

Corrigé, seconde, expérience de Rutherford

Structure de l'atome

PLUSDEBONNESNOTES.COM

31 octobre 2017

Créé par : plusdebonnesnotes

Corrigé, seconde, expérience de Rutherford

Structure de l'atome

ENONCE

Devoir Maison n°1 : L'Expérience de Rutherford

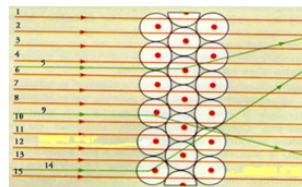
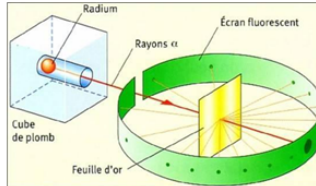
Description de l'expérience (tirée du site « sciences-physiques.ac-montpellier.fr »)

En 1909, Marsden, Geiger et Rutherford entreprirent d'utiliser des particules α produites lors de la désintégration de noyaux radioactifs de radium, pour explorer la structure de l'atome. Ils bombardèrent pour cela une feuille d'or d'environ $0,6 \mu\text{m}$, placée dans une enceinte à vide, par un faisceau de particules α .

Ils constatèrent que la grande majorité des particules traversent la feuille d'or sans être déviées. En effet, la tache observée sur l'écran fluorescent garde la même intensité avec ou sans feuille d'or interposée. Quelques particules seulement sont légèrement déviées, comme en témoignent les impacts fluorescents sur l'écran.

Leur surprise fut de constater que certaines particules α (une sur 30 000) subissent de grandes déviations (supérieures à 90 degrés) et sont donc renvoyées vers l'arrière.

Rutherford en déduisit (mais cela lui prit deux ans de réflexion), que l'atome est constitué d'un noyau très petit par rapport à la taille de l'atome et qui concentre l'essentiel de la masse et toutes les charges positives, et d'un cortège électronique dont le volume est celui de l'atome.



I) Etude des documents

- 1) Qu'est-ce qu'une particule α ? (une recherche sur internet peut vous apporter la réponse)
- 2) Expliquez à l'aide du texte et du premier schéma à quoi sont dues les taches sur l'écran fluorescent. Pourquoi la tache qui se trouve face au faisceau de particules α est-elle plus grosse que les autres ?
- 3) Expliquez ce que représentent les différentes flèches sur le second schéma, ainsi que les cercles en contact les uns avec les autres, et enfin les petits points rouges au milieu de chaque cercle. Pourquoi les flèches 5, 9 et 14 ne sont-elles pas droites ?
- 4) Le rayon d'un atome d'or est de $0,144 \text{ nm}$. En déduire l'épaisseur de la feuille d'or en nombre d'atomes. Commenter alors le second schéma.
- 5) Représentez sur un schéma la déviation d'une particule α , et justifier à l'aide de celui-ci l'affirmation du texte selon laquelle si une particule α subit une grande déviation (supérieure à 90°), elle est renvoyée vers l'arrière. On rappelle que l'angle de déviation se mesure entre la prolongation du faisceau incident et le faisceau dévié.

II) Interprétation

- 1) Sachant que le rayon du noyau de l'atome d'or est de $7,10^{-14} \text{ m}$, quel est le rapport (division) des volumes du noyau de l'atome d'or, et de l'atome d'or lui-même ? Commentez.
- 2) Quel est le rapport de la masse d'une particule α à celle d'un électron ? En déduire pourquoi la majorité des

particules α ne sont pas déviées (en masse, c'est comme si l'on lançait une énorme boule de bowling contre une balle de ping-pong).

3) Calculez la masse d'un noyau d'or et en déduire la valeur du rapport de sa masse à celle d'une particule α . En déduire alors pourquoi les particules α qui « tapent » sur un noyau d'or sont fortement déviées, et pourquoi certaines d'entre elles reviennent même en arrière.

4) Comment, à l'aide des questions précédentes et des documents, peut-on interpréter l'expérience de Rutherford pour dire que le remplissage de l'espace par la matière au sein d'un atome est-il lacunaire ? On pourra notamment s'aider de la question I)2) et du II)

Question supplémentaire :

- 1) Calculez la masse volumique au sein du noyau d'or en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Faire de même pour l'atome d'or. Comparez ces deux valeurs à la masse volumique de l'eau, qui vaut $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Commentez.

Données numériques:

- Le volume V d'une sphère de rayon R est $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$
- Un atome d'or contient 197 nucléons, dont 79 protons.
- La masse d'un nucléon vaut $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- La masse d'un électron vaut $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- La masse volumique ρ (prononcer rhô) d'un corps est égale à sa masse m divisée par son volume V :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

CORRECTION REDIGEE DETAILLEE

I. Etude de documents

Question 1

Une particule α est un noyau d'un atome d'hélium chargé positivement. Il contient deux protons et deux neutrons.

Question 2

Les tâches fluorescentes sont dues aux impact des particules alpha sur l'écran fluorescent. La tâche qui se trouve en face du faisceau de particules alpha est plus grosse car la majorité des particules alpha ne sont pas déviées donc le faisceau continue tout droit pour une bonne partie des particules alpha.

Question 3

Les flèches rouges représentent la trajectoire des particules alpha qui ne sont pas déviées. Les flèches vertes représentent la trajectoire des particules alpha qui rencontrent sur leur chemin un noyau de l'atome d'or et qui sont donc déviées. Les cercles en contact les uns avec les autres sont des atomes d'or de la feuille d'or. Les petits points rouges sont les noyaux des atomes d'or. Les flèches 5, 9 et 14 sont déviées car les particules alpha y rencontrent un noyau d'or chargé lui aussi positivement. Comme en électricité, les particules de même charge se repoussent, on en déduit que les particules alpha sont déviées.

Question 4

Calculons le rapport entre l'épaisseur d'une feuille d'or et le diamètre d'un atome d'or :

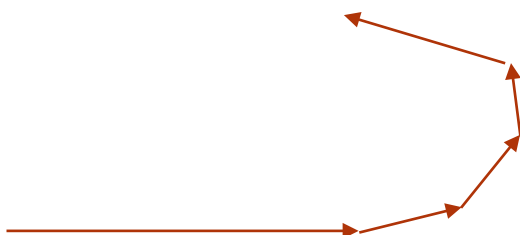
$$N = \frac{0,6 \times 10^{-6}}{2 \times 0,144 \times 10^{-9}} = 2083$$

On en déduit que l'épaisseur d'une feuille d'or en nombre d'atomes d'or est 2083.

Le deuxième schéma n'est donc pas vraiment représentatif de la situation car selon ce schéma, il n'y a que trois atomes sur l'épaisseur de la feuille d'or.

Question 5

A chaque extrémité de flèche, la particule alpha rencontre un noyau d'atome d'or :



Ainsi, en raison de chocs successifs, la particule alpha « peut retourner en arrière ». En effet, sur sa trajectoire, la particule alpha est susceptible de rencontrer en tout 2083 atomes d'or d'après la question précédente.

II. Interprétation

Question 1

Le rapport de division entre le volume de l'atome et celui du noyau de l'atome d'or est :

$$r_V = \frac{V_{\text{atome}}}{V_{\text{noyau}}} = \frac{\frac{4}{3} \times \pi \times R^3}{\frac{4}{3} \times \pi \times r^3} = \left(\frac{R}{r}\right)^3 = \left(\frac{0,144 \times 10^{-9}}{7 \times 10^{-15}}\right)^3 = 8,7 \times 10^{12}$$

On en déduit que le volume de l'atome est très grand devant celui du noyau. Ainsi la structure de l'atome est lacunaire.

Question 2

Calculons le rapport de masse entre une particule alpha et un électron :

$$r_m = \frac{m_{\text{alpha}}}{m_{\text{electron}}} = \frac{4 \times 1,67 \times 10^{-27}}{9,1 \times 10^{-31}} = 7341$$

On en déduit que la masse des particules alpha est beaucoup plus grande que celle des électrons. C'est la raison pour laquelle les particules alpha ne sont pas déviées par les électrons.

Question 3

Calculons la masse d'un atome d'or :

$$m_{\text{atome d'or}} = 197 \times 1,67 \times 10^{-27} = 3,29 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

Calculons maintenant le rapport de la masse d'un atome d'or avec celle d'une particule alpha :

$$r_m = \frac{m_{\text{atome d'or}}}{m_{\text{alpha}}} = \frac{3,29 \times 10^{-25}}{4 \times 1,67 \times 10^{-27}} = 49,25$$

On en déduit que la masse d'un atome d'or est 49,25 fois plus grande que celle d'une particule alpha. C'est la raison pour laquelle les particules alpha sont éventuellement déviées par le noyau des atomes d'or.

Question 4

On peut dire que d'après les résultats et les expériences, la majorité des particules alpha qui sont envoyées sur la feuille d'or ne sont pas déviées. Cela suggère que les atomes d'or sont principalement constitués de vide et donc que la structure de l'atome est lacunaire. Cela est confirmé par les calculs qui prouvent que la taille de l'atome est beaucoup plus grande que celle du noyau. Par ailleurs, les particules alpha ne sont pas déviées car si elles rencontrent des électrons, la masse de ces derniers étant négligeable, leur trajectoire n'est pas modifiée. On en déduit que le fait de rencontrer un noyau d'atome d'or pour une particule alpha est un phénomène rare même s'il y a 2083 atomes d'or sur l'épaisseur d'une feuille d'or. Ainsi l'atome possède une structure qu'on peut qualifier de lacunaire.

Question supplémentaire

Calculons la masse volumique dans le noyau de l'atome d'or :

$$\rho_1 = \frac{m}{V} = \frac{3,29 \times 10^{-25}}{\frac{4}{3} \pi \times (7 \times 10^{-15})^3} = 2,29 \times 10^{17} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\rho_1 = \frac{m}{V} = \frac{3,29 \times 10^{-25}}{\frac{4}{3} \pi \times (0,144 \times 10^{-9})^3} = 26304 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

On en déduit que l'essentiel de la densité de l'atome est concentré dans son noyau.