

Réaliser et interpréter des expériences simples d'électrisation

Objectifs

- Réaliser des expériences d'électrisation par frottement.
- Connaître la différence entre un conducteur et un isolant.
- Savoir interpréter ces notions en termes de charges.

I Electrification par frottement

- a. Frotter une règle en plastique avec un tissu en coton ou avec une fourrure et l'approcher de la petite sphère d'un pendule électrostatique. (Attention à ne pas toucher la boule avec la règle. S'il y a eu contact, décharger la sphère avec la main avant de recommencer).

Qu'observe-t-on ?

.....
.....

- b. S'agit-il d'une action de contact ou d'une action à distance ?

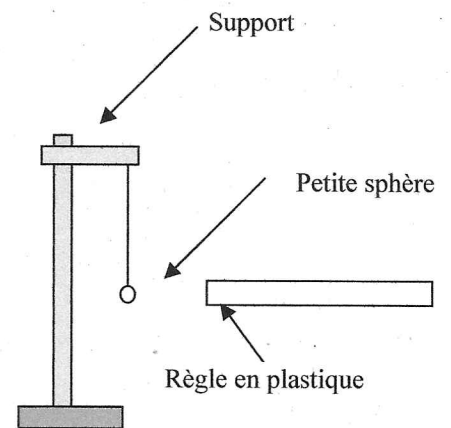
.....

- c. L'action exercée par la règle et subie par la sphère dépend-elle de leur distance mutuelle ?

.....

- d- S'agit-il d'une attraction ou d'une répulsion ?

.....



Commentaires historiques

Après frottement, la règle ou le corps du stylo présentent la même faculté d'attirer des corps légers qu'un morceau d'ambre frottée : ils sont dits « électrisés » par frottement. Initialement neutres, ils se sont chargés en électricité : une charge électrique s'accumule sur la surface frottée.

Dès 600 avant Jésus-Christ, Thalès de Milet rapporte l'observation de l'attraction de corps légers, tels que des petits fétus de paille ou de petits fragments de plume, par un bâton d'ambre jaune (résine fossile de conifères utilisée en bijouterie) frottée. Le terme électricité vient du mot grec *ēlektron* qui signifie « ambre ». L'adjectif « électrique » est introduit à la fin du XVI^e siècle par le savant anglais William Gilbert (*De magnete*, 1600).

II Caractère isolant ou conducteur d'un matériau

- a. Premier constat. Tous les corps s'électrisent-ils par frottement ? Par expérience, il ne revient pas au même de se coiffer avec un peigne métallique qu'avec un peigne en matière synthétique. Avec le premier les cheveux restent davantage plaqués au cuir chevelu tandis qu'avec le second la chevelure gonfle davantage.
- b. Utiliser une tige métallique (cuivre, fer, etc.) et, après l'avoir frottée énergiquement, l'approcher de la sphère. Cette dernière subit-elle une action au cours de l'approche de la tige métallique ?
.....
- c. Toutes les substances ont-elles le même comportement électrique ?
.....
.....
- d. A quelle catégorie appartiennent les substances qui agissent sur la sphère après frottement : substances isolantes ou substances conductrices ?
.....
- e. Dans le cas d'un conducteur, les charges électriques apparues par frottement à la surface de la partie frottée pourraient-elles s'y maintenir ?
.....
.....
- f. D'où vient la différence entre isolants et conducteurs ?
.....

Commentaires historiques

Après frottement, tous les corps ne présentent pas la même faculté d'attirer des corps légers. Ceux qui présentent cette faculté sont qualifiés d'**isolants**. Les autres, de **conducteurs**.

L'anglais Stephen Grey (1666-1736) fut l'un des premiers à classer les matériaux suivant deux catégories : les isolants comme le verre, la résine, la soie et les conducteurs comme le métal, le chanvre, le corps humain.

La différence entre un isolant et un conducteur provient de la mobilité des charges dans le matériau. Dans un isolant, une charge microscopique reçue en un endroit reste confinée dans la zone où elle a été déposée tandis que dans un conducteur, cette même charge peut s'y déplacer librement. Cependant, la différence n'est pas toujours nette : il n'existe pas d'isolant parfait. Ainsi, l'eau est mauvaise conductrice comparée au cuivre mais bonne conductrice comparée au téflon.

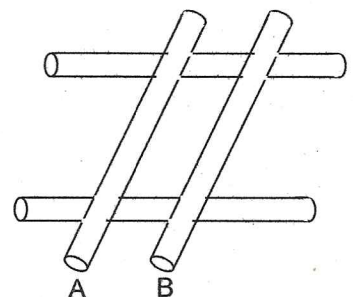
III Les deux sortes d'électricité

A la force électrique exercée par la partie frottée d'un matériau isolant sur un corps léger est associée une caractéristique appelée charge électrique. Existe-t-il plusieurs sortes de charges électriques ?

1) Expérience 1

- a. Sur deux rails isolants (deux pailles par exemple) placer une paille A préalablement frottée avec un tissu en coton.

Frotter avec le même tissu une seconde paille et placer cette seconde paille B sur les rails. En la poussant avec l'ongle de manière à la maintenir parallèle à la première, cherchez à la rapprocher et observez.



b. Qu'observe-t-on ?

.....

c. Comment qualifie-t-on les actions de B sur A et de A sur B ?

.....

2) Expérience 2

a. Replacer la première paille après l'avoir rechargée par frottement avec le tissu précédent et recommencer la même expérience qu'en premièrement avec une tige de verre préalablement chargée par frottement avec un tissu en soie ou en laine.

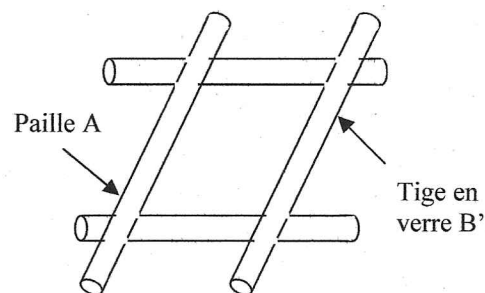
Approchez lentement et observez.

b. Qu'observe-t-on ?

.....

c. La charge électrique portée par la tige de verre diffère-t-elle de celle portée par la paille ?

.....



3) Expérience 3

Reprendre l'expérience du 1°) avec deux tiges de verre frottées de la même manière.

Les deux tiges s'attirent-elles ou se repoussent-elles ?

.....

4) Conclusion

a. Quelles sont les deux « sortes » d'électricité ?

.....

.....

b. Dans quel cas y a-t-il attraction ?

.....

c. Dans quel cas y a-t-il répulsion ?

.....

Lorsqu'on frotte une tige de verre avec un tissu en laine ou en soie il apparaît une charge positive sur la partie frottée du verre.

d. Apparaît-il une charge sur la partie frottée du tissu ?

.....

e. Quel est son signe ?

.....

f. Reste-t-elle localisée sur la partie frottée du tissu ?

.....

g. Y a-t-il eu création ou transfert de charges ?

.....

h. Quel principe de physique doit être respecté ?

Commentaires historiques

Charles Dufay (1698-1739), botaniste français, nota le premier, vers 1733, l'existence de deux « électricités » : l'une obtenue en frottant du verre, l'autre obtenue en frottant des corps résineux. Quelques années après, Benjamin Franklin (1706-1790) les appela électricités positive et négative, choisissant arbitrairement d'appeler positive l'électricité portée par une tige de verre frottée avec un morceau de soie⁽¹⁾. Dans le langage actuel, nous retiendrons que « deux charges de même signe se repoussent et deux charges de signes contraires s'attirent ».

Benjamin Franklin interpréta le phénomène d'électrisation à partir du principe de conservation de la charge électrique, précédemment mis en évidence par William Watson, physicien anglais. La charge totale (somme algébrique des charges positives et négatives) dans un système isolé est constante.

Mis en contact, deux corps frottés se chargent d'électricité de signe contraire. Les électrons des couches externes des atomes étant les charges les moins liées, il y a transfert d'électrons d'une substance vers l'autre, les parties frottées se chargeant d'électricité de signe contraire.

1. Le signe de la charge électrique qui apparaît sur un corps frotté dépend de sa nature, mais aussi de la nature du matériau avec lequel on le frotte. Les atomes des divers éléments chimiques qui composent la nature n'ont pas tous la même affinité pour les électrons. Une substance placée en contact avec une deuxième substance, peut en attirer des électrons et se charger négativement, mais peut, au contact d'une autre substance se comporter vis-à-vis de cette dernière comme donneuse d'électrons et se charger positivement. Ainsi, de l'ambre frottée avec un morceau de laine ou de soie se charge négativement, tandis que, frottée avec un matériau en cellulose, elle se charge positivement.

IV Influence de la distance et de la charge sur la force électrique

a. Comment les observations précédentes permettent-elles de préciser si l'intensité de la force électrique augmente ou diminue lorsque la charge électrique augmente ?

b. Quelle est l'influence de la distance sur la force électrique ?

c. Ces observations sont-elles compatibles avec la loi de Coulomb ?

d. Connaissez-vous un autre exemple d'interaction à distance ?

Commentaires historiques

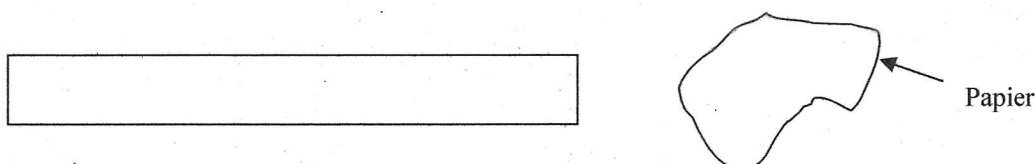
Dès 1760, Bernouilli vérifie la compatibilité avec une loi de force en $1/r^2$. Ami de Benjamin Franklin, Joseph Priestley (1733-1804), connu pour sa découverte de l'oxygène, a l'intuition que la dépendance spatiale de la force entre deux charges est en $1/r^2$. Cependant, c'est Charles Coulomb (1736-1806) qui, à l'aide d'une balance de torsion, dispositif expérimental utilisant un fil de torsion et permettant de mesurer des forces faibles, détermina l'expression de la loi de force aujourd'hui appelée loi de Coulomb (1785). Le dispositif de la balance de Coulomb, repris par Cavendish (1731-1810), allait permettre la détermination de la constante universelle de gravitation. En effet, l'expression mathématique de la force électrique est formellement identique à l'expression de la force de gravitation de Newton (1642-1727) qui s'exerce entre deux masses ponctuelles et varie comme elle en $1/r^2$.

V Interprétation de l'interaction d'un corps chargé sur un corps isolant, puis sur un corps conducteur

L'attraction de la paille non chargée par une autre paille frottée ou par la baguette de verre frottée n'est pas simple à expliquer. En effet, la paille non frottée est électriquement neutre : elle n'est pas chargée. Toutefois, constituée d'atomes, elle possède des charges négatives et positives en quantités égales. Lorsqu'on approche un corps chargé, la position de certaines charges à l'intérieur de la paille est légèrement modifiée (phénomène d'*influence avec déplacement des charges* dans un conducteur ou *polarisation* dans

un isolant). Par exemple, si on approche de la paille une règle en plastique chargée négativement par frottement avec un morceau de drap pur coton, des charges positives sont attirées tandis que des charges négatives sont repoussées. Les charges positives sont alors plus proches de la règle que les charges négatives. Comme l'intensité de la force électrique décroît avec la distance, les charges négatives de la règle sont plus proches des charges positives de la paille que de ses charges négatives: l'attraction l'emporte. Ce raisonnement peut être reproduit dans le cas de l'approche d'une baguette de verre chargée positivement par frottement avec de la laine. Cette fois, les charges positives de la baguette de verre sont plus proches des charges négatives de la paille et l'attraction l'emporte encore. **Dans tous les cas, l'action d'un corps isolant chargé sur un autre corps isolant est une attraction.**

- a. Faire un schéma illustrant cette explication dans le cas où le corps chargé est une règle en plastique- isolant.



- b. Un pendule électrique est formé d'un petit disque en aluminium relié par un fil de nylon à une potence en matière plastique. Approcher du disque en aluminium la paille frottée avec du papier.

- Décrire et schématiser le phénomène observé. Combien d'étapes comporte-t-il ?

.....

.....

- Avec ce qui a été dit précédemment, essayer d'expliquer ce qu'il se passe (schématiser les différentes étapes).

