

Hulpmiddelen:
BiNaS en niet-grafisch rekenapparaat

Naam:

Voortgangstoets

NAT

6 VWO

Week 16

SUCCES!!!

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Opgave 1

In een cyclotron wordt ^{14}N of ^{56}Fe bestraald met protonen. Hierbij ontstaan de positronstralers ^{11}C en ^{55}Co die onder andere gebruikt worden bij hersenonderzoek (positron-emissie tomografie)

- Geef de reactievergelijkingen voor het ontstaan van ^{11}C en ^{55}Co .
- Geef de reactievergelijkingen voor het verval van ^{11}C en ^{55}Co .

Opgave 2

Lees onderstaand artikel.

Edison



Thomas Edison was één van de belangrijkste ontwikkelaars van de gloeilamp. Hij constateerde dat een verhitte gloeidraad niet alleen licht maar ook negatieve lading uitzendt. Edison kende het bestaan van elektronen nog niet en nam in 1883 patent op dit 'Edison-effect' zonder echt te begrijpen wat er gebeurde.

Richardson



Dushman



Het effect van het 'uitstoken' van elektronen uit een geleider is in het begin van de twintigste eeuw diepgaand bestudeerd door de Britse fysicus Owen Richardson en de Russisch-Amerikaanse fysicus Saul Dushman. Zij ontvingen daarvoor de Nobelprijs in 1928. Thermische emissie is ook nu nog het belangrijkste principe voor betrouwbare elektronenbronnen in vacuüm, toegepast in röntgenbuizen, elektronenmicroscopen en beeldbuizen.

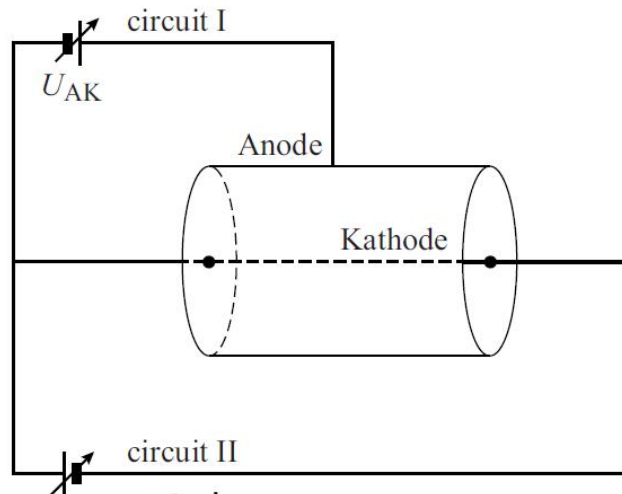
Experiment

Met de opstelling van onderstaande afbeelding wil men het verband bepalen tussen de temperatuur van een gloeidraad en het aantal elektronen dat daaruit per seconde vrijkomt. De as van de cilinder is de kathode: een hete gloeidraad van wolfram. De anode is de mantel van de cilinder.

De anode neemt de uit de draad vrijgekomen elektronen op door de spanning U_{AK} in circuit I.

a) Voer de volgende opdrachten uit:

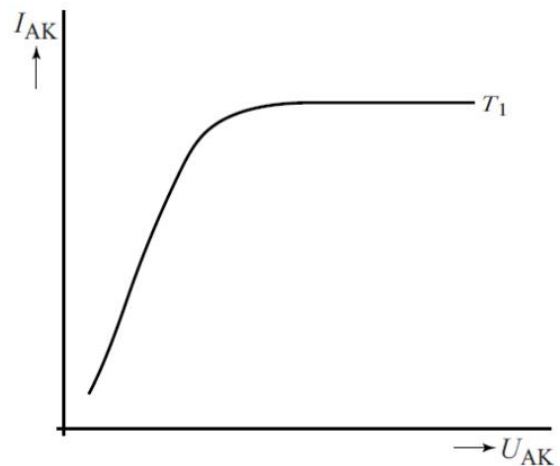
- **Teken** in nevenstaande afbeelding een stroommeter die de stroom tussen de anode en de kathode meet.
- **Teken** een spanningsmeter om de spanning U_{AK} te meten.
- **Leg uit** op welke manier men de temperatuur van de gloeidraad in de schakeling verandert.



Het verband tussen de stroomsterkte I_{AK} en de spanning U_{AK} is geschetst in nevenstaand diagram.

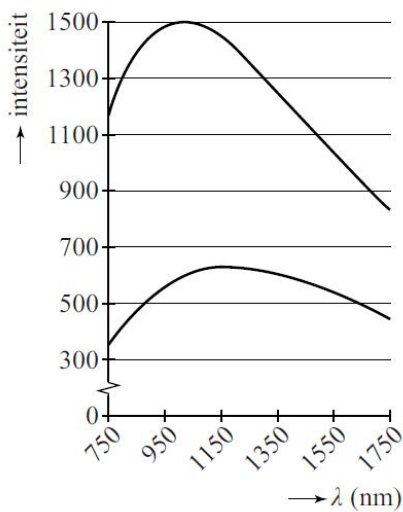
b) **Leg uit** waarom I_{AK} bij grotere waarden van de spanning U_{AK} niet meer toeneemt.

De temperatuur van de gloeidraad is te bepalen door het uitgezonden stralingsspectrum te vergelijken met de planck-kromme (het ideale spectrum voor een zwarte straler) van dezelfde temperatuur. De uitgezonden lichtintensiteit van een metaal is lager dan de planck-kromme van dezelfde temperatuur. Deze verzwakking is onafhankelijk van de golflengte.

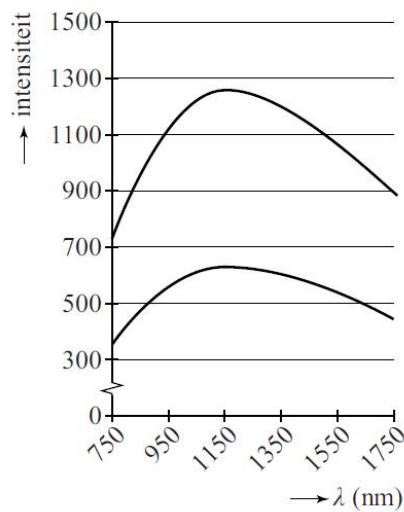


In de figuren a, b en c is de onderste kromme steeds de kromme van de gloeidraad en de bovenste kromme een planck-kromme.

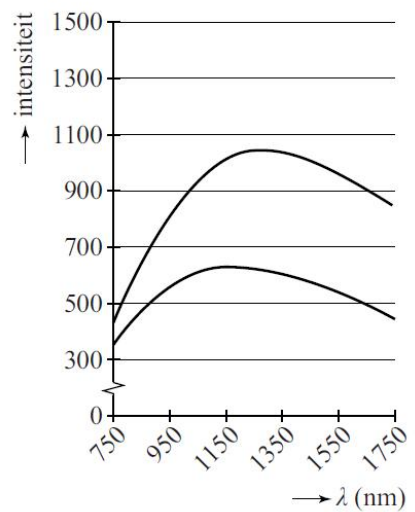
figuur a



figuur b



figuur c



c) Voer de volgende opdrachten uit:

- **Leg uit** in welke figuur de planck-kromme met dezelfde temperatuur als de gloeidraad staat.
- **Bepaal** de temperatuur van de gloeidraad.

Theorie

Om uit de draad te ontsnappen, moeten de elektronen voldoende energie hebben om de uittree-energie W_u te overwinnen.

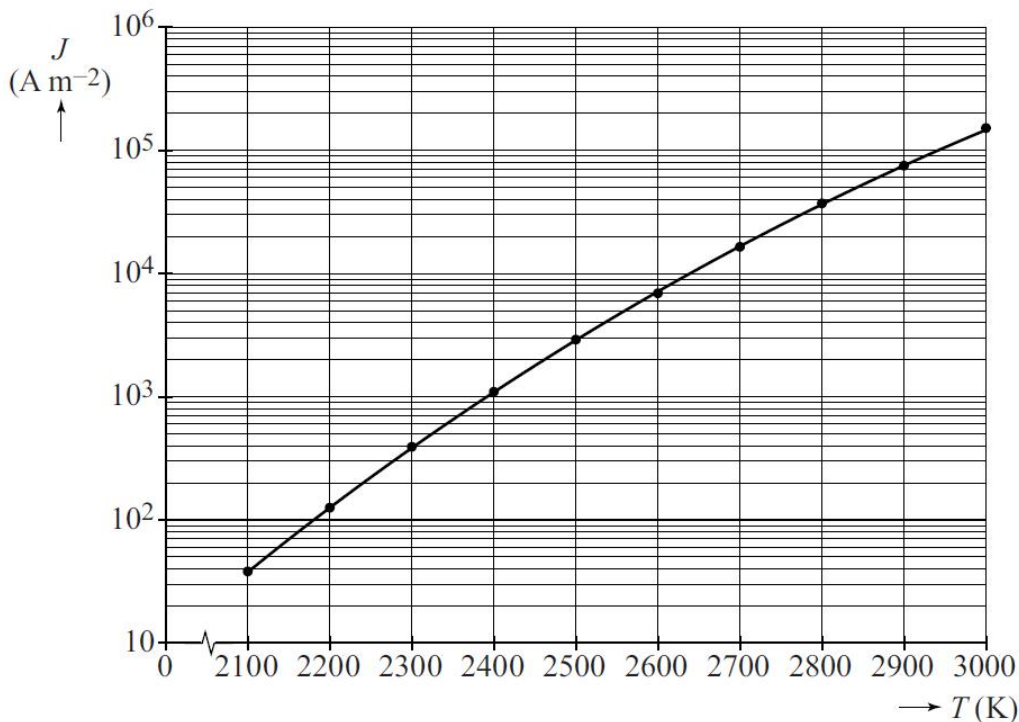
Richardson en Dushman gebruikten de uittree-energie in hun formule voor de geproduceerde stroomdichtheid J , dit is de stroomsterkte per eenheid van oppervlak van de gloeidraad:

$$J = \frac{I}{A} = (1 - r) \cdot C_0 \cdot T^2 \cdot e^{-\left(\frac{W_u}{k_B \cdot T}\right)}$$

Hierin is:

- I de gemeten stroomsterkte in A;
- A de oppervlakte van de kathode in m^2 ;
- r de (inwendige) reflectiecoëfficiënt;
- C_0 een natuurconstante ($1,20173 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2\text{K}^2$);
- W_u de uittree-energie van het metaal in J;
- k_B de constante van Boltzmann;
- T de absolute temperatuur in K.

De stroomdichtheid J hangt sterk af van de temperatuur. Het verband tussen J en T voor het metaal wolfram is te zien in onderstaand diagram (dit is een logaritmisch diagram). De uittree-energie van wolfram is $7,29 \cdot 10^{-19}$ J.



d) **Bepaal** de grootte van de reflectiecoëfficiënt r .

Bij lagere temperaturen (< 2000 K, zie bovenstaand diagram) neemt de ‘klassieke’ thermische emissie snel af en vindt er alleen nog emissie via het tunneleffect plaats. Minieme bedekkingen (coatings) als een laagje van enkele moleculen dikte blijken grote invloed te hebben op de thermische emissie. Met de coating wordt de elektronen een kansrijke (tunnel)weg naar buiten geboden. Doordat de coating een andere uittree-energie heeft dan wolfram, wordt de effectieve uittree-energie veranderd. Voor de de Broglie-golflengte van vrije elektronen in een metaal bij een temperatuur T geldt:

$$\lambda_B = \frac{7,45 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{T}}$$

e) Voer de volgende opdrachten uit:

- Ga met een schatting na of dit effect van de coating bij $T = 2000$ K een quantumverschijnsel zou kunnen zijn.
- **Leg uit** of dit effect sterker is bij lagere temperaturen.

De emissie door deze coating-tunneling wordt bepaald door:

- de dikte van de coating-laag;
- de grootte van de uittree-energie van de coating.

f) Geef aan, aan welke eisen beide grootheden moeten voldoen om de emissie-kans bij lagere temperaturen zo groot mogelijk te maken.

Opgave 3 (f is lastig)

Om de slijtage in een stalen lager ($m = 140,0 \text{ g}$) te kunnen bepalen, gaat men als volgt te werk.

Het stalen lager wordt gedurende een zekere tijd in een kernreactor aan neutronenbestraling blootgesteld. Hierdoor treden in het lagermateriaal kerntransmutaties op waarbij de isotopen Mn-56 en Fe-59 worden gevormd. Beide isotopen zijn homogeen verdeeld over het lager. Beide isotopen zijn radioactief. En vervallen onder uitzending van β -straling.

a) Geef de vervalvergelijking van Fe-59.

Na de neutronenbestraling bedraagt de activiteit van het gevormde Mn-56 aanvankelijk $1,13 \text{ Ci}$; de activiteit van het Fe-59 bedraagt aanvankelijk $1,53 \cdot 10^{-2} \text{ Ci}$.

b) **Bereken** hoeveel desintegraties per seconde in het lagermateriaal optreden onmiddellijk na de neutronenbestraling.

De halveringstijd van Fe-59 bedraagt 45,0 dagen en die van Mn-56 bedraagt 2,57 uur.

c) **Bereken** de activiteit van Fe-59 2,5 dagen na beëindiging van de bestraling van het lager.

d) **Toon aan** dat de activiteit van het Mn-56 dan minder dan 0,1% bedraagt van de activiteit van Fe-59.

Het lager wordt na afloop van de bestraling in een machine gemonteerd. Men laat de machine 2,5 dagen na het beëindigen van de bestraling zes uur draaien. Tijdens dit draaien is het lager aan slijtage onderhevig; kleine metaaldeeltjes komen los van het lager en verzamelen zich in het lagervet.

Na het draaien wordt het lager gedemonteerd. Het lagervet wordt opgelost en na filteren wordt het slijtagestof verzameld. Het slijtagestof wordt aangebracht op het venster van een GM-telbuis, die met de bijbehorende telapparatuur is verbonden. Van alle tijdens het radioactieve vervalproces uitgezonden deeltjes wordt in deze meetopstelling 40% geteld. Zonder preparaat wijst de teller 112 pulsen aan in een meetperiode van 10 minuten. Na het aanbrengen van het slijtagestof telt de teller 1410 pulsen in een periode van 10 minuten.

e) **Bereken** de activiteit van het slijtagestof.

f) **Bereken** hoeveel gram lagermateriaal per uur bedrijfstijd door slijtage van het lager loskomt.