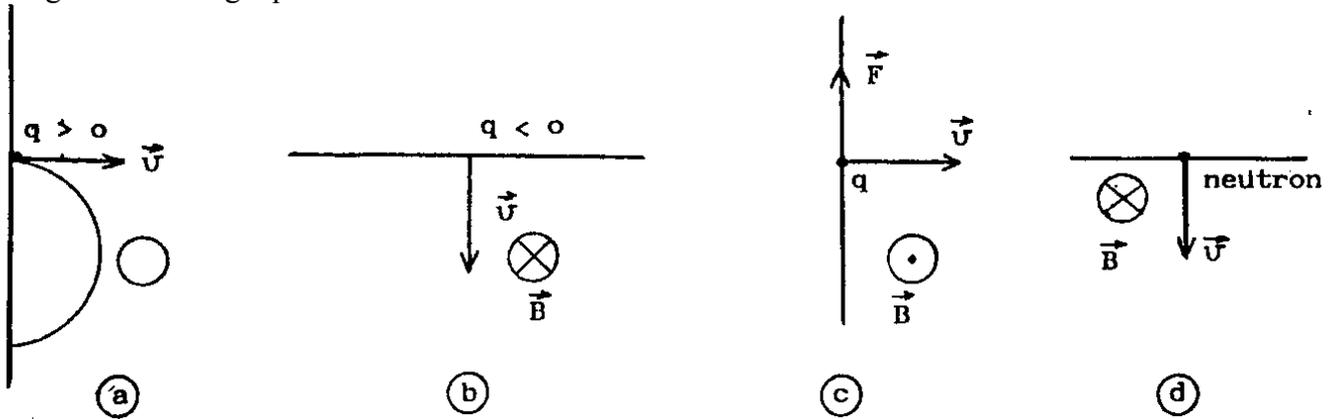


Q1 : Particules chargées

1) Donnez les caractéristiques de la force électromagnétique agissant sur une particule de charge q animée d'une vitesse \vec{v} et placée dans une zone où règne un champ magnétique \vec{B}

2) Complétez les schémas ci-dessous. La particule de charge q positive, négative ou nulle; de vitesse \vec{v} pénètre dans un champ magnétique uniforme \vec{B} orthogonal à \vec{v} . On ajoutera selon le cas, le ou les éléments manquants parmi les suivants :

- le sens du champ \vec{B} \odot ou \otimes
- le vecteur représentant la force électromagnétique \vec{F}
- la forme de la trajectoire
- le signe de la charge q

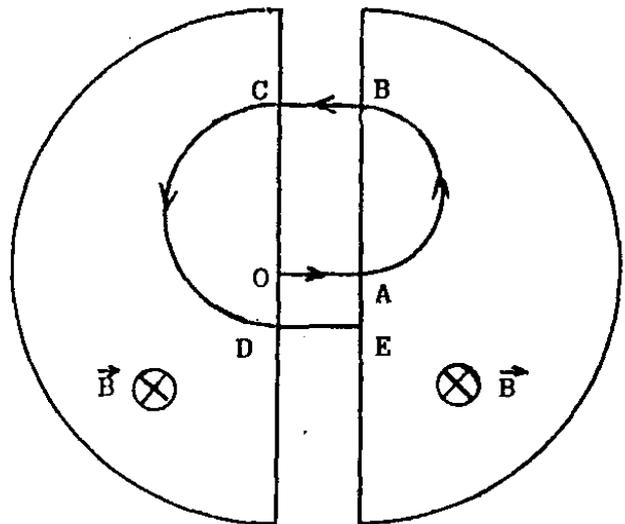


3) Principe du cyclotron.

Dans l'accélérateur ci-contre, des protons de vitesse initiale négligeable sont injectés en un point O situé sur une des pièces métalliques creuses, puis suivent le trajet O, A, B, C, D, E etc ...

3.1 Donnez les caractéristiques (direction et sens) du champ électrostatique qui règne entre D_1 et D_2 quand le proton décrit :

- le trajet OA
- le trajet BC



3.2 Chacune des séries de propositions a, b, c, d, e, contient une seule affirmation vraie. Recopier chacune de ces affirmations vraies sur la copie.

- a) la tension entre les deux dees
- conserve la même valeur et le même signe,
 - change de signe et conserve la même valeur,
 - change de valeur et de signe,
 - change de valeur et garde le même signe.

b) dans chacun des deux dees, la trajectoire du proton est un demi-cercle parcouru

- à vitesse constante,
- avec une vitesse croissante,
- avec une vitesse dont la valeur varie sinusoïdalement.

c) Entre les deux dees, le proton décrit une trajectoire rectiligne avec une vitesse dont la valeur

- est constante,
- est croissante,
- varie de façon sinusoïdale.

d) le rayon de courbure de la trajectoire du proton

- augmente avec la vitesse à l'entrée des dees,
- augmente avec la valeur de B,
- ne dépend pas de l'énergie cinétique du proton à son entrée dans le dee.

e) La durée du parcours dans un dee

- dépend de la vitesse d'entrée de la particule dans le dee,
- dépend de la durée du trajet entre les deux dees,
- dépend de la période de la tension sinusoïdale appliquée entre les dees,
- dépend de la valeur de B.

Q2 : Spectrographe de masse.

Données : $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg $q = 1,6 \times 10^{-19}$ C $d = 10$ cm $U = 5,0$ kV $g = 9,81$ m.s⁻².

1. Un proton, de masse m et de charge q , placé dans un champ électrique uniforme \vec{E} est soumis à une force électrique. Le champ électrique est obtenu en maintenant entre deux plaques conductrices parallèles et distantes de d une différence de potentiel U . Les plaques sont dans le vide et percées l'une en A et l'autre en D pour permettre le passage des particules. (voir figure jointe). Le proton est initialement au repos en A.

1.1. Calculer la valeur de la force électrique \vec{F} à laquelle le proton est soumis. Comparer cette valeur au poids du proton.

1.2. Quelle est l'accélération du proton entre les deux plaques ?

1.3. Calculer la valeur de la vitesse \vec{v} du proton en D.

2. En D l'action du champ \vec{E} cesse et le proton pénètre dans un champ magnétique uniforme \vec{B} de valeur $B = 0,08$ T, perpendiculaire à \vec{v} .

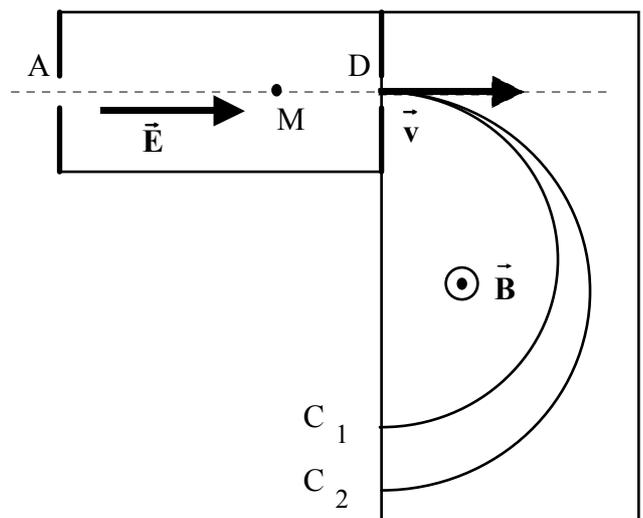
2.1. Donner l'expression du rayon r de la circonférence de la trajectoire ; calculer r .

2.2. Comment évolue l'énergie cinétique du proton au cours de son mouvement dans le champ \vec{B} ? Justifier.

3. Une seconde particule, de masse M inconnue, de même charge q , également au repos en A, subit d'abord l'action de \vec{E} , puis celle de \vec{B} dans les mêmes conditions. Le rayon de sa trajectoire vaut R .

3.1. Montrer que $m / M = r^2 / R^2$.

3.2. On mesure $DC_2 = 36,2$ cm. Calculer la valeur de la masse M .



PROBLÈME

La plupart des questions peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

Données:

| | |
|---|--|
| Masse d'un deuton | $m_d = 2,014102 \text{ u}$ |
| Masse d'un neutron | $m_n = 1,008665 \text{ u}$ |
| Masse d'un électron | $m_e = 0,000548 \text{ u}$ |
| Masse d'un atome de tellure 122 | $M_{\text{Te}} = 121,903047 \text{ u}$ |
| Masse d'un atome d'iode 123 | $M_{\text{I}} = 122,905598 \text{ u}$ |
| On négligera l'énergie de liaison des électrons | |
| unité de masse atomique | $1 \text{ u} = 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} / c^2$ |
| Charge élémentaire | $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ |
| Célérité de la lumière dans le vide | $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ |
| Constante de Planck | $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ |
| unité d'activité | $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ |

Rayon de la trajectoire d'une particule de charge q , de masse m , dans un champ magnétique \vec{B} perpendiculaire à la vitesse \vec{v} : $r = mv / |q|B$

Extraits de la classification périodique :

| | | | | | |
|---------|--------------|------------|-----------|----------|-----------|
| Élément | Sb antimoine | Te tellure | I iode | Xe xénon | Cs césium |
| Z | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| Élément | C carbone | N azote | O oxygène | F fluor | Ne néon |
| Z | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

L'imagerie scintigraphique utilise des traceurs et des marqueurs.

Un traceur est une substance qui peut se localiser de façon sélective au niveau d'une structure particulière de l'organisme.

Un marqueur est un nucléide radioactif qui se prête aisément à une détection externe. L'association d'un traceur et d'un marqueur permet, grâce au marqueur, de suivre l'évolution du traceur dans l'organisme.

1- Les différentes familles de marqueurs

Le marqueur doit émettre des photons γ afin de pouvoir être détecté à l'extérieur de l'organisme à l'aide d'une gamma-caméra. Trois familles de marqueurs sont utilisées

1-1. Les émetteurs (β^- , γ).

L'iode 131 appartient à cette catégorie.

- Écrire l'équation de sa désintégration β^-
- Expliquer l'origine du rayonnement γ qui accompagne la désintégration β^- .

1-2. Les émetteurs β^+

L'oxygène 15 appartient à cette catégorie.

- Écrire l'équation de la désintégration β^+
- Que devient le positon émis au cours d'une désintégration β^+ ? En déduire l'origine des photons γ .

1-3. Les émetteurs γ purs par capture électronique.

Le technétium 99 métastable appartient à cette catégorie.

- D'où provient l'électron capturé par le noyau de technétium ?
- Pourquoi dit-on qu'il s'agit d'une transformation isobarique ?

c) Donner l'allure de la courbe de stabilité qui représente le nombre de neutrons N (en ordonnée) en fonction du numéro atomique Z (en abscisse).

c-1) Situer sur cette courbe les zones de radioactivité β^+ .

c-2) Comment sont situés les isotopes d'un même élément ?

c-3) Les nucléides qui peuvent subir la capture électronique et la désintégration β^+ sont-ils toujours au dessous de la droite $N = Z$? Justifier en envisageant le cas des nucléides légers et celui des nucléides lourds.

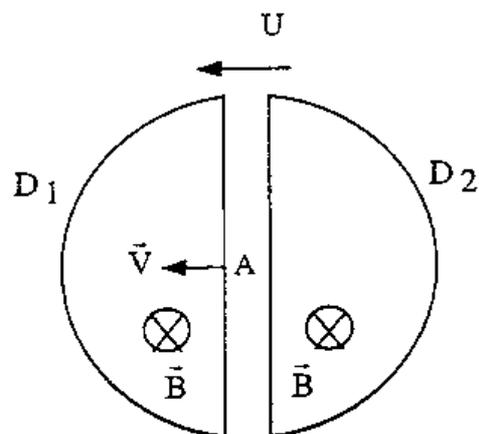
2- Production des radioéléments utilisés à l'aide d'un cyclotron

Les accélérateurs de type cyclotron permettent d'obtenir des particules chargées lourdes (protons, deutons...) de haute énergie susceptibles de provoquer des réactions nucléaires.

Un cyclotron comporte deux demi cylindres creux D_1 et D_2 appelés les "dees".

A l'intérieur des dees, règne un champ magnétique \vec{B} uniforme et constant tel que $B = 1,8 \text{ T}$.

Entre les dees, il existe un champ électrique \vec{E} produit par la différence de potentiel électrique U .



Des deutons ${}^2_1\text{H}$ sont injectés dans D_1 en A avec une vitesse \vec{V} perpendiculaire à \vec{B} .

a) Représenter la force magnétique qui s'exerce sur un deuton en A.

b) De quel type est le mouvement des deutons dans D_1 ? Représenter la trajectoire correspondante en indiquant le sens du mouvement.

c) Exprimer littéralement la durée du mouvement d'un deuton dans D_1 . Cette durée dépend-elle de la vitesse en A ? Effectuer l'application numérique.

d) Quel doit être le sens du champ électrique entre les dees pour que les deutons soient accélérés à leur sortie de D_1 ? Le représenter.

e) Quel est alors le signe de la tension U entre les dees ?

f) Les deutons pénètrent dans D_2 en un point C. Décrire leur mouvement.

Quel est le temps de parcours dans D_2 ?

g) Ils sortent de D_2 en C'. Quels doivent être le sens du champ électrique et le signe de la tension U entre les dees pour qu'ils soient à nouveau accélérés ?

h) Calculer la fréquence de la tension alternative qu'il faut appliquer entre les dees.

i) Les deutons, supposés non relativistes, continuent ainsi leur mouvement de plus en plus rapidement ; ils sont extraits du cyclotron lorsque le rayon de la trajectoire dans les dees atteint la valeur $R_m = 0,40 \text{ m}$. Calculer leur énergie cinétique en joule, puis en MeV.

L'iode 123 est produit par réaction nucléaire entre des deutons de haute énergie et du tellure 122.

3- Scintigraphie thyroïdienne.

L'iode radioactif est le traceur physiologique de référence ; il sert à la fois de traceur et de marqueur.

3-1. Utilisation de l'iode 131

3-1-1. Rayonnement γ .

a) L'iode 131 a une période radioactive $T = 8$ jours. Que signifie cette affirmation ?

b) Pour une scintigraphie thyroïdienne, un patient adulte doit ingérer par voie orale une quantité d'iode 131 d'activité égale à 1,85 MBq. On supposera que l'excrétion métabolique de l'iode est inexistante. Le délai entre l'administration du traceur et la réalisation des images est de 24 heures. Quelle est l'activité de l'iode dans le corps au moment où les images sont réalisées ?

3-1-2. Rayonnement β^- .

L'énergie d'une particule β^- est égale à 610 keV.

a) Cette particule est-elle directement ou indirectement ionisante ? Justifier.

b) Il faut une énergie moyenne de 32 eV pour créer une paire ion-électron dans l'eau. Les tissus biologiques étant assimilables à de l'eau, calculer le nombre moyen d'ionisations créées par une particule

c) Un électron de 610 keV a un parcours moyen de 2 mm dans les tissus. Calculer la densité linéique d'ionisations (DLI) et le transfert d'énergie linéique (TEL ou TLE).

3-2. Utilisation de l'iode 123

L'iode 123 est un émetteur γ pur. Sa période est de 13,2 heures.

a) Calculer sa constante radioactive λ en s^{-1} .

b) Pour une scintigraphie thyroïdienne, il faut injecter à un patient adulte une quantité d'iode 123 d'activité égale à 7,4 MBq. Combien d'atomes d'iode a-t-on injectés ?

c) Le délai entre l'administration du traceur et la réalisation des images est de 2 à 4 heures. Quel est le pourcentage de perte d'activité en 4 heures ?