

Geschiedenis van de moderne natuurkunde (NS-361B) 21 augustus 2009

Opgave 1.

Wie voerde een felle discussie met Einstein in 1920 op een conferentie in het Duitse Bad Nauheim? Wat was het onderwerp van de discussie, en waarom was de toon zo fel, denk je?

Opgave 2.

Ludwig Boltzmann leidde een “evolutievergelijking” af voor een snelheidsverdeling $f(x)$ van een gas atomen:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \int_0^\infty \int_0^{x+x'} dx' d\xi \left[\frac{f(\xi, t) f(x+x'-\xi, t)}{\sqrt{\xi} \sqrt{x+x'-\xi}} - \frac{f(x, t) f(x', t)}{\sqrt{x} \sqrt{x'}} \right] \sqrt{xx'} \psi(x, x', \xi)$$

Voor de Maxwell-verdeling geldt: $\frac{\partial f}{\partial t} = 0$.

Voorts introduceerde Boltzmann de functionaal H : $H = \int_0^\infty f(x, t) (\log \frac{f(x, t)}{\sqrt{x}} - 1) dx$.

- Boltzmann wist door gebruik te maken van zijn evolutievergelijking aan te tonen dat H altijd afneemt, tenzij de verdeling gegeven is door de Maxwell verdeling; in dat geval blijft H constant. Hoe interpreteerde Boltzmann dit resultaat, en welke conclusie over de evolutie van snelheidsverdelingen verbond hij eraan?
- Boltzmanns afleidingen gingen uit van veel-deeltjessystemen die voldeden aan de tijdsymmetrische wetten van de mechanica. Zermelo wees echter naar een theorema van Poincaré, dat stelde dat een gesloten mechanisch systeem altijd willekeurig dicht een oorspronkelijke toestand nadert in een eindige tijd. Welk probleem gaf dat voor Boltzmanns bovenstaande veel-deeltjesmodel?

Opgave 3.

Albert Michelson wilde met zijn experiment, dat nu bekend is als het “Michelson-Morley experiment”, de opvattingen van Fresnel over de ether toetsen; welk aspect in het bijzonder wilde hij aantonen? Tot Michelsons verassing bleek de theorie van Fresnel niet in overeenstemming te zijn met de uitkomst van zijn experiment. Als alternatief wees hij naar de theorie van Stokes; geef kort aan waarom dit, gezien de uitkomst van Michelsons experiment, als redelijk alternatief werd aangewezen.

Opgave 4.

In de natuur treft men overal orde en wetmatigheid aan, en net zomin als een klok kan zij het product van toeval zijn; het onderzoeken van de natuur werd door vele gezien als een uitstekende manier om kennis van God te verkrijgen. Newton, bijvoorbeeld, meende dat de wetmatigheden van het zonnestelsel bij uitstek de hand van de Schepper lieten zien, temeer daar de laatste af en toe middels een komeet de stabiliteit van het stelsel veilig stelde. Dit laatste argument verloor aan geldingskracht door welke resultaten van welke Franse onderzoeker?

Opgave 5.

Over het werk van Max Planck aan het spectrum van een “zwarte” straler zei Albert Einstein in zijn “Autobiographical notes” (1949) het volgende:

“It happened that, around the turn of the century, a [...] fundamental crisis set in, the seriousness of which was suddenly recognized due to Max Planck’s investigations into heat radiation (1900). The history of this event is all the more remarkable of an experimental nature.”

Klopt de opmerking van Einstein dat de eerste fase van onderzoek naar het spectrum van een zwarte straler niet door experimenten beïnvloed wordt? Motiveer je antwoord.

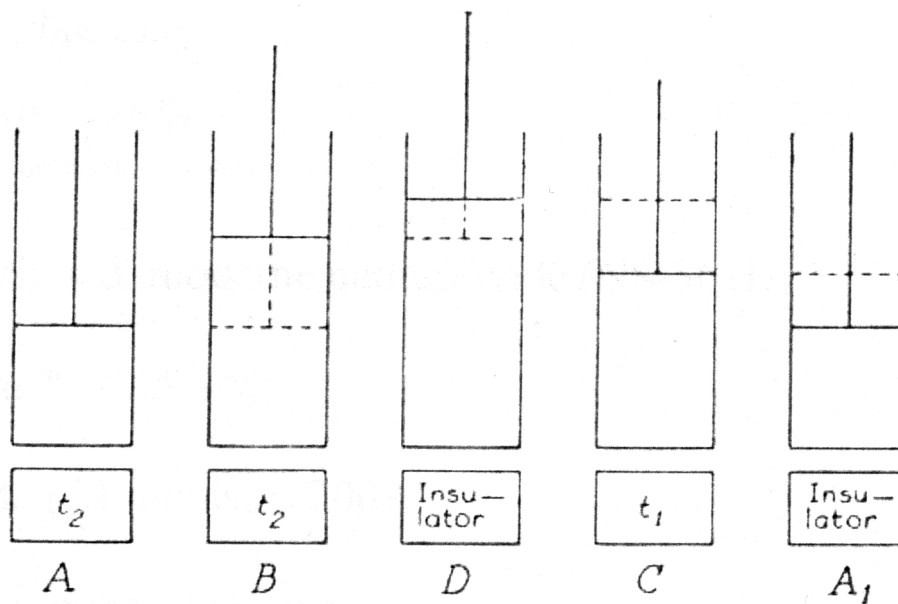
Opgave 6.

Wat bedoelde Lorentz met de "lokale" tijd en de "normale" tijd? In 1895 kon hij door onder meer de introductie van deze begrippen de uitkomsten van optische experimenten met bewegende lichamen tot op de orde v/c verdisconteren (v is de snelheid van de beweging t.o.v. een ruststelsel, c de lichtsnelheid). Noem een voorbeeld van zo'n experiment. In 1895 had Lorentz echter nog een extra hypothese nodig om regenschap te kunnen geven aan het Michelson-Morley experiment; welke hypothese was dat?

Opgave 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.

Opgave 8.



Figuur 1: Carnot cyclus

De bovenstaande figuur geeft een reversibele "Carnot" cyclus weer. In deze figuur bevindt zich bij A een gas onder een zuiger, bij temperatuur T_2 ($t_2 > T_1$). Het gas ondergaat een aantal toestandsveranderingen, waarbij er arbeid door het systeem geleverd wordt.

- Beschrijf kort de veranderingen die het systeem ondergaat in de Carnot cyclus.
- Clausius nam twee hoofdwetten aan: 1. energie is behouden, en 2. er vloeit nooit warmte van een koud naar een warm lichaam zonder dat er arbeid moet worden verricht. Als er een warmtemachine zou bestaan die efficiënter is dan een Carnot-machine, welke wet zou er dan geschonden kunnen worden? Leg uit waarom.

Opgave 9.

Alber Einstein was razend enthousiast over de resultaten van Arthur Compton over de verstrooiing van licht aan elektronen. Waarom was dat, denk je?