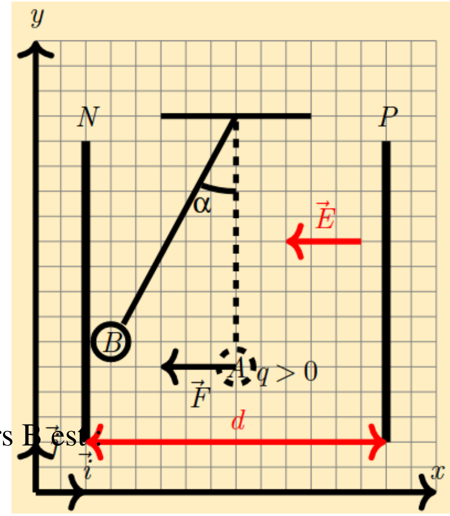
Matière : Physique-Chimie
Unité : Electricité
Niveau : 1BAC-SM

Professeur : Zakaria HAOUZAN
Établissement : Lycée SKHOR qualifiant
Heure : 5H

Leçon $N°7$: Energie potentielle électrostatique (Sc.Math)

I Travail d'une force électrostatique dans un champ uniforme :

I.1 Activité :



On place un pendule électrostatique ente deux plaques conductrices planes et parallèles séparées d'une distance d, la boule du pendule porte une charge $q > 0$.

A l'absence du champ électrique la boule se trouve au point M (le pendule est vertical).

Lorsqu'on applique une tension électrique entre les deux plaques A et B, un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ se crée et la charge q se trouve soumise à une force électrique $\vec{F} = q.\vec{E}$ ce qui la déplace d'un point A vers un point B . Puisque le champ est uniforme donc la force $\vec{F}$ est constante. Dans le repère orthonormé $(O,\vec{i},\vec{j})$.

–Trouver l'expression du travail de la force $\vec{F}$ lorsque la charge se déplace de M vers N . On sait que le travail de la force $\vec{F}$ au cours de déplacement de A vers B est

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{MN} = q\vec{E}.\vec{MN}$$

Dans le repère$(O,\vec{i},\vec{j})$

$$\overrightarrow{MN} = (x_M - x_N)\vec{i} + (y_M - y_N)\vec{j}$$

$$\vec{E} = -E\vec{i}$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{MN} = qE.(x_M - x_N)$$

II Potentiel électrique :

II.1 Définition de la différence de potentielle électrique (d.d.p)

La différence de potentielle ou tension électrique entre deux points A et B d'une région où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, est égale au produit scalaire des vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{AB}$: $\boxed{V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}}$
Remarque : Cette relation ne s'applique que si le champ électrique est uniforme.

II.2 Potentiel électrique:

Dans le repère$(O,\vec{i},\vec{j})$ $V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}.E(x_A - x_B)$ De cette relation on constate que $V_A = E.x_A et V_B = E.x_B$

On appelle VA le potentiel électrique au point A et VB le potentiel électrique au point B. Le potentiel électrique est une grandeur physique qui caractérise l'état électrique de chaque point de l'espace où règne le champs électrique . Son unité en SI est V le volt

D'où l'expression du travail de la force électrostatique :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{MN} = qE.(x_A - x_B) = q(V_A - V_B)$$

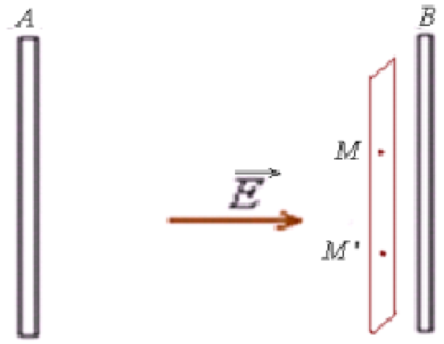
Remarque :

Cette relation est valable même si le champ électrique n'est pas uniforme .
Le travail de la force F est moteur , $VA - VB > 0.VA > VB$ et le sens de F vers la plaque où le potentiel est petit.

D'une façon générale : Le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$ est dans le sens des potentiels décroissants .

II.3 Plan équipotentiel :

II.3.1 Définition



Le plan équipotentiel est un plan dont tous les point sont au même potentiel électrique . Ce plan est situé à la même distance des plaques M et N .

Si un point C a le même potentiel que le point A , on a d'après la relation précédente : $V_A - V_C = \vec{E}.\overrightarrow{AC} = 0$ donc $V_A \neq 0$ et $V_B \neq 0$, $\vec{E} \perp \overrightarrow{AC}$

les plan équipotentiels sont des plans parallèles entre eux et perpendiculaire au vecteur champ électrique $\vec{E}$

II.4 La relation entre l'intensité du champ électrique et la tension :

On sait que $V_A - V_B = U_{AB}$ qui représente la tension électrique entre les deux points A et B et d'après la relation précédente :

$V_A - V_B = U_{AB} = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$ = E.AB

$$E = \frac{U_{AB}}{AB}$$

Application -1- :

Un champ électrique uniforme d'intensité $E = 3.10^4$ V/m est crée à l'intérieur de deux plaques parallèles distantes de $d = 10cm$.
1- Calculer la tension électrique U_{PN} appliquée aux deux plaques
2- Déterminer le travail de la force électrique appliquée à un électron au cours de son déplacement de la plaque N vers la plaque P .

III Énergie potentielle électrostatique :

III.1 Définition :

Par analogie à l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} , On définit aussi l'énergie potentielle électrostatique comme suit :

L'énergie potentielle électrostatique d'une charge q placée en un point M dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ est donnée par la relation :

$$E_{pp} = qE.x + Cte$$

et comme E.x = V donc :

$$\boxed{E_{pp} = qV + Cte}$$

C est une constante qui dépend du choix de l'origine des potentiels électriques .

Remarque : On peut utiliser cette relation pour calculer l'énergie potentielle électrostatique :
Epe = qE(x - xref)
à condition que l'axe x soit orienter vers les potentiels croissants

III.2 Relation entre énergie potentielle électrostatique et travail de la force électrique :

On sait que le travail de la force électrique au cours du déplacement du point A vers le point B , est donné par l'expression suivante : $W_{A\to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$ (1)

et la variation de l'énergie potentielle électrostatique entre A et B : $\Delta E_{pp} = q(V_B - V_A)$

De ces deux relations , en déduire que :$\Delta E_{pp} = -W_{A\to B}(\vec{F})$

Cette relation reste valable même si le champ électrique n'est pas uniforme .

Application -2- :

Un champ électrique uniforme d'intensité $E = 103V/m$ est crée dans une région de l'espace repérer par $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ tel que $\vec{E} = E.\vec{i}$

1-Calculer le travail de la force électrique appliquée à un noyau d'hélium He^{2+} du point A(2, 0, 0) vers le point B(4, 2, 0). L'unité de la longueur est le centimètre .

2-Calculer l'énergie potentielle électrique au point B . On prend A comme origine des potentiels.

IV Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique :

On considère une particule de charge q et de masse m , se déplace dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, du point A vers un point B . D'après le théorème de la variation de l'énergie cinétique entre A et B et si on néglige le poids de la particule et les forces de frottement devant la force électrique $\vec{F}$:

$$\Delta E_c = W_{A\to B}(\vec{F})$$

et on sait que $\Delta E_{pp} = -W_{A\to B}(\vec{F})$

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$$

$$\Delta E_c(B) + \Delta E_{pp}(B) = \Delta E_c(A) + \Delta E_{pp}(A)$$

On pose : $E_T = E_C + E_{pp}$ avec E_T est l'énergie totale de la particule . Donc on a $E_T(A) = E_T(B)$ i.e qu'on a conservation de l'énergie totale , donc :

$$E_T = \frac{1}{2}.mv^2 + qV$$

v la vitesse de la particule chargée dans le champ $\vec{E}$ et V le potentiel électrique

L'énergie totale d'une particule de charge électrique q soumise à la seule action de la force électrique se conserve.

Application -3- :

Une tension $UAC = 300V$ est appliquée entre l'anode A et la cathode C d'un canon à électrons. Des électrons partent de la cathode C sans vitesse initiale, calculer leur vitesse quand ils arrivent à l'anode A . On donne , masse de l'électro $me = 9,11.10^{-31}kg$

V Électron-volt une autre unité d'énergie :

D'après l'expression du travail de la force électrique appliquée à une charge électrique qui se déplace d'un point A vers un point B

$W_{A\to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$

Pour un électro on a q = 1e et $V_A - V_B$ = 1V

$W_{A\to B}(\vec{F}) = 1,6.10^{-19} = 1ev$

En déduit que $1eV = 1,6.10^{-19} = 1ev$

cet unité s'appelle électro-volt (eV) Quelque multiples de l'électron-Volt :

$1keV = 10^3 eV$

$1MeV = 10^6 eV$

$1GeV = 10^9 eV$