

Examen de structure de la matière

Durée : 1 heure

(Note : Il est strictement interdit d'utiliser le téléphone portable, la tablette ou tous documents)

L'étudiant doit traiter 2 exercices parmi les 3 :

- L'exercice **1** est **obligatoire**.
 - **A choisir** entre l'exercice **2** et l'exercice **3**.
-

Exercice 1 (12 points)

I- On étudie la série de Paschen du spectre d'émission de l'atome d'Hydrogène. Cette série correspond aux radiations émises lorsque l'électron passe d'un état excité n_2 à l'état excité n_1 .

- 1- A quel domaine du spectre électromagnétique correspond cette série ?
- 2- Représenter les trois premières raies et la raie limite de la série de Paschen dans un diagramme d'énergie.
- 3- Calculer la plus grande longueur d'onde de raie dans cette série.

II- Un ion hydrogénoïde zX^{n+} absorbe un rayonnement électronique de longueur d'onde $\lambda = 107,7 \text{ \AA}$ et passe de l'état fondamental au 3^{ème} état excité.

- 1- Quelle est la transition électronique correspondant ?
- 2- Identifier l'ion hydrogénoïde zX^{n+} (donnez Z et n).
- 3- Calculer, en eV, l'énergie d'ionisation de cet ion à partir de son 3^{ème} état excité.
- 4- Calculer le rayon de l'orbite ainsi que la vitesse de l'électron quand il se trouve dans son état stable.

Données : $R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Exercice 2 (8 points)

- 1- Préciser la composition du noyau de l'isotope du radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ et celui de l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$
- 2- Calculer le défaut de masse dans l'uranium en unité de masse atomique puis en kilogramme.
- 3- Déterminer l'énergie de liaison par nucléon, en joule/nucléon et en MeV/nucléon, de l'isotope $^{235}_{92}\text{U}$.
- 4- Comparer la stabilité du noyau d'uranium à celle du noyau du radium dont l'énergie de liaison par nucléon est de 7,66 MeV/nucléon.
- 5- Calculer, en kJ, l'énergie libérée lors de la formation d'un gramme d'uranium.

Données : $m_p = 1,0076 \text{ u}$; $m_n = 1,0089 \text{ u}$; $m(^{235}\text{U}) = 234,9933 \text{ u}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$

Exercice 3 (8 points)

Soient les éléments chimiques suivants pris dans leur état fondamental : $_{11}\text{Na}$, $_{17}\text{Cl}$, $_{20}\text{Ca}$, $_{22}\text{Ti}$, $_{26}\text{Fe}$.

- 1- Donner la configuration électronique à l'état fondamental de ces éléments.
- 2- Représenter les électrons de valence dans des cases quantiques et préciser le caractère magnétique de chaque élément.
- 3- Placer ces éléments dans le tableau périodique en indiquant : la période, le bloc, le groupe et sous-groupe.
- 4- Lesquels de ces éléments sont des métaux de transition. Justifier votre réponse.
- 5- Donner les quatre nombres quantiques caractérisant les électrons célibataires de l'élément $_{22}\text{Ti}$.

Bon Courage & Bonne Chance

Corrigé de l'examen de structure de la matière

Exercice 1 (12 points)

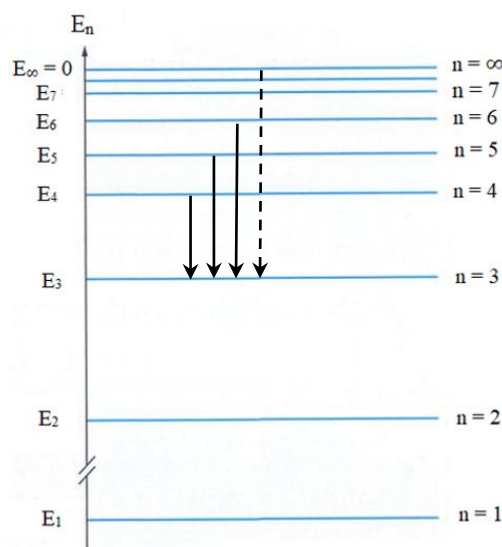
Partie I

0,5

1- La série de Paschen correspond au domaine de l'Infrarouge du spectre électromagnétique.

2- Représentation des différentes transitions électroniques de la série de Paschen dans un diagramme d'énergie.

1



3- Calcul de la plus grande longueur d'onde (λ_{\max}) de raie dans cette série.

0,5

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

ΔE et λ sont inversement proportionnelles. La plus grande longueur d'onde (λ_{\max}) correspond à l'énergie minimale (ΔE_{\min}) donc à la transition $n_2 = 4 \rightarrow n_1 = 3 \Rightarrow$ c'est la première raie de la série de Paschen de longueur d'onde λ_1

0,5

Formule de Balmer-Rydberg :

0,5

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = 1,097 \cdot 10^7 \left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right] = 5,33263 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$$

1

$$\lambda_1 = \frac{1}{5,33263 \cdot 10^5} = 1,875247 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1875,247 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1875,247 \text{ nm}$$

Partie II

0,75	1- Etat fondamental : $n = 1$, 3 ^{ème} état excité $n = 4$ La transition électronique correspondant est $n = 1 \rightarrow n = 4$
0,75	2- Identification de l'ion hydrogénoïde ZX^{n+} $\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$ $\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2} \right] = R_H \cdot Z^2 \left(\frac{15}{16} \right)$
1	$Z = \sqrt{\frac{16}{15 \cdot \lambda \cdot R_H}} = \sqrt{\frac{16}{15 \cdot 107,7 \cdot 10^{-10} \cdot 1,097 \cdot 10^7}} = 3$
0,5	$y = Z - 1 = 2$
0,5	L'hydrogénoïde serait donc ${}_3X^{2+}$ (${}_3\text{Li}^{2+}$)
	3- Calcul de l'énergie d'ionisation à partir de son 3 ^{ème} état excité
1	$E_{\text{ion}} = E_{\infty} - E_n = -E_n ; E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{avec } n = 4$
0,5	$E_{\text{ion}} = -E_4 = -\left(-13,6 \frac{3^2}{4^2} \right) = +7,65 \text{ eV}$
	4- Calcul du rayon de l'orbite et de la vitesse de l'électron dans son état stable.
	Etat stable $\Rightarrow n = 1$
0,5	$r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$
1	$r_1 = 0,53 \cdot \frac{1^2}{3} = 0,177 \text{ \AA}$
0,5	$V_n = V_0 \cdot \frac{Z}{n}$
1	$V_1 = 2,18 \cdot 10^6 \cdot \frac{3}{1} = 6,54 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

Exercice 2 (8 points)

1- La composition des noyaux de radium et d'uranium.

	Isotope	nombre de protons (Z)	nombre de neutrons (N = A - Z)
0,5	$^{226}_{88}\text{Ra}$	88	138
0,5	$^{235}_{92}\text{U}$	92	143

2- Le défaut de masse du noyau d'uranium en unité de masse atomique et en kilogramme.

0,25 $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_{\text{noyau}}$

0,75 $\Delta m = (92 \cdot 1,0076 + 143 \cdot 1,0089) - 234,9933 = 1,9786 \text{ u}$

0,5 $\Delta m = 1,9786 \times 1,66 \cdot 10^{-27} = 3,3 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

3- L'énergie de liaison par nucléon, en joule/nucléon et en MeV/nucléon de $^{235}_{92}\text{U}$.

0,25 $\frac{E_\ell}{A} (^{235}_{92}\text{U}) = \frac{\Delta m \cdot c^2}{235}$

0,75 $\frac{E_\ell}{A} (^{235}_{92}\text{U}) = \frac{3,3 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{235} = 1,26 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucléon}$

0,5 $\frac{E_\ell}{A} (^{235}_{92}\text{U}) = \frac{1,9786 \cdot 931,5}{235} = 7,84 \text{ MeV/nucléon}$

4- Comparaison de la stabilité des noyaux d'uranium et du radium.

$$\frac{E_\ell}{A} (^{226}_{88}\text{Ra}) = 7,66 \text{ MeV/nucléon}$$

1 $\frac{E_\ell}{A} (^{235}_{92}\text{U}) > \frac{E_\ell}{A} (^{226}_{88}\text{Ra})$ donc l'uranium est plus stable que le radium

5- L'énergie libérée lors de la formation d'1g d'uranium.

0,25 Energie libérée par un noyau d'uranium : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

0,75 $\Delta E = 3,3 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,97 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

Energie libérée par 1 g d'uranium : 1g d'uranium contient N noyaux

0,25 $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$

0,75 $N = \frac{1}{235} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 2,563 \cdot 10^{21} \text{ noyaux}$

1 $\Delta E = 2,97 \cdot 10^{-10} \cdot 2,563 \cdot 10^{21} = 7,612 \cdot 10^8 \text{ kJ}$

Exercice 3 (8 points)
1- La configuration électronique à l'état fondamental.

2- Les électrons de valence dans des cases quantiques et le caractère magnétique.

0,25 x 15

Elément	Configuration électronique	Couche de valence	Caractère magnétique
$_{11}\text{Na}$	$1s^2 2s^2 2p^6 \underline{3s^1}$	$\boxed{\uparrow}$	Paramagnétique
$_{17}\text{Cl}$	$1s^2 2s^2 2p^6 \underline{3s^2 3p^5}$		Paramagnétique
$_{20}\text{Ca}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{4s^2}$	$\boxed{\uparrow\downarrow}$	Diamagnétique
$_{22}\text{Ti}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{4s^2 3d^2}$	$\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow} \boxed{} \boxed{} \boxed{}$	Paramagnétique
$_{26}\text{Cu}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{3d^{10} 4s^1}$	$\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow}$	Paramagnétique

3- La position des éléments dans le tableau périodique.

Elément	Période et bloc		Groupe et Sous-groupe
$_{11}\text{Na}$	3	s	IA
$_{17}\text{Cl}$	3	p	VII _A
$_{20}\text{Ca}$	4	s	II _A
$_{22}\text{Ti}$	4	d	IV _B
$_{29}\text{Cu}$	4	d	I _B
0,25 x 5			0,25 x 5

0,5
4- Les éléments de transition sont Ti et Cu.

Les éléments (ou métaux) de transition ont une configuration de la couche externe : $ns^2(n-1)d^{1-10}$ (ou éléments appartenant au bloc d ou encore les éléments appartenant au sous-groupe B).

0,25
5- Les quatre nombres quantiques caractérisant les électrons célibataires de $_{22}\text{Ti}$
 $_{22}\text{Ti} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \underline{4s^2 3d^2}$ $\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow} \boxed{} \boxed{} \boxed{}$ deux électrons célibataires

0,5 x 2

	n	ℓ	m	s
Electron 1	3	2	-2	+1/2
Electron 2	3	2	-1	+1/2