



SERIE 5 : FORCE ET CHAMP ELECTROSTATIQUES

EXERCICE 1 : VECTEUR CHAMP RESULTANT/SEGMENT

On considère deux charges q_A et q_B placées respectivement aux points A et B ($AB = 10\text{cm}$). Calculer le champ électrostatique créé par ces charges en un point N milieu de AB.

On distinguera deux cas suivants :

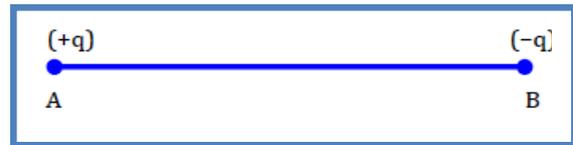
- 1-) $q_A = q_B = 10^{-19}\text{C}$
- 2-) $q_A = -q_B = 10^{-19}\text{C}$.



EXERCICE 2 : VECTEUR CHAMP RESULTANT/SEGMENT

Deux charges (+q) et (-q) sont placées respectivement en A et B.

- 1) Donner les caractéristiques du champ électrostatique en un point M tel que le triangle AMB soit équilatéral.
- 2) Connaissant la distance d de P à O milieu de AB, donner les caractéristiques du champ électrostatique en un point P quelconque de la médiatrice de AB.



Données numériques : $q = 1,4 \cdot 10^{-9}\text{C}$; $AB = 5\text{cm}$; $d = 3\text{cm}$.

EXERCICE 3 : VECTEUR CHAMP RESULTANT/CARRE

Soit un carré ABCD de côté $a = 5\text{cm}$ et I son centre.

- 1) En chacun des sommets A, B, C et D on place une charge électrique identique, de valeur $q = 1\ \mu\text{C}$. Déterminer les caractéristiques du champ électrostatique ainsi créé en I et la force s'appliquant sur une charge $q_0 = 2\ \mu\text{C}$ placée en I.
- 2) Même question si on enlève la charge q placée en D, les trois autres sommets portent la même charge q.

EXERCICE 4 : VECTEUR CHAMP RESULTANT/LOSANGE

Soit un losange ABCD dont l'angle A est égal à 60° . Une charge électrique $q = 2\ \mu\text{C}$, placée en A, crée au point D un champ électrostatique \vec{E}_1 , d'intensité $E_1 = 2 \cdot 10^4\text{V/m}$.

Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ électrique \vec{E} créé au point D pour les distributions de charges suivantes :

- a. en A : $q_1 = 2\ \mu\text{C}$; en B : $q_2 = 2\ \mu\text{C}$; en C : $q_3 = 2\ \mu\text{C}$
- b. en A : $q_1 = -2\ \mu\text{C}$; en B : $q_2 = 2\ \mu\text{C}$; en C : $q_3 = -2\ \mu\text{C}$
- c. en A : $q_1 = 4\ \mu\text{C}$; en B : $q_2 = -2\ \mu\text{C}$; en C : $q_3 = -4\ \mu\text{C}$.

EXERCICE 5 : PENDULE ELECTROSTATIQUE

On considère deux pendules électriques identiques de longueur $L = 20\text{cm}$ noués en deux points A et B d'une barre horizontale distants de 2cm .

Chaque fil supporte une petite boule de masse $m = 1\text{g}$. Electrifiés par le même pôle d'une machine électrostatique, les deux pendules accusent chacune une déviation par rapport à la verticale.

La déviation du pendule fixé en A est $\alpha = 6^\circ$

1°) Quelle est la déviation du pendule fixe en B ?

Représenter les deux pendules avant électrisation (en pointillés) et après électrisation (en traits pleins),

2°) la charge du pendule fixé en B est de $-2,2310^{-10}\text{C}$,

Trouver la valeur algébrique de la charge du pendule fixé en A.

EXERCICE 6 : PENDULE DE TORSION DANS UN CONDENSATEUR

Entre les plateaux verticaux d'un condensateur on peut créer un champ électrique uniforme de norme $E = 10^4\text{V/m}$.

Entre les armatures, on place une tige isolante AB de longueur $2l = 20\text{cm}$ et qui porte en A et B des charges ponctuelles q et -q. Cette tige est suspendue en son milieu à un fil de torsion de constante de torsion $C = 10^{-5}\text{Nm/rad}$.



Lorsque le champ est nul, la tige est parallèle aux armatures. Elle tourne d'un angle $\alpha = 30^\circ$ lorsqu'on établit le champ. Calculer la valeur de q .

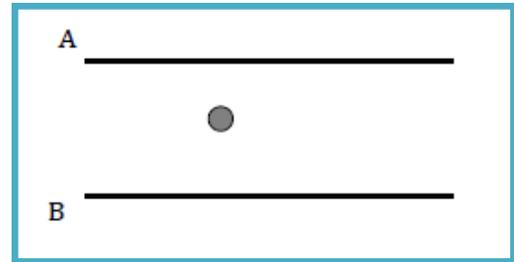
EXERCICE 7 : GOUTTE D'HUILE ENTRE DEUX PLAQUES (Expérience de Millikan)

Une goutte d'huile de charge $q = -10 \text{ pC}$ est en équilibre entre deux plaques planes, parallèles et horizontales. La ddp entre les deux plaques est 20000 V. La distance entre les deux plaques est 10 cm.

La distance entre les deux plaques est 10 cm.

1-) Quelles sont les forces qui s'exercent sur la goutte d'huile ?
2-) Donner la polarité des plaques sachant la goutte d'huile est en équilibre.

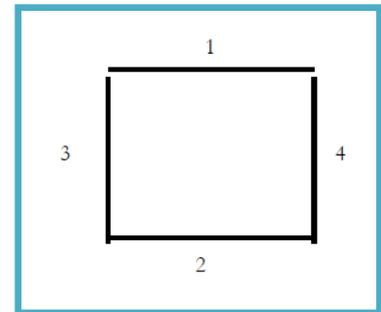
3-) Quelle est la masse de la goutte d'huile ? En déduire son rayon sachant que la masse volumique de l'huile est $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et que la goutte est sphérique. $g = 10 \text{ N/kg}$.



EXERCICE 8 : COMPOSITION DE DEUX CHAMPS

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 $q = 20 \mu\text{C}$ placée dans le domaine D est soumise, lorsque les deux générateurs sont branchés, à une force électrique F_e d'intensité 0,5N.



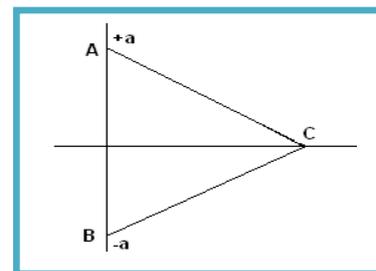
- Donner la direction et le sens des champs \vec{E}_1 et \vec{E}_2 .
- Quelle est l'intensité du champ \vec{E}_2 et celle du champ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$?
- Quelle serait la direction, le sens et l'intensité de la force électrostatique F_e' que subirait la charge q précédente si les champs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

EXERCICE 9 : ETUDE DE LA VARIATION D'UN CHAMP ELECTROSTATIQUE

Deux charges ponctuelles q et q' sont placées respectivement en A et en B dans un repère orthonormé A (0 ; a) ; B (0 ; -a).

1°) Donner, en fonction de x , l'expression du champ résultant créé par ces deux charges en un point C(x ; 0)

2°) Pour quelle valeur de x ce champ est-il maximal ?





SERIE 6 : TRAVAIL DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE

EXERCICE 1 : PARTICULE D'HELIUM DANS UN CHAMP UNIFORME

1-) Soit un champ électrostatique uniforme $E = 10^3 \text{ Vm}^{-1}$; soit un repère orthogonal (O, \vec{i}, \vec{j}) tel que $\vec{E} = -E \vec{i}$. Une particule α (He^{2+}) se déplace dans ce champ uniforme du point $A(1;0)$ au point $B(4;2)$. L'unité étant le cm.

Quel est en eV, puis en MeV, le travail produit par la force électrostatique qui s'exerce sur ce noyau d'hélium.

2-) Soit un champ électrostatique uniforme $E = 200 \text{ V/m}$, parallèle à l'axe $X'OX$ et orienté suivant OX .

L'origine des énergies potentielles est pris en O . Au point A , on a : $V_A - V_0 = -10 \text{ V}$.

a-) Quelle est l'abscisse de A ?

b-) Quelle est l'énergie d'un proton H^+ placé en A .

c-) Quel est le travail de la force électrostatique si on place le proton jusqu'au point O ?

EXERCICE 2 : TRAVAIL MOTEUR, RESISTANT OU NUL

Dans les cas suivants, dites si le travail de la force électrostatique est moteur, résistant ou nul :

- un électron se déplaçant de A à B , $V_A < V_B$,

- un ion positif se déplaçant de A à B dans un champ uniforme \vec{E} parallèle à \vec{AB} et de même sens,

- un proton se déplaçant de A à B dans un champ uniforme \vec{E} de direction perpendiculaire à \vec{AB} .

EXERCICE 3 : CHARGE ENTRE DEUX PLAQUES

On maintient entre deux plaques conductrices identiques, parallèles, distantes de 5 cm. Une charge $q = 10^{-12} \text{ C}$ se déplace entre les plaques d'un point A situé à 1cm de la plaque positive, à un point B , situé à 2cm de la plaque négative.

1-Calculer le champ électrostatique entre les deux plaques.

2-Calculer la d.d.p. $V_B - V_A = U_{BA}$.

3-Calculer l'énergie potentielle de la charge q en A , puis en B , en prenant comme référence la plaque négative.

4-Calculer le travail de la force électrostatique s'exerçant sur la charge q pour aller de A à B .

EXERCICE 4 : NOYAU D'HELIUM ENTRE DEUX PLAQUES

Entre deux plaques A et B distantes de $d = 6 \text{ cm}$ est appliquée une différence de potentiel de $U = 20000 \text{ V}$.

Un noyau d'aluminium Al^{3+} passe du point M situé à 1cm de la plaque A au point N situé à 1cm de la plaque B .

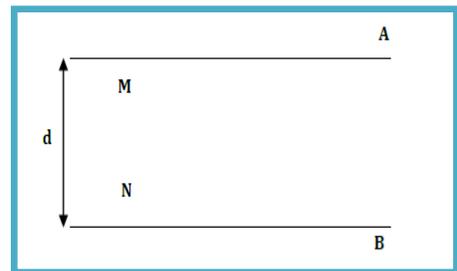
1-) Donner les caractéristiques du champ électrique \vec{E} créé entre A et B . En déduire la nature et le signe des plaques.

2-) Déterminer la différence de potentiel entre les points M et N .

3-) Calculer le travail effectué par la force électrostatique durant ce déplacement.

4-) Calculer la variation de l'énergie potentielle de la particule.

5-) En M sa vitesse est $V_M = 4.10^5 \text{ m/s}$. Quelle est sa vitesse en N ?



EXERCICE 5 : NOYAU D'HELIUM ENTRE DEUX PLAQUES

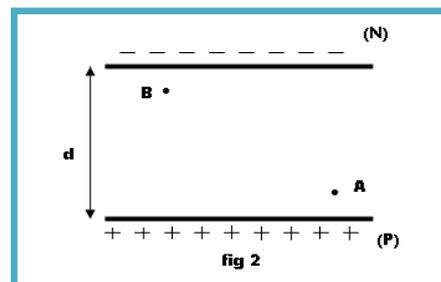
Entre deux plaques parallèles (P) et (N) distantes de $d = 5 \text{ cm}$ est appliquée une tension $U_{PN} = 10000 \text{ V}$ (voir figure 2).

Un noyau d'hélium He^{2+} passe du point A situé à 1cm de la plaque P au point B situé à 1cm de la plaque N .

1°) Calculer le travail effectué par la force électrostatique durant ce déplacement.

2°) Calculer la variation d'énergie potentielle de la particule.

3°) En A sa vitesse est de $V_A = 2.10^5 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est sa vitesse





en B ? On donne $m_{He^{2+}} = 4u$. ($1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

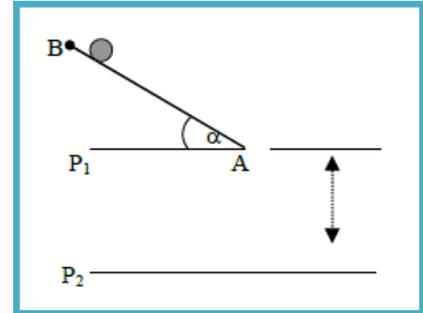
EXERCICE 6 : BILLE CHARGÉE DANS UN CONDENSATEUR

1- Une bille non chargée de masse $m = 10^{-2} \text{ g}$, descend une pente lisse, faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontal. Elle part d'un point B, distant de A de $d = 10 \text{ m}$, avec une vitesse initiale nulle. (voir figure)

1.1- Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la bille et calculer le travail de chacune d'elles lors du déplacement de B à A.

1.2- Avec quelle vitesse la bille arrive-t-elle en A ?

2- En réalité, la bille subit des frottements sur le plan BA et arrive en A, en ayant perdu trois électrons (on négligera la variation de masse due à la perte des électrons), avec une vitesse $v_A = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. En A, elle pénètre par un trou à l'intérieur d'un condensateur plan où règne un champ électrostatique vertical \vec{E} . Les armatures P_1 et P_2 du condensateur sont distantes de $d' = 20 \text{ cm}$.



2.1- Quelle doit être le sens de \vec{E} pour que la chute soit ralentie ?

2.2- Quelle doit être l'intensité du champ \vec{E} pour que la bille s'arrête à 5 cm de l'armature inférieure.

EXERCICE 7 : CHAMP ET POTENTIEL DANS UN CONDENSATEUR

Un condensateur plan est constitué de deux plaques planes et parallèles A et B portées aux potentiels V_A et V_B tels que : $V_A - V_B = 100 \text{ V}$. La distance entre les deux plaques vaut $d = 10 \text{ cm}$.

1- Sur quelle armature se situent les charges positives ?

2- Donner les caractéristiques du vecteur champ électrostatique \vec{E} entre les armatures.

3- On considère un axe Ox perpendiculaire aux armatures. d

3.1- Soit M le point d'abscisse x ($OM = x$) ; calculer la d.d.p. $V_M - V_O$.

3.2- Vérifier le résultat lorsque le point M vient sur l'armature B.

4- Soit N un point du plan passant par M et perpendiculaire à Ox.

4.1- Calculer la d.d.p. $V_N - V_O$.

4.2- Que peut-on dire des potentiels des points M et N ? $A (V_A) B (V_B)$

4.3- Où se situent les points qui sont à un même potentiel (équipotentielle) ?

4.4- Dessiner les équipotentielle $V_1 = 75 \text{ V}$; $V_2 = 50 \text{ V}$; $V_3 = 25 \text{ V}$ c'est à dire les ensembles de points dont les potentiels par rapport à la plaque B sont V_1 , V_2 ou V_3 .

4.5- Dessiner les lignes de champ à l'intérieur du condensateur. Que peut-on dire des lignes de champ et des équipotentielles ?

5- On suppose maintenant que le condensateur est placé dans le vide et qu'on a la possibilité d'obtenir, en O, des protons au repos.

5.1- Donner les caractéristiques de la force électrostatique s'exerçant sur le proton. Quelle est la nature de sa trajectoire ?

5.2- Quelle est la vitesse du proton lorsqu'il frappe l'armature B ?

5.3- Quelles sont les vitesses du proton lorsqu'il traverse les équipotentielles V_1 , V_2 et V_3 ? Conclure.

On donne : charge du proton : $e = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masse du proton : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

