CORRECTION des EXERCICES sur NATURE DE LA LUMIERE

On donne : charge élémentaire : $|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C et masse d'un électron : $m = 0{,}91 \cdot 10^{-30}$ kg

Exercice 1 : $I = \dfrac{Q}{t}$ avec $Q = n\,|e|$ $\Rightarrow$ $I = \dfrac{n\,|e|}{t}$ $\Rightarrow$ $n = \dfrac{I \cdot t}{|e|}$

$n = \dfrac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{1{,}6 \cdot 10^{-19}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{n = 6{,}25 \cdot 10^{12}}$

Exercice 2 :

1.) $W_o = \dfrac{h \cdot c}{\lambda_o}$ $\Rightarrow$ $W_o = \dfrac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{0{,}66 \cdot 10^{-6}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{W_o = 3 \cdot 10^{-19}\ J}$

2.) Energie de la lumière : $W = \dfrac{h \cdot c}{\lambda} = \dfrac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{0{,}55 \cdot 10^{-6}}$ $\Rightarrow$ $W = 3{,}61 \cdot 10^{-19}$ J

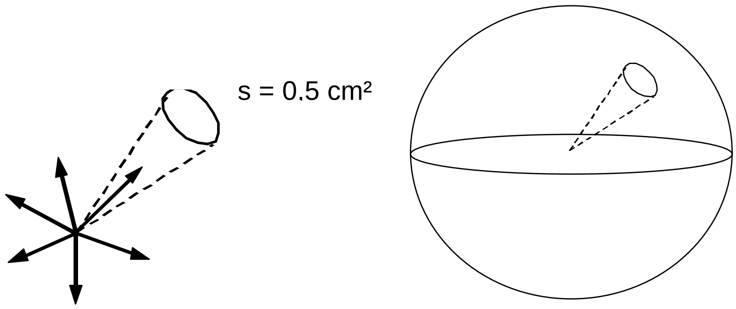
Si $W > W_o$ alors l'électron possède de l'énergie cinétique qui correspond au surplus d'énergie.

$W - W_o = \dfrac{1}{2}\, m\, v^2$ $\Rightarrow$ $\mathbf{v = \sqrt{\dfrac{2 \cdot (W - W_o)}{m}}}$

Application numérique : $v = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 0{,}61 \cdot 10^{-19}}{0{,}91 \cdot 10^{-30}}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{v = 3{,}66 \cdot 10^{5}\ m.s^{-1}}$

Exercice 3 :

1.) La puissance totale P = 2 W se répartit sur la surface d'une sphère de rayon D = 1 m, à savoir sur la surface $S = 4\pi D^2$



La puissance p reçue par la cellule correspond à la puissance reçue par la surface s

On peut donc écrire : p $\longrightarrow$ s

P $\longrightarrow$ S

Ce qui donne : $\dfrac{p}{P} = \dfrac{s}{S}$ $\Rightarrow$ $p = P\,\dfrac{s}{S} = P\,\dfrac{s}{4\pi D^2} = \dfrac{2 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-4}}{4\pi\, 1^2}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{p = 7{,}96 \cdot 10^{-6}\ W}$

2.) $p = \dfrac{W}{t}$ avec $W = N \cdot \dfrac{h\,c}{\lambda}$ N étant le nombre de photons

$p = \dfrac{N}{t} \cdot \dfrac{h\,c}{\lambda}$ $\Rightarrow$ $N = \dfrac{p \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \dfrac{7{,}96 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 0{,}59 \cdot 10^{-6}}{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{N = 2{,}36 \cdot 10^{13}}$

3.) 1 électron est émis pour 1000 photons reçus $\Rightarrow$ $n = \dfrac{N}{1000} = 2{,}36 \cdot 10^{10}$

et $Q = n\,|e| = Is \cdot t$ $\Rightarrow$ $Is = \dfrac{n\,|e|}{t} = \dfrac{2{,}36 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{1}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{Is = 3{,}78 \cdot 10^{-9}\ A}$

Exercice 4 :

1.) $\lambda = \dfrac{c}{f}$ $\Rightarrow$ $f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3 \cdot 10^{8}}{0{,}5 \cdot 10^{-6}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{f = 6 \cdot 10^{14}\ Hz}$

2.) $W_o = 2{,}98 \cdot 10^{-19}$ J : c'est le travail d'extraction c'est à dire l'énergie minimum qu'il faut pour produire l'effet photoélectrique.

2.1. $W_o = h \cdot f_o$ $\Rightarrow$ $f_o = \dfrac{W_o}{h} = \dfrac{2{,}98 \cdot 10^{-19}}{6{,}62 \cdot 10^{-34}}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{f_o = 4{,}5 \cdot 10^{14}\ Hz}$

2.2. Comme $W = W_o$, il n'y a pas de surplus d'énergie donc l'électron sort de la cathode avec une **vitesse v tendant vers zéro**.

3.) la cellule reçoit un rayonnement $\lambda = 0{,}50\ \mu m$

$$\Rightarrow W = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{0{,}50 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow W = 3{,}97 \cdot 0^{-19}\ J$$

On constate : $W > W_o$ alors l'électron possède de l'énergie cinétique

$$W - W_o = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \mathbf{v = \sqrt{\frac{2 \cdot (W - W_o)}{m}}}$$

Application numérique : $v = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-19}}{0{,}91 \cdot 10^{-30}}} \Rightarrow$ $\mathbf{v = 4{,}69 \cdot 10^{5}\ m.s^{-1}}$

4.) $Is = 10^{-10}\ A$ et $Q = n\,|e| = Is \cdot t$

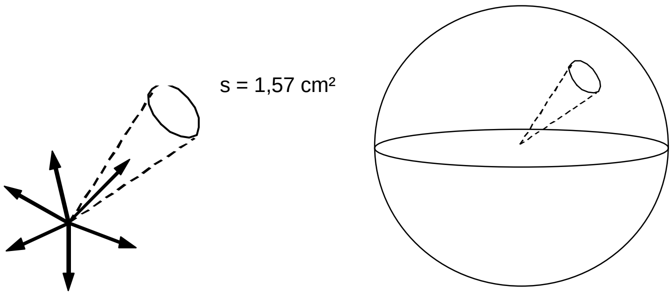
$$Is = \frac{n\,|e|}{t} \Rightarrow n = \frac{Is \cdot t}{|e|} \Rightarrow n = \frac{1 \cdot 10^{-10}\ 1}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \mathbf{n = 6{,}25 \cdot 10^{8}}$$

<u>Exercice 5</u> :

1.) On calcule W : $W = \dfrac{h \cdot c}{\lambda} = \dfrac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{0{,}56 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow W = 3{,}55 \cdot 10^{-19}\ J$

On constate : **$W > W_o$ alors l'émission photoélectrique est possible**.

2.) La puissance totale P = 2,5 W se répartit sur la surface d'une sphère de rayon R = 1 m, à savoir sur la surface $S = 4\,\pi\,R^2$



La puissance p reçue par la cellule correspond à la puissance reçue par la surface s

On peut donc écrire : $p \longrightarrow s$

$P \longrightarrow S$

Ce qui donne : $\dfrac{p}{P} = \dfrac{s}{S} \Rightarrow p = P\,\dfrac{s}{S} = P\,\dfrac{s}{4\,\pi\,R^2} = \dfrac{2{,}5 \cdot 1{,}57 \cdot 10^{-4}}{4\,\pi\,1^2} \Rightarrow$ $\mathbf{p = 3{,}12 \cdot 10^{-5}\ W}$

$p = \dfrac{W_{lum}}{t}$ avec $W_{lum} = N \cdot W$ N étant le nombre de photons

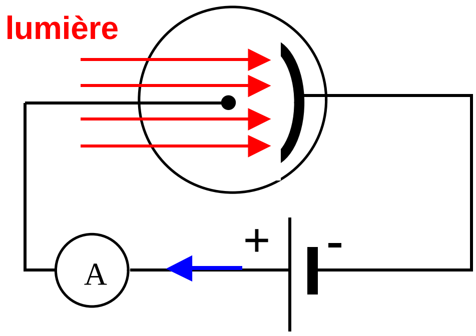
$$p = \frac{N}{t} \cdot W \Rightarrow N = \frac{p \cdot t}{W} = \frac{3{,}12 \cdot 10^{-5} \cdot 1}{3{,}55 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \mathbf{N = 8{,}8 \cdot 10^{13}}$$

3.) L'intensité du courant de saturation est $Is = 8 \cdot 10^{-8}\ A$.

$R_q = \dfrac{n}{N}$ avec $n\,|e| = I \cdot t \Rightarrow n = \dfrac{I \cdot t}{|e|} = \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 1}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 5 \cdot 10^{11}$

Donc $R_q = \dfrac{5 \cdot 10^{11}}{8{,}8 \cdot 10^{13}} \Rightarrow$ $\mathbf{R_q = 5{,}68 \cdot 10^{-3} = 0{,}57\ \%}$

<u>Exercice 6</u> : 1.) Schéma : l'anode est reliée au pôle + pour attirer les électrons émis par la cathode.



2.) Travail d'extraction : $W_o = 2{,}2\ eV$

$W_o = 2{,}2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \Rightarrow W_o = 3{,}52 \cdot 10^{-19}\ J$

Pour chaque radiation on calcule $W = \dfrac{h \cdot c}{\lambda}$

$$W_1 = \frac{h\,.\,c}{\lambda_1} = \frac{6,62\,.\,10^{-34}\,.\,3\,.\,10^{8}}{0,70.\,10^{-6}} \Rightarrow W_1 = 2,84\,.\,10^{-19}\text{ J}$$

$$W_2 = \frac{h\,.\,c}{\lambda_2} = \frac{6,62\,.\,10^{-34}\,.\,3\,.\,10^{8}}{0,66.\,10^{-6}} \Rightarrow W_2 = 3,01\,.\,10^{-19}\text{ J}$$

$$W_3 = \frac{h\,.\,c}{\lambda_3} = \frac{6,62\,.\,10^{-34}\,.\,3\,.\,10^{8}}{0,54.\,10^{-6}} \Rightarrow W_3 = 3,69\,.\,10^{-19}\text{ J}$$

$$W_4 = \frac{h\,.\,c}{\lambda_4} = \frac{6,62\,.\,10^{-34}\,.\,3\,.\,10^{8}}{0,50.\,10^{-6}} \Rightarrow W_4 = 3,98\,.\,10^{-19}\text{ J}$$

Emission possible pour la radiation 3 et la radiation 4 : puisque $W_4 > W_3 > W_o$

3.) L'excédent d'énergie fournit de l'énergie cinétique à l'électron : $W - W_o = \frac{1}{2}\,m\,v^2$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{v = \sqrt{\frac{2\,.\,(W - W_o)}{m}}}$$

Application numérique : $v_3 = \sqrt{\frac{2\,.\,0,17\,.\,10^{-19}}{0,91\,.\,10^{-30}}} \Rightarrow$ **$v_3 = 1,93\,.\,10^{5}\text{ m.s}^{-1}$**

$v_4 = \sqrt{\frac{2\,.\,0,46\,.\,10^{-19}}{0,91\,.\,10^{-30}}} \Rightarrow$ **$v_3 = 3,18\,.\,10^{5}\text{ m.s}^{-1}$**

<u>Exercice 7</u> : même raisonnement qu'à l'exercice 5 pour la puissance rayonnée :

Etape 1 : $p \longrightarrow s$

$P \longrightarrow S$ Ce qui donne : $\frac{p}{P} = \frac{s}{S} \Rightarrow P = p\,\frac{S}{s} = p\,\frac{4\,\pi\,D^2}{s}$

Etape 2 : $p = \frac{W_{lum}}{t}$ avec $W_{lum} = N\,.\,\frac{h\,c}{\lambda}$ N étant le nombre de photons

donc $p = \frac{N}{t}.\frac{h\,c}{\lambda}$

Etape 3 : nombre d'électrons émis : $I = \frac{Q}{t} \Rightarrow n\,|e| = I\,.\,t \Rightarrow n = \frac{I\,.\,t}{|e|}$

Etape 4 : rendement quantique : $R_q = \frac{n}{N} \Rightarrow N = \frac{n}{R_q}$

On cherche P la puissance de la source : on injecte dans la formule de l'étape 1 tous les renseignements trouvés dans les autres étapes ce qui donne successivement en remontant de l'étape 4 à l'étape 1 : $N = \frac{I\,.\,t}{|e|\,.\,R_q}$

$$p = \frac{I\,.\,t}{|e|\,.\,R_q\,.\,t}\,.\,\frac{h\,c}{\lambda}$$

Donc $P = p\,.\,\frac{4\,\pi\,D^2}{s} = \frac{I}{|e|\,.\,R_q}\,.\,\frac{h\,c}{\lambda}\,.\,\frac{4\,\pi\,D^2}{s}$

Ce qui donne $P = \frac{0,12\,.\,10^{-6}}{1,6\,.\,10^{-19}\,.\,0,012}\,.\,\frac{6,62\,.\,10^{-34}\,.\,3\,.\,10^{8}}{0,55\,.\,10^{-6}}\,.\,\frac{4\,\pi\,3^2}{1\,.\,10^{-4}} \Rightarrow$ **$P = 25,5\text{ W}$**