

P₃ - ÉPREUVE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
Deuxième partie de la première session

Problème 1 (14pts):

Un neutron de masse m_1 et de vitesse V_1 heurte une cible de masse m_2 initialement au repos. Soient V_1' et V_2' leurs vitesses après le choc considéré parfaitement élastique, θ_1 et θ_2 leurs angles de diffusion. Dans tout le problème, nous étudierons le cas où le neutron est diffusé vers l'avant ($\theta_1=0$).

1- Déterminer V_1' , V_2' et θ_2 en fonction de V_1 , m_1 et m_2 .

2- Du faite de sa neutralité électrique, le neutron ne peut être mesuré qu'indirectement. Ainsi, Chadwick (1932) a pu identifié cette particule et déterminé sa masse en étudiant sa diffusion élastique sur une cible d'Hydrogène ou d'Azote et en mesurant les vitesses de recul V_P' et V_N' des protons et des noyaux de l'atome d'Azote émis vers l'avant ($\theta_2=0$).

a) Montrer qu'on peut déduire de ces mesures une valeur approchée de la masse m_N du neutron.

b) Comparer cette masse à celle du proton, sachant que $m_N/m_P \approx 14$ et que l'expérience a donné $V_P' / V_N' \approx 7,5$.

3- Dans la suite du problème, nous considérons que le proton et le neutron ont la même masse $m_N=m_P=m$. Désignons par T_1 l'énergie cinétique du neutron incident. La cible est maintenant formée de noyaux A_ZX de nombre de masse A .

a) Exprimer en fonction de A et T_1 , l'énergie cinétique du neutron T_1' après le premier choc.

b) Déterminer la quantité d'énergie δT_1 perdue par le neutron au cours de ce choc élastique.

c) Comment varie t-elle en fonction de A du noyau diffuseur ?

4- Quelle est l'énergie cinétique T'_{12} du neutron après avoir subi deux chocs successifs ? En déduire l'énergie cinétique finale T'_{1n} du neutron après n chocs successifs?

5- En déduire le nombre de chocs successifs que doit subir un neutron d'énergie $T_1=1$ MeV, pour que son énergie cinétique finale soit égale à l'énergie d'un neutron thermique (0.025 eV), s'il percute a) des protons ($A=1$) b) des noyaux d'atomes de Carbone ($A=12$). Conclusion ?

6- Le faisceau de neutrons, de flux Φ_0 , est envoyé sur une cible contenant N noyaux de bore par unité de volume. Lors de la collision, il se produit une réaction nucléaire au cours de laquelle le neutron est absorbé par le bore. Soit σ la section efficace de cette réaction.

a) Déterminer le flux de neutrons $\Phi(x)$ en un point d'abscisse x de la cible.

b) Quelle est la proportion de neutrons absorbée par un parcours s du milieu ?
AN : $N=5 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$, $s=12 \text{ cm}$, $\sigma=284$ barns.

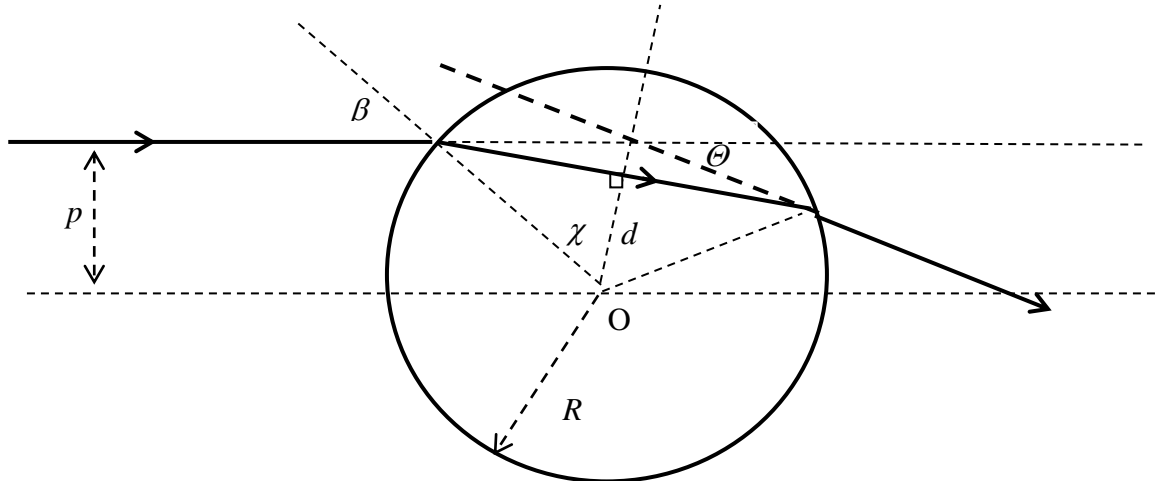
Problème 2 (6pts):

Une particule de masse m , d'énergie totale $E > 0$ et de moment cinétique σ_0 , passe au voisinage du centre O d'un potentiel attractif défini par :

$$U(r) = \begin{cases} -U_0 & \text{pour } r < R \\ 0 & \text{pour } r > R \end{cases}$$

R est la portée du potentiel lié au paramètre d'impact p par la relation : $p = R \sin \beta < R$.

Soit d la distance minimale d'approche orienté par un angle χ , ce dernier est lié à l'angle de diffusion Θ par $\Theta = 2\chi - \pi$ (voir la figure ci-dessous).



- 1- Utiliser les lois de conservation pour déterminer la distance minimale d'approche d .
- 2- Montrer que le paramètre d'impact $p(\Theta)$ satisfait l'équation :

$$p(\Theta) = nR \sin(\beta - \Theta/2),$$
 où n est un coefficient à déterminer en fonction des énergies E et U_0 .
- 3- Déterminer l'angle maximal de la diffusion, Θ_{\max} , en fonction de E et U_0 .