

Université Paul Sabatier de Toulouse, année universitaire 2004-2005

L3 LICENCE PHYSIQUE CHIMIE APPLICATION

Mention physique fondamentale

2L5PY21 RELATIVITÉ/PHYSIQUE NUCLEAIRE

Examen terminal du mardi 7 septembre

Durée : 2h

Tout document interdit

Questions de cours

1. Soit l'interaction nucléon-nucléon

- Quelle est la nature du terme dominant à basse énergie ?

- Forme de l'interaction (schéma)

2. Donner l'ordre de grandeur du libre parcours moyen des nucléons dans un noyau :

$$\lambda \simeq$$

Quelle conclusion peut-on en tirer ?

3. Exprimer le rayon d'un noyau R en fonction du nombre de nucléons A . On donnera la valeur numérique de la constante.

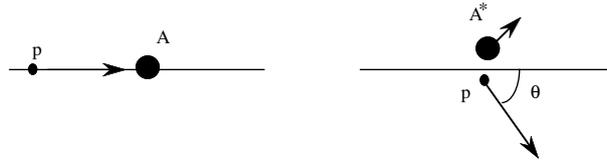
En déduire la valeur typique de la densité de matière au centre d'un noyau $\rho_0 \simeq$
AN :

Exercice : Evènement-rencontre de deux particules

Deux particules A_1 et A_2 se déplacent, par rapport à un référentiel \mathcal{R} , avec les vitesses respectives $v_1 = c/2$ suivant \mathbf{e}_x et \mathbf{v}_2 inconnue. Les particules A_1 et A_2 sont initialement situées respectivement en O et en B ($x_B=0, y_B=1$), l'unité étant le mètre. Elles se rencontrent au point C de l'axe Ox tel que $\mathbf{OC}=2\mathbf{e}_x$. La vitesse \mathbf{v}_2 est constante.

1. Trouver \mathbf{v}_2 ainsi que les coordonnées de l'évènement rencontre dans \mathcal{R} .

2. Quelles sont les coordonnées de ce même évènement dans le référentiel galiléen \mathcal{R}' par rapport auquel A_1 est fixe?



Problème : Mesure des niveaux en énergie d'un noyau par diffusion inélastique

Un proton d'énergie cinétique initiale E_i fait une diffusion d'un angle θ sur un noyau d'atome (noté A) par interaction inélastique. Après l'interaction, le proton a une énergie cinétique E_f et le noyau se retrouve dans un état excité, noté A^* (voir figure). La réaction s'écrit : $p + A \rightarrow p + A^*$.

La masse du noyau excité est $m_{A^*} = m_A + \frac{E}{c^2}$, avec m_A la masse du noyau dans son niveau fondamental et E l'énergie de l'état excité. L'expérience est faite avec des protons d'énergie $E_i=10.02$ MeV sur une cible en ^{10}B . Un détecteur mesure l'énergie des protons diffusés à $\theta=90^\circ$. les résultats des mesures donnent les valeurs de E_f suivantes : 3.50, 3.54, 3.85, 4.93, 6.23, 6.61, 7.53 et 8.19 MeV.

1. A partir de l'expression relativiste de l'énergie cinétique des protons (E_p), montrer que, pour cette expérience (énergies des protons ≤ 10 MeV), $E_p \approx \frac{p_p^2}{2m}$, avec m et p_p la masse et la quantité de mouvement du proton.
2. A partir des lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement non-relativistes, montrer que dans le repère du laboratoire, l'énergie d'un niveau excité E s'écrit:

$$E = E_i \left(1 - \frac{m}{m_{A^*}}\right) - E_f \left(1 + \frac{m}{m_{A^*}}\right) + 2 \frac{m}{m_{A^*}} \sqrt{E_i E_f} \cos \theta$$

N.B. On exprimera d'abord E en fonction de m_{A^*} , m et des quantités de mouvement initiale et finale du proton.

3. Calculer la masse m_A du ^{10}B sachant qu'on n'observe pas de protons diffusés dont l'énergie est supérieure à 8.19 MeV. La valeur de la masse vous semble-t-elle cohérente (justifiez votre réponse)? Quel type d'interaction ont subit les protons diffusés avec une énergie $E_f=8.19$ MeV?
4. Simplifier l'expression de E en prenant en compte l'angle de diffusion mesuré et le fait que les valeurs de E sont inférieures à 10 MeV.
5. Déterminer les niveaux en énergie des états excités du noyau ^{10}B à partir des valeurs de E_f mesurées.
6. En reprenant l'équation de la question 2, calculer la solution exacte de l'expression de E en fonction de E_i , E_f , m , m_A et θ .
7. Calculer alors la valeur exacte du niveau en énergie du ^{10}B associé aux protons diffusés à 90° avec une énergie $E_f=6.61$ MeV. Discuter de l'approximation utilisée à la question 4.
8. Simplifier l'expression de E de la question 2 dans le cas où la cible en ^{10}B est remplacée par une cible en ^{208}Pb . Commenter.

On donne :

$$(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon \text{ lorsque } \epsilon \ll 1$$

$$m = 938.3 \text{ MeV}$$