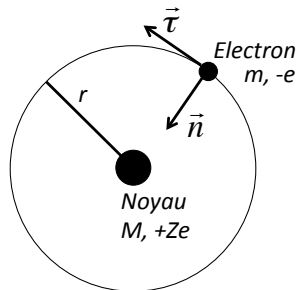


Exercice 1. Modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène (5 points)

On considère l'atome d'hydrogène constitué d'un noyau (de charge $+Ze$) et d'un électron (de charge $-e$), de masses respectives M et m . On utilise le repère de Frenet pour décrire le mouvement de l'électron se déplaçant à vitesse constante sur une orbite de rayon r . La force de Coulomb \vec{F}_C s'exerçant sur l'électron est parallèle à son accélération \vec{a} .



$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Ze^2}{r^2} \vec{n}$$

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$$

1) Ecrire l'équation de Newton pour ce système, et en déduire l'expression de l'énergie cinétique E_c de l'électron en fonction du rayon r . (1 pt)

$$\vec{F}_C = m\vec{a}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r^2} \vec{n} = m \frac{v^2}{r} \vec{n}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r} = mv^2$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r}$$

2) D'après le modèle de Bohr, les orbites stationnaires sur lesquelles circule l'électron dépendent du nombre quantique n :

$$r = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{me^2 \pi Z}$$

A partir de l'expression obtenue à la question 1, exprimer E_c en fonction de n . (1 pt)

$$E_c = \frac{me^4 Z^2}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2}$$

3) En déduire l'expression de la vitesse de l'électron en fonction de n . (1 pt)

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \frac{e^2 Z}{2\varepsilon_0 h n}$$

4) En utilisant la relation de De Broglie, exprimer la longueur d'onde λ_e associée à l'électron en fonction de n . (1 pt)

$$\lambda_e = \frac{h}{mv} = \frac{2\varepsilon_0 h^2 n}{e^2 m Z}$$

5) Calculer λ_e pour $n = 1, 2, 3$. (1 pt)

$$\lambda_e = \frac{33,256 \cdot 10^{-11} n}{Z}$$

$$n = 1 \Rightarrow \lambda_e = 3,325 \text{ \AA}$$

$$n = 2 \Rightarrow \lambda_e = 6,650 \text{ \AA}$$

$$n = 3 \Rightarrow \lambda_e = 9,975 \text{ \AA}$$

Exercice 2. Atomistique et propriétés des éléments (6 points)


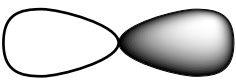
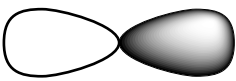
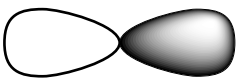
1) Ecrire la configuration électronique du carbone, et illustrer l'occupation des orbitales atomiques (OA) à l'aide du formalisme des cases quantiques. (0,5 pt)



2) Déterminer le nombre d'OA de valence. (0,5 pt)

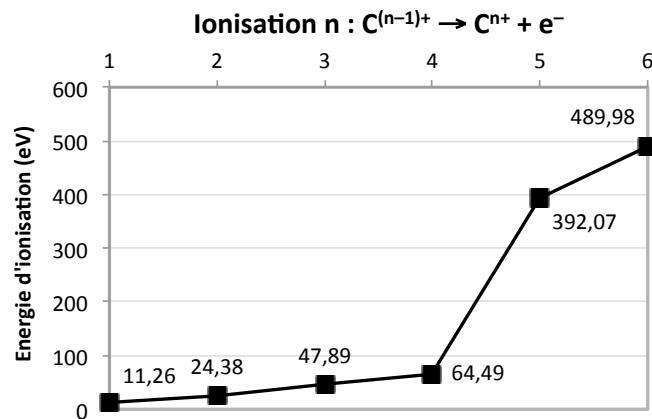
4 OA de valence (1 OA 2s et 3 OA 2p)

3) Schématiser qualitativement chacune de ces OA, et donner les nombres quantiques n, l, m correspondants. (1 pt)

2s	2p // x	2p // y	2p // z
$n = 2, l = 0, m = 0$	$n = 2, l = 1, m = -1$	$n = 2, l = 1, m = 0$	$n = 2, l = 1, m = 1$
			

4) Le graphique suivant reporte l'évolution des énergies d'ionisation successives du carbone. Expliquer la brusque augmentation de EI_4 à EI_5 . (0,5 pt)

Lors de la cinquième ionisation, un électron de la sous-couche 1s est arraché. Les électrons de cette sous-couche étant très proches du noyau, il faut fournir une énergie importante pour les extraire, ce qui entraîne une brusque augmentation de l'énergie d'ionisation.



5) Ecrire l'ion hydrogénoïde dérivé du carbone. (0,5 pt)

C⁵⁺

6) Suite à une irradiation lumineuse, on observe une transition électronique de l'OA 1s vers l'OA 4p dans cet ion hydrogénoïde. Calculer la longueur d'onde du rayonnement utilisé. (1 pt)

On utilise l'expression de Balmer :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Avec $Z = 6$, $n = 1$ et $m = 4$, on obtient : $\lambda = \frac{16}{15 \times 36 \times R_H} = 2,70 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

7) Quelle longueur d'onde λ_C doit-on utiliser pour arracher complètement l'électron de l'hydrogénoïde du carbone ? (1 pt)

$$\lambda_C = \frac{1}{Z^2 R_H} = \frac{1}{36 R_H}$$

8) Exprimer en fonction de λ_C la longueur d'onde nécessaire λ_N pour ioniser l'hydrogénoïde dérivé de l'azote. (1 pt)

$$\lambda_N = \frac{Z_C^2}{Z_N^2} \lambda_C = \frac{36}{49} \lambda_C$$

Exercice 3. Effet photoélectrique (4 points)

Le tableau ci-dessous reporte le travail de sortie (énergie de seuil photovoltaïque, W) de différents métaux. On éclaire la surface d'un de ces métaux avec une lumière de fréquence $6,20 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. On observe l'émission d'électrons avec une énergie cinétique de $3,28 \cdot 10^{-20} \text{ J}$.

Métal	W (J)
Calcium, Ca	$4,60 \cdot 10^{-19}$
Etain, Sn	$7,08 \cdot 10^{-19}$

Sodium, Na	$3,78 \cdot 10^{-19}$
Hafnium, Hf	$6,25 \cdot 10^{-19}$
Samarium, Sm	$4,33 \cdot 10^{-19}$

1) Calculer en nm la longueur d'onde du rayonnement incident. (1 pt)

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = 4,84 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

2) Calculer la vitesse des électrons émis. (1 pt)

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 2,68 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

3) Déterminer la nature du métal donnant lieu à l'extraction de ces électrons. (1 pt)

$$W = \frac{hc}{\lambda} - E_c = 3,78 \cdot 10^{-19} \text{ J. Cette énergie de seuil photovoltaïque correspond au sodium.}$$

4) Calculer la longueur d'onde maximale permettant d'observer l'effet photoélectrique dans ce métal. (1 pt)

$$\frac{hc}{\lambda_{max}} = W \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{hc}{W} = 5,25 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Exercice 4. Configuration électronique des éléments (5 points)

On considère les éléments suivants de la 4^{ème} période de la classification périodique :

Calcium Ca (Z = 20)

Chrome Cr (Z = 24)

Nickel Ni (Z = 28)

Sélénium Se (Z=34)

1) Ecrire la configuration électronique complète de chaque élément et identifier sa couche électronique de valence. (2 pt)



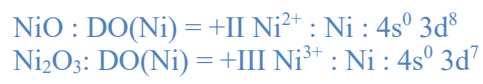
2) Représenter pour chaque élément la répartition des électrons au sein de la couche de valence en utilisant le formalisme des cases quantiques. (1 pt)



3) Le rayon de covalence du chrome est égal à 139 pm, celui du nickel 124 pm. Pourquoi, bien qu'il possède plus d'électrons, le nickel a-t-il un rayon atomique plus faible que le chrome ? (1 pt)

La charge nucléaire augmente, ce qui entraîne une contraction du nuage électronique.

4) Le nickel peut s'associer avec l'oxygène pour former les oxydes NiO et Ni₂O₃. Donner le degré d'oxydation du nickel dans ce deux oxydes, et écrire la configuration électronique de valence des ions correspondants. (1 pt)



GRANDEURS PHYSIQUES (Unités du Système International ou dérivées)

Grandeur	Symbol	Valeur	Unité
vitesse de la lumière	c	$2,9979.10^8$	$m.s^{-1}$
permittivité du vide	ϵ_0	$8,8542.10^{-12}$	$F.m^{-1} (= m^{-3}.kg^{-1}.s^4.A^2)$
constante de Planck	h	$6,6261.10^{-34}$	J.s
charge élémentaire	e	$1,6022.10^{-19}$	C (= s.A)
masse de l'électron	m_e	$9,1094.10^{-31}$	kg
masse du proton	m_p	$1,6726.10^{-27}$	kg
rayon de Bohr	a_0	$0,5292.10^{-10}$	m
constante de Rydberg	R_H	$1,0974.10^7$	m^{-1}
constante d'Avogadro	N_A	$6,0221.10^{23}$	mol^{-1}
constante de Faraday	F	96485	$C.mol^{-1}$
constante de Boltzmann	k	$1,3806.10^{-23}$	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
constante des gaz parfaits	R	8,3145	$J.mol^{-1}.K^{-1}$

UNITÉS DU SYSTÈME INTERNATIONAL

Grandeur	[Symbol]	Unité	Nom
longueur	[L]	m	mètre
masse	[M]	kg	kilogramme
temps	[T]	s	seconde
température	[θ]	K	Kelvin
intensité électrique	[I]	A	Ampère
quantité de matière	[N]	mol	mole
intensité lumineuse	[J]	candela	cd

PRINCIPALES UNITÉS DÉRIVÉES

Grandeur	Unité	Nom	Correspondance
force	N	Newton	$1 N = 1 kg.m.s^{-2}$
énergie	J	Joule	$1 J = 1 N.m$
	cal	calorie	$1 cal = 4,184 J$
	eV	electron-Volt	$1 eV = 1,6022.10^{-19} J$
pression	Pa	Pascal	$1 Pa = 1 N.m^{-2}$
	atm	atmosphère	$1 atm = 1,013.10^5 Pa$
	bar	bar	$1 bar = 10^5 Pa$
	mmHg	mm de mercure	$760 mmHg = 1 atm$
charge électrique	C	Coulomb	$1 C = 1 A.s$
	F	Faraday	$1 F = 96485 C.mol^{-1}$
potentiel électrique	V	Volt	$1 V = 1 N.m.C^{-1}$
capacité électrique	F	Farad	$1 F = 1 C.V^{-1}$
moment dipolaire	D	Debye	$1 D = 3,335.10^{-30} C.m$
volume	l	litre	$1 L = 10^{-3} m^3$
température	°C	degré Celsius	$T [°C] = (T[K] - 273.15)$