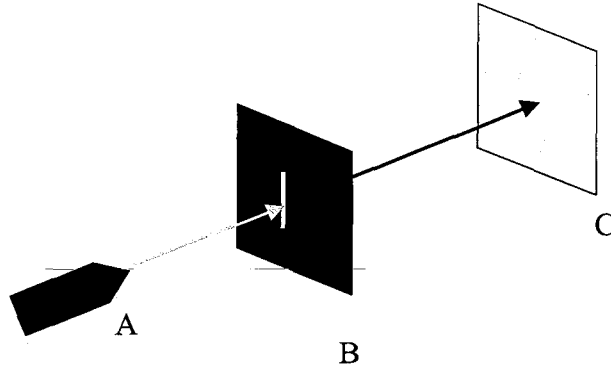


1. Twee-spleet experiment met een elektronenbundel (8)

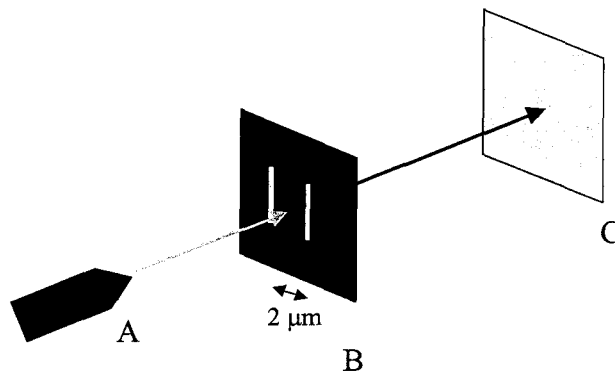
Een elektronenbundel wordt tussen punt A en de plaat B versneld door een spanning van 200 Volt.



Precies in het verlengde van de elektronenbundel wordt een flux van 10^{12} elektronen per mm^2 per seconde waargenomen door de detector C.

2

a) Hoe groot is de golflengte van de elektronen tussen B en C?



Nu plaatsen we een tweede spleet in scherm B. De afstand tussen de twee spleten bedraagt $2 \mu\text{m}$.

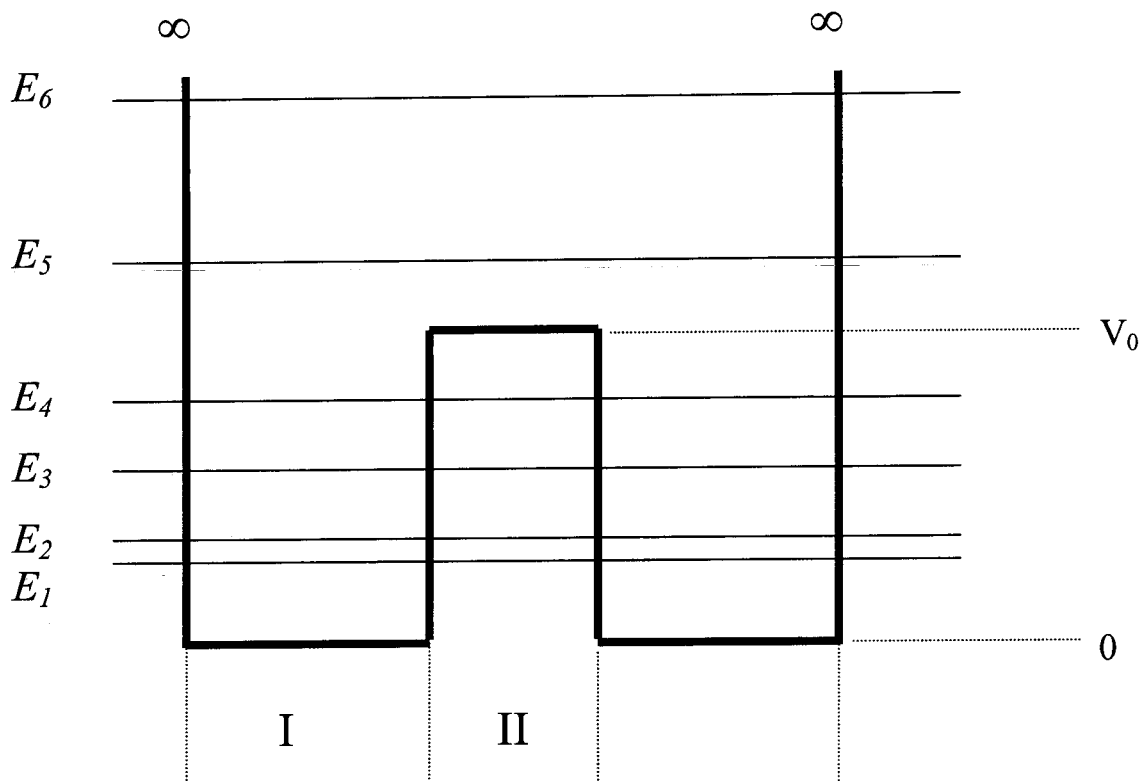
3

b) Hoe groot is nu de flux?

3

c) Onder welke hoeken zal nooit een elektron door detector C worden gemeten? [Let op: er bestaan veel hoeken]

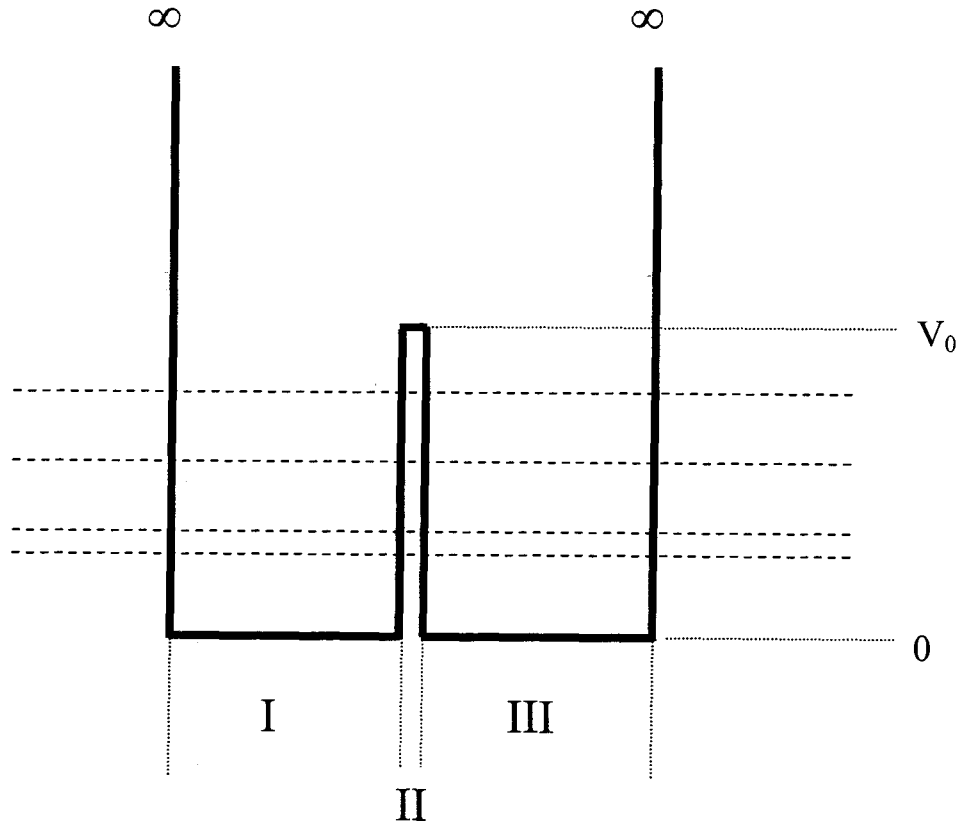
2. Symmetrische potentiaalput (14)



Met behulp van een numerieke oplossing van de Schrödinger vergelijking voor een deeltje met massa m in de hierboven aangegeven 1-dimensionale potentiaalput zijn de energieniveaus $E_1, E_2, E_3, \dots$ gevonden.

- 3 a) Schrijf voor de gebieden I, II en III de Schrödinger vergelijking voor het deeltje op.
- 6 b) Geef de wiskundige vorm van de oplossingen van de Schrödinger vergelijkingen voor alle 3 de gebieden zonder de Schrödinger vergelijkingen helemaal op te lossen. Hierbij kun je het best $x=0$ in het midden van de potentiaalput kiezen. Wat kun je zeggen over de amplitude van de golf functie buiten de gebieden I, II en III?
- 3 c) Teken in de bovenstaande figuur de golf functie voor elk aangegeven energieniveau zodat hun belangrijke kenmerken duidelijk naar voren komen. (Licht toe met een paar steekwoorden)
- 2 d) Wat gebeurt er met de energieën van de vier laagste toestanden wanneer de breedte van gebied II zeer klein wordt? Gebruik hiervoor

het schema hieronder. Voor het gemak hebben wij met stippellijnen de energieën van opdracht c) getekend.



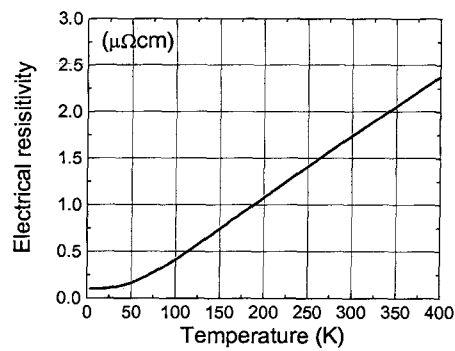
3. Elektrische geleiding (13)

Van twee verschillende stoffen wordt de elektrische weerstand gemeten.

Eerste stof

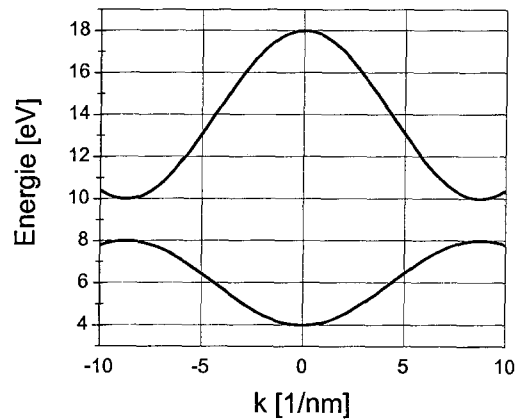
De temperatuurafhankelijkheid van de weerstand van de eerste stof is in figuur 1 aangegeven.

Figuur 1



- 1 a) Is dit een metaal of een halfgeleider?
- 2 b) Leg uit waarom de elektrische weerstand toeneemt met toenemende temperatuur
- 2 c) De bandenstructuur van deze stof is in figuur 2 aangegeven. Waar kan de Fermi energie voor deze stof liggen?

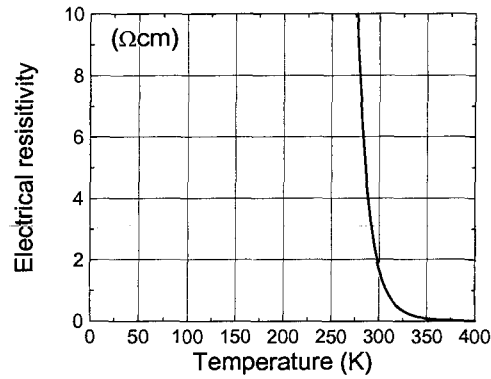
Figuur 2



Tweede stof

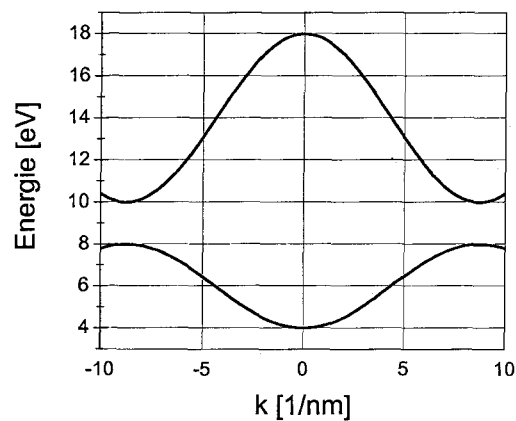
De temperatuurafhankelijkheid van de weerstand van de tweede stof is in figuur 3 aangegeven.

Figuur 3



- 1 d) Is dit een metaal of een halfgeleider?
- 2 e) Leg uit waarom de elektrische weerstand afneemt met toenemende temperatuur
- 2 f) De bandenstructuur van deze stof is zoals in figuur 4 aangegeven. Waar ligt de Fermi energie voor deze stof?
- 3 g) Welke snelheid hebben de snelste elektronen in deze stof?

Figuur 4



4. *Atomaire toestanden (12)*

Alhoewel wij in het college niet de Schrödinger vergelijking van het waterstofatoom opgelost hebben, hebben wij aannemelijk gemaakt dat elke toestand met drie kwantumgetallen n , l , en m is gekenmerkt.

- 2 a) Schrijf de Schrödinger vergelijking voor het waterstofatoom op. Geef een fysische beschrijving van elke term.
- 1 b) Aan welke relaties zijn n , l en m onderworpen?
- 3 c) - Hoe hangt de energie van de kwantumgetallen n , l en m af?
- Wat is de ontaardingsgraad van een toestand met een bepaalde n ?
- Wat is de ontaardingsgraad van een toestand met een bepaalde n en een bepaalde l ?
- 2 d) Schrijf de Schrödinger vergelijking voor het heliumatoom op. In hoeverre is deze vergelijking anders dan die voor het H-atoom?
- 4 e) Geef de elektronenconfiguratie van het Cu atoom en die van het Cu^{2+} ion. Geef een korte toelichting.

5. Structuren van moleculen (13)



Experimenteel is gevonden dat O_2 paramagnetisch is terwijl het naburige F_2 het niet is.

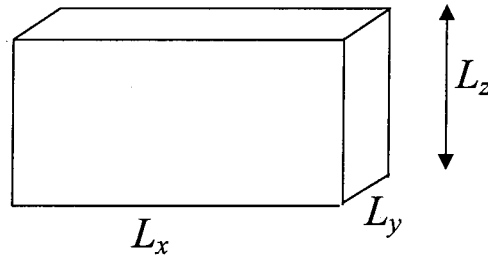
- 2 a) Geef de elektronenconfiguratie van een geïsoleerd O en een geïsoleerd F atoom.
- 2 b) Maak een kwalitatieve tekening van de energieniveaus van het O_2 en F_2 molecuul.
- 3 c) - Geef in de onder b) gemaakte tekeningen aan hoe de elektronen verdeeld zijn over de moleculaire orbitalen. Leg uit.
 - Leg uit waarom O_2 paramagnetisch is terwijl het naburige F_2 het niet is.
 - Geef de bondorders voor beide moleculen.

Vergelijk de verbindingen SO_2 , SO_3^{2-} en SO_4^{2-} .

- 2 d) Geef de meest gunstige Lewis structuur voor elk van deze verbindingen.
- 2 e) Geef de formele ladingen op de atomen aan.
- 2 f) Geef de meest waarschijnlijke geometrische structuren op basis van het VSEPR model.

6. Nanoelektronika (12)

De drang om steeds krachtiger computers op de markt te brengen vereist een steeds verdergaande miniaturisering. We bekijken hier een elektron in een driedimensionale rechthoekige doos met dimensies $L_x \times L_y \times L_z$ waarbij de lengte $L_x = 3 L_y = 2 L_z$.



- 5 a) Schrijf de Schrödinger vergelijking voor het elektron in deze doos op.
- 3 b) Los deze vergelijking op.
- 2 c) Bereken de energie van de 5 laagste kwantumtoestanden voor het geval dat $L_y = 1 \text{ nm}$.
- 2 d) Maak een tekening van het energiespectrum d.w.z. van de energie niveaus en de bijbehorende ontappingsgraad.