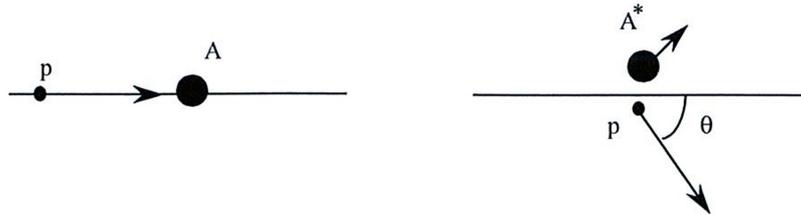


TD 4

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 $m_{A^*} = m_A + E/c^2$, 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.



a – A partir de l'expression relativiste de l'énergie cinétique des protons E_p , montrer que pour cette expérience (énergies des protons ≤ 10 MeV), $E_p \approx p_p^2 / 2m$, avec m et p_p la masse et la quantité de mouvement du proton.

b – 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.

c – 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 subi les protons diffusés avec une énergie $E_f = 8.19$ MeV ?

d – 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.

e – Déterminer les niveaux en énergie des états excités du noyau ^{10}B à partir des valeurs de E_f mesurées.

f – En reprenant l'équation de la question b, calculer la solution exacte de l'expression de E en fonction de E_i , E_f , m , m_A et θ .

g – 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 d.

h – Simplifier l'expression de E de la question b dans le cas où la cible en ^{10}B est remplacée par une cible en ^{208}Pb . Commenter.

On donne :

$$(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon \text{ lorsque } \varepsilon \ll 1 \text{ et } m = 938.3 \text{ MeV.}$$