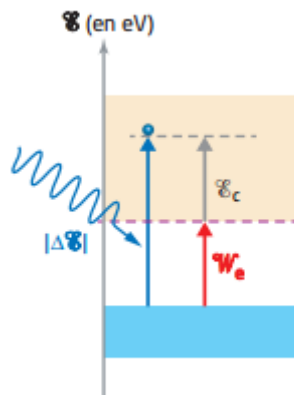


Correction de quelques exercices du chapitre 20 : Effet photoélectrique.

Exercice 20 p 473 : Etablir un bilan énergétique

a.



b. Le diagramme précédent montre que le bilan d'énergie s'écrit : $|\Delta E| = W_e + E_c$.

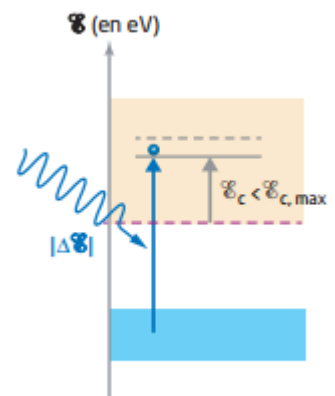
c. Dans le cas représenté sur le diagramme précédent, l'électron obtient l'énergie cinétique maximale pour le photon considéré, car il est initialement sur le niveau de plus grande énergie du métal, c'est-à-dire qu'il fait initialement partie des électrons les moins liés. En effet, le même photon peut produire la transition quantique représentée ci-contre, où l'on voit qu'un électron initialement sur un niveau d'énergie un peu plus basse que précédemment acquiert une énergie cinétique plus petite lors de son éjection du métal.

d. En exprimant l'énergie $|\Delta E|$ du photon en fonction de la fréquence ν du rayonnement auquel il est associé, le bilan d'énergie établi à la question b. s'écrit : $h \cdot \nu = W_e + E_{c, \max}$.

Or, la fréquence seuil ν_0 , correspond à la plus petite valeur de la fréquence de la lumière incidente qui permet l'effet photoélectrique. À cette fréquence, l'énergie cinétique de l'électron extrait est nulle. On a alors : $h \cdot \nu_0 = W_e + 0$; ce qui montre que : $W_e = h \cdot \nu_0$.

Ainsi, le bilan d'énergie s'écrit : $h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + E_{c, \max}$;

d'où : $E_{c, \max} = h \cdot (\nu - \nu_0)$.



Ex 31 p 475 : Énergie cinétique de photoélectrons

a. Les électrons émis par la photocathode sont accélérés vers l'anode, donc ils subissent une action modélisée par la force électrique \vec{F}_e dirigée horizontalement et de sens de la photocathode vers l'anode. L'expression de la force électrique dans le cas d'un électron dont la charge électrique vaut $-e$ est :

$$\vec{F}_e = -e \times \vec{E}$$

Ainsi, le champ \vec{E} à l'origine de la force électrique est dirigé horizontalement et de sens de l'anode vers la photocathode.

b. Lorsque la tension vaut $U_{\text{arrêt}}$, le courant circulant dans le circuit est nul.

Des électrons sont pourtant émis par la cathode par effet photoélectrique, mais on remarque sur la simulation que ceux qui sont les plus rapides lors de l'éjection sont ralentis et n'atteignent pas tout à fait l'anode. Ils y arrivent avec une vitesse nulle et repartent vers la cathode car le sens de la force électrique est opposé à celui de la situation précédente. En effet, le champ électrique a maintenant pour sens de la photocathode vers l'anode car la tension imposée est alors négative.

c. Rappel sur l'utilisation des théorèmes de l'énergie :

Système : un électron d'énergie cinétique maximale après son extraction de la photocathode ; on suppose qu'il suit une trajectoire horizontale entre la photocathode (C) et l'anode (A), et que la valeur de sa vitesse s'annule lorsqu'il atteint l'anode. Le système atteint l'anode avec une vitesse nulle.
Référentiel : le référentiel terrestre lié à la cellule photoélectrique, supposé galiléen pour la durée de l'expérience.

Inventaire des forces : la force électrique $\vec{F}_e = -e \times \vec{E}$, le poids $\vec{P} = m \times \vec{g}$.

D'après le théorème de l'énergie cinétique entre C et A :

$$\Delta E_c = \sum W_{CA}(\vec{F}_{\text{ext}})$$

$$E_c(A) - E_c(C) = W_{CA}(\vec{F}_e) + W_{CA}(\vec{P})$$

$$0 - E_{c,\text{max}} = \vec{F}_e \cdot \vec{CA} + 0$$

car en A la vitesse de l'électron est nulle et le poids est perpendiculaire au déplacement et donc le produit scalaire est nul.

On en déduit donc :

$$- E_{c,\text{max}} = -e \vec{E} \cdot \vec{CA}$$

Comme le champ électrique et le déplacement ont même direction on peut écrire que :

$$E_{c,\text{max}} = e \times E \times d$$

$$\text{Enfin comme } E \times d = |U| \text{ on en déduit enfin : } E_{c,\text{max}} = e \times |U_{\text{arrêt}}|$$

$$d. \text{ AN : } E_{c,\text{max}} = 1,67 \cdot 10^{-19} \times 0,80 = 1,28 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0,80 \text{ eV}$$

Ce résultat est cohérent car 1 eV correspond à l'énergie cinétique acquise par un électron accéléré sous une tension de 1 V.

e. L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un matériau sous l'action de la lumière.

Ce phénomène ne se produit que si la fréquence ν du rayonnement est supérieure à une fréquence seuil ν_0 , qui dépend de la nature du matériau, mais pas de la puissance du faisceau lumineux.

L'effet photoélectrique a une grande importance historique car c'est en l'étudiant qu'Albert Einstein a, en 1905, fait l'hypothèse que la lumière peut être vue comme un flux de particules, nommés photons par la suite. Son hypothèse est révolutionnaire car, à cette époque, il paraît solidement établi que la lumière est une onde, ce qui permet en particulier d'interpréter facilement le phénomène d'interférences. Or, l'effet photoélectrique ne trouve pas d'interprétation avec la conception purement ondulatoire de la lumière. L'étude de l'effet photoélectrique a donc été décisive pour remettre en cause la théorie des ondes électromagnétiques et proposer un nouveau modèle dit particulaire, qui conduira à la naissance de la physique quantique.