

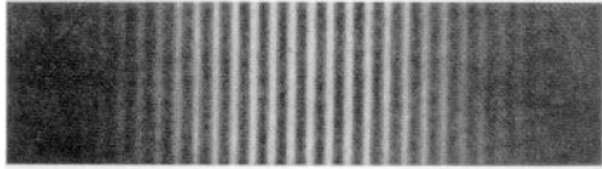
Twee voorbeeldopgaven Quantumfysica

Bron: Syllabus 2017 natuurkunde, vwo. Via examenblad.nl

Opgave 16 Proef van Young

Figuur 1 laat het interferentiepatroon zien dat ontstaat bij de buiging van licht aan twee dunne evenwijdige spleten. Young voerde deze proef voor het eerst uit.

figuur 1



- 33 Maak een schematische schets van de opstelling die tot figuur 1 heeft geleid
- 34 Leg uit waarom dit patroon een argument is voor het idee dat licht golf-eigenschappen heeft.
- Het dubbelspleet-experiment kan ook gedaan worden met elektronen.
- 35 Leg het verband uit tussen dat experiment en de de Broglie-golflengte.

Opgave 17 Quantumwereld

Quantumverschijnselen kunnen voorkomen als deeltjes opgesloten zijn in een beperkte ruimte. In deze opgave bekijken we naar verschillende manieren waarop deeltjes opgesloten kunnen zijn. In een atoom geldt voor zowel de kerndeeltjes (neutronen en protonen) als voor de elektronen dat ze zich bevinden in een ruimte die een 'karakteristieke' grootte heeft. Met het model van het deeltje in een energie-put zijn er schattingen te maken over deze 'karakteristieke' groottes.

De grootte van een atoom wordt bepaald door de baan van het (buitenste) elektron om de kern. Om iets over de grootte van het atoom te weten te komen, kijken we naar het licht dat een atoom uitzendt. De energie van het licht dat hoort bij de overgang van de eerste aangeslagen toestand naar de grondtoestand ligt voor een waterstofatoom in de orde van grootte van 10 eV.

- 36 Bereken met behulp van het model van een deeltje in een energie-put de grootte van een waterstofatoom.

Om de grootte van de kern te kunnen schatten, moeten we kijken naar straling die afkomstig is uit de kern van een atoom. We gebruiken als voorbeeld de γ -straling die het aangeslagen kern van technetium-99 uitzendt. De energie van de uitgezonden fotonen is 140 keV. We nemen aan dat het uitzenden van het foton wordt veroorzaakt doordat er een kerndeeltje van de eerste aangeslagen toestand terugvalt naar de grondtoestand.

- 37 Schat de orde van grootte van de atoomkern van Tc-99. Maak daartoe een vergelijking met de orde van grootte van de grootheden uit de vorige vraag.

In moleculen wordt een elektron "gedeeld" door verschillende atomen. Dit betekent dat de ruimte waarin het elektron zit opgesloten effectief groter wordt. Als voorbeeld kijken we naar een molecuul CO_2 .

- 38 Doe op grond van die constatering een uitspraak over de orde van grootte van de golflengtes die je verwacht als een aangeslagen koolstofdioxide-molecuul licht uitzendt.

Metalen hebben vrije (geleidings-)elektronen. Die elektronen zijn dan niet meer aan één atoom gebonden, maar bewegen vrij door het hele metaal. De snelheid van deze elektronen is in de orde van grootte van 10^3 m s^{-1} .

- 39 Maak met berekening duidelijk dat er bij een spijker geen quantumverschijnselen optreden.
- 40 Hoe is dit aan het uitgezonden spectrum van een gloeiende spijker te zien?

33



- 34 Het patroon van figuur 1 is een interferentiepatroon. Interferentie treedt op bij golfverschijnselen.
- 35 Uit het dubbelspleetexperiment met elektronen volgt dat ook elektronen een golfkarakter hebben. De golflengte hiervan wordt gegeven door de de Broglie-golflengte.

36 Voor de energieën in een energieput geldt: $E_n = n^2 \frac{h^2}{8mL^2}$.

De overgang tussen $n = 2$ en $n = 1$ komt overeen met een energie van $10 \text{ eV} = 16 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Invullen levert: $16 \cdot 10^{-19} = (4-1) \frac{(6,63 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} L^2}$.

Dit geeft: $L = 3,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. (Dat is dezelfde orde van grootte als de Bohrstraal.)

- 37 De energie is een factor 10^4 groter en de massa van een kerndeeltje is ook een factor 10^4 groter dan van het elektron. Dus L^2 wordt 10^{-8} keer zo groot en L dus 10^{-4} keer zo groot. De orde van grootte van het Tc-99 atoom is dus 10^{-14} m .

- 38 Het CO_2 -molecuul is ongeveer 3 keer zo groot als het waterstofatoom want het heeft drie atomen. Dat betekent dat de grootte van de opsluiting L drie keer zo groot is, en L^2 dus ongeveer een factor 10 keer zo groot. Dan zijn de energieën die daarbij horen 10 keer zo klein en de golflengtes 10 keer zo groot.

Bij waterstof hoort bij de beschreven overgang een golflengte van ongeveer 100 nm (BINAS tabel 21), dus bij CO_2 zijn golflengtes van 1000 nm te verwachten.

- 39 Voor de de Broglie-golflengte van de vrije elektronen in de spijker geldt:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1 \cdot 10^3} = 7,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}.$$

Omdat de de Broglie-golflengte veel kleiner is dan de afmeting van de opsluiting, zijn hier geen quantumverschijnselen te verwachten.

- 40 Als er quantumverschijnselen zouden zijn, zou het spectrum niet continu zijn