

TRAVAIL DE LA FORCE ELECTRIQUE

Exercice 1 : Faire le point

1. Lorsqu'une charge q passe d'un point N à un point M . Quelle est l'expression du travail de la force électrostatique ?
2. Quelle est l'expression de l'énergie potentielle électrostatique d'une particule chargée dans un champ électrostatique ?
Cette énergie dépend-elle d'un état de référence ?
3. Donner l'expression de l'énergie mécanique totale d'une particule chargée placée dans un champ électrostatique.
4. Que représente $q(V_A - V_B)$? Cette relation n'est-elle valable que pour un champ uniforme ?
5. Quelle est en joules la valeur d'un méga-électrovolt (1 MeV) ?
6. Dans un accélérateur de particules, un proton est soumis à une tension de 1 MV entre son point d'émission et la sortie de l'accélérateur.
 - a) Calculer le travail de la force électrostatique qui lui est appliquée. Ce travail peut-il être positif ou négatif ?
 - b) Donner en MeV l'énergie acquise.
7. Un électron passe d'un point A ($V_A = 10$ V) à un point B ($V_B = 50$ V).
 - a) Calculer le travail de la force électrostatique qui est appliquée.
 - b) Cet électron est initialement en A une vitesse de 10^5 m/s. Quelle est sa vitesse en B ? Donnée : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
8. Un proton se déplace d'un point A ($V_A = 10$ V) à un point B ($V_B = 50$ V). Sa vitesse en A est égale à $1,2 \cdot 10^5$ m/s. Quelle est sa vitesse en B ? Donnée : $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.
9. Une particule α passe d'un point M ($V_M = 500$ V) à un point N ($V_N = 100$ V). Sa vitesse en M est nulle.
 - a) Quelle est l'énergie totale de cette particule ?
 - b) En déduire son énergie cinétique en N , puis sa vitesse. Donnée : $m_\alpha = 6,68 \cdot 10^{-27}$ kg.
10. Dans une région de l'espace règne un champ électrostatique uniforme d'intensité $E_0 = 10^6$ V/m. dans un repère orthonormal, ce champ a pour expression $\vec{E} = -E_0 \vec{k}$.
 - a) Calculer le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron lorsque cette particule passe d'un point A (1, 3, 4) au point B (5, 6, 0), l'unité de longueur étant le centimètre.
 - b) Donner la variation d'énergie cinétique (en eV) de cet électron.
11. Un électron pénètre dans une région de l'espace où règne un champ électrostatique. Sa trajectoire passe par deux points A et B . En A , où le potentiel électrique est $V_A = 100$ V, sa vitesse est $v_A = 5 \cdot 10^6$ m/s. Quel doit-être le potentiel V_B au point B pour que l'électron arrive en B avec une vitesse nulle ? Peut-il atteindre un point C dont le potentiel serait égal à $V_C = 10$ V ? Donnée : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.
12. Un proton pénètre dans une région de l'espace où règne un champ électrique. Il passe en un point D de potentiel $V_D = -500$ V, avec une vitesse $v_D = 10^5$ m/s. Peut-il atteindre un point C de potentiel $V_C = -100$ V ? Donnée : $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.
13. Dans un canon à électrons, un électron quitte le filament ; il est accéléré par un champ électrique créé entre deux plaques. Il passe d'un point K de potentiel électrique $V_K = -20$ V à un point C de potentiel électrique $V_C = 20$ V.
 - a) Calculer la variation d'énergie potentielle de l'électron lorsqu'il passe de K en C .
 - b) Calculer le travail de la force électrique appliquée à l'électron entre K et C .
 - c) Calculer la variation d'énergie cinétique entre K et C .
14. Un générateur maintient une tension $U = 200$ V entre deux plaques conductrices parallèles situées dans le vide.
 - a) Un électron quitte la plaque négative pour être capté par la plaque positive. Calculer le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur cet électron (en joules et en électronvolts).

- b) La distance séparant les plaques, toujours parallèles, à $d = 4$ cm ; la tension de 200 V est maintenue. Reprendre les questions précédentes. Conclure.
- c) Les plaques sont déplacées de façon quelconque et ne sont plus parallèles. Peut-on toujours calculer simplement le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur l'électron allant de la plaque positive à la plaque négative ?
15. Soit un champ électrostatique uniforme d'intensité 200 V/m, parallèle à l'axe x'Ox et dirigé suivant Ox. L'origine de l'énergie potentielle est le point O. Au point A, la différence de potentiel est : $V_A - V_O = -10$ V.
- Donner l'abscisse du point A.
 - Un proton H^+ est situé en A. Quelle est son énergie potentielle ? Quel est le travail de la force électrostatique si l'on déplace le proton en O ? Mêmes questions avec un électron initialement situé en A.

Exercice 2 : Particule d'hélium dans un champ uniforme

- Soit un champ électrostatique uniforme $E = 10^3$ V/m ; soit un repère orthogonal (O, \vec{i}, \vec{j}) tel que $\vec{E} = -E\vec{i}$. Une particule α (H_e^{2+}) se déplace dans un 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.
- Soit un champ électrostatique uniforme $E = 200$ V/m, parallèle à l'axe X'OX et orienté suivant OX. L'origine des énergies potentielles est prise en O. Au point A, on a : $V_A - V_O = -10$ V.
 - Quelle est l'abscisse de A ?
 - Quelle est l'énergie d'un proton H^+ placé en A.
 - Quel est le travail de la force électrostatique si on place le proton jusqu'au point O ?

Exercice 3 : Travail moteur, résistant 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 \vec{E} parallèle à \vec{AB} et de même sens,
- Un proton se déplaçant de A à B dans un champ \vec{E} de direction perpendiculaire à \vec{AB} .

Exercice 4 : Charge entre deux plaques

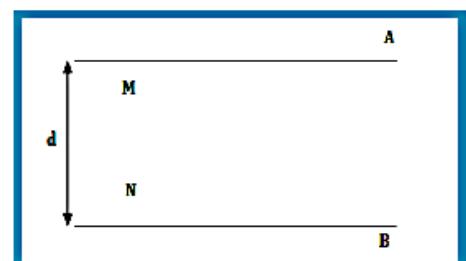
On maintient entre deux plaques conductrices identiques, parallèles, distantes de 5 cm. Une charge $q = 10^{-12}$ C se déplace entre les plaques d'un point A situé à 1 cm de la plaque positive, à un point B, situé à 2 cm de la plaque négative.

- Calculer le champ électrostatique entre les deux plaques.
- Calculer la d.d.p. $V_B - V_A = U_{AB}$
- Calculer l'énergie potentielle de la charge q en A, puis en B, en prenant comme référence la plaque négative.
- Calculer le travail de la force électrostatique s'exerçant sur la charge pour aller de A à B.

Exercice 5 : Noyau d'hélium entre deux plaques

Entre deux plaques A et B distantes de $d = 6$ cm est appliquée une différence de potentiel de $U = 20000$ V. Un noyau d'aluminium Al^{3+} passe du point M situé à 1 cm de la plaque A au point N à 2 cm de la plaque B.

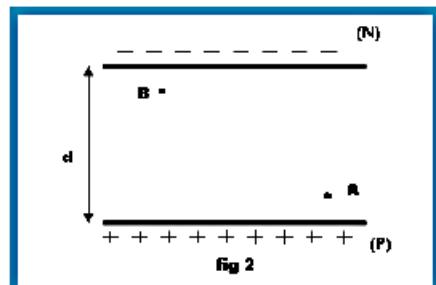
- Donner les caractéristiques du champ électrique \vec{E} créé entre A et B. En déduire la nature et le signe des plaques.
- Déterminer la différence de potentiel entre les points M et N.
- Calculer le travail effectué par la force électrostatique durant ce déplacement.
- Calculer la variation de l'énergie potentielle de la particule.
- En M sa vitesse est $V_M = 4 \cdot 10^5$ m/s. Quelle est sa vitesse en N ?



Exercice 6 : Noyau d'hélium entre deux plaques

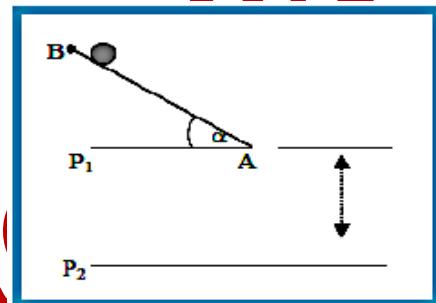
Entre deux plaques parallèles P et N distantes de $d = 5 \text{ cm}$ est appliquée une tension $U_{PN} = 10000 \text{ V}$ (voir figure 2). Un noyau d'hélium He^{2+} passe du point A situé à 1 cm de la plaque P au point B situé à 1 cm de la plaque N.

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 $v_A = 2.10^5 \text{ m/s}$. quelle est sa vitesse en B ? On donne $m_{\text{He}^{2+}} = 4u$ (1u = $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ BKg}$)



Exercice 7: 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 nulle.
 - a) 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.
 - b) Avec quelle vitesse la bille arrive-t-elle en A ?

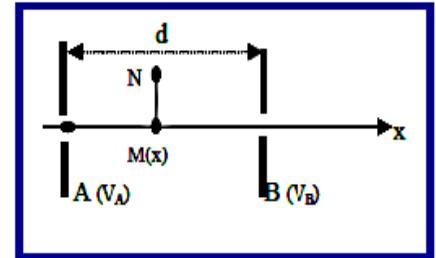


2. En réalité, la bille subit des frottements sur le plan BA et arrive en A, en ayant perdu trois électrois, avec une vitesse $v_A = 8 \text{ m/s}$. En A, elle pénètre par un trou à l'intérieur d'un condensateur plan où règne un champ électrostatique vertical \vec{E} . Les armatures P_1 et P_2 du condensateur sont distantes de $d' = 20 \text{ cm}$.
 - a) Quelle doit être le sens de \vec{E} pour que la chute soit ralentie ?
 - b) Quelle doit être l'intensité du champ \vec{E} pour que la bille s'arrête à 5 cm de l'armature inférieure.

Exercice 8 : Champ et potentiel dans un condensateur

Un condensateur plan est constitué de deux plaques 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} .
3. Calculer la variation de l'énergie potentielle entre A et B. En déduire le travail de la force électrique entre A et B.
4. On considère un axe Ox perpendiculaire aux armatures.
 - a) Soit M le point d'abscisse x ($OM = x$), donner en fonction de x l'expression de la ddp $V_M - V_0$. La calculer pour $x = 4 \text{ cm}$.
 - b) Soit un point N du plan passant par M et perpendiculaire à Ox. Calculer la ddp $V_N - V_0$.
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.
 - a) Donner les caractéristiques de la force électrostatique s'exerçant sur le proton. Quelle est la nature de sa trajectoire.
 - b) Quelle est la vitesse du proton lorsqu'il frappe l'armature B ?
 - c) Quelles sont les vitesses v_1 , v_2 et v_3 du proton lorsqu'il traverse les points de potentiels $V_1 = 75 \text{ V}$, $V_2 = 50 \text{ V}$ et $V_3 = 25 \text{ V}$.
 - V. On donne : charge du proton $e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, masse du proton : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$.



Exercice 9 :

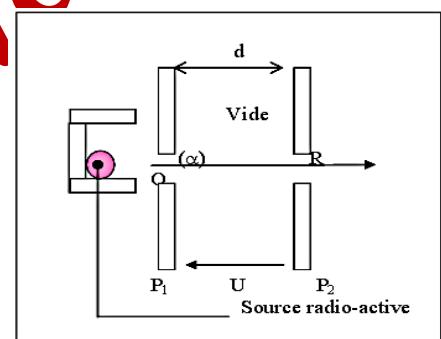
1. Dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) , on donne un champ électrostatique uniforme tel que $\vec{E} = E_x \vec{i} + E_y \vec{j}$ et un point M de coordonnées (x, y) , mesurées en mètres.
 - a) Exprimer le produit $\vec{E} \cdot \vec{OM}$ en fonction de E_x , E_y , x et y .

- b) Exprimer l'énergie potentielle électrostatique E_{PM} d'une particule de charge q placée au point M par rapport au point O pris comme référence en fonction de E_x , E_y , x , y et q .
2. On donne maintenant $\vec{E} = E\vec{i}$ avec $E = 10 \text{ V/m}$. Une particule de charge $q > 0$ se déplace dans ce champ d'un point A de coordonnées $(1; 1)$ à un point B de coordonnées $(2; 1)$.
- Déterminer la tension $U_{AB} = V_A - V_B$.
 - Exprimer en fonction de q et de E les énergies potentielles électrostatiques $E_p(A)$ et $E_p(B)$ par rapport à O (état de référence).
 - Exprimer la variation de l'énergie potentielle entre A et B en fonction de q et U .
3. On suppose que la seule force appliquée à la particule est la force électrostatique. Cette particule part du point A sans vitesse initiale et arrive au point B avec une vitesse $v = 8,3 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$.
- Exprimer la variation de l'énergie potentielle entre les points A et B en fonction de m et v .
 - Déterminer l'expression littérale de la charge q en fonction de m , v et U_{AB} . Calculer sa valeur.
 - Calculer en joules puis en électronvolts, la variation de l'énergie potentielle électrostatique ΔE_p .

Exercice 10 :

Une particule α (noyau d'atome d'hélium), produite par une source radioactive, est mise au voisinage du point O avec une vitesse négligeable.

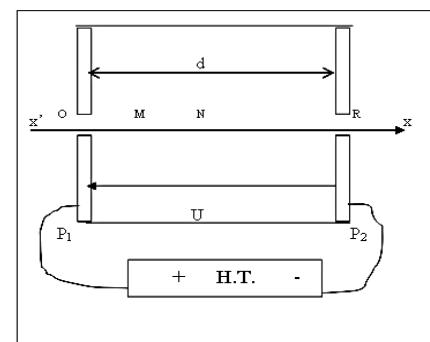
- Quelle tension $U_{P1P2} = U$ faut-il appliquer entre les plaques P_1 et P_2 , distantes de $d = 20\text{cm}$, pour que la particule traverse la plaque P_2 en R, à la vitesse $v = 10^3 \text{ km/s}$.
- Donner les caractéristiques du champ électrostatique E (supposé uniforme) entre les plaques.
- Quelle est, en joules et en électrons-volts, l'énergie cinétique de la particule à son passage au point R.



Exercice 11 :

Deux plaques P_1 et P_2 , planes et parallèles, entre lesquelles règne un vide poussé, sont distantes de $d = 10 \text{ cm}$. Elles sont reliées respectivement aux pôles + et - d'un générateur haute tension qui délivre une tension continue $U = 500\text{V}$.

- Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ électrostatique E , supposé uniforme, qui règne dans le domaine D situé entre les deux plaques ?
- Sur l'axe x' Ox perpendiculaire aux plaques, dont l'origine O est sur P_1 et qui orienté de P_1 vers P_2 , on place les points M et N d'abscisses $x_M = 2\text{cm}$ et $x_N = 7\text{cm}$. Calculer les différences de potentiels : $V_0 - V_M$; $V_0 - V_N$; $V_M - V_N$.
- Un électron pénètre dans le domaine D, au point R, avec une vitesse négligeable. Donner les caractéristiques de la force électrostatique f_e qui s'exerce sur lui. Quelle est la vitesse de l'électron à son passage en N, en M puis en O ?
- Calculer le travail $W_{NM}(f_e)$ de la force f_e lorsque l'électron se déplace de N à M.



Exercice 12 :

Deux armatures planes, parallèles sont soumises à la tension $U = 2000\text{V}$ et séparées par une distance de 4cm . Faire un schéma en indiquant la flèche de tension U , les polarités des plaques, le vecteur champ E .

- On choisit $V = 0$ pour potentiel de la plaque négative. A quelle distance d' de la plaque positive se trouve l'équipotentielle 1500V ?
- En un point O de la plaque négative, on fait arriver par un trou des protons d'énergie cinétique E_{CO} inconnue. On constate que les protons rebroussent chemin en un point M situé à 1cm de la plaque positive. Calculer l'énergie potentielle

électrostatique E_{pM} en kilo-électronvolts. Préciser E_{cM} , E_{p0} . En déduire E_{c0} en kilo électronvolts. Calculer $\Delta E_p(O \rightarrow M)$ et $\Delta E_c(O \rightarrow M)$. Expliquer.

3. On choisit $V = 0$ à mi-distance entre les plaques. Placer l'équipotentielle 500V. L'expérience de la question 2°) est répétée : Les protons s'arrêtent au même point M. Calculer E_{pM} , E_{cM} , E_{p0} , E_{c0} , $\Delta E_p(O \rightarrow M)$, $\Delta E_c(O \rightarrow M)$. Comparer les résultats des 2 et 3-. Expliquer

Exercice 13 :

Les particules α sont des noyaux d'atomes d'hélium ${}_2^4\text{He}$.

1. Quelle est la charge électrique d'une particule α ?

2. L'énergie cinétique d'une particule α est $E_c = 5,4\text{MeV}$. Quelle est sa vitesse ?

3. La particule α précédente a été accélérée par un champ électrostatique E : elle y est entrée en un point A avec l'énergie cinétique $E_{cA} = 4,2\text{MeV}$ pour en sortir en point B avec l'énergie cinétique $E_{cB} = 5,4\text{MeV}$. Calculer la valeur de la tension $U_{AB} = U$ nécessaire à cette accélération.

Données : Masse d'une particule α : $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; Charge élémentaire: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Exercice 14 :

Ce problème étudie de manière très simple la déviation d'un faisceau d'ions magnésium Mg^{2+} par des plaques déflectrices P_1 et P_2 horizontales dans un tube cathodique où règne le vide. Les ions magnésium pénètrent en O avec une vitesse \vec{v}_0 et ressortent en un point M. Le point O est à la même distance $L = 3$ cm des deux plaques.

1. Quelle est la plaque qui doit porter le potentiel le plus élevé. Justifier.

2. On établit entre les plaques une différence de potentiel (ddp) $U = U_{p1p2}$.

- Déterminer les caractéristiques du champ \vec{E} supposé uniforme qui règne entre les plaques.
- Donner les caractéristiques de la force électrostatique \vec{F}_e qui agit sur un ion Mg^{2+} .
- La comparer à son poids et conclure.

3. L'axe x'O passe dans le champ électrostatique par les points O et K.

- Montrer que la ddp entre O et K est nulle.
- Calculer la ddp $V_M - V_K$, En déduire la valeur de la d.d.p. $V_0 - V_M$,

4. Calculer la vitesse v_M acquise par un électron à sa sortie au point M.

Données : $U_{p1p2} = U = 600\text{V}$, $m(\text{Mg}^{2+}) = 39,84 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $v_0 = 10^7 \text{ m.s}^{-1}$, $MK = 1,3 \text{ cm}$, $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ et $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Exercice 15 :

Entre les plaques verticales P_1 et P_2 distantes de $d_0 = 16\text{cm}$ est appliquée une différence de potentiel de valeur absolue $|V_{P1} - V_{P2}| = 80\text{V}$. Un électron animé d'une vitesse $V_0 = 5,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ est émis du trou T_1 de la plaque P_1 et se dirige en ligne droite vers la plaque P_2 (figure1)

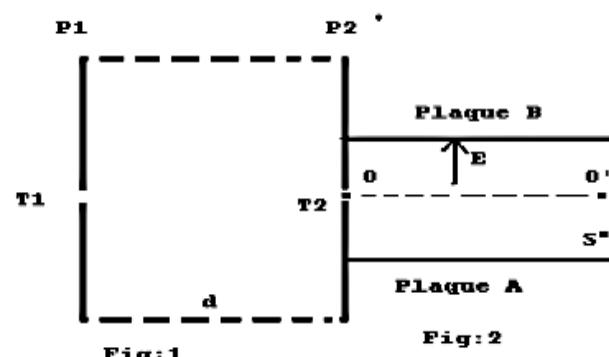
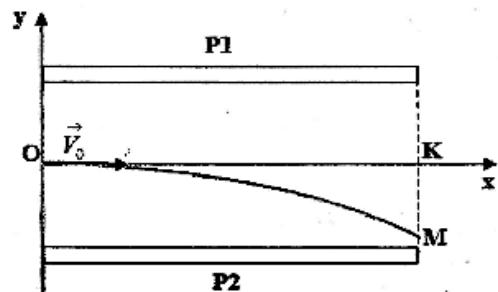
1^{er} cas : $V_{P1} - V_{P2} > 0$

1. Déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique E_0 . Représenter E_0 .

2. Décrivez le mouvement de l'électron. Fera-t-il demi-tour ? Si oui quelle distance parcourra-t-il avant de faire demi-tour ?

2^{ème} cas : $V_{P1} - V_{P2} < 0$

3. Déterminer la vitesse V_1 à laquelle l'électron parvient au trou T_2 de la plaque P_2 .



4. Calculer l'énergie cinétique en Joule puis en keV de la particule à son arrivée au trou T_2 .
5. A la sortie du trou T_2 l'électron pénètre avec la vitesse V_1 entre les plaques A et B horizontales où règne un champ électrostatique uniforme E_1 représenté dans la figure 2 l'électron entre par le point O situé à égale distance des deux plaques. La distance entre les deux plaques est $d_1 = 8$ cm. Lorsque la tension $U_{AB} = 500$ V, l'électron sort de l'espace champ en un point S tel que $O'S = d' = 1,5$ cm.
- a) On prend l'origine des potentiels $V_0 = 0$ du point O. Calculer VS potentiel électrostatique du point S.
 - b) Déterminer $E_p(O)$ et $E_p(S)$ énergies potentielles électrostatiques de l'électron en O et en S en joule et eV.
- On donne $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg et $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J

ndongochem.Science.blog