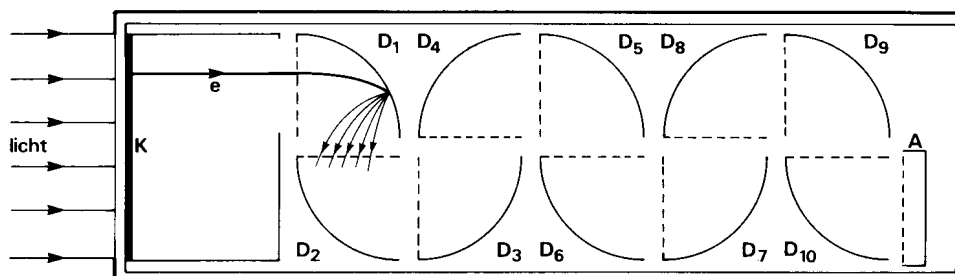


# Een fotomultiplicatorbuis<sup>1</sup>

Fotomultiplicatorbuizen kunnen worden gebruikt om zeer kleine lichtintensiteiten te meten. Een bepaald type fotomultiplicator is schematisch afgebeeld in figuur 1.

Figuur 1

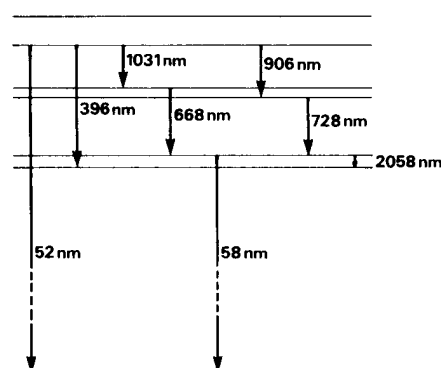


De figuur toont een glazen omhulsel met daarin een fotokathode K, een aantal elektroden D en een anode A. De buis is vacuüm gepompt. Aan de kant waar de straling invalt, is tegen de binnenzijde van de buis een dun laagje cesium (Cs) aangebracht dat als fotokathode fungeert.

Het glazen omhulsel is van een ondoorzichtige laag voorzien, behalve op de plaats waar de fotokathode zich bevindt. Het glas absorbeert ultraviolette straling.

De straling is afkomstig van een bron, waarin heliumatomen voortdurend in een bepaalde aangeslagen toestand worden gebracht. De golflengtes van de uitgezonden straling zijn aangegeven in het energieniveau-schema van figuur 2. De constante van Planck ( $h$ ) heeft de waarde  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Js.

Figuur 2



1 ☐ Leg uit dat van de opvallende straling alleen die met een golflengte van 396 nm elektronen uit de fotokathode zal vrijmaken.

2 ☐ Bereken de maximale kinetische energie van de vrijgemaakte elektronen.

Van de straling met een golflengte van 396 nm, die op het glas met de fotokathode valt, maakt slechts 5,0% van de fotonen een elektron uit het cesiumlaagje vrij. Tussen K en  $D_1$  wordt een gelijkspanning van 100 V aangelegd. Hierdoor gaan alle vrijgemaakte elektronen naar  $D_1$ . De stroomsterkte tussen K en  $D_1$  bedraagt  $3,5 \cdot 10^{-11}$  A.

3 ☐ Bereken hoeveel fotonen van de straling met een golflengte van 396 nm er per seconde op het glas met de fotokathode vallen.

De uit de fotokathode afkomstige elektronen treffen elektrode  $D_1$ . Door botsingsemissie worden daaruit elektronen vrijgemaakt. Deze worden ten gevolge van een tussen  $D_1$  en  $D_2$  aangelegde gelijkspanning van 100 V weer versneld naar de volgende elektrode  $D_2$ . Gemiddeld gaan 5,0 maal zoveel elektronen van  $D_1$  naar  $D_2$  als er op  $D_1$  vallen. Ook tussen de volgende elektroden  $D_2$ ,  $D_3$ , .....,  $D_{10}$  en A is steeds een gelijkspanning van 100 V aangelegd.

<sup>1</sup>

Bron: Natuurkunde VWO 1988 1<sup>e</sup> tijdvak opgave 4

Daardoor kunnen op dezelfde wijze de op elektrode  $D_n$  vallende elektronen ervoor zorgen dat 5,0 maal zoveel elektronen de volgende elektrode bereiken.

- 4 ☐ Bereken de stroomsterkte tussen  $D_{10}$  en de anode A.

Het elektrische veld tussen de elektroden wordt nu nader beschouwd. Elke elektrode heeft in doorsnede de vorm van een kwart cirkel en is verbonden met een rooster. In figuur 3 zijn tussen  $D_3$  en het rooster van  $D_4$  om de 20 V lijnen van gelijke potentiaal getekend.

- 5 ☐ Geef op in figuur 3 zowel in punt P als in punt Q de richting van de elektrische veldsterkte aan.

- 6 ☐ Leg uit waar de elektrische veldsterkte het grootst is: in P of in Q.

Het meten met een fotomultiplicatorbuis wordt onder meer bemoeilijkt door het feit dat er ook een kleine stroom naar de anode loopt als geen straling op de buis valt. Eén van de oorzaken daarvan is de aanwezigheid van kalium in glas. In natuurlijk kalium komt namelijk de radioactieve isotoop  $^{40}\text{K}$  voor. Als een  $^{40}\text{K}$ -kern desintegreert, ontstaat daarbij een energierijk  $\beta^-$ -deeltje dat door interactie met de glaswand fotonen vrijmaakt.

- 7 ☐ Geef de reactievergelijking voor het verval van  $^{40}\text{K}$ .

- 8 ☐ Bereken, met behulp van de massaverandering die bij de desintegratie optreedt, de energie (in J) die bij dit verval vrijkomt.

Figuur 3

