

Université Constantine 1 — Faculté des Sciences Exactes

Département de Chimie

Module : Structure de la Matière (Chimie I) | L1 Chimie | 2025/2026

Travaux Dirigés N° 4

Modèle de Bohr et spectre de l'atome d'hydrogène

Enseignante : Dr. ZERDOUM Radia

Données numériques (valables pour l'ensemble du TD)

$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $\hbar = h/(2\pi) = 1,055 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $a_0 = 5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$; $E_1(\text{H}) = -13,6 \text{ eV}$.

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$; $R_H = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Exercice 1 — Analyse critique du modèle de Rutherford

Répondre aux questions suivantes en justifiant brièvement :

1. Pourquoi le modèle de Rutherford prévoit-il l'instabilité de l'atome d'hydrogène ?
2. Quelle est la durée de vie théorique d'un électron en orbite autour d'un proton selon la mécanique classique ?
3. Comment le spectre d'émission de l'hydrogène (raies discrètes) contredit-il les prédictions classiques ?
4. Quelle nouvelle hypothèse fondamentale faut-il introduire pour lever ces contradictions ?

Exercice 2 — Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

1. Calculer le rayon et l'énergie des cinq premiers niveaux ($n = 1$ à 5) de l'atome d'hydrogène.
2. Représenter le diagramme énergétique en eV, en plaçant les niveaux $n = 1$ à $n = \infty$.
3. Définir puis calculer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène à partir de l'état fondamental. Exprimer le résultat en eV et en joules.

Exercice 3 — Quantification du moment cinétique

Pour l'orbite $n = 1$ de l'atome d'hydrogène, calculer :

1. La vitesse v de l'électron, en utilisant la relation de quantification du moment cinétique.
2. La période de révolution $T = 2\pi r / v$.
3. La fréquence de rotation. Commenter par rapport aux fréquences du domaine électromagnétique visible.

Exercice 4 — Construction du diagramme énergétique

Sur une échelle d'énergie verticale (E en eV), placer rigoureusement les niveaux $n = 1, 2, 3, 4, 5$ et $n = \infty$. Indiquer :

- l'état fondamental ($n = 1$) ;
- les états excités ($n = 2, 3, 4, 5$) ;

- l'état d'ionisation ($n = \infty$, $E = 0$) ;
- des flèches verticales pour quelques transitions ($n = 2 \rightarrow 1$, $n = 3 \rightarrow 2$, $n = \infty \rightarrow 1$).

Exercice 5 — Énergie des hydrogénoïdes He^+ et Li^{2+}

On considère les ions hydrogénoïdes He^+ ($Z = 2$) et Li^{2+} ($Z = 3$).

1. Calculer l'énergie du niveau fondamental ($n = 1$) pour chacun de ces ions.
2. Calculer le rayon de l'orbite $n = 1$ pour chacun.
3. Calculer l'énergie d'ionisation de He^+ et la comparer à celle de H (13,6 eV).

Exercice 6 — Comparaison des spectres de H, He^+ et Li^{2+}

Pour la transition $n = 2 \rightarrow n = 1$:

1. Calculer la longueur d'onde du photon émis par chacune des trois espèces H, He^+ et Li^{2+} .
2. Préciser dans quel domaine spectral (UV, visible, X) se situe chaque transition.
3. Expliquer pourquoi le spectre se décale vers les hautes énergies quand Z augmente.

Exercice 7 — Identification des séries spectrales

Pour chacune des transitions suivantes de l'atome H, calculer la longueur d'onde du photon émis et identifier la série spectrale ainsi que le domaine spectral (UV, visible, IR) :

- a) $n = 3 \rightarrow n = 2$ | b) $n = 4 \rightarrow n = 1$ | c) $n = 5 \rightarrow n = 3$ | d) $n = \infty \rightarrow n = 1$ (limite de la série de Lyman)

Exercice 8 — Identification d'éléments par spectroscopie

Une lampe à décharge contient un gaz monoatomique inconnu. L'analyse spectrale révèle quatre raies d'émission aux longueurs d'onde suivantes : 656,3 nm ; 486,1 nm ; 434,0 nm ; 410,2 nm.

1. Vérifier que ces raies appartiennent à la série de Balmer de l'atome d'hydrogène.
2. Identifier la transition (valeur de n_2) associée à chacune.
3. Calculer la valeur expérimentale de la constante de Rydberg et la comparer à la valeur théorique.

Exercice 9 — Tracé d'un spectre légendé

Sur une échelle de longueurs d'onde de 0 à 2000 nm, représenter les premières raies des séries de Lyman, Balmer et Paschen. Indiquer pour chaque série le domaine spectral correspondant (UV, visible, IR).

Exercice 10 — Limites du modèle de Bohr

Citer trois limites du modèle de Bohr ayant conduit au développement de la mécanique quantique, en vous appuyant sur les questions suivantes :

1. À quels types d'atomes le modèle de Bohr s'applique-t-il ?
2. Que se passe-t-il pour les atomes à plusieurs électrons ?
3. Le modèle de Bohr rend-il compte de la dualité onde-corpuscule ?