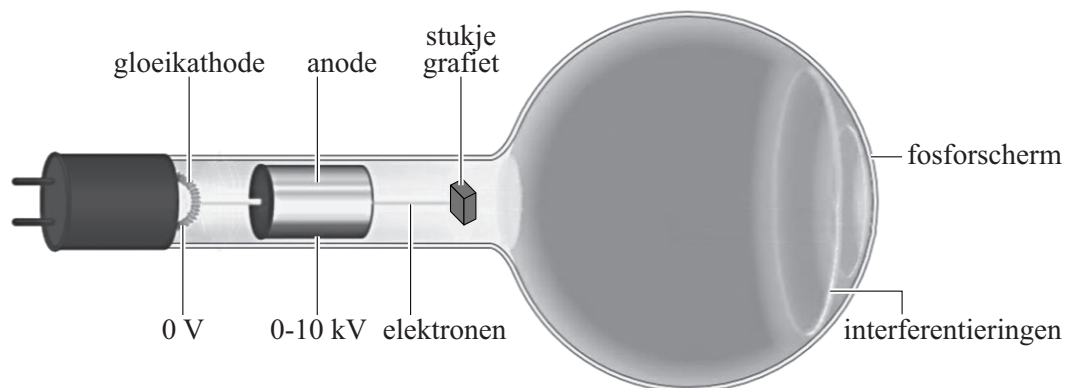


Elektronendiffractie

G.P. Thomson toonde experimenteel elektronendiffractie aan. Hij liet zien dat er een interferentiepatroon ontstaat als elektronen op een stukje vaste stof geschoten worden. Hiermee toonde hij aan dat elektronen een golfkarakter hebben. In 1937 ontving hij hiervoor de Nobelprijs.

Bob en Marly gaan het experiment van Thomson uitvoeren met een elektronendiffractiebus. Zij willen daarmee de afstanden tussen de atomen in grafiet bepalen. Zij gebruiken de opstelling die weergegeven is in figuur 1.

figuur 1



De gloeikathode levert elektronen. Deze elektronen hebben een verwaarloosbare snelheid. De elektronen doorlopen een versnelling die variabel is tot 10 kV. De elektronen gaan door het stukje grafiet, waarna ze op een fosforscherm een interferentiepatroon geven. Dit interferentiepatroon kan worden verklaard doordat de elektronen een golfkarakter vertonen.

Voor de de Broglie-golflengte van de elektronen geldt:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}} \quad (1)$$

Hierin is:

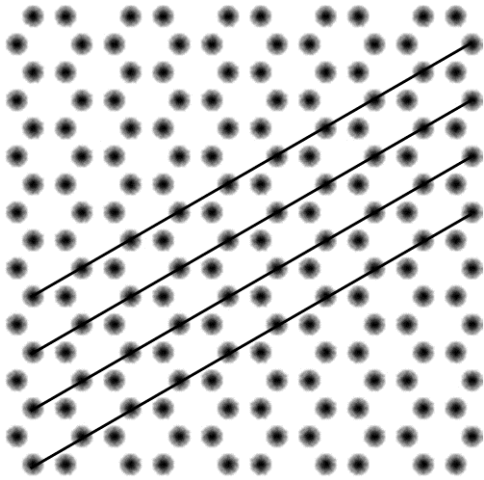
- h de constante van Planck;
- e de lading van het elektron;
- m de massa van het elektron;
- U de versnelling.

3p **15** Leid formule (1) af.

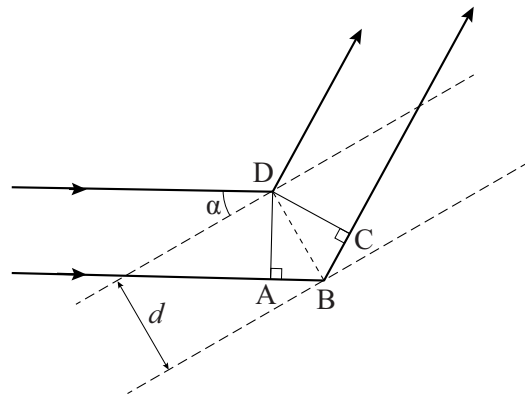
2p **16** Bereken de de Broglie-golflengte van de elektronen nadat ze een versnelling van 5,0 kV hebben doorlopen.

In grafiet liggen de koolstofatomen in lagen op elkaar. In de afzonderlijke lagen liggen de koolstofatomen in regelmatige zeshoeken. Het effect van elektronendiffractie vindt plaats binnen één laag en niet tussen de lagen. In figuur 2 is één zo'n laag weergegeven. In een laag liggen de atomen in evenwijdige lijnen. Aan deze lijnen vindt reflectie plaats, de zogenaamde Braggreflectie. De elektronengolven die terugkaatsen van de verschillende evenwijdige lijnen hebben een verschil in weglengte waardoor ze interfereren. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.

figuur 2



figuur 3



Er treedt constructieve interferentie op als:

$$2d \sin \alpha = n\lambda \quad \text{met } n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Hierin is:

- d de afstand tussen de roosterlijnen;
- α de hoek waaronder de elektronenbundel de roosterlijn treft;
- λ de de Broglie-golflengte van de elektronen.

Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

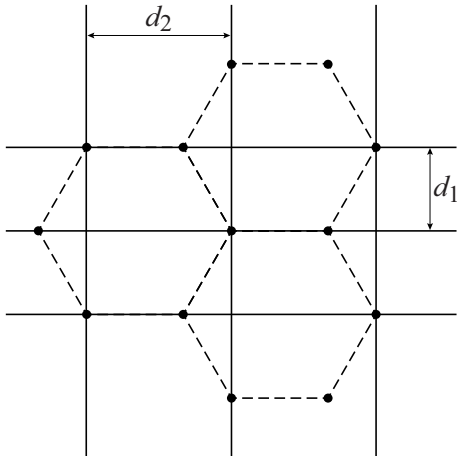
4p 17 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef op de uitwerkbijlage het verschil in weglengte tussen de twee stralen aan.
- Leid hiermee formule (2) af.

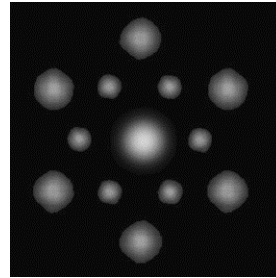
In figuur 4 zijn verschillende lijnen te zien waaraan reflectie plaats kan vinden. De afstanden tussen verschillende lijnen zijn aangegeven met d_1 en d_2 .

Bij een interferentiepatroon aan een monokristallijne laag grafiet (dat wil zeggen een laag die uit één kristal grafiet bestaat) ontstaat het patroon van figuur 5 op het scherm van de elektronendiffractiebus uit figuur 1.

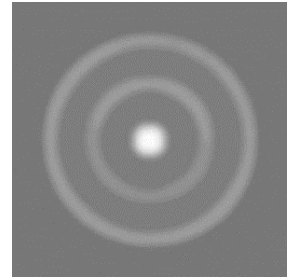
figuur 4



figuur 5



figuur 6



Als er in de diffractiebus geen monokristallijne laag grafiet zit maar een polykristallijne laag (dat wil zeggen dat er vele kristallen kriskras door elkaar zitten), ziet het interferentiepatroon eruit als in figuur 6.

- 2p **18** Leg uit of de buitenste ring komt van interferentie aan lijnen met afstand d_1 of met afstand d_2 .

Bob en Marly meten bij verschillende versnelspanningen de straal van de ringen op het scherm.

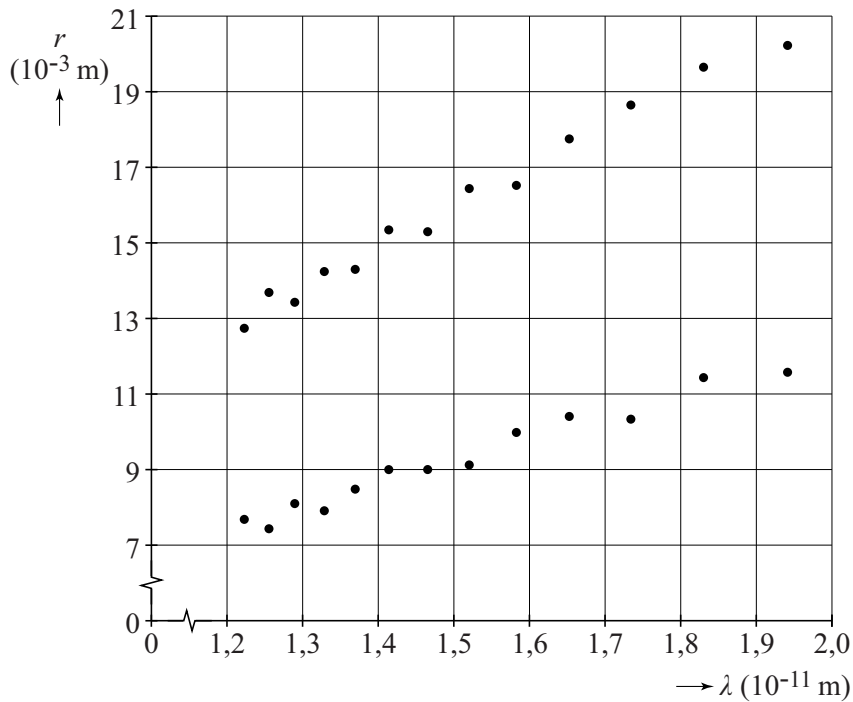
Bij lage versnelspanningen verschijnen geen ringen op het scherm.

Dan is alleen de stip in het midden op het scherm te zien.

- 2p **19** Leg uit waarom bij lage versnelspanningen geen ringen verschijnen op het scherm.

Van de metingen maken Bob en Marly een grafiek waarin ze de straal van beide ringen uitzetten tegen de de Broglie-golflengte van de elektronen. Zie figuur 7.

figuur 7



Voor kleine afbuigingshoeken geldt bij benadering:

$$r = \frac{2R}{d} n\lambda \quad (3)$$

Hierin is:

- r de straal van de ring op het scherm;
- d de afstand tussen roostervlakken;
- λ de de Broglie-golflengte;
- R de straal van de bol van de diffractiebus (65 mm);
- $n = 1$.

Figuur 7 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **20** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zo nauwkeurig mogelijk de grootte van d voor de buitenste ring.