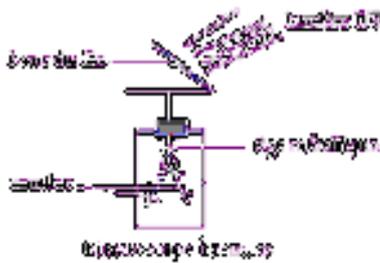


EFFET PHOTOELECTRIQUE

I-MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET PHOTOELECTRIQUE :

I-1°) DESCRIPTION ET SCHEMA DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL :



I-2°) OBSERVATIONS :

Observation 1 : Nous constatons que les deux feuilles de l'électroscope retombent : l'électroscope se décharge.

Observation 2 : Nous constatons que l'électroscope ne se décharge pas, même s'il reste exposé très longtemps au rayonnement.

Remarque : lorsque l'électroscope est chargé positivement : il ne se passe rien (les feuilles restent écartées).

I-3°) INTERPRETATION :

La décharge de l'électroscope s'interprète par le fait que les radiations ultraviolettes ont expulsé les électrons libres du métal zinc. L'excédent d'électrons de l'électroscope migre progressivement vers la lame de zinc.

L'observation 2 montre que l'émission d'électrons par le métal zinc n'est pas observée pour tout rayonnement de longueur d'onde donnée.

I-4°) CONCLUSION :

Un métal, convenablement éclairé, émet des électrons : c'est l'effet photoélectrique.

I-5°) DEFINITION DE L'EFFET PHOTOELECTRIQUE :

On appelle effet photoélectrique, l'émission d'électrons par un métal convenablement éclairé.

II- SEUIL PHOTOELECTRIQUE : FREQUENCE SEUIL ET LONGUEUR D'ONDE SEUIL :

Pour un métal pur, l'émission photoélectrique ne se produit que si la fréquence de la lumière excitatrice est supérieure à une fréquence dite fréquence seuil notée ν_s ou ν_0 (ce qui revient à dire que la longueur d'onde de la radiation incidente est inférieure à une certaine valeur λ_0 appelée longueur d'onde seuil).

Cette fréquence seuil ν_s et cette longueur d'onde seuil λ_0 dépendent du métal.

EXEMPLES :

$$\lambda_0(\text{cuivre}) = 0,29\mu\text{m} ; \lambda_0(\text{zinc}) = 0,37\mu\text{m} ; \lambda_0(\text{calcium}) = 0,45\mu\text{m}$$

La longueur d'onde λ d'un rayonnement est liée par sa fréquence d'émission par la relation: $\lambda = \frac{c}{\nu}$ où ν en Hertz(Hz), c : vitesse de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$, λ en mètre.

III- INTERPRETATION D'EINSTEIN DE L'EFFET PHOTOELECTRIQUE :

Pour interpréter l'effet photoélectrique, **ALBERT EINSTEIN** considère que :

- La lumière est constituée de particules de charge et de masse nulle appelées photons se propageant à la vitesse de la lumière.
- Chaque photon transporte une énergie propre ou quantum d'énergie de valeur $E = hu$ où u est la fréquence du rayonnement et $h=6,62.10^{-34}$ J/s une constante appelée constante de Planck.
- C'est cette énergie transportée par un photon qui sert à extraire l'électron de l'attraction du noyau puis à lui communiqué une énergie cinétique.

REMARQUE :

Si la fréquence u du photon est supérieure à la fréquence seuil u_0 , l'énergie (E) du photon est supérieure à l'énergie d'extraction W_0 ; l'excédent d'énergie est communiqué à l'électron sous forme d'énergie cinétique (E_c). Le bilan énergétique s'écrit alors :

$$E = W_0 + E_c = hu \Rightarrow E_c = hu - W_0 = hu - hu_0 ; \text{ soit donc :}$$

$$E_c = h(u - u_0)$$

IV- DUALITE ONDE-CORPUSCULE La lumière se présente sous deux aspects :

-**Un aspect ondulatoire**: où elle est considérée comme un phénomène vibratoire se propageant par une onde.

-**Un aspect corpusculaire** : où elle est formée de corpuscules appelés photons qui sont animés d'une vitesse c (célérité de la lumière) et transportant un quantum d'énergie E tel que $E = hu$.

V- APPLICATIONS :

- L'effet photoélectrique se retrouve dans les dispositifs de commande tels que : la mise en marche d'un escalier roulant, l'ouverture automatique d'une porte, le déclenchement d'un système d'alarme... « Un faisceau lumineux (invisible) tombant sur une photopile y produit un courant photoélectrique dont la suppression par un corps déclenche le fonctionnement d'un dispositif »

- Il est aussi utilisé dans les cellules photovoltaïques par une transformation de l'énergie solaire en énergie électrique.

EVALUATION :

Exercice1 :

Un métal de longueur d'onde seuil $\lambda_0=350nm$ est successivement éclairé par des radiations lumineuses de longueurs d'ondes $\lambda_1 = 200nm$; $\lambda_2 = 480nm$; $\lambda_3 = 800nm$

1°) Calculer en électron volt le travail d'attraction de l'électron de ce métal .

2°) En justifiant, donner le ou les longueurs d'onde(s) capable (s) de provoquée (s) l'effet photoélectrique pour ce métal .En déduire l'énergie maximale des électrons en électronvolt.

Données : $C = 3 \cdot 10^8$ m/s et $h=6,62.10^{-34}$ J/s

Résolution :

$$1^\circ) \omega_0 = hu_0 = h\frac{c}{\lambda_0} \Rightarrow \omega_0 = h\frac{c}{\lambda_0} \quad \text{AN : } \omega_0 = \frac{6,62.10^{-34} * 3 \cdot 10^8}{350.10^{-9} * 1,6.10^{-19}} = 3,5 \text{ ev}$$

$$2^\circ) \text{ On sait que : } E = hu \Rightarrow hu > \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} > \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} > \frac{1}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda < \lambda_0$$

On a : $\lambda_1 = 200nm < \lambda_0=350nm$ donc la première radiation est capable l'effet photoélectrique pour ce métal.

$\lambda_2 = 480nm > \lambda_0$ et $\lambda_3 = 800nm > \lambda_0$ donc il n'y a pas d'effet photoélectrique pour les radiations de longueurs d'ondes λ_2 et λ_3 .

Déduction de l'énergie cinétique maximale des électrons en électron volt

$$\text{On a : } h\nu_1 = h\nu_0 + E_{cmax} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_0} + E_{cmax} \Rightarrow E_{cmax} = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow E_{cmax} = hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \Rightarrow E_{cmax} = hc \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_1}{\lambda_1 * \lambda_0} \right)$$

$$E_{cmax} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 (150 \cdot 10^{-9})}{1,6 \cdot 10^{-19} * 350 * 200 * 10^{-18}} = 2,66 \text{ eV}$$

$$E_{cmax} = 2,66 \text{ eV}$$

Exercice2:

Une lumière poly chromatique comprenant 3 radiations ($\lambda_1 = 450nm$; $\lambda_2 = 610nm$; $\lambda_3 = 750nm$) irradie un échantillon de potassium, contenu dans une ampoule. L'énergie d'ionisation vaut 2,14eV (énergie nécessaire à arracher un électron de l'atome de potassium).

1°) Etablir la relation $E(\text{eV}) = \frac{1241}{\lambda(\text{nm})}$

2°) Quelle(s) radiation(s) donne(nt) lieu à l'effet photoélectrique ?

3°) Quelle est la vitesse des électrons expulsés du métal ?

Masse de l'électron $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

Correction :

1°) Etablissons la relation $E(\text{eV}) = \frac{1241}{\lambda(\text{nm})}$

Energie du photon : $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ or $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ et $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$

$$\Rightarrow E(\text{joule}) = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} * 3 \cdot 10^8}{\lambda} \quad (1)$$

Or $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ et $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$

Divisons l'expression (1) par $1,6 \cdot 10^{-19}$ et multiplions par 10^{-9} ce qui donne alors :

$$E(\text{eV}) = \frac{1241}{\lambda(\text{nm})}$$

2°) Les radiation(s) qui donne(nt) lieu à l'effet photoélectrique :

Utilisons la relation précédente pour calculer l'énergie associée à chaque photon :

$$E_1 = \frac{1241}{450} = 2,76\text{eV} ; E_2 = 2,03\text{eV} \text{ et } E_3 = 1,65\text{eV}$$

Or l'énergie nécessaire à arracher un électron de l'atome de potassium vaut $E^0 = 2,14\text{eV}$

Seule $E_1 > 2,14\text{eV}$ on en déduit que seule la radiation λ_1 est suffisamment énergétiques pour arracher un électron de l'atome de potassium.

3°) La vitesse V des électrons expulsés du métal :

On a la relation : $E_1 = E^0 + E_{cmax} \Rightarrow E_{cmax} = E_1 - E^0 = 2,76 - 2,14 = 0,62\text{eV}$

$$E_{c_{max}} = 0,16eV = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow V^2 = 2 \frac{E_{c_{max}}}{m}$$

Ce qui donne : $V = 4,7 \cdot 10^5 m s^{-1}$