AlloSchool

Physique et Chimie : 1ère Année Bac

Séance 15 (Champ électrostatique)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Électrisation de la matière

1-1/ Électrisation par frottement

1-2/ Électrisation par contact

1-3/ Électrisation par influence

II- Interaction électrostatique : Loi de Coulomb

2-1/ Énoncé de la Loi de coulomb

2-2/ Formule mathématiques de la loi de coulomb

2-3/ Force électrostatique et force gravitationnelle

III- Le champ électrostatique

3-1/ Définition du champ électrostatique

3-2/ Définition du vecteur champ électrostatique

3-3/ Caractéristiques du vecteur champ électrostatique

3-4/ Superposition du champ électrostatique

IV- Spectre du champ électrostatique

V- Champ électrostatique uniforme

VI- Exercices

6-1/ Exercice 1

6-2/ Exercice 2

6-3/ Exercice 3

6-4/ Exercice 4

I- Électrisation de la matière

1-1/ Électrisation par frottement

Certaines corps "peigne, règle, stylo, ...", lorsqu’on les frotte, sont susceptibles de provoquer des phénomènes surprenants : ils deviennent capable d'attirer des petits corps légers on dit qu'il sont électrisés par frottement.

L’électrisation par frottement résulte d’un transfert d’électrons d’un corps vers un autre :

- Un corps chargé positivement possède un défaut d’électrons.
- Un corps chargé négativement possède un excès d’électrons.

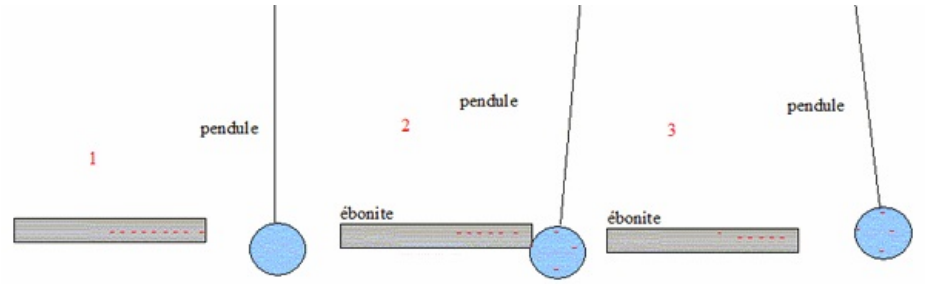
1-2/ Électrisation par contact

Un pendule électrostatique est constitué d'une boule légère (moelle de sureau, polystyrène expansé...) recouverte d'une couche conductrice (feuille d'aluminium, graphite) suspendue à une potence par un fil.

Lorsqu'on approche une baguette électrisée du pendule, la boule est attirée par la baguette.

Après contact avec la baguette, la boule est repoussée.

La boule est repoussée parce qu'elle s'est électrisée par contact avec la baguette.

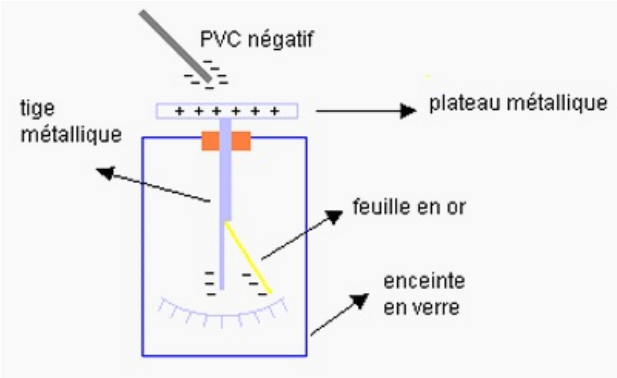


1-3/ Électrisation par influence

Approchons un baton de PVC chargé négativement du plateau d'un électroscope.

Les électrons négatifs du bâton de PVC repoussent les électrons libres du plateau métallique vers le bas de l'électroscope. Le plateau devient positif alors que la feuille d'or et le bas de la tige métallique deviennent négatifs. La feuille d'or est repoussée par le bas de la tige car ces deux parties sont négatives. Globalement l'électroscope est resté électriquement neutre.

Cette électrisation par influence cesse dès que l'on éloigne le bâton de PVC de l'électroscope.



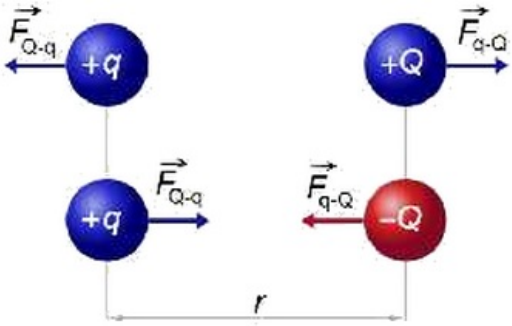
II- Interaction électrostatique : Loi de Coulomb

2-1/ Énoncé de la Loi de coulomb

> « L'intensité de la force électrostatique entre deux charges électriques est proportionnelle au produit des deux charges et est inversement proportionnelle au carré de la distance entre les deux charges. La force est portée par la droite passant par les deux charges. »

La loi de Coulomb est valable pour des charges au repos ou à la limite en mouvement relatif lent. Elle est aussi valable dans le vide.

2-2/ Formule mathématiques de la loi de coulomb



- Cas 1 : $\overrightarrow{F_{q/Q}}$ et $\overrightarrow{F_{Q/q}}$ sont répulsives
- Cas 2 : $\overrightarrow{F_{q/Q}}$ et $\overrightarrow{F_{Q/q}}$ sont attractives

$$F_{q/Q} = F_{Q/q} = K \times \frac{|Q|.|q|}{r^2}$$

- $F_{q/Q}$: Intensité de la force exercée par la charge Q sur la charge q (N)
- $F_{Q/q}$: Intensité de la force exercée par la charge q sur la charge Q (N)
- r : Distance (m)
- K : Constante de coulomb $\left(K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9 m^3.Kg.s^{-2}.C^{-2}\right)$

2-3/ Force électrostatique et force gravitationnelle

INTENSITE DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE	INTENSITE DE LA FORCE GRAVITATIONNELLE
$F_{A/B} = F_{B/A} = K \times \frac{\lvert q_A \rvert \times \lvert q_B \rvert}{d^2}$	$F_{A/B} = F_{B/A} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$
$\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sont attractives ou répulsives selon les charges q_A et q_B.	$\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sont toujours attractives

III- Le champ électrostatique

3-1/ Définition du champ électrostatique

Toute région de l'espace où une charge électrique q est soumise à une force électrostatique, est le siège d'un champ électrique.

3-2/ Définition du vecteur champ électrostatique

Pour définir le champ électrostatique en un point de l'espace, on y place une petite charge d'essai positive q et on regarde la force de Coulomb $\overrightarrow{F}$ qui s'exerce sur elle, due à la présence des charges électrostatiques environnantes qui créent le champ électrostatique.

Le champ électrostatique en ce point est défini comme la force par unité de charge :

$$\overrightarrow{E} = \frac{\overrightarrow{F}}{q} \quad (q > 0)$$

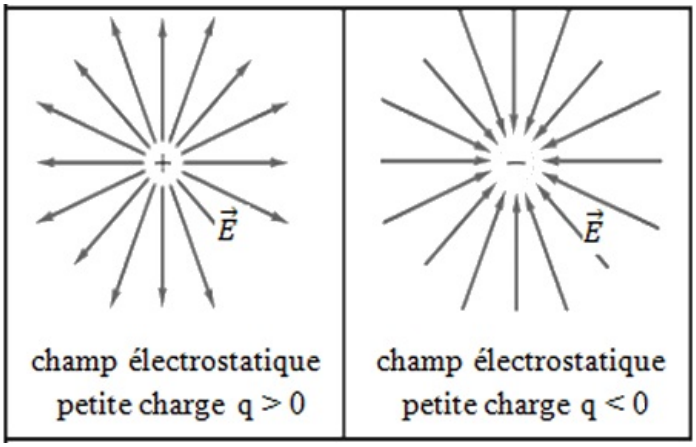
Le champ électrostatique est donc une grandeur vectorielle.

L'unité SI de champ électrostatique est le newton par coulomb (N/C).

A une distance r d'une charge ponctuelle Q, le champ électrostatique est donné par la loi de Coulomb :

$$E = K.\frac{Q}{r^2}$$

Le champ électrostatique tout comme la force de Coulomb est radial, il s'éloigne de la charge Q si celle-ci est positive et se dirige vers celle-ci si elle est négative.



champ électrostatique petite charge q > 0 | champ électrostatique petite charge q < 0

3-3/ Caractéristiques du vecteur champ électrostatique

Intensité

–

$E = \frac{F}{|q|}$

Direction

La même que celle de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$.

Sens

Si $q > 0$: celui de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$.

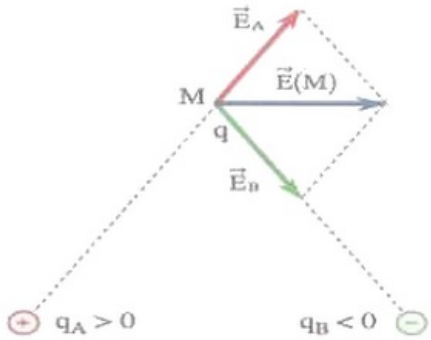
Si $q < 0$: opposé à celui de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$.

3-4/ Superposition du champ électrostatique

On place au point S_A une charge q_A, et en S_B une charge q_B.

Le champ électrostatique total créé par l'ensemble de ces charges en un point P quelconque de l'espace est la somme vectorielle des champ électrostatique crée par chaque charge :

$$\overrightarrow{E} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B}$$

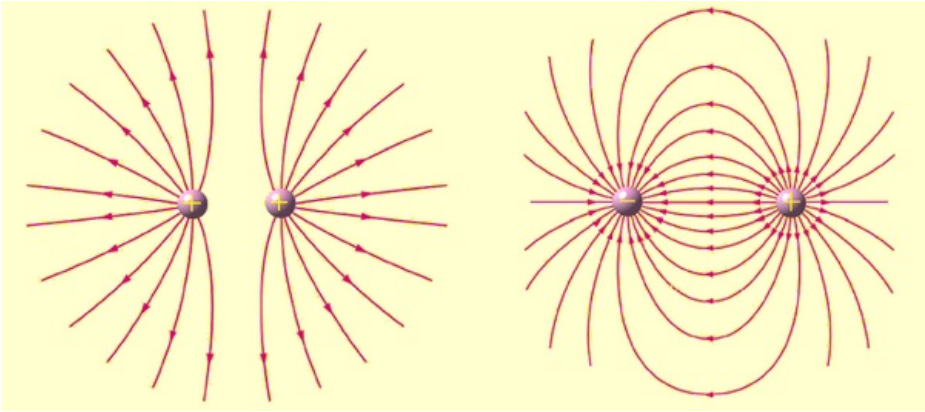


IV- Spectre du champ électrostatique

Les lignes de champ électrostatique sont des lignes tangentes, dans une région de l'espace, au vecteur champ électrostatique et dirigées suivant ce vecteur.

Les lignes de champ électrostatiques vérifient les propriétés suivantes :

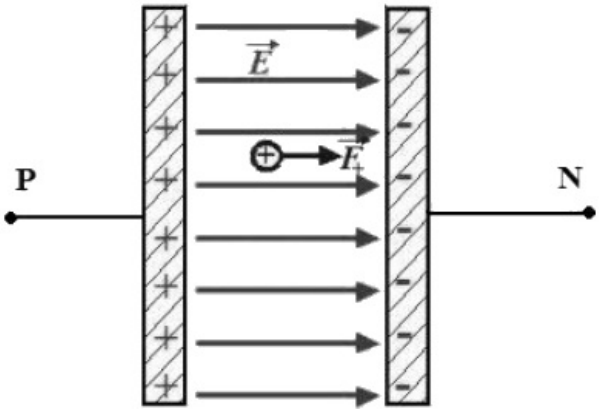
- Elles vont toujours des charges positives vers les charges négatives : les charges positives « émettent » des lignes de champ et les charges négatives « absorbent » des lignes de champ.
- Le nombre de lignes qui partent d'une charge ou qui se dirigent vers elles est proportionnel à la valeur de la charge.



V- Champ électrostatique uniforme

Un champ électrostatique E est dit uniforme s'il est constant en module, en sens et en direction en tout point de l'espace où règne le champ.

On retrouve un tel champ entre deux plages métalliques planes et parallèles sur lesquelles on a apporté des charges électrostatiques de signe contraire :



Le champ électrostatique est toujours dirigé de la plaque positive vers la plaque négative, et les lignes de champ sont toujours parallèles.

VI- Exercices

6-1/ Exercice 1

On considère trois charges q_1, q_2 et q_3 situées aux sommets d'un triangle équilatéral de côté $r = 4\ cm$.

On donne : $q_1 = 3.10^{-8}C$, $q_2 = -3.10^{-8}C$ et $q_3 = 3.10^{-8}C$; $k = 9.10^9 S.I.$

1. Calculer les valeurs des deux forces électriques qui s'exercent sur la charge q_1 en présence des charges q_2 et q_3.
2. Déterminer la valeur de la force équivalente exercée sur la charge q_1.

6-2/ Exercice 2

Deux corps électrisés, supposés ponctuels portent deux charges identiques de valeur $q = 2.10^{-8}C$. Ils sont placés en deux points A et B distants de $d = 6cm$.

En un point P de la médiatrice du segment AB, on place une autre charge $q' = 10^{-8}C$.

1. Représenter la force électrique équivalente s'exerçant sur la charge q'.
2. Calculer sa valeur sachant que les points A, B et P formant un triangle équilatéral. On donne : $k = 9.10^9 S.I$.
3. Prouver qu'il existe un point M de la médiatrice de AB, tel que la force électrique équivalente est nulle. Préciser M.

6-3/ Exercice 3

Une petite boule en polystyrène de masse $m = 0,1g$, portant une charge $q = 10^{-8}C$ est placée sur un support isolant horizontal.

On place au-dessus de la boule un bâton d'ébonite dont l'extrémité porte une charge $q' = -4q$ et se trouvant à une distance $r = 10\ cm$.

On donne : $g = 10N/Kg$ et $k = 9.10^9 S.I$

1. Prouver que la force électrique est insuffisante pour soulever la boule.
2. Pour quelles valeurs de la distance r, la boule de polystyrène peut se déplacer verticalement vers l'extrémité du bâton d'ébonite électrisé ?

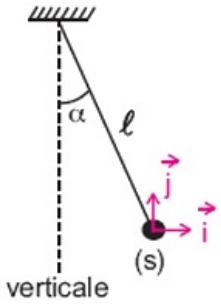
6-4/ Exercice 4

Une sphère (S) assimilable à un corps ponctuel est attachée à un fil de longueur l'inextensible et de masse négligeable.

La sphère de masse m porte une charge q négative.

L'ensemble {fil,(S)} constitue un pendule électrique.

Placé dans une région où règne un champ électrique uniforme $\overrightarrow{E}$ horizontal, le fil occupe une position d'équilibre inclinée d'un angle α par rapport à la verticale et la sphère occupe la position O origine du repère d'espace $\left(O, \overrightarrow{i}, \overrightarrow{j}\right)$:



1. Préciser toutes les forces qui s'exercent sur (S) et représenter les vecteurs force associés à partir de l'origine O.
2. Déterminer le sens du vecteur champ électrique uniforme $\overrightarrow{E}$.
3. Appliquer la condition d'équilibre au système $\{(S)\}$ et écrire la relation entre les vecteurs force. Effectuer les projections de cette relation sur les axes $\left(O, \overrightarrow{i}\right)$ et $\left(O, \overrightarrow{j}\right)$.

4. En déduire l'expression littérale de E puis celle de la norme de la tension T du fil.
5. Calculer la valeur de E et celle de T.

Données : $m = 2,5g$; $q = -0,5\mu C$; $\alpha = 10^\circ$ et $g = 9,8N.kg^{-1}$