

Révisions et échauffements pages 344 et 345

I. Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme

Nous étudions le mouvement d'un système de masse m au voisinage de la Terre. Nous considérons que le champ de pesanteur \vec{g} est uniforme (vertical, vers le bas et d'intensité $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

Nous considérons dans ce chapitre que le système n'est soumis qu'à son poids, un tel système est dit en **chute libre**.

Ainsi dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le principe fondamental de la dynamique donne :

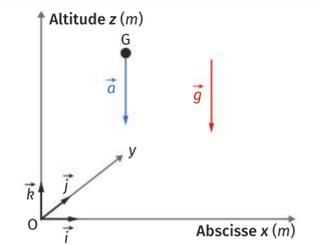
$$m \cdot \vec{a} = \vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

$$\text{soit } \vec{a} = \vec{g}$$

1. Chute sans vitesse initiale

A l'instant $t = 0$, le point matériel G est lâché sans vitesse initiale d'un point O . Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on choisit un repère d'espace orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, dans lequel l'axe vertical (O, \vec{k}) est dirigé vers le haut.

Remarque : Dans ce cours j'ai choisi l'axe (O, \vec{k}) , comme étant l'axe vertical, votre livre a fait le choix de nommer l'axe (O, \vec{j}) comme étant l'axe vertical. Ce n'est qu'une convention, cela ne doit pas vous perturber outre mesure !



Méthode :

Application de la deuxième loi de Newton, coordonnées de \vec{a} , puis de \vec{v} et enfin de \vec{OG}

Le mouvement de chute sans vitesse initiale d'un point matériel dans un champ de pesanteur uniforme est :

- Un mouvement rectiligne selon la verticale du point du lâcher
- Vers le bas (le centre de la Terre)
- Uniformément accéléré, d'accélération $\vec{a} = \vec{g}$

Exercices 31 et 32 page 363

2. Chute avec vitesse initiale

A l'instant $t = 0$, le point matériel G est lancé avec vitesse initiale $v(t_0) = \vec{v}_0$ d'un point O .

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on choisit un repère d'espace orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, de telle sorte que le vecteur \vec{v}_0 soit dans le plan vertical (O, \vec{i}, \vec{k}) . L'angle que fait le vecteur \vec{v}_0 avec l'horizontale est noté α .

Les coordonnées de \vec{v}_0 sont :

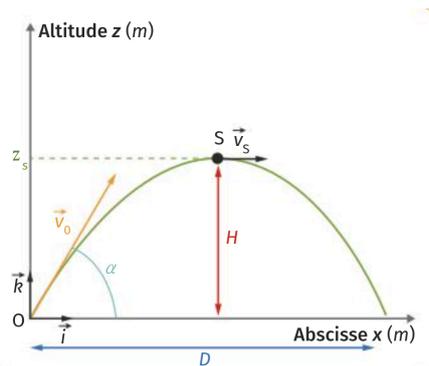
- $v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$
- $v_{0z} = v_0 \cdot \sin \alpha$

La seconde loi de Newton donne l'accélération \vec{a} puis par intégrations successives on obtient la vitesse $\vec{v}(t)$ puis les équations horaires du mouvement $x(t)$; $y(t)$; $z(t)$.

La trajectoire est donnée par $z = f(x)$

La trajectoire d'un point matériel, lancé dans le champ de pesanteur uniforme avec une vitesse initiale non verticale, est une **portion de parabole** dans le plan vertical contenant le vecteur \vec{v}_0 .

Parmi les questions fréquentes nous avons à retrouver la **flèche** (la hauteur H) et la **portée** (la distance D)



Exercices 25 à 27 page 362 ; (Exercice 20 page 360) ; Exercice 21 page 361 ; Exercices 28 et 29 page 363 ; Exercice 35 page 364, ...

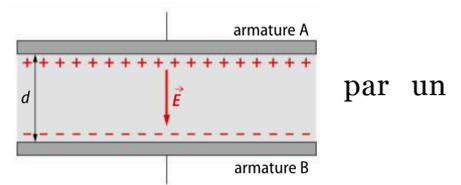
II. Mouvement dans un champ électrique uniforme

1. Le condensateur plan

Un condensateur plan est formé de deux armatures métalliques, plaques conductrices planes et parallèles, proches l'une de l'autre est séparées isolant.

Entre ces deux armatures règne un champ électrique uniforme \vec{E} perpendiculaire aux armatures et orienté du \oplus vers le \ominus .

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



[Vidéo : champ électrostatique uniforme](#)

2. Particule chargée dans un champ électrique uniforme

Une particule de masse m et de charge q est placée dans un champ électrique uniforme caractérisé par \vec{E} . Elle est soumise à une force électrique \vec{F} : $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$

Son poids est considéré comme négligeable devant la valeur de \vec{F} (dans certains exercices, il peut être demandé de le vérifier)

L'application de la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen donne :

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$\text{Soit } \vec{a} = \frac{q}{m} \vec{E}$$

Le vecteur accélération \vec{a} d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme est dirigé selon le champ électrique \vec{E} .

Le sens du vecteur \vec{a} dépend de l'orientation du champ \vec{E} et du signe de la charge q .

Exercices : 22 (1 à 3) p. 362 ; 47 p. 366 ; 50 p. 366 ; 52 p. 367

III. Aspect énergétique

1. Énergie mécanique

L'énergie mécanique E_m est la somme des énergies cinétique et potentielle. Elle se conserve si le système n'est soumis qu'à des forces conservatives comme le poids \vec{P} ou la force électrique \vec{F} .

Lorsque l'énergie mécanique ne se conserve pas, sa variation $\Delta E_m(A \rightarrow B)$, pour un système se déplaçant d'un point A vers un point B, est égale à :

$$\Delta E_m(A \rightarrow B) = E_m(B) - E_m(A) = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{nc})$$

Où $\Sigma W_{AB}(\vec{F}_{nc})$ est la somme des travaux des forces non conservatives

2. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un système de masse m est égale à la somme des travaux des forces s'exerçant sur le système entre les points A et B :

$$\Delta E_C(A \rightarrow B) = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{ext})$$

Dans le cas du mouvement d'un solide en chute libre, la seule force étant le poids \vec{P} , nous avons :

$$\Delta E_C(A \rightarrow B) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

Dans le cas d'une particule accélérée par un champ \vec{E} , la seule force s'exerçant étant la force électrique, nous avons :

$$\Delta E_C(A \rightarrow B) = q \cdot U_{AB}$$

Exercices : 22 (question 4) p. 362 ; 24 p.362 ; 46 p.366

Accélérateur linéaire de particules

Les accélérateurs de particules sont utilisés dans différents domaines, notamment le [domaine médical](#), mais également en [physique subatomique](#) pour étudier la composition des particules.

Comment peut-on augmenter l'énergie cinétique d'une particule chargée ?

Principe d'un accélérateur de particules

Un accélérateur linéaire de particules est un appareil permettant de communiquer de l'énergie cinétique à une particule chargée.

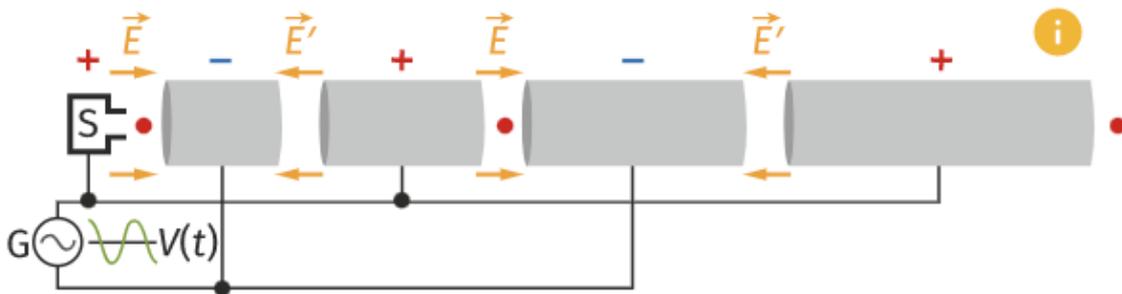
En 1928, Rolf Widerøe fut l'un des premiers à construire un tel accélérateur, afin de communiquer à des ions potassium K^+ une énergie cinétique de 50 eV . Son accélérateur était constitué d'une source S et d'une succession de tubes sous vide séparés par des interstices.

Les sections de deux cylindres adjacents présentent des charges de signes opposés : un champ électrique \vec{E} règne donc dans ces interstices. À l'intérieur des tubes, le champ électrique est nul, les particules s'y déplacent à vitesse constante.

La tension du générateur étant alternative, les sections des cylindres voient le signe de leur charge changer après chaque passage de particule.

Schéma du Linac de Widerøe

Le schéma ci-dessous décrit l'un des deux états possibles de l'accélérateur, pour une particule se trouvant entre la source, chargée positivement, et le premier tube, chargé négativement.



Données

Masse d'un ion potassium K^+ : $m = 6,5 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$; conversion d'unité : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Questions

1. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, expliquer à quelle condition une particule de charge q peut être accélérée par un champ électrique \vec{E}
2. Déterminer la vitesse v_{finale} d'un ion potassium K^+ à la sortie de l'accélérateur.
3. Reproduire le schéma du Linac de Widerøe et faire les modifications nécessaires pour qu'il corresponde à l'autre alternance de la tension. Justifier cette alternance.