

# Exercices sur l'effet photoélectrique

## Exercice 1

- 1) C'est quoi l'effet photoélectrique ?
- 2) Comment expliquer l'effet photoélectrique ?
- 3) Quel physicien a expliqué l'effet photoélectrique ?
- 4) Quel type de radiation permet d'observer l'effet photoélectrique?

## Exercice 2

Une surface métallique est éclairée par une lumière ultraviolette de longueur d'onde  $\lambda = 0,150\mu\text{m}$ . Elle émet des électrons dont l'énergie cinétique est égale à 4,85 eV.

- 1) Calculer le travail d'extraction  $W_0$ .
- 2) Quelle est la nature du métal ?

métal	seuil photo-électrique $\lambda_0$ ( $\mu\text{m}$ )
Zn	0,350
Al	0,365
Na	0,500
K	0,550
Sr	0,600
Cs	0,660

## Exercice 3

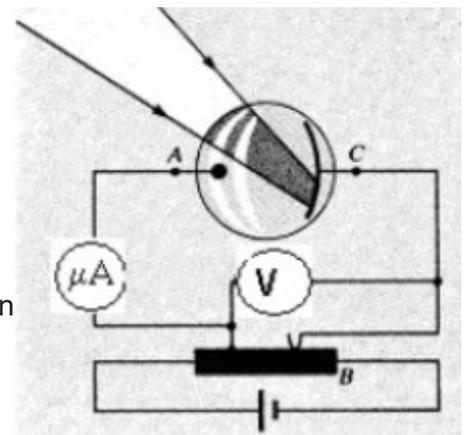
On éclaire une cellule photoélectrique avec des radiations de longueur d'onde  $\lambda$  et on détermine l'énergie cinétique maximale des électrons émis pour chaque valeur de  $\lambda$ . On obtient les résultats suivants :

$E_c$ ( $10^{-19}$ J)	0,45	1,00	1,77	2,43	3,06
$\lambda$ ( $10^{-6}$ m)	0,500	0,430	0,375	0,330	0,300

- 1) En choisissant une échelle convenable, tracer le graphe  $E_c = g(f)$  où  $f$  est la fréquence de la radiation monochromatique.
- 2) À partir du du graphe, déterminer la fréquence seuil  $f_0$  que l'on définira et la constante de Planck  $h$ .

$\mu\text{A}$  : microampèremètre ;  $V$  : voltmètre mesurant  $U_{AC}$

$B$  : potentiomètre permettant de donner à  $U_{AC}$  des valeurs positives ou négatives.



## Exercice 4

On souhaite observer l'effet photoélectrique, pour cela, on éclaire une plaque de lithium avec un rayonnement de fréquence  $1,00 \times 10^{15}$  Hz.

Données :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$  ; Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Matériau	Lithium	Argent	Zinc	Cuivre
Travail d'extraction (eV)	2,90	4,26	4,33	4,65

- Déterminer si la lumière utilisée pour éclairer la plaque est dans le domaine du visible.
- Calculer l'énergie d'un photon associé au rayonnement incident.
- Justifier que des électrons peuvent être émis et calculer leur énergie cinétique.
- Déterminer si l'effet photoélectrique se produit aussi avec une plaque de cuivre.

## Exercice 5

### 1-Seuil photoélectrique

On éclaire une cellule photovoltaïque dont la cathode est en césium avec une longueur d'onde  $\lambda = 495\text{nm}$  puis avec une radiation de longueur d'onde  $\lambda = 720 \text{ nm}$ .

Le travail d'extraction d'un électron de césium est  $W_0 = 3,00 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

- Calculer la longueur d'onde  $\lambda_0$  qui correspond au seuil photoélectrique.
- Vérifier que l'émission photoélectrique n'existe qu'avec une seule des deux radiations précédentes.

### 2- Vitesse d'émission des électrons

On éclaire une cellule photoélectrique à vide avec une lumière monochromatique. L'énergie d'extraction d'un électron du métal cathodique est  $W_0 = 3,00 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . La longueur d'onde de radiation est  $600\text{nm}$ .

- Quelle est l'énergie cinétique maximale  $E_{\text{cmax}}$  d'un électron émis?
- Quelle est la vitesse maximale  $v_{\text{max}}$  d'un électron émis?

## Exercice 6

Le travail d'extraction d'un électron du zinc est de  $3,3\text{eV}$ .

- Calculer la fréquence et la longueur d'onde seuil du zinc
- On éclaire le zinc par une lumière d'arc électrique en interposant une plaque de verre qui absorbe les radiations de longueur d'onde inférieure à  $0,42\mu\text{m}$ , Un effet photoélectrique est-il alors observé ?

Données :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ;  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ;  $m_{\text{electron}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

## Corrigé

### Corrigé de l'exercice 1

- 1) L'effet photoélectrique est l'effet responsable de créer de l'électricité après illumination d'un conducteur par des photons.
- 2) L'effet photoélectrique est l'effet par lequel des électrons sont éjectés de la surface d'un matériau conducteur après qu'on illumine cette dernière par une lumière de fréquence au moins égale à la fréquence seuil du matériau.
- 3) L'effet photoélectrique a été expliqué par Albert Einstein.
- 4) La radiation électromagnétique.

### Corrigé de l'exercice 2

$$1) W = W_0 + E_c \quad \rightarrow \quad \mathbf{W_0 = W - E_c} \quad W = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,150 \cdot 10^{-6}} = 1,33 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$W = \frac{1,33 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 8,31 \text{ eV}$$

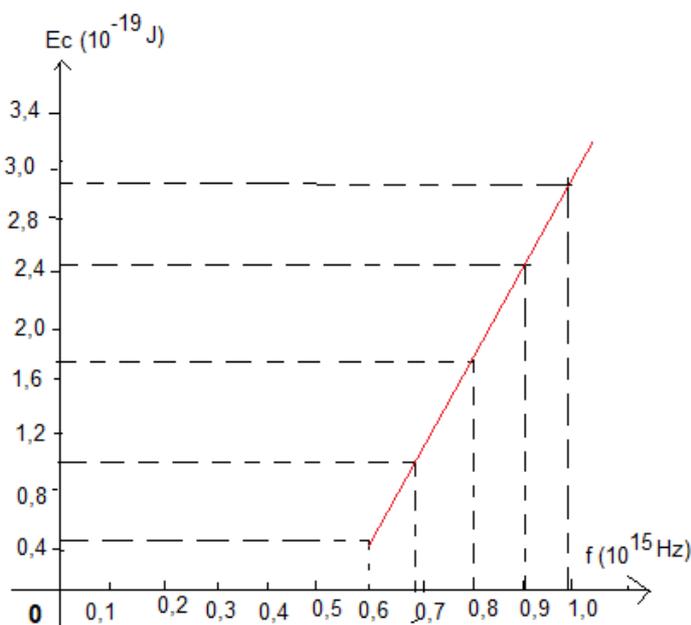
$$\rightarrow W_0 = 8,31 \text{ eV} - 4,85 \text{ eV} = 3,46 \text{ eV} = 5,54 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$2) W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \quad \rightarrow \quad \lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,54 \cdot 10^{-19}} = 3,54 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,35 \mu\text{m} \quad \text{c'est le métal zinc}$$

### Corrigé de l'exercice 3

$$1) E_c = g(f) \quad \text{échelle : } f : 1/0,1 \quad E_c : 1/0,40$$

$E_c (10^{-19} \text{ J})$	0,45	1,00	1,77	2,43	3,06
$f (10^{15} \text{ Hz})$	0,6	0,69	0,8	0,9	0,98



D'après le graphe la fréquence seuil est  $f_0 = 0,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  car c'est la fréquence minimale que peut avoir la lumière pour extraire les électrons.  
 Constante de Planck :  
 $E_c$  proportionnelle à la fréquence et la constante de proportionnalité est  $h$ .

$$h = \frac{(3,06 \cdot 10^{-19} - 0,45 \cdot 10^{-19})}{(0,98 \cdot 10^{15} - 0,6 \cdot 10^{15})} = 6,86 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

### Corrigé de l'exercice 4

1- Longueur d'onde de la lumière :  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{10^{15}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,3 \mu\text{m}$  la lumière visible est dans le domaine 0,4 – 0,8  $\mu\text{m}$  donc elle n'est pas visible.

2-  $E = h \cdot f = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 10^{15} = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

3-  $W_0 = 2,90 \text{ eV} = 2,90 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  la fréquence seuil :

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{4,64 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 0,7 \cdot 10^{15} \text{ Hz} = 7 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow f_0 < f \text{ donc il y a effet photoélectrique.}$$

$$E = W_0 + E_c \rightarrow E_c = E - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-19} - 4,64 \cdot 10^{-19} = 1,99 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

4- Plaque de cuivre  $W_0 = 4,65 \text{ eV} = 4,65 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 7,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{7,5 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 1,13 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \rightarrow f_0 > f \text{ donc pas d'effet photoélectrique.}$$

### Corrigé de l'exercice 5

1- Seuil photoélectrique

a- Longueur d'onde seuil :  $\lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-19}} = 6,63 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,66 \mu\text{m}$

b- Pour avoir une émission d'électrons il faut que  $\lambda < \lambda_0$  qui correspond à la radiation de longueur d'onde  $\lambda = 495 \text{ nm}$ .

2- Vitesse d'émission des électrons

a- Énergie cinétique maximale d'un électron émis :  $E_{cmax} = E - W_0$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{0,495 \cdot 10^{-6}} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad E_{cmax} = 4 \cdot 10^{-19} - 3 \cdot 10^{-19} = 1 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b- vitesse maximale d'un électron émis :  $E_{cmax} = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2 E_{cmax}}{m}}$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 4,68 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

### Corrigé exercice 6

1-  $f_s = \frac{W_s}{h} \quad W_s = 3,3 \times 1,610^{-19} = 5,28 \cdot 10^{-19} \quad f_s = \frac{5,28 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 0,8 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

$$\lambda_s = \frac{c}{f_s} \quad \lambda_s = \frac{3 \cdot 10^8}{8 \cdot 10^{14}} = 0,380 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 380 \text{ nm}$$

2-  $\lambda = 420 \text{ nm}$  longueur d'onde de la lumière  $\lambda > \lambda_s$  donc pas d'effet photoélectrique.