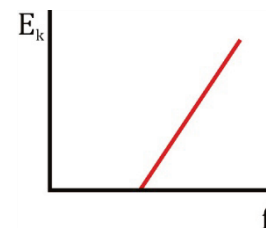


Elektromagnetische straling

Opgave: foto-elektrisch effect I

a) We weten drie dingen:

- Een elektron absorbeert één enkel foton altijd in zijn geheel.
De energie van het foton wordt bepaald door de frequentie ($E=h\cdot f$). Daarmee wordt de energie die het elektron absorbeert (E_{foton}) dus ook volledig bepaald door de frequentie.
- Een elektron heeft een bepaalde hoeveelheid energie nodig om los te komen van het atoom. Deze uittree-energie (E_{uittree}) is een eigenschap van het atoom. Zie BiNaS tabel 24.
- De energie die een elektron overhoudt nadat het zich heeft losgemaakt van het atoom is de kinetische energie.



Daar een elektron slechts één enkel foton absorbeert doet de intensiteit niet ter zake.

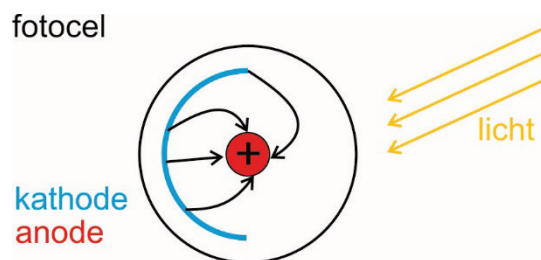
Er geldt dus $E_k = E_{\text{foton}} - E_{\text{uittree}} = h\cdot f - \text{constante} = a\cdot x + b$ (zie nevenstaande afbeelding). Daarmee is E_k dus alleen afhankelijk van de frequentie.

b) Bedenk dat intensiteit zoiets als het aantal fotonen per seconde \times energie per foton moet zijn.

Precies genomen is intensiteit het aantal Watt per vierkante meter. Dat per vierkante meter kunnen we ons in deze context besparen.

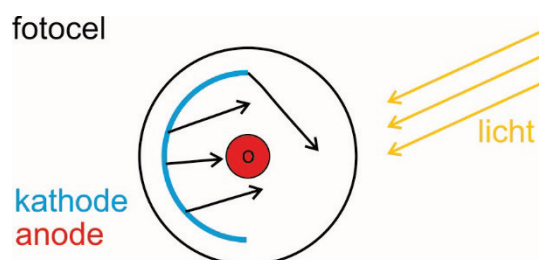
- Bij gelijke frequentie de intensiteit verhogen kan alleen doordat het aantal fotonen dat per seconde op het metaal treft wordt verhoogd. Omdat er per seconde meer fotonen op het metaal treffen kunnen er per seconde meer elektronen een foton absorberen en kunnen er dus per seconde meer elektronen worden uitgezonden.
 - Als bij gelijke intensiteit de frequentie wordt verhoogd neemt het aantal fotonen per seconde af. Omdat er per seconde minder fotonen op het metaal treffen kunnen er per seconde ook minder elektronen een foton absorberen en uittreden.
- c) Op basis van de oude theorie kan een elektron continu energie opnemen. Dat zou betekenen dat een elektron bij een lage frequentie simpelweg iets langer energie moet opnemen voordat het voldoende energie bij elkaar heeft om uit te treden. Het zou dus bij iedere frequentie mogelijk zijn om elektronen uit een metaal vrij te maken. Bij lage frequenties is alleen meer tijd nodig. Dit is niet wat er experimenteel is vastgesteld.

- d) Als er een bepaald aantal fotonen per seconde op de kathode valt zal er een bepaald aantal elektronen worden vrijgemaakt. Door de anode een positieve potentiaal te geven ten opzichte van de kathode worden deze elektronen naar de anode toe getrokken (zie nevenstaande afbeelding). De

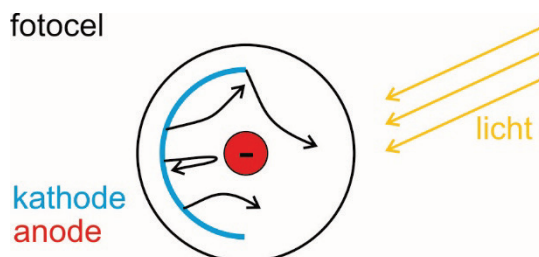


elektronen die bij de anode aankomen dragen bij aan de gemeten stroomsterkte. Naarmate de spanning toeneemt, zullen er steeds meer elektronen bij de anode aankomen. Vanaf een bepaalde spanning zullen alle elektronen die per seconde worden vrijgemaakt door de anode worden ingevangen. Vanaf die spanning is het maximum in de stroomsterkte bereikt. Verder opvoeren van de spanning heeft geen zin omdat er per seconde niet meer elektronen beschikbaar zijn om in te vangen.

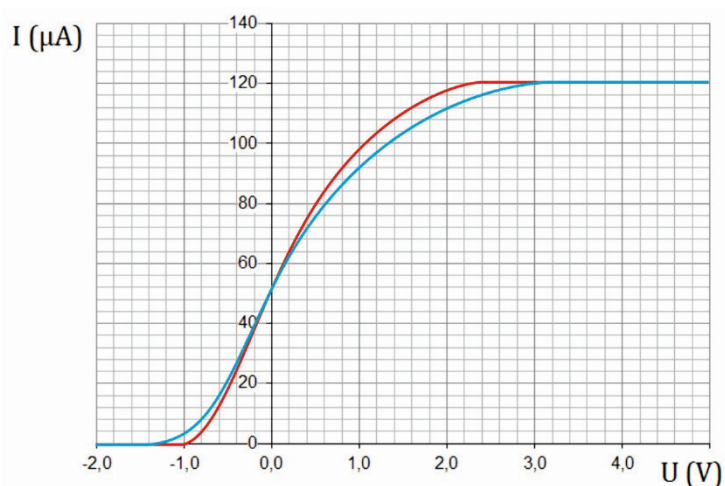
- e) Zelfs als de anode geen potentiaal heeft ten opzichte van de kathode zullen er elektronen worden vrijgemaakt die toevallig de goede richting hebben en bij de anode aankomen (zie nevenstaande afbeelding). Deze leveren de stroomsterkte bij $U = 0$ V.



- f) Als de anode een negatieve potentiaal krijgt ten opzichte van de kathode zullen de elektronen door de anode worden afgestoten (zie nevenstaande afbeelding). Naarmate de potentiaal meer negatief wordt neemt de afstoting toe. Vanaf een bepaalde negatieve spanning tussen anode en kathode zullen zelfs de meest energierijke elektronen die precies goed gericht waren de anode niet meer bereiken. Vanaf die spanning is de stroomsterkte dan 0 A.



- g) Er zijn drie aspecten van de grafiek die je moet begrijpen:
- Het aantal fotonen per seconde blijft gelijk, dus blijft de maximale stroomsterkte gelijk.
 - De frequentie neemt toe, dus neemt de maximale kinetische energie van de elektronen toe. Er zal dus een grotere negatieve spanning tussen anode en kathode nodig zijn om deze energierijkere elektronen tegen te houden.
 - De stroomsterkte bij een spanning van 0 V blijft gelijk want er is niets veranderd aan de richting van de elektronen alleen hun snelheid is groter.



- h) Er zijn drie aspecten van de grafiek die je moet begrijpen:
- Als de frequentie gelijk blijft, blijft ook de maximale kinetische energie van de elektronen gelijk. De negatieve spanning die nodig is om de stroomsterkte tot 0 A te reduceren blijft dus gelijk.
 - Als de intensiteit wordt verhoogd en de fotonen hebben nog steeds evenveel energie dan moeten er meer fotonen per seconde zijn. Dat betekent dat er per seconde meer elektronen kunnen worden vrijgemaakt. Daarmee zal de maximale stroomsterkte groter zijn.
 - Als er meer elektronen per seconde worden vrijgemaakt ligt het voor de hand dat er ook meer elektronen per seconde toevallig naar de anode zullen gaan als er geen spanning tussen anode en kathode is aangelegd.

