

Groupe Excellence

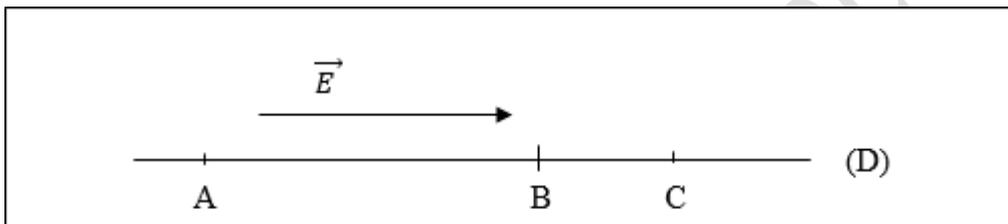
Excellez avec les meilleurs professeurs !



Matière : Science Physique Groupe Excellence (cours en ligne)	Série 6 : Travail de la force électrique – Energie potentielle électrostatique	Professeur : M. SARR Niveau : 1S1-1S3
--------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

Exercice 1 :

I. Trois points A, B et C situés dans cet ordre sur une droite (D), sont placés dans un champ électrostatique uniforme E, parallèle à la droite D et orienté comme le montre la figure.



On donne $AB = 30\text{cm}$; $BC = 10\text{cm}$; intensité du champ $E = 1\,500\text{V/m}$. Calculer les tensions U_{AB} ; U_{BC} ; U_{CA} .

II. Une charge $q = 10^{-7}\text{C}$ se déplace en ligne droite, de A vers B, dans un champ électrostatique uniforme E, d'intensité $E = 600\text{V/m}$, tel que $(AB, E) = 30^\circ$. Calculer :

- le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la charge q au cours du déplacement AB.
- La valeur de la tension U_{AB} . Distance $AB = l = 15\text{cm}$.

III. On se déplace dans un champ électrostatique uniforme E, le long d'une ligne de champ $x'ox$. Le vecteur unitaire i qui oriente l'axe $x'ox$ a même direction que E. Le potentiel au point A ($x_A = -2\text{cm}$) est nul ; le potentiel au point B ($x_B = 8\text{cm}$) est égal à 400V . Calculer :

- L'intensité E du champ électrostatique ;
- La valeur du potentiel au point O ;
- L'énergie potentielle d'une charge $q = 5\mu\text{C}$ placée au point M d'abscisse $x_M = 5\text{cm}$.

Exercice 2 :

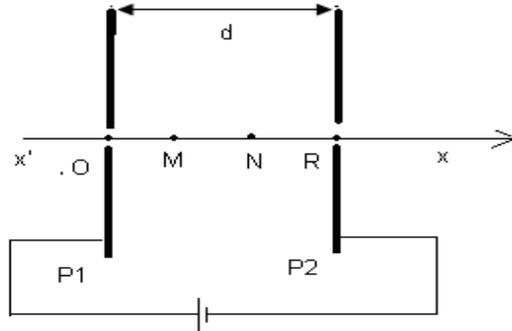
Deux plaques P_1 et P_2 , planes et parallèles entre lesquelles règne un vide poussé, sont distantes de $d = 10\text{cm}$. Elles sont reliées respectivement aux pôles (+) et (-) d'un générateur haute tension qui délivre une tension continue $U = 500\text{V}$ (voir fig1)

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



- 1-) Quelles sont les caractéristiques du champ électrostatique \vec{E} supposé uniforme qui règne dans ce domaine D situé entre les deux plaques. 0,5 point
 - 2-) Sur l'axe $x'Ox$ perpendiculaire aux plaques, dont l'origine O est sur P₁ et qui est orienté de P₁ vers P₂, 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 $V_O - V_M$; $V_O - V_N$; $V_M - V_N$
 - 3-) Un électron pénètre dans le domaine D au point R, avec une vitesse négligeable
 - a-) Donner les caractéristiques de la force électrostatique \vec{F}_e qui s'exerce sur lui.
 - b-) Quelle est la vitesse de l'électron à son passage en N, en M, puis en O ? 1 point
 - 4°) Calculer le travail $W_{NM}(\vec{F}_e)$ de la force \vec{F}_e lorsque l'électron se déplace de N à M 1point
- Données relatives à l'électron :** Masse. $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{Kg}$; Charge électron = $-1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$



Exercice 3 :

Ce problème étudie de manière très simple la déviation d'un faisceau d'électrons par des plaques défléctrices P₁ et P₂ horizontales dans un tube cathodique où règne le vide. Les électrons pénètrent en O entre les plaques P₁ et P₂ à la vitesse \vec{V}_0 et ressortent en M. Le point O est à la même distance $l = 3\text{cm}$ des deux plaques et $V_0 = 10^7\text{m.s}^{-1}$

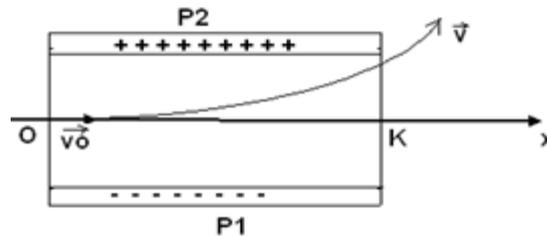
On établit entre les plaques la tension $U_{P_1P_2} = U = 600\text{V}$.

- 1) Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ \vec{E} supposé uniforme qui règne entre les plaques.
- 2-) Donner les caractéristiques (direction, sens et intensité) de la force électrostatique \vec{F}_e qui agit sur l'électron.
 - ✓ La comparer à son poids et conclure
 - ✓ Justifier le sens de la déviation observée.
- 3-) L'axe $x'Ox$ pénètre dans le champ électrostatique en O et en K.
 - ✓ Montrer que la ddp entre O et K est nulle.
 - ✓ Calculer la ddp $V_M - V_K$ sachant que $MK = 1,3\text{cm}$. En déduire la valeur de la ddp $V_0 - V_M$.
- 4-) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à un électron entre ses passages en O et M, calculer la vitesse v_M acquise par ce dernier à la sortie de M.

Données : masse électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{Kg}$; charge de l'électron $e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



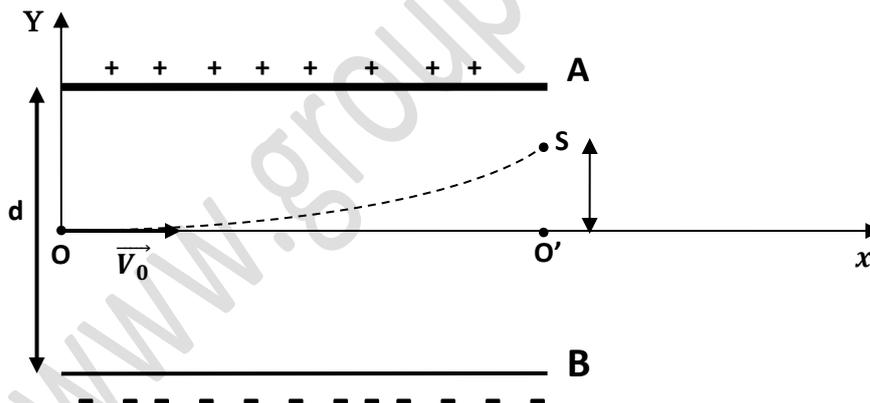
Exercice 4 :

Entre deux plaques parallèles horizontales A et B distantes de d existe une différence de potentielle (ddp) $V_A - V_B > 0$

- 1-) Donner les caractéristiques du vecteur champ électrostatique entre A et B.
 - 2) Une particule de masse m et de charge q pénètre entre les plaques A et B en un point O équidistant de A et B. Elle en sort au point S.
 - 2-a-) Quel est le signe de la charge q portée par la particule.
 - 2-b-) Calculer la différence de potentielle $V_O - V_S$ existant entre les points O et S.
 - 3-) Calculer le travail de la force électrostatique appliquée à la particule de charge q lorsque celle-ci passe du point O au point S. L'exprimer en joule puis en électron volt eV.
 - 4-) La particule pénètre en O avec une vitesse V_0 . Calculer la valeur de sa vitesse au point de sortie S
- N.B :** On suppose que le poids de la particule chargée est négligeable devant la force électrostatique.

Données Numériques :

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; $|q| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $d = 5 \text{cm}$; $O'S = 2 \text{cm}$; $V_0 = 2 \cdot 10^5 \text{m/s}$; $V_A - V_B = 1000 \text{V}$



Exercice 5 :

Entre les plaques verticales P_1 et P_2 distantes de $d=16 \text{cm}$ est appliquée une différence de potentiel de valeur absolue $|V_{P_1} - V_{P_2}| = 80 \text{V}$.

Un électron animé d'une vitesse $V_1=5 \cdot 10^6 \text{m.s}^{-1}$ est émis du trou T_1 de la plaque P_1 et se dirige en ligne droite vers la plaque P_2 (voir figure)

- 1-a-) Déterminer le signe de la différence de potentiel $V_{P_1}-V_{P_2}$ entre les plaques P_1 et P_2 .

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



b-) Déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique \vec{E}_0 entre les plaques P₁ et P₂ et le représenter?

c-) Calculer le travail de la force électrostatique \vec{F} pour faire passer l'électron de la plaque P₁ à la plaque P₂. En déduire la vitesse V₂ avec laquelle l'électron arrive au trou T₂.

d-) Calculer l'énergie cinétique en joule puis en Kev de la particule à son arrivée au trou T₂.

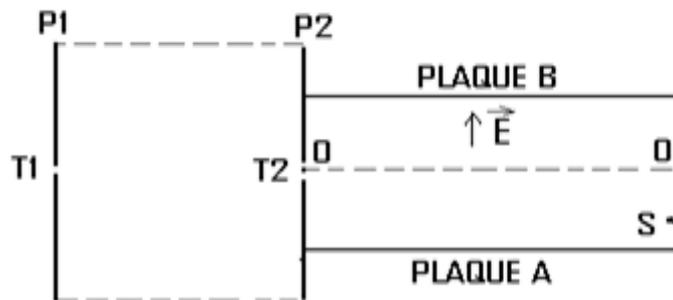
2-) A la sortie du trou T₂ l'électron pénètre avec la vitesse V₂ entre les plaques A et B horizontales où règne un champ électrostatique uniforme représenté dans la figure. L'électron entre par le point O situé à égale distance des deux plaques. La distance entre les deux plaques A et B est d = 8 cm. Lorsque la tension U_{AB} = 500 V, l'électron sort de l'espace champ en un point S tel que O'S = 1,5 cm.

a-) On prend l'origine des potentiels V₀ = 0 du point O, calculer V_S potentiel électrostatique du point S.

b-) Déterminer Ep(O) et Ep(S) énergies potentielles électrostatiques de l'électron en O et en S en joule et en eV.

c-) En utilisant la conservation de l'énergie, calculer la vitesse V₃ de sortie de l'électron en S.

Données : e = 1,6.10⁻¹⁹C ; m_e = 9,1.10⁻³¹Kg ; 1eV = 1,6.10⁻¹⁹J



figure

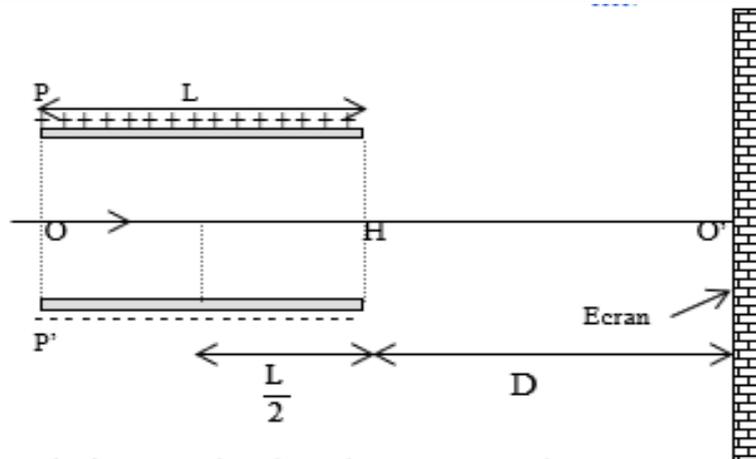
Exercice 6 :

Des électrons pénètrent en O entre deux plaques P et P' avec une vitesse horizontale \vec{V}_0 et ressortent en M (voir figure ci-contre). Le point O est équidistant de P et de P' qui sont distantes de d = 3 cm. On donne V₀ = 10 m/s. On applique une tension U_{PP'} = 600 V entre les plaques.

1. Donner les caractéristiques du vecteur champ \vec{E} et celle de la force \vec{F} qui s'exerce sur un électron.
2. Comparer l'intensité de \vec{F} et celle du poids \vec{P} de l'électron. Justifier le sens de déviation observé.
3. Montrer que la ddp entre O et H est nulle. Calculer V_M - V_H sachant que MH = 1,3 cm
4. Déterminer la vitesse de sortie V d'un électron en M.
5. Justifier la nature de la trajectoire en dehors du champ \vec{E} .
6. On place un écran (E) fluorescent à une distance D = 35 cm de l'extrémité des plaques. Les électrons rencontrent l'écran en A. Calculer le déplacement O₁A des électrons. (La tangente en M à la trajectoire passe par le milieu I du segment [OH]). On donne L = 10 cm.

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



Exercice 7 :

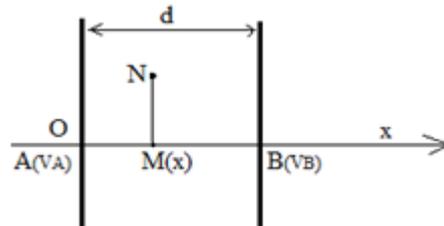
Un condensateur plan est constitué de deux plaques planes et parallèles A et B portées aux potentiels V_A et V_B tels que : $V_A - V_B = 150 \text{ V}$. La distance entre les deux plaques vaut $d = 10 \text{ cm}$.

- 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.
 - 3.1-) Soit M le point d'abscisse x ($OM = x$) ; Exprimer 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 ?
 - 4.3-) Où se situent les points qui sont à un même potentiel (équipotentielle) ?
 - 4.4-) Dessiner les équipotentielle $V_1=85\text{V}$; $V_2=75\text{V}$; $V_3=50\text{V}$ c'est à dire les ensembles de points dont les potentiels par rapport à la plaque B ($V_B = 0\text{V}$) 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 : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



Exercice 8 :

Certains métaux, lorsqu'ils sont convenablement éclairés, émettent des électrons ; ces derniers peuvent être captés par une plaque métallique P: cela constitue le principe des cellules photo-électrique.

Un électron quitte ainsi un métal selon la direction \vec{Ox} , à la vitesse $V_0 = 1100\text{km/s}$ et se dirige dans le vide vers une plaque métallique P (voir figure ci-dessous)

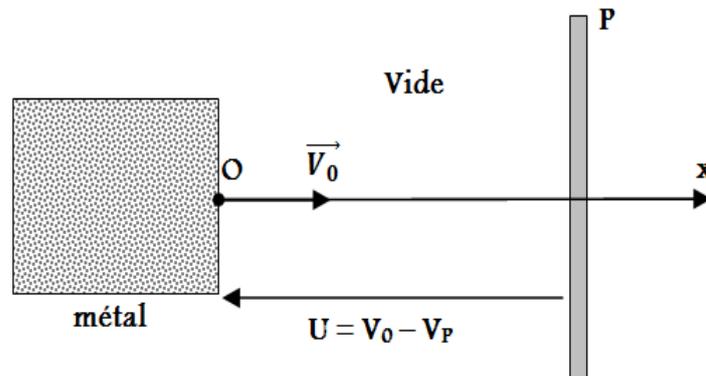
1-) Quelle est en eV, l'énergie cinétique initiale de l'électron ?

2-) On établit une différence de potentiel $U = V_0 - V_P$ entre le métal émetteur et la plaque collectrice P.

Quel signe doit avoir la d.d.p pour que son effet soit de **ralentir les électrons** émis ?

3-) A partir de quelle valeur de la tension U les électrons émis ne *peuvent-ils plus atteindre* la plaque P ?

4-) Avec quelle vitesse V' atteignent-ils la plaque P lorsque la tension U est égale à 1V ?



Données relatives à l'électron : $m = 9,1.10^{-31}\text{kg}$; $q = -e = -1,6.10^{-19}\text{C}$

Exercice 9 :

Une chambre d'ionisation produit des ions $^{20}\text{Ne}^+$ et $^{22}\text{Ne}^+$ de masses respectives m_1 et m_2 . Le poids est négligeable devant la force électrique et que leur mouvement a lieu dans le vide.

Les ions pénètrent en O avec une vitesse initiale négligeable dans un accélérateur où ils sont soumis à un champ électrique uniforme créé par une tension $U_0 = V_M - V_N$ établie entre deux plaques conductrices M et N. On désigne respectivement par V_1 et V_2 les vitesses des ions $^{20}\text{Ne}^+$ et $^{22}\text{Ne}^+$ lors du passage en O_1 .

Groupe Excellence

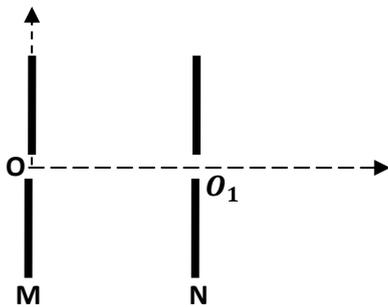
Excellez avec les meilleurs professeurs !



- 1-) Représenter sur le schéma le signe des plaques, et le vecteur champ électrique.
- 2-) Donner le signe de la tension U_0 .
- 3-) Exprimer la vitesse de chaque ion au point O_1 en fonction de sa masse m , de sa charge e et la tension U_0 .
- 4-) Montrer en O_1 $m_1 V_1^2 = m_2 V_2^2$.

Données : charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$

$$|U_0| = 2 \cdot 10^4 \text{V}$$



Exercice 10 :

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)

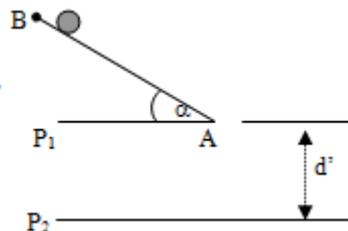
1.1-) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la bille et calculer le travail de chacune d'elles lors du déplacement de B à A.

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

2-) En réalité, la bille subie 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 5cm de l'armature inférieure.



Exercice 11 :

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



On considère un modèle simplifié de l'atome d'hydrogène : un électron tourne à la distance constante r autour d'un proton immobile. L'atome peut avoir différents états, à l'état fondamental $r = r_1 = 5,35 \cdot 10^{-11} \text{m}$, dans un état excité

$r > r_1$, enfin si r est très supérieur à r_1 on dit que l'électron est séparé du proton (ionisation de l'atome).

1-) Le potentiel électrique créé par une charge ponctuelle q , en un point M situé à la distance r de cette charge est :

$$V_M = 9 \cdot 10^9 \frac{q}{r} \quad (1)$$

1.1-) Vers quelle valeur tend V_M lorsque le point M s'éloigne de plus en plus de q ?

1.2-) Est-il légitime de dire que l'expression (1) donnée pour le potentiel suppose que l'on a choisi l'état de référence pour le potentiel à l'infini

1.3-) La charge q étant un proton, calculer numériquement V_M , lorsque $r = r_1$, puis lorsque $r = 1 \mu\text{m}$.

2-) Donner une expression de l'énergie potentielle E_P du système (proton, électron). On négligera les poids et les forces de gravitation. Calculer numériquement E_P , en eV, dans les deux cas suivants :

2.1-) Si l'atome est à l'état fondamental.

2.2-) Si $r = 1 \mu\text{m}$. Dans ce cas comment peut-on qualifier l'état du système ?

3-) On montre que l'énergie cinétique de l'électron, par rapport à un repère dans lequel le noyau est fixe, est donnée par : $E_C = -\frac{E_P}{2}$. Calculer numériquement E_C , en eV, lorsque l'atome est à l'état fondamental. En déduire l'énergie mécanique de l'atome, en eV, à l'état fondamental.

Exercice 12 :

On maintient une d.d.p $U_{PN} = 1000 \text{ V}$ entre deux plaques parallèles, verticales, distantes de $d = 5 \text{ cm}$. Un ion magnésium Mg^{2+} de masse $m = 3,984 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ se déplace d'un point A situé à 1 cm de la plaque P à un point B, situé à 2 cm de la plaque N (**figure 1**).

- Donner les caractéristiques du champ électrique entre les plaques.
 - L'ion passe par le point A avec une vitesse $V_A = 2,5 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$.
 - Déterminer la vitesse V_B de l'ion à son passage par B.
 - L'ion passe par un point M avec une vitesse $V_M = 7,37 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est l'abscisse x_M du point M (origine des abscisses point O) ? Dessiner le plan équipotentiel contenant M.
 - Calculer en joules puis en keV les énergies potentielles E_{pA} et E_{pB} aux points A et B. L'état de référence est choisi au niveau de la plaque négative N. Vérifier que la variation d'énergie potentielle électrique entre A et B est l'opposé du travail de la force électrostatique. Quelle conclusion peut-on en tirer sur la nature de cette force ?
- I- Deux petites sphères métalliques et identiques sont fixées aux extrémités A et B d'une barre de longueur ℓ . Un fil de torsion de constante $C = 13,5 \cdot 10^{-7} \text{ N.m.rad}^{-1}$, fixé à une potence est attaché au milieu O de la barre. Les sphères portent des charges $q_A = +q$ et $q_B = -q$. On introduit ce dispositif entre deux plaques parallèles verticales P_1 et P_2 d'un condensateur plan. Lorsque celles-ci sont branchées à la terre la barre est parallèle aux plaques et le fil n'est pas tordu. Si les plaques sont branchées à un générateur haute tension, il existe un champ électrique uniforme d'intensité $E = 272 \text{ V.m}^{-1}$. La barre s'écarte alors un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à sa position initiale et reste horizontale (voir **figure 2**).

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



1. Représenter les forces électriques qui s'exercent sur les sphères.
2. Exprimer en fonction de ℓ , α , q et E le moment des forces électrostatiques par rapport à l'axe de rotation du dispositif.
3. Le dispositif est en équilibre à la position repérée par l'angle α , en déduire la valeur de q .

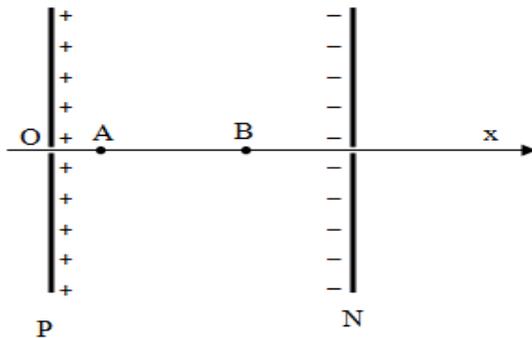


Figure 1

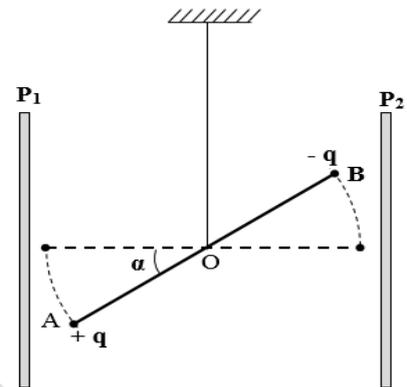
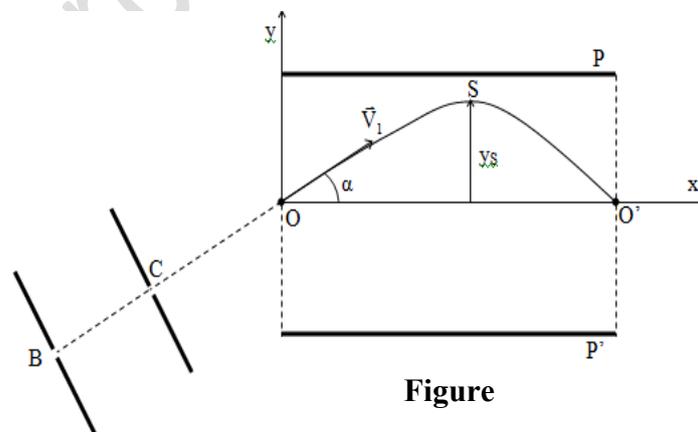


Figure 2

Exercice 13 :

1. Des noyaux d'hélium ${}^3_2\text{He}^{2+}$ et ${}^4_2\text{He}^{2+}$ de masses respectives $m_1 = 3.u$ et $m_2 = 4.u$ (u est l'unité de masse atomique $1 u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$), émis sans vitesse en B sont accélérés entre par une tension U_{BC} de valeur absolue U_0 . Ils arrivent en C avec des vitesses respectives V_1 et V_2 .



Figure

- 1.1. Quel est le signe de la tension U_{BC} ?
- 1.2. Montrer que ces noyaux d'hélium ont la même énergie cinétique en C.

Groupe Excellence



Excellez avec les meilleurs professeurs !

- 1.3. Quelle doit être la valeur absolue U_0 de la tension U_{BC} pour que les noyaux ${}^3_2\text{He}^{2+}$ arrivent en C avec une vitesse $V_1 = 7,99 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$?
- 1.4. Etablir la relation entre V_1 , V_2 et A. Calculer A pour $V_1 = 7,99 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$ et $V_2 = 6,92 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$.
2. Les noyaux d'hélium ${}^3_2\text{He}^{2+}$ pénètrent ensuite par un point O avec leur vitesse V_1 qui fait un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'axe $x'x$, entre deux plaques P et P' distantes de $d = 2,5 \text{cm}$ et de longueur $\ell = 10 \text{cm}$ où règne une d.d.p $U_{PP'}$ de valeur absolue U. Ils décrivent une trajectoire parabolique et sortent du champ \vec{E} au point O' (**figure 2**). L'équation de leur trajectoire est donnée dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) par $y = -\frac{qE}{2m_1 V_1^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha$ (q est la charge des noyaux d'hélium et m_1 leur masse). Soit S le sommet de la parabole. On admet que $V_s = V_{s_x} = V_{1x}$.
- 2.1. Montrer que si les noyaux d'hélium sortent du champ en O' alors la tension U est donnée par la relation $U = 2 \frac{d}{\ell} U_0 \sin 2\alpha$. (On remarquera que comme les ions passent par O', ses coordonnées doivent vérifier l'équation de leur trajectoire). Calculer la valeur de U.
- 2.2. Montrer en appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre O et S que l'ordonnée y_s du sommet S de la parabole est :
- $$y_s = \frac{U_0}{U} d \cdot \sin^2 \alpha .$$
- Calculer sa valeur et en déduire la tension U_{SO} .
- 2.3. Déterminer la tension maximale U_m à ne pas dépasser pour que les ions sortent du champ en O' sans toucher la plaque supérieure P.

Exercice 14 :

Dans cet exercice on suppose que le mouvement des ions se fait dans le vide et que le poids des ions est négligeable.

Des ions magnésium Mg^{2+} isotopes (${}^{24}\text{Mg}^{2+}$ et ${}^{25}\text{Mg}^{2+}$), sortant d'une chambre d'ionisation, pénètrent, avec une vitesse négligeable, par un trou O_1 , dans l'espace compris entre deux plaques verticales P et N. Lorsqu'on applique entre ces deux plaques une tension positive U_0 , les ions atteignent le trou O_2 avec la vitesse V_0 .

1. Quel est le potentiel le plus élevé ? Justifier. Déduire le sens de \vec{E}_0 .
2. Etablir l'expression de la vitesse V_0 en fonction de la charge q, de la masse m d'un ion et de la charge U_0 .
3. Calculer la valeur de V_0 pour chaque type d'ions dans le cas où $U_0=4000 \text{V}$.
Données : $m({}^{24}\text{Mg}^{2+}) = 24 u$; $m({}^{25}\text{Mg}^{2+}) = 25 u$; $u=1,67 \cdot 10^{-27} \text{Kg}$; $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.
4. A la sortie de O_2 , les ions ayant cette vitesse V_0 horizontale pénètrent entre les armatures planes horizontales A et B d'un condensateur en O. On applique entre ces armatures une tension positive $U_{AB}= U$, créant entre elles un champ électrique vertical \vec{E}
 - 4.1. Préciser les caractéristiques de la force électrique \vec{F}_e à laquelle chaque ion est soumis ; on exprimera son intensité en fonction de q, U et de la distance d entre les plaques A et B.

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



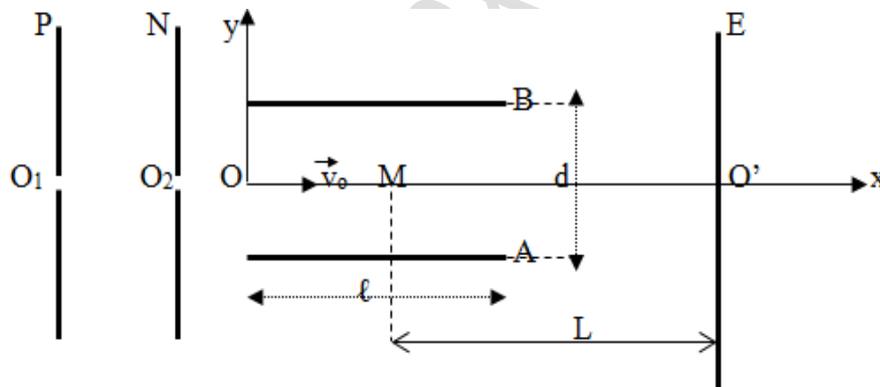
- 4.2. Les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ à l'intérieur de ce condensateur sont :
- $$\begin{cases} x = V_0 t \\ y = \frac{qUt^2}{2md} \end{cases}$$

Etablir, l'équation de la trajectoire d'un ion à l'intérieur de ce condensateur lorsque U garde une valeur constante. Ebaucher l'allure de cette trajectoire.

- 4.3. Calculer la durée de la traversée du condensateur dans le cas où $l = 10$ cm.
 4.4. Déterminer les coordonnées du point de sortie S du condensateur pour chaque type d'ions.
 5. On dispose un écran vertical E à la distance L du centre des plaques.
 5.1. Etablir l'expression de la déviation angulaire $\tan \alpha$ de chaque type d'ions en fonction de e , U , V_0 , d et m_1 ou m_2 (avec α l'angle que fait la droite MS avec l'axe des abscisses).
 5.2. Quelle sera la nature de la trajectoire entre S et l'écran E ? Justifier votre réponse. Déterminer en fonction de e , m , U , V_0 , l , L et d , l'expression de la déflection électrique $Z=O'I$, I étant le point d'impact d'un ion sur l'écran.
 5.3. L'appliquer à chaque type d'ions et montrer que les deux ions sont reçus sur le même point d'impact I de l'écran.
 5.4. Quelle doit-être la valeur de la tension U pour que les ions sortent du champ en S sans être déviés ?

Donnée : $U=1000V$; $d=5$ cm ; $L=40$ cm.

NB : La tangente à la trajectoire au point S coupe l'axe des abscisses au point M .



Exercice 15 :

On considère deux plaques métalliques P_1 et P_2 parallèles, distantes de $d_0 = 10$ cm et portées respectivement aux potentiels V_1 et V_2 tels que $U_0 = |V_1 - V_2|$. Un électron est émis avec une vitesse nulle au trou O (origine du repère (O, \vec{i}, \vec{j})) et se dirige vers P_2 (figure 2).

- 4.1. Représenter le vecteur champ \vec{E}_0 créé entre les deux plaques.
 4.2. Montrer que le potentiel V_x du point M d'abscisse x , s'écrit : $V_x = E_0 x + V_1$.
 4.3. La courbe de la figure 3 indique l'évolution du potentiel V_x en fonction de l'abscisse x . Déterminer à partir de cette courbe, le potentiel V_1 de la plaque P_1 et l'intensité E_0 du champ électrique \vec{E}_0 . En déduire V_2 .
 4.4. Calculer la vitesse v_1 de sortie de l'ion en O' . On prendra $U_0 = 45,5$ V.

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



4.5. L'électron pénètre ensuite en T, à la date $t = 0$, avec un vecteur vitesse \vec{v}_0 , entre deux plaques A et B horizontales de longueur $L = 10$ cm où règne une tension $U = V_A - V_B$. Il sort de l'espace où règne le champ électrique \vec{E} au point S. La distance entre les deux plaques est $d = 8$ cm et le point T est situé à égale distance des deux plaques.

4.5.1. Sachant qu'entre les points O' et T existe un espace vide d'épaisseur a , montrer que $v_0 = v_1$.

4.5.2. Représenter le champ \vec{E} et en déduire le signe de U .

4.5.3. Etablir les équations horaires du mouvement de l'électron entre les plaques dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) .

4.5.4. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.

4.5.6. Déterminer les coordonnées du point de sortie S.

4.6. La distance minimale d'approche de la plaque supérieure A est $d_m = \frac{d}{8}$.

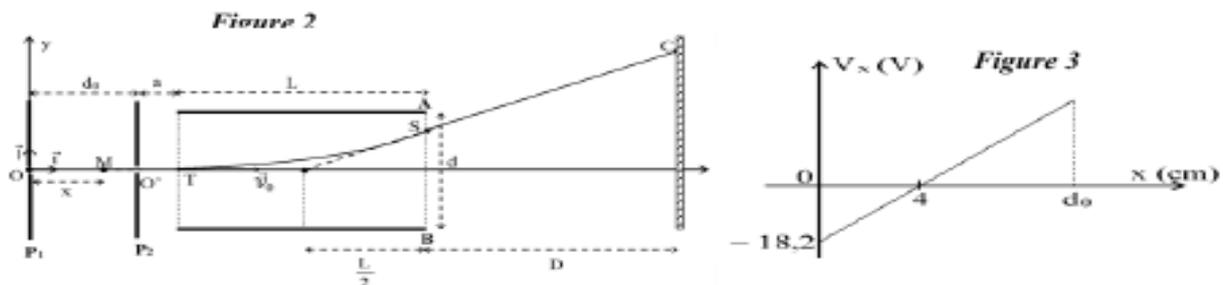
4.6.1. Montrer que la tension U qui règne entre les plaques A et B peut s'écrire sous la forme $U = \frac{3}{2} U_0 \left(\frac{d}{L}\right)^2$. Calculer U .

4.6.2. Montrer que l'énergie cinétique de l'électron en S peut s'écrire : $E_{c_S} = \frac{1}{8} e(8U_0 + 3U)$.

4.7. A la sortie des plaques A et B, l'électron en un point C un écran placé à une distance $D = 50$ cm de l'extrémité des plaques horizontales.

4.7.1. Quelle est la nature du mouvement de l'électron au – delà de S ? Justifier.

4.7.2. Déterminer l'ordonnée y_C du point d'impact C de l'électron sur l'écran.



On donne : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

Exercice 16 :

Dans le dispositif suivant règne un vide poussé. La force de pesanteur est négligée par rapport aux autres forces.

Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension $U = V_A - V_C$ appliquées entre deux plaques A et C, pénètre en O a une vitesse $V_0 = 800$ km.s⁻¹ dans une enceinte de section carrée de côté $2a = 50$ cm où les ouvertures O, M, P, N sont situées aux milieux des côtés. Masse du proton $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ; charge du proton $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

1.1 Quel doit être le signe de U ?

1.2 Calculer en joule et en électron volt l'énergie cinétique d'un proton qui franchit l'ouverture O.

Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



2. On applique un champ électrique uniforme \vec{E} pour que faisceau franchisse l'ouverture N après avoir décrit une trajectoire parabolique d'équation $y = \frac{qE}{2mv_0^2}x^2$ dans le repère (OX ; OY).

2.1 Donner l'expression de la force \vec{F}_e qui s'exerce sur un proton dans le champ électrique \vec{E} .

2.2 Préciser la direction et le sens de \vec{E} .

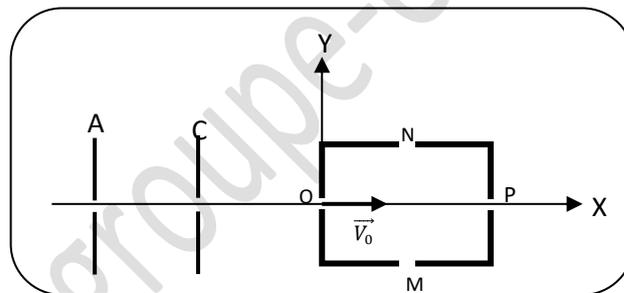
2.3 Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de m, V_0 , q et a. Calculer numériquement E.

3. On supprime le champ électrique précédent et on applique maintenant un champ magnétique uniforme \vec{B} pour que les protons décrivent un quart de cercle de rayon $r = a$ avant de sortir par l'ouverture M.

3.1 Sachant que le champ magnétique exerce sur le proton une force magnétique \vec{F}_m constamment perpendiculaire au vecteur vitesse instantanée ; montrer que le travail de la force magnétique \vec{F}_m entre O et M est nul. En déduire la valeur de la vitesse des protons à leur sortie en M.

3.2 Calculer la valeur B du champ magnétique sachant que le rayon de la trajectoire a pour expression $r = \frac{mV}{qB}$ (la valeur de B sera exprimée dans les unités du système international)

4. Les champs \vec{E} et \vec{B} conservant leurs directions et sens précédents, sont maintenant appliqués simultanément. Quelle relation doivent vérifier les forces \vec{F}_e et \vec{F}_m pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés ?



Exercice 17 :

De la vapeur de lithium est ionisée au moyen d'un rayonnement convenable. Les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ de même charge $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C et de masse respectives m_1 et m_2 , passent pratiquement sans vitesse initiale à travers le trou O_1 d'une plaque P_1 à une plaque P_2 . Ils sont accélérés par un champ électrique régnant entre les plaques P_1 et P_2 distantes de $d=10$ cm. On porte ces plaques à une tension $U=V_{P_1} - V_{P_2}$ (voir figure).

1. Déterminer le signe de la tension accélératrice U.

2. Montrer que les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ ont la même énergie cinétique en O_2 .

3. Exprimer les vitesses V_1 et V_2 respectivement des ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ à la sortie de O_2 , en fonction de U, e, m_1 et m_2 . Calculer V_1 .

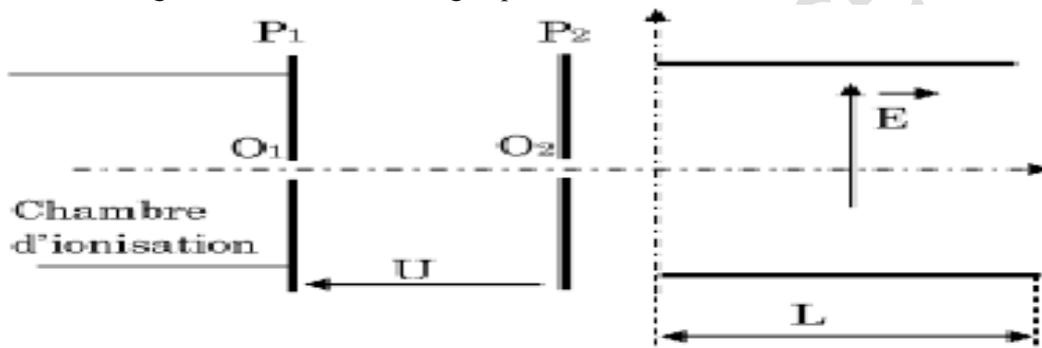
Groupe Excellence

Excellez avec les meilleurs professeurs !



On donne : $|U|=7.10^3$ V, $m_1=6u$ et $m_2=xu$ avec $u=1,66.10^{-27}$ kg.

4. Calculer x sachant que $\frac{v_1}{v_2} = 1,08$
5. Les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^x\text{Li}^+$ pénètrent par la suite par le point O dans un champ électrique \vec{E} vertical orienté vers le haut. On montre que l'équation cartésienne de la trajectoire de chaque ion dans le repère Oxy est une parabole qui peut s'écrire sous la forme : $y = \frac{E}{4U} x^2$, on donne $E=2.10^4$ V/m.
Les ions sortent du champ sans heurter les plaques
 - a) Déterminer les coordonnées du point de sortie S du champ électrique sachant que la longueur du champ électrique est $L=20$ cm.
 - b) Calculer la vitesse V_S d'un ion ${}^6\text{Li}^+$ au point de sortie S.
 - c) La déviation angulaire α des ions est l'angle que fait le vecteur vitesse \vec{V}_S à la sortie du champ



par rapport à l'horizontale. On admet que la droite support de \vec{V}_S coupe l'axe des abscisses au point I milieu des plaques. Montrer que $\tan \alpha = \frac{EL}{2U}$. Calculer α .

Exercice 18 :

On néglige l'action de la pesanteur dans le dispositif qui comprend :

- Deux plaques (A) et (B) horizontales placées dans le vide à la distance d l'une de l'autre et soumise à une tension $U_{AB} = V_A - V_B > 0$. La plaque (A) est percée d'un trou en son milieu M_0 .
- Deux plaques (C) et (D) verticales placées dans le vide à une distance d' l'une de l'autre et soumise à une tension $U_{CD} = V_C - V_D > 0$. Entre les deux paires de plaques règnent les champs électriques uniformes \vec{E} (entre A et B) et \vec{E}' (entre C et D).

Un proton est abandonné sans vitesse initiale à partir du point M_0 à l'instant initial $t = 0$ (voir **figure 2**).

- 1) Représenter les vecteurs champs électriques \vec{E} et \vec{E}' sur la figure.
- 2) Déterminer les coordonnées des points M_0 et S.
- 3) Les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ sont :
$$\begin{cases} x = \frac{eU_{CD}t^2}{2md'} + \frac{d'}{2} \\ y = -\frac{eU_{AB}t^2}{2md} + d \end{cases}$$

Groupe Excellence



Excellez avec les meilleurs professeurs !

- 1.1. Exprimer la date d'arrivée du proton dans le plan horizontal passant par la plaque (B) en fonction de e , d , m et U_{AB} . **Faire l'application numérique** avec : $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m=1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$; $d=5 \text{cm}$ et $U_{AB}=80 \text{V}$.
- 1.2. Quelle valeur doit-on donner à U_{CD} pour que le proton sorte par S ? **On donne** $d'=10 \text{cm}$.
- 1.3. Déterminer l'équation de la trajectoire c'est – à – dire l'expression de y en fonction de x ($y=f(x)$).

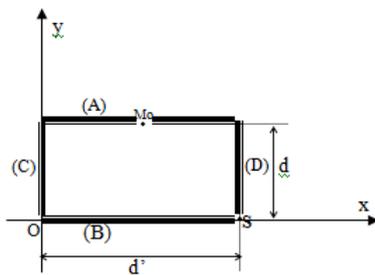


Figure 2

« Bon Courage, Petit Physicien deviendra Grand ! » M.E.S