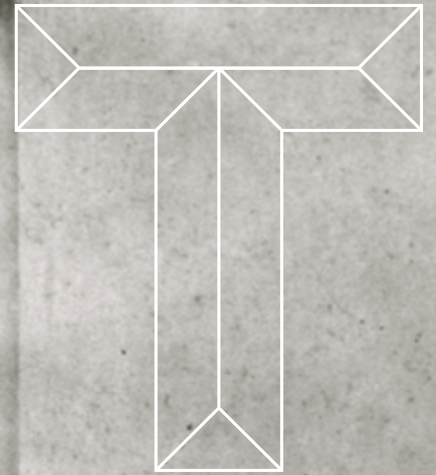


TEYLER'S



EINSTEIN WAS HERE
EXPERIMENTEREN IN HET LORENTZ LAB

DOCENTENHANDLEIDING

Inhoud

1	INLEIDING	P.4
	A INDELING VAN HET PROGRAMMA	P.5
	B DOELGROEP	P.5
	C RESERVEREN	P.5
2	VOORBEREIDENDE LES	P.6
	A INTRODUCTIE & FILM	P.6
	B ZELFSTANDIG WERKEN AAN OPDRACHTEN	P.6
	C AFSLUITING & VOORUITBLIK	P.7
3	BEZOEK AAN TEYLERS MUSEUM & HET LORENTZ LAB	P.8
	A PRAKTISCHE INFORMATIE	P.8
	B DIDACTISCHE VISIE	P.9
4	VERWERKINGSLES	P.10
	A VOORBEREIDEN PRESENTATIES	P.10
	B PRESENTATIES VAN LEERLINGEN	P.11
	C AFSLUITING	P.11
	D VERVOLG	P.11
5	ACHTERGRONDINFORMATIE	P.12
	A INSTRUMENTEN IN HET LORENTZ LAB	P.12
	B EINTERMEN EN SUBDOMEINEN	P.12
	C TIPS, TRUCS EN TROUBLESHOOTING	P.15
6	BIJLAGEN	P.19
	A ANTWOORDEN VOORBEREIDENDE LES OPDRACHT 2	P.19
	B WERKBLADEN VOOR DE VERWERKINGSLES	P.20
	C ANTWOORDEN BIJ DE VERWERKINGSLES	P.21

1. Inleiding

Hendrik Antoon Lorentz was de belangrijkste wetenschapper die aan Teylers Museum verbonden is geweest. In 1902 kreeg hij de Nobelprijs voor Natuurkunde. Vanaf 1909 tot aan zijn dood in 1928 was hij directeur van Teylers Natuurkundig Laboratorium, waar hij met assistenten experimenten uitvoerde, en gaf hij in de Geheerzaal aan geïnteresseerd publiek voordrachten over de nieuwste wetenschappelijke inzichten.

Lorentz werd bekend door zijn onderzoek naar elektromagnetisme. Hij legde hiermee de basis voor de speciale relativiteitstheorie van Albert Einstein, die de formules van Lorentz als uitgangspunt nam. Einstein keek tegen hem op en beschouwde hem als grote inspiratiebron. Hij kwam Lorentz enkele malen opzoeken in het museum.

Maar Lorentz was niet de eerste die onderzoek deed in Teylers Museum. Al vanaf de stichting in 1784 onderzocht de eerste directeur, Martinus van Marum, allerlei wetenschappelijke gebieden: van natuurkunde en scheikunde tot fossielen en mineralen. Teylers Museum heeft vanaf zijn ontstaan tot halverwege de 20e eeuw een laboratorium gehad waar baanbrekend onderzoek werd gedaan. Dit aspect van het museum is bij weinig bezoekers bekend. Daarom wil het museum door een bezoek aan het Lorentz Lab hier meer aandacht aan schenken.

Leerlingen worden in het Lorentz Lab gestimuleerd om met historische opstellingen de belangrijkste ontdekkingen op het gebied van elektriciteit en elektromagnetisme zelf te ervaren. Zij voeren oorspronkelijke proeven uit m.b.v. replica's van oude instrumenten en onderzoeken de samenhang tussen beide fenomenen. En ze krijgen een spectaculaire demonstratie van de Grote Elektriseermachine van Martinus van Marum!

Door middel van de begeleidende lesmaterialen ontdekken zij bovendien de geschiedenis van de belangrijkste ontdekkingen op het gebied van elektromagnetisme, beseffen ze welke enorme sprong voorwaarts de wetenschap heeft gemaakt in de 18e en 19e eeuw en onderzoeken ze welke invloed deze ontwikkelingen hebben en hebben gehad op ons dagelijks leven.

A INDELING VAN HET PROGRAMMA

Het programma *Einstein was here* bestaat uit drie delen:

Vorbereidende les op school (50 min)
Bezoek aan Teylers Museum (2 uur)
Afluitende les op school (50 min)

B DOELGROEP

Leerlingen Natuurkunde uit de bovenbouw havo/vwo: 4 & 5 havo en 4 t/m 6 vwo.

In de ontwikkeling van het programma is goed gekeken naar het curriculum en de eindexameneisen van natuurkunde in havo/vwo. Een denktank van diverse docenten heeft nauwgezet meegelezen en hun leerlingen hebben verschillende keren de opzet van de experimenten getest.

C RESERVEREN

Reserveren is noodzakelijk en is mogelijk tot uiterlijk 10 werkdagen voorafgaand aan uw bezoek. Per klas hanteert het museum een maximum van 30 leerlingen. Annulering kan kosteloos tot 5 werkdagen voor uw bezoek.

Het bezoek kan elke dag behalve maandag worden ingepland tussen 9 en 12 uur.

Reserveren kunt u doen bij de afdeling Publiekszaken:
T 023 5160972 of E reserveringen@teylersmuseum.nl.

De kosten voor het programma zijn €195,-. Begeleiding vanuit school heeft gratis toegang: het museum rekent per 15 leerlingen op 1 begeleidend docent vanuit school. De cultuurkaart is geldig.

2. Voorbereidende les

<http://lorentzlab-les.teylersmuseum.nl>

Duur: 50 min

Doelen van de les:

Leerlingen maken kennis met de geschiedenis van onderzoek naar elektriciteit en magnetisme.

Leerlingen ontdekken aan de hand van een aantal 18e en 19e eeuwse theorieën dat de ontwikkeling van wetenschap niet altijd lineair verloopt.

Leerlingen leren de rol van de wetenschappelijke methode bij grote ontdekkingen over elektriciteit en magnetisme op waarde schatten.

Leerlingen beseffen dat in de 18e en 19e eeuw de kennis over elektriciteit kleiner was dan nu, en dat onze huidige kennis is voortgekomen uit het onderzoek van toen.

Benodigdheden:

Digibord om de voorbereidende les op te kunnen laten zien

OF

Tablets of computers & internet voor de leerlingen om zelfstandig de voorbereidende les te doen en informatie op te kunnen zoeken

A INTRODUCTIE EN FILM (10 MIN)

Om het bezoek aan het Lorentz Lab te introduceren kunt u vertellen dat leerlingen onderzoek gaan doen naar elektriciteit en elektromagnetisme m.b.v. replica's van oude instrumenten in Teylers Museum – het oudste museum van Nederland. Bovendien krijgen ze een spectaculaire demonstratie van de Grootste Elektriseermachine ter wereld.

Vervolgens bekijkt u samen de korte film waarin het onderzoekslaboratorium en professor H.A. Lorentz worden toegelicht. Ter voorbereiding op het bezoek aan het museum is het noodzakelijk dat de leerlingen deze film zien. Als de leerlingen het museum nog helemaal niet kennen, kunnen ze ook de algemene inleidende korte film over het museum bekijken.

B DIGITALE LES (35 MIN)

U kunt de digitale les klassikaal doen en de opdrachten met elkaar bespreken. Het is ook mogelijk om de leerlingen in groepjes aan de opdrachten te laten werken op een tablet of computers. De antwoorden bij de opdrachten vindt u in

Bijlage A. Verdeel in ieder geval de onderwerpen over de (groepjes) leerlingen, zodat alle thema's aan bod komen.

C AFSLUITING EN VOORUITBLIK (5 MIN)

Bespreek de bevindingen van de leerlingen. Stuur hierbij aan op de volgende conclusies:

In een vrij korte periode is er in de 18e en 19e eeuw veel ontdekt over elektriciteit, magnetisme en de relatie tussen deze twee fenomenen. Hierbij speelde de nieuwe empirische aanpak van wetenschappelijk onderzoek een belangrijke rol.

De ontdekkingen en ontwikkelingen van toen vormen de basis voor ons huidig begrip en gebruik van elektromagnetisme.

Bespreek ten slotte het aanstaande bezoek aan het Lorentz Lab:

De leerlingen krijgen een demonstratie van een replica van de grote elektriseermachine van Martinus van Marum uit 1784.

De leerlingen bekijken de echte instrumenten in de collectie waarmee het oorspronkelijke onderzoek is uitgevoerd. De leerlingen komen meer te weten over de persoon en het werk van Hendrik Lorentz in Teylers Museum.

Leerlingen gaan zelf aan de slag met (replica's van) historische opstellingen om onderzoeksvragen te beantwoorden. De opstellingen hebben allemaal bijgedragen aan onze huidige kennis over elektriciteit en magnetisme.

Tijdens de workshop houden ze een logboek bij en maken ze een visueel verslag met foto's en film, t.b.v. de presentatie die ze in de verwerkingsles aan de rest van de klas gaan geven. In het Lorentz Lab zullen tablets aanwezig zijn waarmee ze dit verslag kunnen maken. Na afloop krijgen de leerlingen en u per mail de verslagen toegestuurd. Via een link in de mail zijn de bestanden tot 6 weken na het bezoek te downloaden.

Leerlingen maken een visueel verslag op basis van onderstaande vragen:

Welke opstelling heb je gebruikt in het Onderzoekslab?

Wat was je onderzoeksvraag en hoe heb je het onderzoek uitgevoerd?

Wat heb je ontdekt?

Hoe verliep de proef?

Wat vond je ervan om dit onderzoek te doen met een historische opstelling?

Wat weet je over de wetenschapper die de opstelling bedacht heeft?

3. Bezoek aan Teylers Museum en het Lorentz Lab

Duur: 120 min.

Randvoorwaarde: De leerlingen hebben voorafgaand aan het bezoek, op school de korte introductiefilm bekeken.

A PRAKTISCHE INFORMATIE

Bij aankomst wordt de klas in twee subgroepen gesplitst: A en B. Elke subgroep gaat met een begeleider het museum in.

Groep A

Groep A start in het museum met open kijk- en discussieopdrachten.

Ze bekijken o.a. de oude instrumenten en mogen foto's nemen met hun smartphone (35 min).

Het museumbezoek wordt afgesloten met de spectaculaire demonstratie van de Grote Elektriseermachine van Martinus van Marum en een bezoek aan de werkkamer van professor Lorentz (20 min).

Vervolgens gaat de groep naar het Onderzoekslab om de proeven met de historische opstellingen te doen (50 min).

Het programma besluit met een korte conclusie en evaluatie, en het opruimen van de materialen (10 min).

Groep B

Groep B start in het Onderzoekslab en doet daar de proeven met de historische opstellingen o.l.v. de labmeester (50 min).

Dit onderdeel wordt afgesloten met een korte evaluatie en de materialen worden opgeruimd (10 min).

De groep krijgt vervolgens de spectaculaire demonstratie van de Grote Elektriseermachine van Martinus van Marum en een bezoek aan de werkkamer van professor Lorentz (20 min).

Het deel in het museum bestaat uit open kijk- en discussieopdrachten. De leerlingen bekijken o.a. de oude instrumenten en mogen foto's nemen met hun smartphone (35 min).

De visuele verslagen die de leerlingen maken in het Onderzoekslab, krijgen de leerlingen en u per mail toegestuurd. Via een link in de mail zijn de bestanden tot 6 weken na het bezoek te downloaden.

B DIDACTISCHE VISIE

Van de drie soorten practica (vaardigheden, onderzoek en begrip) is in het Lorentz Lab gekozen te focussen op vaardigheden en daarnaast de onderzoekende houding van leerlingen te stimuleren.

4. Verwerkingsles

Duur: 50 min

Doelen:

Leerlingen delen de opgedane kennis en ervaring met de rest van de klas door middel van presentaties.

Eventueel: de leerlingen leggen de link tussen onderzoek uit het verleden en huidige ontwikkelingen.

Benodigheden:

Smartboard (of computer & beamer) om de visuele verslagen van de leerlingen te tonen

Werkbladen voor de leerlingen (zie Bijlage B)

Computers & internet voor de leerlingen

A VOORBEREIDEN PRESENTATIES (10 MIN)

Laat eerst de leerlingen hun presentatie kort voorbereiden. Dit doen ze m.b.v. de film en foto's die ze in het Lorentz Lab hebben gemaakt. Deze verslagen zijn te downloaden (tot 6 weken na het bezoek) via de link in de mail die ze toegestuurd hebben gekregen. Het is praktisch om uit de subgroepen A en B de groepjes bij elkaar te laten zitten die dezelfde proeven hebben gedaan, en hen samen de presentatie te laten geven. Zo beperkt u het aantal presentaties tot maximaal 9 (het aantal verschillende proeven in het Lorentz Lab).

Opdracht voor de leerlingen is om in hun presentaties de volgende onderwerpen te verwerken:

Een persoonlijke noot: Wat vonden ze ervan om te experimenteren met historische opstellingen, wat verraste hen? Wat vonden ze van de demonstratie van de Grote Elektriseermachine?

Het onderzoek: Welke opstelling hebben ze gebruikt tijdens de workshop in het Lorentz Lab? Wat was de onderzoeksvraag, en hoe hebben ze deze onderzocht?

Wat weten ze over de wetenschapper die de opstelling bedacht heeft?

Terugblik en conclusie: wat hebben ze geleerd van het proces? Hoe vonden ze het gaan?

B PRESENTATIES (35 MINUTEN)

De leerlingen geven in groepjes een korte presentatie (max. 5 min) over hun bevindingen.

C AFSLUITING (5 MIN)

In een afsluitend gesprek met de leerlingen kunt u tot (enkele van) de volgende conclusies komen:

In de 17e en 18e eeuw heeft de kennis over elektriciteit en magnetisme een enorme sprong voorwaarts gemaakt. Dit werd mogelijk doordat wetenschappers experimenten gingen gebruiken om theorieën te toetsen.

Deze vooruitgang was echter niet altijd rechtlijnig: soms moesten conclusies worden herzien, of werd een resultaat over het hoofd gezien.

Doordat wetenschappers elkaars proeven probeerden te herhalen en elkaars bevindingen onderzochten, werden de fenomenen 'electriciteit' en 'magnetisme' steeds beter begrepen.

Deze aanpak, waarbij door middel van proeven een theorie wordt getest en wetenschappers experimenten herhalen om resultaten te valideren, ligt nog steeds ten grondslag aan de huidige wetenschappelijke methode.

De ontdekking van de link tussen elektriciteit en magnetisme heeft geleid tot een revolutie op het gebied van communicatie, vervoer en ons leven in en om huis.

Overigens vonden de ontwikkelingen op het gebied van elektriciteit en magnetisme plaats binnen een veel bredere context: van scheikunde tot biologie en geologie werden in dezelfde periode ook grote ontdekkingen gedaan, doordat wetenschappers experimenteerden en hun bevindingen met elkaar deelden.

D VERVOLG: HUISWERKOPDRACHT

U kunt het bezoek aan het Lorentz Lab nog een vervolg geven door de leerlingen onderzoek te laten doen naar welke huidige toepassingen of ontwikkelingen (mede) mogelijk zijn gemaakt door de ontdekkingen in de 18e en 19e eeuw.

In Bijlage B vindt u daartoe werkbladen die u als huiswerkopdracht kunt meegeven. In Bijlage C vindt u de bijbehorende antwoorden.

Leerlingen onderzoeken d.m.v. deze opdracht de moderne ontwikkelingen op het gebied van elektriciteit en magnetisme, en maken hiervan een (poster)presentatie. Te denken valt aan wifi, de mobiele telefoon, elektrische auto's, zweeftreinen, GPS, elektrische huishoudelijke apparaten, elektronenmicroscopen. De laatste jaren vinden er tevens grote ontwikkelingen plaats op het gebied van miniaturisatie van computerchips. Hierdoor kunnen kleinere computers steeds meer doen. Dit heeft weer gevolgen voor toepassingen op diverse terreinen als de geneeskunde (lab on a chip) en de ruimtevaart (als de instrumenten minder wegen, kun je meer meesturen).

5. Achtergrondinformatie

Op de website <http://lorentzlab-les.teylersmuseum.nl> vindt u uitgebreide achtergrondinformatie over Lorentz en Teylers Laboratorium, de replica's in het huidige Lorentz Lab, de wetenschappers achter de oorspronkelijke experimenten en een tijdlijn van ontdekkingen in de 18e en 19e eeuw. Deze achtergrondinformatie is ook nadrukkelijk bedoeld voor de leerlingen om kunnen te gebruiken in hun presentaties.

A DE INSTRUMENTEN IN HET LORENTZ LAB

Er staan 9 proefopstellingen in het Lorentz Lab. Bijna allemaal zijn het replica's van instrumenten uit de collectie van Teylers Museum:

De Zuil van Volta (ca. 1800)
 De proef van Ørsted en de Sinusgalvanometer (ca. 1820)
 De proef van Ampère (1825)
 De ring van Faraday (1830)
 De elektromotor van Ritchie (1857)
 De dynamo van Clarke (1833)
 De spiraal van Riess (1834)
 De aurorabuis van De la Rive (ca. 1858)
 Met Rad van Barlow (1856)
 En Ruhmkorffklos (1880)
 De elektriseermachine van Holtz (1865)
 Met elektrofoor (1769)

B EINDTERMEN EN DOMEINEN

[Eindtermen algemeen](#)

[De volgende eindtermen gelden bij alle experimenten in dit document:](#)

[Havo](#)

[Subdomein A5 \(Vaardigheden\): Onderzoeken](#)

De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

[Subdomein A6: Ontwerpen](#)

De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

[Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium](#)

De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

[Subdomein A9: Waarderen en oordelen](#)

De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

[Subdomein A10: Kennisontwikkeling en -toepassing](#)

De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

[Subdomein A11: Technisch-instrumentele vaardigheden](#)

De kandidaat kan op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

[Subdomein A15: Kwantificeren en interpreteren](#)

De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en mathematische uitdrukkingen in verband brengen met relaties tussen fysische begrippen.

[Domein H: Natuurkunde en technologie](#)

De kandidaat kan in voorbeelden van technologische ontwikkeling die vallen binnen de subdomeinen van het centraal examen natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen.

[VWO](#)

[Subdomein A5 \(Vaardigheden\): Onderzoeken](#)

De kandidaat kan in contexten vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

[Subdomein A6: Ontwerpen](#)

De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

[Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium](#)

De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en oordelen

De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Subdomein A10: Kennisontwikkeling en -toepassing

De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Subdomein A11: Technisch-instrumentele vaardigheden

De kandidaat kan op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein A15: Kwantificeren en interpreteren

De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en mathematische uitdrukkingen in verband brengen met relaties tussen fysische begrippen.

PER PROEF GELDEN DE VOLGENDE EINDTERMEN:**Havo****Subdomein C2 (Beweging en energie): Energieomzettingen**

De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren. Zuil van Volta & Voltameter; Proef van Ampère, Ørsted & Sinusgalvanometer; Dynamo van Clarke; Elektromotor van Ritchie

Subdomein D1 (Materialen): Eigenschappen van stoffen en materialen

De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en verklaren m.b.v. atomaire en moleculaire modellen. Elektriseermachine van Holtz & Leidse fles

Subdomein G1 (Meten en regelen): Gebruik van elektriciteit

De kandidaat kan opwekking, transport en toepassingen van elektriciteit beschrijven en analyseren aan de hand van fysische begrippen. Zuil van Volta & Voltameter; Proef van Ampère, Ørsted & Sinusgalvanometer; Dynamo van Clarke; Elektromotor van Ritchie; Spiraal van Riess

VWO**Subdomein C2 (Beweging en wisselwerking): Energie en wisselwerking**

De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren. Dynamo van Clarke; Elektromotor van Ritchie

Subdomein D1 (Lading en veld): Elektrische systemen

De kandidaat kan in contexten elektrische schakelingen analyseren m.b.v. de wetten van Kirchhoff. Daarbij kan de kandidaat energieomzettingen analyseren. Zuil van Volta & Voltameter; Proef van Ampère, Ørsted & Sinusgalvanometer; Dynamo van Clarke; Elektromotor van Ritchie

Subdomein D2 (Lading en veld): Elektrische en magnetische velden

De kandidaat kan in contexten elektromagnetische verschijnselen beschrijven, analyseren en verklaren m.b.v. elektrische en magnetische velden. Proef van Ampère, met proef van Ørsted en Sinusgalvanometer; Spiraal van Riess; Aurorabuis van De la Rive & Rad van Barlow; Elektriseermachine van Holtz & Leidse fles

Subdomein E2 (Straling en materie): Elektromagnetische straling en materie

De kandidaat kan in astrofysische en andere contexten de wisselwerking tussen straling en materie beschrijven en verklaren a.h.v. de begrippen atoomspectrum, absorptie, emissie en stralingsenergie. Aurorabuis van De la Rive & Rad van Barlow

C TIPS, TRUCS EN TROUBLESHOOTING

In het Lorentz Lab is een labmeester aanwezig die de leerlingen begeleidt bij de experimenten. Maar ook u kunt uw leerlingen helpen bij de proeven. Hieronder daarvoor enkele nuttige tips en trucs.

Zuilen van Volta:

Alle plaatjes elke keer na afloop van de proef afspoelen, met een (Scotch-brite) sponsje. Spoel ze stuk voor stuk af, dus niet alle plaatjes tegelijk in een bak water leggen. Daarna laten drogen aan de lucht. De twee zuilen zijn middels het vaste koperen plaatje op het houten plankje met elkaar verbonden.

Bovenop de ene zuil komt het koperplaatje met aansluitpunt en bovenop de andere zuil komt het zinkplaatje met aansluitpunt.

De lapjes uitknippen voordat ze in de zuil gelegd worden.

Tijdens het stapelen niet drukken op de zuilen; dat beïnvloedt de spanning.

Sinusgalvanometer:

De stroommeter instellen op mA.

Met waterpas bovenop het kompas waterpas afstellen.

Draai het draaiende deel van het instrument zó dat het indicatiestreepje de 0 aanwijst. Draai het hele instrument zo dat de kompasnaald naar 90 wijst.

De naald staat dan dus precies in het vlak van de spoel.

Voer de stroomsterkte langzaam in stapjes op.

Laat de kompasnaald eerst tot stilstand komen. Dit vraagt geduld!

Proef van Ørsted:

De kompasnaald is zeer gevoelig. Het is belangrijk voedingen en apparaten die aan staan en magnetische voorwerpen zo ver mogelijk van het kompas te houden (ook smartphones!).

Het kompas is zowel in hoogte als in het horizontale vlak te verstellen. Voor het verplaatsen in hoogte moet men onder het kompas aan een verstelschroef draaien. Voor de andere verplaatsing moet men aan de verstelschroef op de houten plank draaien.

Verdraai de plank en het kompas aan het begin van de proef zo dat bij uitgeschakelde stroom de kompasnaald evenwijdig staat aan de draad.

Ampère-opstelling met draadraam:

Het zwarte opgehangen draadraam niet verbuigen! Vooral niet de scherpe punten bovenop. Zorg wel dat ze tegelijkertijd zo diep mogelijk in de kuiltjes hangen.

Gebruik een waterpas om de plank goed recht te zetten.

Doe met een pipet in beide 'schaaltjes' één druppel Galinstan.

Gebruik de schakelaar bovenop om aan te tonen dat bij wisseling van de stroom inderdaad de afstotende kracht verandert in een aantrekkende kracht en v.v.

Het is de kunst om de schakelaar vrij snel om te zetten zodra er afstoting/aantrekking is; anders wordt de afstand te groot/klein om tegenovergestelde effect te realiseren.

Spiraal van Riess:

Varieer de afstand tussen de twee spoelen in kleine stapjes. Een afstand van meer dan ongeveer 5 cm heeft geen zin.

Trek de bovenste schijf met beide handen voorzichtig omhoog en draai de schroef stevig aan.

Elektromotor van Ritchie:

Als het gewichtje (200 gram) helemaal boven is, treedt een slipkoppeling in werking zodat er niets mis kan gaan.

De motor kan aan en uit gezet worden met de schakelaar bij de motor.

Controleer eerst of de motor soepel draait, of het touw goed bevestigd is aan de takelinstallatie en of het gewichtje niet gehinderd wordt bij het optakelen.

Met een meetlat kan de verplaatsing van het gewichtje gemeten worden en met een stopwatch (eventueel op de telefoon) de ophijstijd.

Dynamo van Clarke:

Bij het verwisselen van de spoelen zeer voorzichtig zijn. De borstels niet verbuigen. Niet te hard aan de hendel draaien.

Voor het vervangen van de ene set spoelen door de andere als volgt te werk gaan:

- 1) De drijfriem losmaken van het onderste wiel.
- 2) Onder de draaihendel zit onderaan de messing ashouder een schroef. Deze een beetje losdraaien.
- 3) Met de ene hand de spoelen ondersteunen en met de andere hand de lager in de ashouder een beetje los draaien tot je voelt dat je de as met spoelen eruit kunt halen.
- 4) De as met de spoelen voorzichtig verwijderen.
- 5) Daarna in omgekeerde volgorde de andere set erin plaatsen. Bij het aandraaien van de lager controleren of de as niet te strak vast zit.
- 6) De drijfriem kan strakker gespannen worden met de zwarte knop tussen de poten van de magneet.

Rad van Barlow:

Doe met een pipet net zoveel Galinstan in het bakje tot de scherpe punten van het rad ongeveer 1 millimeter in het Galinstan steken.

Galinstan niet uitwrijven want dat geeft zwarte vlekken. Ze kunnen wel met een sopje weggehaald worden

Schuif met de hoefijzermagneet tot de motor goed draait; schuif de magneet naar buiten, weg van de zuil.

Zorg ervoor dat het rad niet te snel gaat draaien want anders vliegt het Galinstan in de rondte!

Aurorabuis van De la Rive:

Sluit eerst de Ruhmkorff aan op de Aurorabuis. De stekkers voorzichtig aansluiten en niet aan de kabels trekken.

Soms doet de Ruhmkorff het niet; dat kan komen omdat het trilplaatje van de onderbreker dan niet wil trillen. Dan moet men draaien – heel subtiel – aan de stelwielletjes van de onderbreker. Kleine vonkjes zullen altijd zichtbaar zijn bij de onderbreker, dat is niet verontrustend.

Voor de Ruhmkorff geldt: zet je er een te hoge spanning op, dan stopt de onderbreker ermee.

Nooit met de handen bij de aansluitpunten bovenop de Ruhmkorff komen.

Als de opstelling in werking is, geen enkel metalen onderdeel aanraken.

Zet de schakelaar van de elektromagneet op de Aurorabuis in de neutrale stand en sluit de voeding hierop aan.

Sluit pas daarna de voeding van de Ruhmkorff aan.

Met de schakelaar van de elektromagneet kan de stroomrichting worden omgedraaid waardoor de lichtboog de andere kant op zal draaien.

De glazen buis is breekbaar en zeer kostbaar. Behandel hem zeer voorzichtig.

Elektriseermachine van Holtz:

Er is een stilstaande grote schijf en een kleine draaiende schijf met twee gaten en twee donkere segmenten.

Zet de bolletjes waar de vonken moeten overspringen bij het opstarten van de machine tegen elkaar aan.

Als je voor de machine staat, waar de draaihendel is, dan zit rechts het gat boven het segment. De tanden van de kam moeten net onder het gat zitten.

De rechter flap moet ontladen worden met de hand voordat je begint te draaien. Het linker segment wordt geladen door de knop van de volle Leidse fles er tegen te houden. Dit hoeft niet lang te duren.

Draai tijdens het opladen van het linker segment de hendel rechtsom.

Zodra je hoort dat er lading aanwezig is in de machine, schuif je de bolletjes langzaam uit elkaar. Er moeten dan vonken gaan overspringen bij de bolletjes.

De machine kan ontladen worden door de bolletjes tegen elkaar aan te houden.

Als de machine helemaal geen vonk wil geven, dan is er een truc: terwijl de een aan de hendel draait, houdt de ander een konijnenvel in een van de twee gaten van de schijf. Deze draaiende schijf wordt zo door wrijving opgeladen.

Elektrofoor:

De elektrofoor moet geaard worden. Voor aarding verbind je het haakje onderaan de elektrofoor met behulp van een metalen ketting met bijv. een radiator.

Wrijf met de bijbehorende doek over het witte teflon vlak.

Pak de condensatorplaat bij het handvat en druk deze op het teflon. Houd dit zo vast.

Tik met een metalen stang, of vinger, op de bovenkant van de condensatorplaat. Als je dan de condensatorplaat optilt, is hij geladen. Je kunt dit checken door de metalen stang bij het haakje te houden.

Daarna ga je de kleine Leidse fles 'vullen'. Laad de condensatorplaat op en houd het uitstekende bolletje van de plaat vlakbij het bolletje bovenop de Leidse fles. Herhaal dit tot de vonk die overspringt naar de fles klein is geworden: de fles is dan vol.

6. Bijlagen

I	VOORBEREIDENDE LES:	Antwoorden opdracht 2	p.19
II	VERWERKINGSLES:	Werkblad voor leerlingen	p.20
III	VERWERKINGSLES:	Antwoordblad	p.21

I **VOORBEREIDENDE LES:** **ANTWOORDEN**

OPDRACHT 2A EN 2B: ONTDEKKINGEN

1780	Galvani	Ontdekking dat de spieren in het been van een kikker zich samentrekken als de spier door twee verschillende metalen wordt aangeraakt.
1800	Volta	Ontdekking dat stroom opgewekt kan worden door de combinatie van twee verschillende metalen en een zout- of zuuroplossing.
1820	Ørsted	Ontdekking dat een kompasnaald uitslaat in de buurt van draad waar stroom doorheen loopt.
1826	Ampère	Ontdekking van de wet die de kracht beschrijft tussen twee draden waar een stroom doorheen loopt.
1831	Faraday	Ontdekking dat je met een magnetisch veld een elektrische stroom kunt opwekken en ontwikkeling van de eerste elektromotor.
1892	Lorentz	Een formule die de kracht beschrijft die een bewegende lading ondervindt in een elektrisch en magnetisch veld.

OPDRACHT 2C

1784	Opening Teylers Museum
1789	Franse Revolutie
1815	Slag bij Waterloo
1830	België Onafhankelijk
1848	Nederlandse Grondwet
1896	1e Moderne Olympische Spelen

II VERWERKINGSLES: WERKBLAD VOOR LEERLINGEN

Presentatie van je onderzoek in het Lorentz Lab

Geef als groepje een presentatie aan je medeleerlingen over je ervaringen in het Lorentz Lab. De presentatie mag max. 5 minuten duren. Gebruik het visueel verslag dat je hebt gedownload, en maak het eventueel nog mooier m.b.v. iMovie. Verwerk in de presentatie in ieder geval de volgende onderwerpen:

Een persoonlijke noot:

- Wat vond je ervan om te experimenteren met historische opstellingen?
- Wat verraste je?
- Wat vond je van de demonstratie van de Grote Elektriseermachine?

Het onderzoek:

- Welke opstelling heb je gebruikt tijdens de workshop in het Lorentz Lab?
- Wat was de onderzoeksvraag en hoe heb je deze onderzocht?
- Wat heb je ontdekt?
- Wat weet je over de wetenschapper die de opstelling bedacht heeft?

Terugblik en conclusie:

- Hoe verliep de proef?
- Wat heb je geleerd van het proces?
- Hoe vond je het gaan?

Zorg dat jullie allemaal aan het woord komen tijdens de presentatie: verdeel de taken.

HUISWERKOPDRACHT:

Sinds de tijd van Lorentz – en zeker sinds de tijd van Van Marum – hebben de ontwikkelingen en toepassingen van elektromagnetisme elkaar in rap tempo opgevolgd.

Onderzoek (in een groepje of alleen) welke moderne toepassing mede mogelijk is gemaakt door de historische opstelling die je tijdens de workshop hebt gebruikt. Beantwoord de volgende vragen:

Hoe heeft de historische opstelling bijgedragen aan (de ontwikkeling van) deze moderne toepassing?

Heeft de ontwikkeling van deze toepassing invloed (gehad) op de maatschappij? Zo ja, welke?

III VERWERKINGSLES: ANTWOORDEN HUISWERKOPDRACHT

Mogelijke antwoorden zijn:

	Moderne toepassing die mede mogelijk is gemaakt door...	Hoe heeft de oude opstelling hieraan bijgedragen?	Invloed op de maatschappij
Zuil van Volta	De batterij. De zuil van Volta maakte als stroombron verschillende experimenten mogelijk, onder andere op het gebied van scheikunde, maar vooral ook op het gebied van elektromagnetisme. Maar de zuil van Volta werd ook verder verfijnd tot moderne batterijen, die onder andere te vinden zijn in auto's, telefoons, hoortoestellen en speelgoed.	Door het inzicht dat door bepaalde materialen te combineren een redoxreactie optreedt, waardoor er een potentiaalverschil tussen de twee polen ontstaat.	Batterijen maken mobiele toepassingen mogelijk die afhankelijk zijn van stroom. Zonder batterij zou veel van wat we doen vastzitten aan een snoer.
Elektriseermachine van Holtz	De elektriseermachine van Holtz kan worden gezien als de voorloper van de Van de Graaff generator.	De elektriseermachine van Holtz was een van de elektriseermachines die in de 19e en begin 20e eeuw werden ontwikkeld, waarmee grote hoeveelheden lading verzameld konden worden.	Moderne elektriseermachines spelen een rol bij het onderzoek naar materie.

	Moderne toepassing die mede mogelijk is gemaakt door...	Hoe heeft de oude opstelling hieraan bijgedragen?	Invloed op de maatschappij
Elektrofoor	De elektrofoor kan gezien worden als een handmatig bediende elektrostatische generator, die van hetzelfde principe gebruik maakt als de elektriseermachine. Zie antwoorden elektriseermachine.	Zie elektriseer-machine.	Zie elektriseer-machine.
Ørsted	Wifi	Ørsted toonde de link tussen elektriciteit en magnetisme aan, door te laten zien dat een kompasnaald uitwijkt in de buurt van een draad waar stroom doorheen loopt. Zonder deze ontdekking zou wifi nooit mogelijk zijn geweest.	Draadloos bellen en internetten wordt tegenwoordig gezien als een van de eerste levensbehoeftes – we gebruiken het niet alleen om te communiceren maar ook om te navigeren.
Proef van Ampère	Magnetron.	Ampère heeft de wet gevonden die bepaalt hoe en in welke richting een kompasnaald in de buurt van een draad waar stroom doorheen loopt afwijkt. Zonder deze ontdekking zouden we elektromagnetische golven (waaronder microgolven die in microgolf oven worden gebruikt) niet kunnen gebruiken.	Het opwarmen van eten is met de komst van de magnetron een stuk makkelijker geworden!

	Moderne toepassing die mede mogelijk is gemaakt door...	Hoe heeft de oude opstelling hieraan bijgedragen?	Invloed op de maatschappij
Spiraal van Riess	Elektriciteitsnet	Transformatoren worden gebruikt voor het verhogen of verlagen van de spanning.	Zonder elektriciteitsnet zou ieder huis zijn eigen elektriciteitsvoorziening moeten hebben.
Sinusgalvanometer	Moderne stroommeters, verschillende toepassingen van elektromagnetisme.	De sinusgalvanometer werd gebruikt om stroom te meten. Dit droeg bij aan het fundamentele begrip van de relatie tussen elektriciteit en magnetisme en maakte ander onderzoek mogelijk.	Eigen antwoord.
Elektromotor van Ritchie	Moderne elektromotoren – bijvoorbeeld voor de ventilator die computers koelt.	De elektromotor van Ritchie was een voorloper van moderne elektromotoren.	Zonder ventilator geen computer en zonder computer helemaal niets!
Dynamo van Clarke	Fietslampen	De dynamo van Clarke is een voorloper van moderne dynamo's.	Voorals in een land waar veel gefietst wordt, is het fijn om voor het licht niet afhankelijk te zijn van batterijen.
Ring van Faraday	Transformatoren, zie ook Spiraal van Riess.	Deze ring was een van de eerste voorbeelden van een transformator.	Transformatoren speelden een essentiële rol in het elektriciteitsnet.

	Moderne toepassing die mede mogelijk is gemaakt door...	Hoe heeft de oude opstelling hieraan bijgedragen?	Invloed op de maatschappij
Rad van Barlow	Moderne elektromotoren, bijvoorbeeld voor de lopende band van de supermarkt.	Het rad van Barlow was een voorloper van moderne elektromotoren.	Zonder elektromotoren zouden vrijwel alle bewegende apparaten tot stilstand komen.
De la Rive buis	TL-lampen	De la Rive liet met zijn buis zien dat bepaalde gassen onder een lage druk licht geven, onder invloed van een elektrisch ontlading.	TL-lampen (maar ook spaarlampen) worden op verschillende plekken toegepast. De lichtopbrengst per watt is een stuk hoger bij tl-buizen dan bij gloeilampen.