het spectrum verspreid op verschillende wijze van de breekbaarheid afhangen: de scheikundige werking neemt van het rood naar het violet toe, bereikt in het ultraviolet haar maximum; het omgekeerde is waar voor de warmtewerking.

Ondertusschen was MELLONI onvermoeid doorgegaan met zijne onderzoekingen en slaagde in 1842 er in, na zijne meetwerktuigen nog meer verbeterd te hebben, ook warmtewerking der ultraviolette stralen en van die, welke door het groen gekleurde glas doorgelaten waren, aan te toonen; nu was er voor hem geen reden meer het groote verschil vol te houden tusschen warmte- en lichtstralen en spreekt hij het duidelijk uit, dat stralende warmte en licht door trillingen eener zelfde middenstof worden voortgeplant, dat alle ethertrillingen warmte kunnen doen ontstaan, dat licht- en scheikundige werkingen meer bijkomende eigenschappen zijn, de eene afhankelijk van den aard van ons netvlies, de andere van die der zilverzouten.

Al deed MELLONI dus een goeden stap vooruit, voor den talentvollen Amerikaanschen geleerde, J. W. DRAPER, was het weggelegd dieper door te dringen in de eigenschappen van het spectrum en der stralende energie.



Tal van redeneeringen over de warmteverdeeling in het spectrum zouden overbodig geweest zijn, had men acht geslagen op de woorden door DRAPER in 1844 uitgesproken: „Er is een inherent gebrek in het prismatisch spectrum, een gebrek voortkomende uit de oorzaak zelve die het doet ontstaan: ongelijke breekbaarheid. Vergelijkt men 2 groepen van stralen, eene in het rood, de andere in het violet, dan is een gevolg der grootere breekbaarheid der violette stralen dat ze meer uit elkaar gespreid zijn dan de roode. Het gevolg van deze vermeerderde scheiding in de meer breekbare deelen is hun eene schijnbare uiteenspreiding te geven, terwijl de minder breekbare opeengedrongen zijn.”

Daar men met thermozuil of thermometer de warmte van gelijke oppervlakten in het spectrum vergelijkt, kan de warmteverdeeling zooals het spectrum die ons leert, niet als de ware beschouwd worden.

Reeds vroeger had DRAPER aangetoond, hoe verkeerd de benaming van chemische stralen is voor de meer breekbare, daar hij bewees dat de werking waardoor in de groene plantendeelen het koolzuur ontleed wordt, voornamelijk aan de gele en groene stralen verschuldigd is, aan stralen die door eene oplossing van bichroomzure kali gegaan zijn, terwijl degene, die door zwavelzuur koperammoniak doorgelaten werden, dus juist de meer breekbare, zonder werking waren. „De lichtstralen hebben dus even veel recht op den naam van chemisch werkende stralen als die, welke dien naam dragen,” was DRAPER's uitspraak reeds in 1843; ja zelfs twee jaren vroeger schreef hij

die chemische werking aan absorptie der stralen toe door de ontleedbare lichamen, even als de vermeerdering van temperatuur door absorptie der warmtestralen wordt voortgebracht; verder leerde hij dat het van de scheikundige natuur van het lichaam afhangt welke stralen geabsorbeerd zullen worden, terwijl de hoeveelheid door de optische eigenschappen bepaald wordt, daar het aantal der teruggekaatste complementair is aan dat der geabsorbeerde. In uitvoerige verhandelingen werden de proeven beschreven die tot deze stellingen geleid hadden; zoo werd met den door DRAPER uitgevonden photometer, uit een mengsel van chloorgas en waterstof bestaande, de eerstgenoemde stelling aangetoond, dat alleen de geabsorbeerde stralen de werkzame waren, dat chloor als het gekleurde gas sommige stralen tegen kon houden, zoodat de photometer in dit gas geplaatst, voor het licht ongevoelig bleef.

Werkelijk kan het dus voor niet te vroeg gerekend worden, dat hem in 1875 de Rumfordmedaille door de Amerikaansche akademie van kunsten en wetenschappen werd overhandigd wegens zijne onderzoekingen omtrent warmte en licht.

Uit het groote tijdsverloop van dertig jaren tusschen het publiceeren zijner onderzoekingen en de erkenning zijner verdiensten, kan men opmaken hoe weinig opgemerkt zijn werk werd; het stond te hoog voor de meeste zijner tijdgenooten, en het feit, dat in talrijke boeken over natuurkunde nog heden ten dage voorstellingen voorkomen in strijd met DRAPER'S opvatting, is wel het beste bewijs van de moeilijkheid, het subjectieve onzer waarnemingen te scheiden van het objectieve,

te erkennen dat onze waarnemingen een produkt zijn waarvan een der factoren onze organisatie, onze bewerktuiging is; zich te overtuigen van de eenvoudige waarheid, dat iedere eigenschap eene betrekking aanwijst tusschen minstens twee grootheden, dat dus verandering van de eene de eigenschap reeds kan doen veranderen; zoo kan het zijn dat het opwekken van warmte, van licht, van scheikundige ontledingen eigenschappen zijn eener zelfde zaak: het arbeidsvermogen der ethertrillingen, naar gelang de andere grootheid is gevoelszenuw, gezichts-zenuw of ontleedbare stof.

De meening, dat beantwoordende aan iedere verschillende gewaarwording, ook iets verschillends buiten ons bestaan moet, vormde als het ware een onoverkomelijken muur, waartegen alle pogingen, de ware betrekking tusschen licht en stralende warmte algemeenen ingang te doen vinden, afstieten.

---

Keeren we na deze uitwijding terug tot den strijd tusschen de beide zienswijzen omtrent het wezen der warmte! Wij zagen dat het vreemd genoemd moest worden, dat met het aannemen der undulatie-theorie ook voor de stralende warmte de stoftheorie nog stand kon houden, dat men niet terstond met AMPÈRE uit het warmer worden van een lichaam, aan de zonnestralen blootgesteld, de gevolgtrekking afleidde, dat ook de warmte in de lichamen uit eene trillende beweging bestaat; nog vreemder is het, dat DRAPER's opvatting, volgens welke



geene warmte noch scheikundige ontleding plaats kan vinden zonder absorptie der stralen, vereenigd met de undulatie-theorie, de juiste hypothese omtrent het wezen der warmte niet ten gevolge had. Mogelijk dat men er voor huiverde het geheele gebouw der wetenschap omver te halen, zoolang de nieuwere zienswijze niet op alle vragen een bevredigend antwoord kon geven en geen absoluut bewijs van de onjuistheid der stoftheorie geleverd was.

Hare aanhangers maakten tal van onderstellingen, alle wel in staat enkele, maar geene enkele om alle verschijnselen te verklaren, trachtten op alle mogelijke wijzen den strijd te winnen, maar konden hunne theorie niet verdedigen tegen de herhaalde aanvallen op hare zwakke zijde — verklaring geven van het verband tusschen arbeid en warmte, tusschen licht, scheikundige werking en warmtewerking —, op die punten dus, waarheen juist de drang naar eenheid in de natuurverschijnselen den menschelijken geest richt.

De proeven van RUMFORD en DAVY waren nog niet in staat geweest de aanhangers der stoftheorie van de onvoldoendheid hunner meening te overtuigen; van groot belang was het dus proeven te kennen, waarbij arbeid verricht werd en warmte ontstond zonder wrijving, zonder aanraking van lichamen van verschillende temperatuur. Eene dergelijke proef heeft in 1843 JOULE bekend gemaakt: tusschen de polen van een sterken magneet werd een stuk week ijzer, door een geïsoleerden koperdraad omwonden, rondgedraaid; de uiteinden van dit ijzer werden beurtelings noord- en zuid-magnetisch, zoodat in den

koperdraad inductiestroomen werden opgewekt, die er warmte in deden ontstaan. Toen JOULE den arbeid, voor het ronddraaien noodig, bepaalde en de ontstane warmte, werd bevonden dat om 1 kilo water  $1^{\circ}$  te verwarmen 460 arbeidseenheden vereischt werden.

Eene andere wijze hetzelfde doel te bereiken vermeldt HELMHOLTZ in zijne beroemde verhandeling: „Ueber die Erhaltung der Kraft” in 1847: wanneer men eene leidsche flesch laadt door middel van een electrofoor, dan is aan de eene zijde arbeid noodig om de aantrekking der ongelijknamig geëlectriseerde lichamen, harskoek en dekplaat, te overwinnen, aan de andere zijde levert het ontladen der leidsche flesch warmte.

Deze beide proeven hebben dit eigenaardige, dat ze tot in het onbepaalde kunnen worden voortgezet, dat de hoeveelheid warmte dus ook tot in het onbepaalde kan vermeerderd worden en daarmee is voor altijd de warmtestof-theorie gevallen, die toch het kenmerkende van het stofbegrip — de standvastige hoeveelheid — niet op kan offeren zonder zich zelve te vernissen.

Zeker zou men reeds vroeger tot dit resultaat gekomen zijn, had men de methode door CARNOT gevonden en in 1824 bekend gemaakt, toegepast; maar het voornaamste van diens werk scheen onbegrepen en vergeten te zijn tot THOMSON, eerst in 1848, de aandacht vestigde op CARNOT's redeneering. Volgens dezen mag men toch bij het nagaan der betrekking tusschen warmte en arbeid eerst dan een besluit trekken als de lichamen, die eene verandering hebben ondergaan, teruggebracht zijn tot

den toestand waarin ze voor die verandering waren. Had RUMFORD het afgeschaafde metaal gesmolten en het laten afkoelen tot de temperatuur van den metalen cilinder, waaruit het geboord was, dan had ook hij een volledigen kringloop van bewerkingen gehad, die na afloop weder van voren af aan doorloopen had kunnen worden.

Evenzoo zou DAVY een onomstootelijk bewijs tegen de warmtestof-theorie geleverd hebben, als hij, in plaats van den nadruk te leggen op de grootere warmte-capaciteit van het ontstane water, dit door onttrekken van warmte in ijs veranderd had; dit ijs zou dan weder door den arbeid bij het wrijven in water veranderd en eene nieuwe warmtehoeveelheid hieruit te verkrijgen zijn.

JOULE was niet blijven staan bij zijne eerste proeven; duidelijk het belang inziende te onderzoeken of altijd dezelfde hoeveelheid arbeid verricht moet worden ter verkrijging eener zelfde hoeveelheid warmte, langs welken weg ook de overgang plaats vindt, deed een zuiger met een groot aantal nauwe openingen in een met water gevulden cilinder op en neer gaan, zoodat, daar het water door de openingen heen moest gaan, de zuiger een grooten weerstand ondervond; de arbeid noodig voor de beweging en de ontstane warmte werden gemeten, waaruit bleek dat de arbeidshoeveelheid ter verkrijging van ééne calorie niet zeer afweek van die uit de eerste proeven afgeleid.

Hetzelfde resultaat werd verkregen uit de proeven drie jaar later, in 1845, bekend gemaakt, waarbij de verwarming bepaald



werd bij het samenpersen en de afkoeling bij het uitzetten der lucht.

Voor JOULE was er dus geen twijfel, of de hoeveelheid arbeidsvermogen, ook dan wanneer warmtewerkingen optreden, blijft standvastig; zijne onderzoekingen waren dus een machtige steun voor de denkbeelden van HELMHOLTZ, die den arbeid van honderden, het werk der corypheeën der wetenschap, samenvatte in deze uitspraak: alle verschijnselen zijn overgangen van den eenen vorm van arbeidsvermogen in den anderen, zoodat de hoeveelheid arbeidsvermogen constant is.

En in het bezit dezer gedachte wees HELMHOLTZ de gevolgen er van aan op allerlei gebied en de veertig jaren, sedert het verschijnen van zijn werk verlopen, hebben de waarheid er van slechts kunnen bevestigen, hebben doen inzien dat de stelling van het behoud van arbeidsvermogen eensdeels het middel is de meest uiteenlopende verschijnselen op de eenvoudigste wijze te beschrijven, anderdeels den stoot gegeven heeft tot nieuwe onderzoekingen.

Gaan we dus te rade met de feiten der historie en houden we ons niet op met nuttelooze prioriteitsvragen, dan is het ontegenzeggelijk dat aan de experimenteele onderzoekingen van JOULE en het grootsche idée in HELMHOLTZ's werk neergelegd de ongekende ontwikkeling op dit deel der natuurkunde te danken is. Hun werk viel als zaad op een goeden akker, voorbereid door den arbeid van velen; later toch, toen door CLAUSIUS en THOMSON de mechanische warmtetheorie zich krachtig ontwikkelde, vond men in tal van boeken en tijdschriften

de denkbeelden van YOUNG, MOHR, SÉQUIN, MAYER, COLDING, die de een meer, de ander minder, duidelijk reeds bewezen in het bezit geweest te zijn van de nieuwe denkbeelden.

En welk eene omwenteling heeft JOULE nog in een ander opzicht op experimenteel gebied volbracht; wanneer we hooren hoe er in de Royal Society mannen waren, die beweerden JOULE niet te gelooven, wyl hij niets dan honderdste deelen van een graad aanvoerde om zijne stelling te bewijzen, dan zien we hoe, met de erkenning van zijn werk, de astronomische nauwkeurigheid ook op deze afdeeling van het physisch gebied is overgebracht. En sedert heeft de natuurkunde ter schoole gegaan bij hare oudere zuster, de astronomie, heeft van haar geleerd de bijna moederlijke behandeling der fijne werktuigen, van haar overgenomen de stelling, de deugden en gebreken, ja het karakter dier instrumenten te leeren kennen, om ze eerst dan te gebruiken tot het volbrengen der reeksen van waarnemingen in oordeelkundige volgorde, ten einde langs onbetwifelbaren weg het antwoord te verkrijgen op de gestelde vragen.

Rijk is de oogst geweest op deze wijze verkregen; op geen onderdeel der natuurkunde is vooruitgang achterwege gebleven, als om een sprekend bewijs te geven van de onjuistheden van de woorden van FAUST:

„Wass die Natur deinem Geiste nicht offenbaren mag  
Dass zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.”

Want zijn het niet de waarnemingen en feiten die den geest tot juistere inzichten in de natuur leiden?

Leerde ons de zooeven geschetste ontwikkeling der warmte-theorie niet, hoe bij de belangrijkste vraagpunten het resultaat van nauwkeurige metingen de beslissing aanbracht, hoe het quantitatief onderzoek veroorloofde dieper door te dringen in de huishouding der natuur; maar toonde ze ook tevens niet aan, hoe wij aan de meer waarnemende of wil men kwalitatieve methode veel te danken hebben, daar deze ons geheel onbekende werkingen leert kennen?

---

Het ligt in den aard der zaak dat de waarnemende methode vroeger de eenige was, zoodat de metende richting, als de jongere, haar goed recht eerst moest bewijzen, maar tengevolge harer groote overwinningen is men er wel eenigszins toe geneigd, hare waarde ten koste der waarnemende methode te overschatten. En toch zijn beide onmisbaar, en ondoenlijk is het te zeggen wie het meeste bijdraagt tot het vermeerderen onzer natuurkennis. Haar beider karakter wordt zeer goed weergegeven door DU BOIS REYMOND, die den metenden natuurkundige met een vorst vergelijkt, die het hem toevertrouwde land zorgvuldig beheert, en den kwalitatieven experimentator met een zeekoning, die over onbekende zeeën varende nieuwe eilanden, misschien wel werelddeelen ontdekt.

Vergunt me dat karakter door een paar voorbeelden toe te lichten. Vóór 1831 waren van den invloed van electrische stroomen op andere lichamen dan magneten slechts een paar gevallen bekend; o. a. de afstooting die een koperen ring,



aan een cocondraad dicht bij eene vlakke spiraal opgehangen, ondervindt op het oogenblik dat een electrische stroom door de spiraal gaat. Aan FARADAY kwam het onwaarschijnlijk voor, dat, terwijl alle lichamen aan electrostatische inductie onderworpen waren, zulk eene geringe werking de eenige zijn zou, die de electriciteit in beweging uitoefende; verder scheen het hem zeer buitengewoon, wat ook van AMPÈRE's theorie omtrent het magnetisme aannemende, dat in het magnetisch veld, waarvan ieder electrische stroom vergezeld is, goede geleiders geenerlei invloed zouden ondervinden.

Deze beschouwingen waren de aanleiding tot het nemen der gedenkwaardige proeven, waardoor FARADAY het bestaan der inductiestroomen aantoonde en de eerste magneto-electrische machine construeerde, waarmee hij den grond legde tot die geweldige bron voor electrische stroomen, waarover we tegenwoordig te beschikken hebben.

Het was dus FARADAY's neiging, een feit niet op zich zelf te beschouwen maar van verschillende zijden te bezien, in al zijn consequentiën te vervolgen en zijne betrekking tot andere verschijnselen na te gaan, die hem tot zijne schoone ontdekkingen geleid heeft. Dat zelfde streven deed hem onderzoeken of geen verband bestaat tusschen licht en magnetisme en na tallooze pogingen slaagde FARADAY er in de draaiing van het polarisatievlak te ontdekken door lichamen die in een magnetisch veld geplaatst zijn.

En ieder die, al is het in mindere mate, met FARADAY's eigenschappen is toegerust, zal zijn denken en werken bekroond

zien door het vinden van nieuwe verschijnselen, waardoor de wetenschap verrijkt wordt.

Aan die ontdekkende methode heeft de techniek voor een goed deel haren grooten vooruitgang te danken; maar dankbaar voor de haar bewezen diensten maakt ze den natuurkundige het werken gemakkelijk, verschaft hem de middelen om met geringe inspanning en opoffering onderzoekingen te doen, die vroeger slechts uiterst bezwaarlijk verricht konden worden.

Wie denkt niet aan de massieve dempers van galvanoplastisch neergeslagen koper voor de galvanometers; aan de groote ijzeren kruiken met vloeibaar koolzuur gevuld om lage temperaturen te verkrijgen of den eersten stap te doen voor het vloeibaar maken van gassen; aan de Gramme-machine door gasmotor of stoommachine gedreven om nu eens electrisch licht dan weer een krachtig magnetisch veld te leveren!

Zijn door de kwalitatieve methode nieuwe verschijnselen gevonden, zoo is het de taak der metende natuurkunde de juiste betrekking tusschen de grootheden in die verschijnselen na te gaan; de bepaling van het mechanisch equivalent der warmte-eenheid was ons reeds een voorbeeld; een ander leveren die onderzoekingen, waardoor ons de physische constanten der verschillende stoffen bekend worden. Hier kan voorzeker geen beter voorbeeld gekozen worden dan de bepaling van de samen-drukbaarheidscoëfficiënt van water en het daarmee verbonden onderzoek naar de bruikbaarheid van den piëzometer door mijn voorganger, den te vroeg aan de wetenschap ontrukten MEES, gedaan. Wanneer men bedenkt dat het volume van water

door eene drukvermeerdering van 1 atmosfeer nog geen twintig duizendste deel vermindert, dat het water opgesloten moet worden in een vat, dat door die drukvermeerdering een grooter volume inneemt, dit echter, ten gevolge der elastische naverking, niet oogenblikkelijk, maar eerst na een kwartier, soms na  $\frac{1}{2}$  uur bereikt, gedurende welken tijd gezorgd moet worden, dat de temperatuur niet verandert, dan is het duidelijk dat slechts door uiterste zorg en groote nauwkeurigheid een resultaat verkregen kon worden dat de proeven van REGNAULT, GRASSI en JAMIN overtreft.

Eene derde taak, die aan de metende natuurkunde toekomt, is het onderzoek naar de geldigheid eener gestelde hypothese. Zoo kon, om uit de talloze voorbeelden slechts een te kiezen, de onderstelling van CLAUSIUS, dat het Thomson'sche effect op te vatten is als een bijzonder geval van het Peltier'sche, daar de ongelijk verwarmde deelen van hetzelfde metaal ten gevolge van de ontstane structuurswijzigingen zich als verschillende metalen zouden gedragen, slechts getoetst worden door meting; toen het bleek dat in het vloeibare kwikzilver het bedrag van de zelfde orde was als in vaste lichamen (de helft van het bedrag in platina) kon de hypothese van CLAUSIUS niet meer aangenomen worden; evenmin bevestigden de metingen van het Thomson'sche effect bij verschillende temperaturen de onderstelling van TAIT, dat het evenredig zou zijn met de absolute temperatuur.

Hebben wij uit de geschiedenis het bestaan der beide rich-



tingen afgeleid, nog iets anders is uit haar te leeren, waarover ten slotte eene enkele opmerking:

Voorzeker heeft de hardnekkigheid eener ingewortelde hypothese, de groote moeite haar uit te roeien en door eene betere te vervangen hare goede zijde; is ze toch eenmaal bezweken, dan is ze gevallen om nimmer meer op te staan; maar het feit, dat men zoo vast van de waarheid er van overtuigd was, doet ons de hand in eigen boezem steken en de vraag stellen, of ook onze inzichten eenmaal het lot zullen deelen der warmtestof-theorie.

Laat ons daarom scherpe kritiek uitoefenen op onze hypothesen en theoriën, laat ons niet trachten hare tekortkomingen en feilen te bementen, maar liever haar bestaan erkennen, ten einde onbevooroordeeld door waarnemingen en metingen de waarheid te kunnen ontsluiëren.

#### MIJNE HEEREN CURATOREN!

Vergunt mij U dank te zeggen voor het vertrouwen in mij gesteld, toen gij mij voorgedragen hebt tot het hoogleeraarsambt aan deze universiteit, ter vervanging van den man, die een harer sieraden was, wiens wetenschappelijke zin aan dege-lijkheid gepaard, zoowel op theoretisch als experimenteel gebied, hem een naam hebben doen verwerven in de wetenschappelijke wereld.

Zwaar is derhalve de mij opgedragen taak; houdt U overtuigd, dat het mijn streven zijn zal door algeheele toewijding, door

inspanning van alle krachten, door ijver en volharding mijn ambt waardiglijk te bekleeden.

Wilt mijne taak verlichten door Uwen steun te verleen, wanneer ik dien, gedreven door het welzijn der Universiteit en het belang der wetenschap, inroep, om de aan mijn zorg toevertrouwde inrichting gelijken tred te doen blijven houden met de vooruitstrevende wetenschap.

#### MIJNE HEEREN PROFESSOREN!

De schoone roeping, die ik, in gemeenschap met U, te vervullen heb, geeft mij den moed U te naderen om U te vragen mij in Uwen kring op te nemen, mij te steunen met Uw raad, bij te staan met Uwe rijpere ervaring, opdat het mij eenmaal moge gelukken eenigszins de plaats in te nemen van den door U allen betreurden MEES, die door hechte vriendschapsbanden aan velen Uwer verbonden was.

Hebt dank voor de welwillendheid, waarmee Gij mij, bij de meesten Uwer een onbekende, ontvangen hebt; ik zal er naar streven mij die waardig te toonen.

Inzonderheid u, hooggeleerden MODDERMAN, mijn vroegeren leermeester en u, hooggeleerden F. DE BOER, zeg ik dank voor de vriendschappelijke gevoelens, waarmee gij mij zijt tegemoet gekomen. De natuurkunde is zoo nauw aan scheikunde en wiskunde verwant, dat uwe voorkomendheid mij op een vruchtdragend samenwerken doet hopen.

---

Vele woorden verlangt gij niet, mijn Vader, maar ik kan niet nalaten te betuigen, dat een gevoel van innige dankbaarheid mijne borst doortintelt, nu gij de kroon gezet ziet op uwe opvoeding, op uw streven den zin voor het ideale in uwe kinderen aan te kweeken.

#### STUDENTEN DEZER UNIVERSITEIT !

Uit een blik op de geschiedenis hebt gij kunnen opmerken, hoe, bouwende op de verkregen kennis van het eene geslacht, het volgende verder voorwaarts dringt. Houdt dien schat van kennis in eere door hem te vermeerderen. Wat de natuurkunde betreft, kan dit slechts geschieden door op te klimmen tot de bron zelve, door het verrichten van onderzoekingen. Voor een zeer belangrijk deel van mijne taak acht ik het U daarbij ter zijde te staan; op mijne volkomen bereidwilligheid kunt gij staat maken. Schenkt mij uwe medewerking, opdat ons samenzijn moge strekken tot bloei der Groningsche Universiteit.

---



---

Gedrukt bij Gebroeders Hoitsema te Groningen.

C 6361.







