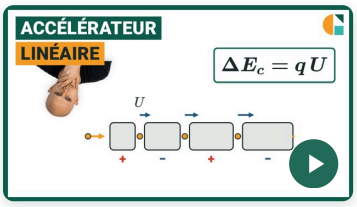
Exercices corrigés

Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules

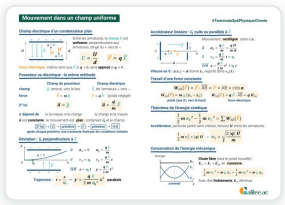
Mouvement dans un champ uniforme • Compétence 9 • Terminale spécialité physique-chimie



Vidéo du cours et un exercice gratuit supplémentaire !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T11-9



La fiche de cours

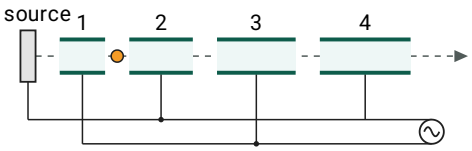
Tout le chapitre sur une page.

galilee.ac/F/mouvement-champ-uniforme

Exercice 1

Le principe, d'un tube au suivant

Un accélérateur linéaire accélère des protons, émis sans vitesse par la source. Une tension alternative est appliquée entre deux tubes voisins. Sur la figure, le proton est entre les tubes 1 et 2.



1) Quel est le rôle de la force électrique entre deux tubes ?

2) Que vaut le champ électrique à l'intérieur d'un tube ?

3) Comment évolue la valeur de la vitesse du proton à l'intérieur d'un tube ? Justifier.

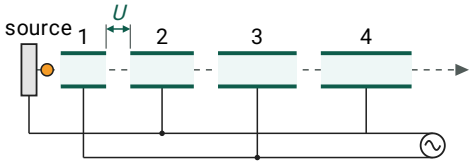
4) Quel doit être le signe des charges portées par le tube 2 pour que le proton soit accéléré vers lui ?

5) À chaque intervalle, l'énergie cinétique du proton augmente de $25\ \mathrm{keV}$. Calculer son énergie cinétique après 5 intervalles.

Exercice 2

Énergie gagnée et vitesse d'un proton

Dans un accélérateur linéaire, un proton quitte la source avec une vitesse négligeable. Quand il passe d'un tube au suivant, la tension entre ces deux tubes vaut $U = 40\ \text{kV}$.
Données : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C}$; masse du proton $m = 1{,}67 \times 10^{-27}\ \text{kg}$. Donner les résultats avec 2 chiffres significatifs.



1) Calculer le travail W de la force électrique sur un intervalle.

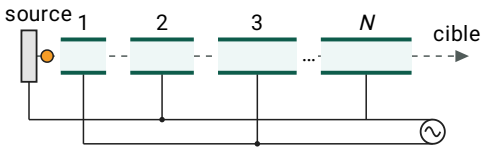
2) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse v_1 du proton après le premier intervalle.

3) Calculer sa vitesse après 5 intervalles.

Exercice 3

Type bac : accélérer des noyaux d'hélium

Un accélérateur linéaire envoie sur une cible des noyaux d'hélium, de charge $q = 2e$ et de masse $m = 6{,}64 \times 10^{-27}\ \text{kg}$, émis par la source avec une vitesse négligeable. À chaque passage d'un tube au suivant, la tension vaut $U = 75\ \text{kV}$. Les noyaux doivent sortir avec une énergie cinétique $E_c = 2{,}40 \times 10^{-13}\ \text{J}$.
Donnée : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C}$.



1) Calculer l'augmentation de l'énergie cinétique d'un noyau à chaque intervalle.

2) Combien d'intervalles le noyau doit-il traverser ?

3) Calculer sa vitesse à la sortie.

4) La durée de passage du noyau dans chaque tube est-elle la même d'un tube au suivant ? Justifier.

5) Combien d'intervalles faudrait-il avec une tension deux fois plus grande ?

Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules

Exercice 1 Le principe, d'un tube au suivant

1) Entre deux tubes règne un champ électrique. Le proton est chargé : il subit une force électrique. La tension est réglée pour que cette force soit dirigée vers l'avant au moment du passage : elle accélère le proton.

elle accélère le proton

2) Un tube est un conducteur creux : à l'intérieur, le champ électrique est nul.

champ nul

3) Champ nul, donc aucune force électrique : le proton traverse le tube en ligne droite, à vitesse constante. C'est pour cela qu'on parle de tube de glissement. Le proton n'accélère que dans les intervalles.

vitesse constante

4) La charge du proton est positive. Il est attiré par un tube qui porte des charges de signe opposé : le tube 2 doit être chargé négativement. Pendant que le proton traverse le tube 2, la tension s'inverse, et le tube 3 l'attire à son tour.

tube 2 chargé négativement

5) Le proton part sans vitesse : son énergie cinétique de départ est nulle. Les gains s'ajoutent, un par intervalle.

$E_c = 5 \times 25 = 125 \text{ keV}$

Ce sont les énergies cinétiques qui s'ajoutent, pas les vitesses.

Exercice 2 Énergie gagnée et vitesse d'un proton

1) Le proton porte la charge e. Sur un intervalle, le travail de la force électrique vaut $W = e\,U$, avec la tension en volts : $U = 40 \text{ kV} = 40 \times 10^3 \text{ V}$.

$W = e\,U = 1{,}60 \times 10^{-19} \times 40 \times 10^3$

$W = 6{,}4 \times 10^{-15} \text{ J}$

2) Théorème de l'énergie cinétique entre la source et la sortie du premier intervalle : la variation d'énergie cinétique est égale au travail de la force électrique, seule force prise en compte (le poids est négligeable). Le proton part sans vitesse.

$$\frac{1}{2}\,m\,v_1^2 - 0 = e\,U \quad \text{donc} \quad v_1 = \sqrt{\frac{2\,e\,U}{m}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 6{,}4 \times 10^{-15}}{1{,}67 \times 10^{-27}}} \approx 2{,}8 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3) Dans les tubes, le champ électrique est nul : la vitesse ne change pas. Le proton gagne $e\,U$ à chacun des 5 intervalles : ce sont les énergies cinétiques qui s'ajoutent, pas les vitesses.

$$\frac{1}{2}\,m\,v^2 = 5\,e\,U \quad \text{donc} \quad v = \sqrt{\frac{2 \times 5\,e\,U}{m}} = \sqrt{5} \times v_1$$

$v \approx 6{,}2 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

En multipliant v_1 par 5, on trouverait $1{,}4 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$: une vitesse trop grande.

Exercice 3 Type bac : accélérer des noyaux d'hélium

1) Le noyau porte la charge $q = 2e$. D'après le théorème de l'énergie cinétique, son énergie cinétique augmente, à chaque intervalle, du travail de la force électrique qU, avec la tension en volts.

$$qU = 2 \times 1{,}60 \times 10^{-19} \times 75 \times 10^{3} = 2{,}4 \times 10^{-14}\ \text{J}$$

2) Le noyau part sans vitesse et les gains s'ajoutent : après N intervalles, $E_c = N\,qU$.

$$N = \frac{E_c}{qU} = \frac{2{,}40 \times 10^{-13}}{2{,}4 \times 10^{-14}} = 10$$

3) À la sortie, $E_c = \dfrac{1}{2}\,m\,v^2$.

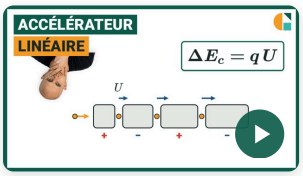
$$v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2{,}40 \times 10^{-13}}{6{,}64 \times 10^{-27}}} \approx 8{,}5 \times 10^{6}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

4) La tension s'inverse à intervalles réguliers, toutes les demi-périodes. Pour trouver à chaque sortie un champ dirigé dans le bon sens, le noyau doit passer la même durée dans chaque tube. Comme sa vitesse augmente, les tubes sont de plus en plus longs.

même durée dans chaque tube

5) Le gain par intervalle qU est proportionnel à la tension : il double. Pour la même énergie cinétique de sortie, $N = \dfrac{E_c}{qU}$ est deux fois plus petit : $N = 5$ intervalles.

$$N = 5$$



Vidéo du cours et un exercice gratuit supplémentaire !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T11-9

Accélérateur linéaire de particules : exercices corrigés PDF (Terminale spécialité physique-chimie). Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules : champ électrique entre deux tubes, champ nul dans les tubes de glissement, tension alternative, gain d'énergie cinétique qU à chaque intervalle, vitesse de sortie par le théorème de l'énergie cinétique, tubes de plus en plus longs. Méthode en vidéo et exercices interactifs corrigés sur galilee.ac.