3-2) Mouvement dans un champ électrique uniforme

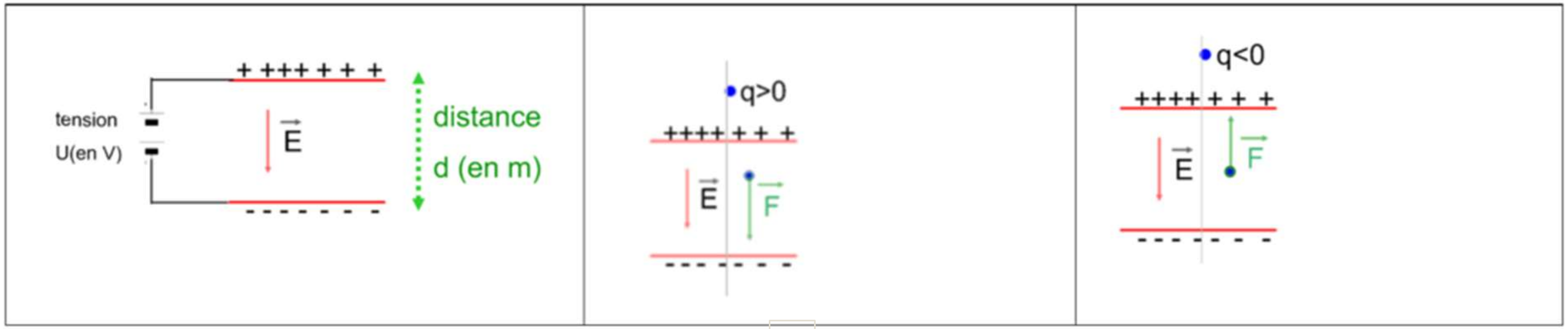
vidéo

Entre deux plaques conductrices et parallèles, l'une chargée positivement et l'autre chargée négativement, il existe un champ électrique uniforme noté $\vec{E}$ qui est perpendiculaire aux plaques et dirigé de la plaque positive vers la plaque négative.

Lorsqu'une particule chargée de charge q entre dans la région de l'espace où règne ce champ, elle est soumise à une force dite électrostatique (ou électrique) donnée par : $\vec{F} = q\vec{E}$

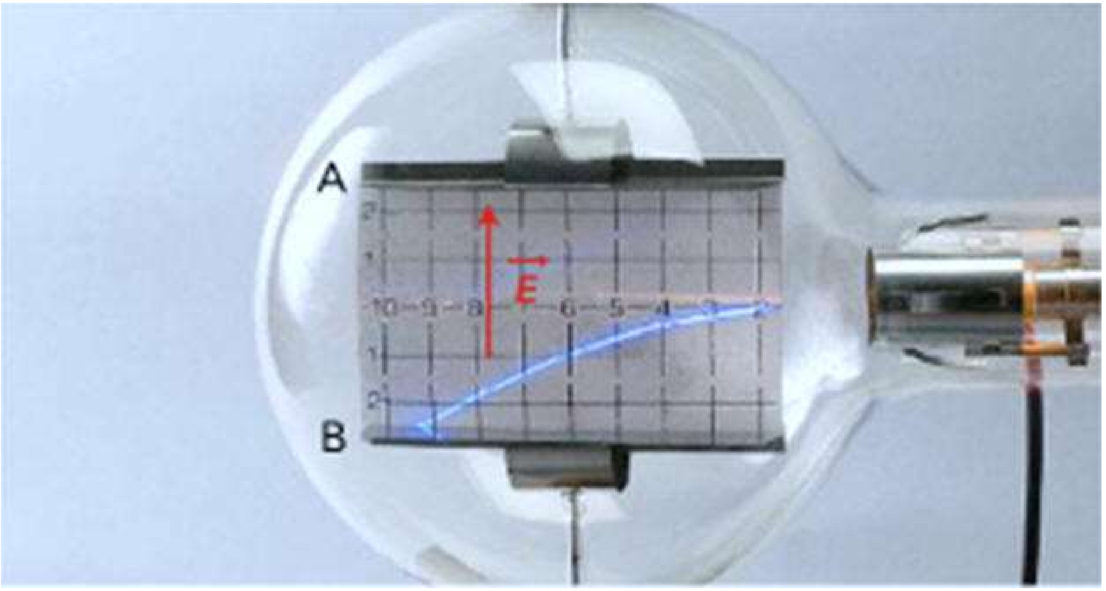
Donc si la charge q est positive, la force est de même sens que le champ électrique et si q est négative, elle est de sens opposé au champ électrique.

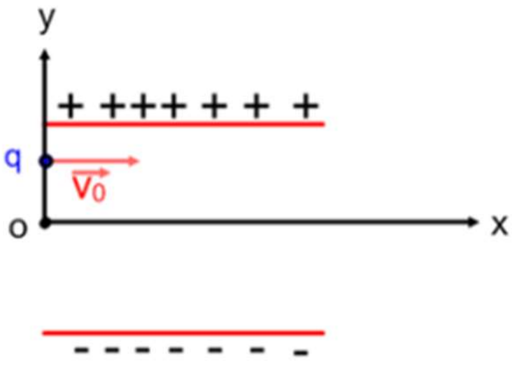
La valeur E du champ électrique est égale à la tension U existant entre les plaques divisée par la distance d les séparant : $E = \frac{|U|}{d}$



U étant en volt (V) , d en mètre (m), E est donc en V/m

Pour une bonne part , l'essor de la physique des hautes énergies durant la seconde moitié du vingtième siècle est due aux progrès remarquables accomplis dans les techniques de l'accélération des particules chargées.





On considère le schéma suivant dans lequel une particule de charge q et de masse m entre dans une région où règne un champ électrique $\vec{E}$

La particule entre dans cette région à l'instant t = 0 et se trouve à cet instant au point de coordonnées x = 0 et y = h .

D'autre part sa vitesse initiale de valeur V_0 est parallèle à l'axe Ox.

La masse de la particule est $9{,}1.10^{-31}$kg et sa charge est $1{,}6.10^{-19}$C.

La tension entre les plaques est U = 12V et la distance d séparant les plaques est de 40 cm

1- Quelles sont les forces qui s'exercent sur la charge q pénétrant dans la zone située entre les deux plaques.

2- Appliquer la seconde loi de Newton à cette particule et écrire la relation vectorielle qui en découle.

3- Montrer par un calcul que le poids de la charge est négligeable devant la force électrique

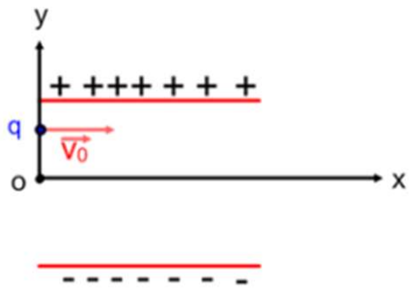
4- Représenter sans soucis d'échelle le vecteur champ électrique existant entre les plaques

5- Représenter sans soucis d'échelle la force électrique s'exerçant sur la particule lorsqu'elle entre dans le champ électrique.

6- En prenant en compte la question 3, écrire ce que devient la relation écrite à la question 2.

7- Trouver les équations horaires du mouvement de cette particule ainsi que l'équation de la trajectoire.

Quelles sont les forces qui s'exercent sur la charge q pénétrant dans la zone située entre les deux plaques.



Système : particule chargée.

Référentiel terrestre supposé Galiléen

Bilan des forces.

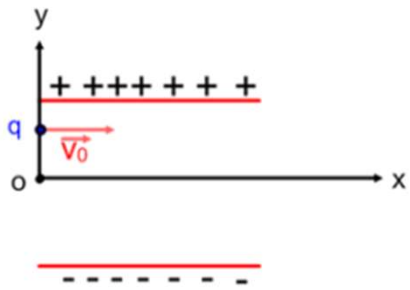
le poids $\vec{P}$: $\vec{P} = m\vec{g}$

la force electrique : $\vec{F} = q\vec{E} = e\vec{E}$

$\vec{P}$ $\begin{cases} \text{direction : vertical} \\ \text{sens : vers le bas} \\ \text{valeur : } mg = P \end{cases}$

$\vec{F}$ $\begin{cases} \text{direction : celle de } \vec{E} \text{ (perpendiculaire aux plaques)} \\ \text{sens : même sens que } \vec{E} \text{ car } q > 0 \end{cases}$

$\vec{E}$ est orienté vers les potentiels décroissants (du + vers le −). donc vers le bas.



Appliquer la seconde loi de Newton à cette particule et écrire la relation vectorielle qui en découle.

le référentiel terrestre étant supposé Galiléen nous pourrons appliquer la seconde loi de Newton

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

$$m\vec{g} + e\vec{E} = m\vec{a}$$

Montrer par un calcul que le poids de la charge est négligeable devant la force électrique

$$\frac{F}{P} = \frac{eE}{mg} = \frac{eU}{mg\,d} \quad \text{car} \quad E = \frac{U}{d}$$

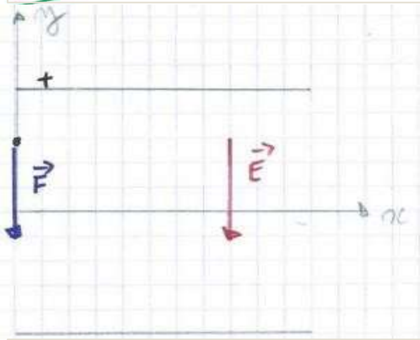
application numérique

$$\frac{F}{P} = \frac{1,6.10^{-19} \times 12}{9,1\times10^{-31} \times 9,8 \times 0,4} = 5 \times 10^{11}$$

La force F est 500 milliards de fois plus grande que le poids.

$\vec{P}$ est donc négligeable devant $\vec{F}$

Représenter sans soucis d'échelle le vecteur champ électrique existant entre les plaques en le Plaçant entre les deux plaques.



champ $\vec{E}$ uniforme

$\vec{E}$ $\begin{cases} \text{* Perpendiculaire aux plaques} \\ \text{* du + vers le −} \\ E = \frac{U}{d} \end{cases}$

Représenter sans soucis d'échelle la force électrique s'exerçant sur la particule lorsqu'elle entre dans le champ électrique.

Voir ci-dessus

$q > 0$ donc $\vec{F}$ dans le même sens que $\vec{E}$

En prenant en compte la question 3, écrire ce que devient la relation écrite à la question 2.

D'après la question 3 on peut négliger P devant F.

D'après la question 2 :

$\cancel{\vec{P}} + \vec{F} = m\vec{a}$

d'où $\vec{F} = m\vec{a}$

$e\vec{E} = m\vec{a}$ soit $\vec{a} = \frac{e}{m}\vec{E}$

Trouver les équations horaires du mouvement de cette particule ainsi que l'équation de la trajectoire.

$\vec{a}\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$ $\vec{E}\begin{pmatrix} 0 \\ -E \end{pmatrix}$ $\frac{e}{m}\vec{E}\begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{eE}{m} \end{pmatrix}$

On obtient donc le système

$$\begin{cases} a_x = 0 & (1) \\ a_y = -\frac{eE}{m} & (2) \end{cases}$$

conditions initiales :
la particule est en O
$x_0 = 0$ et $y_0 = h$
$v_{0x} = v_0$ et $v_{0y} = 0$

équation (1)

$a_x = 0$ d'où $v_x = cste = v_{0x} = v_0$

$v_x = v_0$ d'où $x = v_0 t + x_0$

soit $x = v_0 . t$

équation (2)

$a_y = -\frac{eE}{m}$ d'où $v_y = -\frac{eE}{m} t + v_{0y}$

$v_y = -\frac{eE}{m} t$ car $v_{0y} = 0$

$v_y = -\frac{eE}{m} t$ d'où $y = -\frac{eE}{m}\frac{t^2}{2} + y_0$

$y = -\frac{eE}{2m} t^2 + h$

On a donc les deux équations horaires

$x(t) = v_0 . t$ et $y(t) = -\frac{eE}{2m} t^2 + h$.

$t = \frac{x}{v_0}$

d'où $y = -\frac{eE}{2m v_0^2} x^2 + h$

équation de la trajectoire.