

Tentamen Geschiedenis van de Moderne Natuurkunde, 3 juli 2015, Universiteit Utrecht.

Schrijf je naam en studentnummer op ieder ingeleverd vel. Dit tentamen bestaat uit 8 vragen, met subonderdelen.

1. In de tweede helft van de negentiende eeuw werkte een groep vooraanstaande Engelse natuurkundigen, onder leiding van William Thomson (Lord Kelvin), aan een theorie voor 'vortex-atomen'. Hierin werden atomen voorgesteld als wervelingen in de ether.
 - a. Noem twee typische eigenschappen van de natuurkunde zoals die destijds in Engeland bedreven werd die terug te vinden zijn in de vortex-atoom theorie.
 - b. Ook de electromagnetische theorie van James Clerk Maxwell kan gekarakteriseerd worden als een typisch product van 19^e-eeuwse Britse natuurkunde. Leg dit kort uit.
 - c. Rond dezelfde tijd ontwikkelde Wilhelm Weber in Duitsland een geheel eigen electromagnetische theorie die zeer succesvol was in het beschrijven van inductieverschijnselen. Noem een punt waarop de theorie van Weber fundamenteel verschilde met die van Maxwell.

2. De wet van de behoud van energie is al zo'n honderdvijftig jaar een centraal principe binnen de fysica. De formulering ervan is niet zomaar plotsklaps tot stand gekomen, maar moet begrepen worden als het stabiele eindresultaat van een langdurige ontwikkeling die plaats heeft gehad binnen een bredere context.
 - a. Wat verklaart de opkomende interesse in wat wij nu thermodynamica noemen vanaf de vroege negentiende eeuw?
 - b. De theorie van Carnot kan als een van de wegbereiders gezien worden van ontwikkelingen die uiteindelijk leidden tot de formulering van de wet van de behoud van energie. Tegelijkertijd stelde Carnots theorie negentiende-eeuwse fysici voor een dilemma. Beschrijf kort dit dilemma en hoe en door wie het uiteindelijk opgelost werd.
 - c. Je kunt vele namen verbinden aan de 'ontdekking' van de wet van behoud van energie. Noem er drie. Noem ook wat ieder bijdroeg aan de uiteindelijke wet van behoud van energie.



3. Albert Einstein schreef in mei van 1905 een brief aan een vriend van hem, Conrad Habicht. Daarin stond het volgende (in Engelse vertaling):

"Such a solemn air of silence has descended between us that I almost feel as if I am committing a sacrilege when I break it now with some inconsequential babble. [...] So what are you up to, you frozen whale, you smoked, dried, canned piece of soul, or whatever else I would like to hurl at your head, filled as I am with 70% anger and 30% pity! [...] But why have you still not sent me your dissertation? I promise you four papers in return [...].

The first deals with radiation and the energetic properties of light and is very revolutionary, as you will see. The second paper is a determination of the true sizes of atoms from the diffusion and viscosity of dilute solutions of neutral substances. The third proves that, on the assumption of the molecular theory of heat, bodies of the order of magnitude of $1/1000$ mm, suspended in liquids, must already perform an observable random movement that is produced by thermal motion. [...] 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."

- a. Einstein noemt zijn "eerste" artikel revolutionair, maar niet het "vierde" artikel. Wat is het onderwerp van het eerste artikel, denk je? En wat het onderwerp van het vierde artikel? Leg uit waarom Einstein het eerste artikel wel revolutionair vond, maar die kwalificatie niet meegaf aan zijn vierde artikel.
 - b. Welke typisch 19^e-eeuwse discussie werd beslecht door de tweede en derde artikelen die Einstein hier noemt? Zeg kort waarom.
4. Gustav Kirchhoff, samen met Robert Bunsen, deed succesvol onderzoek naar de chemische samenstelling van elementen door naar hun spectraal-eigenschappen te kijken.
- a. Dit onderzoek gaf een doorbraak in het onderzoek naar de chemische samenstelling van de zon. Leg uit.
 - b. Ook wees Kirchhoff op het belang van een functie die de universele relatie tussen emissie- en absorptievermogen vast zou leggen; universeel, want onafhankelijk van chemische samenstelling van het emitterende lichaam. De zoektocht naar deze functie leidde uiteindelijk, door de focus op de 'zwarte straler', tot de introductie van het quantum van Planck. Bespreek in vogelvlucht waarom men ging kijken naar het emissie-spectrum van een zwarte straler en hoe dit leidde tot de introductie van het quantum.

5. Paul Forman vindt dat Duitse natuurkundigen in de Weimar jaren eerder geneigd waren om voorstellen te doen die leidden zouden tot a-causale theorieën door druk vanuit de bredere cultuur. Ook zouden ze eerder woorden als 'crisis' in de mond nemen, want dit zou goed in de smaak vallen bij tijdgenoten uit andere vakgebieden.

a. Waarom zou dit argument juist in de Weimar jaren moeten gelden?

b. Wat vind je van de opvatting van Forman? Motiveer je antwoord.

6. Door in zijn versie van electrodynamicica gebruik te maken van zowel deeltjes als velden wist Hendrik Antoon Lorentz aansprekende resultaten te behalen betreffende het gedrag van licht; zo kon hij bijvoorbeeld een goede verklaring geven voor dispersie-eigenschappen van bepaalde media.

a. Lorentz' synthese wordt ook wel eens aangeduid als een typisch Nederlands product, namelijk als een compromis tussen Duitse en Engelse versies van de electrodynamicica. Leg deze typering uit.

De electrodynamicica van Lorentz ging uit van een stationaire ether. Bij een stationaire ether verwacht je wel een 'etherwind' te zullen waarnemen als een lichaam door de ether beweegt. Tot op eerste orde in v/c (v = snelheid waarnemer, c = snelheid licht) werd deze in eerste aanleg niet waargenomen. Lorentz probeerde daarvoor een verklaring te geven door het 'theorema van corresponderende toestanden' en het begrip 'lokale tijd' te bedenken.

— b. Leg uit hoe middels deze begrippen Lorentz verklaarde dat een bewegende waarnemer geen optisch andere fenomenen waarnam dan een waarnemer die stilstond ten opzichte van de ether.

c. Wat was de status van de 'lokale tijd' volgens Lorentz?

Lorentz verwachtte nog steeds een etherwind te zullen zien in de tweede orde van v/c . Het Michelson-Morley experiment toonde echter dat deze niet werd waargenomen.

d. Wat was de oplossing van Lorentz opdat zijn theorie in overeenstemming zou blijven met de waarneming?

e. Na Einsteins publicatie van zijn artikel "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" werd wel gesproken van de Einstein-Lorentz theorie. Waarom?

f. Walther Kaufmann deed experimenten die de snelheidsafhankelijkheid van de massa van elektronen moesten aantonen. Hij vond waardes die afweken van de 'Einstein-Lorentz' theorie. Motiveer de verschillende reacties van Lorentz en Einstein.

7. De Franse Revolutie creëerde kansen voor de Franse exacte wetenschap, waarvan Pierre Simon de Laplace een van de voormannen was.
- a. Een van die kansen betrof de creatie van de École Polytechnique. Hoe gaf die uitdrukking aan de nieuwe status van de exacte wetenschap, en hoe bood deze kansen?
 - b. Laplace en zijn leerlingen bedienden zich van een kenmerkende methode in het bestuderen van de natuur. Noem de twee belangrijkste elementen van die methode.
 - c. In de periode na 1815 kreeg Laplace meer tegenwind van de volgende generatie onderzoekers. Sommige elementen van de Laplaciaanse aanpak werden afgekeurd terwijl anderen werden overgenomen. Waar nam men in toenemende mate afstand van, en wat werd behouden?
8. De belangrijke internationale Solvay conferenties vonden plaats in Brussel en werden betaald door de Belgische industrieel Ernst Solvay. Na conferenties in 1911 en 1913 werd de derde conferentie gehouden in 1921.
- a. Duitse wetenschappers werden niet uitgenodigd. Waarom niet?
 - b. Er werd een uitzondering gemaakt voor Albert Einstein. Waarom, denk je?