

PREMIER PROBLEME (27 points) : SPECTRE DE MASSE :

Soit le spectromètre de masse de la figure ci-dessous.

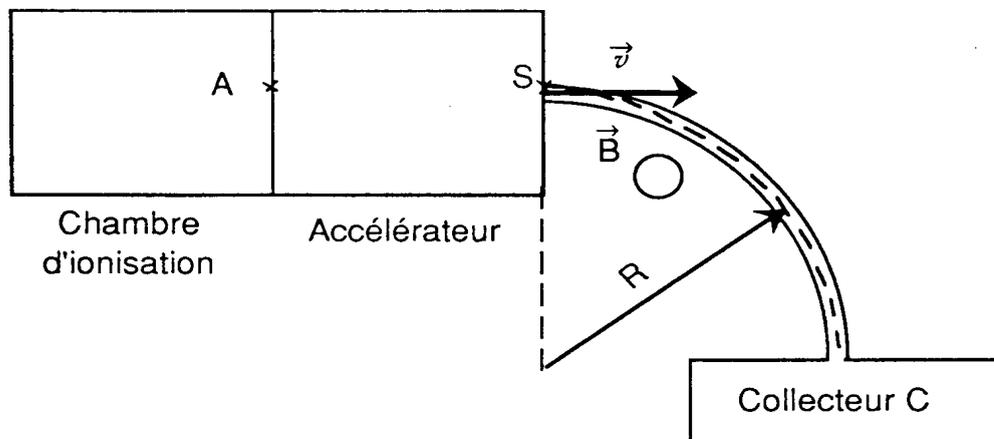
Une substance organique est introduite dans la chambre d'ionisation où elle donne les fragments F_1^+ , F_2^+ , F_3^+ et F_4^+ de masse m_1 , m_2 , m_3 et m_4 respectivement.

1. Ces ions sont supposés arriver en A (à l'entrée de l'accélérateur) avec une vitesse négligeable. La tension accélératrice U_{AS} est de 4000V (S est à la sortie de l'accélérateur).

a) Quel est le signe de U_{AS} ? Justifier.

b) Etablir l'expression de la vitesse v d'un ion à la sortie de l'accélérateur en fonction de sa charge q , de sa masse m et de U_{AS} .

2. A la sortie de l'accélérateur, les ions pénètrent dans un tube de rayon de courbure moyen R placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan contenant le tube.



a) Quel sens doit avoir \vec{B} ?

b) Donner l'expression de la force qui s'exerce sur la particules.

c) Montrer que son mouvement est uniforme.

d) Montrer que la trajectoire est plane et circulaire. Déterminer son rayon de courbure en fonction de m , q , B et v .

e) Montrer que pour qu'une particule de masse m de charge q puisse sortir à l'autre extrémité du tube, il faut que:

$$B = \left(\frac{2m|U_{AS}|}{qR^2} \right)^{1/2}$$

- f) Application numérique: F_1^+ est sorti pour $B_1 = 0,177$ T.
Calculer m_1 puis M_1 la masse molaire des fragments F_1 .

Données:

constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

rayon : $R = 0,2$ m

charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

3. Les ions sont recueillis à la sortie du tube par un collecteur C. On mesure la charge reçue par le collecteur pendant un même intervalle de temps Δt pour les différentes valeurs B_1, B_2, B_3 et B_4 de B permettant la sortie de $F_1^+, F_2^+, F_3^+, F_4^+$ respectivement.

pour $B_1, Q_1 = 5,60 \cdot 10^{-14}$ C

pour $B_2, Q_2 = 20,0 \cdot 10^{-14}$ C

pour $B_3, Q_3 = 33,6 \cdot 10^{-14}$ C

pour $B_4, Q_4 = 20,8 \cdot 10^{-14}$ C

- a) Déterminer la composition du mélange (pourcentage molaire).
- b) Tracer le spectre de masse obtenu.
En ordonnée : pourcentage
En abscisse : masse molaire

Données :

$M_2 = 29 \text{ g.mol}^{-1}$

$M_3 = 31 \text{ g.mol}^{-1}$

$M_4 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$

Deuxième Problème : Principe d'une centrale nucléaire

Données :

masses atomiques : ^{235}U : 235,0439 u

^{139}I : 138,9260 u

^{94}Y : 93,9116 u

masse du neutron : 1,0087 u

u est l'unité de masse atomique : $u = 1,660.10^{-27}$ kg

célérité de la lumière dans le vide: $c = 3.10^8$ m.s⁻¹

nombre d'Avogadro: $N_A = 6,02.10^{23}$ mol⁻¹

masse molaire de l'uranium 235 : $M(^{235}\text{U}) = 235$ g.mol⁻¹

capacité thermique massique de l'eau au voisinage de 15°C : $c_o = 4,18$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹

1. ETUDE D'UNE REACTION DE FISSION

Une centrale nucléaire utilise comme combustible, l'uranium 235. Lorsqu'un neutron lent heurte un noyau d' ^{235}U , une des fissions possibles conduit à la formation d'un noyau d'iode 139 (^{139}I), d'un noyau d'yttrium ^{94}Y , ainsi qu'à b neutrons.

1. En énonçant les lois utilisées, déterminer a et b et écrire l'équation de la réaction de fission nucléaire.

2. Calculer le défaut de masse Δm qui accompagne la fission d'un noyau d'uranium 235. Calculer, en joules, l'énergie ΔE libérée par cette fission.

3. On admet que les fissions, en moyenne, libèrent la même énergie ΔE et que toute l'énergie libérée se retrouve sous forme de chaleur.

Quelle est la masse d'uranium 235 nécessaire à un an de fonctionnement de la centrale, si cette centrale nucléaire fournit une puissance "thermique" de 3000 MW ?

2. ETUDE D'UN DECHET RADIOACTIF

Parmi les produits de fission, on trouve dans le coeur de la centrale nucléaire, le césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$) qui se désintègre en baryum (Ba) par émission β^- et dont la période radioactive est $T = 30$ ans.

1. Ecrire la réaction de désintégration correspondante.

2. Pendant combien de temps devrait-on faire séjourner ce déchet radioactif dans la piscine de désactivation pour que son activité se réduise à 60 % de son activité initiale ?

3. ETUDE DU RENDEMENT DE LA CENTRALE

La centrale (sans l'alternateur) peut être considérée comme un moteur thermique où le fluide caloporteur (l'eau) décrit un cycle entre deux sources.

- la source chaude Σ_1 qui est le coeur du réacteur, de température constante $t_1 = 327^\circ\text{C}$
- la source froide Σ_2 qui est l'eau d'un fleuve de température constante $t_2 = 15^\circ\text{C}$.

Au cours de ce cycle, le moteur fournit un travail total W .

1. En prenant comme référence le fluide caloporteur, préciser, en les justifiant, les signes des quantités de chaleur Q_1 , Q_2 que l'eau échange avec les sources, ainsi que le signe du travail W .

2. Donner la définition du rendement thermodynamiques du cycle.

3. Etablir l'expression du rendement η_C du cycle de Carnot qui fonctionnerait entre les mêmes températures t_1 et t_2 .

Calculer ce rendement η_C .

4. En fait, le rendement r de la centrale n'est que 58 % du rendement de Carnot.

Calculer ce rendement r .

Le coeur de la centrale fournit une puissance thermique de 3000 MW.

En déduire la puissance électrique fournie par la centrale.

5. Calculer la quantité de chaleur échangée par seconde avec la source froide.

6. L'élévation de la température de l'eau du fleuve ne doit pas excéder 2°C .

Calculer le débit volumique Dv minimal du fleuve. L'exprimer en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.