AlloSchool

Physique et Chimie : 1ère Année Bac

Séance 16 (Énergie potentielle d'une charge électrique dans un champ électrique uniforme)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Travail d'une force électrostatique dans un champ électrique uniforme

Une charge est transportée de A (point de départ) vers B (point d'arrivée) dans un champ électrostatique uniforme $\overrightarrow{E}$.

Pour que ce déplacement se fasse il faut bien sûr qu'il y ait des forces extérieures appropriées qui agissent sur q.

Considérons le repère d'axe Ox (parallèle au champ électrostatique et orienté dans le sens opposé à $\overrightarrow{E}$.

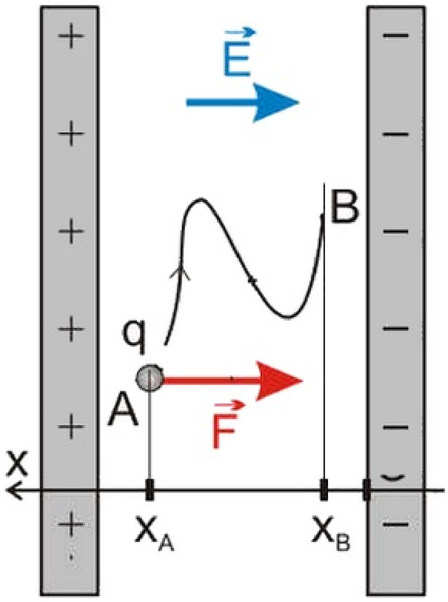
Le champ $\overrightarrow{E}$ est constant, la force électrostatique $\overrightarrow{F} = q.\overrightarrow{E}$ est donc constante au cours du déplacement, donc son travail $W\left(\overrightarrow{F}\right)$ est indépendant du chemin suivi.

Dans le cas du déplacement d'une charge positive :

$$W\left(\overrightarrow{F}\right) = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{AB}$$

$$W\left(\overrightarrow{F}\right) = q.\overrightarrow{E}.\overrightarrow{AB}$$

$$W\left(\overrightarrow{F}\right) = q.E.(x_A - x_B)$$



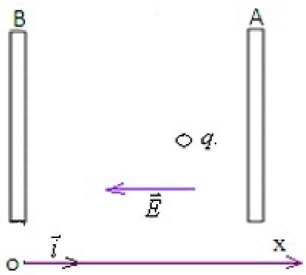
II- Énergie potentiel électrostatique

2-1/ Définition de l'énergie potentielle électrostatique

L'énergie potentielle électrostatique d'une charge q posée en un point M d'un champ électrostatique uniforme E est donnée par la relation suivante :

$$E_{pe} = q.E.x + Cte$$

On considère comme état de référence de l'énergie potentielle électrostatique le point O correspondant la position de la plaque ayant le plus petit potentiel, dans ce ca son a : $E_{pe} = q.E.x$



2-2/ Variation de l'énergie potentielle électrostatique

La variation de l'énergie potentielle électrostatique d'une charge q quelconque dans un champ électrostatique uniforme $\overrightarrow{E}$ vaut :

$$\Delta E_{pe} = q.E.x_B - q.E.x_A = q.E.(x_B - x_A) = W\left(\overrightarrow{F}\right)$$

Elle est indépendante du niveau de référence choisi.

III- Potentiel électrique

3-1/ Définition du potentiel électrique

On appelle V_A le potentiel électrique au point A.

Le potentiel électrique est une grandeur physique qui caractérise l'état électrique de chaque point de l'espace où règne le champ électrique.

Son unité en SI est le volt : V

3-2/ Potentiel d'un point d'un champ uniforme

Le potentiel d'un point d'un champ uniforme d'abscisse x s'écrit : $V = E.x$

Alors V ne dépend que de la position du point et du champ électrique.

D'après la relation $V = E.x$, on a :

- Nouvelle unité pour l'intensité du champ électrique E : Volt/mètre (V/m)
- Nouvelle expression pour l'énergie potentielle électrique : $E_{pe} = q.V + Cte$
- Nouvelle expression pour le travail de la force électrique : $W\left(\overrightarrow{F}\right) = q.(V_A - V_B)$

III- Potentiel électrostatique

3-3/ Potentiel crée par une charge ponctuelle

Le potentiel crée par une charge ponctuelle q, placé dans le vide, en un point M de l'espace situé à la distance r de la charge q est donné par :

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q}{r}$$

$V(M) = 0$ quand $r \to +\infty$

Potentiel électrique créé par une distribution de charges ponctuelles

En utilisant le principe de superposition, le potentiel électrique en M est la somme du potentiel électrostatique créé par chaque charge :

$$V(M) = \sum V_i(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \sum \frac{q_i}{r_i}$$

3-4/ Différence de potentiel électrique : Tension électrique

Lorsqu'une charge se déplace d'un point initial A de potentiel V_A vers un point B de potentiel V_B, alors la différence de potentiel entre le point final et le point initial est :

$$\Delta V = V_A - V_B$$

Une différence de potentiel est appelée tension électrique.

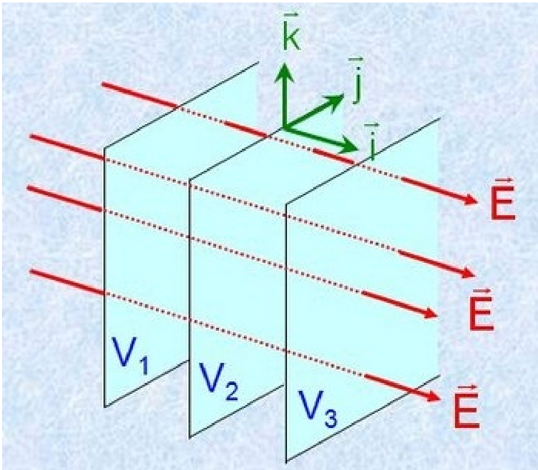
La tension entre A et B est notée : $U_{AB} = V_A - V_B$

3-5/ Plans (ou surfaces) équipotentiels

Une surface (ou plan) équipotentielle électrique est une surface où la valeur du potentiel électrique est la même en tout point.

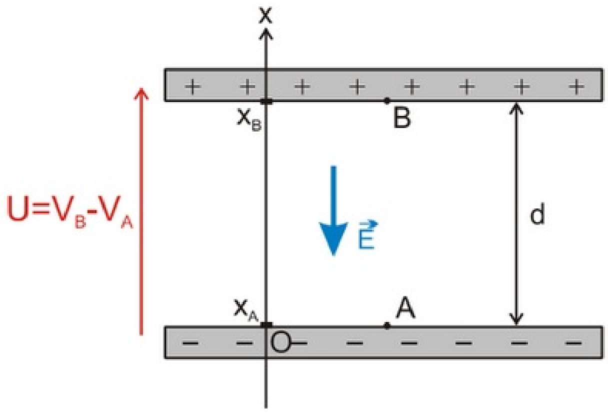
Les équipotentielles électriques possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le potentiel électrique est égal en tout point de la surface.
- Le champ électrique est perpendiculaire à la surface équipotentielle.
- Le sens du champ électrique définit le sens où il y à une chute de potentiel.



IV- Conservation de l'énergie totale d'une charge placée dans un champ électrostatique uniforme

On considère une particule de charge q et de masse m qui se déplace dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme, du point A vers un point B :



Le poids de la particule est négligeable devant la force électrostatique, et le mouvement de la particule est sans frottement.

L'énergie totale de la particule :

$$E_T = E_C + E_{pe} = \frac{1}{2}mv^2 + q.V + Cte$$

La variation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique est :

$$\Delta E_T = \Delta E_C + \Delta E_{pe}$$

on sait que : $\Delta E_{pe} = q.E.(x_B - x_A) = -W_{AB}\left(\vec{F}\right)$

Et d'après la théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_C = W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right)$

Donc :

$$\Delta E_T = \Delta E_C + \Delta E_{pe} = 0$$

> L'énergie totale d'une particule de charge électrique q se déplace dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme sans frottement soumise à la seule action de la force électrique se conserve.

V- Exercices

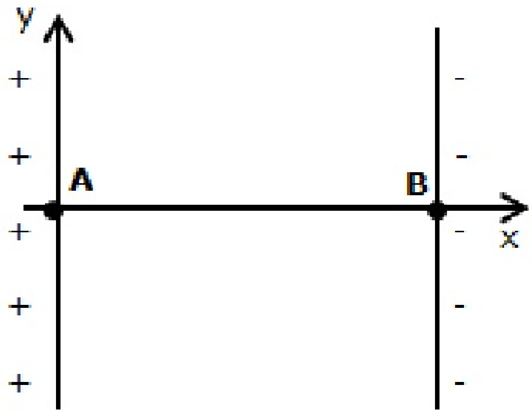
5-1/ Exercice 1

Une particule α (noyau d'hélium), produite par une source radioactive, est émise au voisinage d'un point A.

La valeur de sa vitesse en A est négligeable devant celle qu'elle peut atteindre en B.

Entre les points A et B règne un champ électrostatique uniforme qui permet l'accélération de la particule.

Le poids et les frottements sont négligeables lors de ce mouvement.



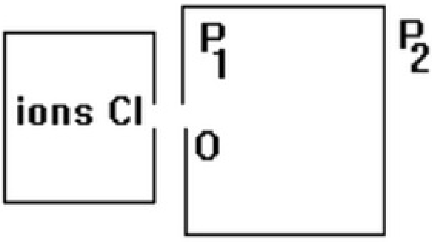
1. Quelle est la charge q_α de la particule α ?
2. Établir l'expression du travail de la force électrostatique s'appliquant sur la particule α se déplaçant entre A et B. Exprimer ce travail en fonction de q_α, V_A et V_B. (V_A et V_B sont les potentiels respectifs aux points A et B).
3. En déduire l'expression de la variation d'énergie potentielle électrique entre A et B.
4. L'énergie mécanique se conserve-elle ? Justifier.
5. À partir des réponses précédentes, exprimer la différence de potentiel $V_A - V_B$ en fonction de v_B, m_α et q_α.et calculer cette valeur sachant que la vitesse en B a pour valeur $v_B = 1,00 \times 10^3 km.s^{-1}$.

Données

$$e = 1,60 \times 10^{-19} C\ ;\ \ m_\alpha =\ 6,70 \times 10^{-27} kg$$

5-2/ Exercice 2

Par l'ouverture O deux ions ${}^{37}_{17}Cl^-$ et ${}^{35}_{17}Cl^-$ pénètrent avec une vitesse pratiquement nulle dans une région située entre deux plaques P_1 et P_2 où règne un champ électrostatique uniforme $\overrightarrow{E}$.



1. Si $(V_{P2} - V_{P1})$ est égale à $100V$, quelle est en eV l'énergie acquise par chaque ion à l'arrivée en P_2 ?
2. En déduire le rapport des vitesses des ions à leur arrivée en P_2.

Données :

- masse molaire de l'ion ${}^{35}_{17}Cl^-$: $35.10^{-3}kg/mol$
- masse molaire de l'ion ${}^{37}_{17}Cl^-$: $37.10^{-3}kg/mol$
- constante d'Avogadro : $N = 6,02.10^{23}mol^{-1}$

5-3/ Exercice 3

Deux armatures métalliques PA et PB, parallèles entre elles et distantes de d, sont reliées aux bornes d'un générateur de tension continue.

Entre ces deux armatures règne un champ électrostatique $\overrightarrow{E}$ uniforme.

1. Donner l'expression du travail de la force électrostatique $\overrightarrow{F}$ qui s'exerce sur une particule de charge q se déplaçant d'un point A de l'armature PA à un point B de l'armature PB. L'exprimer en fonction de E, AB et q.
2. Montrer que le travail de cette force s'écrit : $W_{AB}\left(\overrightarrow{F}\right) = q.U_{AB}$
3. Calculer sa valeur dans le cas d'un noyau d'hélium He^{2+} se déplaçant de A à B.

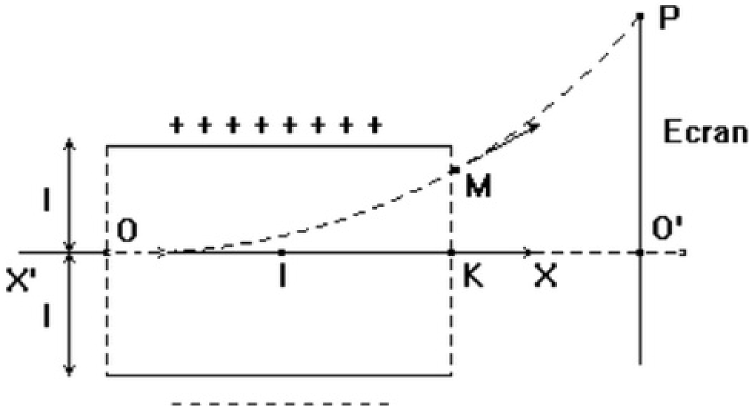
$e = 1,60 \times 10^{-19}\,C$
$U_{AB} = 400V$

5-4/ Exercice 4

Les électrons pénètrent en O entre les plaques P_1 et P_2 à la vitesse horizontale v_0 et ressortent en M.

Le point O est à la même distance $l = 3cm$ des deux plaques et $v_0 = 10^7 m/s$.

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



1. Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ électrostatique $\overrightarrow{E}$, supposé uniforme, qui règne entre les plaques.
2. Déterminer les caractéristiques de la force électrostatique qui agit sur l'électron, puis la comparer à son poids et conclure.
3. Justifier le sens de la déviation observée.

L'axe $X'OX$ pénètre dans le champ électrique en O et en ressort en K.

4. Montrer que la d.d.p entre les points O et K est nulle.
5. Calculer la d.d.p V sachant que $MK = 1,3cm$.
6. Calculer la vitesse v acquise par ce dernier à sa sortie du champ au point M

La trajectoire de l'électron entre O et M est un arc de parabole et on montre (nous l'admettons) que la tangente en M à la parabole passe par le milieu de OK.

7. A partir de M, en dehors de tout champ, quelle sera la trajectoire de l'électron ?

L'électron rencontre l'écran fluorescent (E) au point P.

8. Calculer le déplacement vertical ou déflexion électrique $O'P$.

- longueur des plaques $l = 10cm$
- $IO' = 40cm$.