

Corrections des exercices sur l'effet photoélectrique

1. Exercice

1°/ Définition de:

- **Effet photoélectrique** : c'est l'émission d'électron d'un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière convenable
- **Fréquence seuil** : c'est la fréquence minimale que doit posséder un photon incident pour extraire un électron d'un métal
- **Énergie d'extraction** : c'est l'énergie minimale que doit posséder un photon incident pour qu'il y ait effet photoélectrique

2°/ On peut expliquer l'effet **photoélectrique** par l'expérience de Hertz utilisant un électroscope (soit une plaque métallique éclairée par une lumière convenable dans une cellule photo-émissive).

3°/ L'énergie d'extraction d'un électron d'une plaque de sodium est $W_0=2,18\text{eV}$.

En éclairant successivement cette plaque par différentes radiations :

- Par une radiation lumineuse dont $\lambda=0,662\mu\text{m}$:

$$W = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{0,662 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^{-20} \text{J} = 0,3 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

- Par une radiation lumineuse dont la fréquence $N = 5 \cdot 10^{14} \text{Hz}$:

$$W = hN = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14} \text{J} = 33,1 \cdot 10^{-20} \text{J} = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

- Par une radiation lumineuse de période : $T = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{s}$

$$W = \frac{h}{T} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{1,3 \cdot 10^{-15}} \text{J} = 5,09 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$W_0 = 2,18 \text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,18 \text{J} = 3,488 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

Il y a émission d'électrons lorsque: $W > W_0$

Donc: $W = 5,09 \cdot 10^{-19} \text{J} > W_0 = 3,488 \cdot 10^{-19} \text{J}$

Avec la radiation lumineuse de période $T = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{s}$, il y a émission d'électrons.

4°/ a) Calcul de la vitesse maximale des électrons émis de la plaque :

$$W = W_0 + E_c \Rightarrow E_c = W - W_0 = 5,09 \cdot 10^{-19} - 3,488 \cdot 10^{-19} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{J} \text{ or } E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{0,91 \cdot 10^{-30}}} = 5,933 \cdot 10^5 \text{m.s}^{-1}$$

b) Calcul de la valeur de la tension qu'il faut appliquer entre le métal émissif et l'anode pour annuler le courant photoélectrique:

$$-U_0 = \frac{E_c}{|e|} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} J}{|-1,6 \cdot 10^{-19} C|} = 1,001 Volt \Rightarrow U_0 = -1,001 Volt$$

2. Exercice

1°/ Définitions:

- **Effet photoélectrique** : c'est l'émission d'électrons d'un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière convenable

- **Fréquence seuil** : c'est la fréquence minimale de la radiation lumineuse incidente pour qu'il y a extraction d'électrons (effet photoélectrique)

2°/ Calcul de l'énergie d'extraction d'un électron d'un métal de sodium :

$$W_0 = h \cdot \gamma = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 5,1 \cdot 10^{14} = 33,762 \cdot 10^{-20} J = 3,3762 \cdot 10^{-19} J \text{ or } 1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

$$\Rightarrow W_0 = 1eV \cdot \frac{3,3762 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,11eV$$

3°/ Calcul de l'énergie cinétique maximale de l'électron à la sortie de la cathode: E_c

$$W = W_0 - E_c \Rightarrow E_c = W - W_0$$

$$\text{Or } W = h \frac{c}{\lambda} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{0,4 \cdot 10^{-8}} = 49,65 \cdot 10^{-20} J = 4,965 \cdot 10^{-19} J$$

$$E_c = 4,965 \cdot 10^{-19} - 3,3762 \cdot 10^{-19} = 1,5888 \cdot 10^{-19} J$$

$$E_c = 1eV \cdot \frac{1,5888 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,993eV$$

4°/ Calcul de la vitesse maximale de l'électron à la sortie de la plaque de sodium :

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5888 \cdot 10^{-19}}{0,91 \cdot 10^{-30}}} = 34,91 \cdot 10^5 m \cdot s^{-1}$$

3. Exercice

On dispose de trois cellules photoémisives, les cathodes sont respectivement couvertes de métal ; telle que :

Métal	Césium	Potassium	Lithium
Energie d'extraction W_0 (eV)	1,19	2,29	2,39

1°/ **Energie d'extraction** : c'est l'énergie minimale que doit posséder un photon incident pour extraire un électron d'un métal.

2°/ a) Calcul de l'énergie transportée par un photon incident (en eV) :

$$W = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{0,60 \cdot 10^{-6}} = 33,1 \cdot 10^{-20} \text{J} = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J} \Rightarrow W = 1\text{eV} \cdot \frac{3,31 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,069\text{eV}$$

b) On obtient l'effet photoélectrique avec la cathode recouverte de Césium car :

Pour qu'il y ait effet photoélectrique il faut que :

$$W > W_0 \Rightarrow W = 2,069\text{eV} > W_0 = 1,19\text{eV}$$

L'énergie du photon incident 2,069eV est supérieure à l'énergie d'extraction $W_0=1,19\text{eV}$ du métal Césium.

c) Calcul de **l'énergie cinétique maximale des électrons** à la sortie de la cathode :

$$W = W_0 + E_c \Rightarrow E_c = W - W_0 \text{ (en Joule)}$$

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J} \Rightarrow W_0 = 1\text{J} \cdot 1,19 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,904 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$\text{D'où } E_c = W - W_0 = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{J} - 1,904 \cdot 10^{-19} \text{J} = 1,406 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

3°/ Calcul de **la tension qu'il faut appliquer entre l'anode et la cathode** pour annuler le courant photoélectrique :

$$-U_0 = \frac{E_c}{|e|} = \frac{1,406 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ Volt} = -0,88 \text{ Volt}$$

4°/ Calcul de **la vitesse maximale d'un électron à la sortie de la cathode** :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,406 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 10^{-31}}} = 1,77 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$$

4. Exercice

1°/ Calcul de **l'énergie d'extraction** en eV :

$$W_0 = 1\text{eV} \cdot \frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,5 \text{ eV}$$

2°/ Calcul de **l'énergie transportée par un photon incident** :

$$W = h\nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 15 \cdot 10^{14} = 99,3 \cdot 10^{-20} \text{J} = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

3°/ a) On observe le phénomène d'effet photoélectrique dans l'expérience précédente car $W = 9,93 \cdot 10^{-19} \text{J} > W_0 = 7,2 \cdot 10^{-19} \text{J}$

b) Calcul de l'énergie cinétique maximale d'un électron à la sortie de la cathode :

$$E_c = W - W_0 = 9,93 \cdot 10^{-19} - 7,2 \cdot 10^{-19} = 2,73 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

c) Calcul de **la vitesse maximale d'un électron à la sortie du métal** :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2,2,73 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 10^{-31}}} = 2,46 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$$

4° a) **Potentiel d'arrêt de la cellule photoémissive** : c'est tension qu'il faut appliquer aux bornes de l'anode et la cathode pour arrêter le courant photoélectrique, c'est une tension négative.

b) Calcul de la **valeur absolue du potentiel d'arrêt de la cellule** :

$$U_0 = \frac{E_c}{|e|} = \frac{2,73 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,706 \text{ Volt}$$