



Wes-Kaapse
Regering

VIR JOU

Onderwys

CTSC



CapeTownScienceCentre

FOTO-ELEKTRIESE EFFEK

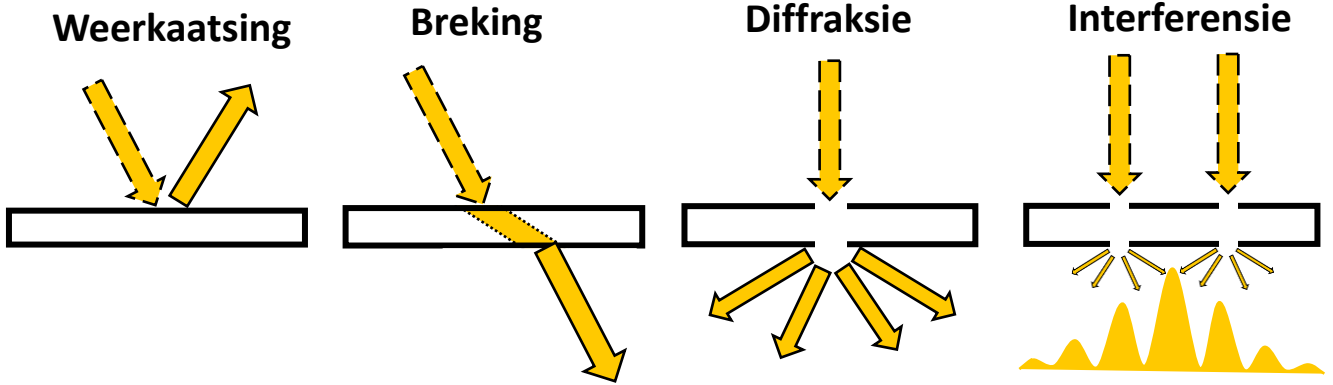
Ontwikkel deur :
Cape Town Science Centre

In samewerking met die
Wes Kaapse Onderwys Department

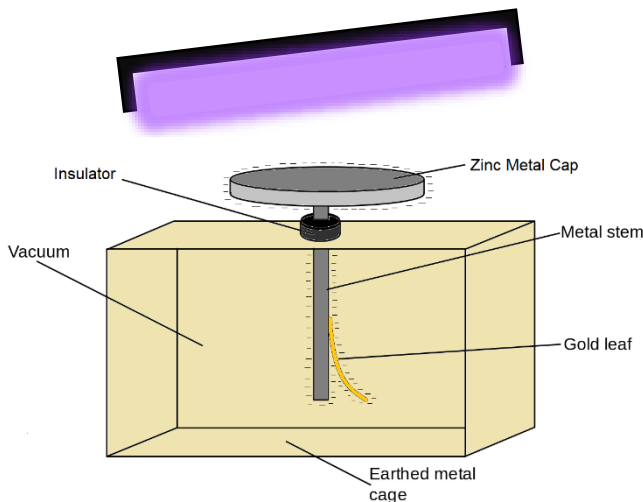


Die dubbele aard van lig

In die vroeë 1900's is geglo dat lig slegs 'n golf is, aangesien dit weerkaatsing, breking, diffraksie en interferensie kan ondergaan.



Dit verklaar egter NIE waarom slegs sekere frekwensies van lig wat op 'n metaalstuk skyn, elektrone vrystel nie.



Aan die begin van 'n eksperiment word 'n goudblad-elektroskoop (met 'n sinkplaat-tafel) gelaai. Dit laat die goudblad styg.

As rooi en groen lig op die sinkplaat skyn, vind daar geen verandering plaas nie. As 'n ultraviolet lig egter op die sinkmetaal skyn, begin die goudblad daal, wat toon dat die elektroskoop besig is om te ontlaa. Dit is te wyte aan elektrone wat uit die sinkplaat vrygestel word.

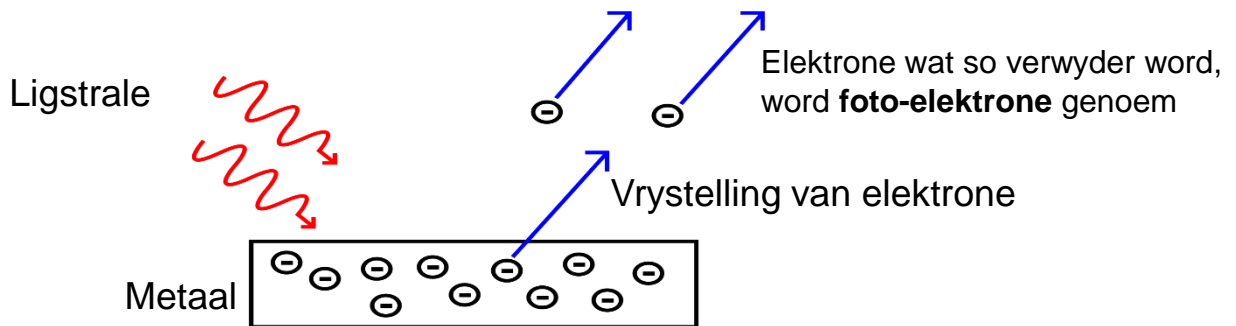
Albert Einstein het die Nobelprys vir fisika in 1921 gewen vir sy ontdekking van die **foto-elektriese effek**, waar hy voorgestel het dat lig uit klein 'energiepakkies' genaamd **fone** bestaan. Dit het getoon dat lig 'n **deeltjie-aard** het.

Daarom het lig 'n tweeledige aard. Dit kan 'n **deeltjie** sowel as 'n **golf** wees.



Foto-elektriese effek

Die proses waardeur elektrone vanaf 'n metaaloppervlak vrygestel word wanneer lig met 'n geskikte frekwensie op daardie oppervlak skyn.



Die foto-elektriese effek veronderstel dat lig uit deeltjies bestaan. Hierdie veronderstelling het die wetenskaplike begrip van lig verander. Dit het die kwantumteorie, dat lig uit fotone bestaan, help ontwikkel.

Elke foton is 'n deeltjie wat 'n hoeveelheid lig voorstel. Dit kan gesien word as 'pakkies energie' wat kwantum genoem word.

Die hoeveelheid **energie (E)** in 'n foton is direk eweredig aan die **frekwensie (f)** van die lig en omgekeerd eweredig aan die **golflengte van die lig (λ)** wat op die metaal skyn.

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

Waar

- o h Planck's konstante gelyk aan $6,63 \times 10^{-34}$ J.s
- o C spoed van lig gelyk aan 3×10^8 m/s

As u die intensiteit (helderheid) van die lig verhoog, verhoog dit slegs die aantal fotone, maar nie die energie nie.

As die lig op die metaaloppervlak skyn word al die energie na die atome in die oppervlak oorgedra, maar nie alle frekwensies van lig veroorsaak dat elektrone van die metaaloppervlak vrygestel word nie.

Om die elektron uit die atoom vry te laat, moet die foton 'n minimum hoeveelheid energie hê. Dit beteken dat die lig 'n sekere frekwensie moet hê.

Die minimum energie wat 'n elektron in die metaal benodig om vanaf die metaaloppervlak vrygestel te word, word die **werkfunksie (W_0)** genoem

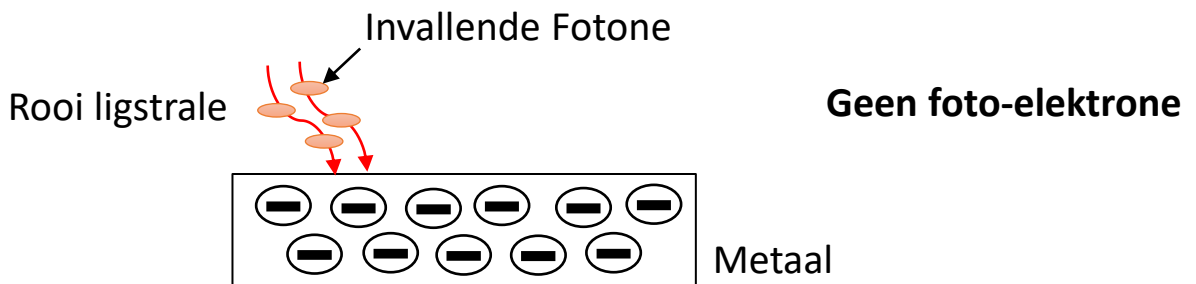
$$W_0 = hf_0$$

Die minimum frekwensie van die invallende foton wat benodig word om 'n foto-elektron van die oppervlak van die metaal te verwyder, word die **drumpelfrekwensie** genoem (f_0)

Foton-energie en werkfunksie

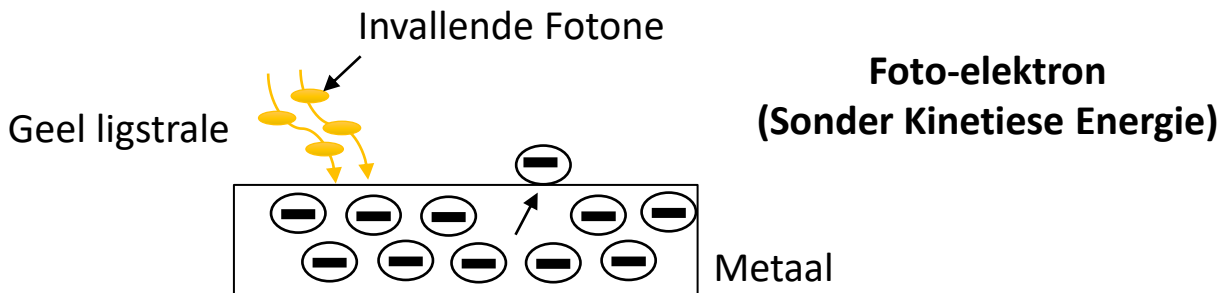
$$hf < W_0$$

As $hf < W_0$, dan het die foton nie genoeg energie om 'n elektron vry te stel nie, ongeag die aantal fotone, die intensiteit of die duur van die blootstelling, geen elektron-emissie sal plaasvind nie.



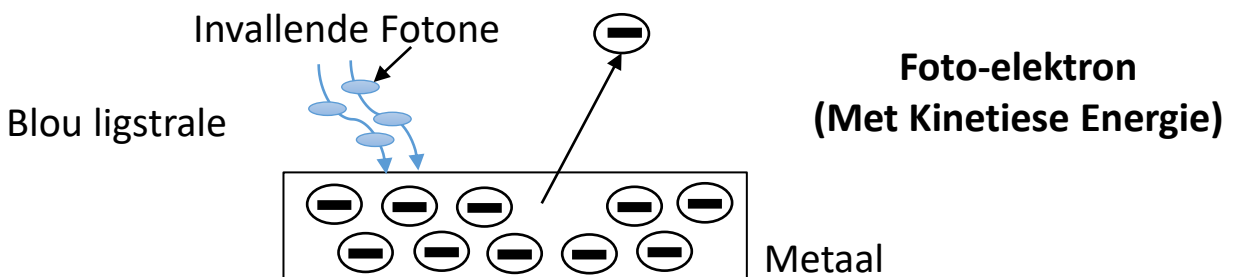
$$hf = W_0$$

As $hf = W_0$, sal 'n elektron tot op die oppervlak verplaas word, maar dit het geen kinetiese energie nie. Die foto-elektron sal nie wegbeweeg nie.



$$hf > W_0$$

As $hf > W_0$, dan is die energie wat oorgedra word na die elektron meer as wat nodig is om elektrone vry te stel. Die ekstra energie word oorgedra na die kinetiese energie van die foto-elektron en die foto-elektron sal wegbeweeg.



Energie van Foton

Die **energie van die foton** (E) kan bereken word met behulp van die **drumpel-energie of werkfunksie** (W_0) en die **kinetiese energie van die foto-elektron** (E_k). Dit is omdat al die energie van fotone na 'n elektron oorgedra word.

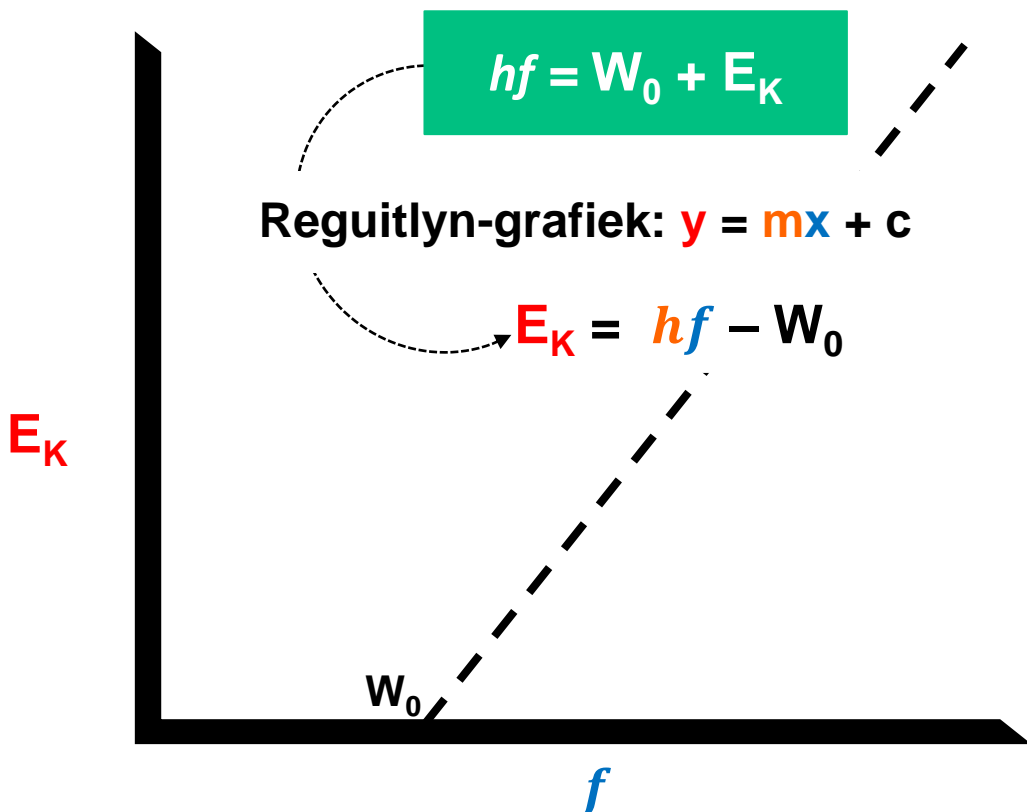
$$E = W_0 + E_k$$

$$hf = W_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Onthou:

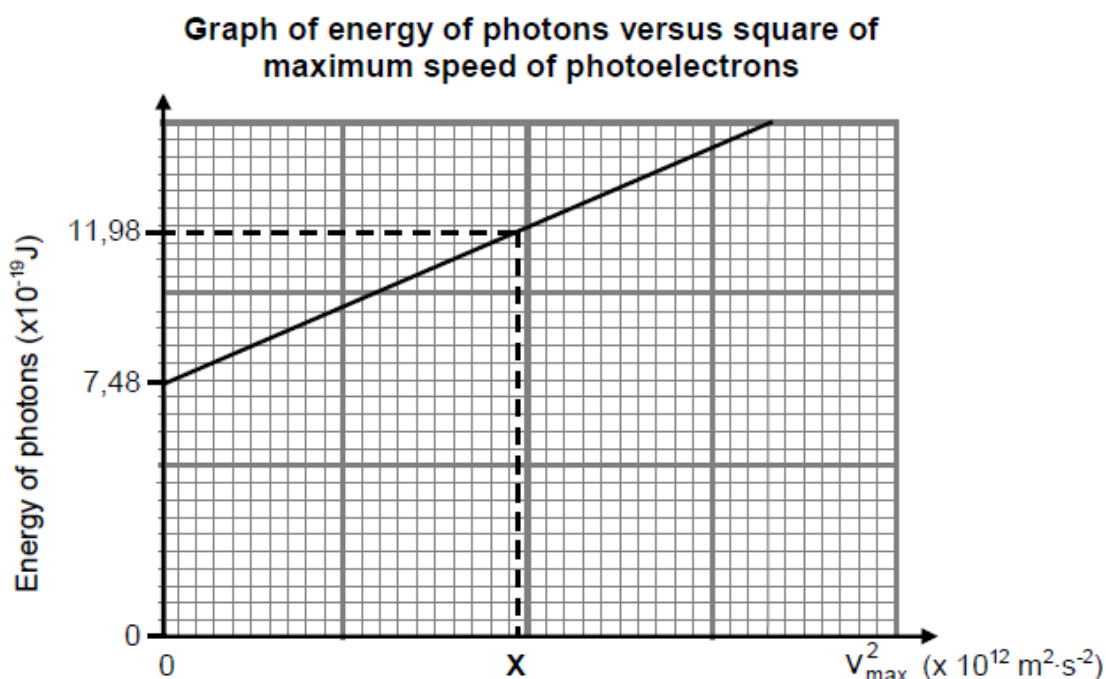
- f is die **frekwensie** wat as kleur gesien word en bepaal die energie van ligstraal.
- W_0 is die **werkfunksie** wat die minimum energie voorstel wat 'n elektron benodig om vrygestel te word.
- E_k is die **foto-elektron se kinetiese energie** (maksimum) nadat die foto-elektron uitgeskiet is.

Grafiese voorstelling



Tydens 'n eksperiment word lig met verskillende frekwensies op 'n silwer katode van 'n fotosel geskyn en die ooreenstemmende maksimum snelheid van die vrygestelde foto-elektrone word gemeet.

Hieronder verskyn 'n grafiek van die energie van die invallende fotone teenoor die kwadraat van die maksimum snelheid van die vrygestelde foto-elektrone.



10.1 Definieer die term *foto-elektriese effek*.

Die proses waardeur elektrone vanaf 'n metaal / oppervlak vrygestel word wanneer lig (met geskikte frekwensie) op daardie oppervlak skyn.

Gebruik die grafiek om die volgende vrae te beantwoord.

10.2 Skryf die waarde van die werksfunksie van silwer neer.

Gebruik 'n toepaslike vergelyking om die antwoord te bevestig.

$$E = W_0 + E_{K(\text{MAX})} = W_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Vergelyking van Reguitlyngrafiek : $y = mx + c$

Indien v^2 (die x-veranderlike) nul is, dan is W_0 die y-afsnit.

Dus is $W_0 = 7,48 \times 10^{-19}$ J

10.3 Watter fisiese hoeveelheid kan bepaal word deur die gradiënt van die grafiek?

Massa (van foto-elektron)

10.4 Bereken die waarde van X soos op die grafiek getoon.

$$E = W_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$11,98 \times 10^{-19} = 7,48 \times 10^{-19} + \frac{1}{2}(9,11 \times 10^{-31})v^2$$

$$4,5 \times 10^{-19} = 4,56 \times 10^{-31}v^2$$

$$v^2 = 0,9868 \times 10^{12}$$

$$\therefore X = 0,9868$$

Die eksperiment hierbo word nou herhaal met behulp van lig met hoër intensiteit.

10.5 Hoe sal ELK van die volgende beïnvloed word? Kies uit VERHOOG, VERMINDER of BLY DIESELFDE.

10.5.1 Die gradiënt van die grafiek

Bly dieselfde.

10.5.2 Die aantal foto-elektrone wat per tydseenheid vrygestel word .

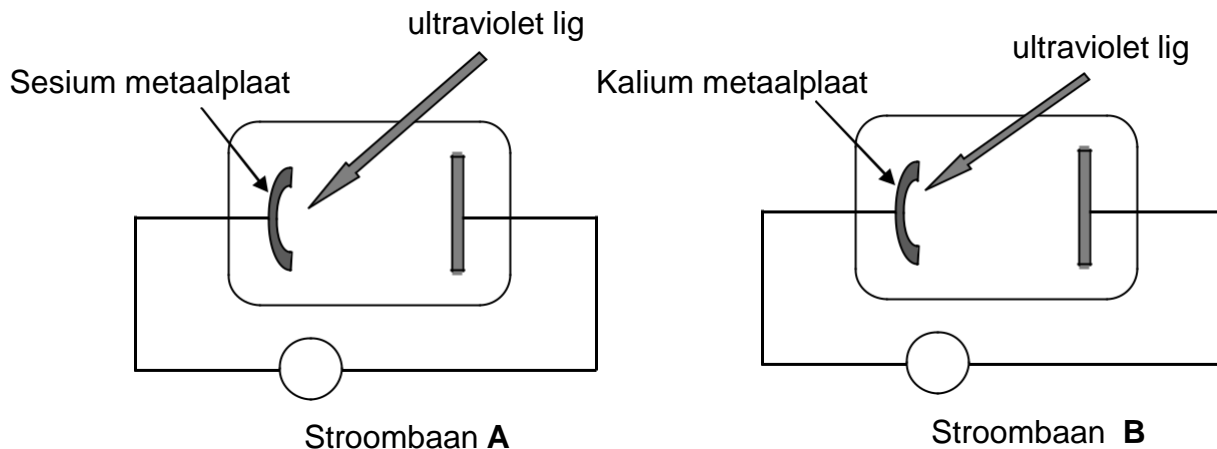
Verhoog

Die drumpelfrekwensies van sesium- en kaliummetale word in die onderstaande tabel gegee.

METAAL	Drumpelfrekwensie
Sesium	$5,07 \times 10^{14}$ Hz
Kalium	$5,55 \times 10^{14}$ Hz

- 11.1 Definieer die term *werksfunksie* (2)
- 11.2 Watter EEN van die twee metale in die tabel het 'diwe grootste werksfunksie? Gee 'n rede vir die antwoord deur na die inligting in die tabel te verwys. (2)

Die vereenvoudigde diagramme hieronder toon twee stroombane, **A** en **B**, wat fotoselle bevat. Die fotosel in stroombaan A bevat 'n sesiummetaalplaat, terwyl die fotosel in stroombaan B 'n kaliummetaalplaat bevat.



Ultraviolet lig met dieselfde intensiteit en golflengte van $5,5 \times 10^{-7}$ m skyn op die metaalplaat in ELKEEN van die fotoselle en die ammeter in stroombaan A registreer 'n stroom.

- 11.3 Bepaal, deur middel van 'n berekening, of die ammeter in stroombaan B ook 'n stroom sal registreer. (3)
- 11.4 Bereken die maksimum kinetiese energie van 'n vrygestelde elektron in A. (5)
- 11.5 Hoe sal die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektron bereken in VRAAG 11.4, verander wanneer die intensiteit van die invallende lig toeneem? (1)

'N Groep studente ondersoek die verhouding tussen die werksfunksie van verskillende metale en die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektrone wanneer die metale bestraal word met die lig van geskikte frekwensie.

11.1 Definieer die term *werksfunksie*. (2)

Tydens die ondersoek word ultravioletstrale met 'n golflengte van 2×10^{-8} m op verskillende metaalplate geskyn. Die ooreenstemmende maksimum kinetiese energieë van vrygestelde elektrone word gemeet.

Die data wat verkry is, word in die onderstaande tabel getoon.

METAALPLAAT GEBRUIK	MAKSIMUM KINETIESE ENERGIE ($E_{k(\text{maks})}$) ($\times 10^{-18}$ J)
Lood	9,28
Kalium	9,58
Silwer	9,19

11.2 Skryf die afhanklike veranderlike vir hierdie ondersoek neer. (1)

11.3 Skryf EEN gekontroleerde (konstante) veranderlike vir hierdie ondersoek neer. (1)

11.4 Gebruik die inligting in die tabel en sonder berekening identifiseer die metaal met die grootste werksfunksie.

Verduidelik u antwoord. (3)

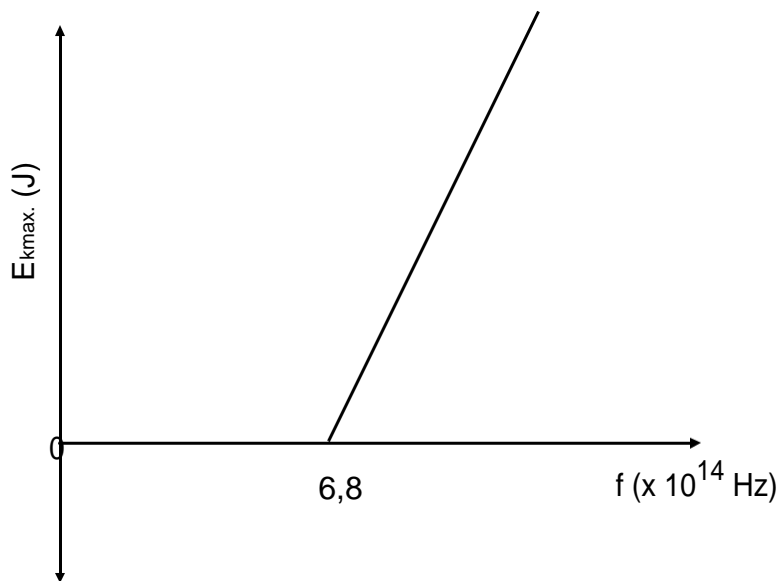
11.5 Gebruik inligting in die tabel om die werksfunksie van kalium te bereken. (4)

11.6 Noem hoe 'n toename in die intensiteit van die ultraviolet lig die maksimum kinetiese energie van die foto-elektrone beïnvloed.

Kies uit: VERHOOG, VERLAAG, BLY DIESELFDE.

Verduidelik u antwoord. (3)

Die onderstaande grafiek word verkry van 'n eksperiment oor die foto-elektriese effek met behulp van verskillende frekwensies van lig en 'n gegewe metaalplaat.



Die drumpelfrekwensie vir die metaal is $6,8 \times 10^{14}$ Hz.

10.1 Definieer die term *drumpelfrekwensie*. (2)

In die eksperiment word die helderheid van die lig wat op die metaaloppervlak skyn verhoog.

10.2 Hoe sal hierdie verandering die snelheid van die vrygestelde foto-elektrone beïnvloed?

Kies uit VERHOOG, VERLAAG of BLY DIESELFDE. (1)

10.3 Toon met behulp van 'n berekening of die foto-elektriese effek waargeneem sal word of nie waargeneem sal word nie, indien monochromatiese lig met 'n golflengte van 6×10^{-7} m in hierdie eksperiment gebruik word. (5)

Een van die uitstralings wat in hierdie eksperiment gebruik word, het 'n frekwensie van $7,8 \times 10^{14}$ Hz.

10.4 Bereken die maksimum snelheid van 'n vrygestelde foto-elektron. (5)