Université Ibn Khaldoun Tiaret
Faculté des Sciences de la Matière
Département de Physique 2025-2026

M1 Physique Médicale
Examen de Physique des Radiations I

Exercice 1 :
L'électron célibataire du Lithium L_i^6 à pour énergie d'ionisation 5.39 eV. De quelle transition s'agit-il ?
Le tableau suivant indique les longueurs d'ondes pour différentes transitions soit :

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

a) Etablir la relation $((\Delta E, \lambda)\ en\ (eV, nm))$.
b) Déterminer la valeur de l'énergie nécessaire pour ioniser le L_i^6 $(e^- 3s)$.
c) Déterminer la longueur d'onde du Laser utilisé.

Exercice 2 :
Les longueurs d'ondes du spectre de raies de la série de Balmer sont données par la relation : $\lambda_n = \frac{\lambda_0 . n^2}{n^2 - 4}$
Ou n : est un entier naturel et $\lambda_0 = 3647,05\ A^0$.
a) Déterminer pour cette série de raies la plus petite valeur possible de n et en déduire la longueur d'onde de la raie correspondante.
b) Combien de raies observe-t-on si la série est limitée du côté des $U.V$ par la raie de longueur d'onde $\lambda_v = 4000\ A^0$?
c) A l'aide de la formule généralisée de Rydberg déterminer les raies limites des séries de Lyman, de Paschen et de Brackett.

Exercice 3 :
Un photon gamma de $E_\gamma = 5,00\ MeV$ produit une paire électron-positron dans le champ d'un noyau (seuil $2m_e c^2 = 1,022\ MeV$). On suppose que l'énergie cinétique disponible est partagée également entre l'électron et le positron.

a) Calculez l'énergie cinétique totale disponible et l'énergie cinétique de chaque particule.
b) Calculez γ (facteur relativiste) et la vitesse v (en fraction de c) de l'électron si son énergie cinétique.

Exercice 4 :
On définit empiriquement une énergie critique E_c pour les électrons dans un matériau telle que pour $E \gg E_c$ les pertes radiatives (*Bremsstrahlung*) dominent sur les pertes collisionnelles, et pour $E \ll E_c$ l'inverse est vrai. Une approximation empirique courante est :

$$E_c \approx \frac{800\ MeV}{Z + 1,2}$$

Calculer E_c pour : Le plomb $(Z = 82)$, Le carbone $(Z = 6)$.

Interprète : pour un électron de $20\ MeV$, dans lequel de ces matériaux les pertes par *Bremsstrahlung* dominent ?

Université Ibn Khaldoun Tiaret
Faculté des Sciences de la Matière
Département de Physique : 2025-2026
M1 Physique Médicale

Corrigé Examen Physique des Radiations I

Exercice 1 :

a) Configuration électronique du Lithium ${L_i}^6$: $1s^2.2s^1$

Pour l'électron célibataire $2s^1$, il s'agit de la transition : $E_{2s} \longrightarrow E_\infty \;\; et \;\; E_I = E_\infty - E_{2s} = 5.39\ eV$

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*
$\triangle \boldsymbol{E}(eV)$	*-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
$\boldsymbol{E}(eV)$	*-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 2 :

a) La plus petite valeur possible de ***n*** **:**

$\lambda_n = \frac{\lambda_0.n^2}{n^2-4} > 0 \Rightarrow \;(n^2-4) > 0 \;\Rightarrow n > 2 \;\;\Rightarrow$ Plus petite valeur est : $n = 3$

Longueur d'onde de la raie correspondante : $\lambda_3 = \frac{\lambda_0.3^2}{3^2-4} = 6564.69\ A°$

b) Nombre de raies observées limitée du côté des $U.V$: $\lambda_n \geq \lambda_v \;\Rightarrow\; \lambda_v \leq \frac{\lambda_0.n^2}{n^2-4} \;\Rightarrow\; n^2 \leq \frac{4\lambda_v}{\lambda_v-\lambda_0} = 45.33 \;\Rightarrow\; n < 7$

On observe 4 raies : $n = 3,4,5,6$ (Balmer : $n \to m = 2$)

c) Raies limites des séries Lyman, Paschen, Brackett : $\lambda_n = \frac{\lambda_0.n^2}{n^2-4}$ Rydberg : $\lambda_n = \frac{1}{R_H}\frac{m^2.n^2}{n^2-m^2}$

Balmer : $m = 2 \;\Rightarrow\; \frac{1}{R_H}\frac{4n^2}{n^2-4} = \frac{\lambda_0.n^2}{n^2-4} \;\Rightarrow\; R_H = \frac{4}{\lambda_0} = 0.00109677\ A°^{-1}$, Raies limites $\Rightarrow n \to \infty$ $\Rightarrow$:

Lyman : $m = 1 \;\Rightarrow\; \lambda_L = \frac{1}{R_H} = 911{,}77\ A°$, Paschen : $m = 3 \;\Rightarrow\; \lambda_P = \frac{9}{R_H} = 8205{,}91\ A°$

Brackett: $m = 4 \;\Rightarrow\; \lambda_B = \frac{16}{R_H} = 14588{,}29\ A°$

Exercice 3 :

1. Énergie cinétique disponible : $E_{kin,tot} = E_\gamma - 2m_ec^2 = 5{,}00 - 1{,}022 = 3{,}978\ MeV$

Énergie cinétique pour chaque particule (partage égal) : $T = \frac{3{,}978}{2} = 1{,}989\ MeV$

2. Énergie totale d'une particule (électron) : $E_{tot} = T + m_ec^2 = 1{,}989 + 0{,}511 = 2{,}500\ MeV$

Facteur γ : $\gamma = \frac{E_{tot}}{m_ec^2} = \frac{2{,}500}{0{,}511} \approx 4{,}891$

Calcul de la vitesse ($\beta = v/c$) : $\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma 2}} \approx 0{,}9789,$ Donc $v \approx 0{,}9789\, c.$

Exercice 4 :

1. Pour le plomb $Z = 82$: $E_c \approx \frac{800\ MeV}{82+1{,}2} \approx 9{,}615$ MeV
2. Pour le carbone $Z = 6$: $E_c \approx \frac{800\ MeV}{6+1{,}2} \approx 111{,}11$ MeV
3. Interprétation pour un électron de $20\ MeV$:

- Dans le plomb : $E = 20\ MeV > E_c \approx 9{,}6\ MeV$ → pertes radiatives (*Bremsstrahlung*) dominantes.
- Dans le carbone : $E = 20\ MeV < E_c \approx 111\ MeV$ → pertes collisionnelles (ionisation/excitation) dominantes.

Réponse : $E_c(Pb) \approx 9{,}62\ MeV, E_c(C) \approx 111{,}1\ MeV$ Pour un électron de $20\ MeV$, le plomb favorise fortement le *Bremsstrahlung*, le carbone non.