

$$\frac{9}{4} = 2,25$$

Tentamen Geschiedenis van de Moderne Natuurkunde, 4 juli 2014, Universiteit Utrecht.

Schrijf je naam en studentnummer op ieder ingeleverd vel.

- 20 ✓
1. De Eerste Wereldoorlog leidde tot allerlei spanningen in de wereld van de wetenschap. Een uiting daarvan is bekend geworden als het 'Manifesto van de 93'; de aanhef ervan luidde 'An die Kulturwelt!'
 - a. Beschrijf de aanleiding en inhoud van dit manifest. Hoe reageerde de wetenschappelijke wereld in de geallieerde landen zoals Frankrijk en Engeland? Wat was de reactie van Albert Einstein?
 - b. Bespreek de oprichting na WOI van de *International Research Council* (IRC). Beantwoord de volgende vragen daarin: Mocht ieder land lid van de IRC worden? Wat was de positie van Nederland?
 - c. Bespreek de samenhang tussen de receptie van de relativiteitstheorie in Groot-Brittannië en het verloop van de Eerste Wereldoorlog.

 - 20
 2. Voor William Thomson was het redeneren aan de hand van analogieën een belangrijke inspiratiebron.
 - X a. Bij het uitwerken van de vroege theorie van elektrostatica gebruikte Thomson ook analogieën met andere theorieën. Noem er twee en motiveer je antwoord. *Poisson, Faraday*
 - ~~XX~~ b. James Clerk Maxwell redeneerde ook graag aan de hand van analogieën. Op deze manier vond hij een uiterst belangrijk resultaat voor het bij elkaar brengen van de verschillende natuurkundige fenomenen. Maxwell werkte daarvoor de analogie uit tussen de beweging van een elastisch medium, en die van de elektrische ether: meer in het bijzonder, hij maakte identificaties tussen het golfgetal van mechanische golven en de inverse van de dielectric constante enerzijds, en de dichtheid van de elastische substantie en de magnetische permeabiliteit anderzijds. Welk resultaat wordt hier bedoeld? Motiveer.

 - 20 ✓
 3. Gedurende de negentiende eeuw veranderde er veel in de manier waarop men natuurkunde bedreef en dit kwam ook tot uiting bij Nederlandse wetenschappers.
 - ✓ a. Waarbij aan het begin van de negentiende eeuw experimenten nog veelal gericht waren op het ontdekken van nieuwe fenomenen, lag het zwaartepunt aan het einde van de negentiende eeuw heel anders. De Nederlandse personificatie van deze ontwikkeling was de Leidse hoogleraar Heike Kamerlingh Onnes die werkte volgens de leus "door meten tot weten". Geef kort aan wat deze verandering inhield en noem een oorzaak die deze verandering kan verklaren.
 - ✓ b. Het werk van een andere Leidse professor, Hendrik Antoon Lorentz, vertegenwoordigt een andere ontwikkeling binnen de natuurkunde, die zijn oorsprong vooral in Duitsland vindt, en toe is te schrijven aan schaalvergroting en specialisering. Geef kort aan welke ontwikkeling dit is.

- ✓ c. Het vroege werk van Kamerlingh Onnes zou je typisch Nederlands kunnen noemen: hij had zich tot doel gesteld de thermodynamische bevindingen van Johannes van der Waals experimenteel precies te toetsen. Lorentz bracht een synthese tussen Engelse en Duitse elektromagnetische theorieën tot stand. Wat was het belangrijkste verschil tussen beide theorieën, en waarom spreken we juist in het geval van Lorentz van een 'synthese'? Waarom zou je Lorentz' werk ook 'typisch Nederlands' kunnen noemen? Denk daarbij ook aan de rol die Lorentz speelde als voorzitter van de internationale Solvay conferenties en in de spanningen rondom WOI.

20
4. Het eerste artikel van Albert Einstein over het lichtquantum draagt de titel: "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt". Het bekende Amerikaanse woordenboek van Merriam-Webster beschrijft een heuristische aanpak als volgt: "involving or serving as an aid to learning, discovery, or problem-solving by experimental and especially trial-and-error methods".

✗ a. Waarom is de typering 'heuristisch' toepasselijk voor Einsteins redenering? Motiveer.

✓ b. De conclusie van dit artikel noemde Einstein, als enige van zijn innovaties uit het jaar 1905, "revolutionair". Waarom was juist de inhoud van dit artikel revolutionair, in tegenstelling tot zijn andere bekende werken uit 1905? Motiveer.

✓ c. Einsteins inzicht dat licht bestaat uit [in Engelse vertaling] "energy-quanta localized at points of space that move without dividing" volgde uit een herinterpretatie van Plancks spectrale verdeling van de straling van een 'zwarte straler'. Kun je een reden bedenken waarom dit inzicht op Einsteins werk moest wachten en niet meteen door Planck opgemerkt werd?

✓ ✗ d. In feite was Planck kritisch op Einsteins interpretatie, en vond het een misslag. Einsteins lichtquantum werd bevestigd geacht door metingen aan het foto-elektrisch effect, maar ook onderzoekers die hier zelf metingen aan deden, zoals Robert Millikan, waren aanvankelijk gekant tegen Einsteins lichtquantum. De elektronen die vrij komen in het foto-elektrisch effect hebben een kinetische energie (E) gegeven door: $E = hf - P$ (h is Plancks constante, f is de frequentie van het inkomende licht en P is de hoeveelheid benodigde energie om los te komen uit het metaalrooster). Waarom was deze relatie lastig te begrijpen vanuit de golftheorie van licht?

5. We bespreken nu de geschiedenis van de relativiteitstheorie.

9.00
10:00
✗ a. Er zijn drie paden aangeduid die Einstein geholpen zouden hebben om tot de speciale relativiteitstheorie te komen: een natuurkundige, een filosofische en een technische. Bespreek ze alle drie.

✓ b. Noem een belangrijke overeenkomst, en een belangrijk verschilpunt tussen de theorie van Lorentz en de theorie van Einstein.

✓ c. De experimenten van Walther Kaufmann leken in 1905 de theorieën van Einstein en Lorentz tegen te spreken, en die van Abraham te bevestigen. Hoe reageerden Einstein en Lorentz op zijn metingen? Kun je het verschil in beider reacties begrijpen aan de hand van de respectievelijke methoden van aanpak bij het construeren van theorieën?

6. Oersted publiceerde zijn constatering dat een magneetnaald een rotatie kan ondergaan, wanneer zij parallel aan een op een batterij aangesloten draad wordt gehouden, in een pamflet dat de volgende titel droeg: "Experimenten aangaande de werking van het elektrisch conflict op een magneetnaald."

- a. Wat vertelt deze titel ons over de intellectuele achtergrond van Oersteds ontdekking?
- b. Aanvankelijk reageerde men in Parijs nogal lauw op Oersteds werk. Kun je een reden noemen die die reactie aannemelijk zou kunnen maken?
- c. Welke Fransman (die niet uit de coterie rond Laplace kwam) zou al snel de hypothese formuleren dat magnetisme een effect van elektrische stromen was?

7. De Duitse staatsman Wilhelm von Humboldt achtte de vrije ontplooiing van het individu van groot belang; leren zou een open proces moeten zijn, een voortdurende zoektocht naar dieper inzicht. Welke invloed had dit op de ontwikkeling van de Duitse universiteiten? Noem een andere factor die van belang was voor deze ontwikkeling.

8. Noem een belangrijk verschil tussen het atoommodel van Niels Bohr en dat van J.J. Thomson. Noem ook een overeenkomst.

