École Supérieure en Sciences Appliquées – Tlemcen 2022-2023

Module de chimie 1 : Structure de la matière

Corrigé Série de TD 2

Données pour toutes la séries de TD ***:***

Constanta de Plank h = 6,62·10^{-34} J·s ;
Vitesse de la lumière c = 3·10^{8} m/s ;
Constante de Rydberg R_H = 1,097·10^{7} m^{-1} ;
a_0 = 0,53 Å ;
1 eV = 1,6·10^{-19} J, 1nm=10^{-9}m
Charge de 1'électron : e=1.6.10^{-19}C
Masse de 1'électron : m=9.1.10^{-31} Kg

Exercice 1

1. $W_0 = h\nu_0$; ν_0: $fréquence\ seuil$ du Zn

$$\nu_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3.3\ \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.62 \times 10^{-34}} = 7.97 \times 10^{14}\ Hz$$

2. L’effet photoélectrique ne se manifeste que lorsque la fréquence de la radiation utilisée est supérieure à la fréquence seuil de la photocathode ou alors $\boldsymbol{\lambda_{radiation}} < \boldsymbol{\lambda_{0\,(cathode)}}$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{3 \times 10^{8}}{7.97 \times 10^{14}} = 3.76 \times 10^{-7}\,m$$

Par conséquent : $\boldsymbol{\lambda_{radiation} = 2.5 \times 10^{-7} m < \lambda_{0\,(cathode)} = 3.76 \times 10^{-7} m}$

$\underline{\boldsymbol{\Rightarrow il\ ya\ effet\ photoéléctrique}}$

3. Effet photoélectrique : $E_{incidente} = W_0 + E_{cinetique}$

$$E_{incidente} = h\nu = \frac{h\,c}{\lambda} \Rightarrow E_{incidente} = 6.62 \times 10^{-34}\frac{3 \times 10^{8}}{2.5\ \times 10^{-7}} = 7.94 \times 10^{-19}\,J$$

$$E_{cinetique} = 7.94 \times 10^{-19} - 3.3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.66 \times 10^{-19}\,J$$

E_c= 1/2 mv^2 $\Longrightarrow$ $\boldsymbol{v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\times2.66\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}} = 0.76 \times 10^{6} m/s}$

4. **Ces deux grandeurs ne dépendent pas de l’intensité de la radiation incidente par contre, elles dépendent de sa fréquence et sa longueur d’ode comme le montre l’expression $\boldsymbol{E_{cinétique} = h\nu - W_0}$**

Exercice 2

1. Le seuil photoélectrique correspond à la fréquence υ_0 (ou à la longueur d'onde λ_0) de la radiation fournissant l'énergie E_0 égale au travail d'extraction W_{extr} d'un électron :

$E_0 = W_{extr} = h\nu_0 = h\frac{C}{\lambda_0}$

Où

h : la constante de Planck,

c : la célérité de la lumière dans le vide.

Il y a photoémission sous l'effet de toute radiation lumineuse d'énergie $E > E0$.

Si cette radiation a pour longueur d'onde $\lambda \Longrightarrow$ $E = h\frac{C}{\lambda}$

L'effet photoélectrique est observé si $\boldsymbol{h\frac{C}{\lambda} > h\frac{C}{\lambda_0}}$

Soit : $\lambda < \lambda_0$ pour le lithium : $\lambda < 5200$ Å.

2. $\boldsymbol{W_{ext} = h\frac{C}{\lambda_0}}$ avec $\lambda_0 = 5200.10^{-10}$ m

$$W_{ext}(j) = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{5200\times10^{-10}}$$

$$W_{ext}(eV) = \frac{W_{ext}(j)}{1.6\times10^{-19}} = 2.39eV$$

3. L'énergie cinétique Ec de chaque électron sortant du métal est la différence entre l'énergie fournie par la radiation et le travail d'extraction.

$\mathbf{E_c = E - W_{extr} = h\times \boldsymbol{c}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$

$\mathbf{E_c = 1/2\, mv^2} \Longrightarrow \boldsymbol{v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}}$

v ne dépend que de Ec, et donc de la fréquence ν de la radiation incidente.

Application numérique : $\lambda = 4500.10^{-10}$ m

$$Ec = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{10^{-10}}\left(\frac{1}{4500} - \frac{1}{5200}\right) = 5.95\times10^{-20}J$$

$$v = \sqrt{\frac{\mathbf{2}\ 5.95\times10^{-20}}{\mathbf{9.11\times10^{-21}}}} = \mathbf{3.6\times10^{5}}\boldsymbol{m/s}$$

4) L'emploi d'une tension U qui empêche l'électron de la cathode d'arriver à l'anode revient à dire que le phénomène d'éjection d'électron de la cathode ne doit pas se produire. Il faut donc appliquer une énergie électrique (E électrique = e U) qui doit etre supérieure à l' énergie cinétique de l'électron éjecté.

E electrique > Ecinétique

Donc e U > $E\ cinetique$
U > 0,37 V

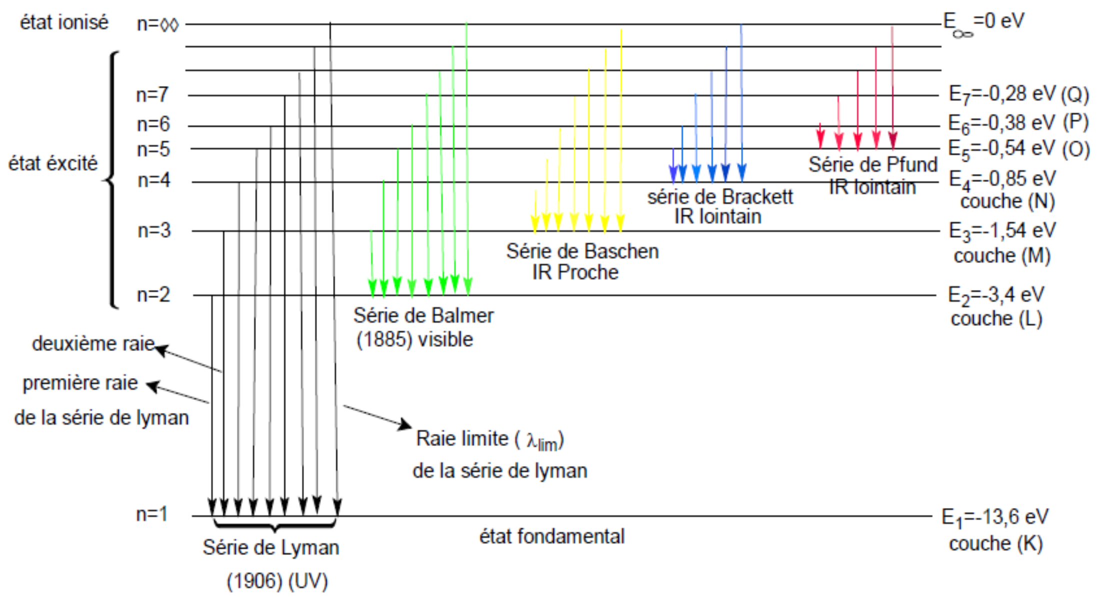
<u>Exercice 3</u>

1. Les cinq premières séries du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène

Série	n_1	n_2	Domaine spectral
Lyman	1	≥ 2 (2,3,4,……∞)	UV
Balmer	2	≥ 3 (3,4,5,……∞)	Visible
Paschen	3	≥ 4 (4,5,6,……∞)	IR proche
Brackett	4	≥ 5 (5,6,7,……∞)	IR proche
Pfund	5	≥ 6 (6,7,8,……∞)	IR lointain

2. Les raies correspondent aux transitions électroniques

- Passage de $\infty \rightarrow n$
- Passage de n+p $\rightarrow n\ avec\ p \geq 1$ et p$\neq n$



3. L'expression donnant la longueur d'onde d'une raie :

Formule de Ritz---Balmer :

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad n_1 \text{et } n_2\ sont\ des\ entiers \text{ avec } n_1 < n_2$$

$\bar{\nu}$: $nombres\ d'onde (m^{-1})$, λ: $longueurd'onded'une\ raie\ (m)$

$R_H = constante\ de\ Rydberg\ dont\ la\ valeur\ est\ 1.097.10^7\ m^{-1}$

4. **Dans l'atome d'hydrogène, l'énergie de l'électron dans son état fondamentale est égale à -13.54 eV.**

4.1. La plus petite quantité d'énergie qu'il doit absorber pour :

a. Passer au premier état excité $n_1 = 1\ et\ n_2 = 2$

$$E_n\,(eV) = -13.6\,\frac{1}{n^2}$$
$$E_1 = -13.6\,\frac{1}{1^2} = -13.6\ eV$$
$$E_2 = -13.6\,\frac{1}{2^2} = -3.4\ eV$$

Donc $\Delta E_{1\to 2} = E_2 - E_1$**= -3.4+13.6=10.2Ev**

b. pour passer du premier état excité à l'état ionisé $n_1 = 2\ et\ n_2 = \infty$

$\Delta E_{2\to\infty} = E_\infty - E_2 = 0 + 3.4 = 3.4\ eV$

4.2. Quels sont les longueurs d'onde des raies du spectre d'émission correspondant au retour :

a. De l'état ionisé au premier état excité.

$$\Delta E_{\infty\to 2} = \frac{\mathrm{h\ c}}{\lambda_{\infty\to 2}} \Rightarrow \lambda_{\infty\to 2} = \frac{\mathrm{h\ c}}{\Delta E_{\infty\to 2}} = \frac{6.62\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}{5.4\times 10^{-19}} = 3.678\times 10^{-7}\mathrm{m}$$
$$\lambda_{\infty\to 2} = 367.8\mathrm{nm}$$

b. Du premier état excité a l'état fondamental

$$\Delta E_{2\to 1} = \frac{\mathrm{h\ c}}{\lambda_{2\to 1}} \Rightarrow \lambda_{2\to 1} = \frac{\mathrm{h\ c}}{\Delta E_{2\to 1}} = \frac{6.62\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}{1.63\times 10^{-18}} = 12.1884\times 10^{-8}\mathrm{m}$$
$$\lambda_{2\to 1} = 121.84.8\mathrm{nm}$$

Exercice 4

1) Détermination des transitions correspondantes à chaque longueur d'onde λ= 6563 A°, 4661 A°, 4340 A° et 4102A° pour l'atome d'hydrogène :

On applique la formule de RITZ: $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$ avec $n < n'$

n=2 => Série de Balmer => $\frac{1}{\lambda R_H} = \frac{1}{4} - \frac{1}{n'^2} \Rightarrow n' = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{\lambda R_H}}}$

Application numérique :

λ= 6563 A° => **λ**= 6563. 10^{-10} rn => **n=2; n'=3**

λ= 4661 A°=> **λ**= 4661. 10^{-10} rn => **n=2; n'=4**

λ= 4340 A° => **λ** = 4340. 10^{-10} rn => **n=2; n'= 5**

λ= 4102 A° => **λ**.= 4102. 10^{-10} m => **n= 2; n'=6**

2) Représentation du diagramme énergétique du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène correspondant aux mêmes transitions de la question (1) :

$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{n^2}\ (ev)}$$

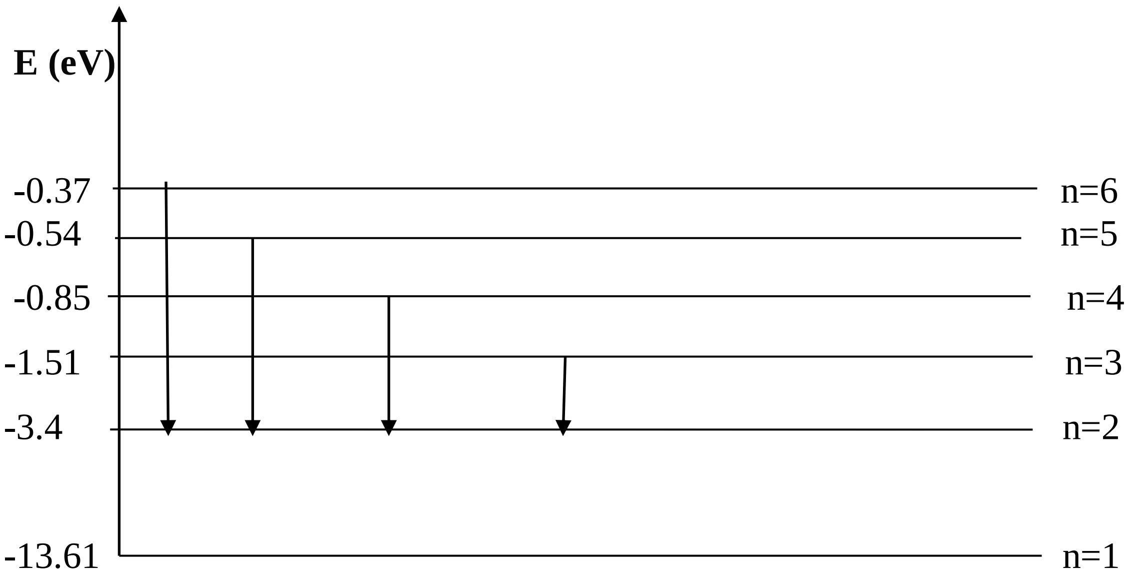
$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{2^2}\ (ev)} \textbf{ = -3.41eV}$$

$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{3^2}\ (ev)} \textbf{ = -1.51eV}$$

$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{4^2}\ (ev) = -0.85} \textbf{ eV}$$

$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{5^2}\ (ev)} \textbf{ = - 0.85 eV}$$

$$\boldsymbol{E_n = -13.6\ \frac{1}{6\ ^2}\quad (ev)} \textbf{ = - 0. 37 eV}$$



3) **L'atome d'hydrogène, dans son état fondamental, absorbe un photon de longueur d'onde = 850 A°.**

a- Montrer que l'électron est arraché.

$$\Delta E = \frac{hC}{\lambda} = \frac{6.62\,.10^{-34}\ 3.10^{8}}{850.10^{-10}} = 2.33.10^{-10} = 14.61\ eV$$

L'électron ne peut être arraché que lorsque l'énergie apportée soit supérieure ou égale à -E1 (Energie d'ionisation), càd, à 13,64 eV. Le photon de longueur d'onde 850 A° apporte une énergie de 14,61 eV supérieure à l'énergie d'ionisation de l'hydrogène => **l'électron est alors arraché.**

b. Energie cinétique, Ec (eV) et Vitesse de cet électron.

E = E_0+Ec
E_0 : Energie nécessaire pour arracher l'électron
Ec: Energie cinétique
E0 = Ec- Eo = 14,61 -13,64
<u>Ec= 0,97 eV</u>

$$\boldsymbol{E_C = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_C}{m}}}$$

AN : $\boldsymbol{v = \sqrt{\frac{2\times0.97\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}} = 3.41 \times 10^{-19} m/s}$

<u>Exercice 5</u>

Un hydrogénoïde zX^{Y+}absorbe dans son état stable un rayonnement. Sachant que son énergie d'ionisation $Eion$=54,4 eV

1. Pour identifier l'Hydrogenoide → calcul le numéro atomique **Z**

$$E_n = -13.6 \frac{Z^2}{n^2}$$

$\boldsymbol{Eion}$= ΔE=$Efinale$− $Einitiale$= $E\infty$−E1=− $\boldsymbol{E1}$

$$E_{ion} = -E_1 = +13.6 \frac{Z^2}{n^2} = 54.4$$

$13.6 Z^2 = 54.4 \Rightarrow Z = \sqrt{\frac{54.4}{13.6}} = 2$ L'hydrogenoide est : $_2He^+$

2. Calcul de la longueur d'onde (en nm) de la radiation qui permettrait d'arracher cet électron.

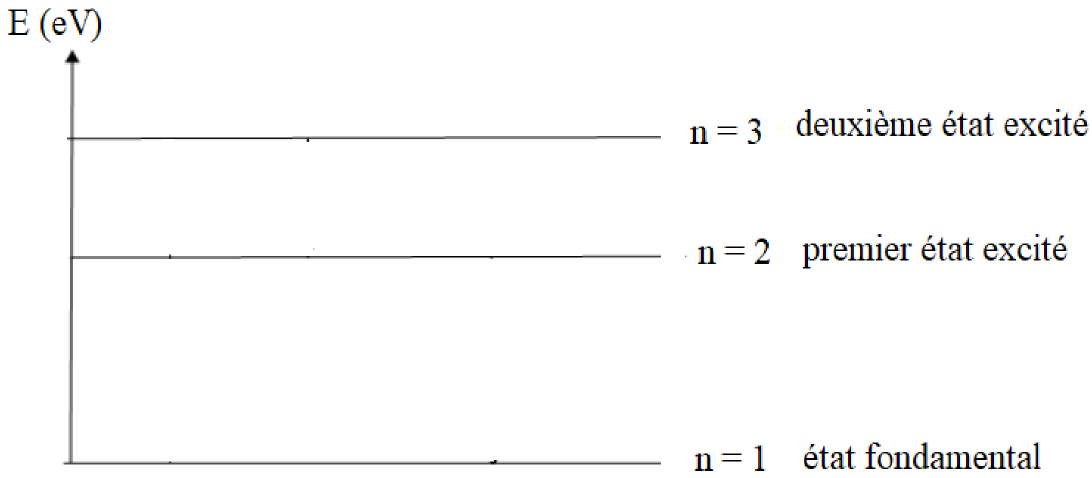
$$E_{ion} = \Delta E = h\nu = \frac{h c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h c}{E_{ion}}$$

$\lambda = \frac{6.62 \times10^{-34}\times3\times10^{8}}{5.54\times1.6\times10^{-19}} = 2.282\ 10^{-8}$ m = 22.821nm

<u>Ou bien une autre méthode</u>

Arracher l'électron (ionisation) de n_1 = 1 → n_2 = ∞ On utilise la relation de Balmer-Rydberg

3. Calcul de l'énergie totale de cet électron s'il est dans son second état d'excitation :
Second état d'excitation → **n = 3**



$$E_n = -13.6\,\frac{Z^2}{n^2}$$
$$E_3 = -13.6\,\frac{2^2}{3^2} = 6.04eV$$
$$E_3 = 6.04 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.67 \times 10^{-19}J$$

4. Calcul le rayon de l'orbite et la vitesse de l'électron quand il se trouve au niveau n = 3

$$\boldsymbol{r_n = a_0\,\frac{n^2}{Z}\ \text{avec}\ a_0 = 0.53A° = 0.53.10^{-10}\,m}$$
$$\boldsymbol{r_3 = 0.53 \times 10^{-10} \times \frac{3^2}{2} = 2.385\times 10^{-10}m = 2.385A°}$$
$$\boldsymbol{v_n = v_0\,\frac{Z}{n}\ \text{avec}\ v_0 = 2.18 \times 10^6 m/s}$$
$$\boldsymbol{v_3 = 2.18 \times 10^6 \times \frac{2}{3} = 1.453\times 10^6 m/s}$$

5. On montre que l'absorption d'un photon de nombre d'onde $\bar{\nu}$= 1,56·10^8 m^{-1} par l'hydrogénoïde Be^{3+} **(Z = 4)** à l'état fondamental **(n_1 = 1)** est possible. Pour cela, l'électron doit atteindre un niveau énergétique bien déterminé donc la valeur de n doit être une valeur entière (ou presque).

$$\boldsymbol{\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H Z^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)\ avec\ n_1 < n_2}$$

$$\boldsymbol{\bar{\nu} = R_H Z^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{n_2^2} = 1 - \frac{\bar{\nu}}{R_H Z^2} \Rightarrow n_2 = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{\bar{\nu}}{R_H Z^2}}}}$$

$$\boldsymbol{n_2 = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{1.56 \times 10^8}{1.097 \times 10^7 \times 2^2}}} \Rightarrow n_2 = 3}$$

Donc le photon peut être absorbé et l'électron atteint le niveau énegétique supérieur n_2 = **3.**