

Tentamen Geschiedenis van de Moderne Natuurkunde (NS 361B), 5 juli 2013. Schrijf op ieder ingeleverd vel je naam en studentnummer.

Het tentamen bestaat uit 7 vragen.

- I.
 - a) Welke analogie gebruikte Carnot om de werking van een warmtemachine mee te verduidelijken? Deze analogie strookt met een aanname over warmte van Carnot die op later moment betwist werd. Welke aanname is dat, en op welke manier is deze op natuurlijke wijze te begrijpen in de gevraagde analogie?
 - b) Waarom werd Carnots werk aanvankelijk weinig opgemerkt? Benoît Clapeyron was belangrijk bij het verder onder de aandacht brengen van Carnots werk; je zou kunnen zeggen dat hij het een 'wetenschappelijke' vorm gaf. Wat zou daar in dit geval mee kunnen worden bedoeld?
- II. In 1920 manifesteerde zich een luide tegenstand tegen Einsteins relativiteitstheorie. Bespreek wat de tegenstanders van Einstein motiveerde; verklaar daarbij waarom juist rond 1920 deze sentimenten zo opleefden. Ga in op vakinhoudelijke factoren die Einsteins tegenstanders aan zouden voeren en bespreek de contextuele omstandigheden die van belang zijn om de weerstand tegen relativiteit te begrijpen. Geef aan hoe deze volgens jou zich tot elkaar verhielden in dit geval.
- III. Carnots theorie moest in de tweede helft van de 19e eeuw herzien worden door de ontdekking van de wet van behoud van energie. Als 'ontdekker' van deze wet kunnen ten minste drie personen aangewezen worden.
 - a. Geef kort aan waarom zowel Julius Mayer, James Joule als Hermann von Helmholtz aanspraak hierop zouden kunnen maken, maar maak ook duidelijk welke reden er zou zijn om juist tegen te spreken dat één van deze auteurs als 'ontdekker' aan zou worden gemerkt.
 - b. Op verschillende momenten zijn door verschillende wetenschappers toch de een of de ander van (o.m.) bovenstaande onderzoekers aangewezen als 'ontdekker' van de wet van behoud van energie. Zoals je je zult herinneren uit het artikel van Thomas Kuhn uit het eerste deel van het college zijn dat soort attributies niet erg behulpzaam voor het begrijpen van de historische gang van de wetenschap. Niettemin kunnen we wel iets leren dat wetenschapshistorisch interessant is, namelijk iets over de wetenschappers die deze eerbewijzen toekennen. Wat zouden we over hen kunnen leren? Motiveer je antwoord.
 - c. Een groot probleem dat zich voordeed door de resultaten van Mayer, Joule en Helmholtz was hoe deze verenigd moesten worden met de theorie van Carnot. Dit werd uiteindelijk bewerkstelligd door Clausius. Bespreek kort het genoemde probleem en de oplossing van Clausius. Welke belangrijke natuurwet werd hierbij geïntroduceerd? Geef deze in de vorm van Clausius.
 - d. Deze natuurwet leek lastig te verenigen met de kinetische gastheorie. Welk probleem trad op? Geef aan hoe Maxwell met zijn 'demon' probeerde een nieuwe interpretatie van de gevraagde natuurwet te illustreren.

IV. Max Planck wordt nogal eens aangeduid als degene die als eerste de kwantisatie van energie heeft geïntroduceerd, namelijk in zijn studie van het spectrum van een 'zwarte straler'.

a.) Wat wordt bedoeld met de straling van een 'zwart' lichaam, en waarom was men daarin geïnteresseerd?

Planck introduceerde zijn 'kwantisatie' van de energie wanneer hij, à la Boltzmann, het aantal microtoestanden wilde tellen die de emitters van de zwarte straler kunnen innemen wanneer zij in evenwicht zijn; om die microtoestanden te tellen discretiseerde hij de energieën die deze kunnen hebben.

b.) Waarom is het verrassend dat Planck zich tot Boltzmanns werk wendde?

c.) Bespreek Plancks aanvankelijke reactie op zijn eigen resultaat.

V. In 1915 publiceerde Albert Einstein de definitieve versie van de algemene relativiteitstheorie; in 1905 had hij de eerste versie van de speciale relativiteitstheorie gepubliceerd. De algemene relativiteitstheorie breidt de principes van de relativiteitstheorie uit naar situaties waarin ook gravitatie een rol speelt.

a.) In 1938 zou Einstein in een brief aan een collega, Kornelius Lanczos, over zijn eigen ontwikkeling zeggen: "Beginnend vanuit een sceptisch empiricisme à la Mach ben ik, door het probleem met gravitatie, geworden tot een overtuigd rationalist, dat wil zeggen, ik ben er door veranderd in iemand die in wiskundige eenvoud de enige betrouwbare bron van waarheid ziet." Bespreek Einsteins uitspraak aan de hand van zijn werk aan, en ervaring met, de beide versies van de relativiteitstheorie.

VI. Wetenschapshistoricus Paul Forman heeft een controversiële these geponeerd die suggereert dat er een verband was tussen het gevoel van crisis in de Duitse samenleving wanneer deze na de Eerste Wereldoorlog de verandering doormaakte naar de Weimarrepubliek, en een gevoel van crisis in de natuurkunde, hetgeen leidde tot onconventionele oplossingen.

a) In welk onderdeel van de natuurkunde zou dit verband zich vooral hebben gemanifesteerd? Beschrijf kort deze 'Formanthese', en geef aan wat jouw mening erover is.

b) Bespreek een belangrijke consequentie van de Eerste Wereldoorlog voor internationale samenwerking in de wetenschap.

VII. In 1913 stelde Niels Bohr zijn atoommodel voor.

- a.) Je zou kunnen zeggen dat het construeren van atoommodellen in de jaren voor Bohr vooral een Britse aangelegenheid was. Welke twee Britse ideeën (of modellen) combineerde hij in zijn atoom? Een derde essentieel idee dat hij gebruikte kwam voort uit de stralingstheorie en vond zijn oorsprong in Duitsland; welk idee wordt hiermee bedoeld?
- b.) Belangrijk voor de acceptatie van zijn model was Bohrs afleiding van de Balmer serie uit het spectrum van het waterstofatoom. Na deze afleiding wist het Bohr-atoom nog een aantal andere experimentele successen te boeken; noem er een.
- c.) Arnold Sommerfeld generaliseerde Bohrs aannames, o.m. door extra vrijheidsgraden te quantiseren. Hij probeerde zo bijvoorbeeld het Zeeman effect te verklaren. Was hij daarin succesvol? Bespreek de rol van het Zeeman effect in de ontwikkeling van de quantumtheorie.

