

Approfondissement

De l'atome à l'élément chimique

Pour aller plus loin : taille de l'atome, matière nucléaire, isotopes, charges

7 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce que l'on travaille dans cette feuille

- Raisonner sur des modèles simples pour estimer des ordres de grandeur (taille d'un atome, masse volumique du noyau).
- Relier la composition d'une entité à sa charge et à sa masse ; enchaîner des calculs en puissances de 10. Les exercices « hors programme » fournissent toutes les formules utiles.

Exercice 1 Enquête sur des ions polyatomiques

●●●

On étudie trois ions polyatomiques. Les noyaux présents sont ${}^1_1\text{H}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$ et ${}^{32}_{16}\text{S}$.

■ DONNÉES $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

- 1.1 L'ion (a) est constitué d'atomes d'azote et d'hydrogène ; il possède 11 protons, 7 neutrons et 10 électrons. Déterminer sa charge, puis sa formule.
- 1.2 L'ion (b) est constitué d'un atome de soufre et d'atomes d'oxygène ; il possède 48 protons et 50 électrons. Déterminer sa formule et sa charge, puis vérifier que son nombre de neutrons vaut 48.
- 1.3 L'ion (c) est constitué d'un atome de carbone et d'atomes d'oxygène ; il porte la charge $q = -3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$ et possède 32 électrons. Déterminer sa formule.
- 1.4 Écrire la formule du solide ionique formé par les ions (a) et (b), puis celle du solide formé par les ions (a) et (c).

Exercice 2 Estimer la taille d'un atome d'or

●●●

Un cube d'or pur de 1,00 cm de côté a une masse de 19,3 g. Les atomes d'or (noyau ${}^{197}_{79}\text{Au}$) y sont empilés de façon compacte.

■ DONNÉES $m_{\text{nucléon}} \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- 2.1 Calculer la masse d'un atome d'or, puis le nombre N d'atomes d'or contenus dans le cube.
- 2.2 On modélise chaque atome par un petit cube de côté a ; les N petits cubes remplissent le grand cube. Exprimer le volume d'un petit cube en fonction de N , puis montrer que $a \approx 2,6 \times 10^{-10} \text{ m}$ (a est le nombre dont le cube vaut a^3 : touche $\sqrt[3]{}$ de la calculatrice).
- 2.3 Comparer au diamètre d'un atome d'or donné par les tables, 0,29 nm. Dans ce modèle, combien d'atomes d'or sont alignés le long d'une arête du cube ?

Exercice 3 La matière nucléaire (hors programme — pour aller plus loin)

●●●

Le rayon d'un noyau de nombre de masse A est donné, avec une bonne approximation, par $r = r_0 \times A^{1/3}$, où $r_0 = 1,2 \times 10^{-15} \text{ m}$ et $A^{1/3}$ est le nombre dont le cube vaut A (touche $\sqrt[3]{}$ de la calculatrice).

■ DONNÉES $m_{\text{nucléon}} \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ • volume d'une boule de rayon r : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

- 3.1 Calculer le rayon du noyau d'or ${}^{197}_{79}\text{Au}$, puis son volume.

- 3.2** En déduire la masse volumique ρ du noyau d'or, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. La comparer à celle de l'or métallique, $1,93 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Que peut-on en conclure sur la structure de l'atome ?
- 3.3** Montrer que la masse volumique d'un noyau ne dépend pas de son nombre de masse A .
- 3.4** Une étoile à neutrons est constituée de matière nucléaire. Quelle serait la masse d'une cuillère à café (5 cm^3) de cette matière ? Comparer à la masse de la pyramide de Khéops, environ $6 \times 10^9 \text{ kg}$.

Exercice 4 Le chlore, un mélange d'isotopes



Le chlore naturel contient 75,8 % d'atomes $^{35}_{17}\text{Cl}$ et 24,2 % d'atomes $^{37}_{17}\text{Cl}$ (pourcentages en nombre d'atomes).

■ **DONNÉES** $m_{\text{nucléon}} \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- 4.1** Donner la composition de chacun des deux noyaux. Calculer le nombre de masse moyen $\bar{A}$ des atomes de chlore naturel, puis la masse moyenne d'un atome de chlore.
- 4.2** Un flacon contient 7,1 g de dichlore Cl_2 . Calculer le nombre d'atomes de chlore qu'il contient, puis le nombre d'atomes de chlore 37.
- 4.3** Le bore naturel est formé des isotopes $^{10}_5\text{B}$ et $^{11}_5\text{B}$, et le nombre de masse moyen de ses atomes vaut 10,80. Déterminer le pourcentage (en nombre d'atomes) de chacun des deux isotopes.

Exercice 5 Le deutérium des océans



Le deutérium D (^2_1H) pourrait servir de combustible aux futures centrales à fusion nucléaire. Dans l'eau naturelle, on compte un atome de deutérium pour 6 420 atomes d'hydrogène.

■ **DONNÉES** $m_{\text{nucléon}} \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- 5.1** Quelle est la différence entre un noyau d'hydrogène ^1_1H et un noyau de deutérium ?
- 5.2** On considère 1,0 L d'eau de mer, de masse 1,0 kg, que l'on assimile à de l'eau pure, constituée de molécules H_2O (noyaux ^1_1H et $^{16}_8\text{O}$). Calculer la masse d'une molécule d'eau, puis le nombre de molécules d'eau.
- 5.3** En déduire le nombre d'atomes d'hydrogène, puis le nombre d'atomes de deutérium, contenus dans ce litre d'eau. Montrer que la masse de deutérium qu'il contient est d'environ 35 mg.
- 5.4** Le volume des océans est d'environ $1,3 \times 10^9 \text{ km}^3$. Estimer la masse totale de deutérium qu'ils contiennent.

Exercice 6 Le défaut de masse (hors programme — pour aller plus loin)



La masse d'un atome de fer 56 ($^{56}_{26}\text{Fe}$), mesurée avec un spectromètre de masse, vaut $m_{\text{mes}} = 9,288 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

■ **DONNÉES** $m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ • $m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ • $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ • $m_{\text{nucléon}} \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- 6.1** Calculer la somme m_{calc} des masses des protons, des neutrons et des électrons de cet atome, puis l'écart relatif $(m_{\text{calc}} - m_{\text{mes}})/m_{\text{mes}}$ en pourcentage.
- 6.2** Cet écart, appelé *défaut de masse*, est lié à l'énergie qui assure la cohésion du noyau. L'approximation $m_{\text{atome}} \approx A \times m_{\text{nucléon}}$ reste-t-elle acceptable ? Calculer l'écart relatif correspondant.

Exercice 7 Un ballon électrisé



Après avoir été frotté sur un pull en laine, un ballon de baudruche de masse 3,0 g porte la charge $Q = -32 \text{ nC}$ ($1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$).

■ **DONNÉES** $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ • $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

- 7.1** Le ballon a-t-il gagné ou perdu des électrons ? Combien ?
- 7.2** Calculer la variation de masse du ballon. Est-elle mesurable avec une balance précise au dixième de milligramme ?
- 7.3** Quelle charge le pull a-t-il acquise ? Justifier à l'aide de la conservation de la charge électrique.