

Exercice 1. Modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène (4 points)

1) **0,5 point** Donner l'expression de Rydberg permettant de déterminer la longueur d'onde d'émission de l'atome d'hydrogène correspondant à la transition électronique d'un niveau m vers un niveau n ($n < m$).

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

2) **1 point** Démontrer que la longueur d'onde maximale d'émission correspondant à un retour de l'électron sur le niveau n peut s'exprimer comme :

$$\lambda = \frac{n^2(n+1)^2}{(2n+1)} \times \frac{1}{R_H}$$

La longueur d'onde maximale d'émission avec retour de l'électron sur le niveau n correspond à la transition $n+1 \rightarrow n$, d'où :

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

Soit :

$$\lambda = \frac{n^2(n+1)^2}{(2n+1)} \times \frac{1}{R_H}$$

3) **1 point** Exprimer les longueurs d'onde maximale d'émission pour les séries de Lyman (λ_L), Balmer (λ_B), et Paschen (λ_P) en fonction de R_H .

$$\begin{aligned} \lambda_L &= \frac{4}{3} \times \frac{1}{R_H} = 1,33 \times \frac{1}{R_H} \\ \lambda_B &= \frac{36}{5} \times \frac{1}{R_H} = 7,20 \times \frac{1}{R_H} \\ \lambda_P &= \frac{144}{7} \times \frac{1}{R_H} = 20,57 \times \frac{1}{R_H} \end{aligned}$$

4) **1 point** Calculer la valeur de λ_L , λ_B et λ_P .

$$\begin{aligned}\lambda_L &= 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 121 \text{ nm} \\ \lambda_B &= 6,55 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 655 \text{ nm} \\ \lambda_P &= 1,87 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1870 \text{ nm}\end{aligned}$$

5) **0,5 point** Quelle(s) raie(s) se situe(nt) dans le domaine du visible ?

λ_B se situe dans le domaine du visible.

Exercice 2. Transitions électroniques dans les systèmes hydrogénoïdes (4 points)

1) **1 point** Donner l'expression de l'énergie (en eV) d'un niveau électronique n pour un système hydrogénoïde $X \neq H$.

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2}$$

2) **1 point** L'énergie d'ionisation de l'hydrogénoïde X est égale à 217,6 eV. De quel hydrogénoïde s'agit-il ?

$$EI = E_\infty - E_1 = 13,6Z^2 = 217,6$$

D'où :

$$Z = \sqrt{\frac{217,6}{13,6}} = 4$$

L'hydrogénoïde X est Be^{3+} .

3) **1 point** Quelle est la longueur d'onde du photon nécessaire pour provoquer cette ionisation ?

$$\lambda = \frac{hc}{EI} = 5,71 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 5,71 \text{ nm}$$

4) **1 point** Un photon de longueur d'onde 5,80 nm est absorbé par l'hydrogénoïde X, initialement dans son état fondamental. Sur quel niveau l'électron se trouve-t-il après cette absorption ?

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

avec $\lambda = 5,80 \text{ nm}$ et $n = 1$, on obtient $m = 7$.

Exercice 3. Effet photoélectrique (4 points)

Une lumière bichromatique composée de deux radiations, l'une orange de fréquence $\nu_1 = 5,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, l'autre rouge de fréquence $\nu_2 = 4,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, éclaire une cellule photoélectrique à cathode de césium dont le seuil photoélectrique est caractérisé par la longueur d'onde $\lambda_s = 666 \text{ nm}$.

1) **1 point** Calculer en joule et en électronvolt l'énergie minimale nécessaire à l'extraction d'un électron de la cathode.

$$E = \frac{hc}{\lambda_s} = 2,986 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,867 \text{ eV}$$

2) **1 point** Laquelle des deux radiations est susceptible de provoquer un effet photoélectrique ?

$$\nu_1 = 5,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_1 = 600 \text{ nm}$$

$$\nu_2 = 4,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_2 = 750 \text{ nm}$$

$\lambda_2 > \lambda_s$, l'énergie de la radiation 2 est insuffisante pour provoquer l'effet photoélectrique. Seule la radiation 1 est utile.

3) **1 point** Calculer l'énergie cinétique de l'électron expulsé par la cathode. En déduire sa vitesse.

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_s} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_s} = 3,29 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Soit $v = 268554 \text{ m/s}$.

4) **1 point** Calculer la longueur d'onde de de Broglie associée à l'électron.

$$\lambda_e = \frac{h}{mv} = 2,71 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 27,1 \text{ \AA}$$

Exercice 4. Configuration électronique des atomes (2 points)

1) **0,5 point** Un élément de la 4^{ème} période de la classification possède 6 électrons de valence. Ecrire la configuration électronique complète de cet élément.



2) **0,5 point** Schématiser le remplissage des orbitales de valence en utilisant le formalisme des cases quantiques.



3) **0,5 point** Donner la valeur des quatre nombres quantiques (n, l, m, s) de chaque électron de la couche de valence.

Electron 1: $n = 4, l = 0, m = 0, s = +1/2$

Electron 2: $n = 3, l = 2, m = -2, s = +1/2$

Electron 3: $n = 3, l = 2, m = -1, s = +1/2$

Electron 4: $n = 3, l = 2, m = 0, s = +1/2$

Electron 5: $n = 3, l = 2, m = 1, s = +1/2$

Electron 6: $n = 3, l = 2, m = 2, s = +1/2$

4) **0,5 point** Quel est cet élément ? A quelle famille chimique cet élément appartient-il ?

Cet élément est le chrome. Il appartient à la famille des métaux de transition.

Exercice 5. Configuration électronique et classification périodique des éléments (6 points)

Le strontium (Sr, $Z = 38$), le ruthénium (Ru, $Z = 44$), l'argent (Ag, $Z = 47$) et l'antimoine (Sb, $Z = 51$) sont des éléments de la 5^{ème} période de la classification périodique.

1) **1 point** Ecrire la configuration électronique de ces éléments.



2) **1 point** Donner leur famille chimique.

Sr : Alcalino-terreux

Ru : élément de transition

Ag : élément de transition

Sb : pas de nom de famille - colonne de l'azote

3) **1 point** Donner, en la justifiant, l'évolution du rayon atomique dans cette série d'éléments.

De gauche à droite le long d'une période, le rayon atomique r diminue car la charge nucléaire Z augmente et entraîne une contraction du nuage électronique : $\text{Sr} > \text{Ru} > \text{Ag} > \text{Sb}$.

4) **1 point** En chauffant, le ruthénium peut réagir avec l'oxygène gazeux pour former le dioxyde de ruthénium RuO_2 et le tétraoxyde de ruthénium RuO_4 . Quel est le degré d'oxydation du ruthénium dans ces deux oxydes ?



5) **1 point** Ecrire la configuration électronique correspondant aux deux ions du ruthénium identifiés à la question précédente.



6) **1 point** L'antimoine peut également réagir avec l'oxygène pour former le trioxyde d'antimoine. Dans ce composé, le degré d'oxydation de Sb est +III. Quelle est la formule chimique du trioxyde d'antimoine ?

$\text{DO}(\text{Sb}) = +\text{III}$ et $\text{DO}(\text{O}) = -\text{II}$. La formule chimique du trioxyde d'antimoine est donc Sb_2O_3 .