

CHAPITRE 07 MISE EN EVIDENCE DU CHAMP ELECTRIQUE

I) Champ électrique

A l'intérieur des armatures d'un condensateur plan, le champ est uniforme. Ses caractéristiques sont :

direction : perpendiculaire aux plaques
sens potentiel décroissant (plaque positive vers plaque négative)

A l'intérieur des armatures d'un condensateur plan, le champ est uniforme. Ses caractéristiques sont :

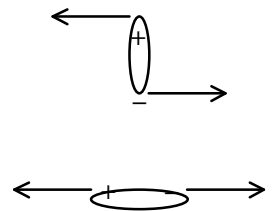
direction : perpendiculaire aux plaques
sens potentiel décroissant (plaque positive vers plaque négative)

intensité : $E = \frac{U}{d}$.

II) Lignes de champ

Expérience : grains de semoule placés entre les armatures d'un condensateur plan.

Observation : sous l'effet du champ électrique, les grains de semoule s'orientent selon une direction privilégiée.



Interprétation : les grains sont des dipôles électriques soumis à des forces électriques. Sous l'action de ces forces ils s'orientent selon le champ électrique.

Ligne de champ électrique : courbe tangente au champ électrique.

Champ uniforme : le vecteur champ est constant, c'est à dire qu'en tous les points, il a même direction, même sens et même intensité. Les lignes de champ sont alors parallèles.

III) Pendule électrostatique

Expérience / Observation : le champ électrique provoque le déplacement du pendule lorsque celui-ci est également chargé.

Interprétation : le champ électrique exerce une force électrique sur le pendule.

Relation : $F = q \times E$ **si $q > 0$ alors F et E ont le même sens.**
si $q < 0$ alors F et E ont des sens opposés.

q : coulomb, E v/m, F : N

IV) Conductivité

1) Notions générales

Pour un conducteur de longueur L et de section S , la résistance R est donnée par : $R = \frac{\rho \times L}{S}$

ρ : résistivité (en $\Omega \cdot m$) (caractéristique du matériau)

Conductance : inverse de la résistance, soit : $G = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho \times L}$ (en Siemens S)

Conductivité : inverse de la résistivité : $\sigma = \frac{1}{\rho}$ (en $S \cdot m^{-1}$) (caractéristique du matériau) ; on

obtient alors $G = \frac{\sigma \times S}{L}$

2) Conductivité d'un électrolyte

Dans un électrolyte, la conduction du courant électrique est due aux ions (cations et anions).

Placés dans un champ électrique, ceux-ci sont soumis à une force électrique proportionnelle à leur charge. Sous l'effet de cette force, ils vont se déplacer. La vitesse de leur déplacement dépend :

- de la nature de l'ion (sens de déplacement)
- de la taille
- du solvant
- de la température

Pour une solution donnée, la conductivité d'une espèce d'ion dépend :

- de la mobilité de l'ion
- du nombre d'ions de cette espèce présents
- de la charge transportée par un ion

La conductivité d'une solution est la somme des conductivités de chaque espèce d'ion, soit :

$$\sigma = \sum |z_i| \times \lambda_i \times C_i$$

z_i : charge de l'ion.

λ_i : conductivité molaire ionique.

C_i : concentration de l'ion dans la solution en mol.m^{-3} .

V) Application : électrophorèse

* Principe : séparation d'espèces chimiques chargées par l'action d'un champ électrique.

VI) Application : conductimétrie

Méthode : on utilise une cellule électrolytique constituée de deux électrodes en platine platinée, dont on connaît les dimensions (donc la surface S) et séparées par une distance fixe L . On place cette cellule dans la solution. On mesure alors la tension entre les plaques et l'intensité du courant qui traverse la solution. Ceci permet de connaître G .

G est alors donnée par : $G = \frac{\sigma \times S}{L}$; S et L étant fixes, on a $G = \sigma \times K$

K : constante de la cellule ; peut se déterminer par une mesure préalable à l'aide d'une solution de conductivité bien connue.

Précautions :

l'alimentation du conductimètre est alternative afin de limiter les phénomènes d'électrolyse (et la fréquence est choisie pour limiter les phénomènes de polarisation).

la cellule est très fragile

rincer et essuyer avec précaution la cellule après chaque changement de solution

régler au départ la valeur de la constante de la cellule

ne pas emprisonner de bulles d'air dans la cellule

Champ d'utilisation : étude de toute réaction qui entraîne une variation du nombre ou de la nature des ions.

Remarque : la conductivité d'un électrolyte augmente en moyenne de 2% par degré.

Classe de terminale STL : Fiche de PHYSIQUE N°7
PHYSIQUE ELECTRICITE Mise en évidence du champ électrique

Vous devez être capable

- De calculer la force électrostatique.
- De dessiner les lignes de champs
- De mesurer et calculer une conductivité

1) Champ électrique

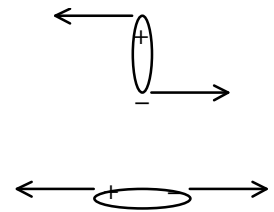
A l'intérieur des armatures d'un condensateur plan, le champ est uniforme. Ses caractéristiques sont :
direction : perpendiculaire aux plaques
sens potentiel décroissant (plaque positive vers plaque négative)

A l'intérieur des armatures d'un condensateur plan, le champ est uniforme. Ses caractéristiques sont :
direction : perpendiculaire aux plaques
sens potentiel décroissant (plaque positive vers plaque négative)
intensité :

2) Lignes de champ

Expérience : grains de semoule placés entre les armatures d'un condensateur plan.
Observation : sous l'effet du champ électrique, les grains de semoule s'orientent selon une direction privilégiée.

Interprétation : les grains sont des dipôles électriques soumis à des forces électriques. Sous l'action de ces forces ils s'orientent selon le champ électrique.



3) Pendule électrostatique

Expérience / Observation : le champ électrique provoque le déplacement du pendule lorsque celui-ci est également chargé.

Interprétation : le champ électrique exerce une force électrique sur le pendule.

4) Conductivité

a) Notions générales

Pour un conducteur de longueur L et de section S, la résistance R est donnée par : $R = \frac{\rho \times L}{S}$

ρ : résistivité (en $\Omega \cdot m$) (caractéristique du matériau)

Conductance : inverse de la résistance, soit : $G = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho \times L}$ (en Siemens S)

Conductivité : inverse de la résistivité : $\sigma = \frac{1}{\rho}$ (en $S \cdot m^{-1}$) (caractéristique du matériau) ; on obtient alors $G = \frac{\sigma \times S}{L}$

b) Conductivité d'un électrolyte

Dans un électrolyte, la conduction du courant électrique est due aux ions (cations et anions).

Pour une solution donnée, la conductivité d'une espèce d'ion dépend :

- de la mobilité de l'ion
- du nombre d'ions de cette espèce présents
- de la charge transportée par un ion

La conductivité d'une solution est la somme des conductivités de chaque espèce d'ion, soit :

$$\sigma = \sum |z_i| \times \lambda_i \times C_i$$

z_i : charge de l'ion.

λ_i : conductivité molaire ionique.

C_i : concentration de l'ion dans la solution en mol.m⁻³.

5) Application : électrophorèse

Principe : séparation d'espèces chimiques chargées par l'action d'un champ électrique.

6) Application : conductimétrie

Méthode : on utilise une cellule électrolytique constituée de deux électrodes en platine platinée, dont on connaît les dimensions (donc la surface S) et séparées par une distance fixe L. On place cette cellule dans la solution. On mesure alors la tension entre les plaques et l'intensité du courant qui traverse la solution. Ceci permet de connaître G.

G est alors donnée par : $G = \frac{\sigma \times S}{L}$; S et L étant fixes, on a $G = \sigma \times K$

K : constante de la cellule ; peut se déterminer par une mesure préalable à l'aide d'une solution de conductivité bien connue.

Précautions :

l'alimentation du conductimètre est alternative afin de limiter les phénomènes d'électrolyse (et la fréquence est choisie pour limiter les phénomènes de polarisation).

la cellule est très fragile

rincer et essuyer avec précaution la cellule après chaque changement de solution

régler au départ la valeur de la constante de la cellule

ne pas emprisonner de bulles d'air dans la cellule

Champ d'utilisation : étude de toute réaction qui entraîne une variation du nombre ou de la nature des ions.

Exercice 1

On apporte une charge ponctuelle $Q = 2 \times 10^{-5} \text{ C}$ en un point M. La charge Q est alors soumise à une force électrique F horizontale, dirigée vers la gauche, d'intensité $F = 4 \times 10^{-2} \text{ N}$.

Quels sont la direction, le sens et l'intensité du vecteur champ électrique E au point M ?

Exercice 2

Un électron est placé dans un champ électrique E horizontal, dirigé vers la gauche, d'intensité $E = 10^3 \text{ V.m}^{-1}$. Quelles sont les caractéristiques de la force électrique F appliquée à l'électron ?

On rappelle la valeur de la charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Exercice 3

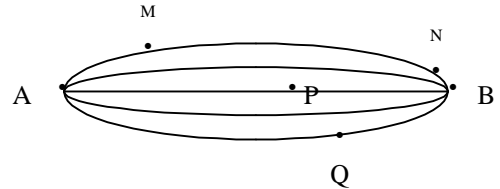
Dans un domaine D de l'espace, on superpose deux champs électriques uniformes E_1 et E_2 orthogonaux et tels que : $E_1 = 3 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$ et $E_2 = 4 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$. Une charge électrique $q = 2 \text{ } \mu\text{C}$ est placée en un point du domaine D.

1- Quelle est l'intensité F de la force électrique à laquelle elle est soumise ?

2- Calculer, en degrés, l'angle α qui existe entre la direction du champ E_1 et de la force F .

Exercice 4

On a représenté sur le schéma ci-contre, les lignes de champ créées par deux pointes métalliques. Sachant que le champ électrique est dirigé vers le point A, représenter E aux points M, N, P et Q.



Exercice 5 Force électrique

Une boule métallisée, suspendue à un fil de soie isolant, est placée entre deux armatures A et B, planes verticales et distantes de $d = 10 \text{ cm}$. La tension entre les deux armatures est $U_{AB} = 250 \text{ V}$.

1- Faire un schéma représentant le champ électrostatique E entre les deux armatures métalliques A et B. Calculer la valeur du champ.

2- Représenter sur ce même schéma la direction et le sens de la force électrique F s'exerçant sur le pendule, dans le cas où la charge apportée par la boule est négative soit $q < 0$.

3- Le fil de suspension fait un angle $\alpha = 8^\circ$ avec la verticale. Déterminer la valeur de la force électrique, puis celle de la charge q

Données : masse de la boule $m = 0,6 \text{ g}$; $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

Exercice 6 Expérience de Millikan.

Le livre "l'électron", publié à Chicago en 1917, écrit par le physicien américain Millikan, est un grand classique de la physique. On y apprend que si un pulvérisateur d'huile faisant tomber lentement des gouttelettes d'huile électrisées dans un espace où règne un champ électrostatique uniforme, on constate alors que la vitesse de chute serait brusquement modifiée, ce qui manifesterait l'entrée en jeu d'une force, Millikan mesura alors la valeur de la charge élémentaire : $e = 1,6017 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$.

1- Qu'est-ce qu'un champ électrostatique uniforme ? Comment peut-on le réaliser ?

2- De quelle force parle-t-on dans ce texte ?

3- Pourquoi parle-t-on de charge élémentaire ?

4- Considérons alors une goutte d'huile M, de rayon r , de masse m , en équilibre entre deux plaques P et Q chargées, horizontales et distantes de $d = 32 \text{ mm}$. La différence de potentiel entre les deux plateaux est $U_{PQ} = 3350 \text{ V}$. Etablir l'expression de la masse de la goutte. Calculer sa valeur.

5- Compléter sur un schéma en précisant le signe des plaques, le champ électrostatique et les forces mises en jeu.

6- Sachant que la goutte d'huile porte 12 électrons, retrouver la valeur de la charge élémentaire.

Données : $\rho_{\text{huile}} = 0,85 \text{ g.cm}^{-3}$; $r_{\text{goutte}} = 1,8.10^{-3} \text{ mm}$; $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$., volume d'une sphère $V = \frac{4}{3}.\pi.r^3$

Exercice 7

La boule d'un petit pendule électrostatique, de masse 2,5 g, porte une charge de $0,5\mu\text{C}$. Elle est placée dans un champ électrique uniforme et horizontal. A l'équilibre, le fil du pendule s'incline d'un angle de 30° par rapport à la verticale.

La valeur du champ électrique est : $5,8 \cdot 10^4 \text{ Vm}^{-1}$; $2,9 \cdot 10^4 \text{ Vm}$; $2,9 \cdot 10^4 \text{ Vm}^{-1}$; $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ Vm}$

Exercice 8

Un particule α est un noyau d'hélium constitué de 2 protons et de 2 neutrons. La masse de la particule a est de $6.6.10^{-27} \text{ kg}$.

1-Calculer son poids sachant que $g=9.8 \text{ N.kg}^{-1}$.

2-On place cette particule a entre les plaques d'un condensateur plan distantes de 10 cm et soumises à une tension de 1kV . Calculer la valeur de la force électrique s'exerçant sur la particule α sachant que la charge élémentaire vaut $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

3-Comparer l'ordre de grandeur de ces forces . Que peut-on en déduire?

Exercice 1

Le champ électrique est orienté de la borne + vers la borne - . $\vec{F} = q. \vec{E}$, q est positif donc \vec{F} et \vec{E} ont même direction, sens.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{0,04}{2.10^{-5}}$$

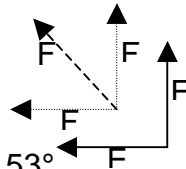
Exercice 2

Le champ électrique est orienté de la borne + vers la borne - . $\vec{F} = q. \vec{E}$, q est négatif donc \vec{F} et \vec{E} ont même direction mais sens contraire. $F = Q.E = -e.E = -1,6.10^{-13} \text{ N}$.

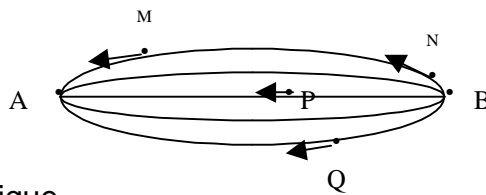
Exercice 3

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(qE_1)^2 + (qE_2)^2} = q\sqrt{(E_1^2 + E_2^2)} = 0,1 \text{ N}$$

$$\cos \alpha = \frac{F_1}{F} = \frac{qE_1}{q\sqrt{(E_1^2 + E_2^2)}} = \frac{E_1}{\sqrt{(E_1^2 + E_2^2)}} = 0,6 \text{ donc } \alpha = 53^\circ$$



Exercice 4

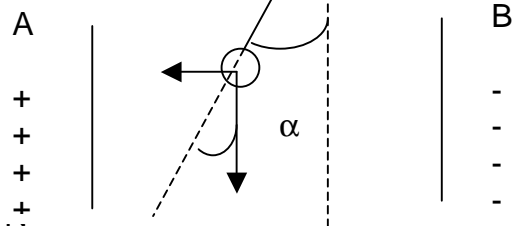


Exercice 5 Force électrique

$$1- E = \frac{U}{d} = 250/0,10 = 2500 \text{ V/m}$$

2-

$$3-\tan \alpha = \frac{F}{mg} \text{ donc } F = mg.\tan \alpha = 0,6 \times 9,8 \times \tan 8 = 0,82 \dots$$



Exercice 6 Expérience de Millikan.

Le livre "l'électron ", publié à Chicago en 1917, écrit par le physicien américain Millikan, est un grand classique de la physique. On y apprend que si un pulvérisateur d'huile faisant tomber lentement des

gouttelettes d'huile électrisées dans un espace où règne un champ électrostatique uniforme, on constate alors que la vitesse de chute serait brusquement modifiée, ce qui manifesterait l'entrée en jeu d'une force, Millikan mesura alors la valeur de la charge élémentaire : $e = 1,6017 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

- 1-Champ dont les propriétés sont identique en tous points. Deux plaques distante alimentées sous une tension.
- 2-Force électrostatique
- 3-Charge la plus petite?

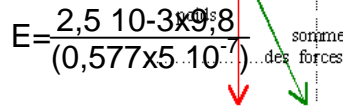
$$4- m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 0,85 \times \frac{4}{3} \cdot \pi \times (1,8 \cdot 10^{-4})^3 = 2,07 \cdot 10^{-14} \text{ g}$$

$$F = qE = mg = P \text{ car équilibre donc } q = \frac{mg}{E} = \frac{mg}{\frac{U_{PQ}}{d}} = \frac{mg \cdot d}{U_{PQ}} = \frac{2,07 \cdot 10^{-14} \times 9,8 \times 3,2 \cdot 10^{-2}}{3350} = 1,94 \cdot 10^{-18} \text{ C}$$

$$q = 12e \text{ donc } e = \frac{q}{12} = \frac{1,94 \cdot 10^{-18}}{12} = 1,61 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Exercice 7

$$q = 5 \cdot 10^{-7} \text{ C} \quad m = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad \tan(30) = 0,577$$



Exercice 8

Un particule α est un noyau d'hélium constitué de 2 protons et de 2 neutrons. La masse de la particule a est de $6,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

- 1-Calculer son poids sachant que $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- 2-On place cette particule a entre les plaques d'un condensateur plan distantes de 10 cm et soumises à une tension de 1kV . Calculer la valeur de la force électrique s'exerçant sur la particule α sachant que la charge élémentaire vaut $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 3-Comparer l'ordre de grandeur de ces forces . Que peut-on en déduire?

$$1- \text{ poids (N)} = \text{masse (kg)} \times 9,8 = 6,6 \cdot 10^{-27} \times 9,8 = 6,5 \cdot 10^{-26} \text{ N.}$$

$$2- E = \frac{1000}{0,1} = 10^4 \text{ V/m.} \quad F = q \cdot E = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4 = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ N.}$$

3- Dans l'infiniment petit de l'atome, la force électrique l'emporte sur le poids. Ce dernier est négligeable.