

Examen de remplacement (ST & TM ingénieur)

Exercice1 :5 pts

Un échantillon de carbone contenant les isotopes $^{12}_6\text{C}$ et X est analysé avec un spectrographe de Bainbridge. Les ions, chargés de $q=1,6\times 10^{-19}\text{ C}$, pénètrent dans l'analyseur à une vitesse $v=1,24\times 10^5\text{ m/s}$. L'isotope X, plus lourd, décrit une trajectoire de rayon $r=3,60\text{ cm}$ dans un champ magnétique $B=0,5\text{ T}$.

1- Trouvez l'intensité du champ magnétique B_0 nécessaire dans le filtre de vitesse, sachant que l'intensité du champ électrique est de $1,20\times 10^4\text{ V.m}^{-1}$

2- Calculez la masse de l'isotope X et identifiez-le parmi le ^{13}C et ^{14}C .

3- Sachant que la masse moyenne du carbone est de $12,01\text{ g/mol}$, calculez les abondances des isotopes X et ^{12}C .

4- Comparez la stabilité des isotopes ^{12}C et ^{14}C sachant que l'énergie de liaison par nucléon de ^{14}C est $7,52\text{ MeV/nucléon}$.

Donnée : $m_p = 1,007277\text{ uma}$, $m_n = 1,008665\text{ uma}$, $1\text{ uma} = 1,66\times 10^{-27}\text{ kg}$, $m_{\text{noyau}}(^{12}\text{C})\approx 11,9967\text{ uma}$

Exercice2 :6pts

I-Un atome d'hydrogène, initialement à l'état fondamental, absorbe un photon d'une énergie égale à $10,2\text{ eV}$.

1- À quel niveau d'énergie se trouve l'électron après cette absorption ?

2- À quelle raie correspond cette transition ? Donner la série correspondante ? Dans quel domaine spectral cette raie se situe-t-elle ?

II-Une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0,1\text{ nm}$ provoque l'ionisation d'un atome hydrogénoïde initialement à l'état fondamental.

1- Calculer la charge nucléaire Z et l'énergie d'ionisation de cet hydrogénoïde.

2- Calculer selon le modèle de Bohr le rayon de l'orbite électronique de cet hydrogénoïde pris dans son premier état excité.

Données : $R_H = 1,097\times 10^7\text{ m}^{-1}$; $C=3\times 10^8\text{ m/s}$; $h = 6,627\times 10^{-34}\text{ J.s}$; $a_0 = 0,53\text{ \AA}$ (rayon de Bohr). ($1\text{ \AA} = 10^{-10}\text{ m}$).

Exercice 03 :9pts

Soit les éléments suivants : ^{19}K , ^{21}Sc , ^{29}Cu , ^{31}Ga , ^{35}Br , ^{24}Cr .

1-Donnez la configuration électronique détaillée et abrégée pour chacun des éléments.

2-Indiquez pour chaque élément sa période, son groupe et sous-groupe, sa colonne, et son bloc.

3-Quels ions ces éléments forment-ils préférentiellement ? Justifiez.

4-Donnez les nombres quantiques des électrons de valence de ^{21}Sc .

5-Parmi ces éléments, identifiez ceux de la quatrième période ayant un seul électron célibataire. Classez-les par ordre croissant de rayon atomique et d'énergie d'ionisation. Justifiez ce classement.

6-Identifiez l'élément appartenant à la famille des alcalins parmi ceux donnés et calculez son énergie de première ionisation.

Données: Constantes d'écran: $\partial 4s-4s = 0,35$; $\partial 4s-3s3p = 0,85$; $\partial 4s-2s2p = 1$; $\partial 4s-1s = 1$

Corrigé examen de remplacement ING ST&TM

Exercice 1 : (5 points)

1) Dans le filtre de vitesse (E perpendiculaire à B₀)

$$qE = qvB_0 \quad (0.5)$$

$$B_0 = E / v = (1.20 \times 10^4) / (1.24 \times 10^5)$$

$$B_0 = 0.097 \text{ T} \quad (0.25)$$

2) La masse de l'isotope X

$$\text{Dans l'analyseur : } qvB = m(v^2 / r) \quad (0.5)$$

$$m_X = (q B r) / v \quad (0.25)$$

$$\text{Application numérique : } m_X = [(1.60 \times 10^{-19}) \times (0.50) \times (3.60 \times 10^{-2})] / (1.24 \times 10^5)$$

$$m_X = 2.32 \times 10^{-26} \text{ kg} \quad (0.25)$$

$$\text{Conversion en uma : } 2.32 \times 10^{-26} / 1.66 \times 10^{-27} \approx 14 \text{ uma} \quad (0.25)$$

L'isotope X est donc ¹⁴C. (0.25)

3) Les abondances des isotopes ¹²C et ¹⁴C

$$\text{Masse moyenne de carbone} = M(^{12}\text{C}) X_1 + M(^{14}\text{C}) X_2 / 100 \rightarrow 12.01 = 12 X_1 + 14 X_2 / 100$$

$$X_1 + X_2 = 100 \rightarrow X_1 = 100 - X_2 \quad (0.5)$$

$$\text{Substitution : } 1201 = 12(100 - X_2) + 14 X_2$$

$$\text{Résultat : } X_1 (^{12}\text{C}) = 99.5 \% \quad (0.5), \quad X_2 (^{14}\text{C}) = 0.5 \% \quad (0.5)$$

4) Comparaison de stabilité des isotopes

$$\text{Energie de liaison par nucléon de } ^{14}\text{C} = 7.52 \text{ MeV/nucléon}$$

Energie de liaison de ¹²C :

$$\Delta m = [6 \times 1.007277 + 6 \times 1.008665] - 11.9967 = 0.098952 \text{ uma} \quad (0.25)$$

$$E_1 = 0.098952 \text{ uma} \times 931 = 92.1243 \text{ MeV} \quad (0.5)$$

$$\text{Energie par nucléon} = 92.1243 / 12 = 7.67 \text{ MeV/nucléon} \quad (0.25)$$

Conclusion : ¹²C est plus stable que ¹⁴C car son énergie de liaison par nucléon est plus élevée. (0.25)

Exercice 2 : (6points)

I- Un atome d'hydrogène, initialement à l'état fondamental, absorbe un photon d'une énergie de $\Delta E_{1 \rightarrow n}$ (0.25) = 10,2 eV.

- L'énergie du niveau fondamental de l'hydrogène est $E_1 = -13,6$ eV

- Après absorption, l'électron atteint un niveau où $\Delta E_{1 \rightarrow n} = E_n - E_1 \rightarrow E_n = E_1 + 10,2$ eV (0.5)

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} \text{ (0.25)} = -13,6 + 10,2 = -3,4 \text{ eV} \rightarrow n^2 = -13,6 / -3,4 = 4 \text{ (n=2)}. \text{ (1)}$$

- Cela correspond au niveau $n = 2$.

- Cette transition correspond à la raie de la série de Balmer (transition de $n=1$ vers $n=2$). (0.5)

- Cette raie se situe dans le domaine du spectre visible. (0.5)

II- 1) Calcul de la charge nucléaire Z et de l'énergie d'ionisation :

- Energie du photon : $E = hc / \lambda$ (0.5)

$$E = (6,627 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / (0,1 \times 10^{-9}) \approx 1,99 \times 10^{-15} \text{ J} \text{ (0.25)}$$

$$E \approx 1,99 \times 10^{-15} \text{ J} \approx 12,4 \times 10^3 \text{ eV} \text{ (conversion en eV)} \text{ (0.25)}$$

- L'énergie d'ionisation hydrogénoïde = $E_\infty - E_1 = 0 - (-13,6Z^2/1^2) = 12,4 \times 10^3 \text{ eV}$ (0.5)

- $Z^2 \times 13,6 = 12,4 \times 10^3 \text{ eV} \rightarrow Z^2 \approx 912 \rightarrow Z \approx 30$. (0.5)

- L'hydrogénoïde est donc un ion de zinc Zn^{+29} ($Z = 30$).

2) Calcul du rayon de l'orbite électronique dans le premier état excité :

- Le rayon de Bohr est donné par $r_n = n^2 a_0 / Z$. (0.25)

- Pour le premier état excité ($n=2$), $r_2 = (2^2 \times 0,53 \text{ \AA}) / 30$. (0.5)

- $r_2 \approx (4 \times 0,53 \times 10^{-10}) / 30$.

- $r_2 \approx 0,0707 \text{ \AA} \approx 7,07 \times 10^{-12} \text{ m}$. (0.25)

Exercice 03 : (09 points)

1) Configuration électronique détaillée et abrégée :

Élément	Configuration détaillée	Configuration abrégée	
${}_{19}\text{K}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 4s^1$	(0.25)
${}_{21}\text{Sc}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^1 4s^2$	(0.25)
${}_{29}\text{Cu}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$	(0.25)
${}_{31}\text{Ga}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^1$	(0.25)
${}_{35}\text{Br}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^5$	(0.25)
${}_{24}\text{Cr}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$	(0.25)

2) Classification périodique :

Élément	Période	Colonne	Groupe/Sous-groupe	Bloc	
${}_{19}\text{K}$	4	1	I _A	s	(0.5)
${}_{21}\text{Sc}$	4	3	III _B	d	(0.5)
${}_{29}\text{Cu}$	4	11	I _B	d	(0.5)
${}_{31}\text{Ga}$	4	13	III _A	p	(0.5)
${}_{35}\text{Br}$	4	17	VII _A	p	(0.5)
${}_{24}\text{Cr}$	4	6	VI _B	d	(0.5)

3) Ions formés préférentiellement :

- $\text{K} \rightarrow \text{K}^+$, car il perd facilement un électron pour atteindre la configuration stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Sc} \rightarrow \text{Sc}^{3+}$, perte de 3 électrons pour atteindre la structure stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+, \text{Cu}^{2+}$, (0.25) le cuivre peut perdre 1 ou 2 électrons (atteindre la configuration stable).
- $\text{Ga} \rightarrow \text{Ga}^{3+}$, pour atteindre la configuration stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Br} \rightarrow \text{Br}^-$, gain d'un électron, ce qui correspond à la configuration stable du krypton. (0.25)
- $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{2+}, \text{Cr}^{3+}$, pertes préférentielles de 2 ou 3 électrons. (0.25)

4) Nombres quantiques des électrons de valence de ${}_{21}\text{Sc}$:

- ($n = 4, l = 0, m = 0, s = \pm 1/2$) pour l'électron $4s^2$ (0.25)

- ($n = 3, l = 2, m = -2, s = \pm 1/2$) pour l'électron $3d^1$ (0.25)

5) Éléments avec un seul électron et $n=4$ célibataires : (0.5)

- ${}_{19}\text{K}$: 1 électron célibataire ($4s^1$)

- ${}_{21}\text{Sc}$: 1 électron célibataire ($3d^1$)

- ${}_{29}\text{Cu}$: 1 électron célibataire ($4s^1$)

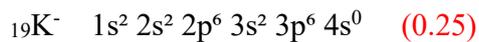
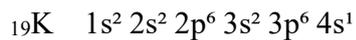
- ${}_{31}\text{Ga}$: 1 électron célibataire ($4p^1$)

- ${}_{35}\text{Br}$: 1 électron célibataire ($4p^5$)

Classement par ordre croissant de rayon atomique : $\text{Br} < \text{Ga} < \text{Cu} < \text{Sc} < \text{K}$ (0.25)

Classement par ordre croissant d'énergie d'ionisation : $\text{K} < \text{Sc} < \text{Cu} < \text{Ga} < \text{Br}$ (0.25)

4) L'élément alcalin est le potassium (K). Son énergie de première ionisation est calculée par :



$$E_{i,1} = E_{19\text{K}^-} - E_{19\text{K}} = (E_{1s} + E_{2s2p} + E_{3s3p}) - (E_{1s} + E_{2s2p} + E_{3s3p} + E_{4s}) = -E_{4s} \quad (0.25)$$

$$E_{i,1} = -E_{4s} = -(-13,6 \times (Z_{4s} \text{ eff} / n_4^*)^2) \quad (0.25)$$

$$Z_{\text{eff}} = Z - \sum \sigma = 19 - [(0 \times 0,35) + (0,85 \times 8) + (1 \times 8) + (2 \times 1)] = 2,2 \quad (0.25)$$

$$E_1 = -13,6 \times (2,2/3,7)^2 = 4,8 \text{ eV} \quad (0.25)$$

