

Exercice :

Dans l'expérience historique de Millikan (1911), des gouttes d'huile de masse $m = 4,0 \times 10^{-14}$ kg et de charge $q = -10e$ sont placées entre deux armatures métalliques chargées distantes de $d = 4,0$ cm selon le schéma ci-dessous.



En modifiant la tension U entre les deux armatures de manière à ce que les gouttes aient un mouvement rectiligne et uniforme, il réussit à effectuer la première mesure historique de la charge élémentaire e .

On rappelle qu'un corps est en mouvement rectiligne et uniforme s'il subit des forces qui se compensent. Dans le cas où il s'agit de deux forces de même direction, elles sont nécessairement opposées et de même valeur.

On rappelle aussi la valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ N/kg.

- 1) À quels champs la goutte d'huile va-t-elle être sensible ?
- 2) Représenter ces champs sur le schéma dans la situation où le mouvement observé des gouttes est rectiligne et uniforme.
- 3) En déduire et indiquer sur le schéma les polarités (positive ou négative) de chaque armature.
- 4) Exprimer vectoriellement les deux forces subies par la goutte d'huile en fonction des caractéristiques de celle-ci. Les représenter sur un schéma où ne figurent plus les lignes de champ.
- 5) Sachant que la tension à appliquer entre les deux armatures est $U = 9,86$ kV, déterminer la valeur e de la charge élémentaire.
- 6) La valeur de la charge élémentaire que l'on trouve dans les tables actuelles est $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C. Que peut-on alors conclure ?

Exercice :

Dans l'expérience historique de Millikan (1911), des gouttes d'huile de masse $m = 4,0 \times 10^{-14}$ kg et de charge $q = -10e$ sont placées entre deux armatures métalliques chargées distantes de $d = 4,0$ cm selon le schéma ci-dessous.



En modifiant la tension U entre les deux armatures de manière à ce que les gouttes aient un mouvement rectiligne et uniforme, il réussit à effectuer la première mesure historique de la charge élémentaire e .

On rappelle qu'un corps est en mouvement rectiligne et uniforme s'il subit des forces qui se compensent. Dans le cas où il s'agit de deux forces de même direction, elles sont nécessairement opposées et de même valeur.

On rappelle aussi la valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ N/kg.

- 1) La goutte d'huile va être sensible au champ électrique \vec{E} et au champ gravitationnel \vec{g}
- 2) Voir schéma.
- 3) Le champ électrique est toujours orienté du + vers le -. Voir schéma.
- 4) Les 2 forces subies par la goutte d'huile sont : le poids $\vec{P} = m \times \vec{g}$ et la force électrique $\vec{F} = q \times \vec{E}$
Voir schéma.
- 5) La condition à respecter est : $P = F$

$$m g = |q| E$$

$$\text{Or } E = \frac{U}{d} \text{ et } q = 10e, \text{ d'où } m g = 10 e \frac{U}{d}$$

$$\text{Donc } e = -\frac{m g d}{10 U} = \frac{4,0 \cdot 10^{-14} \times 9,81 \times 4,0 \cdot 10^{-2}}{10 \times 9,86 \cdot 10^3} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C avec } d = 4,0 \text{ cm} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{et } U = 9,86 \text{ kV} = 9,86 \cdot 10^3 \text{ V}$$

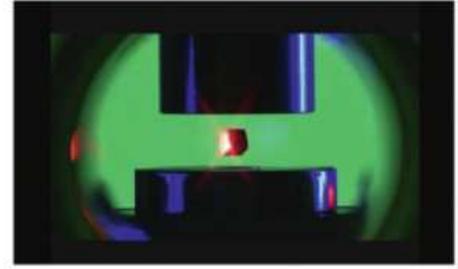
- 6) A l'époque (en 1911), Millikan a déjà trouvé la valeur actuellement admise $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

<https://www.youtube.com/watch?v=nwnjYERS66U>

62 Lévitiation électrostatique

Pour étudier certaines propriétés de la matière, il est parfois nécessaire que celle-ci ne soit pas en contact avec un support. Voilà pourquoi certains laboratoires développent la lévitiation électrostatique.

Ainsi, aux États-Unis, le département de Physique et d'astronomie de l'université de l'Iowa a conçu un four à lévitiation électrostatique, constitué d'un condensateur plan (doc.) dans lequel on place la matière chargée électriquement. On peut ensuite l'observer avec un dispositif de détection. On considérera que l'échantillon, immobile, ne subit que son poids et la force électrostatique.



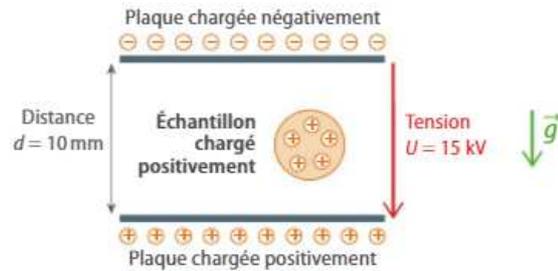
Échantillon de matière dans un four à lévitiation électrostatique.

Doc. L'échantillon analysé dans un condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles distantes de d , soumises à une tension électrique U .

Le champ électrostatique entre les plaques est alors identique en tout point, perpendiculaire aux plaques, orienté de la plaque positive vers la plaque négative, et

de norme $E = \frac{U}{d}$.



Problème

Une boule de tungstène de 2,0 mm de diamètre est chargée positivement et insérée dans le four.

Quelle charge électrique doit-elle porter pour être en lévitation électrostatique ?

Données

- Norme du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Volume d'une boule de rayon r : $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
- Masse volumique du tungstène : $\rho = 19,3 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

62 Le volume de la boule est $V = \frac{4}{3} \pi r^3$, donc sa masse est $m = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$:

$$m = 19,3 \cdot 10^3 \times \frac{4}{3} \pi \times (1,0 \times 10^{-3})^3 = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

Le poids de la boule a donc pour norme $P = mg$:

$$P = 8,1 \cdot 10^{-5} \times 9,81 = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

La boule est immobile. D'après le principe d'inertie, les forces qu'elle subit se compensent. La force électrostatique \vec{F} qu'elle subit doit donc être opposée à son poids, donc avoir même norme :

$$F = P \\ F = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Par ailleurs, la tension entre les plaques est $U = 15 \times 10^3 \text{ V}$ et la distance entre les plaques est $d = 10 \times 10^{-3} \text{ m}$ d'après le document 1. Le document 2 permet donc de calculer la norme du champ électrostatique régnant entre les plaques :

$$E = \frac{U}{d} = \frac{15 \times 10^3}{10 \times 10^{-3}} = 1,5 \times 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

La charge électrostatique portée par la boule est donc :

$$q = \frac{F}{E} = \frac{7,9 \cdot 10^{-4}}{1,5 \times 10^6} = 5,3 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$