AE n°8 : Stabilité de l'atome et charge élémentaire

Connaissances et compétences :

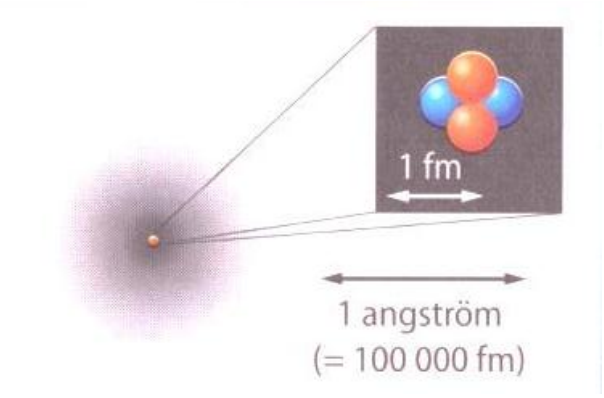
- *Savoir que toute charge électrique peut s'exprimer en fonction de la charge élémentaire e.*
- *Associer, à chaque édifice organisé, la ou les interactions fondamentales prédominantes.*

Matériel :

- *1 ordinateur*
- *1 pendule électrostatique*
- *1 règle en plastique et un morceau de fourrure*

I. Le noyau atomique

On considère par exemple le noyau d'hélium 4. Sur la représentation ci-dessous, chaque sphère rouge représente un proton et chaque sphère bleue, un neutron.
Comment expliquer que les constituants du noyau « tiennent » ensemble ?

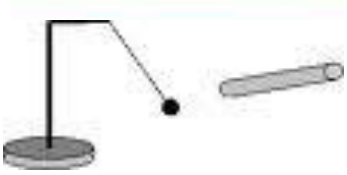


Quelques idées

Etude de document + pendule électrostatique

« La force électrique varie comme l'inverse du carré de la distance, mais, ce qui est remarquable, c'est la colossale différence entre l'intensité des forces électriques et des forces gravitationnelles. Deux électrons se repoussent l'un l'autre selon l'inverse du carré de leur distance, à cause de l'électricité, et s'attirent selon l'inverse du carré de leur distance, à cause de la gravitation. »

Richard Feynman, La Nature des lois physiques.



1) Rappeler la loi de gravitation universelle, qui donne l'expression de l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle $F_{gravitation}$ qu'exercent l'un sur l'autre deux objets A et B, de masses respectives m_A et m_B et séparés d'une distance d.
2) En utilisant la figure précédente, déterminer la distance qui existe entre les centres de deux protons dans le noyau d'hélium 4.
3) En déduire l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle $F_{gravitation}$ qui existe entre deux protons.

Données : *Masse d'un proton : $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg.*
Constante de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.

Appeler le professeur.

4) Dans l'extrait précédent, le physicien Richard Feynman évoque l'existence d'une force électrique. Quelle action mécanique modélise cette force ? Est-ce une action mécanique de contact ou à distance ? Entre deux électrons, est-ce une action mécanique attractive ou répulsive ?
5) Qu'est-ce qui permet de penser que l'expression de l'intensité de cette force électrique a une structure similaire à celle de la force de gravitationnelle ?
6) On note q_A la charge électrique portée par une particule A, q_B celle portée par une particule B, k une constante et d la distance qui sépare les deux particules. Parmi celles proposées ci-dessous, quelle expression pourrait traduire l'intensité de la force électrique $F_{électrique}$?

$$F_{électrique} = k\frac{d}{|q_A| \cdot |q_B|}$$

$$F_{électrique} = k\frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

$$F_{électrique} = k\frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d}$$

$$F_{électrique} = k\frac{d^2}{|q_A| \cdot |q_B|}$$

7) En déduire l'intensité de la force électrique $F_{électrique}$ qui existe entre deux protons.

Données : *Charge d'un proton : $q_p = 1{,}60 \times 10^{19}$ C.*
Constante électrique : $k = 9{,}0 \times 10^{9}$ $N.m^{2}.C^{-2}$.

Appeler le professeur.

8) Dans le cas des deux protons du noyau d'hélium, calculer le rapport $F_{électrique}/F_{gravitation}$.
9) Si les deux protons n'étaient soumis qu'à ces deux interactions, que devrait-il se passer ?
10) Pourquoi faut-il imaginer l'existence d'une autre forme d'interaction entre les protons ?

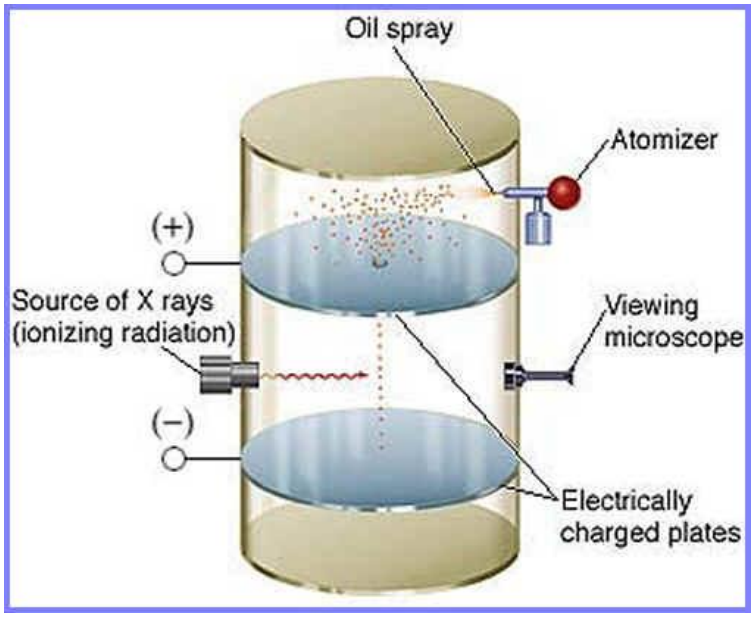
Appeler le professeur.

II. L'expérience de Millikan

Comment l'expérience de la goutte d'huile de R. Millikan a-t-elle pu fournir une mesure de la charge élémentaire ?

Dispositif expérimental

En 1911, l'américain Robert Andrews Millikan réalise une expérience déterminante, simplement en pulvérisant entre deux plaques métalliques de minuscules gouttes d'huile. Le prix Nobel de physique récompensera ses travaux en 1923.
Des gouttelettes sont vaporisées au-dessus d'une plaque percée d'un trou. Celles qui tombent à travers ce trou sont ionisées par une source radioactive bêta qui émet des électrons.
Dans un premier temps, en l'absence de toute force électrique, R. Millikan mesure le temps de chute d'une gouttelette sur une hauteur donnée, sous l'effet de la pesanteur. Dans un second temps, il établit une tension électrique entre les deux plaques : la force électrique qui s'exerce alors sur une gouttelette chargée tend à la faire remonter. R. Millikan mesure le temps mis par celle-ci pour passer d'une altitude basse à une altitude haute. Un calcul lui permet de déduire de ces deux durées la charge électrique de la gouttelette.



11) Quelle interaction fondamentale explique la chute des gouttelettes ?
12) Même question pour la remontée des gouttelettes.

Appeler le professeur.

Interprétation des résultats

- Ouvrir le fichier contenant les valeurs de charge des gouttelettes mesurées par Millikan dans un tableur-grapheur.
- Représenter sur un graphique la valeur des charges q.

13) Calculer l'écart de charge Δq entre deux valeurs consécutives. Repérer les écarts les plus faibles (de même ordre de grandeur). En faire la moyenne, notée e.
14) Calculer le rapport q/e pour chacune des charges mesurées par Millikan. Ce rapport correspond-il à un nombre entier ?
15) Que montre l'expérience de Millikan ? Comment s'appelle e ?

Appeler le professeur.