

Interrogation écrite n°2 (mai 2018)

Durée 1h30

Partie I.

1. Parmi les particules légères suivantes (${}_0^1n$, ${}_1^1p$, ${}_1^2d$, ${}_2^3He$ et ${}_2^4He$) quelles sont celles qui peuvent être émises spontanément dans la désintégration d'un noyau d'uranium ${}_{92}^{238}U$?
2. Calculer les énergies cinétiques de celles qui sont éventuellement émises si le noyau est supposé au repos.

Partie II.

On enregistre la fonction d'excitation de la réaction nucléaire ${}_1^2d + {}_2^4\alpha$ en envoyant un faisceau de deutons d'énergie cinétique T_d variable sur une cible d'hélium ${}_2^4He$ et en observant les produits de la réaction.

1. Quel est le noyau composé formé dans cette réaction ?
2. Donner toutes les voies de sortie qui peuvent être créées à partir de ce noyau composé.
Dans ce qui suit, les résultats doivent être accompagnés du diagramme d'énergie de la réaction. Les énergies cinétiques demandées seront données dans le système du laboratoire.
3. Dans la fonction d'excitation, pour quelle valeur de T_d pourra-t-on observer une résonance correspondant à un état du noyau composé d'énergie d'excitation $E_{exc} = 5.75 MeV$?
4. A cette valeur de T_d , quelles sont les voies de sorties énergétiquement possibles pour le noyau composé dans cet état excité ?
5. Calculer dans chaque cas, l'énergie cinétique de la particule émise à 90° si le noyau est produit dans son état fondamental.

7

Partie I.

1. L'émission spontanée d'une particule ${}_Z^aX$ par ${}_{92}^{238}U$ est possible si le bilan Q_x de la réaction

${}_{92}^{238}U \rightarrow {}_Z^aX + {}_{92-Z}^{238-a}Y$ est positif. $Q_x = ({}_{92}^{238}\Delta - {}_Z^a\Delta - {}_{92-Z}^{238-a}\Delta)c^2$

Particule x	n	p	d	3_2He	${}^4_2He (\alpha)$
4_2Y	${}^{237}_{92}U$	${}^{237}_{91}Pa$	${}^{236}_{91}Pa$	${}^{235}_{90}Th$	${}^{234}_{90}Th$
${}_Z^a\Delta (MeV)$	8.071	7.289	13.136	14.931	2.424
${}_Z^a\Delta (MeV)$	45.387	47.640	45.340	44.250	40.607
${}^{238}_{92}\Delta (MeV)$	47.305				
$Q_x (MeV)$	-6.153	-7.624	-11.171	-11.876	4.274

La seule émission spontanée possible est donc celle de la particule α

2. Le noyau émetteur étant supposé au repos, l'énergie cinétique T_α de la particule α est donnée par :

$T_\alpha = \frac{234}{238} Q_\alpha = 4.2 MeV$

Partie II.

1. Noyau composé : ${}_1^2d + {}_2^4\alpha \rightarrow {}_3^6Li^*$

2. Voies de sortie :

- ${}_3^6Li^* \rightarrow {}_1^2d + {}_2^4\alpha$ voie élastique
- $\rightarrow \gamma + {}_3^6Li$ désexcitation radiative
- $\rightarrow {}_0^1n + {}_3^5Li$
- $\rightarrow {}_1^1p + {}_2^5He$
- $\rightarrow {}_1^3H + {}_2^3He$

3. On a : ${}_3^6\Delta^*c^2 = {}_3^6\Delta c^2 + E_{exc} = 19.835 MeV$. L'énergie à fournir au système pour atteindre le niveau ${}_3^6Li^*$ est égale à $({}_3^6\Delta - {}_1^2\Delta - {}_2^4\Delta)c^2 = 4.275 MeV$. A la résonance, l'énergie disponible dans le système du centre de masse $\frac{4}{6}T_d$ doit être égale à cette énergie. L'énergie des deutons pour laquelle cette résonance apparaît est donc $T_d = 6.412 MeV$.

4. Les voies de sortie énergétiquement possibles à la résonance considérée sont celles dont la masse est inférieure à celle de ${}_3^6Li^*$. Sur le diagramme, on voit que la voie de sortie ${}_1^3H + {}_2^3He$ est impossible. La voie élastique et la désexcitation radiative sont bien évidemment possibles. La production de neutrons ou de protons est énergétiquement possible.

5. L'équation en Q d'une réaction $X(a,b)Y$ avec émission à l'angle θ s'écrit :

$Q = \left(1 + \frac{m_b}{M_Y}\right)T_b - \left(1 - \frac{m_a}{M_Y}\right)T_a - \frac{2}{M_Y}\sqrt{m_a m_b T_a T_b} \cos\theta$

où m_a, m_b, T_a, T_b sont les masses et les énergies cinétiques des particules a et b .

Pour les réactions considérées et à $\theta = 90^\circ$, on a :

$T_p = \frac{3T_d + 5Q_p}{6}$ avec $Q_p = -3.119 MeV \rightarrow T_p = 0.607 MeV$
 $T_n = \frac{3T_d + 5Q_n}{6}$ avec $Q_n = -4.191 MeV \rightarrow T_n < 0$ impossible

Il n'y a donc pas de possibilité d'émission de neutron à $\theta = 90^\circ$.

