

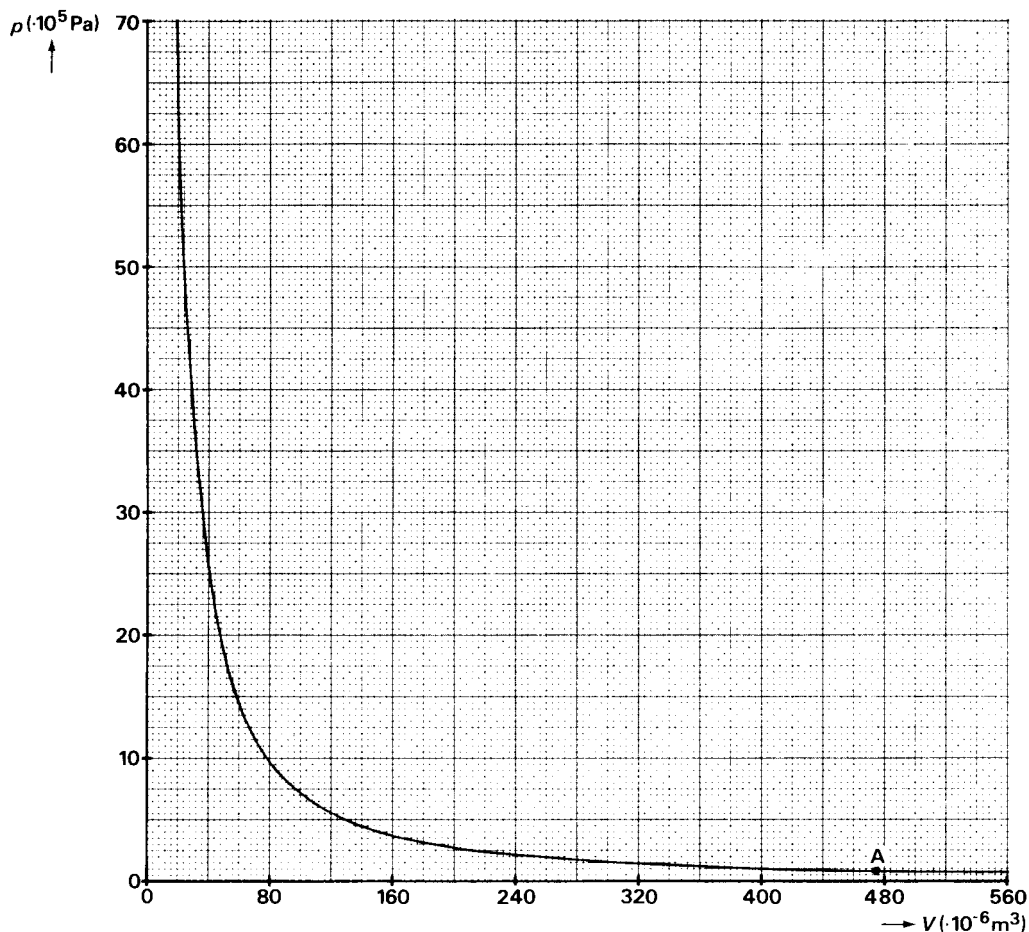
1. Een auto met een dieselmotor

In de cilinders van een dieselmotor wordt periodiek lucht aangezogen.

Deze lucht wordt vervolgens zo sterk adiabatisch gecomprimeerd, dat de temperatuur van de lucht voldoende hoog wordt om brandstof die wordt ingespoten, spontaan te doen ontbranden. Nadat lucht is aangezogen, bevindt zich in een cilinder $475 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ lucht met een druk van $0,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en een temperatuur van 72°C .

In het p , V -diagram in figuur 1.1 is deze toestand van de lucht aangegeven met letter A. In figuur 1.1 is ook aangegeven hoe de druk van de lucht verandert, als vanuit toestand A het volume van de lucht adiabatisch wordt gewijzigd.

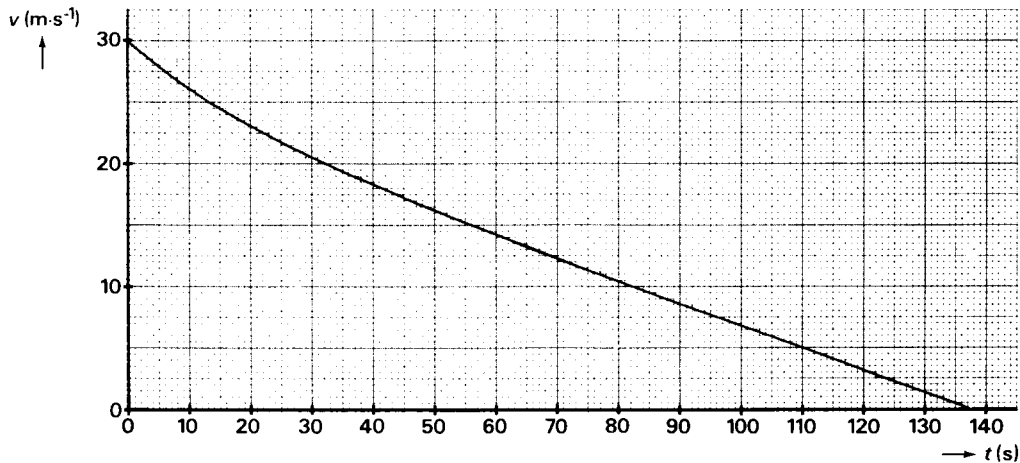
Bij de compressie in de cilinder wordt het volume van de lucht vanuit toestand A verkleind tot $20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.



figuur 1.1

- Leg uit dat volgens de eerste hoofdwet van de warmteleer de temperatuur van de lucht bij adiabatische compressie moet stijgen.
- Bepaal de luchttemperatuur aan het eind van de compressie in de cilinder.
- Bepaal de uitwendige arbeid die door de lucht in de cilinder tijdens de compressie wordt verricht.

De dieselmotor is ingebouwd in een auto. De massa van de auto en de bestuurder samen bedraagt $1,1 \cdot 10^3$ kg. De bestuurder geeft de auto een grote snelheid. Vervolgens ontkoppelt hij de motor en laat hij de auto uitrollen. De snelheid van de auto wordt daarbij gemeten als functie van de tijd die is verstreken sinds het moment van ontkoppelen. Uit de meetresultaten kan de wrijvingskracht op de auto worden bepaald. De proef is uitgevoerd op een horizontale weg op een windstille dag. Het verloop van de snelheid tijdens het uitrollen is weergegeven in het v, t -diagram in figuur 1.2. Dit diagram is ook getekend op de bijlage.



figuur 1.2

d.1. Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de versnelling van de auto op het moment dat de auto een snelheid heeft van $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, dus op $t = 0$.

d.2. Teken in de figuur op de bijlage het verloop van de wrijvingskracht op de auto als functie van zijn snelheid voor het interval $0 < v \leq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Bepaal daartoe eerst de wrijvingskracht bij drie geschikt gekozen snelheden.

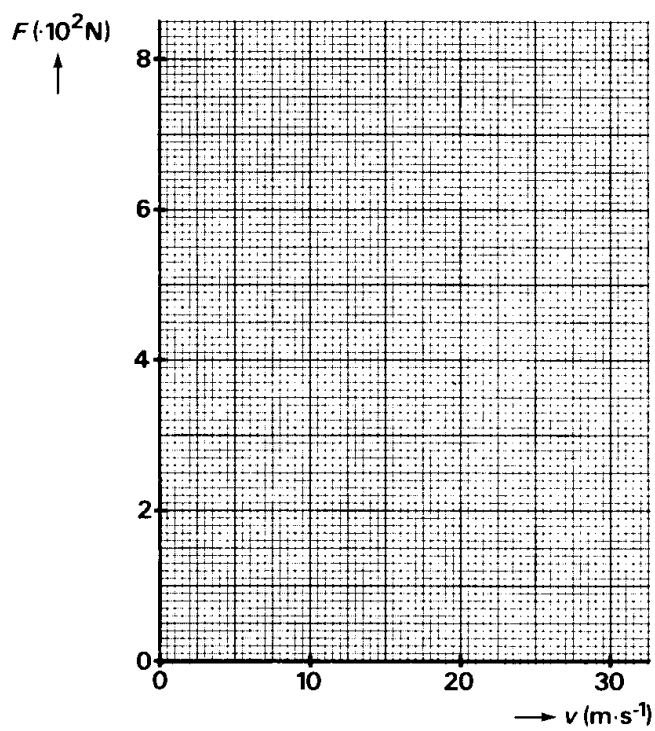
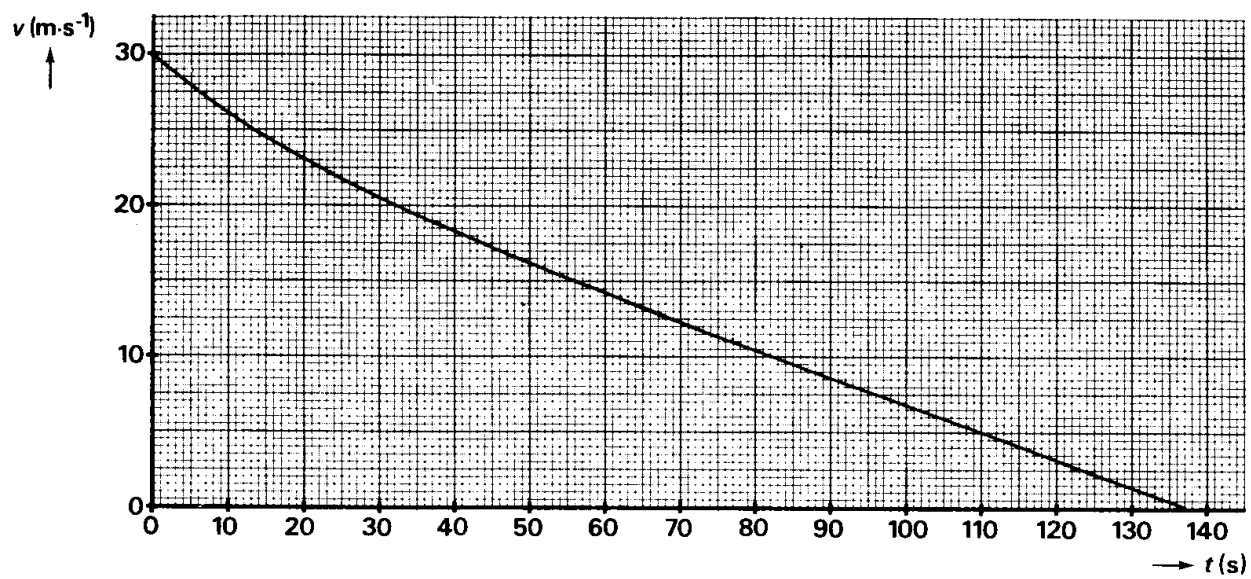
De wrijvingskracht op de auto bij een snelheid van $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bedraagt $8,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

e. Bereken de arbeid die door de wrijvingskracht in $1,0 \text{ s}$ wordt verricht als de auto een constante snelheid heeft van $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

De auto verbruikt bij deze constante snelheid $1,0$ liter dieselolie per $10,6 \text{ km}$. Bij de verbranding van $1,0$ liter dieselolie komt 36 MJ warmte vrij.

f. Bereken het rendement van de automotor bij deze constante snelheid van $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Bijlage:

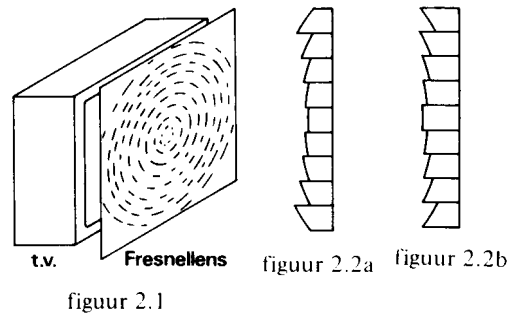


2. De beeldbuis

Vroeger waren de beeldschermen van televisietoestellen kleiner dan tegenwoordig. Om de kijkers een groter beeld te bieden, werd wel eens een Fresnellens op een kleine afstand voor het scherm geplaatst.

Fresnellenzen zijn uit concentrische doorzichtige ringen opgebouwd. Zie figuur 2.1.

Zowel in figuur 2.2a als in figuur 2.2b is een Fresnellens schematisch in doorsnede getekend.



- a. Leg uit welke van deze lenzen, op een kleine afstand voor een televisiescherm geplaatst, een rechtopstaand vergroot virtueel beeld kan geven.

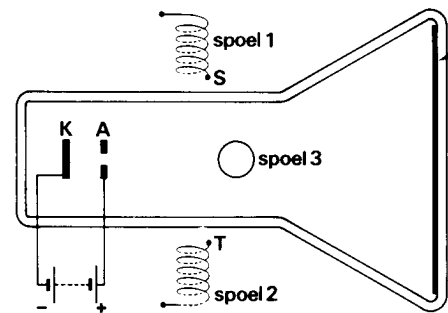
Het optisch middelpunt van een Fresnellens staat 3,0 cm van het lichtgevende vlak van de beeldbuis. Er ontstaat een rechtopstaand virtueel beeld dat 1,3 keer vergroot is.

- b. Bereken de brandpuntsafstand van deze lens.

In figuur 2.3 is de beeldbuis van een zwart-wit t.v. schematisch getekend. Elektronen worden door verhitting uit de kathode K vrijgemaakt en versneld tussen de kathode en de doorboorde anode A. Op plaatsen waar elektronen de fluorescerende laag op het scherm treffen, worden fotonen uitgezonden.

Het potentiaalverschil tussen anode en kathode bedraagt $2,5 \cdot 10^3$ V.

De kinetische energie van de elektronen bij het verlaten van de kathode is te verwaarlozen. In de ruimte tussen de anode en het scherm heerst geen elektrisch veld.



figuur 2.3

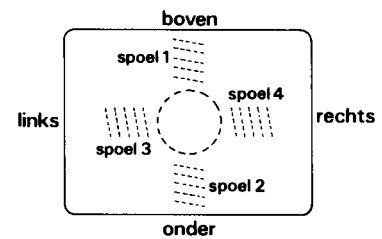
- c. Bereken de snelheid waarmee de elektronen het scherm treffen.

De afbuiging van de elektronenbundel wordt verzorgd door magnetische velden. Deze velden worden opgewekt door het spoelenpaar 1-2 en het spoelenpaar 3-4. In figuur 2.3 zijn de spoelen 1, 2 en 3 zichtbaar, in figuur 2.4 is de stand van de spoelen nog eens weergegeven voor iemand die voor de t.v. zit.

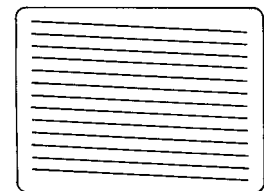
De spoelen van een spoelenpaar zijn in serie geschakeld. Daartoe zijn de punten S en T van het spoelenpaar 1-2 verbonden. Deze verbinding is in figuur 2.3 niet getekend. De spoelen van het spoelenpaar 3-4 zijn op vergelijkbare wijze aangesloten.

In figuur 2.5 is schematisch getekend waar de elektronenbundel achtereenvolgens het scherm raakt, gezien vanuit de positie van de kijker. Het trefpunt verplaatst zich van links naar rechts over het scherm. Is het trefpunt aan de rechterkant van het scherm angekommen dan schiet het terug naar de linkerkant. Na het op deze wijze voltooien van een bepaald aantal beeldlijnen is het trefpunt rechts onderaan gearriveerd en is één beeld compleet.

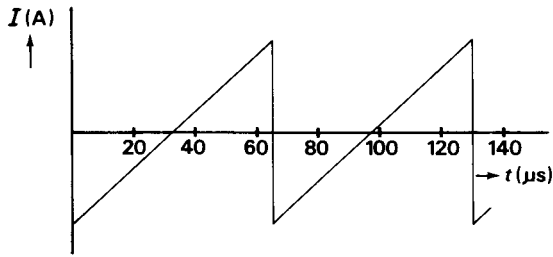
In de figuren 2.6a en 2.6b is de stroomsterkte door het ene en die door het andere spoelenpaar als functie van de tijd weergegeven.



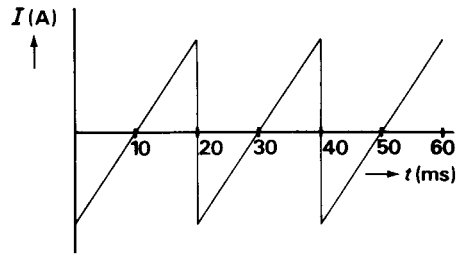
figuur 2.4



figuur 2.5



figuur 2.6a



figuur 2.6b

- d. Leg uit of het verloop van de stroomsterkte van figuur 2.6b bij het spoelenpaar 1-2 of bij het spoelenpaar 3-4 hoort.
- e. Bepaal met behulp van de figuren 2.6a en 2.6b uit hoeveel beeldlijnen een beeld is opgebouwd.

Als een elektron het scherm bereikt, verliest het energie door vele botsingen met atomen van de fluorescerende laag aan de binnenzijde van het scherm. Hierna wordt het elektron naar de spanningsbron teruggevoerd.

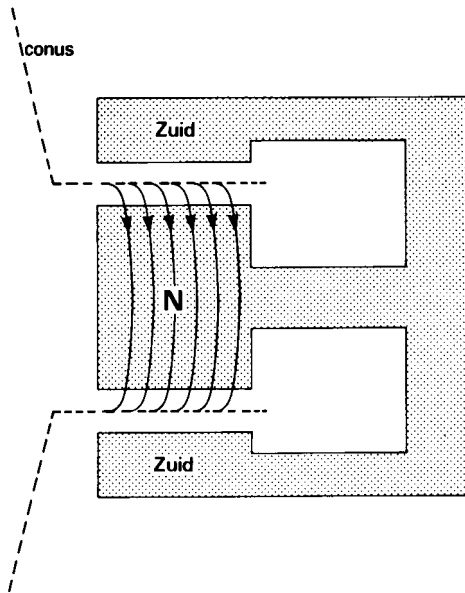
De versnelspanning is nog steeds $2,5 \cdot 10^3$ V. De elektronenstroom die het scherm treft, heeft een sterkte van 200 pA. Van de kinetische energie van deze elektronen wordt 90% omgezet in zichtbaar licht. De gemiddelde energie van een door de fluorescerende laag uitgezonden foton komt overeen met de energie van een foton met een golflengte van $5,6 \cdot 10^{-7}$ m.

- f. Bereken het aantal fotonen dat per seconde door de fluorescerende laag wordt uitgezonden.

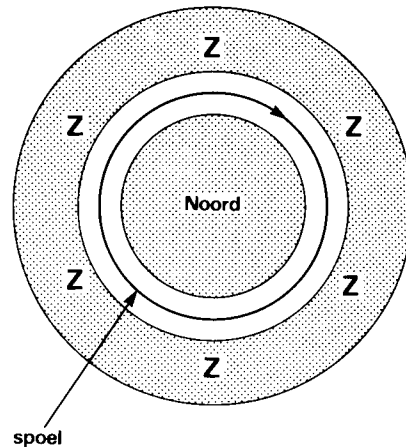
3. Luidsprekers

Een luidspreker bestaat in principe uit een spoel die kan bewegen ten opzichte van een vast opgestelde magneet. Aan de spoel zit een trechtervormige conus vast die lucht in trilling kan brengen.

In figuur 3.1 is een doorsnede in zijaanzicht en in figuur 3.2 een doorsnede in vooraanzicht van een bepaalde luidspreker getekend. In beide figuren zien we de centrale noordpool met daar omheen de spoel en daar weer omheen een ringvormige zuidpool.



figuur 3.1



figuur 3.2

De spoel is gewikkeld van koperdraad waarvan de doorsnede $7,9 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ is. Om de lengte van de koperdraad te bepalen, sluit men de luidspreker aan op een gelijkspanningsbron van 2,0 V. De stroomsterkte in de luidspreker bedraagt dan 0,23 A. De temperatuur van de spoel is 20°C .

- a. Bereken de lengte van de koperdraad.

De richting van de stroom in de spoel is in figuur 3.1 en in figuur 3.2 aangegeven.

Men houdt de spoel bij de gegeven stroomsterkte in zijn evenwichtsstand vast. De benodigde kracht blijkt 1,3 N te zijn.

- b. Teken op de bijlage de richting van de Lorentzkracht in de punten P, Q en R.

- c. Bereken de magnetische veldsterkte B ter plaatse van de windingen van de spoel.

Vervolgens wordt een luidspreker gebruikt waarvan de lengte van de koperdraad van de spoel 8,0 m is en de magnetische veldsterkte B ter plaatse van de spoel 1,2 T is. Deze luidspreker wordt aangesloten op een toongenerator die een sinusvormige wisselspanning met een frequentie van 100 Hz geeft. De spoel voert dan een harmonische trilling uit. Door de beweging van de spoel in het veld van de luidsprekermagneet wordt een inductiespanning opgewekt. De effectieve waarde van deze inductiespanning is 0,20 V. De zelfinductie van de spoel is te verwaarlozen. Voor de in de luidsprekerspoel opgewekte inductiespanning V_{ind} geldt:

$$V_{\text{ind}} = B \cdot l \cdot v$$

Hierbij is B de magnetische veldsterkte ter plaatse van de spoel, l de lengte van de draad van de spoel en v de snelheid van de spoel.

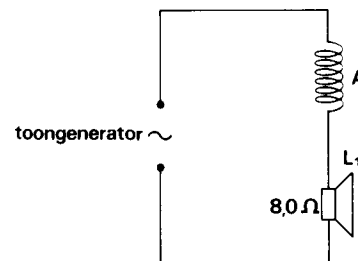
- d. Bereken de amplitudo van de trilling die de spoel uitvoert.

Bij de beantwoording van de volgende vragen moeten de luidsprekers worden opgevat als ohmse weerstanden waarin de inductiespanningen verwaarloosbaar zijn.

Een luidspreker L_1 wordt in serie met een spoel A op een toongenerator aangesloten. Zie figuur 3.3.

De ohmse weerstand van spoel A is te verwaarlozen.

Bij een frequentie van 0,40 kHz worden enige metingen in de opstelling verricht. De effectieve waarde van de sinusvormige wisselspanning van de toongenerator is 5,0 V. De effectieve spanning over de luidspreker is 3,0 V. De weerstand van de luidspreker is $8,0 \Omega$.



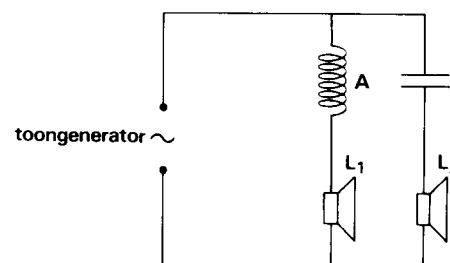
figuur 3.3

- e. Bereken de coëfficiënt van zelfinductie van spoel A.
- f. Bereken de fasehoek tussen de spanning van de toongenerator en de stroomsterkte. Vermeld of de stroom voor- of achterloopt op de spanning.

Tot slot sluit men bovendien een luidspreker L_2 aan op de toongenerator, maar nu in serie met een condensator. Zie figuur 3.4.

Men stelt de frequentie van de toongenerator zo in dat de effectieve stroomsterkte in de beide luidsprekers even groot is.

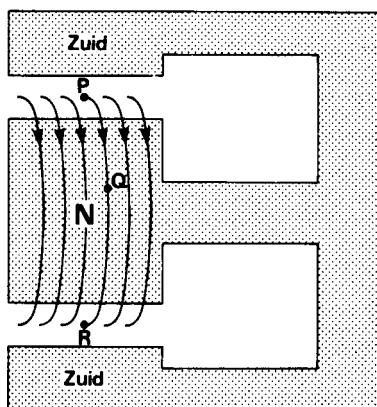
Hierna verhoogt men de frequentie.



figuur 3.4

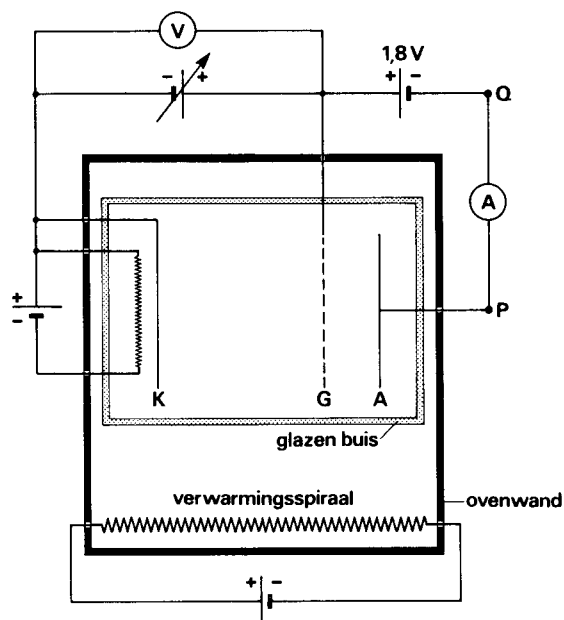
- g. Leg uit in welke luidspreker de effectieve stroomsterkte nu het grootst is.

Bijlage:



4. Het experiment van Franck en Hertz

Bij een experiment van Franck en Hertz gebruikt men een glazen buis met elektroden. In de buis bevindt zich wat kwik. Bij kamertemperatuur is het meeste kwik vloeibaar, terwijl bij de uitvoering van de proef het kwik in dampvorm aanwezig moet zijn. Om het kwik te kunnen verdampen is de buis in een oven geplaatst. Deze oven kan worden verhit met behulp van een verwarmingsspiraal. Zie figuur 4.1.



figuur 4.1

Op het tijdstip $t = 0$ is de temperatuur van de oven met inhoud gelijk aan die van de omgeving: $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

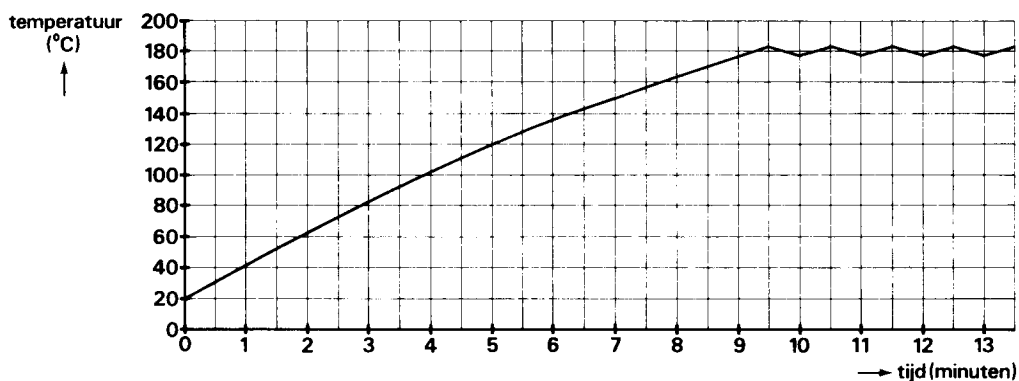
Op $t = 0$ wordt de verwarmingsspiraal ingeschakeld.

Een ventilator (niet getekend) zorgt ervoor dat de temperatuur overal in de oven dezelfde waarde heeft. De temperatuur stijgt geleidelijk steeds minder sterk, omdat er meer warmte aan de omgeving wordt afgestaan naarmate de temperatuur in de oven hoger wordt.

De spiraal wordt automatisch uitgeschakeld zodra de temperatuur in de oven te hoog wordt, en weer automatisch ingeschakeld als de temperatuur te laag wordt. De temperatuur schommelt dan om een waarde van $180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Het verloop van de temperatuur in de oven als functie van de tijd is weergegeven in figuur 4.2.

Figuur 4.2 is vergroot getekend op de bijlage.



figuur 4.2

De verwarmingsspiraal is aangesloten op een spanning van 220 V. Het vermogen van de spiraal is 400 W. De hoeveelheid warmte die nodig is voor het verdampen van het kwik is verwaarloosbaar klein.

- a. Bereken de weerstand van de verwarmingsspiraal.
- b.1. Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de temperatuurstijging van de oven per seconde onmiddellijk na $t = 0$.
- b. 2. Bereken de hoeveelheid warmte die nodig is om de oven met inhoud $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in temperatuur te doen stijgen, als we afzien van warmte-uitwisseling met de omgeving.
- b. 3. Bepaal de hoeveelheid warmte die de oven per seconde aan de omgeving afstaat bij een oventemperatuur van $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gebruik zonodig de figuur op de bijlage.

Bij deze oventemperatuur is het kwik in de glazen buis verdampt.

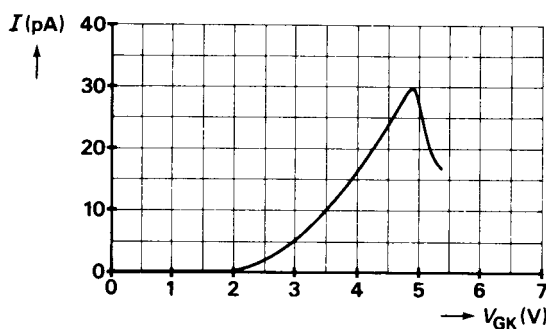
In deze buis bevinden zich van links naar rechts: een gloeidraad, een kathode K die door de gloeidraad wordt verhit, een elektrode G en een anode A. Zie figuur 4.1.

De elektrode G bestaat uit een metalen gaasje. Het potentiaalverschil V_{CK} tussen de elektrode G en de kathode is regelbaar. De potentiaal van de anode is altijd $1,8\text{ V}$ lager dan die van de elektrode G.

De anodestroom I wordt gemeten als functie van V_{GK} .

De I , V_{GK} -karakteristiek is weergegeven in figuur 4.3.

De kinetische energie waarmee de elektronen uit de kathode treden, is verwaarloosbaar.



figuur 4.3

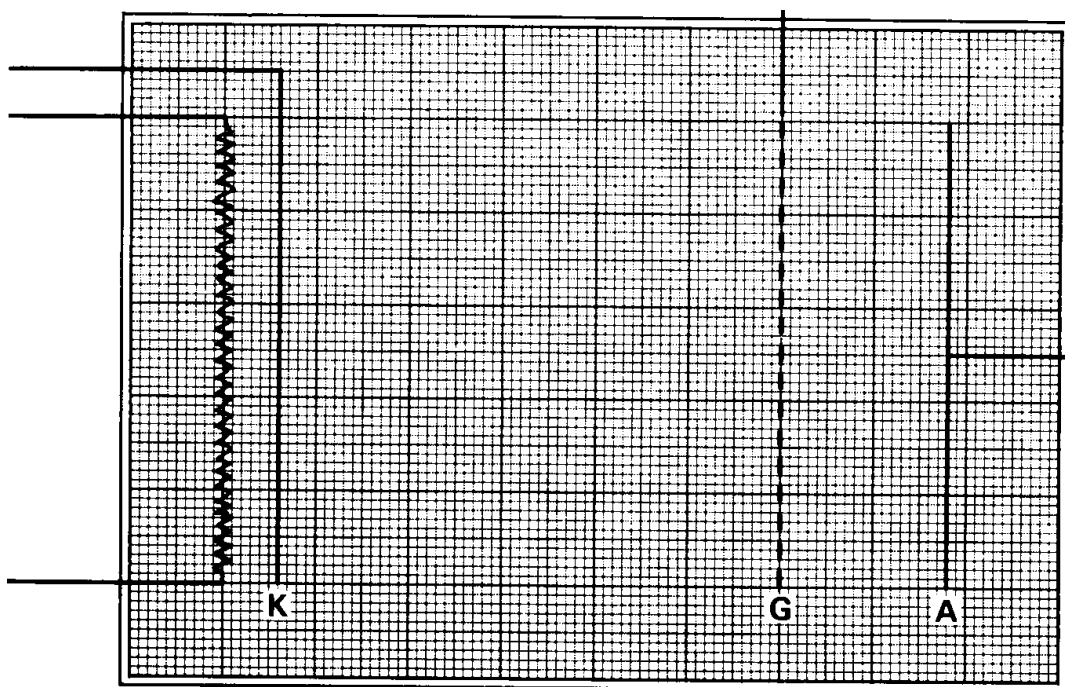
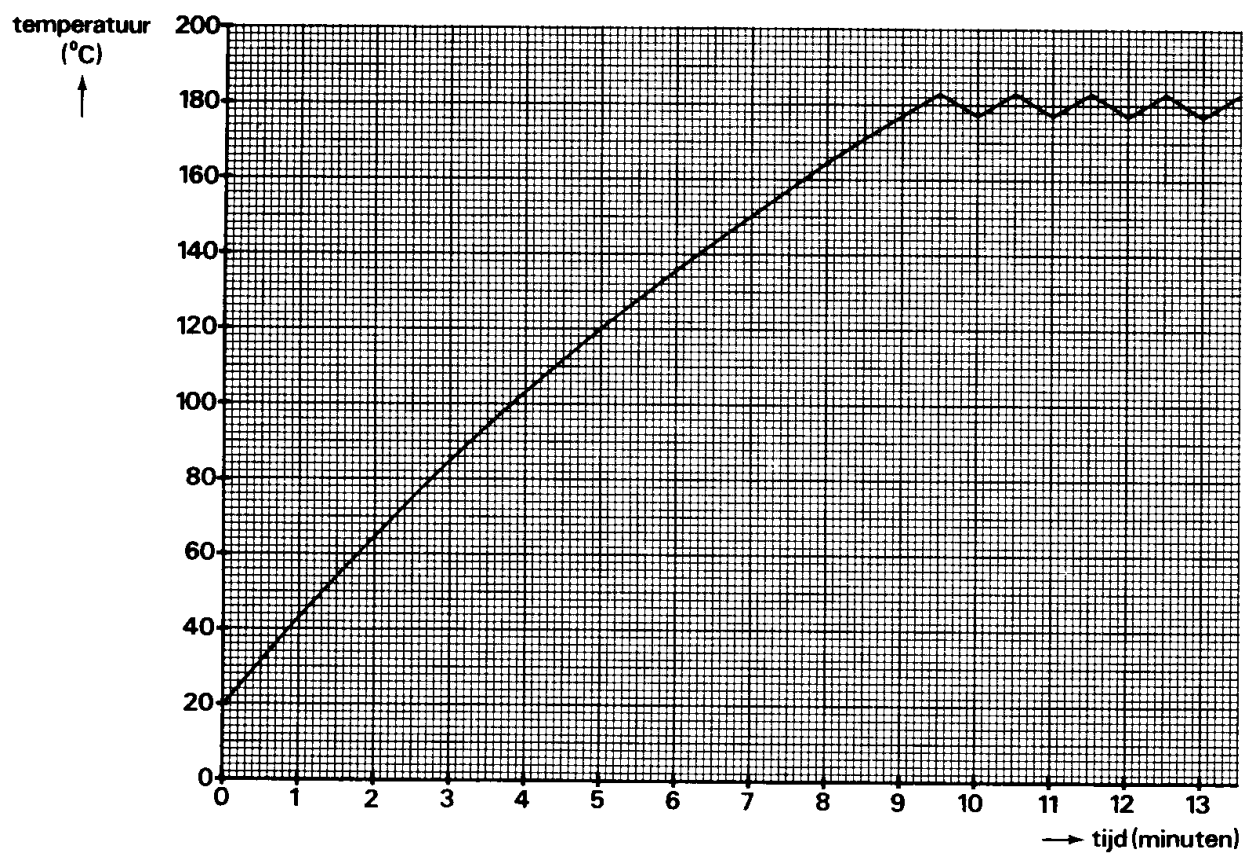
- c.1. Leg uit waardoor de anodestroom $I = 0$ zolang $V_{\text{GK}} < 1,8\text{ V}$.
- c.2. Leg uit wat de richting is van de stroom in de stroommeter als $V_{\text{GK}} > 1,8\text{ V}$: van P naar Q of van Q naar P.

Elektronen met een kinetische energie van $4,9\text{ eV}$ hebben juist voldoende kinetische energie om bij botsing met een kwikatoom, dit atoom in een aangeslagen toestand te brengen. Elektronen met minder dan $4,9\text{ eV}$ kinetische energie botsen volkomen elastisch niet het kwikatoom.

Op de bijlage is de glazen buis ook weergegeven. Deze tekening is op ware grootte. Neem aan dat het elektrisch veld in de ruimten tussen de elektroden homogeen is.

- d.1. Geef door arcering in de figuur op de bijlage liet gebied aan, waar de elektronen voldoende kinetische energie hebben om een kwikatoom aan te slaan als $V_{\text{GK}} = 5,4\text{ V}$. Bepaal daartoe eerst op welke afstand van de kathode voor het eerst kwikatomen worden aangeslagen.
- d.2. Leg uit waardoor de gemeten stroomsterkte daalt als V_{GK} toeneemt van $4,9\text{ V}$ tot $5,4\text{ V}$.

Bijlagen:



Einde.