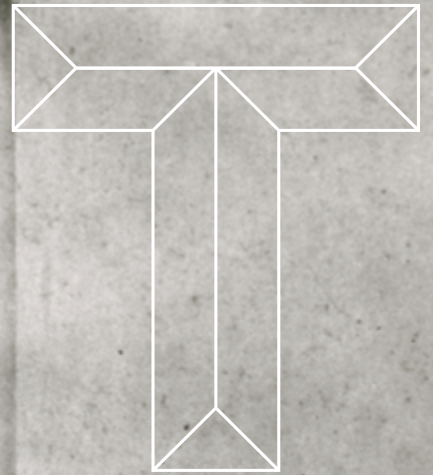
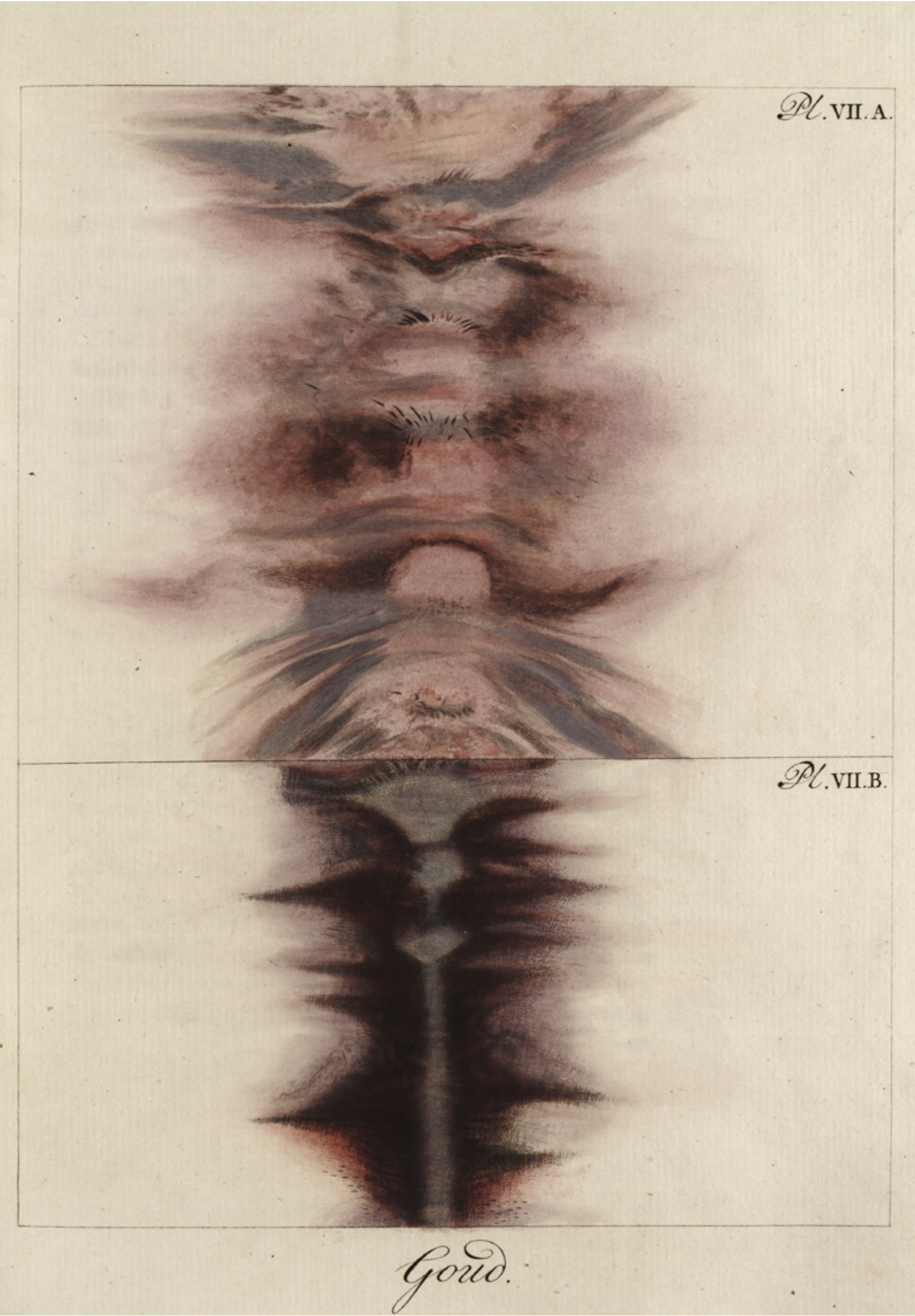


TEYLER

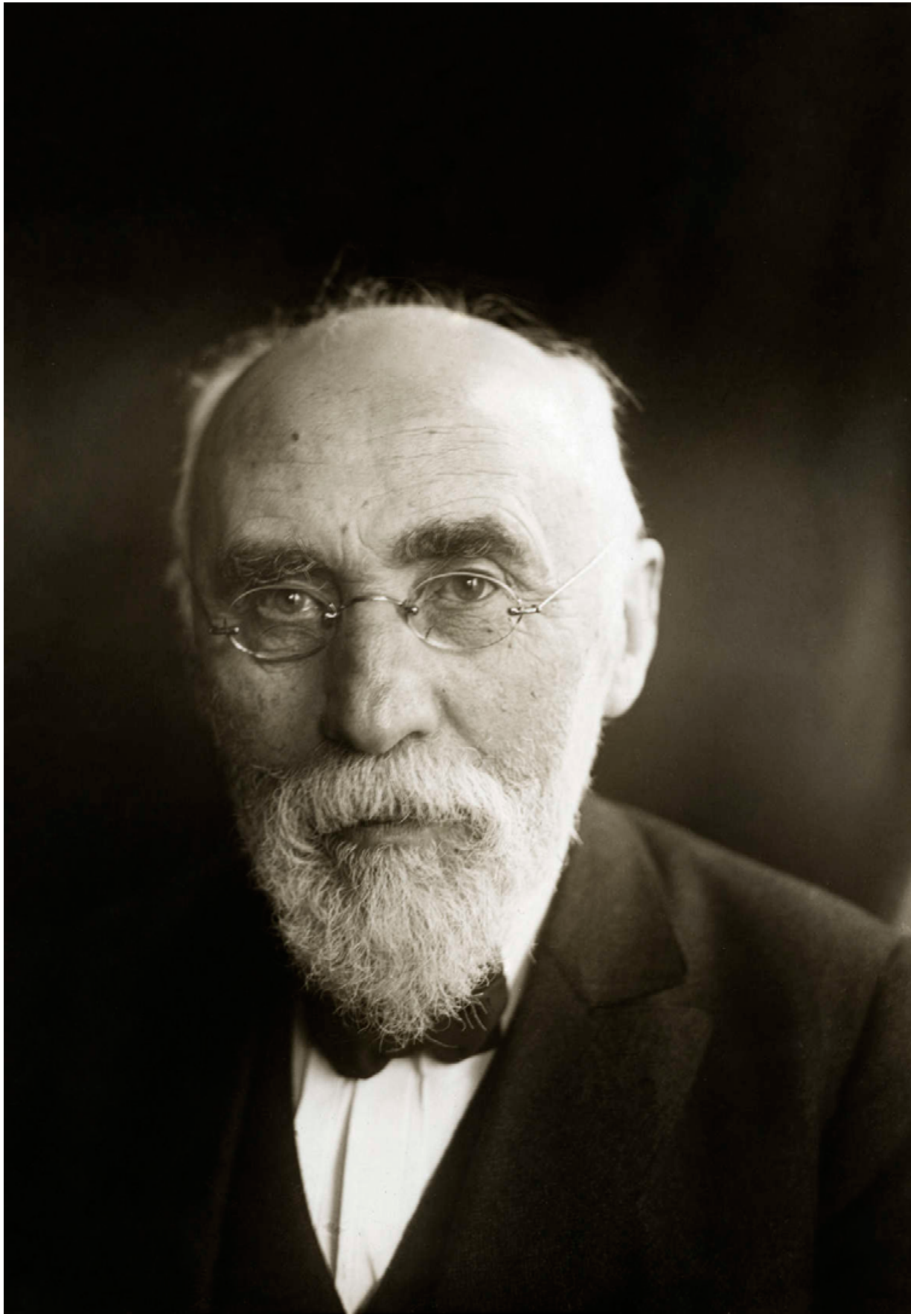


ACHTERGRONDINFORMATIE
BIJ HET LORENTZ LAB



Inhoud

HENDRIK ANTOON LORENTZ EN TEYLER'S LABORATORIUM	P.5
DE INSTRUMENTEN IN HET LORENTZ LAB	P.17
ZUIL VAN VOLTA (CA. 1800)	P.17
DE PROEF VAN ØRSTED EN DE SINUSGALVANOMETER (CA. 1820)	P.17
DE PROEF VAN AMPÈRE (1825)	P.18
DE RING VAN FARADAY (1830)	P.18
DE SPIRAAL VAN RIESS (1857)	P.19
DE ELEKTROMOTOR VAN RITCHIE (1833)	P.19
DE DYNAMO VAN CLARKE (1834)	P.20
DE AURORABUIS VAN DE LA RIVE (1858)	P.21
HET RAD VAN BARLOW (1856)	P.21
DE RUHMKORFFKLOS (1880)	P.22
DE ELEKTRISEERMACHINE VAN HOLTZ (1865)	P.22
DE ELEKTROFOOR (1769)	P.23
DE WETENSCHAPPERS ACHTER DE EXPERIMENTEN	P.25
TIJDLIJN VAN ONTDEKKINGEN	P.35



1. Hendrik Antoon Lorentz en Teylers Laboratorium

SCHOOL, STUDIE, PROMOTIE EN HOOGLERAARSHIP

Hendrik Antoon Lorentz wordt op 18 juni 1853 geboren in Arnhem. Als hij dertien is, gaat hij naar de derde klas van de gloednieuwe HBS in Arnhem. Het is het eerste jaar dat dit schooltype bestaat en het blijkt voor Lorentz een zegen. De HBS wordt een belangrijke kweekvijver voor getalenteerde jongens en meisjes, die vaak niet de juiste komaf hebben om naar het gymnasium te gaan. Lorentz komt op de HBS voor het eerst in aanraking met de experimentele natuurkunde. Bij wijze van proef moet hij met een windmeter in zijn hand door een concertzaal lopen, om vervolgens een formule af te leiden over de snelheid waarmee hij liep en de waarden die op de meter zijn af te lezen. In 1869 doet hij een foutloos eindexamen. Het is zo goed zelfs, dat het als correctie-model wordt gebruikt. Niet alleen in de exacte vakken blinkt hij uit, ook heeft hij een jaloersmakende aanleg voor vreemde talen. Hij kan ogenschijnlijk zonder er bij na te hoeven denken, schakelen tussen Engels, Duits en Frans. Na de examens gaat Lorentz wis- en natuurkunde studeren in Leiden. Lorentz blijkt een briljant student. Al in 1871, achttien jaar oud, slaagt hij summa cum laude voor zijn kandidaatsexamen. Kort daarna keert hij terug naar Arnhem om zich te kunnen concentreren op de voorbereidingen voor zijn doctoraalexamen en zijn promotie.

In 1873 slaagt hij daarvoor, ook summa cum laude, en twee jaar later rondt hij zijn proefschrift *Over de theorie der terugkaatsing en breking van het licht* af. Het is een uitzonderlijk goed proefschrift, waarin hij aantoonde dat de nieuwe elektriciteitsleer van James Clerk Maxwell de terugkaatsing en breking van licht veel beter verklaart dan de oude golftheorie van Augustin Jean Fresnel. Hiermee combineert Lorentz de elektriciteitsleer met de optica. Het synthetiseren – samenbrengen en in elkaar schuiven – van natuurkundige theorieën wordt typerend voor zijn manier van werken en zijn wetenschappelijke carrière. In de tijd van zijn promotie wordt een nieuwe wet voor het Hoger Onderwijs geïntroduceerd en krijgt Leiden een tweede leerstoel in de natuurkunde, speciaal voor de mathematische fysica. Het is de eerste keer dat er speciaal voor de theoretische natuurkunde een afzonderlijke plek komt. Lorentz wordt aangenomen door de Universiteit Leiden en zo wordt hij de eerste hoogleraar in de theoretische natuurkunde van Nederland. Hij is dan 24 jaar oud. Op 25 januari 1878 spreekt hij zijn oratie uit: *De moleculaire theorieën in de natuurkunde*.

NOBELPRIJS

In Leiden richt Lorentz zich op de elektriciteitstheorie. Hij begint een theorie te ontwikkelen die elektrische verschijnselen kan verklaren middels het idee van een klein geladen deeltje. Dat deeltje noemt hij later 'het elektron'. Hij richt zijn onderzoek vooral op bewegende systemen. Zodoende komt hij tot de belangrijke formule die de kracht aangeeft die op bewegende geladen deeltjes wordt uitgeoefend door een elektromagnetisch veld. Deze kracht staat tegenwoordig bekend als de 'Lorentzkracht'.

In 1902 ontvangt hij samen met zijn Amsterdamse vakgenoot Pieter Zeeman de Nobelprijs in de natuurkunde, die dat jaar pas voor de tweede maal wordt uitgereikt. Eigenlijk was het de bedoeling om de prijs alleen aan Lorentz uit te reiken, maar aangezien de reglementen voorschreven dat het om een 'ontdekking' moest gaan, was dit ingewikkeld. Lorentz had namelijk niet werkelijk iets ontdekt – het elektron bleef bij hem een theoretisch gegeven en was nog niet echt aangetoond. Zeeman had door middel van experimenten wél iets ontdekt, namelijk het Zeeman-effect dat indirect wijst op het bestaan van het elektron. Omdat Lorentz met een aantal publicaties had bijgedragen aan een theoretische verklaring van dit effect besluit het comité om de prijs aan de twee heren samen uit te reiken.

In het eerste decennium van de twintigste eeuw blijft Lorentz zijn elektronentheorie verfijnen en uitbreiden. In 1904 ontwikkelt hij een aantal wiskundige formules die beschrijven hoe bewegende systemen zich ten opzichte van stilstaande systemen verhouden. Deze Lorentztransformaties vormen een jaar later een van de belangrijkste pijlers onder de relativiteitstheorie van Einstein.

TEYLERS MUSEUM

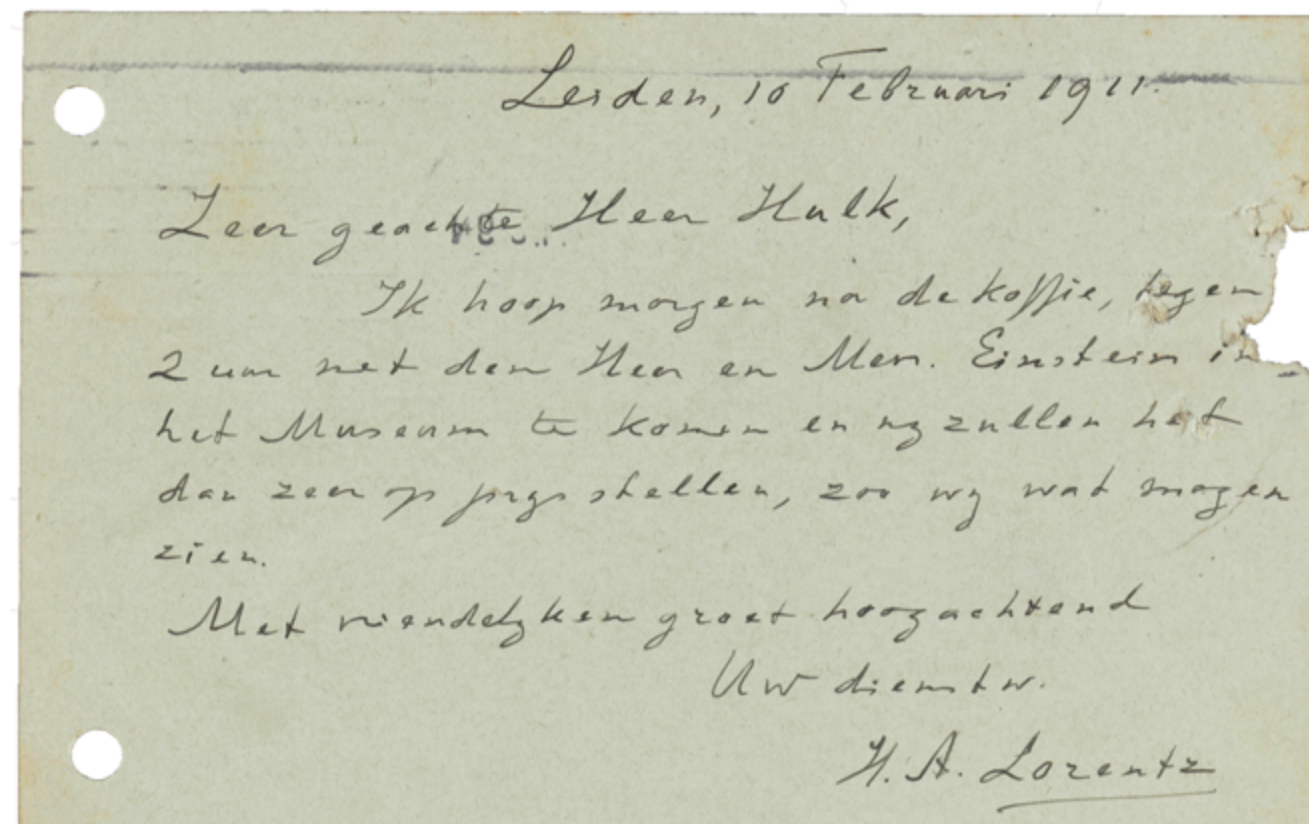
Op 27 juni 1909 overlijdt de conservator van het Fysisch Kabinet van Teylers Museum (de instrumentenverzameling). Directeuren van Teylers Stichting benaderen de dan 56-jarige Lorentz en vragen hem of hij belangstelling heeft voor de baan. Voor Teylers Stichting zou de aanstelling van een beroemdheid als Lorentz een geweldige impuls betekenen. In de achttiende en negentiende eeuw was het natuurkundig laboratorium van Teylers Stichting een bloeiend wetenschappelijk instituut, maar rond de eeuwwisseling verkeert het in 'een diepe slaap'. Lorentz als roerganger kan het laboratorium weer nieuw leven inblazen. In 1909 begint Lorentz bij Teylers te werken, maar blijft hij ook als gewoon hoogleraar aangesteld in Leiden. Zo is er genoeg tijd om naar een Leidse opvolger te zoeken. In 1910 en 1911 verzorgt hij lezingen in de Geheerzaal van Teylers Museum, die vanaf het begin veel bezoekers trekken. Later, als hij in 1912 daadwerkelijk naar Haarlem verhuist, houdt hij, om promovendi te kunnen begeleiden en om zijn pensioen veilig te stellen, een betrekking in Leiden – maar dan als buitengewoon hoogleraar. Hij hoeft dan nog maar één keer per week onderwijs te geven. Het zal vooral de grote vrijheid zijn, die Lorentz deed besluiten om vanuit Leiden naar Haarlem te vertrekken.

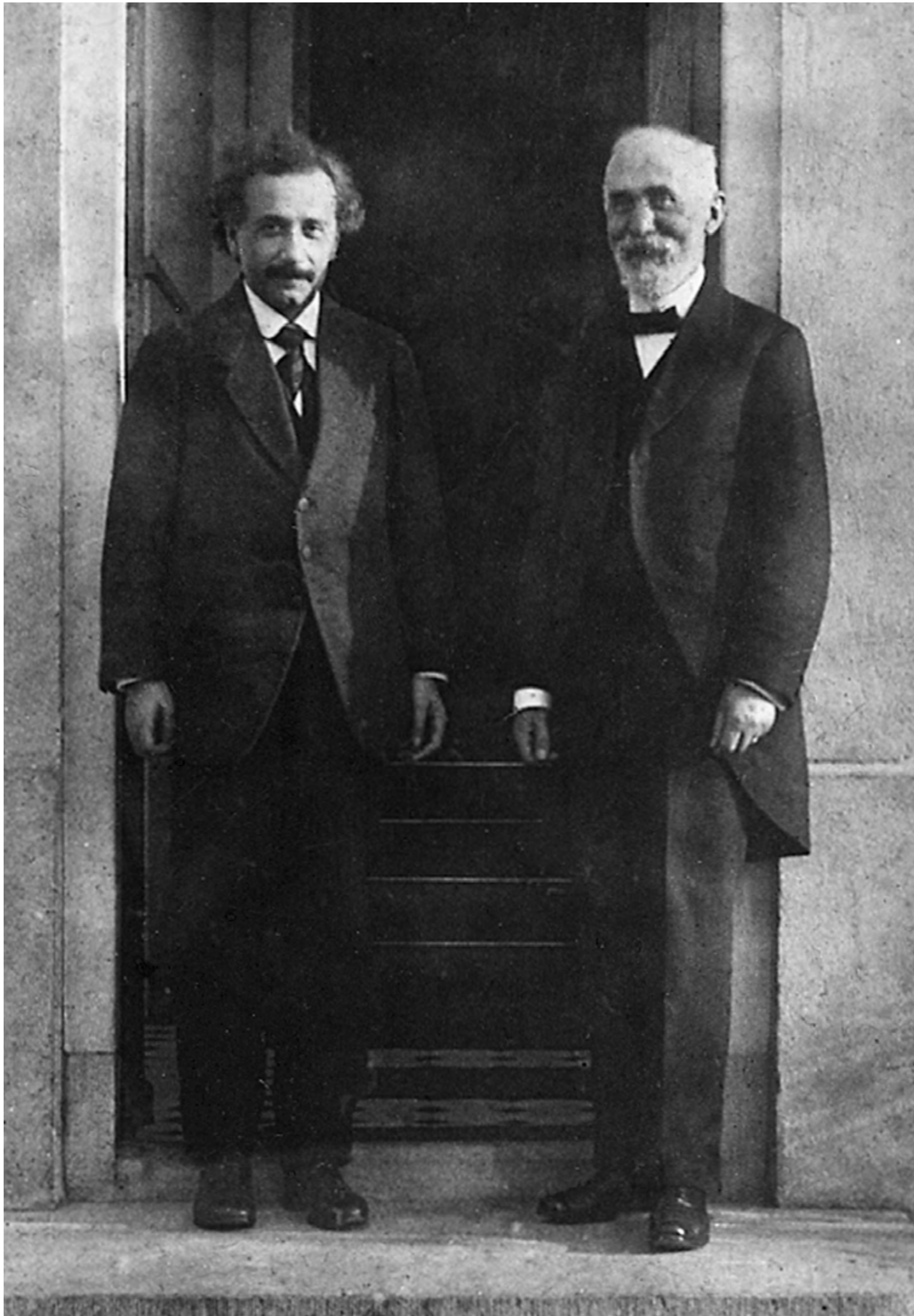
Eindelijk weer tijd voor eigen onderzoek, in een richting naar eigen keuze. De belangrijkste taak die Lorentz voor zichzelf in Haarlem ziet weggelegd, is het leiding geven aan het laboratorium.

ALBERT EINSTEIN

In 1911 ontmoet hij – eindelijk – Albert Einstein voor de eerste keer in levenden lijve. Ze corresponderen al vanaf 1908, over Lorentz' beroemde elektronentheorie en Einsteins speciale relativiteit. Van elkaars werk zijn ze uitstekend op de hoogte. Einstein verafgoodt Lorentz, zij het op afstand. Kort voor het bezoek aan Haarlem schrijft hij aan een vriend: 'Ik bewonder deze man als geen ander, je zou kunnen zeggen dat ik van hem houd.' In de woorden van Einsteins biograaf Abraham Pais is Lorentz 'de enige vaderfiguur in het leven van Einstein'.

Als de 31-jarige Einstein in februari 1911 samen met zijn vrouw in Nederland arriveert, wordt dit gevoel bevestigd. Op vrijdag 10 februari geeft hij, op uitnodiging van een studievereniging, een goedbezochte lezing in Leiden. Einstein is dan al een beroemdheid, en de volgende dag staan in verschillende landelijke kranten uitgebreide samenvattingen van zijn lezing. Op zaterdag 11 februari neemt Lorentz Einstein en zijn vrouw 'na de koffie, tegen 2 uur' mee naar Teylers Museum in Haarlem. Het briefje waarin Lorentz hun komst aankondigt bij conservator John Hulk van de kunstverzameling, is bewaard





gebleven. De conservator laat ze schilderijen en tekeningen uit de collectie zien en het is zeer waarschijnlijk dat Lorentz de buitenlandse gasten ook een rondleiding geeft door zijn nieuwe, eigen, 'uitstekend uitgeruste' laboratorium.

Een paar dagen later schrijft Einstein een brief aan Lorentz, waarin hij zich lyrisch uitlaat over zowel de ervaren gastvrijheid – de Einsteins verbleven bij Lorentz thuis – als de 'wetenschappelijke suggesties' die hij mocht genieten. Hij schrijft: 'Hij straalt zoveel goedheid en mensvriendelijkheid uit, dat tijdens mijn bezoek aan hem niet één keer de pijnlijke overtuiging tot wasdom kon komen, dat mij zo veel goedheid en waardering onterecht ten deel zou vallen.' Later wordt door Paul Ehrenfest de sprankelende dynamiek tussen Lorentz en Einstein treffend geschetst bij een bezoek van Einstein aan de werkkamer van Lorentz: 'De lekkerste makkelijke stoel werd zorgvuldig naast de grote werktafel gezet voor zijn gewaardeerde gast. Hij kreeg een sigaar, en dan begon Lorentz rustig vragen te formuleren aangaande Einsteins theorie over de afbuiging van licht in een zwaartekrachtveld [...] Terwijl Lorentz doorpraatte nam Einstein steeds minder vaak een trekje van zijn sigaar, en met steeds grotere aandacht zat hij in zijn leunstoel te luisteren. Als Lorentz klaar was, boog Einstein zich over het velletje waarop Lorentz wiskundige formules had geschreven. De sigaar was uit en Einstein draaide peinzend een haarlok boven zijn rechteroor om zijn vinger. Lorentz keek glimlachend naar de volkomen in gedachten verzonken Einstein, precies zoals een vader kijkt naar een bijzonder beminde zoon, vol vertrouwen dat zijn jongen de noot zal kraken die hij hem gegeven heeft, maar wel nieuwsgierig naar hoe hij dat gaat doen. Opeens keek Einstein vrolijk op; hij had het. Dan toch nog een beetje geven en nemen, elkaar onderbreken, het ten dele met elkaar oneens zijn, een heel snelle toelichting en dan een volledige overeenstemming, en beide mannen die met glinsterende ogen de schitterende rijkdom van de nieuwe theorie overzien.'

SOLVAY

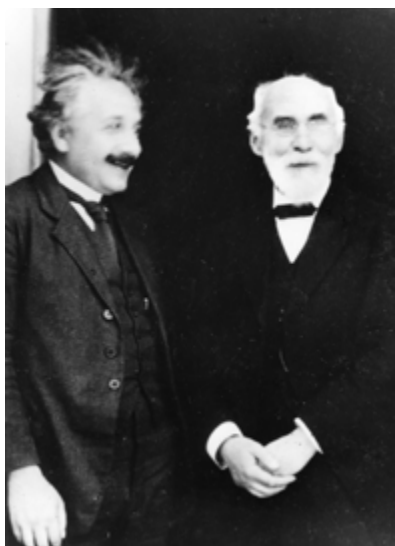
In 1911 wordt Lorentz door de Duitse natuur- en scheikundige Walther Nernst benaderd om een internationaal 'Koncil' – raad – voor te zitten over de nieuwe kwantum-problematiek. Nernst heeft de rijke Belgische industrieel Ernest Solvay bereid gevonden een gezelschap van fysici op zijn kosten voor een week in Brussel uit te nodigen om de problematiek te bespreken. Eind oktober 1911 komen de belangrijkste natuurkundigen van de wereld naar Brussel. Einstein is aanwezig, Marie Curie, Max Planck, Arnold Sommerfeld, Ernest Rutherford. Het voorzitterschap komt bij Lorentz te liggen, die, om de woorden van zijn collega Kamerlingh Onnes te gebruiken, 'hier bepaald als president geschitterd heeft en daarbij aller harten won.' 't Was een genot te zien hoe niemand lof genoeg wist te vinden voor die buitengewone helderheid, gemakelijkheid en vriendelijkheid, waarmee hij de mensen wist te leiden en bij alle meningsverschil een prettige, vriendschappelijke, genoeglijke en toch ernstige toon wist te doen ontstaan en te onderhouden. Kortom iets voor ons Nederlanders al weer om trots op te zijn.'



SOLVAY CONFERENCE 1927

A. PICARD	E. HENRIOT	P. EHRENFEST	Ed. HERSEN	Th. DE DONDER	E. SCHRÖDINGER	E. VERSCHAFFELT	W. PAULI	W. HEISENBERG	R.H FOWLER	L. BRILLOUIN
P. DEBYE	M. KNUDSEN	W.L. BRAGG	H.A. KRAMERS	P.A.M. DIRAC	A.H. COMPTON	L. de BROGLIE	M. BORN	N. BOHR		
I. LANGMUIR	M. PLANCK	Mme CURIE	H.A. LORENTZ	A. EINSTEIN	P. LANGEVIN	Ch.E. GUYE	C.T.R. WILSON	O.W. RICHARDSON		

Absents : Sir W.H. BRAGG, H. DESLANDRES et E. VAN AUBEL



Einstein (l) en Lorentz.

De eerste Solvay-conferentie van 1911 blijft niet zonder gevolgen. Solvay vraagt Lorentz om een plan op te stellen voor het oprichten van een stichting voor financiële ondersteuning van de natuurkunde. Lorentz werkt dit verzoek uit en zijn gedetailleerde plan vormt de basis van het Solvay-instituut voor Fysica. De Belgische filantroop spekt de pot met een miljoen Franse francs, genoeg voor een dertigjarig bestaan. Het instituut bestaat uit twee commissies. Lorentz wordt voorzitter van de internationale wetenschappelijke commissie. Het Brusselse instituut kent ook subsidies toe voor onderzoek. Het instituut neemt direct een heel bijzondere plaats in binnen de wetenschappelijke wereld. Internationale conferenties zijn er nog nauwelijks. Tot 1925 vinden er vier Solvay-raden plaats, twee vóór en twee na de Eerste Wereldoorlog.

Onder de wetenschappers die financiële ondersteuning krijgen, zijn er zes aan wie later de Nobelprijs wordt toegekend.

LEZINGEN EN ONDERZOEK IN TEYLERS LABORATORIUM

In juli van 1912 verhuist Lorentz dan echt naar Haarlem. Aan de Leidse universiteit is het gelukt om zijn gewoon hoogleraarschap om te zetten in een buitengewoon hoogleraarschap. Zo blijft hij daar wekelijks colleges geven, elke maandagochtend om 11 uur, maar verder heeft hij geen verplichtingen in Leiden. Deze maandagochtend-colleges, bedoeld voor gevorderde studenten en medewerkers van de faculteit, gaan stevast over de nieuwste ontwikkelingen in de fysica en krijgen langzaam maar zeker een legendarisch karakter omdat het zulke uitstekende lessen zijn. De voordrachten van 1913 gaan over Einsteins opzienbarende relativiteitsbeginsel.

EERSTE WERELDOORLOG

Op intellectueel vlak ontstaat er in de oorlog de zogenaamde 'Krieg der Geister'. Dat is een felle strijd tussen Duitse wetenschappers en wetenschappers van de geallieerde mogendheden – de West-Europese landen, Rusland en Amerika. Dit komt voort uit een manifest dat op 4 oktober 1914 door niet minder dan 93 Duitse intellectuelen wordt ondertekend. Deze scharen zich volledig achter de daden van het Duitse leger. Ook ontkennen ze de aantijgingen over gruwelijke oorlogsmisdaden die vooral vanuit België in het nieuws komen. De geallieerden verwerpen het manifest als wetenschappers onwaardig. Lorentz mengt zich actief in deze discussie, ook omdat drie deelnemers aan de Solvay-congressen het manifest hebben ondertekend: Nernst, Planck en Wilhelm Wien. Lorentz doet als bemiddelaar pogingen om de verschillende kampen samen te brengen. Door artikelen, brochures, en soms zelfs brieven te verspreiden, doet hij zijn best om geruchten van feiten te onderscheiden.

EINSTEIN DOORGRONDEN

De correspondentie met Einstein over diens relativiteitstheorie wordt intensiever tijdens de oorlogsjaren. Lorentz is het echter niet met alle aannames van Einstein eens. In zijn brieven wijst hij op een fundamentele moeilijkheid, waarover meerdere opvattingen mogelijk zijn. Als Einstein in november 1915 in de vier wereldberoemd geworden artikelen zijn algemene relativiteitstheorie in volle glorie uit de doeken doet, begint Lorentz opnieuw aan een uitgebreide doorrekening van de formules. Een brief van Einstein in januari 1916 neemt bij Lorentz de laatste twijfels weg. 'Ik heb Einstein met zijne schitterende uitkomsten gelukgewenscht'. In de herfst van 1916 bezoekt Einstein Nederland. Hij gaat bij Lorentz in Haarlem langs. Ze praten niet alleen over wetenschappelijke zaken, maar ook over de gebeurtenissen in de wereld. Lorentz blijft een fel tegenstander van de Duitse Aufruf an die Kulturwelt. Hij kan niet begrijpen dat de Duitse wetenschappers zo koppig in hun nationale gelijk blijven geloven. In Einstein vindt hij een medestander.

HET VRAAGSTUK VAN DE ZUIDERZEE

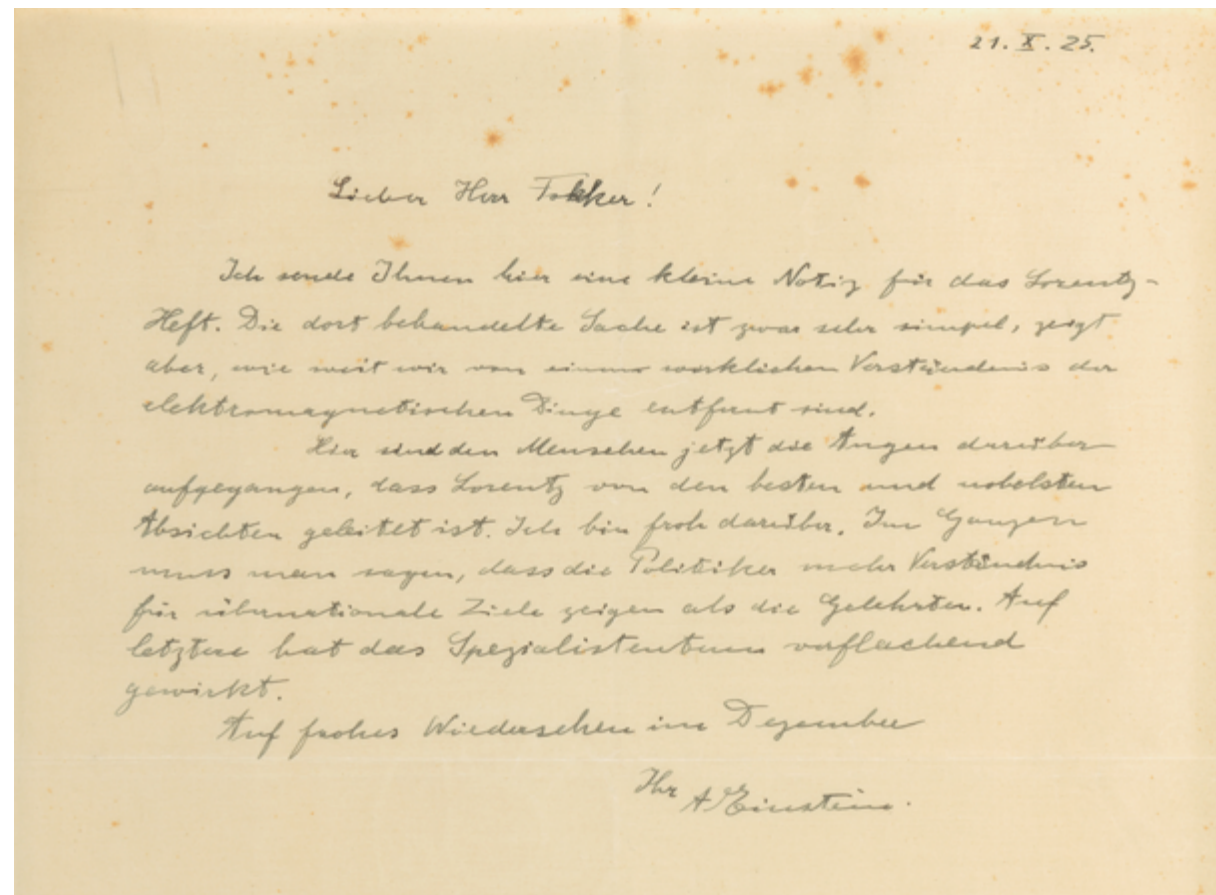
Drie dagen voor Lorentz' 65ste verjaardag, op 15 juli 1918, wordt hij geïnstalleerd als voorzitter van nog een commissie, die moet onderzoeken welke gevolgen het afsluiten van de Zuiderzee zal hebben op de waterstanden langs de Waddenkust van Noord-Holland, Friesland en Groningen bij een stormvloed. Bij de debatten in de Eerste en Tweede Kamer over de precieze plannen ontstaat grote bezorgdheid over de veiligheid van het buitenste deel van Friesland en Noord-Holland. De vraag is met name of de afsluiting, bijvoorbeeld bij een stormvloed, kan leiden tot een verhoging van de waterstanden bij de kustprovincies. Er wordt een commissie in het leven geroepen om de kwestie wetenschappelijk te onderzoeken. De opdracht is, 'te onderzoeken in hoeverre, als gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee, [...] te verwachten is, dat tijdens storm hogere waterstanden en een grotere golfoploop, dan thans het geval is, zullen voorkomen vóór de kust van het vaste land van Noord-Holland, Friesland en Groningen, alsmede vóór de daarvoor gelegen Noordzee-eilanden'. De centrale sectie voor coördinatie staat onder leiding van Lorentz, alsmede de sectie voor theoretische problemen.

De benodigde berekeningen blijken een duivelse opgave. In de periode tussen 1918 en 1926 wordt Lorentz geregeld wekenlang totaal opgeslokt door het theoretische werk voor de commissie. De uiteindelijke conclusie van het rapport is dat een heftige storm niet tot een veel hogere waterstand zal leiden. Hiermee is een belangrijk bezwaar tegen de aanleg van een afsluitdijk weggenomen. Bovendien wordt op advies van de commissie besloten de dijk niet bij Piaam op de Friese kust aan te laten sluiten, maar zo'n 10 kilometer noordelijker, bij Zurich. In 1927 begint de aanleg van de dijk. Vijf jaar later is hij klaar, maar dat zal Lorentz niet meer meemaken. De sluizen aan de Frieslandkant van de dijk zijn naar hem vernoemd. Lorentz vindt dat het resultaat de geleverde inspanning uiteindelijk rechtvaardigt. Dit geeft aan dat hij in deze

periode zelf meer belang hecht aan maatschappelijk geëngageerd werk dan aan zijn eigen theoretische onderzoek. Niet iedereen is het daarmee eens...: Einstein vond dat de Zuiderzee-commissie de natuurkunde een slechte dienst had bewezen door Lorentz van zijn theoretische werk te houden.

GOUDEN DOCTORAAT

Vierde Lorentz zijn zeventigste verjaardag nog in kleine kring, een echt grootschalige viering valt hem op 11 december 1925 ten deel. Het is op de dag af vijftig jaar geleden dat hij promoveerde. Kamerlingh Onnes, Zeeman en Adriaan Fokker organiseren voor hem een groots feest. De belangrijkste mensen uit Lorentz' leven worden uitgenodigd om die dag naar Leiden en Haarlem te komen. Zo vraagt Fokker aan Einstein om een lezing te geven en een stuk te schrijven voor een boekje dat wordt samengesteld ter gelegenheid van het feest. Einstein stuurt zijn bijdrage voor het Lorentz-boekje en voegt een handgeschreven briefje bij dat in het archief van Teylers Museum bewaard is gebleven. Einstein geeft aan dat ook in Duitsland waardering begint te ontstaan voor Lorentz' inspanningen om wetenschappers uit geallieerde landen en wetenschappers uit Duitsland met elkaar te verzoenen. 'Hier beginnen de mensen nu tot het inzicht te komen dat Lorentz door de beste en nobelste bedoelingen geleid is. Ik ben er blij om.' Hij spreekt zijn bewondering uit voor



Brief van Einstein aan Anthonie Fokker

Lorentz' inspanningen om na de Eerste Wereldoorlog de wetenschappers weer bij elkaar te brengen. 'Er zijn weinigen die zo onder de rampspoed van Europa hebben geleden als u en u heeft zich met alle kracht ingespannen weer eendrachtige samenwerking tot stand te brengen. Daarom voelen wij niet alleen liefde en waardering voor u als onderzoeker, maar ook voor u als mens.' Hij sluit af met de schitterende opmerking dat Lorentz van zijn leven een kunstwerk heeft gemaakt.

LAATSTE JAREN

In de laatste maanden van 1927 doet Lorentz samen met de hoogleraren in de natuurkunde in Leiden het voorstel om een bijzondere leerstoel in de natuurkunde in te stellen voor zijn opvolger Anthonie Fokker. Directeuren van Teylers reageren hier enthousiast op. Op deze manier zou een sterke band met de Leidse Universiteit blijven bestaan. Ook voor Fokker is het een geweldige oplossing. Hij zal in Teylers Museum blijven werken, maar ook in Leiden college mogen geven, betrokken blijven bij de universiteit en promovendi kunnen begeleiden – eigenlijk net zoals Lorentz dat deed. In januari worden de plannen concreet, en krijgt koningin Wilhelmina het verzoek de leerstoel in te stellen.

Het is Lorentz' plan om in 1928 zijn taken neer te leggen en officieel afscheid te nemen van Teylers Museum. Maar het loopt anders dan hij zich heeft voorgesteld. Op 16 januari 1928 krijgt hij plotseling hoge koorts, veroorzaakt door wondroos, een ontsteking van de huid. Op 25 januari is het precies vijftig jaar geleden dat hij tot hoogleraar werd benoemd, maar hij voelt zich niet goed genoeg om die dag ook werkelijk te vieren. Na een kort ziekbed sterft hij op 4 februari 1928, 74 jaar oud. Vijf dagen later krijgt Lorentz in Haarlem de uitvaart van een beroemdheid en wordt hij onder grote nationale en internationale belangstelling naar zijn laatste rustplaats op de Algemene Begraafplaats aan de Kleverlaan gebracht.

Na het plotseling overlijden van Lorentz wordt zijn functie bij Teylers overgenomen door Anthonie Fokker. Naast zijn curatorschap van het natuurkundig laboratorium, wordt Fokker later in het jaar ook benoemd tot de eerste Teylers-hoogleraar in de natuurkunde aan de Universiteit Leiden. Deze leerstoel bestaat tot op de dag van vandaag. In 1990 wordt het Teylers hoogleraarschap omgezet in een wetenschapshistorische leerstoel. Sindsdien draait het niet meer om de natuurkunde zelf, maar om de geschiedenis van de natuurwetenschappen. Dat betekent dat zowel Lorentz als Teylers Stichting, samen verantwoordelijk voor het instellen van dit hoogleraarschap, nu behoren tot het studieterrein van diezelfde leerstoel. Want beide nemen in de geschiedenis van de wetenschappen een uitzonderlijke plaats in.

2. De instrumenten in het Lorentz Lab

Er staan 8 proefopstellingen in het Lorentz Lab. Bijna allemaal zijn het replica's van instrumenten uit de collectie van Teylers Museum. Hieronder volgt meer uitleg over hun oorspronkelijke onderzoeksdoel.



ZUIL VAN VOLTA, ROND 1800

In 1795 ontdekte de Italiaan Alessandro Volta deze manier om elektriciteit op te wekken. De twee zuiltjes bestaan uit 49 paren van koperen en zinken plaatjes. Tussen de plaatjes in ligt steeds een in zuur gedrenkt lapje stof. Volta meende dat de elektrische stroom werd opgewekt door het contact tussen de twee ongelijksoortige metalen. Later werd echter aangetoond dat de stroom ontstaat door een chemische reactie. Door de inwerking van het zuur op het zink worden deze plaatjes negatief geladen. Het zuur en de koperen plaat worden positief geladen. Tot Volta's ontdekking was men alleen bekend met statische elektriciteit, die zich na korte tijd ontladde met een vonk. Met de zuil van Volta ontstond een batterij, waarmee gedurende langere tijd een redelijk constante elektrische stroom kon worden opgewekt. Hierdoor werden talloze nieuwe toepassingen van elektriciteit mogelijk. In Italië wordt een batterij nog steeds 'pila' (= zuil) genoemd.



DE PROEF VAN ØRSTED EN SINUSGALVANOMETER, CA. 1820

Een galvanometer is een stroommeter. Kort na Ørsted's ontdekking in 1820 dat een elektrische stroom de richting van een magneetnaald beïnvloedt, bedacht de Duitse natuurkundige Johann Schweigger dat dit effect gebruikt kon worden om elektrische stromen te meten. Hieruit is de galvanometer ontstaan. Stroomloos is dit instrument een kompas, waarmee de richting van de indicatiennaald op het magnetische noorden wordt ingesteld. Loopt er een stroom door de draadwindingen in de grote ronde cirkel dan wijkt de naald uit.

Vervolgens draait men de cirkel met de uitgeweken naald mee, totdat de naald in rust is en het vlak van de cirkel samenvalt met dat van de naald. De sinus van de hoek die men de cirkel heeft moeten draaien, is evenredig met de stroomsterkte. Vandaar de naam sinusgalvanometer. Deze methode van stroommeten is in 1837 door Claude Pouillet ontwikkeld. Zijn galvanometers maakten het eenvoudiger om elektrische stroom nauwkeurig te meten.



PROEF VAN AMPÈRE: TOESTEL VOOR WISSELWERKING VAN STROMEN, 1825

Na de ontdekking van Hans Christian Ørsted in 1820 dat een elektrische stroom door een draad een magnetisch veld rond die draad veroorzaakt, nam het onderzoek naar het verband tussen elektriciteit en magnetisme een hoge vlucht. Zo voerde de Franse natuurkundige André-Marie Ampère tussen 1820 en 1825 diverse experimenten uit aangaande de wisselwerking tussen magneten en elektrische stromen, en later ook tussen elektrische stromen onderling. Deze experimenten stelden Ampère in staat om zijn beroemd geworden stroomwetten te formuleren. Met dit instrument kan een experiment van Ampère worden herhaald. Op de houten basis bevinden zich twee paar contacten waarin een vaste geleider (draadraam) geplaatst kan worden. Op de horizontale arm van de pilaar bevinden zich twee kwikcontacten en een schakelaar. Een draaibare geleider wordt via de kwikcontacten van stroom voorzien en zal gaan draaien als er ook een stroom door de stilstaande geleider loopt. De draaiing is het gevolg van de wisselwerking tussen de magnetische velden, die rond de geleiders ontstaan als er een elektrische stroom doorheen loopt.



DE RING VAN FARADAY, 1830

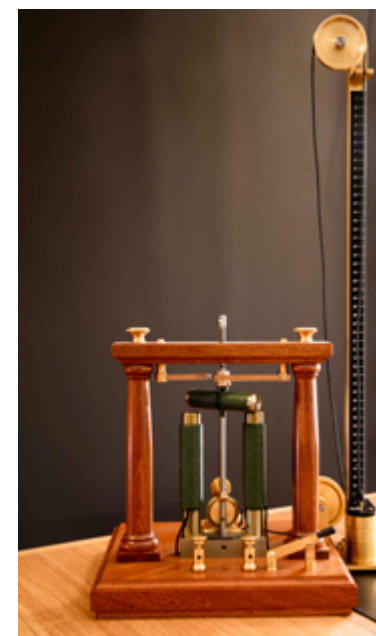
Faraday was ervan overtuigd dat magnetisme elektriciteit kon opwekken. Zo ontrafelde hij het verschijnsel van elektromagnetische inductie, oftewel opwekking van elektrische stroom in een geleider die beweegt in een magnetisch veld. Hiervoor gebruikte hij twee rond een ring van weekijzer gewonden draadspoelen. Met aan de ene spoel een batterij en aan de andere een galvanometer (een instrument om de stroomsterkte te meten) bevestigd, gaf de meter alleen

uitslag wanneer hij de stroom in de eerste spoel in- of uitschakelde. Faraday merkte dat als de kracht van een magnetenveld toe- of afnam er een elektrische stroom ontstond. Oftewel: een verandering in magnetesterkte doet een stroom ontstaan.



DE SPIRAAL VAN RIESS, 1857

Om een centrale ijzeren kern zijn twee spoelen met koperdraad gewonden. Zodra in de eerste spoel een elektrische stroom loopt, ontstaat er een magnetisch veld. Dit veld omvat ook de tweede spoel. Wordt nu met de handbediende interruptor de stroom onderbroken dan valt het magnetische veld in beide spoelen weg. Hierdoor ontstaat in de tweede spoel een spanningspuls (inductiepuls). Dit verschijnsel heet elektromagnetische inductie en vormt de basis voor de werking van dynamo's, elektromotoren en transformatoren. Het rendement van deze luchttransformator is hoog omdat veel draad van de ene (de primaire) spoel dicht bij de draad van de andere (de secundaire) kan komen. Het magnetisch veld dat door een stroomdrager wordt opgewekt, is vlakbij de draad het grootst. Deze vroege transformator inspireerde de Duitse natuurkundige Heinrich Hertz tot nader onderzoek van elektromagnetisme en inductie. Zijn onderzoek zou uiteindelijk leiden tot de ontdekking van elektromagnetische straling.



DE ELEKTROMOTOR VAN RITCHIE, 1833

In 1821 experimenteert Michael Faraday met het uiteinde van een vrij hangende geleider die contact maakt met een kwikplas, met daarin een permanente magneet. Op het moment dat door de geleider stroom loopt, maakt de geleider een ronddraaiende beweging om de magneet. Faraday toonde hiermee aan dat een elektrische stroom een magneet in beweging kon brengen (en omgekeerd). Deze beweging zou bruikbaar zijn voor het vervaardigen van een elektromotor. Het was een belangrijke stap in de ontwikkeling van de elektromotor om stroom, magnetisme en beweging te combineren.

William Ritchie was in 1833 de eerste die in een elektromotor een elektromagneet gebruikte. Dat is een staaf weekijzer omwonden met een geleidende draad, waar doorheen een stroom loopt. Een elektromagneet

heeft twee eigenschappen die hem geschikt maakt voor het gebruik in een elektromotor. Hij kan een sterker magneetveld opwekken dan een permanente magneet van in verhouding gelijke afmeting. En het opgewekte magneetveld kan gereguleerd worden door de stroom te variëren. Door gebruik te maken van deze eigenschappen ontwikkelde Ritchie mede hierdoor steeds betere elektromotoren. Dit exemplaar van een elektromotor bestaat uit een elektromagneet, gemonteerd op de uiteinden van dezelfde as die draait tussen cilindrische staafmagneten. Een sleepcontact zorgt voor het in stand houden van de stroom. De draairichting kan worden omgekeerd door een schakelaar.



DE DYNAMO VAN CLARKE, 1834

Het 'toestel van Clarke' wordt beschouwd als de voorloper van de dynamo. Het bevat een sterke magneet van hoefijzervormige staven, die verticaal op een plank bevestigd zijn. Voor de magneet zijn twee draadklossen bevestigd, die om een horizontale as draaien. Om de klossen is koperdraad gewikkeld in ongeveer 1500 windingen. De windingen op beide klossen zijn tegengesteld, om te zorgen dat de opgewekte inductiestroom dezelfde richting heeft. Als de klossen draaien, wordt het zachte ijzer waarop ze gewonden zijn, onder invloed van de polen van de magneet beurtelings in tegenovergestelde richting gemagnetiseerd. Daarbij wordt in iedere draad een inductiestroom voortgebracht, die bij elke halve omwenteling van richting verandert.

Een verbeterde versie van deze 'gelijkspannings-dynamo' is de dynamo van Bréguet. Deze werd in 1869 bedacht door de Belgische uitvinder Zénobe Théophile Gramme (1826-1901). Het bleek een grote doorbraak te zijn bij de opwekking van elektriciteit. Bij voorgaande elektromagnetische dynamo's werden één of twee magneetspoelen rondgedraaid tussen de polen van een permanente magneet. Dat leverde alleen op het passagemoment een korte elektrische inductiepiek. Gramme introduceerde een ringvormig anker met meerdere kleine spoelen, paarsgewijs verdeeld over het in het magneetveld ronddraaiende anker. Door het grote aantal ankerspoelen levert de dynamo veel

inductiepieken achter elkaar, waardoor de geleverde gelijkspanning praktisch constant wordt en de machine een hoog vermogen levert. De grammedynamo werd daardoor uitermate geschikt voor industriële elektrolysetoepassingen, zoals het verzilveren van bestekken. In 1873 bleek bij toeval dat de machine ook andersom kon werken, namelijk als elektromotor.



DE AURORABUIS VAN DE LA RIVE, 1858

Al vanaf de achttiende eeuw werden toestellen gemaakt om elektrische ontladingen in verdunde gassen en de lichtverschijnselen die daarbij optraden te bestuderen. In 1858 gebruikte de Zwitserse natuurkundige Auguste de la Rive een variant van een dergelijk toestel om zijn theorie over het ontstaan van het noorderlicht te demonstreren. Omdat in het toestel van De la Rive een magneet was geplaatst, kregen de lichtverschijnselen die optraden bij de gasontladingen, de vorm van een roterende spiraal. Dit 'nieuwe' lichtverschijnsel werd door diverse natuurkundigen bestudeerd en leidde tot nieuwe theorieën, zoals die van William Crookes over 'kathodestralen'. Pas in 1897 kwam een kloppende verklaring voor dit verschijnsel, toen bleek dat het ging om een bundel geladen elektrische deeltjes, elektronen. Er was dus slechts sprake van een variant van de al in 1820 door Christian Ørsted aangetoonde wisselwerking tussen een magneet en een elektrische stroom.



HET RAD VAN BARLOW, 1856

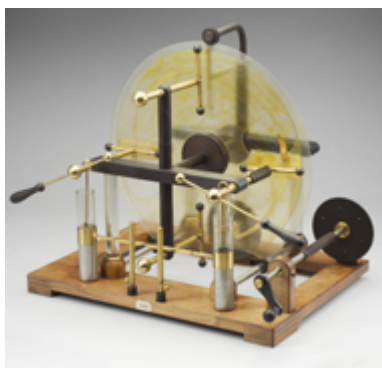
Michael Faraday was de eerste die liet zien dat je elektriciteit kunt omzetten in beweging. Hij legde daarmee de basis voor de ontwikkeling van de elektromotor. Dit instrument is in 1822 door Peter Barlow bedacht om het principe van de elektromotor zichtbaar te maken. Het stervormige, koperen rad hangt in een badje met kwik dat zich tussen de benen van een hoefmagneet bevindt. Het kwik en de pilaar waar het rad aan hangt kunnen worden verbonden met een batterij. Als een punt van het rad in het kwik hangt, gaat er een elektrische stroom lopen en wordt er een magnetisch veld opgewekt. In wisselwerking met het magnetisch veld van de hoefijzermagneet wordt vervolgens de sterpunt uit het kwik getrokken, waarna de volgende in het badje belandt. Wegens zijn

uitgebreide onderzoek naar magnetisme werd Peter Barlow in 1823 verkozen tot lid van de prestigieuze 'Royal Society of London', de Engelse Academie van Wetenschappen.



RUHKORFFKLOS, CA. 1880

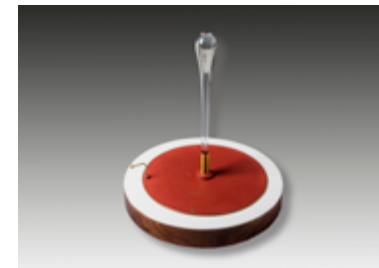
De Ruhmkorff-klos levert met een lage gelijkstroom een hoge elektrische spanning tussen de twee contactpunten aan de bovenzijde van de zwarte buis. Met deze hoogspanning kan bijvoorbeeld een elektrische ontlading in een gasontladingsbuis gerealiseerd worden. Zodra een elektrische stroom wordt onderbroken, ontstaat er een magnetisch veld en omgekeerd. Dit verschijnsel heet elektromagnetische inductie en vormt de basis voor de werking van dynamo's, elektromotoren en transformatoren. Een inductieklos zoals deze was in de 19e eeuw het toppunt van wat er aan hoogspanning viel te bereiken. Hij bestaat uit verschillende spoelen met koperdraad die om een centrale cilinder met ijzeren staven zijn gewonden. Zodra er een wisselstroom in de eerste spoel loopt, veroorzaakt deze een wisselstroom in de tweede spoel. De verhouding van het aantal windingen bepaalt de spanningsversterking. Een automatische interruptor zorgt voor de noodzakelijke stroomonderbreking. Deze laat 19e eeuwse 'Ruhmkorff' (destijds de soortnaam voor zo'n inductieklos) is gebruikt voor vroege experimenten op het gebied van radiogolven.



DE ELEKTRISEERMACHINE VAN HOLTZ, 1865

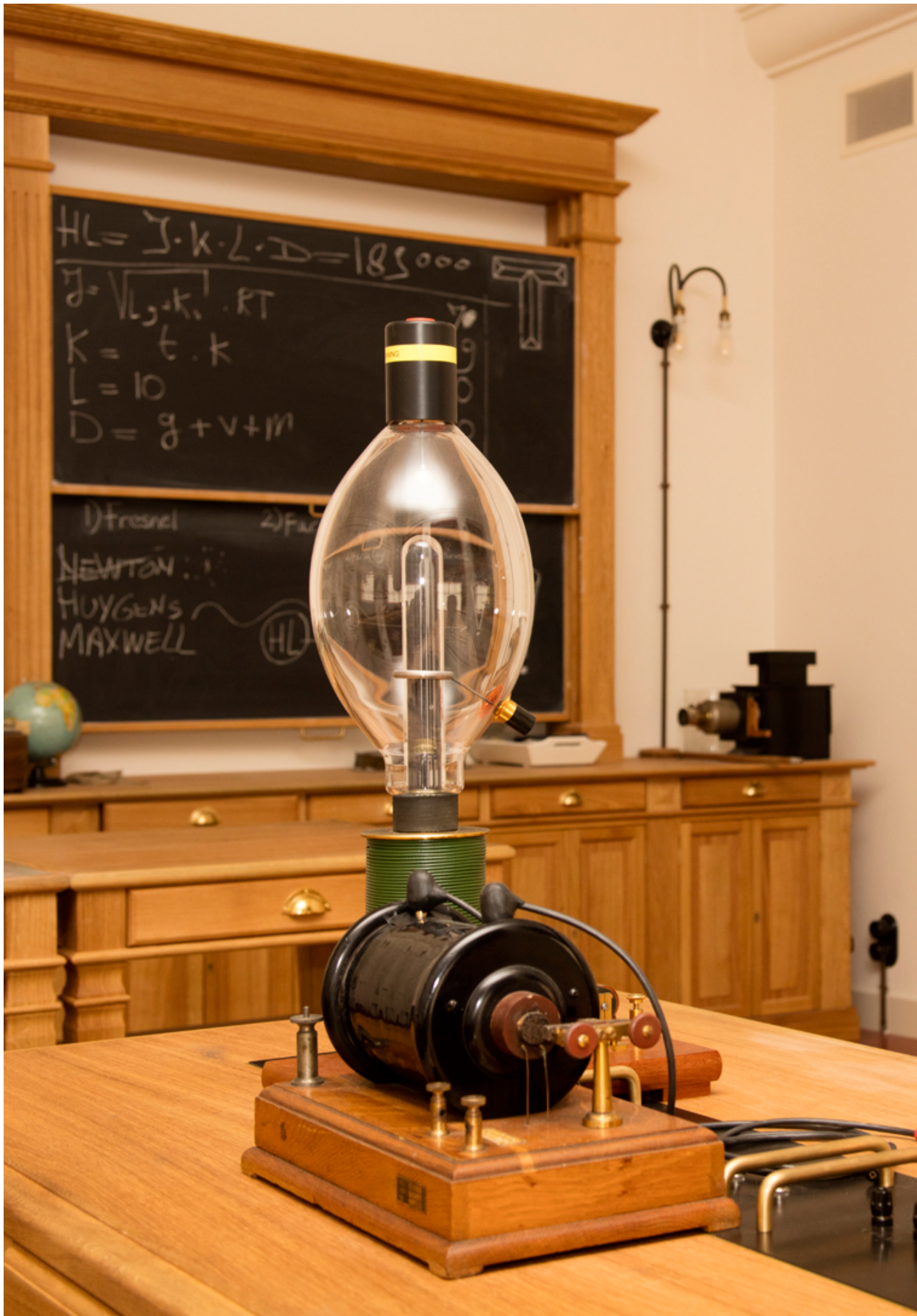
De Duitser Wilhelm Holtz bedacht in 1865 een geheel nieuw type elektriseermachine voor de opwekking van statische elektriciteit. Oudere, minder krachtige machines maakten gebruik van wrijving voor het vergaren van elektrische lading. Holtz benutte het principe van influentie. Hierbij wordt elektrische lading in een voorwerp gescheiden als dit in de nabijheid wordt gebracht van een ander geladen voorwerp. Maar zonder dat deze voorwerpen onderling contact met elkaar maken. De machine werkt door een glazen schijf te laten draaien langs een met papierfolie beplakte, stilstaande schijf met twee gaten erin. Via een ingewikkeld procedé kan bij iedere draaiing nieuwe lading worden opgewekt. Deze wordt via collectorkammen afgevangen, en

kan desgewenst naar twee Leidse flessen worden afgevoerd. De ladingsvergaring bereikt op een bepaald moment een maximum, afhankelijk van onder meer de vochtigheidsgraad van de lucht. In 1870 publiceerde conservator Van der Willigen proeven met deze – toen – hypermoderne machine.



DE ELEKTROFOOR (1769)

Alessandro Volta (1745-1827), de uitvinder van de chemische batterij, heeft ook een belangrijke bijdrage geleverd aan de statische elektriciteit. In 1769 bedacht hij de 'elektrofoor', ofwel 'dat wat elektriciteit wegdraagt'. Het simpele apparaat bestaat uit een vlakke cirkelvormige isolerende plaat en een ongeveer even grote metalen plaat: vaak tinfoolie bevestigd op hout. De isolator wordt met een konijnenvel opgewreven en zo elektrisch geladen. De metalen plaat wordt er vlak boven gehouden en met een vinger aangeraakt. Door influentie (aantrekking op afstand) stroomt door de vinger vanuit de aarde een even grote, maar tegengestelde lading naar de metaalplaat. Deze lading kan op een Leidse fles worden verzameld, waarna op dezelfde manier een volgende lading wordt vergaard. Op dit principe is later de influentie-elektriseermachine gebaseerd.



3. De wetenschappers achter de experimenten



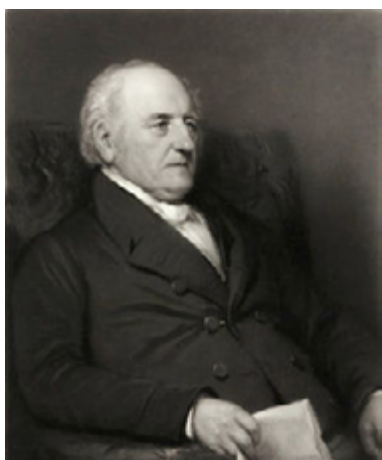
ALESSANDRO VOLTA (1745 – 1827)

was een Italiaans natuurkundige die bekend is geworden door zijn ontdekking van de elektrische batterij ofwel de voltaïsche cel (Zuil van Volta). De eenheid van spanning (volt) is naar hem genoemd.

In 1775 verbeterde en populariseerde Volta de elektrofoor, een apparaat om statische elektriciteit te produceren. Deze bestaat uit een diëlektrische plaat van eboniet en een losse metalen plaat met een geïsoleerd handvat. Nadat de ebonieten plaat was opgeladen kon men er elektrische lading van onttrekken zonder dat de lading van de diëlektrische plaat verdwijnt. Hoewel Volta vaak genoemd wordt als de uitvinder ervan, was het de Zweedse professor Johan Carl Wilcke die het instrument reeds in 1764 uitvond.

In 1786 kwam Italiaanse anatoom Luigi Galvani erachter dat de spieren in de poten van een dode kikker gingen trillen als ze in contact kwamen met twee verschillende metalen. Galvani dacht hierdoor dat elektriciteit een biologisch verschijnsel was en werd opgewekt in spieren. Volta dacht echter dat elektriciteit anorganisch was en dat twee verschillende metalen voor stroom zorgen. Om dit te bewijzen bouwde Volta in 1800 een toestel samengesteld uit een aantal kommen, gevuld met een zoutoplossing, die waren doorverbonden met koperen en zinken draden. Volta liet zien dat door een gesloten kring een stroom liep; hij had een apparaat gebouwd dat een ononderbroken elektrische stroom kon afgeven. Later maakte hij een eenvoudiger ontwerp dat uit plaatjes koper en zink bestond, gescheiden door een schijfje karton gedrenkt in een zoutoplossing. Deze kolom van metalen en karton werd de Zuil van Volta genoemd en was de voorloper van de moderne batterij. Volta stuurde een beschrijving van zijn uitvinding naar Joseph Banks, voorzitter van de Royal Society in Londen en al snel gingen velen in Engeland het onderzoeken. Zijn uitvinding leidde tot een groot aantal nieuwe ontdekkingen, van elektrolyse – het scheikundig ontleden van stoffen door middel van elektriciteit – tot de uitvinding van de eerste elektromotor door Michael Faraday.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta



PETER BARLOW (1776-1862)

was een Brits natuur- en wiskundige.

Barlows onderzoek naar magnetisme en elektriciteit leidde tot de uitvinding van een praktisch middel om kompasafwijkingen op schepen door het ijzer van het schip zelf te corrigeren dan wel te compenseren. In 1822 vond hij het “Rad van Barlow” uit, een van de eerste homopolaire motoren. Dat is een elektromotor die wordt aangedreven door een magnetisch veld langs de draaias en een elektrische stroom door een geleider die deels niet evenwijdig loopt aan het magnetisch veld. De Lorentzkracht laat de geleider en eventueel de magneet ronddraaien. Omdat de stroomrichting niet omkeert heet de motor homopolair.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Peter_Barlow



HANS CHRISTIAN ØRSTED (1777-1851)

was een Deense natuurkundige en scheikundige.

In april 1820 ontdekte Ørsted het verband tussen elektriciteit en magnetisme, dat hij met een zeer simpel experiment aantoonde. Hij demonstreerde hoe een draad waardoor een elektrische stroom loopt, in staat is om een uitwijking te veroorzaken van de naald in een kompas. Hij was echter niet in staat een voldoende verklaring voor het fenomeen te geven, noch probeerde hij een wiskundig model op te stellen voor het verschijnsel. In juli 1820 publiceerde hij een artikel in het Latijn over zijn ontdekking: *Experimenta circa effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam*, dat al snel vertaald werd in de belangrijkste Europese talen. Het was de Franse wiskundige André-Marie Ampère die kort na de publicatie van Ørsted de wiskundige onderbouwing gaf van de relatie tussen magnetisme en elektriciteit.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Hans_Christian_%C3%98rsted

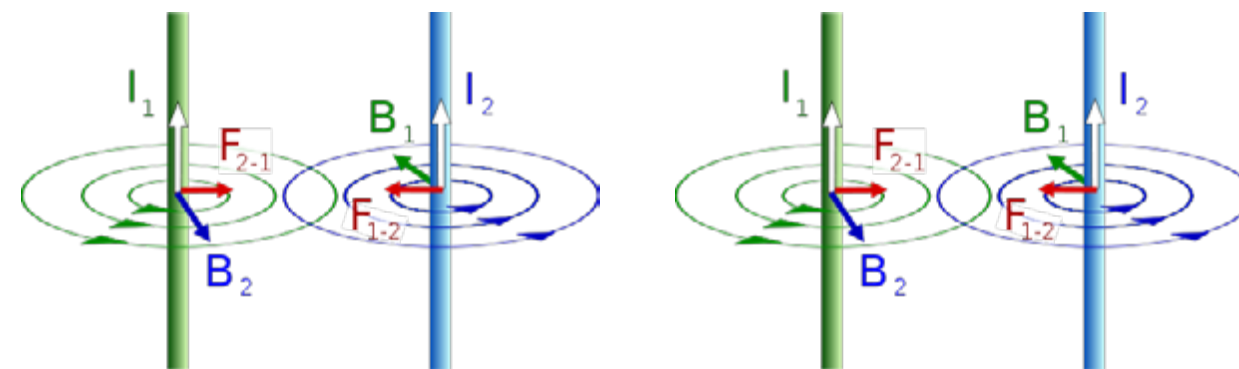


ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (1775-1836)

was een Frans natuur- en wiskundige die algemeen wordt beschouwd als een van de ontdekkers van het elektromagnetisme. Naar hem zijn de basiseenheid ampère en de wet van Ampère genoemd.

Op 11 september 1820 hoort hij van Ørsted's ontdekking dat een kompasnaald van richting verandert als die in de nabijheid van een stroomvoerende geleider werd gebracht. Geïnteresseerd in de bevinding van de Deen herhaalt Ampère diens experiment onder gecontroleerde omstandigheden.

Nog geen week later had hij de wet gevonden die bepaalt hoe, en in welke richting de naald afwijkt. Door zijn wiskundige beschrijving van de relatie tussen magnetisme en elektriciteit wordt hij gezien als een van de grondleggers van de elektrodynamica en de voorloper van James Maxwell. Aan de hand van experimenten ontdekt hij dat twee parallelle stroomdraden elkaar aantrekken als de stromen in dezelfde richting lopen, maar elkaar afstoten als ze in tegengestelde richting lopen. Hij concludeerde hieruit dat de draden zich gedroegen als twee staafmagneten waarbij gelijke polen elkaar afstoten en tegengestelde polen elkaar aantrekken. De richting van de stroom bepaalt de polariteit van het magnetisch veld.

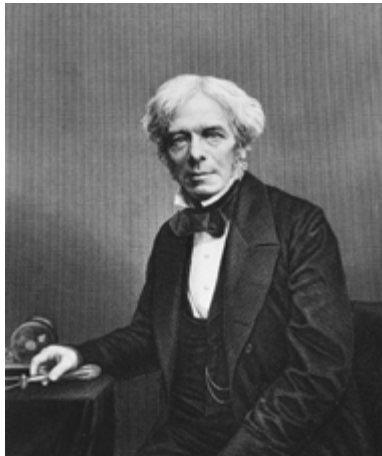


figuur 1. Aantrekking (boven) en afstoting (onder) van twee stroomvoerende geleiders

Hij bepaalde dat de kracht tussen de draden evenredig was met de beide stroomsterktes en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tussen de draden. Dankzij deze formule, later de wet van Ampère genoemd, kon de stroom voor het eerst – in termen van krachten en afstanden – gekwantificeerd worden.

Nadat hij de samenhang tussen elektriciteit en magnetisme had onderzocht raakte hij ervan overtuigd dat de elektrische stroom de oorsprong moest zijn van alle magnetische verschijnselen. In 1823 publiceerde hij een opmerkelijke theorie: magnetisme in een magneet wordt veroorzaakt door ontelbaar veel elektrische stroompjes die in de magneet rondcirkelen. Hiermee was Ampère zijn tijd ver vooruit, want pas 60 jaar na zijn overlijden in 1836 werd – na de ontdekking van het elektron – aangetoond dat zijn theorie in principe juist was.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie_Amp%C3%A8re



MICHAEL FARADAY (1791-1867)

was een Brits natuur- en scheikundige.

Met alleen lagere school ging hij op dertienjarige leeftijd als leerjongen bij de boekbinder George Riebau in Blandford Street werken. Daar raakte hij gefascineerd door wetenschap. Van zijn vrije uren maakte hij gebruik om vooral boeken over natuur- en scheikunde te doorgronden. De verschijnselen die hij op deze manier leerde kennen, onderzocht hij door allerlei experimenten te doen.

In december 1810 bezocht hij bij het Royal Institution te Londen vier colleges van de Engelse scheikundige Humphry Davy, voorzitter van de Royal Society. Elke lezing hield hij nauwkeurig bij en voegde in zijn aantekeningen schematische tekeningen en grafieken toe. In de hoop een baan bij het instituut te krijgen, zond hij de netjes ingebonden aantekeningen naar Davy. Tot zijn grote vreugde werd Faraday in 1813 aangenomen. Hoewel het salaris lager was dan wat hij verdiende in de boekhandel greep hij de geboden kans met beide handen aan. Een jaar na zijn aanstelling vergezelde hij sir Humphry Davy op een grote Europese rondreis en bezocht hij Frankrijk, Zwitserland, Italië en België. Gedurende de reis ontmoette hij o.a. de Italiaanse natuurkundige Volta en de Franse natuur- en wiskundige Ampère.

Terug in Londen besloot Faraday om ook zelf onderzoek te doen. Door zijn werk op het gebied van elektromagnetisme werd hij in 1824 gekozen tot Fellow of the Royal Society en het jaar daarop – als opvolger van Davy – tot directeur van de Royal Institution te Londen. In het laboratorium van dit instituut deed hij vele ontdekkingen en gaf hij zijn vermaarde Christmas Lectures.

In 1820 ontdekte de Deense natuurkundige Ørsted dat een magneetnaald van richting verandert zodra deze in de buurt wordt gebracht van een stroomvoerende geleider. Aan de hand van dit verschijnsel begon Faraday experimenten te doen en ontdekte hij de relatie tussen elektriciteit en magnetisme. Zelf veronderstelde hij dat dit kwam doordat de elektrische

stroom cirkelvormige magnetische krachtlijnen rond de draad liet ontstaan. Door een stroomdraad tussen de polen van een hoefijzermagneet te spannen toonde hij aan hoe elektrische en magnetische krachten veranderen. De op elkaar inwerkende krachten doen de draad ronddraaien – het basisprincipe van de elektromotor. In 1821 demonstreerde hij de eerste elektromotor: de homopolaire motor.

Faraday was ervan overtuigd dat magnetisme elektriciteit kon opwekken. In 1831 ontrafelde hij het verschijnsel van elektromagnetische inductie, oftewel opwekking van elektrische stroom in een geleider die beweegt in een magnetisch veld. Hiervoor gebruikte hij twee rond een ring van weekijzer gewonden draadspoelen. Met aan de ene spoel een batterij en aan de andere een galvanometer (een instrument om de stroomsterkte te meten) bevestigd, gaf de meter alleen uitslag wanneer hij de stroom in de eerste spoel in- of uitschakelde. Faraday merkte dat als de kracht van een magneetveld toe- of afnam er een elektrische stroom ontstond. Oftewel: een verandering in magneetsterkte doet een stroom ontstaan. Op basis van Faraday's experimenten ontwierp de Fransman Hippolyte Pixii in 1832 de eerste bruikbare dynamo, terwijl de Amerikaan Charles Grafton Page in 1837 een verbeterde versie van de elektromotor presenteerde.

In 1832 toonde hij aan dat elektriciteit geïnduceerd door een magneet, voltaïsche elektriciteit uit een batterij en statische elektriciteit alle één en dezelfde waren. Van groot belang waren verder zijn onderzoeken naar de capaciteit van condensatoren. Mede hierdoor werd de eenheid van capaciteit, de farad, naar hem vernoemd.

Door een reeks experimenten in de jaren 1840 toonde hij aan dat er een verband bestaat tussen licht, magnetisme en elektriciteit, algemeen bekend als elektromagnetische straling. Ten slotte is vermeldenswaard dat de Kooi van Faraday naar hem is genoemd. Dit is een constructie van elektrisch geleidend materiaal die statische elektrische velden buiten de kooi houden. Statische magnetische velden kunnen wel tot de kooi binnendringen.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday



HEINRICH DANIEL RUHMKORFF (1803-1877)

was een Duitse instrumentmaker.

In feite is de vonkinductor of Ruhmkorffspoel in 1836 uitgevonden door de Ierse priester Nicholas Callan. Ruhmkorff verbeterde echter het ontwerp door glas als isolatiemateriaal te gebruiken en andere innovaties om zo vonken te produceren van meer dan 30 cm lang. Hij octrooieerde zijn inductor in 1851 en werd in 1858 door de Franse keizer Napoleon III beloond met een prijs van 50 000 frank voor zijn grote ontdekking in de toepassing van elektriciteit.

Jules Verne werd door Ruhmkorffs spoel geïnspireerd: in diens boek Naar het middelpunt der aarde wordt de Ruhmkorff-lamp beschreven. Het is een lichtbron die op de vonkinductor is gebaseerd en waarvan de eigenlijke 'lamp' een Geisslerbuis is (de voorloper van de tl-buis). Later werd de door Verne reeds beschreven mijnwerkerslamp door A. Dumas en Dr. Benoit ontwikkeld en op de markt gebracht. Maar omdat deze lamp duur en zwaar was, werd hij weinig gebruikt.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Daniel_Ruhmkorff



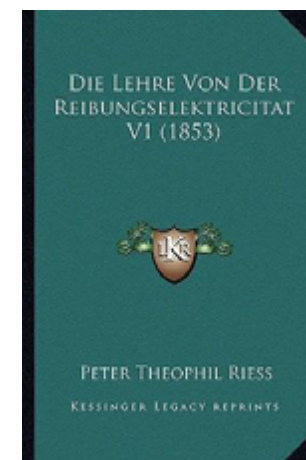
AUGUSTE-ARTHUR DE LA RIVE (1801-1873)

was een Zwitsers natuurkundige.

Hij was een van de grondleggers van de elektrochemische theorie van galvanische elementen. Ook deed hij onderzoek naar elektrische ontlading in verdunde gassen, wat hem tot de formulering van een nieuwe theorie leidde over het noorderlicht (Aurora Borealis). De la Rive was een tijdgenoot van Faraday, Ampère en Ørsted, met wie hij regelmatig correspondeerde over de nieuwste inzichten op het gebied van elektriciteit.

De la Rive ontwierp een experimenteel toestel – de Aurorabuis van De la Rive – om het effect van het noorderlicht te kunnen verklaren. Een rechtopstaande ijzeren staaf wordt door een elektromagneet gemagnetiseerd in een luchtledige, eivormige glazen buis. Als gevolg van de Lorentzkracht ziet men dan een verticaal lichtspoor van de elektronenstroom sierlijk om de ijzeren staaf heen draaien.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Auguste_Arthur_de_la_Rive



PETER THEOPHIL RIESS (1804-1883)

was een Duitse natuurkundige.

Riess wijdde zich sinds 1836 aan de studie naar wrijvingselektriteit en het tribo-elektrisch effect. Hij deed met name onderzoek naar de verdeling van elektriciteit op geleiders, naar influentie en naar het warmte-effect van elektriciteitsontladingen. Zijn tweedelig werk *Die Lehre von der Reibungselektrizität* uit 1853 en het vervolg daarop uit 1867 en 1878 zijn een bundeling en analyse van alle experimenten die hij gedaan heeft.

https://de.wikipedia.org/wiki/Peter_Rie%C3%9F



EDWARD MARMADUKE CLARKE (1806-1859)

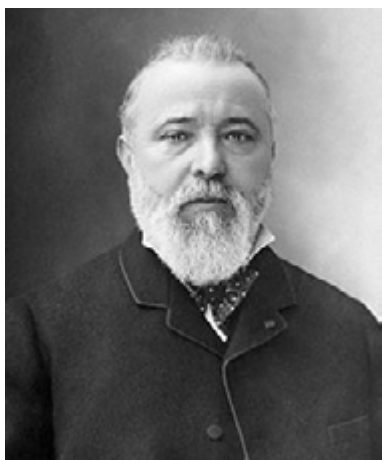
was een Ierse instrumentmaker, die zich later in Londen vestigde.

Hij begon als opticien en maker van brillen, telescopen en microscopen. Maar allengs verdiepte hij zich steeds meer in de zoektocht naar de productie van beweging door elektriciteit. In 1835 ontwikkelde hij inderdaad een 'magnetisch-elektrisch toestel'. In 1837 richtte hij de 'Electrical Society of London' op. Hij bleef werken als opticien, maar noemde zichzelf ook 'magneticien' – ofwel 'expert op het gebied van magnetisme'.

In 1855 voerde Clarke actie om de vrije zaterdag (vanaf 14 uur) in te voeren voor arbeiders. Het zou een positieve invloed hebben op de motivatie van werknemers. En bovendien hielden mensen dan meer tijd over op zondag om naar de kerk te gaan, in plaats van boodschappen te moeten doen.

In 1854 liet Clarke een tentoonstellingszaal bouwen, bedoeld om (zijn) nieuwe uitvindingen in te kunnen showen: the Royal Panopticon of Science & Art. Het was een gebouw in Moorse stijl, en er konden ook lezingen worden gegeven. Qua opzet leek het op 'Felix Meritis' in Amsterdam. Helaas sloeg het project niet aan en was Clarke na 2 jaar gedwongen om het project (met verlies) te verkopen. Het werd daarna het succesvolle Alhambra Palace/theater.

<https://londonstreetviews.wordpress.com/2013/05/02/edward-clarke/>



ZÉNOÏDE THÉOPHILE GRAMME (1826 – 1901)

was een Belgisch elektrotechnisch ingenieur.

Gramme was opgeleid tot timmerman. In 1856 vestigde hij zich in Parijs, waar hij voor Ruhmkorff werkte, een producent van elektromagnetische apparaten. Hij bouwde verder op de machine van de Fransman Hippolyte Pixii – een voorloper van de dynamo. In 1869 vond hij de Gramme-dynamo uit, een gelijkstroom-dynamo die in staat was veel hogere spanningen te genereren dan de toen bekende dynamo's. Hij vervolmaakte het prototype van de dynamo, waardoor deze geschikt werd voor commerciële toepassingen en industrie.

Hij deed zijn vondst in 1871, aan het begin van het industriële tijdperk, waarin de dynamo uitgebreid werd toegepast. Met de machine van Gramme kon men door elektrolyse in één uur 600 gram zilver laten neerslaan op bronzen bestekken. Om zijn apparaat in productie te brengen, richtte hij samen met de Franse ingenieur Hippolyte Fontaine in 1871 de Société des Machines magnéto-électriques Gramme op. Deze fabriek specialiseerde zich in dynamo's en elektrische generatoren. De toekomst van de dynamo zou beperkt geweest zijn zonder Fontaines ontdekking dat elektriciteit transporteerbaar was. Op de wereldtentoonstelling van 1873 in Wenen ontdekte Fontaine bij toeval dat elektriciteit verschillende kilometers ver getransporteerd kon worden. Tot dan toe stond de generator daar waar men de elektriciteit nodig had. Nu kon de generator waar dan ook geplaatst worden en via leidingen aangesloten worden op de nodige machines.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A9noïde_Gramme



WILHELM HOLTZ (1836-1913)

was een Duits natuurkundige en uitvinder van de naar hem vernoemde Holtzmachine.

Tussen 1857 en 1862 studeerde hij natuurkunde in Berlijn, Dijon en Edinburgh. Aansluitend deed hij experimenten met elektriciteit. Later werkte hij aan de universiteiten van Halle-Wittenburg en Greifswald, waar hij in 1884 professor in de natuurkunde werd. In 1865 vond hij de "Holtz Electrostatic Influence Machine" uit, een elektriseermachine die niet via wrijving maar door influentie, of elektrostatische inductie, lading opwekte.

In de daarop volgende jaren voerde Holtz diverse aanpassingen door en bouwde hij vele apparaten. De elektriseer-machine zou uiteindelijk zijn definitieve vorm krijgen met de elektriseermachine van Wimshurst.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Holtz



HEINRICH HERTZ (1857 – 1894)

was een Duits natuurkundige die vooral bekend werd vanwege de ontdekking van radiogolven. Naar hem is de eenheid van frequentie genoemd, de hertz.

Op school blonk hij uit in zowel de exacte vakken als in talen (zo leerde hij onder andere Arabisch en Sanskriet). Na zijn studie in Dresden, Berlijn en Munchen hij in 1883 theoretische natuurkunde aan de Universiteit van Kiel doceren. Rond dezelfde tijd begon hij een onderzoek naar oscillerende elektrische stromen.

Hij bouwde een oscillator bestaande uit een batterijgevoede vonkinductor, waaraan twee metalen bollen waren bevestigd met een kleine opening ertussen. Een elektrische stroom zorgde ervoor dat een vonk oversprong van de ene op de andere bol. Volgens Maxwell moet een oscillerende lading elektromagnetische straling uitzenden. Was het mogelijk dat zich onzichtbare stralingsgolven door zijn laboratorium bewogen als er een vonk heen en weer sprong? Om de aanwezigheid van deze straling aan te tonen maakte hij een eenvoudige ronde draadboog met bovenin een kleine opening. Op het moment dat een elektromagnetische golf de draadboog bereikte werd door inductie een elektrische stroom opgewekt als een kleine vonk over de draadopening. Door de boog naar verschillende plaatsen in zijn laboratorium te bewegen kon Hertz deze straling opsporen. Bovendien kon hij de golflengte van de straling bepalen door te kijken hoe de sterkte en vorm van de vonk veranderde met de positie. Deze bedroeg bijna 61 meter, een miljoen maal groter dan de golflengte van zichtbaar licht. Hij stierf op de eerste dag van 1894, slechts zesendertig jaar oud, aan de gevolgen van een chronische bloedziekte (Ziekte van Wegener).

https://nl.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Hertz



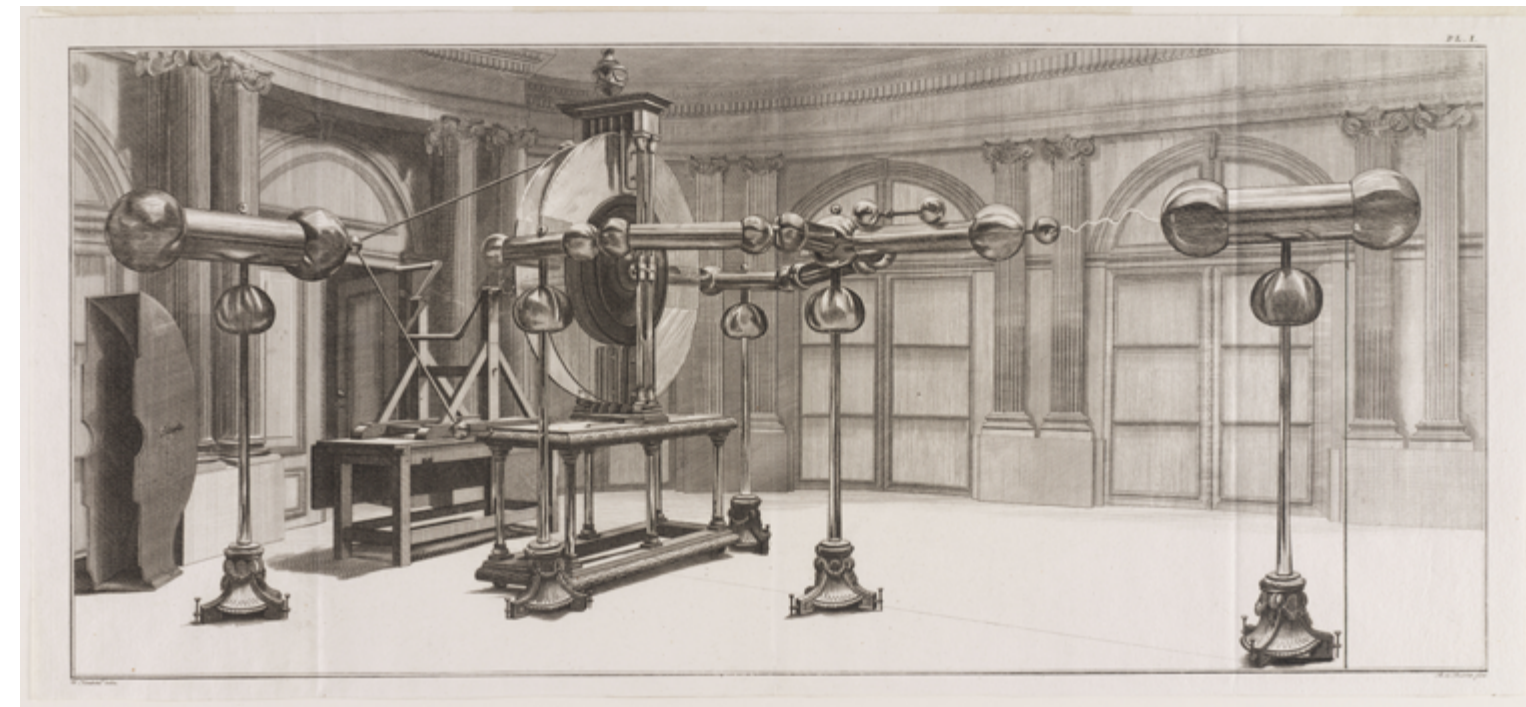
4. Tijdlijn van ontdekkingen

Voor de volledigheid volgt hier een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen op het gebied van elektriciteit en elektromagnetisme in de 18e en 19e eeuw:

- 1729–1734: Gray en Du Fay melden dat alle voorwerpen statisch geladen kunnen worden en dat er vonken overspringen bij geladen voorwerpen.
- 1732: Du Fay ontdekt dat er twee soorten geladen voorwerpen zijn (positief en negatief).
- 1746: Uitvinding van de Leidse fles.
- 1747: Nollet bouwt een van de eerste elektrometers.
- 1751: Franklin laat zien hoe elektriciteit ijzeren naalden kan magnetiseren. Hij introduceert positieve en negatieve elektriciteit.
- 1752: Franklin doet zijn experimenten met een vlieger.
- 1768: Ramsden bouwt de eerste elektriseermachine met een glazen schijf.
- 1775: Volta beschrijft zijn elektrofoor, een vervanger van de Leidse fles en een voorloper van de condensator.
- 1784: Van Marum laat de grootste elektriseermachine aller tijden bouwen.
- 1785: Coulomb doet onderzoek naar de krachten tussen geladen deeltjes.
- 1786: Bennet vindt de elektroscoop met gouden 'blaadjes' uit.
- 1791: Galvani beschrijft dat kikkerpoten bewegen in de aanwezigheid van twee verschillende metalen.
- 1796–1800: Volta vindt de eerste batterij uit.
- 1809: Davy bouwt de eerste booglamp/koolspitslamp waarin met een batterij een soort permanente vonk tussen twee koolstofstaven wordt geproduceerd.
- 1819–1820: Ørsted ontdekt bij toeval dat een kompasnaald reageert op een stroomdraad.
- 1820: Schweigger bouwt de eerste galvanometer (stroomsterktemeter).
- 1821: Faraday bouwt voor het eerst primitieve elektromotoren (die nog vrijwel geen vermogen leveren).
- 1822: Barlow toont zijn primitieve elektromotor.
- 1824–1826: Sturgeon ontdekt de werking van de spoel en bouwt de eerste elektromagneet.
- 1825–1827: Ampère komt met een theorie over het verband tussen elektriciteit en magnetisme, op basis van experimenten.

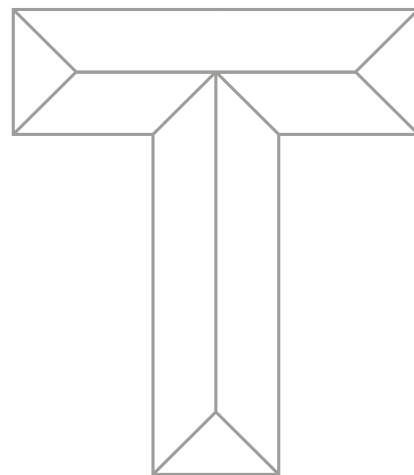
- 1827: Ohm beschrijft voor het eerst wat later de Wet van Ohm gaat heten.
- 1829: Henry publiceert over zijn onderzoek naar elektromagneten.
- 1830–1831: Henry en Faraday publiceren over het verschijnsel inductie. Faraday bouwt de eerste machine die men een (gelijkstroom) dynamo kan noemen.
- 1832: Pixii toont een primitieve (wisselstroom)dynamo die een voorloper is van de Gramme dynamo.
- 1833: Faraday laat zien dat de mate van elektrolyse van water een maat is voor de 'sterkte' van een stroombron.
- 1833–1834: Lenz ontdekt de wet die later naar hem genoemd wordt. Hij ziet ook voor het eerst het verband tussen de dynamo en de elektromotor.
- 1832–1835: Henry en Faraday ontdekken het verschijnsel zelfinductie.
- 1835–1837: Henry en Davy bouwen een primitieve telegraaf met toepassing van een relais. Morse patenteert zijn telegraaf.
- 1835: Stratingh en Becker bouwen een karretje met een elektromotor.
- 1835: Clarke bouwt een dynamo waarbij spoelen draaien langs de polen van een hoefijzermagneet.
- 1834–1839: Jacobi bouwt de eerste goed werkende elektromotoren.
- 1838: Page bouwt de eerste dynamo die gebruik maakt van elektromagneten in plaats van permanente magneten. Hij bouwt ook elektromotoren.
- 1839: Faraday ontdekt de fosforescerende gloed die ontstaat bij een elektrische ontlading in een buis met gas.
- 1840: Joule vindt een relatie tussen vermogen, stroomsterkte en weerstand.
- 1845: Faraday ontdekt dat een magneetveld invloed heeft op licht en denkt dat licht als elektromagnetische golven kan worden voorgesteld.
- 1856: Siemens vindt het dubbel-T-anker uit, een belangrijk onderdeel van de gelijkstroommotor.
- 1859: Planté vindt de accu met loodplaten uit, de eerste oplaadbare batterij.
- 1864: Maxwell publiceert zijn vergelijkingen over elektromagnetisme.
- 1867–1869: Gramme bouwt de eerste goed bruikbare en succesvolle dynamo. Met zijn dynamo is gelijkstroom op te wekken.
- 1873: Fontaine laat zien dat de dynamo van Gramme ook als elektromotor gebruikt kan worden.
- 1876: Bell en Gray patenteren ieder hun eigen telefoon.
- 1878: Wimshurst bouwt zijn eerste zeer efficiënte elektriseermachine.
- 1879: Elihu Thomson demonstreert de eerste (?) transformator.
- 1884: Tesla vindt zijn wisselstroomdynamo uit. Hij is de grote promotor van wisselstroom.
- 1888: Hertz is de eerste die radiogolven kan maken en ontvangen.

- 1891: Tesla vindt de zgn. Tesla coil uit.
- 1894: Marconi bouwt zijn eerste zender waarmee hij op 10 meter afstand een bel kan laten rinkelen. Branley gebruikt een zgn. coherer om radiogolven op te vangen. Lodge kan al radiogolven over 60 meter verzenden.
- 1895: Lorentz laat zien dat op een geladen deeltje krachten werken in de aanwezigheid van een elektrisch of magnetisch veld.



Tekening in de Ovale Zaal]

TEYLER'S



<https://www.teylersmuseum.nl>

MUSEUM·VAN·DE·VERWONDERING