

Correction (et barème) de l'approche documentaire sur l'effet photovoltaïque

1) (1 point) Einstein appelait ces particules des « quanta » (singulier : quantum) d'énergie lumineuse.

2) (3 points) Il y a deux problèmes majeurs qui font que l'expérience de l'effet photoélectrique ne peut pas être expliquée dans le cadre de la physique classique :

- en dessous d'une certaine fréquence (appelée fréquence seuil f_0), l'onde lumineuse n'arrive à arracher aucun électron au métal, quelle que soit son intensité

- l'énergie des électrons arrachés dépend de la fréquence de l'onde, et pas de son intensité

Pour expliquer cela, Einstein a considéré que l'énergie lumineuse est constituée de « grains » ou « quanta » indivisibles, appelés aujourd'hui photons, dont l'énergie est proportionnelle à la fréquence de l'onde ($E = hf$). De plus, un matériau peut soit absorber le photon en entier, soit ne pas l'absorber du tout (mais il ne peut pas absorber seulement une partie de l'énergie du photon).

Ainsi, si la fréquence de l'onde est trop faible, l'énergie d'un photon sera inférieure à l'énergie minimale nécessaire pour arracher un électron, et on n'arrachera aucun électron (quel que soit le nombre de photons, c'est à dire l'intensité de l'onde). De plus, l'énergie cinétique des électrons arrachés dépendra de l'énergie des photons (et donc de la fréquence de l'onde), et pas du nombre de photons (et donc de l'intensité de l'onde). Seul le nombre total d'électrons arrachés dépendra de l'intensité de l'onde.

3) (1 point) Le physicien allemand Max Planck avait introduit l'idée d'une quantification de l'énergie lumineuse en 1900 pour expliquer les lois du rayonnement du corps noir.

4) (3 points) Pour pouvoir arracher des électrons, il faut au minimum que l'énergie d'un photon soit égale au travail d'extraction : $hf_0 = W_{ext}$, où f_0 est la fréquence seuil. On obtient donc :

- Pour du zinc : $f_0 = \frac{4,3 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 1,04 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

soit une longueur d'onde : $\lambda_0 = \frac{c}{f} = 289 \text{ nm}$. Il s'agit donc d'ultra-violets.

- Pour du Platine : $f_0 = 1,53 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$, donc $\lambda_0 = 196 \text{ nm}$: encore des UV.

- Pour du Césium : $f_0 = 5,07 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ donc $\lambda_0 = 592 \text{ nm}$. Il s'agit de lumière visible (couleur orange).

5) (1 point) Si la fréquence de la lumière est supérieure à la fréquence seuil pour le métal considéré, des électrons sont arrachés et leur énergie cinétique est égale à l'énergie totale du photon absorbé (hf) moins l'énergie qui a été nécessaire à arracher l'électron ($W_{ext} = hf_0$).

Ainsi, on a : $E_c = hf - hf_0$ et la pente de la droite représentative de E_c en fonction de f est donc la constante de Planck h .

6) a) (1 point) Calculons l'énergie d'un photon de longueur d'onde 200 nm :

$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = 9,94 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,21 \text{ eV}$. Cette valeur est supérieure au travail d'extraction pour le zinc : il y aura donc des électrons arrachés.

b) (1 point) $E_c = hf - W_{ext} = 6,2 - 4,3 = 1,9 \text{ eV} = 3,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

c) (2 points) Pour empêcher les électrons d'atteindre l'autre plaque, il faut que la différence d'énergie potentielle entre les deux plaques soit supérieure à l'énergie cinétique initiale des électrons. Or $E_p = eU$, donc : $eU_{min} = 1,9 \text{ eV} \Rightarrow U_{min} = 1,9 \text{ V}$. La tension minimale à appliquer (ou « potentiel d'arrêt ») est donc de 1,9 V.

7) (1 point) D'après l'article d'Einstein, les autres phénomènes sont le rayonnement du corps noir, la fluorescence, et de manière générale, tous les phénomènes liés à l'absorption, à l'émission et à la transformation de la lumière.

Ramener le total sur 10 par une règle de trois.