

Schrijf a.j.b. je naam en studentnummer op ieder ingeleverd vel.

X 1. Max Planck wordt veelal aangewezen als degene die als eerste het 'quantum' heeft ingevoerd. Niettemin is hier door historici wel eens kritiek op geleverd. Waarom?

2. a. In een brief aan zijn vriend Conrad Habicht uit mei 1905 noemde Albert Einstein zijn recente artikel, dat ging over "straling en de energie-eigenschappen van licht", bijzonder "revolutionair". Dezelfde kwalificatie gaf hij echter niet aan de (speciale) relativiteitstheorie, die hij nagenoeg op hetzelfde moment publiceerde. Waarom sprak Einstein in het ene geval van een revolutionair idee, en liet hij dat in het andere geval na, denk je?

2. b. De formule voor het verschil in entropie S dat optreedt wanneer N gasdeeltjes in plaats van een volume V_0 beperkt worden tot een volume V is volgens de kinetische gastheorie van Boltzmann gegeven door:

$$S(V, T) - S(V_0, T) = k \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)^N$$

bij temperatuur T . Einstein liet zien dat de entropie van 'zwarte' straling (met frequentie ν) in het Wien regime (i.e. bij grote waarden van ν/T) zich bij volumeverandering volgens een gelijksoortige formule gedraagt:

$$S(\nu, V, E) - S(\nu, V_0, E) = k \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{E}{h\nu}}$$

Welke conclusie verbond Einstein hieraan?

X 2.c. In 1916 introduceerde Einstein overgangswaarschijnlijkheden A_m^n en B_n^m die de waarschijnlijkheid weergaven van een spontane dan wel geïnduceerde overgang van de ene stationaire toestand (m) naar een andere (n). Einstein gebruikte deze waarschijnlijkheden slechts als aanname in een langere afleiding van de Planckse stralingswet, en maakte het voorbehoud dat er uiteindelijk een theorie gevonden zou moeten worden die de aanname van deze waarschijnlijkheden overbodig zou maken. Niels Bohr en zijn Nederlandse assistent Hans Kramers maakten dat voorbehoud niet, en middels het correspondentieprincipe verbonden zij deze waarschijnlijkheden, die een maat voor de intensiteit van de uitgezonden straling zouden moeten geven, met grootheden die voorkomen in de wiskundige beschrijving van de klassieke periodieke beweging van electronen in hun baan om de atoomkern. Welke grootheden worden hier bedoeld?

3. De Duitser Georg Simon Ohm werkte in de jaren twintig van de negentiende eeuw volgens het recept van de nieuwe Franse onderzoeksmethode aan stroomkringen, en vond zo o.m. de nu naar hem vernoemde wetten voor elektrische weerstand.

- Geef de twee algemene kenmerken van de Franse manier van onderzoek doen.
- Ohms resultaten maakten niet direct indruk in zijn omgeving. Waarom was dat, denk je?

4. De Eerste Wereldoorlog had grote gevolgen voor de wetenschap, en voor de natuurkunde in het bijzonder.
- Beschrijf de gevolgen van de Eerste Wereldoorlog voor de internationale samenwerking in de wetenschap.
 - De Eerste Wereldoorlog werd wel de 'oorlog van de chemici' genoemd. Waarom was dat?
Ook het begin van het Derde Rijk in 1933, de Tweede Wereldoorlog en de Koude Oorlog hadden een grote invloed op de uitoefening van de natuurkunde.
- c. Noem twee voorbeelden van die invloed.

5. James Clerk Maxwell schreef in 1859 in een brief aan G.G. Stokes het volgende over de kinetische gastheorie:

"It is well to know that Clausius' theory is wrong, and at any rate as I found myself able and willing to deduce the laws of motion of systems of particles acting on each other only by impact, I have done so as an exercise in mechanics. Do you think there is [as] complete a refutation of this theory of gases as would make it absurd to investigate it further....?"

Ondanks dat hij zelf aan de theorie werkte was Maxwell er dus toch erg kritisch over.

- a. In dezelfde brief vermeldde Maxwell een eigen resultaat over het gedrag van de viscositeit van gassen volgens deze theorie dat zeer tegenintuïtief was. Wat was dat resultaat?

Een experiment dat Maxwell samen met zijn vrouw uitvoerde zou zijn mening al snel doen veranderen, aangezien dit het tegenintuïtieve resultaat juist bevestigde.

Een van de inzichten die geleverd werd door de kinetische gastheorie was dat de tweede hoofdwet van de thermodynamica (warmte kan niet stromen van een koud naar een warm lichaam zonder dat er arbeid wordt verricht) slechts statistisch, dat wil zeggen, op langere tijdschalen, geldt. Maxwell illustreerde dit punt in een andere brief (aan Peter Guthrie Tait) door een "demon" aan het werk te zetten.

- b. Beschrijf Maxwells "demon"-argument om het statistische karakter van de tweede hoofdwet mee te illustreren.

6. Noem een belangrijke overeenkomst tussen de atoommodellen van Bohr en die van J.J. Thomson. Noem ook een belangrijk verschil. Thomson is tegenwoordig vooral bekend als 'ontdekker' van het electron. Noem een andere wetenschapper die met recht aanspraak zou kunnen maken op die titel. Wie zou je het beste de titel toe kunnen kennen? Licht je antwoord toe.

7. Het werk van Faraday bevatte nauwelijks wiskundige formules. Welke reden kun je daarvoor aangeven? Noem een belangrijke bijdrage van Faraday.

8. Franz Neumann was een van de grote vernieuwers van de Duitse natuurkunde in de negentiende eeuw. Een van zijn voorbeelden was zijn oudere collega in Königsberg, de astronoom Friedrich Bessel. Op het moment dat Neumann Bessel ontmoette, was de laatste bezig met een verbetering van de "Sekundenpendel", de slinger die per halve periode precies één seconde nodig heeft. Deze slinger wilde Bessel inzetten in de hervorming van Pruisische maten en gewichten waar hij op dat moment bij betrokken was; als goed astronoom stond hij op een precieze waarneming, een eigenschap die Neumann van hem overnam.

Neumann nam nog een typisch astronomische methode over, en introduceerde die daarmee in de zich vormende natuurkunde; het betrof een manier om experimentele uitkomsten mee te evalueren. Bessel rechtvaardigde deze met de volgende woorden: "Resultaten, die gegrond zijn in waarneming, kunnen nooit gevonden worden met de zekerheid van een wiskundige wet. Daarom acht ik het van het grootste belang dat zulke resultaten gepresenteerd worden met informatie die criteria aangeeft waarmee ze te beoordelen zijn."

- a. Welke werkwijze wordt hier bedoeld?
- b. Een ander bekend samenwerkingsverband tussen een astronoom en natuurkundige was die tussen Gauss en Weber. Ook daar kwam een belangrijke innovatie uit voort, die betrekking had op de in natuurkunde gebruikte eenheden. Noem deze innovatie.

9. Welke onderzoeker zag als eerste een wisselwerking tussen een geleidraad en een magneetnaald? Hoe werd zijn werk aanvankelijk ontvangen in de bakermat van de moderne natuurkunde, Parijs? Geef ook kort aan waarom.

