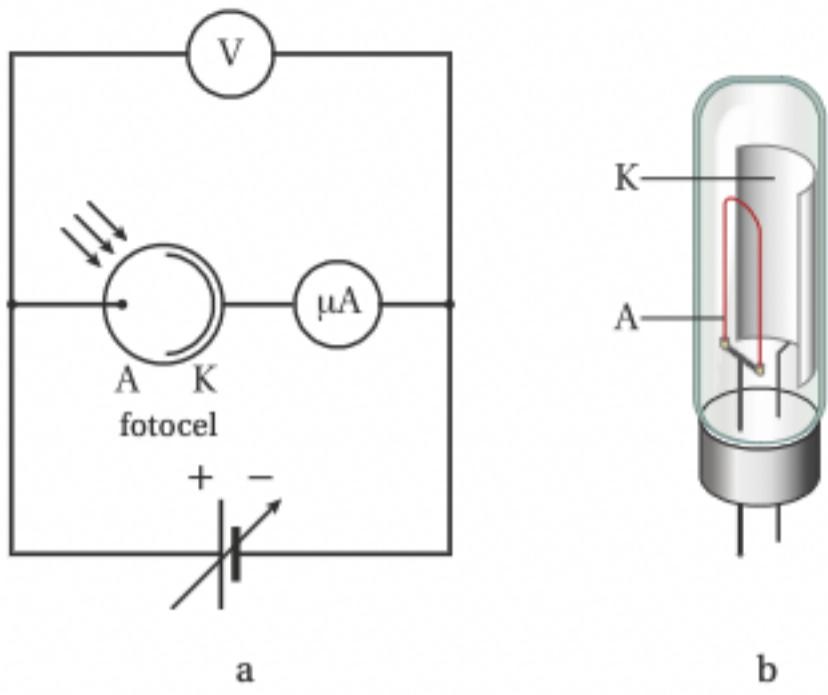


- 9 Nuray onderzoekt het vrijmaken van elektronen uit kalium met een schakeling waarin een fotocel is opgenomen. Zie figuur 13.21a.

Figuur 13.21b is een tekening van een fotocel. Een halfronde kathode K is bedekt met een laagje kalium. De anode A is een erg dunne draad, waardoor er nauwelijks licht wordt tegengehouden. Valt er licht op de fotocel, dan worden in de kathode elektronen vrijgemaakt, die vervolgens richting anode bewegen.

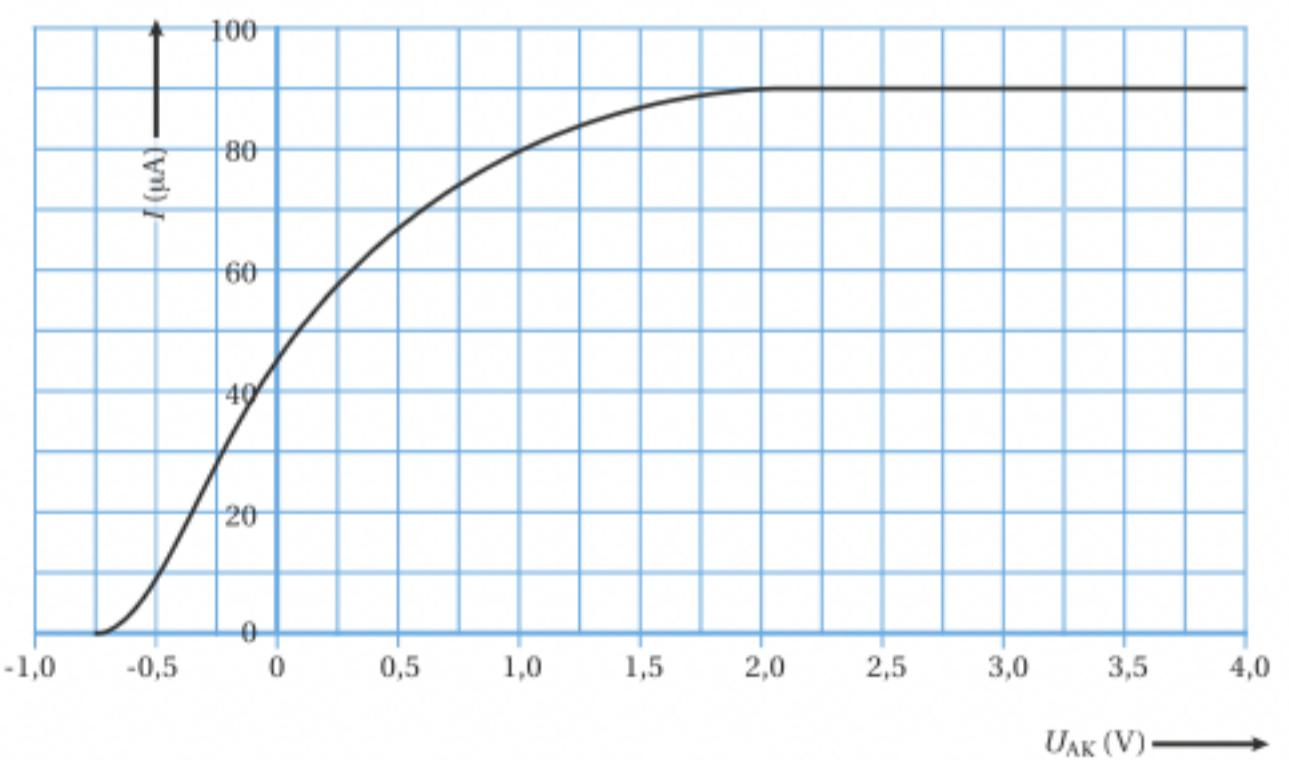


Eerst verbindt Nuray anode A met de positieve pool van een variabele spanningsbron. Zie figuur 13.21a. Als de spanning 0 V is, meet ze een stroomsterkte van 45 μA. Als Nuray de spanning vergroot, neemt de stroomsterkte toe.

a Geef hiervoor een verklaring.

Daarna verbindt Nuray de anode met de negatieve pool van de variabele spanningsbron. Als ze vervolgens de spanning vergroot, bereiken steeds minder elektronen de anode. De stroomsterkte neemt af. Is de stroomsterkte 0 μA geworden, dan is de kinetische energie van een vrijgemaakte elektron volledig omgezet in elektrische energie van het elektron. De spanning waarbij dat gebeurt noem je de remspanning  $U_{\text{rem}}$ .

In figuur 13.22 zijn de meetresultaten van Nuray verwerkt.



Figuur 13.22

In BINAS tabel 24 vind je de uittre-energie van kalium. Dit is de energie die nodig is om een elektron uit kalium vrij te maken.

- b Toon aan dat de golflengte van het licht dat op de kathode valt, gelijk is aan  $4,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .
- c Toon aan dat het aantal elektronen dat per seconde uit de kathode wordt vrijgemaakt, gelijk is aan  $5,6 \cdot 10^{14}$ .
- Op de kathode valt licht met een intensiteit van  $6,0 \text{ W m}^{-2}$ . De oppervlakte van de kathode is  $3,5 \text{ cm}^2$ .
- d Bereken hoeveel procent van de op de kathode vallende fotonen een elektron vrijmaakt.
- e Wat gebeurt er met de energie van de fotonen die geen elektron vrijmaken?

#### Opgave 9

- a Als vrijgemaakte elektronen richting de anode gaan, komen niet alle elektronen op de anode terecht. Als de spanning wordt vergroot, wordt de anode meer positief. Deze trekt dan de elektronen aan die niet precies in de richting van de anode bewegen. Deze vallen dan ook op de anode en dus neemt de stroomsterkte toe.
- b De golflengte van het licht bereken je met de formule voor de fotonenergie. De fotonenergie bereken je met de wet van behoud van energie. De kinetische energie bereken je met de remspanning. Bij de remspanning is de maximale kinetische energie van de snelste elektronen omgezet in elektrische energie.

$$E_k = q \cdot U \\ q = e \\ U = U_{\text{rem}} = 0,75 \text{ V} \quad (\text{aflezen in figuur 13.22}) \\ E_k = e \cdot 0,75 \\ E_k = 0,75 \text{ eV}$$

$$E_f = E_{\text{uitree}} + E_k \\ E_{\text{uitree}} = 2,25 \text{ eV} \quad (\text{zie BINAS tabel 24}) \\ E_f = 2,25 + 0,75 \\ E_f = 3,00 \text{ eV}$$

$$E_f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \\ E_f = 3,00 \text{ eV} = 3,00 \times 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,806 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ h = 6,6260 \cdot 10^{-34} \text{ (zie BINAS tabel 7A)} \\ c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A}) \\ 4,806 \cdot 10^{-19} = \frac{6,6260 \cdot 10^{-34} \times 2,9979 \cdot 10^8}{\lambda} \\ \lambda = 4,133 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Afgerond:  $\lambda = 4,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

c In figuur 13.22 zie je dat de maximale stroomsterkte gelijk is aan  $90 \mu\text{A}$ . Dan komen blijkbaar alle elektronen op de anode terecht. Een stroomsterkte van  $90 \mu\text{A}$  betekent  $90 \mu\text{C}$  per seconde. De lading van een elektron is  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Er komen dus maximaal  $\frac{90 \cdot 10^{-6}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 5,6179 \cdot 10^{14}$  elektronen per seconde op de anode terecht. Dan worden  $5,6179 \cdot 10^{14}$  elektronen per seconde uit de kathode vrijgemaakt.

Afgerond:  $5,6 \cdot 10^{14}$ .

d Het percentage bereken je met de verhouding tussen het aantal elektronen dat per seconde wordt vrijgemaakt en het aantal elektronen dat maximaal vrijgemaakt kan worden uit de kathode.

Het aantal elektronen dat maximaal vrijgemaakt kan worden volgt uit het aantal fotonen dat per seconde op de kathode valt.

Het aantal fotonen per seconde bereken je met de fotonenergie en de totale energie die per seconde op de kathode valt.

De totale energie per seconde volgt uit het totale vermogen dat op de kathode valt.

Het totale vermogen bereken je met de intensiteit en de oppervlakte van de kathode.

$$I = \frac{P_{\text{tot}}}{A} \\ I = 6,0 \text{ W s}^{-2} \\ A = 3,5 \text{ cm}^2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ P_{\text{tot}} = 6,0 \times 3,5 \cdot 10^{-4} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

Dus de totale energie die per seconde op de kathode valt is gelijk aan  $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ .  
 $E_f = 4,806 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  (zie vraag 9b)

$$\text{Er vallen dus per seconde } \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{4,806 \cdot 10^{-19}} = 4,369 \cdot 10^{15} \text{ fotonen op de kathode.}$$

Er kunnen dus maximaal  $4,369 \cdot 10^{15}$  elektronen per seconde worden vrijgemaakt.  
 Volgens vraag 9c worden er per seconde  $5,6 \cdot 10^{14}$  elektronen vrijgemaakt.

$$\text{Dus het percentage is } \frac{5,6 \cdot 10^{14}}{4,369 \cdot 10^{15}} \cdot 100\% = 12,8\%.$$

Afgerond: 13%.

e De fotonenergie wordt omgezet in warmte.