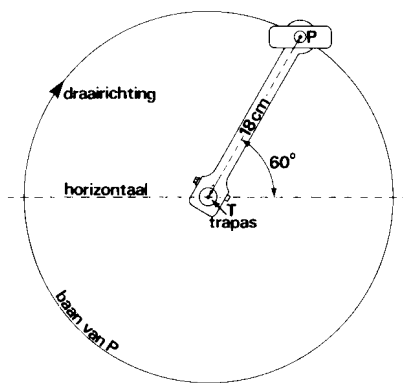


Opgave 1 Fietsen

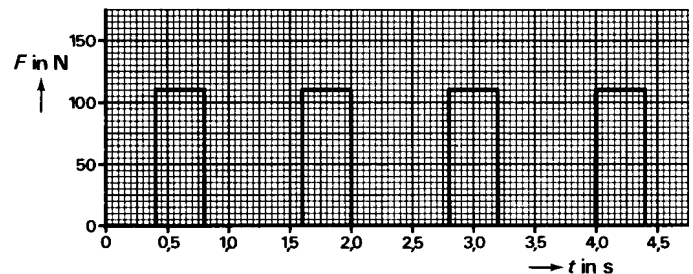
Iemand rijdt op een fiets. Beide pedalen beschrijven een eenparige cirkelbeweging ten opzichte van de fiets. Tijdens het fietsen oefent de berijder periodiek een kracht uit op de pedalen, afwisselend met zijn linker- en met zijn rechtervoet. Het aangrijpingspunt van de kracht is het draaipunt (P) van het pedaal. De kracht is steeds *verticaal omlaag* gericht.

In figuur 1 is de baan van het rechter pedaal getekend. Terwijl de fietser met een constante snelheid rijdt, wordt de kracht die de rechtervoet op het rechter pedaal uitoefent, gemeten. Het resultaat van deze meting is vereenvoudigd weergegeven in figuur 2.

Elke keer als de trapper in de stand van figuur 1 staat, is de krachtwerking op het rechter pedaal juist begonnen. In figuur 2 is dat voor het eerst het geval op het tijdstip $t = 0,40$ s.



figuur 1



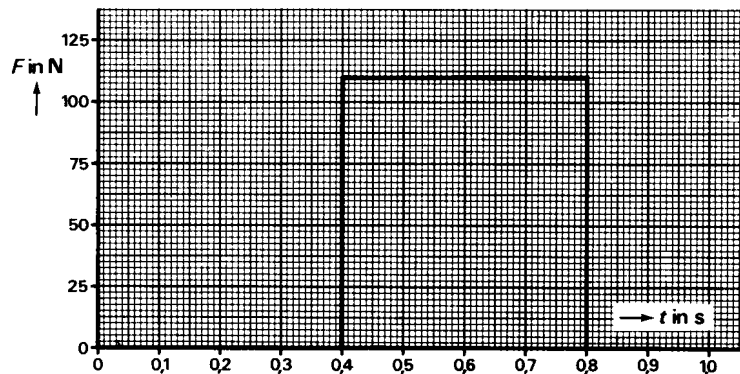
figuur 2

- a. Bepaal hoeveel keer per minuut de trappers ronddraaien.

Als de trapper in de stand van figuur 1 staat, oefent de voet de in figuur 2 aangegeven verticale kracht uit op het rechter pedaal.

- b. Bepaal het moment van deze kracht ten opzichte van de trapas.

In figuur 3 is een deel van figuur 2 op grotere schaal weergegeven. Figuur A op het bijgevoegde antwoordpapier is een vergrote weergave van figuur 1.



figuur 3

- c. Bepaal de stand van de rechter trapper (TP) op het tijdstip $t = 0,80$ s en teken deze stand in figuur A.

- d. Bepaal hoeveel arbeid wordt verricht door de kracht uitgeoefend op het rechter pedaal in de tijd die nodig is om de trappers één keer rond te draaien.

Onder andere met behulp van bovenstaande gegevens is het mogelijk om de gemiddelde wrijvingskracht te berekenen, die fiets en fietser tezamen bij het rijden ondervinden. De grootte blijkt 12 N te zijn. We nemen aan dat deze kracht onafhankelijk is van de snelheid waarmee de fietser rijdt.

De fietser stopt met trappen als zijn snelheid 18 km/h bedraagt. De massa van fiets en berijder samen bedraagt 75 kg.

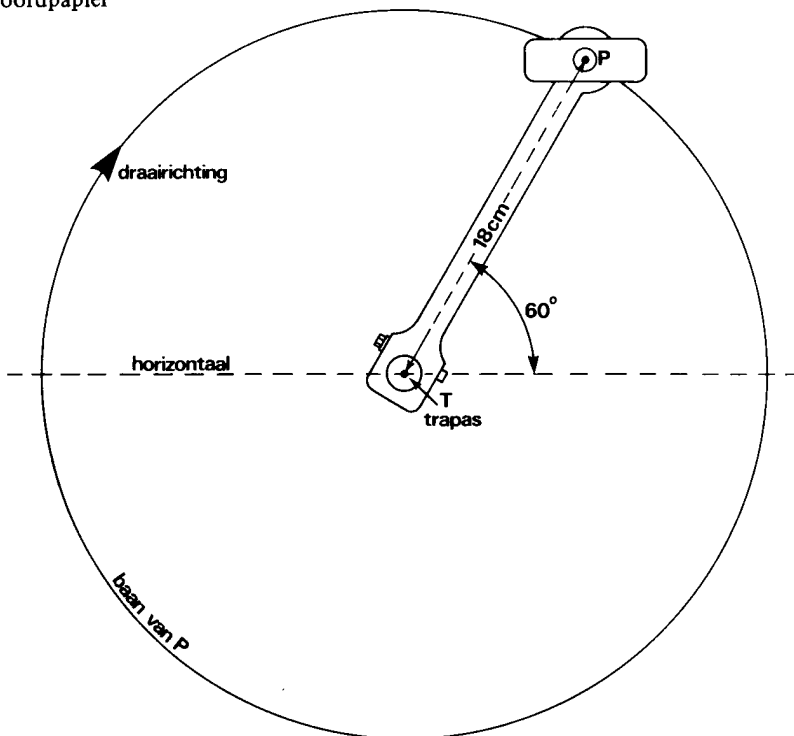
- e. Bereken hoe ver de fietser nog zal doorrijden, alvorens tot stilstand te komen.

In het voorwiel van de fiets is tussen de spaken een kleine reflector geklemd. De afstand van de buitenkant van het voorwiel tot zijn middelpunt bedraagt 30 cm. Het midden van de reflector bevindt zich op een afstand van 15 cm van het middelpunt van het voorwiel.

- f. Bepaal de grootte van de middelpuntzoekende versnelling die het midden van de reflector ondervindt als de fietser met een snelheid van 5,0 m/s rijdt.

Bijlage:

Antwoordpapier

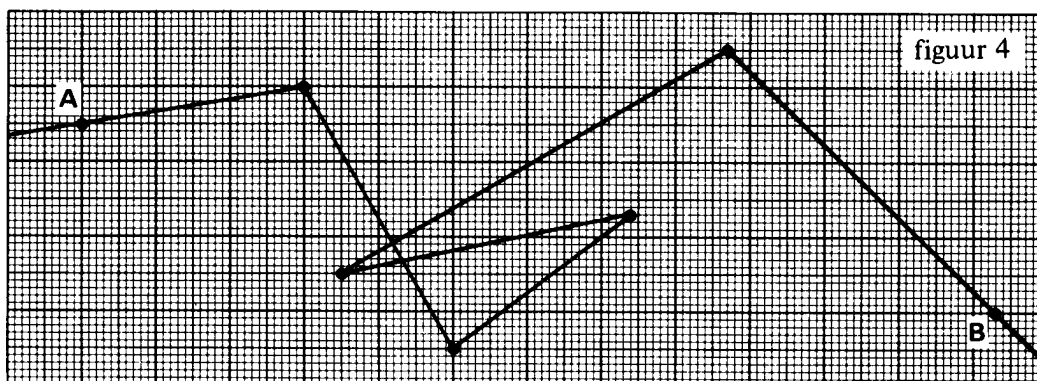


figuur A

Opgave 2 Gas

In een gas bewegen moleculen kris-kras door elkaar. Richtingsveranderingen treden op als een molecuul tegen een ander molecuul botst.

In figuur 4 is weergegeven hoe een bepaald molecuul beweegt van de positie aangegeven met A naar een positie aangegeven met B. De baan ligt in dit geval in een plat vlak. In de tekening komt 1,0 cm overeen met 1,0 μm in werkelijkheid.



De tijdsduur waarin het molecuul van A naar B gaat is $8,0 \cdot 10^{-9}$ s.

- a.1. Bepaal de *verplaatsing* van dit molecuul in deze tijdsduur.
- a.2. Bereken de grootte van de gemiddelde snelheid in deze tijdsduur.

In een vat bevindt zich een afgesloten hoeveelheid gas.

Het vat is cilindervormig. Het gas wordt afgesloten door een zuiger die zonder wrijving kan bewegen. Zie figuur 5.

De oppervlakte van de zuiger is $9,0 \text{ cm}^2$.

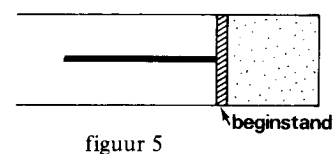
In de beginstand is het volume van het afgesloten gas 45 cm^3 .

De druk is dan aan beide zijden van de zuiger 1,00 bar.

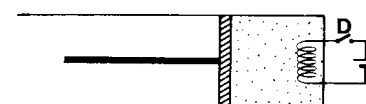
We trekken - van de beginstand uit - de zuiger over een afstand van 15 cm naar links. De temperatuur verandert hierbij niet.

- b. Teken - in figuur B op het bijgevoegde antwoordpapier - het (p, V) -diagram van dit proces. Bereken daartoe ten minste 3 punten. (De begintoestand is reeds aangegeven met de letter S.)

Vervolgens laten we de zuiger los, waarna deze terug komt in de beginstand. In het cilindervormige vat is een gloeispiraal aangebracht, waarmee de temperatuur van het gas kan worden verhoogd. Zie figuur 6. Op tijdstip $t = 0$ wordt schakelaar D gesloten.



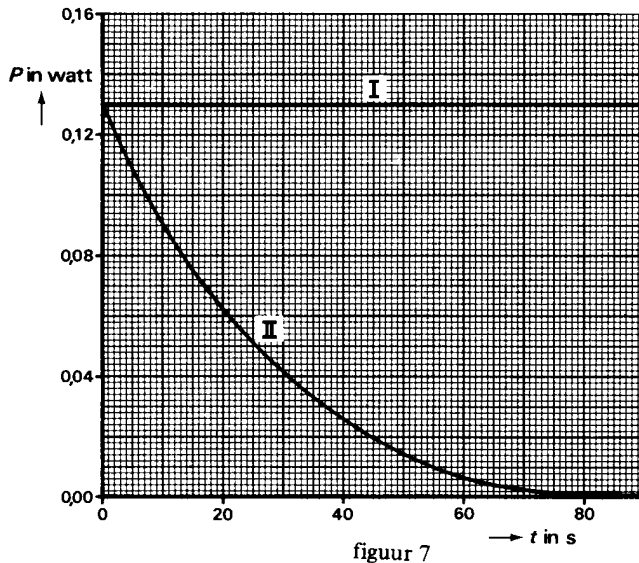
figuur 5



figuur 6

In figuur 7 zijn twee lijnen (I en II) aangegeven.

Lijn I geeft het door de gloeispiraal ontwikkelde vermogen aan als functie van de tijd. De weerstand van de gloeispiraal is $2,1 \Omega$.



c. Bepaal de stroomsterkte in de gloeispiraal.

d. Lijn II geeft aan hoe het vermogen dat aan het gas ten goede komt als functie van de tijd verloopt. Leg uit waarom lijn II eerst daalt en na enige tijd samenvalt met de lijn $P = 0$.

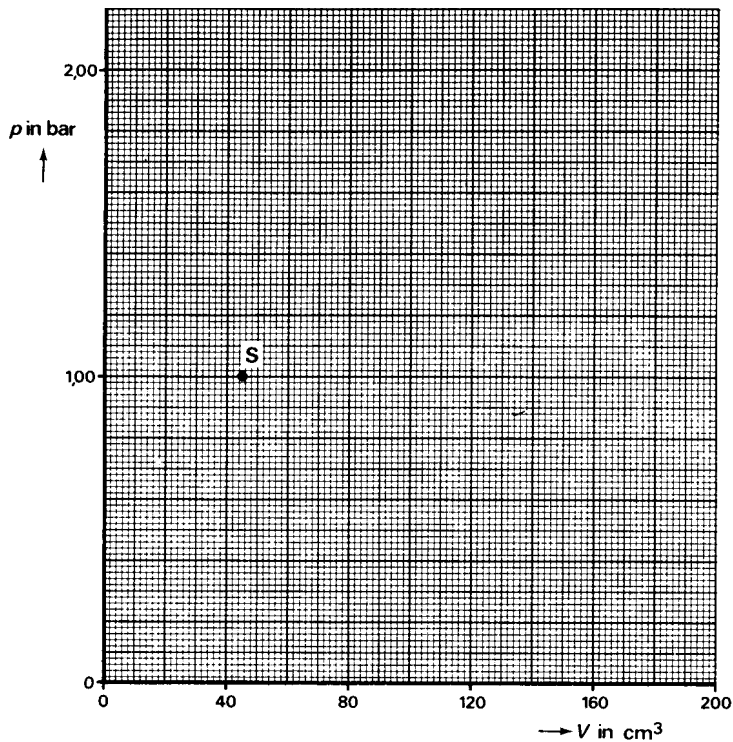
e. Op welke wijze kan uit figuur 7 worden bepaald hoeveel energie aan het gas ten goede is gekomen?

f. De begintemperatuur van het gas was $18,0 \text{ }^\circ\text{C}$; de eindtemperatuur is $60,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Bereken hoe ver de zuiger van de beginstand uit is verschoven.

Uit figuur 7 blijkt dat $3,0 \text{ J}$ aan het gas ten goede is gekomen. De massa van het afgesloten gas is $37,4 \text{ mg}$.

g. Bereken de soortelijke warmte van het gebruikte gas.

Bijlage:



figuur B

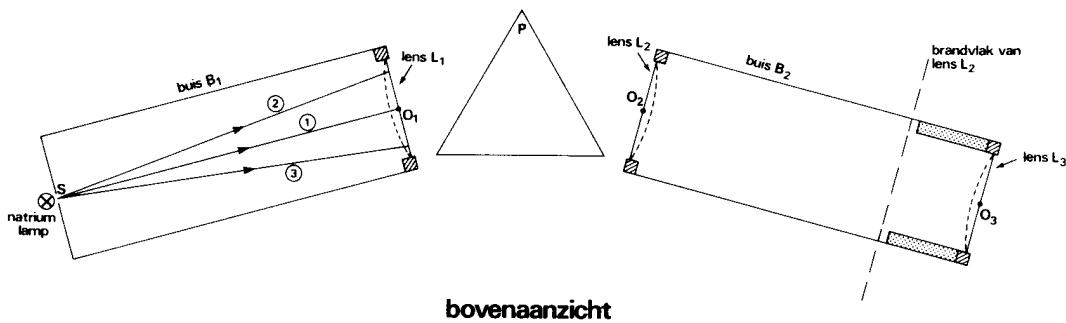
Opgave 3 Natriumlamp

Een bepaalde natriumlamp heeft een vermogen van 90 W. Hij wordt aangesloten op een spanning van 220 V. De lichtopbrengst bedraagt 26% van het opgenomen elektrische vermogen.

- a.1. Hoeveel energie wordt per seconde als licht uitgestraald?
- a.2. Bereken de stroomsterkte in de lamp.
- a.3. Welke soorten deeltjes zorgen voor het transport van de lading door de lamp?

Om het spectrum van natrium te bekijken, plaatsen we de natriumlamp voor de smalle, verticale spleet S van een prismaspectrocoop.

Figuur 8 geeft een *bovenaanzicht* van de opstelling.



figuur 8

In buis B_1 bevindt zich een lens L_1 met optisch middelpunt O_1 .

De brandpuntsafstand van deze lens is gelijk aan de afstand SO_1 .

Via deze lens komen de lichtstralen op het prisma P. Door het prisma treedt deviatie (=richtingsverandering) op.

Daarna worden de stralen door middel van lens L_2 , met optisch middelpunt O_2 , in buis B_2 geconvergeerd naar het brandvlak van deze lens.

Lens L_3 is verschuifbaar. Hij wordt zo ingesteld dat het hoofdbandpunt van L_3 samenvalt met het hoofdbandpunt van L_2 . De lichtstralen uit dat hoofdbandpunt komen dan evenwijdig uit L_3 .

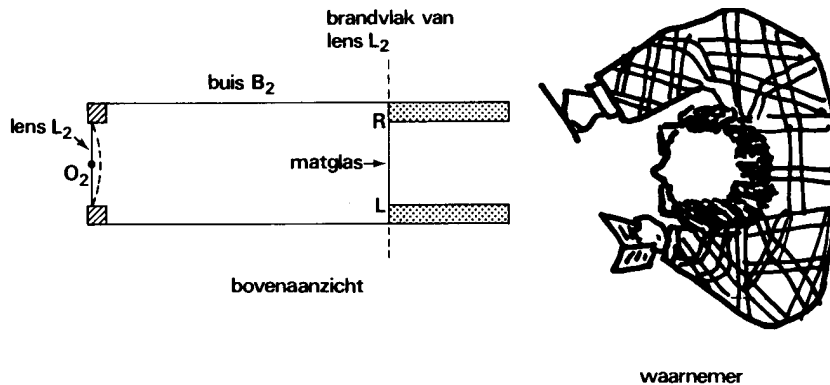
Figuur 8 is op het bijgevoegde antwoordpapier vergroot weergegeven, als figuur C.

De stralengang is voor één lichtstraal van het gele natriumlicht reeds volledig getekend: straal ①. Voor de stralen ② en ③ is dit gedeeltelijk gedaan.

b. Teken in figuur C het volledige verloop van de stralen ② en ③.

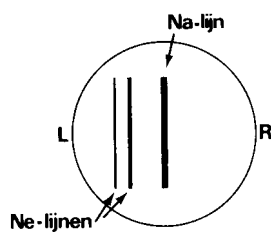
Als we door lens L_3 kijken, zien we één zeer lichtsterke gele spectraallijn. Tevens zien we enkele lichtzwakke, rode spectraallijnen. Deze zijn afkomstig van neonatomen. (Het neongas is nodig om in het begin de natriumlamp te ontsteken.)

We vervangen (voor de eenvoud) lens L_3 door een matglasje dat ook in buis B_2 kan worden geschoven. Het matglasje wordt zo geplaatst dat het precies in het brandvlak van lens L_2 ligt. Zie figuur 9.

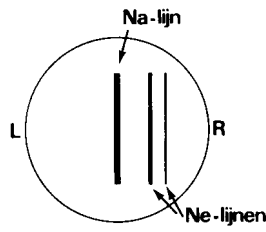


figuur 9

We zien op het matglas dan de genoemde gele natriumlijn en de rode neonlijnen als smalle, gekleurde lijntjes, die tussen L (links) en R (rechts) liggen (zie figuur 9). De juiste ligging van de neonlijnen ten opzichte van de natriumlijn wordt òf in figuur 10a òf in figuur 10b goed weergegeven.



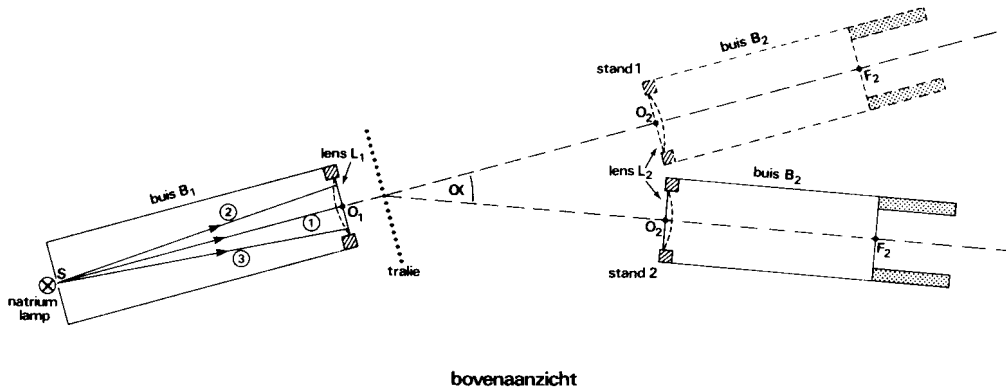
figuur 10a



figuur 10b

c. Beredeneer in welke figuur de juiste ligging wordt weergegeven.

Als "kleurschiftend element" kunnen we in een spectroscop ook gebruik maken van een tralie. In de spectroscop vervangen we het prisma door een tralie. Figuur 11 geeft het bovenaanzicht van de nieuwe opstelling.



figuur 11

Voor spleet S staat weer de natriumlamp. Het tralie wordt loodrecht geplaatst op de via buis B₁ invallende bundel. Buis B₂ staat eerst in stand 1. Zie figuur 11. De hoofdassen van de lenzen L₁ en L₂ vallen dan samen. De gele natriumlijn is op het matglas te zien in het hoofdbrandpunt F₂ van lens L₂.

Vervolgens draaien we buis B₂ naar een andere stand (stand 2 in figuur 11) waar we voor de eerste keer opnieuw de natriumlijn in F₂ zien liggen. We lezen af dat buis B₂ gedraaid is over een hoek $\alpha = 10^\circ$. Zie figuur 11.

Voor het natriumlicht geldt: $\lambda = 589 \text{ nm}$.

- d. Bepaal de tralieconstante van het gebruikte tralie.

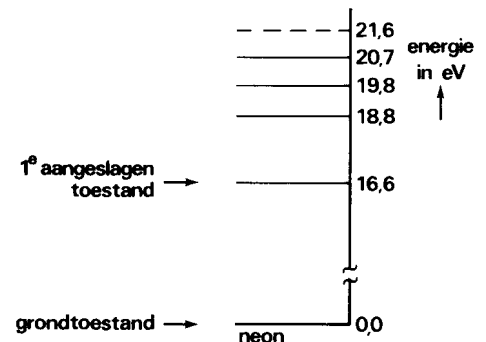
Op het matglas zijn ook nu weer naast de natriumlijn de lichtzwakke neonlijnen te zien. Wederom zijn er de twee mogelijkheden, weergegeven in figuur 10a en figuur 10b.

- e. Beredeneer of figuur 10a dan wel 10b de juiste ligging van de neonlijnen ten opzichte van de natriumlijn weergeeft.

Spectraallijnen zijn een gevolg van energieovergangen in atomen.

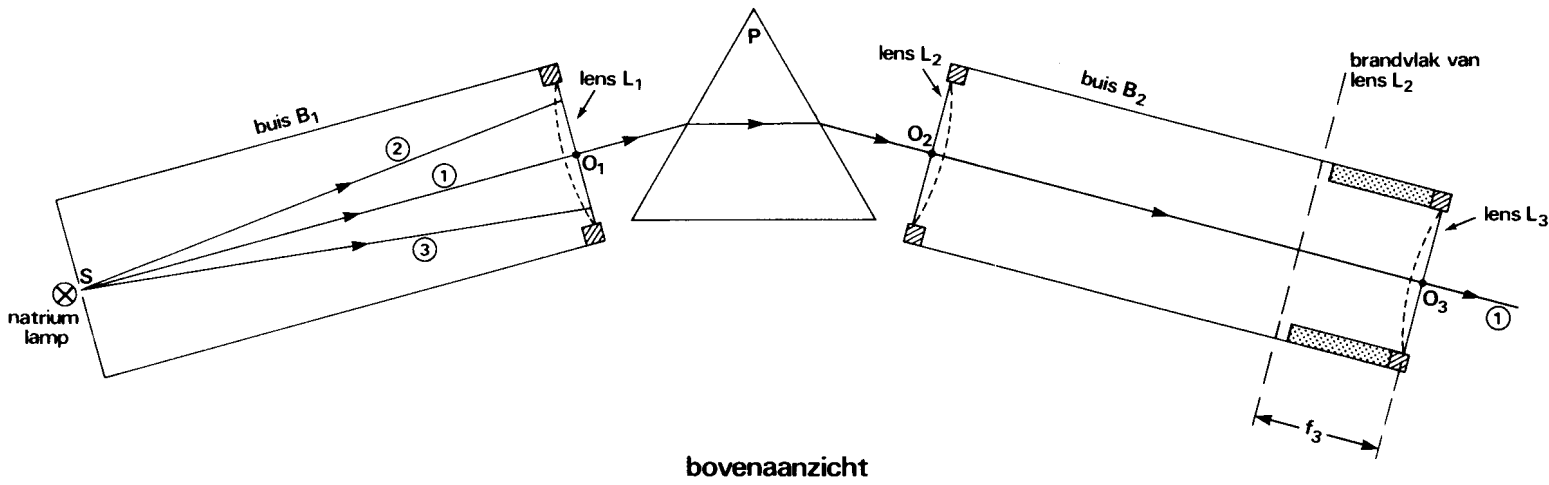
In figuur 12 is het energieniveauschema van neon weergegeven. Eén van de neonlijnen heeft een golflengte van 651 nm.

- f. Bepaal het beginniveau en het eindniveau van de overgang die plaatsvindt als dit licht ($\lambda = 651 \text{ nm}$) wordt uitgezonden.



figuur 12

Bijlage:

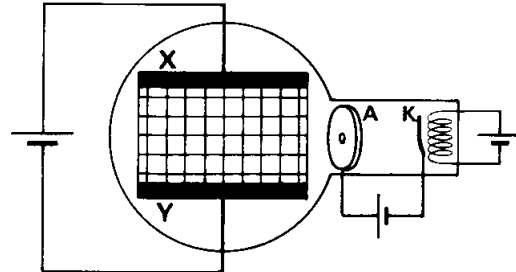
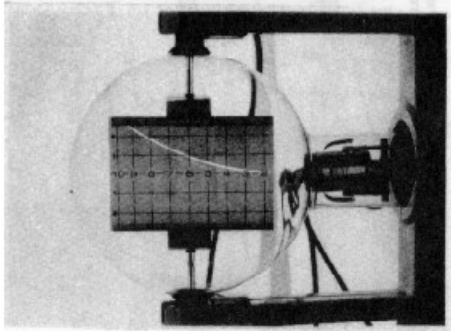


bovenaanzicht

figuur C

Opgave 4 Elektronenbuis

In figuur 13 zien we een afbeelding van een luchtledige buis waarmee we de afbuiging van elektronen in elektrische en magnetische velden kunnen onderzoeken. De diverse onderdelen zijn in figuur 14 schematisch weergegeven. Ook de elektrische schakeling is in figuur 14 te herkennen.



figuur 14

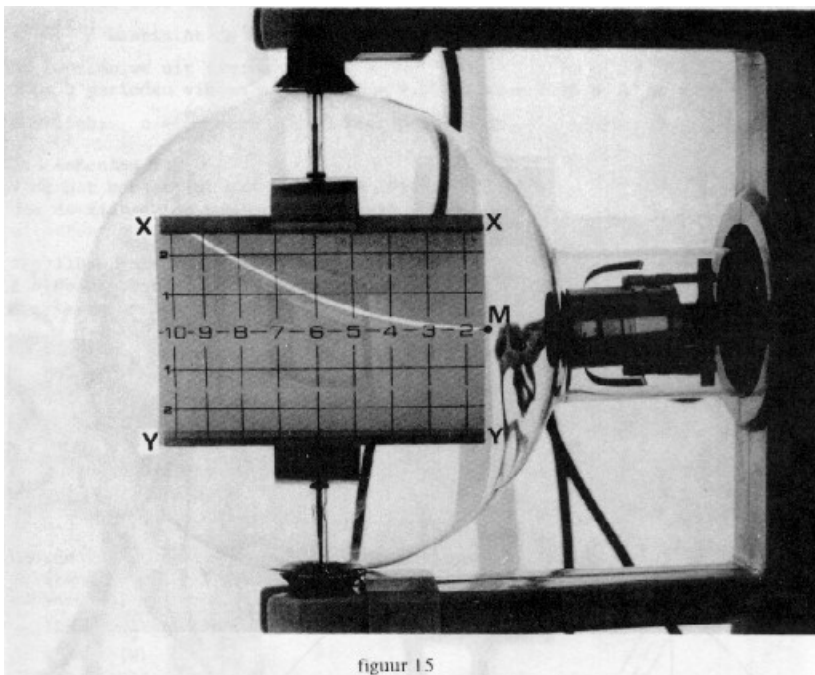
Door de gloeispiraal sturen we een stroom waardoor de kathode K zo heet wordt dat deze elektronen gaat uitzenden.

- a. Leg uit dat elektronen uit de kathode kunnen vrijkomen door hem te verhitten.

De vrijgemaakte elektronen komen met verwaarloosbaar kleine snelheid in een ruimte waar een elektrisch veld heerst tussen de kathode en de (doorboorde) anode A. In deze ruimte worden ze versneld. We stellen de versnelspanning in op 3,0 kV.

- b. Toon aan dat de elektronen die de anode passeren een snelheid hebben van $3,2 \cdot 10^7$ m/s.

Na het passeren van de doorboorde anode komen de elektronen met de genoemde snelheid in de ruimte tussen de evenwijdige metalen platen X en Y. Zie figuur 15.



figuur 15

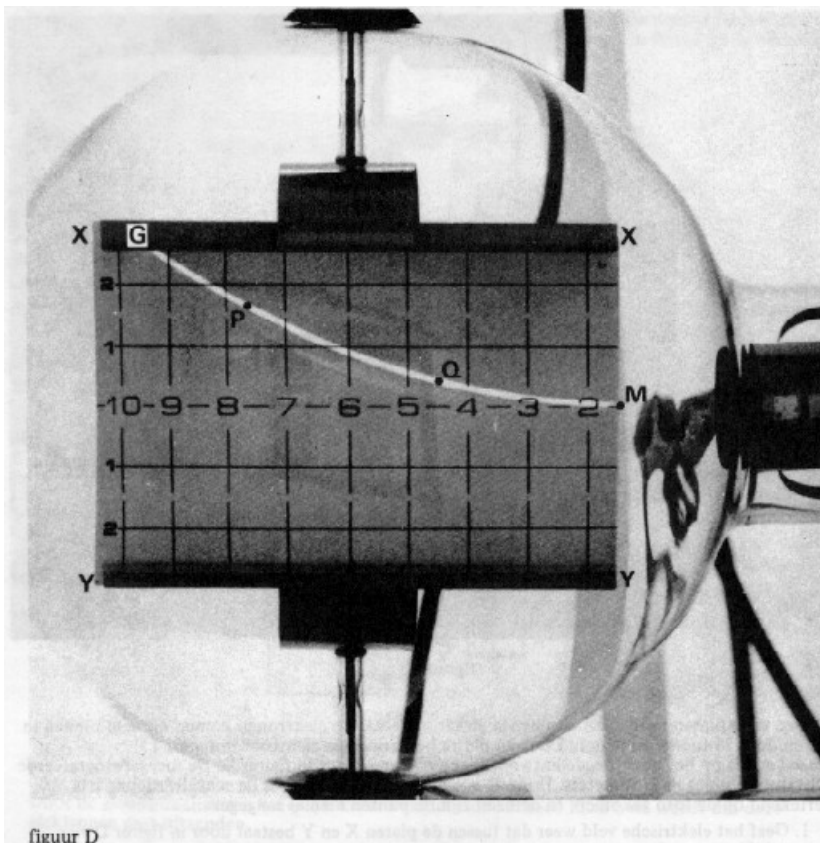
Tussen deze platen heerst een homogeen elektrisch veld. De elektronen komen dit veld binnen in het midden M tussen de platen. De baan die ze beschrijven is zichtbaar in figuur 15.

Deze baan is op het bijgevoegde antwoordpapier weergegeven in figuur D. De meegefotografeerde schaalverdeling is in centimeters. Door de vorm van de glazen buis is de schaalverdeling iets vertekend op de foto gekomen. In de baan zijn de punten P en Q aangegeven.

- c.
1. Geef het elektrische veld weer dat tussen de platen X en Y bestaat door in figuur D vier veldlijnen te tekenen.
 2. Teken in figuur D de elektrische kracht die een elektron ondervindt, zowel in punt P als ook in punt Q. Teken de beide krachten op dezelfde schaal.

De bundel elektronen treft plaat X in punt G. Zie figuur D.

- d.
1. Bereken hoeveel tijd een elektron nodig heeft om de baan van M tot G te doorlopen.
 2. Bepaal het potentiaalverschil tussen de platen X en Y.



We stellen het potentiaalverschil tussen de platen X en Y in op 2,0 kV. De elektronenbundel wordt ook nu naar boven afgebogen.

Met behulp van een magnetisch veld zorgen we ervoor dat de bundel elektronen niet wordt afgebogen, ondanks de aanwezigheid van het elektrische veld.

Onder invloed van beide krachtvelden gaat de bundel dan rechthoek.

- e.
- Bepaal de richting en de grootte van de magnetische veldsterkte als de elektronenbundel niet wordt afgebogen.

Einde.