

Force et champ électrostatiques

Exercice 75

Soient deux charges immobiles placées dans le vide en A ($q_1 = -10^{-8}$ C) et en B ($q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ C). La distance $AB = 5$ cm.

- 1) Calculer la valeur du champ électrostatique en un point M, situé à 3 cm de A et 4 cm de B (le triangle AMB étant rectangle en M).
Déterminer l'angle α que fait le vecteur champ en M avec la direction AM.
- 2) Calculer la force qui s'exerce sur la charge q_1 située en A en présence de la charge q_2 supposée fixe en B.

Cet exercice peut être fait à partir des composantes des vecteurs, par exemple, dans un repère orthonormé d'origine O confondue avec M.

Exercice 76

Dans une région de l'espace, où tout point M est repéré dans un repère orthonormal $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, on superpose deux champs uniformes représentés par les vecteurs $\vec{E}_1 = 10^3 \vec{i}$ et $\vec{E}_2 = 4 \cdot 10^3 \vec{j}$. L'unité de champ électrique est le V/m.

- 1) Montrer qu'en tout point de cette région de l'espace il existe un champ électrostatique uniforme.
Déterminer sa norme $\|\vec{E}\|$ et l'angle $\alpha = (\vec{i}, \vec{E})$.
- 2) Calculer la force subie par un ion Cu^{2+} placé en un point de ce champ.
On déterminera la norme $\|\vec{F}\|$ et l'angle $\beta = (\vec{i}, \vec{F})$.

Exercice 77

- 1) Un pendule électrique double est formé de deux petites boules conductrices de centres A et B, suspendues par des fils de coton en un point O.
On a $OA = OB = a$. La masse d'une boule est m . On électrise chacune des boules de la même façon.
Exprimer la charge de l'une d'elles en fonction de l'angle α , a , m (voir figure).
Application numérique : $2\alpha = 60^\circ$; $a = 20$ cm ; $m = 1$ g ; $g = 10$ N/kg.
- 2) On considère maintenant trois pendules identiques de longueur a , suspendus en un même point O. Les petites boules de ces pendules portent la même charge q et ont la même masse m .
On appelle R le rayon de la circonférence passant par ces trois boules.
Exprimer q en fonction de m , a , R .
Application numérique : $R = 10$ cm.
- 3) Répondre à la même question avec quatre pendules identiques.

Exercice 78

On considère un ensemble de deux charges ponctuelles $+q$ et $-q$ situées respectivement en deux points A et B de l'espace. $AB = 2a$, O est au milieu de AB.

- 1) Evaluer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique en un point quelconque de la droite AB (entre A et B, et à l'extérieur du segment AB) situé à la distance x de O.

Existe-t-il un point de cette droite tel que $\vec{E} = \vec{0}$?

Quelle est la valeur du champ en O ?

- 2) Même question pour un point de la médiatrice de AB, situé à la distance y du point O.

Application numérique : $a = 4 \text{ cm}$; $q = 10^{-6} \text{ C}$; $x = 5 \text{ cm}$ et $x = 3 \text{ cm}$; $y = 3 \text{ cm}$.

Exercice 79

Deux charges ponctuelles, $q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ et $q' = -3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, se trouvent à une distance $AB = 10 \text{ cm}$ l'une de l'autre.

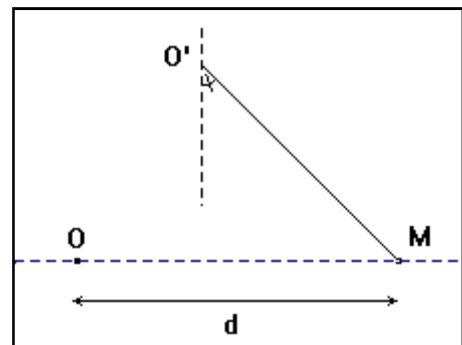
Déterminer les caractéristiques du champ électrostatique :

- 1) en un point O situé à mi-distance entre ces charges ;
- 2) en un point P situé sur la droite AB, tel que $OP = 15 \text{ cm}$;
- 3) en un point Q situé sur la médiatrice de AB tel que $OQ = 5 \text{ cm}$;
- 4) en un point M situé à 8 cm de la charge q et à 6 cm de la charge q' .

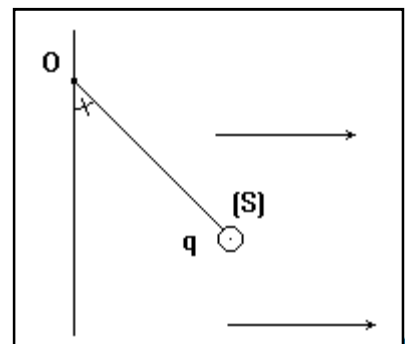
Exercice 80

A l'aide d'un dispositif adéquat, une charge ponctuelle Q est fixée en un point O. Un pendule électrostatique est formé d'une petite sphère légère métallisée, de masse $m = 1,5 \text{ g}$, suspendue par l'intermédiaire d'un fil isolant en O' . Lorsque la petite sphère porte une charge q , on constate que le fil du pendule dévie d'un angle $\theta = 10^\circ$ par rapport à la verticale.

- 1) Calculer l'intensité de la force électrostatique F à laquelle est soumise la petite sphère.
- 2) En déduire les caractéristiques du vecteur champ \vec{E} créé au point M par la charge ponctuelle Q . On donne la valeur de la charge $q = -17,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
- 3) Quels sont le signe et la valeur numérique de Q ? On donne la distance OM égale à $d = 30 \text{ cm}$.

**Exercice 81**

Une petite sphère de centre S est attachée au point O par un fil isolant de masse négligeable et de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$. La sphère, de masse $m = 5 \cdot 10^{-2} \text{ g}$, porte la charge électrique q .

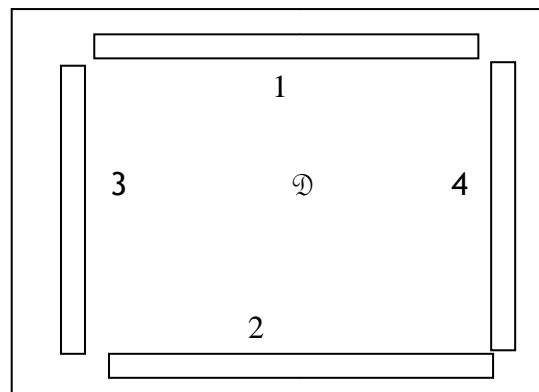


- 1) On la soumet à un champ électrostatique uniforme \vec{E} , horizontal, orienté comme l'indique la figure. Le fil s'incline alors d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à la verticale. En déduire la valeur de la charge électrique q .
- Intensité du champ électrostatique : $E = 10^3 \text{ V/m}$.
- 2) On superpose au champ électrostatique précédent un autre champ électrique uniforme \vec{E}' , vertical. Quels doivent être le sens et l'intensité du champ \vec{E}' pour que le fil s'incline sur la verticale d'un angle $\alpha' = 20^\circ$?
- 3) Quelle serait l'inclinaison α'' du fil si l'on changeait le sens du champ \vec{E}' sans modifier son sens ?

Exercice 82

Les armatures de deux condensateurs plans sont disposées, comme l'indique la figure, selon les côtés d'un carré de côté a . Les armatures (1) et (2) sont reliées respectivement, aux pôles - et + d'un générateur délivrant une haute tension continue. Elles créent dans le domaine D un champ électrostatique \vec{E}_1 d'intensité $E_1 = 15 \text{ kV/m}$.

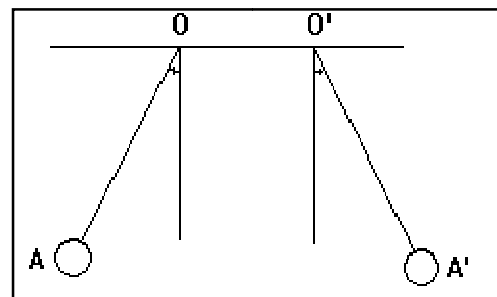
Les armatures (3) et (4) sont connectées, respectivement, aux pôles + et - d'un second générateur haute tension. Elles créent, seules, un champ électrostatique \vec{E}_2 . Une charge électrique $q = 20 \text{ } \mu\text{C}$ placée dans le domaine D est soumise, lorsque les deux générateurs sont branchés, à une force électrique \vec{f}_e d'intensité $0,5 \text{ N}$.



- 1) Donner la direction et le sens de \vec{E}_1 et \vec{E}_2 .
- 2) Quelle est l'intensité du champ \vec{E}_2 et celle du champ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$?
- 3) Quels seraient la direction, le sens et l'intensité de la force électrostatique \vec{f}_e que subirait la charge q précédente si les champs devenaient $\vec{E}_1 = 2\vec{E}_1$ et $\vec{E}_2 = -\frac{\vec{E}_2}{2}$?

Exercice 83

Deux pendules électrostatiques identiques ont chacun une longueur $\ell = 10 \text{ cm}$ et une masse $m = 1 \text{ g}$. Ils portent la même charge q et sont au voisinage l'un de l'autre. Disposés comme l'indique la figure, ils s'écartent de la verticale d'un même angle.



- 1) Déterminer la valeur de la charge q . On donne $AA' = 7 \text{ cm}$, $OO' = 5 \text{ cm}$.
- 2) Sachant que $q < 0$, représenter le vecteur champ électrique créé en M, milieu de OO' , par ce système et calculer son intensité.

Exercice 84

Deux petites sphères métalliques et identiques sont fixées aux extrémités A et B d'une barre. On a : $AO = OB = \ell$.

Les sphères sont chargées et portent respectivement les charges q et $-q$. on introduit ce dispositif entre deux plaques parallèles. Lorsque celles-ci sont branchées à la terre, la barre AOB est parallèle aux plaques, et le fil n'est pas tordu. Lorsque les plaques sont branchées à un générateur haute tension, il existe un champ électrostatique uniforme \vec{E} perpendiculaire aux plaques. La barre OAB fait alors un angle α avec la direction précédente et reste horizontale.

- 1) Calculer en fonction de ℓ , α , q et $E = \|\vec{E}\|$ le moment des forces électrostatiques par rapport à l'axe de rotation du dispositif.
- 2) Calculer le moment du poids du système par rapport à l'axe de rotation.
- 3) Le dispositif étant en équilibre, le fil de torsion exerce des actions mécaniques dont le moment par rapport à l'axe de rotation est proportionnel à l'axe de rotation α : $|M_{\Delta}| = C.\alpha$ avec $C = 13,510^{-3} \text{ N.m.rad}^{-1}$.

Calculer q sachant que : $E = 272 \text{ V/m}$; $\ell = 15 \text{ cm}$; $\alpha = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$.

Exercice 85

- 1) Une boule de très petite dimension, et de masse 1 g , est placée dans un champ électrostatique vertical. Elle porte une charge $q = -1 \text{ mC}$. Quelles doivent être les caractéristiques du champ pour que la boule reste en équilibre ?
- 2) La boule pourrait-elle être en équilibre dans un champ vertical si elle portait la charge $q' = 1 \text{ mC}$?

Exercice 86

Trois charges électriques ponctuelles ont même valeur : $1 \mu\text{C}$. Elles occupent les sommets d'un triangle équilatéral de 10 cm de côté.

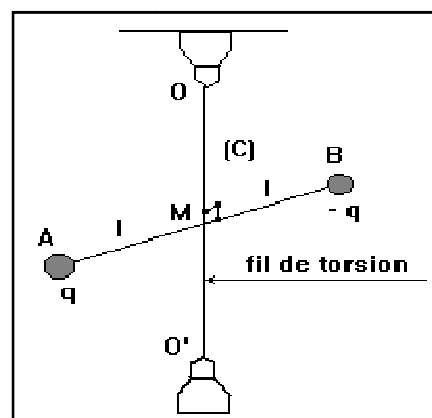
- 1) Déterminer le champ électrostatique au milieu de chaque côté du triangle.
- 2) Quel est le champ électrostatique qui en résulte au point de concours des médianes du triangle ?

Exercice 87

Un fil de torsion OO' , vertical, de constante de torsion $C = 1,65.10^{-4} \text{ N.m.rad}^{-1}$, est soudé en son milieu M à une tige horizontale isolante dont les extrémités A et B portent deux sphères de dimensions négligeables.

$MA = MB = \ell = 5 \text{ cm}$.

- 1) On apporte la charge électrique q sur la sphère A et la charge $-q$ sur la sphère B. Cela provoque-t-il une torsion du fil OO' ?
- 2) Les charges étant en place, le dispositif précédent est soumis à un champ électrique \vec{E} , uniforme, horizontal et perpendiculaire à la direction initiale de la tige AB.



Son intensité E vaut $5 \cdot 10^4$ V/m. il en résulte une torsion du fil OO' qui, à l'équilibre, a pour valeur $\alpha = 30^\circ$.

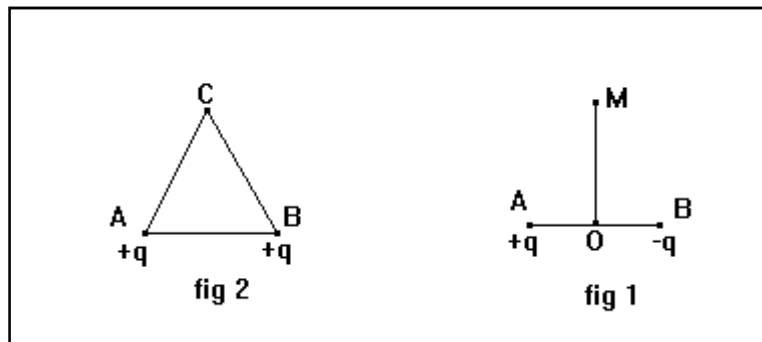
- Expliquer qualitativement le phénomène observé.
 - En déduire la valeur de la charge q .
- 3) Que se passerait-il :
- si l'on plaçait en A la charge $-q$ et en B la charge q ;
 - si l'on plaçait en A et B la même charge q ?

Exercice 88

- 1) Une charge $q = 5 \cdot 10^{-9}$ C est placée en un point A à la distance $2a = 2$ cm d'une charge $-q$ placée en B (figure 1).

Déterminer le champ électrostatique \vec{E} au point M situé sur la médiatrice de AB, à une distance $OM = 3$ cm du milieu O de AB.

- 2) Le triangle ABC (figure 2) est équilatéral, de côté 2 cm. En A et B on place deux charge ponctuelle identique de valeur $q = 4 \cdot 10^{-9}$ C.
- a) Déterminer le champ électrostatique \vec{E} crée au point C.
- b) On place une charge $q' = -2 \cdot 10^{-9}$ C au point C. Déterminer la direction, le sens et l'intensité de la force \vec{F} subie par la charge q' .



Exercice 89

En deux points A et B de l'espace se trouvent deux charges ponctuelles respectivement q et $\frac{q}{4}$; $AB = 60$ cm. Une petite boule C peut se déplacer selon la

direction AB, entre A et B ; elle porte une charge $\frac{q}{2}$.

- 1) Trouver la position d'équilibre de C lorsqu'on l'abandonne à elle-même.
- 2) La valeur de la charge de C a-t-elle une importance ?