Devoir surveillé – Mouvement dans un champ électrique uniforme

Champ d'un condensateur plan et force électrique ; deuxième loi de Newton ; accélérer ou freiner une particule chargée ; énergie et électronvolt ; accélérateur linéaire ; déviation entre deux armatures.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Un ion bromure entre deux armatures ★★ *(4 pts)*

Deux armatures planes et parallèles, distantes de $d = 3{,}0$ cm, sont soumises à une tension $U = 660$ V. On place entre elles un ion bromure $^{79}\mathrm{Br}^-$, de charge $-e$ et de masse $m = 1{,}31 \times 10^{-25}$ kg. Données : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $g = 9{,}81$ m·s^{-2}.

a) Calculer la valeur du champ électrique entre les armatures et préciser sa direction et son sens.

b) Calculer la valeur de la force électrique subie par l'ion et préciser vers quelle armature elle est dirigée.

c) Après avoir défini le système et le référentiel, calculer la valeur de l'accélération de l'ion, en négligeant son poids.

d) Comparer cette accélération à g et conclure sur l'approximation faite. Sans changer la tension, comment régler les armatures pour doubler la force ?

Exercice 2 – Accélérer un proton, puis un deuton ★★ *(4 pts)*

Un proton (charge e, masse $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg), initialement au repos, est accéléré sous une tension $U = 3{,}6$ kV. Le poids est négligé. Données : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J.

a) Calculer le travail de la force électrique pendant l'accélération, en joules puis en kiloélectronvolts.

b) En déduire la vitesse du proton à la sortie de la zone d'accélération.

c) On remplace le proton par un deuton, de même charge et de masse $3{,}34 \times 10^{-27}$ kg, accéléré sous la même tension. Calculer sa vitesse en justifiant le rapport obtenu sans refaire tout le calcul.

d) Un élève affirme que doubler la tension d'accélération double la vitesse de sortie. Montrer qu'il se trompe et indiquer par combien la vitesse est réellement multipliée.

Exercice 3 – Quatre affirmations à examiner ★★★ *(4 pts)*

Pour chaque affirmation, dire si elle est vraie ou fausse et justifier, par un calcul quand c'est possible. Données : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg ; $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg ; $g = 9{,}81$ N·kg^{-1} ; poids négligé sauf mention contraire.

a) « Si l'on double à la fois la tension entre les armatures et leur distance, la force sur un électron placé entre elles double. »

b) « Un électron qui entre à $1{,}0 \times 10^{6}$ m·s^{-1} dans un champ uniforme de 50 V·m^{-1} parallèle à sa vitesse, et qui le freine, s'arrête après environ 5,7 cm, puis repart en sens inverse. »

c) « Un électron entré entre deux armatures avec une vitesse perpendiculaire au champ en ressort avec une vitesse de même valeur. »

d) « Même dans un champ de $1{,}0$ V·m^{-1} seulement, la force électrique sur un proton est plus d'un million de fois plus grande que son poids. »

Exercice 4 – Un accélérateur linéaire d'ions H$^-$ ★★★ *(4 pts)*

Au CERN, le Linac 4 accélère des ions hydrure H$^-$ (un proton et deux électrons). On étudie un accélérateur de principe plus modeste : des ions H$^-$, de charge $-e$ et de masse $1{,}67 \times 10^{-27}$ kg, partent d'une énergie négligeable et traversent 6 intervalles entre des tubes de glissement ; à chaque passage, la tension entre deux tubes voisins vaut 45 kV. La tension alternative a une fréquence $f = 50$ MHz. Poids négligé ; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C.

a) Dans un intervalle, comment le champ électrique doit-il être orienté par rapport au mouvement pour accélérer un ion H$^-$? Justifier.

b) Quelle est la nature du mouvement d'un ion à l'intérieur d'un tube ? Justifier, puis calculer la durée qu'il y passe.

c) Calculer l'énergie cinétique des ions à la sortie du 6e intervalle, en keV puis en joules, et leur vitesse.

d) Calculer la longueur du tube qui suit le 1er intervalle et celle du tube qui suit le 6e.

Exercice 5 – Déviation : le cas limite ★★★ *(4 pts)*

Un électron entre au milieu de deux armatures horizontales de longueur $L = 5{,}0$ cm, distantes de $d = 2{,}5$ cm et soumises à $U = 250$ V, avec une vitesse horizontale $v_0 = 1{,}2 \times 10^{7}$ m·s^{-1}. Poids négligé ; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.

a) Établir les équations horaires puis l'équation de la trajectoire, dans un repère que l'on définira.

b) Calculer la déviation que l'électron aurait à l'abscisse $x = L$.

c) Montrer que l'électron heurte en réalité une armature et calculer l'abscisse du point d'impact.

d) Déterminer la tension maximale que l'on peut appliquer pour que l'électron sorte des armatures.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).