Université Ibn Khaldoun Tiaret
Faculté des Sciences de la Matière
Département de Physique : 2023-2024
M1 Physique Médicale

Corrigé Examen de Remplacement : Physique Atomique & Nucléaire

Exercice 1 :

a) $E_T \to 0 \quad \Rightarrow \quad r \to 0 \quad \Rightarrow$ Atome ionisé.

b) Théorie classique : Une charge accélérée (e^-) rayonne ⇒ perte d'énergie ⇒ instabilité de l'atome.

c) $\sigma = n\hbar = m_e.v.r$, $E_c = \frac{1}{2}.m_e.v^2 = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$, $F_e = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e.v^2}{r} \Longrightarrow$

$$r = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{Zm_e e^2}n^2 = a_0\frac{n^2}{Z} = r_n$$

$$E_p = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \Longrightarrow \quad E_T = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 a_0}.\frac{Z^2}{n^2} = -13{,}6.\frac{Z^2}{n^2}\ (eV)$$

d) Transition entre deux niveaux (m, n) : Elle correspond à, une énergie rayonnée tel que :

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n \quad avec \quad n < m$$

$$\nu_{mn} = \frac{E_m - E_n}{h} = -13{,}6.\frac{Z^2}{h}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) = 13{,}6.\frac{Z^2}{h}\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

$$\nu_{mn} = \frac{c}{\lambda_{mn}} \Longrightarrow \frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{\nu_{mn}}{c} = 13{,}6.\frac{Z^2}{c.h}\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) = R_H.Z^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

e) Expression de R_H :

$$R_H = \frac{13{,}6}{c.h} = 1{,}097\ 10^7\ m^{-1}$$

Exercice 2 :

a) Configuration électronique du Lithium ${L_i}^6$: $1s^2.2s^1$
Pour l'électron célibataire $2s^1$, il s'agit de la transition $E_{2s} \longrightarrow E_\infty \quad et \quad E_I = E_\infty - E_{2s} = 5.39\ eV$

b) Relation $((\Delta E, \lambda)\ en\ (eV, nm))$:

$$\triangle E(eV) = h\nu = \frac{h.c}{\lambda} \cong \frac{1241}{\lambda(nm)}$$

c) Diagramme d'énergie du ${L_i}^6$:
Se construit sur la base de valeurs des tableaux suivants :

Transition	$2p \longrightarrow 2s$	$3s \longrightarrow 2p$	$3p \longrightarrow 2s$	$4s \longrightarrow 2p$	$3d \longrightarrow 2p$	$4p \longrightarrow 2p$
$\lambda(nm)$	671	812	323	610	497	427
$\triangle E(eV)$	-1,85	-1,53	-3,85	-2,04	-2,50	-2,91

Déduction des énergies des niveaux :

$niveau$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$4s$	$3d$	$4p$
$E(eV)$	-5,39	-3,54	-2,01	-1,54	-1,50	-1,04	--0,63

d) Energie nécessaire pour ioniser le ${L_i}^6$ $(e^-\ (3s))$:

$$E_{3s} = -\triangle E_{3s\to 2p} + E_{2p} = 1{,}53 - 3{,}54 = -2{,}01\ eV$$

$$\triangle E = E_I = E_\infty - E_{3s} = 2{,}01\ eV$$

e) Longueur d'onde du Laser utilisé :

$$\lambda(nm) = \frac{1241}{2{,}01} = 617{,}41$$

Exercice 3 :

a) ? $R_{10}(r) : n = 1, l = 0$ état $1s^1$

$M = n - l - 1 = 0,\ \alpha = \frac{1}{n} = 1,\ k = 0 \qquad ,v_{10}(x) = x^{l+1}\sum_{k=0}^{M} C_k\, x^k = xC_0$

La condition de normalisation permet de déterminer la constante C_0 à savoir :

$$a_0 \int_0^{\infty} {v_{10}}^2(x)\, e^{-2x}.dx = 1 \Rightarrow a_0 {C_0}^2 \int_0^{\infty} x^2.e^{-2x}.dx = 1 \Rightarrow C_0 = \frac{2}{\sqrt{a_0}}$$

$$v_{10}(x) = \frac{2}{\sqrt{a_0}}x \Rightarrow u_{10}(x) = v_{10}(x)e^{-x} = \frac{2}{\sqrt{a_0}}xe^{-x}$$

$$\Rightarrow u_{10}(r) = \frac{2}{\sqrt{a_0}}\frac{r}{a_0}e^{-\frac{r}{a_0}}$$

$$R_{10}(r) = \frac{u_{10}(r)}{r} = \frac{2}{\sqrt{a_0^3}}e^{-\frac{r}{a_0}}$$

b) ? $R_{20}(r) : n = 2, l = 0$ état $2s^1$

$M = n - l - 1 = 1,\ \alpha = \frac{1}{n} = \frac{1}{2},\ k = 0,1 \qquad ,v_{20}(x) = x^{l+1}\sum_{k=0}^{1} C_k\, x^k = C_0x + C_1x^2$

A partir de la relation de récurrence $C_k = \frac{2\alpha(k+l)-2}{k^2+k(2l+1)}C_{k-1} \Rightarrow C_1 = -\frac{C_0}{2}$

$$v_{20}(x) = C_0x + C_1x^2 = C_0(x - \frac{x^2}{2})$$

La condition de normalisation permet de déterminer la constante C_0 à savoir :

$$a_0 \int_0^{\infty} {v_{20}}^2(x)\, e^{-x}dx = 1 \Rightarrow a_0 {C_0}^2 \int_0^{\infty} (x - \frac{x^2}{2}).e^{-x}dx = 1 \Rightarrow C_0 = \frac{1}{\sqrt{2a_0}}$$

$$v_{20}(x) = \frac{1}{\sqrt{2a_0}}(x - \frac{x^2}{2})$$

$$u_{20}(x) = v_{20}(x)e^{-\frac{x}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2a_0}}\left(x - \frac{x^2}{2}\right)e^{-\frac{x}{2}} \Rightarrow$$

$$u_{20}(r) = \frac{1}{\sqrt{2a_0}}\left(\frac{r}{a_0} - \frac{r^2}{2{a_0}^2}\right)e^{-\frac{r}{2a_0}}$$

$$R_{20}(r) = \frac{u_{20}(r)}{r} = \frac{1}{\sqrt{2a_0^3}}\left(1 - \frac{r}{2a_0}\right)e^{-\frac{r}{2a_0}}$$