

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

Chapitre 7

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

9 mars 2016

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électro-

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

Électron

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Sommaire

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

- 1 Introduction
- 2 Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .
- 3 Potentiel électrique
- 4 Énergie potentielle électrostatique
- 5 Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.
- 6 Électron-volt une autre unité d'énergie

Introduction

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électro-



Les charges électriques négatives s'accroissent sur la face basse des nuages , en regard avec la terre , on dit que l'énergie potentielle électrostatique , croit , et lorsqu'elle arrive à une certaine valeur limite, des charges électriques s'écoulent vers la terre en traversant l'atmosphère , et provoquent le phénomène des éclairs.

Introduction

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

Qu'est ce que l'énergie potentielle ? quelle est son
expression mathématique ?

I. Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

allal Mahdade

Introduction

Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

Potentiel électrique

Énergie potentielle électrostatique

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

activité 1

On place entre deux plaques parallèles P et N ,un pendule électrostatique de charge q positive . Lorsqu'on applique une tension électrique entre les deux plaques, un champ électrostatique uniforme \vec{E} se crée et la charge q se trouve soumise à une force électrique $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ 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 A vers B . On sait que le travail de la force \vec{F} au cours de déplacement de A vers B est :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = q\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$

I. Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

allal Mahdade

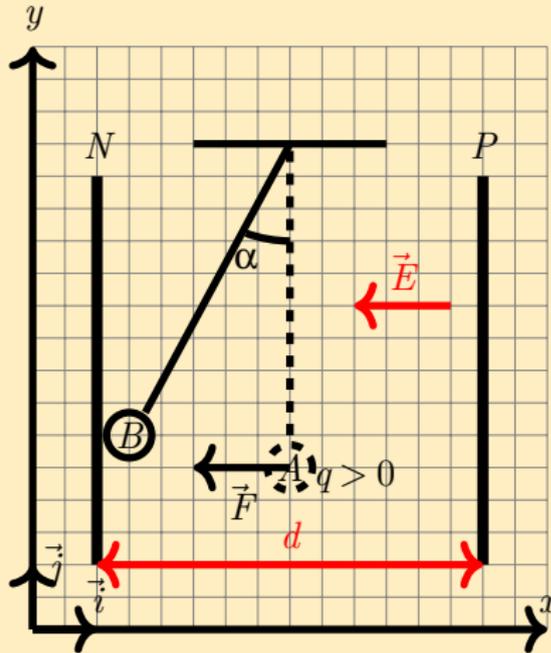
Introduction

Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

Potentiel électrique

Énergie potentielle électrostatique

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



I. Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

allal Mahdade

Introduction

Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

Potentiel électrique

Énergie potentielle électrostatique

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

électrostatique

On sait que le travail de la force \vec{F} au cours de déplacement de A vers B est :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = q\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$

Dans le repère $O, (\vec{i}, \vec{j})$

$$\overrightarrow{AB} = (x_B - x_A)\vec{i} + (y_B - y_A)\vec{j}$$

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

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = qE(x_A - x_B)$$

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

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} :

$$V_A - V_B = \vec{E} \cdot \vec{AB}$$

Remarque : Cette relation ne s'applique que si le champ électrique est uniforme.

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électro-

2. Potentiel électrique

Dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) on a :

$$V_A - V_B = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = E(x_A - x_B)$$

De cette relation on constate que $V_A = E.x_A$ et $V_B = E.x_B$

On appelle V_A le potentiel électrique au point A et V_B 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 :

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

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

Remarque :

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

Le travail de la force \vec{F} est moteur , i.e que

$V_A - V_B > 0 \Rightarrow V_A > V_B$ et le sens de \vec{F} vers la plaque où le potentiel est petit.

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

D'une façon générale :

Le sens du vecteur champ électrique \vec{E} est dans le sens des potentiels décroissants .

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

3. Plan équipotentiel

a. Définition

Le plan équipotentiel est un plan dont tous les points 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 :

$$V_A - V_C = \vec{E} \cdot \vec{AC} = 0$$

$$V_A \neq 0, V_B \neq 0 \Rightarrow \vec{E} \perp \vec{AC}$$

Donc les points A et C appartiennent au même plan qui est perpendiculaire au vecteur \vec{E} .

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

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

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

Application 1

1. Déterminer les plans équipotentiels d'une charge électrique ponctuel .
2. Calculer le travail de la force électrique appliquée à une charge q au cours de son déplacement du point A vers le point C qui appartiennent à un plan équipotentiel .

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

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 :

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

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

II. Potentiel électrique

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électro-

Application 2

Un champ électrique uniforme d'intensité $E = 3 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ est créé à l'intérieur de deux plaques parallèles distantes de $d = 10 \text{ cm}$.

- 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

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

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 :

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

et comme $E.x = V$ donc :

$$E_{pe} = qV + Cte$$

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

III. Énergie potentielle électrostatique

ÉNERGIE POTEN- TIELLE ÉLECTRO- STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

Remarque :

On peut utiliser cette relation pour calculer l'énergie potentielle électrostatique :

$$E_{pe} = qE(x - x_{ref})$$

à condition que l'axe x' soit orienter vers les potentiels croissants

III. Énergie potentielle électrostatique

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 : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$ (1)
et la variation de l'énergie potentielle électrostatique entre A et B : $\Delta E_{pe} = qV_B - qV_A$ (2)

De ces deux relations , en déduire que :

$$\Delta E_{pe} = - W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

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

III. Énergie potentielle électrostatique

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

allal Mahdade

Introduction

Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

Potentiel électrique

Énergie potentielle électrostatique

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

Électrostatique

application 3

Un champ électrique uniforme d'intensité $E = 10^3 \text{ V/m}$ est créé dans une région de l'espace repérée par $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ tel que $E = E \cdot \vec{i}$

- 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.

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

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} :

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

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

électrostatique

$$\Delta E_C = W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

et on sait que $\Delta E_{pe} = -W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$ i.e que

$$\Delta E_C = -\Delta E_{pe} \Rightarrow E_C(B) + E_{pe}(B) = E_C(A) + E_{pe}(A)$$

On pose : $E_T = E_C + E_{pe}$ 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

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

ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE

allal Mahdade

Introduction

Travail de la force électrique dans un champ électrique uniforme .

Potentiel électrique

Énergie potentielle électrostatique

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

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

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

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

application 4

Une tension $U_{AC} = 300 \text{ V}$ 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 $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

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

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

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

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = 1,6 \cdot 10^{-19} J = 1eV$$

En déduit que

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

cet unité s'appelle électron-volt (eV)

Quelque multiples de l'électron-Volt :

$$1keV = 10^3 eV$$

$$1MeV = 10^6 eV$$

$$1GeV = 10^9 eV$$

V. Électron-volt une autre unité d'énergie.

ÉNERGIE
POTEN-
TIELLE
ÉLECTRO-
STATIQUE

allal
Mahdade

Introduction

Travail de
la force
électrique
dans un
champ
électrique
uniforme .

Potentiel
électrique

Énergie
potentielle
électrosta-
tique

Conservation
de l'énergie
totale d'une
particule
chargée
soumise à
une force
électrosta-
tique.

Électron

application 5

Calculer en MeV l'énergie reçue par une particule (ion hélium He^{2+}) quand elle est accélérée par une tension électrique $U = 10^6 V$