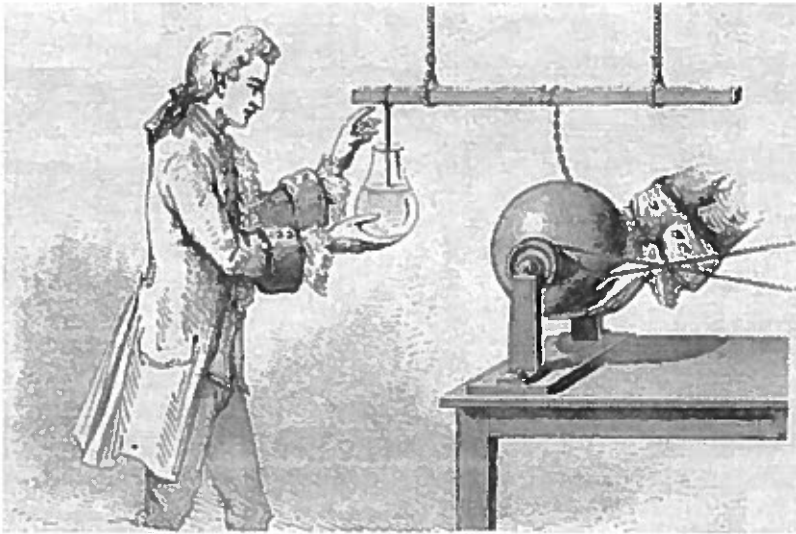


Eindtentamen Geschiedenis van de moderne Natuurkunde (NS-361B)

Beantwoord de volgende vragen bondig maar volledig. *Voorzie al je antwoorden van een toelichting.* Besteed veel aandacht aan logische verbanden, argumentatie en voorbeelden.

Opgave 1. Natuurkunde in de achttiende eeuw.



Afbeelding 1. Leidse fles.

De Leidse fles (zie afbeelding 1) werd rond het midden van de achttiende eeuw ontdekt door Ewald Jürgen von Kleist en Andreas Cunaeus. De experimentele opstelling van de Leidse fles was in wezen een variant van andere achttiende-eeuwse proefjes met een elektriseermachine, zoals de ‘elektrische kus’.

a) **4p.** Welke onderdelen van het experiment waren standaard voor die tijd? Verwijs daarbij naar objecten in die afbeelding.

De Leidse fles week echter in één cruciaal opzicht af van de standaardproefjes. De ontdekkers ervan voerden het experiment daarmee eigenlijk verkeerd uit. Dat het effect van de fles zo sterk was, kwam als een grote verrassing, want binnen de toen gangbare opvattingen van elektriciteit had er juist geen schok moeten zijn.

b) **4p.** Wat deden Kleist en Cunaeus verkeerd? Waarom had er binnen het toen geldende ‘paradigma’ geen schok moeten optreden?

Benjamin Franklin maakte helder onderscheid tussen geleiding enerzijds en aantrekkende/afstotende krachten op afstand anderzijds.

c) **2p.** Leg uit hoe dit hem hielp de werking van de Leidse fles te verklaren.

Benjamin Franklin kan gezien worden als een typische vertegenwoordiger van de achttiende-eeuwse wetenschap.

d) **4p.** Geef twee redenen / voorbeelden waarom dit het geval is.

Opgave 2. Van imponderabilia naar energie

In het achttiende en begin negentiende-eeuwse natuurkunde speelde zogenaamde *imponderabilia* een grote rol.

a) **2p.** Wat wordt hieronder verstaan?

Volgens wetenschapshistoricus Fokko Jan Dijksterhuis is de dominantie van imponderabilia in natuurwetenschappelijke verklaringsmodellen een indicatie van het 'chemische' wereldbeeld van de achttiende eeuw.

b) **2p.** Leg uit waarom je dat zou kunnen zeggen.

We weten nu dat de calorische theorie van warmte niet klopt. Toch was deze aan het einde van de achttiende en het begin van de negentiende eeuw de dominante theorie onder natuurwetenschappers.

c) **4p.** Noem twee uitgangspunten van de calorische theorie.

Volgens wetenschapshistoricus Thomas Kuhn vormde de beschikbaarheid van allerlei 'omzettingsprocessen', in de jaren 30 van de negentiende eeuw, een belangrijke achtergrond voor de ontdekking van de wet van behoud van energie.

Natuurlijk waren sommige omzettingsprocessen al rond 1800 beschikbaar. Maar ze werden doorgaans niet als zodanig herkend.

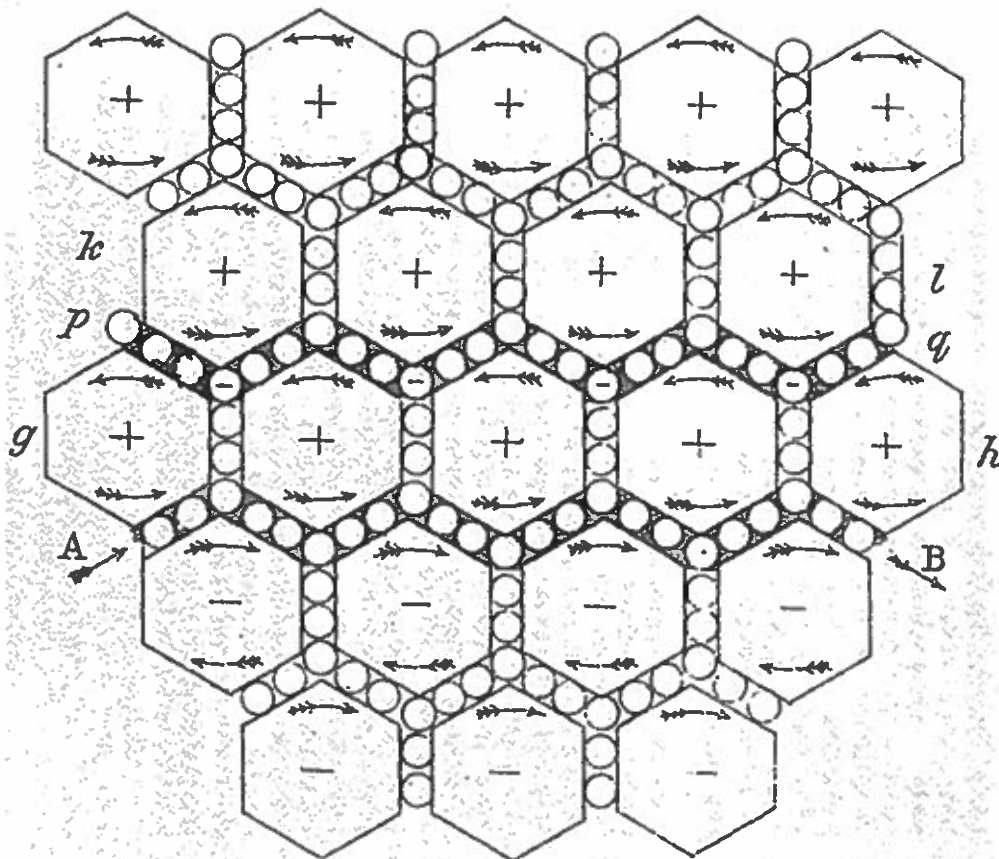
d) **2p.** Waarom niet?

De introductie van de wet van behoud van energie zou een transformatie teweeg brengen in de natuurkunde. Sterker nog, je zou kunnen zeggen dat de natuurkunde als discipline pas vorm en eenheid kreeg door deze ontdekking.

e) **4p.** Licht dit kort toe.

Opgave 3. Maxwelltheorie.

In zijn 'On Physical Lines of Force' (1861-1862) formuleerde Maxwell de eerste systematische elektromagnetische veldentheorie. Hierbij werkte hij met het onderstaande model:



Afbeelding 2: Maxwells model van het elektromagnetische veld.

- 3p. Waar staan de zeshoekige figuren voor?
- 1p. Hoe noemde Maxwell de kleine witte rondjes?
- 2p. Welk probleem, uit Maxwells eerdere model, moesten die rondjes oplossen?

In Maxwells theorie moet je inductiestromen zien als een soort traagheidsverschijnsel.

- 4p. Leg dit uit aan de hand van afbeelding 2.

Volgens wetenschapshistoricus Jed. Z. Buchwald stond de elektromagnetische theorie van Maxwell de ontwikkeling van deeltjesfysica in de weg. Dat lijkt moeilijk te rijmen met afbeelding 2.

e) **2p.** Leg uit dat deze tegenspraak (tussen Buchwalds claim en Maxwells afbeelding) slechts schijnbaar is.

Maxwell zelf kon zich een deeltjesfysica zoals deze zich in de 20^{ste} eeuw zou ontwikkelen, nauwelijks voorstellen. Hiervoor had hij een argument dat hij aan een andere wetenschappelijke theorie ontleende.

f) **3p.** Welke theorie wordt hier bedoeld? Wat was het argument?

Opgave 4. Speciale relativiteit?

De speciale relativiteitstheorie is niet alleen het product van Einsteins genie, maar ook dat van bepaalde historische ontwikkelingen. Volgens historicus Peter Galison stond de *relativiteit van gelijktijdigheid* (een van de eerste fundamentele consequenties van de twee postulaten van de relativiteitstheorie) op het grensgebied van drie domeinen: (1) elektrodynamica van bewegende lichamen, (2) wetenschapsfilosofie en (3) technologie.

a) **2p.** Wat heeft relativiteit van gelijktijdigheid te maken met elektrodynamica van bewegende lichamen? Licht je antwoord kort toe.

b) **2p.** Wat heeft relativiteit van gelijktijdigheid te maken met wetenschapsfilosofie? Licht je antwoord kort toe.

c) **2p.** Wat heeft relativiteit van gelijktijdigheid te maken met technologie? Licht je antwoord kort toe.

Einsteins artikel uit 1905 'Over de elektrodynamica van bewegende lichamen' is op meerdere manieren te lezen. Dat zie je ook in de brief van Einstein uit 1905: 'The fourth paper is only a rough draft at this point, and is an electrodynamics of moving bodies which employs a modification of the theory of space and time; the purely kinematic part of the paper will surely interest you.'

d) **2p.** Leg uit waarom men in eerste instantie van de 'Lorentz-Einstein theorie' sprak.

e) **4p.** Leg uit in welk opzicht hetzelfde artikel na 1915 (met de publicatie van de algemene relativiteitstheorie) anders werd gelezen.

Opgave 5. Wetenschap en politiek

In de negentiende eeuw werd de natuurkunde een zelfstandige discipline. (Tijdens de Verlichting bestond er in zekere zin nog geen natuurkunde.) Hoewel disciplines hun eigen interne beloningssystemen en opleiding hebben en afgebakend zijn ten opzichte van andere disciplines, zijn ze nooit volledig autonoom. Dat zie je o.a. terug in wijze waarop wetenschap beïnvloed kan worden door culturele en politieke factoren.

Een goed voorbeeld is het laboratoriumonderzoek van het einde van de negentiende eeuw.

a) **2p.** Wat was er politiek aan de oprichting van het natuurkundig instituut in Straatsburg (1875)?

b) **2p.** Welke politieke dimensie had Maxwells onderzoek naar elektromagnetische standaarden in Cambridge? (Tip: ga in op de toepassing van dit onderzoek.)

Meer omstreden is de Forman-these.

c) **6p.** Wat houdt die these in? Geef een argument voor en tegen.

Toen (en nu) zagen veel wetenschappers zichzelf graag als apolitiek. De werkelijkheid is weerbarstiger.

d) **4p.** Hoe raakten politiek en wetenschap verweven tijdens de nazi-periode? Noem twee voorbeelden.

Ook aan hedendaagse Big Science projecten zit een politieke dimensie.

e) **2p.** Leg dit uit aan de hand van de historische wortels van Big Science.

f) **2p.** Leg dit uit aan de hand van de (huidige) financiering van Big Science.

*** Vergeet de cursus niet te evalueren met Caracal. Bedankt! ***

