

Exercice 1 =

1 - Quelle sera l'énergie d'un électron expulsé?

$$\lambda_{\text{photons}} = 2537 \text{ \AA}$$

$$E_0 \text{ (énergie de seuil = travail d'extraction } W) = 2,30 \text{ eV.}$$

$$E_{\text{photons}} = E_0 + E_e \quad \text{--- (I) } \Rightarrow E_e = E - E_0$$

$$\Rightarrow E_e = \frac{hc}{\lambda} - E_0$$

$$A.N : E_e = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{253,7 \times 10^{-9}} - 2,3 \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$\boxed{E_e = 4,165 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,6 \text{ eV}}$$

2 - Quelle sera la nature de cette énergie?

Electrons émis $\Rightarrow$ énergie = énergie cinétique $E_c \text{ (J)} =$ l'énergie acquise par un électron lorsqu'il est éjecté.

Et donc la relation (I) peut s'écrire : $\boxed{E = E_0 + E_e}$ ou $\boxed{E = W_{\text{extraction}} + E_e}$

3 - Déterminer la vitesse maximale des électrons émis.

$$E_c = \frac{1}{2} m_e v^2 \Rightarrow v = \left(\frac{2 E_c}{m_e} \right)^{1/2}$$

$$E_c = 2,6 \text{ eV} = 4,165 \times 10^{-19} \text{ J}, m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{Donc } \boxed{v = 956307 \text{ m.s}^{-1}}$$

Exercice 2 =

$$\lambda_{\text{photons}} = 300 \text{ nm}, E_0 = W_{\text{extraction}} = 2,46 \text{ eV}$$

1) - L'énergie cinétique des photoélectrons expulsés du métal.

Par définition, l'énergie totale des photon incident est partagée entre le travail d'extraction d'électron et (s'il reste de l'énergie) de l'énergie cinétique pour l'électron expulsé : $E = W + E_c$ (Rappel : pour une fréquence incidente ν en dessous d'une certaine valeur (seuil) de la fréquence du rayonnement, ν_0 aucun

(2)

électron (e) n'est émis.
 - L'énergie du rayonnement incident est :

$$E(J) = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E(eV) = \frac{hc}{e\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,6 \times 10^{-19} \times 300 \cdot 10^{-9}} = \boxed{4,14 \text{ eV}}$$

$$\text{Donc } E_c = E - W_{\text{ext}} = 4,14 - 2,46 = \boxed{1,68 \text{ eV}}$$

2) - Déterminer la longueur d'onde du seuil photoélectrique du sodium :

$$E_c = W_{\text{ext}} = \frac{hc}{e\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{eE(eV)} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,6 \times 10^{-19} \times 2,46} = 5,04 \times 10^{-7} \text{ m}$$

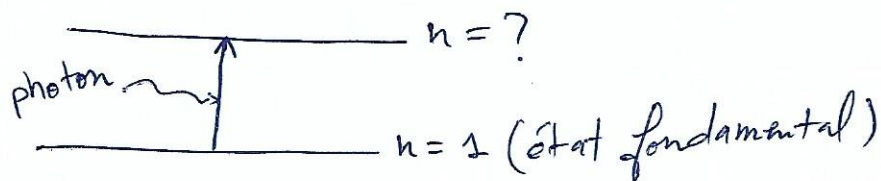
$$\boxed{\lambda_{\text{seuil}} = 504 \text{ nm}}$$

3) - Déterminer la vitesse maximale des photoélectrons :

$$E_c = 1,68 \text{ eV} = \frac{1}{2} m_e v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2xE_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,68 \times 1,6 \times 10^{-19}}{9,109 \times 10^{-31}}} = \boxed{7,687 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}}$$

Exercice 3

1) Niveau d'excitation de l'électron ?



$$E_{\text{photon}} = 10,2 \text{ eV} \text{ et } E_{\text{photon}} = \Delta E = E_n - E_1 \Rightarrow E_n = \Delta E + E_1$$

$$\Rightarrow E_n = 10,2 + \left(\frac{-13,6}{1^2} \right)$$

$$\Rightarrow E_n = -3,4 = \frac{-13,6}{n^2}$$

$$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{13,6}{3,4}} = \boxed{2}$$

2) La raie correspondante, la série, le domaine ?

de $n=2$ à $n=1 \rightarrow$ c'est la 1^{ère} raie, de la première série (série de Lyman) est son domaine est (U.V).

3) - L'énergie d'ionisation d'un atome (également appelée énergie de 1^{ère} ionisation et notée E_i) est l'énergie qu'il faut fournir à cet atome pour arracher un électron du niveau fondamental.

$$E_i = \Delta E_{(1 \rightarrow \infty)} = E_{\infty} - E_1 = 0 + 13,6 = 13,6 \text{ eV} = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$$

4) - La longueur d'onde doit être absorbée par l'hydrogène $4\text{Be}^{+3} (Z=4)$

Relation de Ritz-Balmer: $\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$

$$n_1 = 1 \text{ et } n_2 = 2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 1,09 \times 10^7 (4)^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right]$$

$$\frac{1}{\lambda} = 13,08 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{Donc } \lambda = 7,645 \cdot 10^{-9} \text{ m} = \boxed{7,645 \text{ nm}}$$

* L'énergie du photon = $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = 6,62 \times 10^{-34} \times 3,10^8 \times 13,08 \cdot 10^7$

$$\boxed{E_{\text{photon}} = 259,768 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

Exercice n°4

1) - Calcul de n, z et λ_3

$$\frac{1}{\lambda_1} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n^2} \right) \dots (1)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{(n+1)^2} \right) \dots (2)$$

$$\frac{1}{\lambda_3} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{(n+1)^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right) \dots (3)$$

Le rapport de (1)/(2) nous donne =

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left(\frac{n+1}{n} \right)^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}} = \frac{n+1}{n}$$

$$\frac{A.N}{n} = \frac{n+1}{n} = \frac{1}{0,66} \Rightarrow n = 0,66(n+1) \Rightarrow \boxed{n=2}$$

À partir de l'équation ①: $Z = \sqrt{\frac{n^2}{\lambda R_H}} = 11$

En remplaçant les valeurs de n et z dans l'équation (3):

(4)

2) - Identification de l'ion = Il s'agit de Na^{10+} $\lambda_3 = 15,4978 \text{ nm}$.

3) - La relation entre $\lambda_{\text{Na}^{10+}}$ et λ_{H} lors de transition de $(n+2)$ vers (n) :

$$\frac{1}{\lambda_{\text{H}}} = R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right) \quad \text{Relation de Ryd-Balmer pour l'hydrogène}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\text{Na}^{10+}}} = R_{\text{H}} z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right) \quad \text{c} \quad \text{Na}^{10+}$$

$$\text{On sait que } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu_{\text{H}} = \frac{c}{\lambda_{\text{H}}} = c R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right)$$

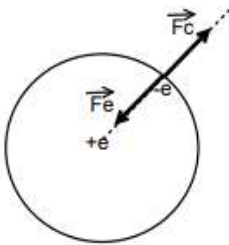
$$\nu_{\text{Na}^{10+}} = \frac{c}{\lambda_{\text{Na}^{10+}}} = c R_{\text{H}} z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right)$$

$$\nu_{\text{Na}^{10+}} = z^2 \nu_{\text{H}} \Rightarrow \boxed{\nu_{\text{H}} = \frac{\nu_{\text{Na}^{10+}}}{z^2}}$$

4)

4- Les formules de Bohr qui expriment :

a- Le rayon de l'orbite (r_n)



La force électrique exercée sur l'électron de l'atome d'hydrogène

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{ke^2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ MKSA}$$

avec ϵ_0 : perméabilité du vide

La force centrifuge va empêcher l'électron de tomber sur le noyau

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

m : masse de l'électron et v : sa vitesse autour du noyau

$$|F_e| = |F_c| \Rightarrow \frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow mv^2 = \frac{ke^2}{r} \dots (1)$$

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \text{ (postulat de Bohr)} \Rightarrow v = \frac{nh}{2\pi mr} \dots (2)$$

Je remplace (2) dans (1), on trouve :

$$r = \left(\frac{h^2}{4\pi^2 m k e^2} \right) n^2$$

On pose $\frac{h^2}{4\pi^2 m k e^2} = a_0$: rayon de la première orbite de l'atome H

$r_n = a_0 \cdot n^2$: rayon de $n^{\text{ième}}$ orbite de l'atome H.

$$a_0 = \frac{(6,62 \cdot 10^{-34})^2}{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2} = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,53 \text{ \AA} \Rightarrow r_n = 0,53 \cdot n^2 \text{ (\AA)}$$

b- L'énergie (E_n)

$$E_{\text{totale}} = E_{\text{cinétique}} + E_{\text{potentielle}}$$

- Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, mais $mv^2 = \frac{ke^2}{r}$ (voir (1))

on déduit que :

$$E_c = \frac{ke^2}{2r}$$

- Énergie potentielle : c'est l'énergie nécessaire pour ramener une particule (électron) de l'infini (∞) à une distance (r) du noyau.

$$E_p = \int_{\infty}^r -F_e dr = \int_{\infty}^r \frac{ke^2}{r^2} dr$$

$$E_p = -\frac{ke^2}{r}$$

$$E_T = E_c + E_p \Rightarrow E = -\frac{ke^2}{2r} \text{ mais } r = \left(\frac{h^2}{4\pi^2 m k e^2} \right) n^2$$

On déduit que :

$$E = \left(-\frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{h^2} \right) \cdot \frac{1}{n^2}$$

On pose $-\frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{h^2} = E_H$: énergie de la première orbite ($n=1$) de l'atome H.

$E_n = \frac{E_H}{n^2}$: énergie de l'électron sur la $n^{\text{ième}}$ orbite de l'atome d'hydrogène.

Le calcul de E_H donne : $E_H = -21,736 \cdot 10^{-19} \text{ J} = -13,6 \text{ eV} \Rightarrow E_n = \frac{-13,6}{n^2} \text{ (eV)}$

C- pour les ions hydrogénoides

Les ions hydrogénoïdes sont les ions qui comportent un seul électron, mais un nombre de protons $Z > 1$
Exemples : ${}_2\text{He}^+$; ${}_3\text{Li}^{2+}$; ${}_4\text{Be}^{3+}$

La force électrique devient : $F_e = \frac{-kZe^2}{r^2}$.

Ce qui conduit à :

$$r_n = a_0 \cdot \frac{n^2}{Z} = 0,53 \cdot \frac{n^2}{Z} \text{ (Å)}$$

$$E_n = E_H \cdot \frac{Z^2}{n^2} = -13,6 \cdot \frac{Z^2}{n^2} \text{ (eV)}$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left(\frac{1}{n_{inf}^2} - \frac{1}{n_{sup}^2} \right) \cdot Z^2 \text{ (formule de Balmer)}$$

5- Le rayon de l'orbite au niveau (n) n=2

$$r = a_0 \cdot n^2 / Z$$

$$r_2 = 0,53 \cdot (2^2) / 11 = 0,1927 \text{ Å}$$

Exercice 5 :

⑦

1- L'hypothèse de Louis De Broglie = "A toute particule de masse m et animée d'une vitesse v , est associée une onde de longueur d'onde λ , telle que : $\lambda = \frac{h}{mv}$ "
où la quantité mv est appelée quantité de mouvement de la particule et h représente la constante de Planck.

La particule, donc, représente un double aspect, ondulatoire (rayonnement de longueur d'onde λ) et corpusculaire (matière de masse m).

2) - a) longueur d'onde associée à un électron =

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \times 2,7 \times 10^{-6}} = 0,24 \times 10^{-7} \text{ m} = \underline{240 \text{ \AA}}$$

(La valeur décrit bien un système microscopique).

4- la longueur d'onde associée à un photon est :

$\lambda = \frac{h}{mv}$. Ce photon est accéléré par une différence de potentielle U , il acquiert donc une énergie cinétique =

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = qU \Rightarrow m v^2 = 2E_c = 2qU$$

$$\Rightarrow m v^2 \times m = 2qU \times m$$

$$\Rightarrow m^2 v^2 = 2qU m \Rightarrow mv = \sqrt{2mqU}$$

$$\text{Donc } \lambda = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 25}} = 57,3 \times 10^{-15} \text{ m} = \boxed{57,3 \text{ fm}}$$

→ valeur décrit bien un système microscopique.

c) la longueur d'onde associée à une balle de golf =

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{100 \times 10^{-3} \times 30} = 2,207 \times 10^{-34} \text{ m}$$

(système macroscopique → valeur négligeable devant les dimensions de la balle).

3) Conclusion = L'aspect ondulatoire est insignifiant à l'échelle macroscopique, par contre il est d'une importance capitale à l'échelle microscopique d'où la nécessité de prendre en considération le caractère ondulatoire des systèmes infiniment petits.

Exercice 6:

Principe d'incertitude d'Heisenberg =

« Il est impossible de déterminer simultanément et avec précision la position x et la quantité de mouvement p_x d'une particule » $\Delta p_x \times \Delta x \geq \frac{h}{2\pi} \Rightarrow \Delta v \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi m}$

D'après l'inégalité d'Heisenberg: ① L'incertitude sur la position (Δx) de l'électron

$$\Delta v \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi m} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{2\pi m \Delta v}$$

Δv ? , on a: $E_c = \frac{1}{2} m_e v^2 = e \cdot U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$

$$\Delta v = v \frac{\Delta v}{v} = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \cdot \frac{\Delta v}{v} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^3}{9,11 \times 10^{-31}}} \cdot 10^{-2} = 2,65 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\Delta x \geq \frac{6,62 \times 10^{-34}}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 2,65 \cdot 10^5} \geq 4,37 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$\Delta x \geq 4,37 \text{ Å}$ (erreur considérable).

② L'incertitude sur la vitesse (Δv) de la bille

$$\Delta v \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi m} \Rightarrow \Delta v \geq \frac{h}{2\pi m \Delta x}$$

$$\Delta v \geq \frac{6,62 \times 10^{-34}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta v \geq 1,054 \cdot 10^{-29} \text{ m/s} \text{ (erreur insignifiante)}$$

③ Comparaison =

Dans le cas de la bille = l'incertitude sur la vitesse v liée à l'inégalité d'Heisenberg est très largement négligeable, il n'est donc pas nécessaire de tenir compte du principe d'Heisenberg au niveau macroscopique. A l'échelle microscopique (électron), l'erreur est considérable, la localisation de l'électron est très imprécise, et donc le principe