Corrigé du partiel de physique nucléaire
mai 2004

Problème 1 :

1- conservation de l'énergie cinétique : $m_1v_1^2 = m_1v'^2_1 + m_2v'^2_2$
conservation de la quantité de mouvement :

$$0 = m_1v'_1\sin\theta_1 - m_2v'_2\sin\theta_2$$

Hypothèse : $\theta_1=0 \Rightarrow v'_2\sin\theta_2=0 \Rightarrow v'_2=0$ (pas de choc) ou $\theta_2=0$ (émission des 2 particules vers l'avant) .

$\Rightarrow$Les équations se réduisent à : $m_1v_1^2 = m_1v'^2_1 + m_2v'^2_2$

$$m_1v_1 = m_1v'_1 + m_2v'_2$$

$\Rightarrow$ $v'_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_1$ et $v'_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1$

2- a) On obtient pour les protons : $v'_p=\frac{2m_n}{m_n+m_p}v_1$, et pour les noyaux d'azote : $v'_N=\frac{2m_n}{m_n+m_N}v_1$

b) $\frac{v'_p}{v'_n}=\frac{m_n+m_N}{m_n+m_p}$ d'où l'on tire $m_n=\frac{m_N-m_p\frac{v'_p}{v'_N}}{\frac{v'_p}{v'_N}-1}\approx m_p$

3- masse du projectile : $m_n=m_p=m$; masse de la cible $M_X=Am$

a) énergie après le choc : $T'_1=\frac{1}{2}mv'^2_1=T_1\left(\frac{1-A}{1+A}\right)^2$

b) $\delta T_1=T_1-T'_1=\frac{4A}{(1+A)^2}T_1$

c) Etudier la fonction : $A=1 \rightarrow \delta T_1=T_1$
$A>> \rightarrow \delta T_1 \rightarrow 0$

4- * Energie du neutron après deux chocs successifs : $T'_{12}=\left(\frac{1-A}{1+A}\right)^2 T'_1=\left(\frac{1-A}{1+A}\right)^4 T_1$

* Après n chocs : $T'_{1n}=\left(\frac{1-A}{1+A}\right)^{2n} T_1$

5- $n=\frac{\ln\left(\frac{T_{1n}}{T_1}\right)}{2\ln\left(\frac{A-1}{A+1}\right)}$

Remarque : En réalité, un neutron incident ne peut pas entrer en collision avec plusieurs noyaux alignés. Nous avons fait une étude simplifiée décrivant en bonne approximation une suite de chocs à peu près frontaux.

A.N. : $T'_{1n}=0.025$ eV (énergie d'un neutron thermique)

a) Pour une cible d'hydrogène $(A=1)$, le transfert est total et $T'_1=0$, c'est à dire que la valeur $T'_1=0.025$ eV pour T'_1, ne peut être obtenue que pour un choc non frontal.

b) Pour une cible de carbone $(A=12)$, $n=52$.
Le transfert est d'autant plus progressif que les masses sont différentes, mais cela peut être utilisé pour ajuster l'énergie cinétique : c'est le cas du ralentissement des neutrons rapides dans les réacteurs nucléaires, nécessaire pour optimiser la section efficace de l'interaction avec l'uranium.

6-

a) $\Phi(x)=\Phi_0\exp(-N\sigma x)$

b) $\frac{\Phi_0-\Phi(s)}{\Phi_0}=1-\exp(-N\sigma s)=1.7\ \%$

Problème 2 :

1- Conservation du moment cinétique : $m\vec{v}_0 \wedge m\vec{v} \wedge d \Leftrightarrow v = \frac{p}{d} v_0$

Conservation de l'énergie totale : $E = \frac{1}{2} m v^2 - U_0 \Leftrightarrow \frac{1}{2} m {v_0}^2 = \frac{1}{2} m v^2 - U_0$

$\Rightarrow E(\frac{p^2}{d^2} - 1) = U_0 \Rightarrow d = \frac{p}{\sqrt{1 + \frac{U_0}{E}}} = \frac{p}{n}$ avec $n = \sqrt{1 + \frac{U_0}{E}}$

2- $p = n\, d$,

d'autre part on a : $\cos(\chi - \beta) = \frac{d}{R} = \frac{p}{nR}$

$\Rightarrow p = nR\cos(\chi - \beta)$ et $\chi = \frac{\pi}{2} + \frac{\Theta}{2} \Rightarrow p = nR\cos(\frac{\pi}{2} + \frac{\Theta}{2} - \beta) = nR\sin(\beta - \frac{\Theta}{2})$

3- $\Theta_{max} = 2\arccos\frac{1}{n}$