

Axe 4

L'expérience de Millikan et la charge de l'électron

Objectifs :

Objectif 1 : Carte de synthèse

- construire une carte de synthèse sur la l'expérience de Millikan et la charge de l'électron
- les différents items du tableau 1 suivant doivent être traités dans la carte ;
- la carte conceptuelle doit être réalisée à l'aide d'un des outils de GoogleDrive et sera exportée IM-PERATIVEMENT au format jpg et envoyé à phykhemia@gmail.com

Attention : Carte à envoyer avant la fin de la séance de travail pratique de mercredi

Objectif 2 : Présentation orale

- réaliser un document support de présentation (format ppt ou pdf)
- présentation orale fluide et organisée de 3*2min (3 élèves du groupe interviennent deux minutes)
- réponses aux questions

Attention : le pdf de la présentation est à envoyer avec le nom « Gr4.

ExpMillikanChargeElectron.pdf» à phykhemia@gmail.com avant vendredi matin.

Tableau 1 : Grille d'évaluation

Axe 2	Structure de l'atome		
Elèves			
Compétence		Maîtrisée	Non maîtrisée
S'approprier	Mobiliser ses connaissances de seconde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Se questionner, identifier un problème	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	extraire des informations utiles d'une observation, d'un texte ou d'une représentation conventionnelle (schéma, tableau, graphique,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Associer, à chaque édifice organisé, la ou les interactions fondamentales prédominantes, notamment dans le cas de l'interaction coulombienne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Connaître l'ordre de grandeur des valeurs des masses d'un nucléon et de l'électron.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Savoir que toute charge électrique peut s'exprimer en fonction de la charge élémentaire e.		
Analyser	Organiser et exploiter ses connaissances	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valider	Confronter un modèle à des résultats expérimentaux : vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ceux attendus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Réaliser	Réaliser un diaporama efficace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Communiquer	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	savoir se détacher de ses notes écrites		
	Présenter les résultats de manière adaptée (unités, chiffres significatifs, incertitudes ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	respecter les délais de remise (carte, présentation, oral)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commentaire évaluation			/20

3 L'expérience de Millikan

L'expérience de la goutte d'huile de R. Millikan fournit une mesure de la charge élémentaire.

Matériel

- Ordinateur muni d'un tableur-grapheur.
- Un fichier millikan.txt est disponible sur www.libtheque.fr

A. Le dispositif expérimental

En 1911, l'Américain Robert Andrews Millikan (doc. 3) réalise une expérience déterminante, simplement en pulvérisant entre deux plaques métalliques de minuscules gouttes d'huile (doc. 4). Le prix Nobel de physique récompensera ses travaux en 1923.

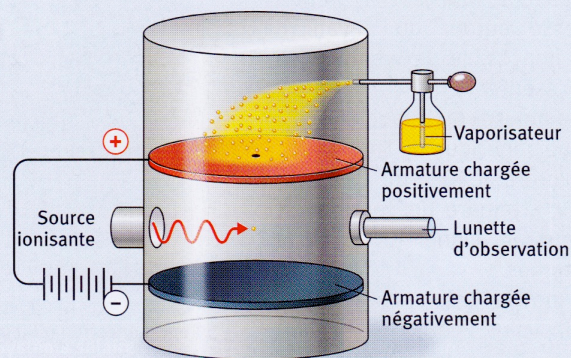
Des gouttelettes sont vaporisées au-dessus d'une plaque percée d'un trou. Celles qui tombent à travers ce trou sont ionisées par une source radioactive bêta qui émet des électrons.

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



3 Robert Millikan [1868-1953] effectua l'expérience qui le rendit célèbre, entre 1909 et 1913, alors qu'il était professeur à l'université de Chicago (États-Unis).

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 (doc. 4).

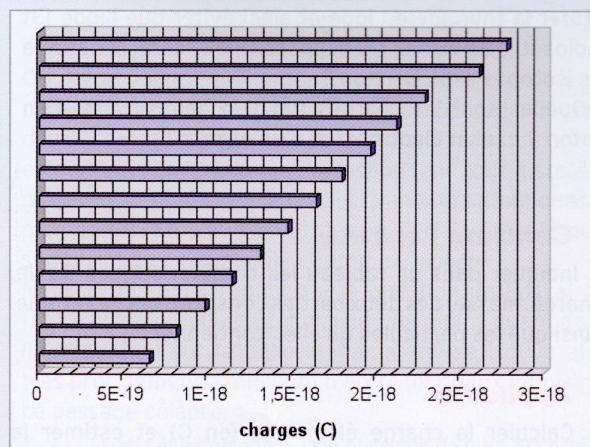


4 Dispositif de l'expérience de R. Millikan.

► Exploiter

1. Quelle interaction fondamentale explique la chute des gouttelettes ?
2. Même question pour la remontée des gouttelettes.

B. Interprétation des résultats



5 Différentes charges de gouttelettes mesurées par R. Millikan.

Télécharger sur www.libtheque.fr un fichier contenant les valeurs de charges de gouttelettes mesurées par Millikan.

Ouvrir ce fichier dans un tableur-grapheur. Représenter sur un graphique la valeur des charges q (doc. 5).

► Exploiter

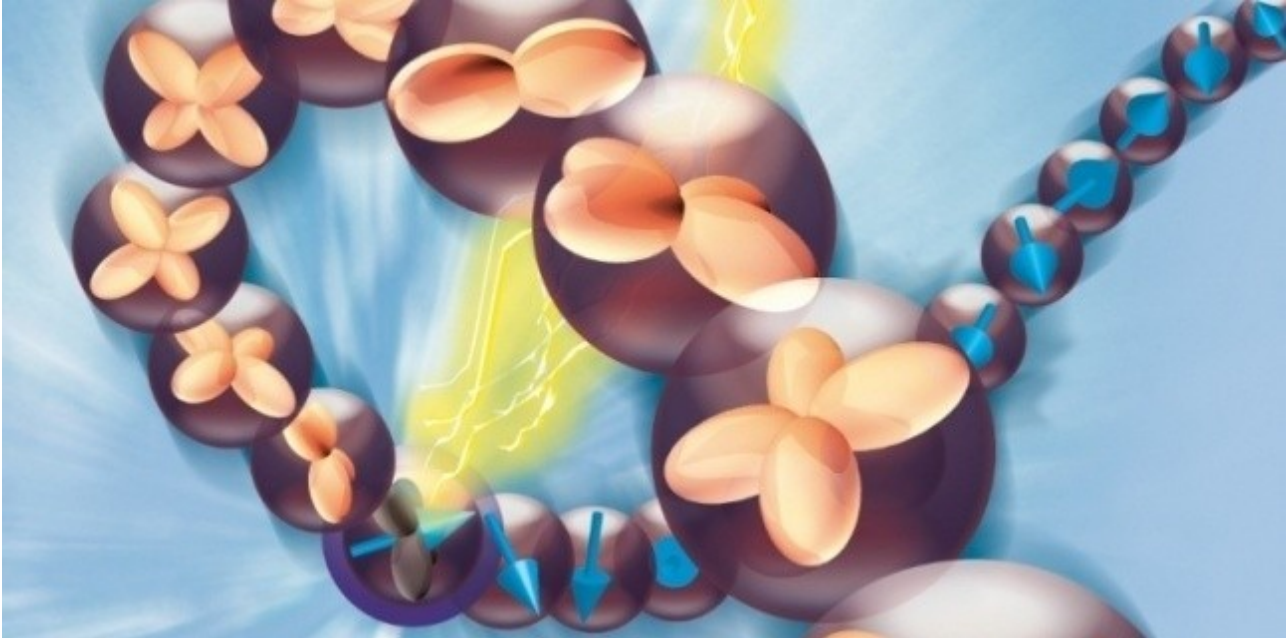
3. Calculer l'écart de charge Δq entre deux valeurs consécutives. En faire la moyenne, notée e .
4. Calculer le rapport q/e pour chacune des charges mesurées par Millikan. Ce rapport correspond-il à un nombre entier ?

► Conclure l'activité

5. Que montre l'expérience de Millikan ? Comment s'appelle-t-elle ?

Document 2 : « Un électron brisé en deux ... quasiparticules » article publié le 20/04/2012 magazine Science et Avenir par Cécile Dumas

L'électron a beau être une particule élémentaire, il peut dans certaines conditions être "cassé" en deux! C'est ainsi qu'une quasiparticule, l'orbiton, a été observée pour la première fois.

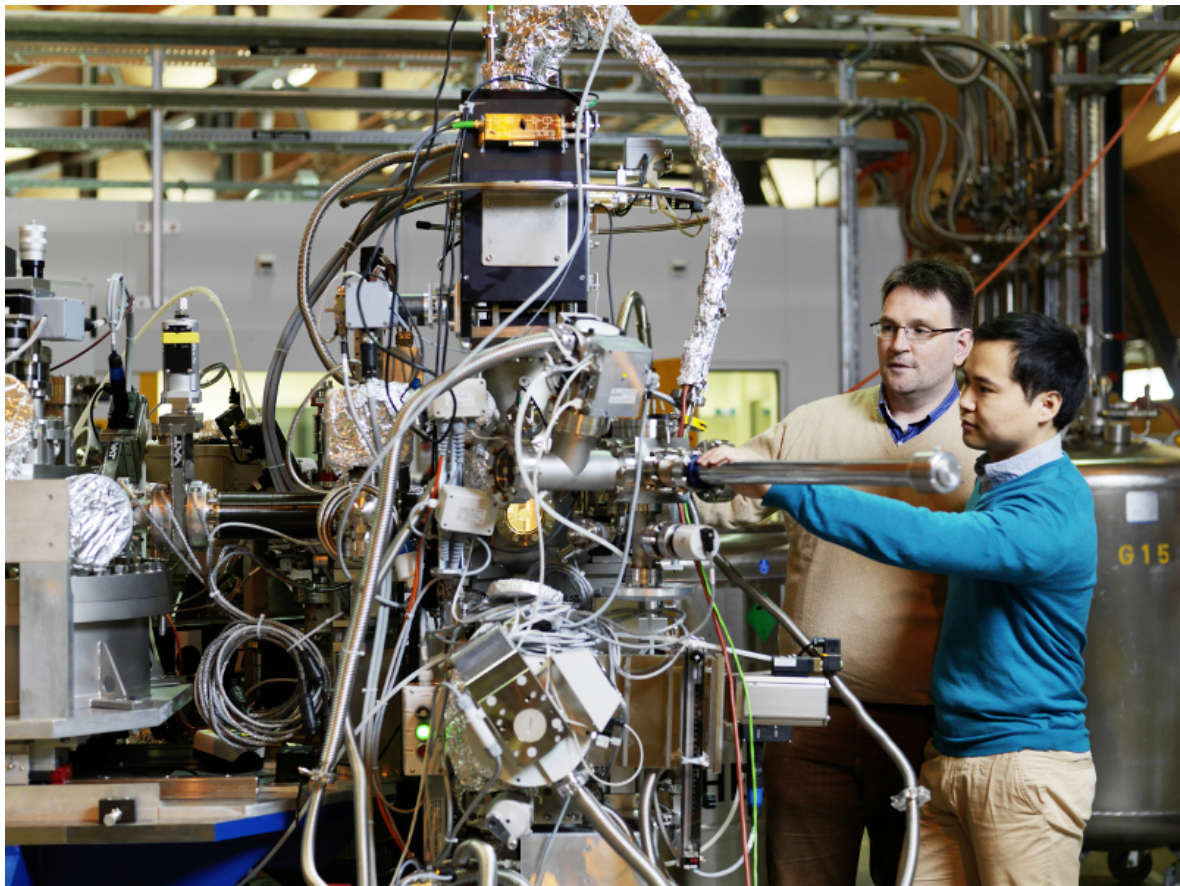


Représentation de la désintégration d'un électron en deux quasiparticules: le spinon et l'orbiton, sous l'action d'un rayonnement X. (David Hilf)

Briser un électron en plusieurs morceaux, cela paraît a priori impossible, puisqu'il s'agit d'une particule élémentaire. Et pourtant, des physiciens allemands et suisses annoncent aujourd'hui dans la revue *Nature* qu'ils ont observé la séparation d'un électron en deux entités distinctes, le spinon et l'orbiton. Il s'agit de quasiparticules dont l'existence a été théorisée depuis une quinzaine d'années.

Les électrons isolés sont des particules élémentaires qui ne peuvent pas être séparées en d'autres entités. Il en va autrement des électrons au sein d'un matériau : ils interagissent avec leur environnement et adoptent des comportements différents. Ces électrons ont trois propriétés : sa charge électrique, son spin (sa rotation qui en fait un micro-aimant), et son orbite autour du noyau atomique. Ces trois propriétés forment chacune une entité qui se propage dans une direction. Il en découle trois quasiparticules : l'orbiton, le spinon et le holon. Les deux dernières avaient déjà été observées expérimentalement il y a quelques années. C'est désormais aussi le cas de l'orbiton.

Thorsten Schmitt, de l'Institut Paul Scherrer (Suisse) et ses collègues européens ont réussi à observer la désintégration d'un électron en spinon et en orbiton dans un oxyde de cuivre (Sr_2CuO_3). Pour y parvenir, ils ont utilisé une source synchrotron, bombardant la surface de rayons X afin d'exciter les électrons, qui absorbent une partie de l'énergie. Ensuite, c'est en comparant la différence entre le rayonnement reçu et le rayonnement émis par le matériau que les physiciens déduisent les propriétés des nouvelles particules obtenues. Ou plutôt des quasiparticules car elles n'existent pas en dehors de ce matériau.



Paul Scherrer Institute - Thorsten Schmitt et un de ses collègues de l'Institut Paul Scherrer, où se trouve la source synchrotron. (Scanderbeg Sauer)

Vers une meilleure compréhension de la supraconductivité

La compréhension de cette propriété pourrait aider à la mise au point des matériaux supraconducteurs à haute température. Ces matériaux qui n'opposent aucune résistance au passage d'un courant électrique doivent être refroidis à une température proche du zéro absolu (-273°C) et les physiciens tentent de remonter le thermomètre.. Aujourd'hui le record de supraconductivité à haute température est autour de -150°C !

Document 3 : quelques liens.

Sujet	Description	Liens
synthèse	page web	http://prophychi.free.fr/ps/cours/c7.php
Expérience de Millikan	capsule vidéo (en anglais)	http://petitlien.com/6xap
Sujet de bac avec corrigé	page html	http://petitlien.com/6xaq
Charge spécifique de l'électron	animation flash (en anglais)	http://petitlien.com/6xao

Document 4. Quelques exercices.

Exercices extrait de Physique-Chimie Première S, Edition Belin, 2011

29 L'expérience de Millikan ★

Dans l'expérience historique de Robert Millikan (1911), une goutte d'huile de masse $0,87 \mu\text{g}$ et de charge $q = -10e$ tombe sous l'effet de la seule pesanteur.

1. Calculer la norme de la force gravitationnelle s'exerçant sur la goutte.

2. Dans une seconde phase de l'expérience, la goutte subit en outre une force électrostatique verticale dirigée vers le haut, de norme $F_e = 4,3 \cdot 10^{-9} \text{ N}$.

a. Pourquoi la goutte descend-elle encore dans cette phase ?

b. Quelle devrait être la valeur de la charge de la goutte pour qu'elle remonte ?

Exercices extrait de Physique-Chimie Première S, Edition Nathan, 2011

25 ★★ Charge inconnue

La valeur de la force électrique exercée par une particule A portant la charge q_A sur une particule B portant la charge q_B vaut $3,0 \times 10^{-3} \text{ N}$. Les valeurs des charges sont telles que $|q_A| = |q_B|$ et elles sont situées à une distance $d = 5,0 \text{ cm}$ l'une de l'autre.

a. Déterminer la valeur des charges.

b. D'après le calcul, peut-on conclure sur le caractère répulsif ou attractif de l'interaction électrique ?

Si non, de quelle information supplémentaire a-t-on besoin ?

c. Si on multiplie la valeur de la force par 9 et si la valeur de d reste inchangée, comment est modifiée la valeur de chaque charge ?

RÉSOLU
17

Interaction entre particules chargées

La charge élémentaire a été mesurée pour la première fois en 1909 par Millikan en observant le comportement de diverses gouttelettes d'huile différemment chargées. Nous considérons ici deux gouttelettes de $1,0 \mu\text{m}$ de diamètre portant chacune quatre électrons.

- Quelle est la nature de l'interaction existant entre les gouttelettes ?
- Dans quelle direction s'exerce-t-elle ?
- Cette interaction est attractive ? répulsive ? Justifier.
- Donner l'expression littérale de la valeur de la force F qui s'exerce entre les deux gouttelettes.
- Calculer la valeur de F si ces gouttelettes sont distantes de $1,0 \text{ mm}$.
- Pourquoi l'interaction faible n'est-elle pas également à prendre en compte ?
- Si ces particules avaient la même masse m , quelle devrait être l'ordre de grandeur de cette masse pour que l'interaction gravitationnelle soit du même ordre de grandeur que la force F de la question **e** ?
- Cette valeur vous paraît-elle plausible par rapport à la dimension de ces particules ?

18 Distance entre particules chargées

L'ion lithium Li^+ est constitué d'un noyau contenant trois protons et quatre neutrons autour duquel se trouvent deux électrons à la distance r . La valeur de la force d'interaction exercée par le noyau sur l'électron est $F = 1,73 \mu\text{N}$.

- Quelle est la nature de la force s'exerçant entre le noyau et les électrons ?
- L'interaction est-elle attractive ou répulsive ? Justifier la réponse.
- Exprimer littéralement la distance r entre le noyau et un des électrons, en fonction de K , de F , et des charges q et q' respectivement portées par le noyau et l'électron.
- Calculer la distance r .

19 Atome d'hydrogène

- Rappeler les valeurs des masses et des charges électriques de chaque particule constituant l'atome d'hydrogène.
- Quel type d'interaction est dû à la masse et quel type est dû à la charge électrique ?
- Exprimer la valeur des forces correspondantes.
- Montrer qu'il n'existe pas de distance r entre le proton et l'électron qui permette à ces deux forces d'être du même ordre de grandeur.
- Calculer ces deux valeurs pour $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$, distance entre le proton et l'électron dans l'atome d'hydrogène, et indiquer laquelle est prépondérante.

RÉSOLU
17

Interaction entre particules chargées

La charge élémentaire a été mesurée pour la première fois en 1909 par Millikan en observant le comportement de diverses gouttelettes d'huile différemment chargées. Nous considérons ici deux gouttelettes de $1,0 \mu\text{m}$ de diamètre portant chacune quatre électrons.

- a. Quelle est la nature de l'interaction existant entre les gouttelettes ?
- b. Dans quelle direction s'exerce-t-elle ?
- c. Cette interaction est attractive ? répulsive ? Justifier.
- d. Donner l'expression littérale de la valeur de la force F qui s'exerce entre les deux gouttelettes.
- e. Calculer la valeur de F si ces gouttelettes sont distantes de $1,0 \text{ mm}$.
- f. Pourquoi l'interaction faible n'est-elle pas également à prendre en compte ?
- g. Si ces particules avaient la même masse m , quelle devrait être l'ordre de grandeur de cette masse pour que l'interaction gravitationnelle soit du même ordre de grandeur que la force F de la question e ?
- h. Cette valeur vous paraît-elle plausible par rapport à la dimension de ces particules ?