

MODÈLE QUANTIQUE DE L'ATOME

Tester les bases

Exercice Q1.1 : Triplets de nombre quantiques

Les triplets de nombres quantiques suivants sont-ils possibles pour un électron? Si oui, identifier la sous-couche associée.

1. (4,0,0) 2. (2,2,0) 3. (0,0,0) 4. (4,1,2)

Exercice Q1.2 : Configurations électroniques

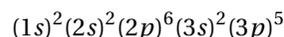
Établir les configurations électroniques à l'état fondamental des atomes ou ions suivants.

1. N 3. Fe²⁺ 5. I⁻ 7. Zr 9. Ga
2. Fe 4. I 6. Si 8. Cs 10. Pb²⁺

S'entraîner

Exercice Q1.3 : Atome inconnu

Un atome inconnu X possède la configuration électronique suivante à l'état fondamental :



- Déterminer la position de l'élément X dans la classification périodique des éléments. À quelle famille d'élément appartient-il?
- Indiquer la configuration électronique de l'élément Y, situé juste au dessus de X dans la classification périodique.
- Quel est, de X ou Y, l'atome le plus électronégatif?

Exercice Q1.4 : Hydrogénoïdes

On appelle ion hydrogénoïde un ion constitué d'un noyau de numéro atomique Z et d'un seul électron.

- Les ions ${}_4\text{Be}^+$ et ${}_3\text{Li}^{2+}$ sont-ils des ions hydrogénoïdes?
- Quel est l'ion hydrogénoïde correspondant à l'élément carbone?

L'énergie de l'électron d'un ion hydrogénoïde de numéro atomique Z est quantifiée :

$$\mathcal{E}_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ en eV avec } n \in \mathbb{N}^*$$

- Établir un diagramme qualitatif des niveaux d'énergie électronique de l'ion He⁺.
- L'énergie d'ionisation est l'énergie qu'il faut apporter à une entité chimique en phase gaz pour lui arracher un électron à 0 K. Quelle est l'énergie d'ionisation de He⁺?
- Pourquoi peut-on dire que l'électron d'un système hydrogénoïde est de plus en plus lié au noyau lorsque Z augmente?

Exercice Q1.5 : Énergie de l'atome d'hydrogène

L'énergie des niveaux électroniques de l'atome d'hydrogène est donnée, en eV, par la relation :

$$\mathcal{E}_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ avec } n \in \mathbb{N}^*$$

- Établir le diagramme qualitatif des niveaux d'énergie électroniques de l'hydrogène.
- L'énergie d'ionisation est l'énergie qu'il faut apporter à une entité chimique en phase gaz pour lui arracher un électron à 0 K. Déterminer la valeur de l'énergie d'ionisation de l'hydrogène en eV, puis en J. Calculer l'énergie molaire correspondante en kJ mol⁻¹.
- Le spectre d'émission de l'hydrogène est un spectre de raies correspondant au passage d'un électron d'un niveau n à un niveau n' inférieur. À chaque valeur de n' , on associe une « série » de raies. Illustrer sur un axe en énergie les transitions électroniques de la série de LYMAN ($n' = 1$) et celles de la série de BALMER ($n' = 2$).
- Calculer la longueur d'onde maximale d'émission dans chacune de ces deux séries.
- Montrer que les raies se rapprochent au sein d'une même série.
- Les longueurs d'onde d'émission de la série de HUMPHRAYS sont comprises entre 3281,4 nm et 12368 nm. Déterminer la valeur de n' .
- La série de BRACKETT, qui s'étend de 1458 nm à 4053 nm, correspond à $n' = 4$. La série de PASCHEN, qui s'étend de 820 nm à 1875 nm, correspond à $n' = 3$. Combien de raies de la série de PASCHEN sont situées dans l'intervalle spectral de la série de BRACKETT?
- Combien de raies de la série de BRACKETT sont situées dans l'intervalle spectral de la série de PASCHEN?

Approfondir

Exercice Q1.6 : Échantillon de Krypton

Lorsqu'un échantillon de krypton est exposé à une radiation UV de longueur d'onde 58,4 nm, un électron est éjecté à une vitesse de $1,59 \text{ Mm} \cdot \text{s}^{-1}$. En déduire l'énergie nécessaire pour ioniser le krypton.

Exercice Q1.7 : Autour de l'orbitale 1s

L'atome d'hydrogène est le plus simple de tous les atomes de la classification périodique, étant composé d'un proton et d'un électron. Il correspond donc au premier élément de la classification périodique. Dans le modèle quantique de l'atome, son électron occupe l'orbitale 1s de l'hydrogène dont l'expression est donnée ci-après :

$$\Psi_{1s} = \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)$$

où a_0 est le rayon de BOHR tel que $a_0 = 52,9 \text{ pm}$.

1. Indiquer le nom de l'équation qui a été utilisée pour déterminer l'expression de cette fonction d'onde.
2. Exprimer la probabilité élémentaire d^3P de trouver un électron dans un volume d^3V autour d'un point $M(r, \theta, \phi)$.
On donne en coordonnées sphériques $d^3V = (dr) \cdot (rd\theta) \cdot (r \sin(\theta)d\phi)$
3. Vérifier que cette fonction d'onde est normalisée. Quel est le sens physique de cette normalisation ?
4. En intégrant sur les parties angulaires, déterminer la probabilité radiale dP_r (probabilité de trouver l'électron entre r et $r + dr$, tous angles confondus).
5. Évaluer la densité de probabilité radiale $DR_{1s} = \frac{dP_r}{dr}$.
6. Étudier les variations de la densité de probabilité radiale $DR_{1s} = f(r)$ et interpréter l'existence d'un extremum pour cette fonction.

Donnée :

$$\int_0^{+\infty} u^2 \exp(-u) du = 2$$