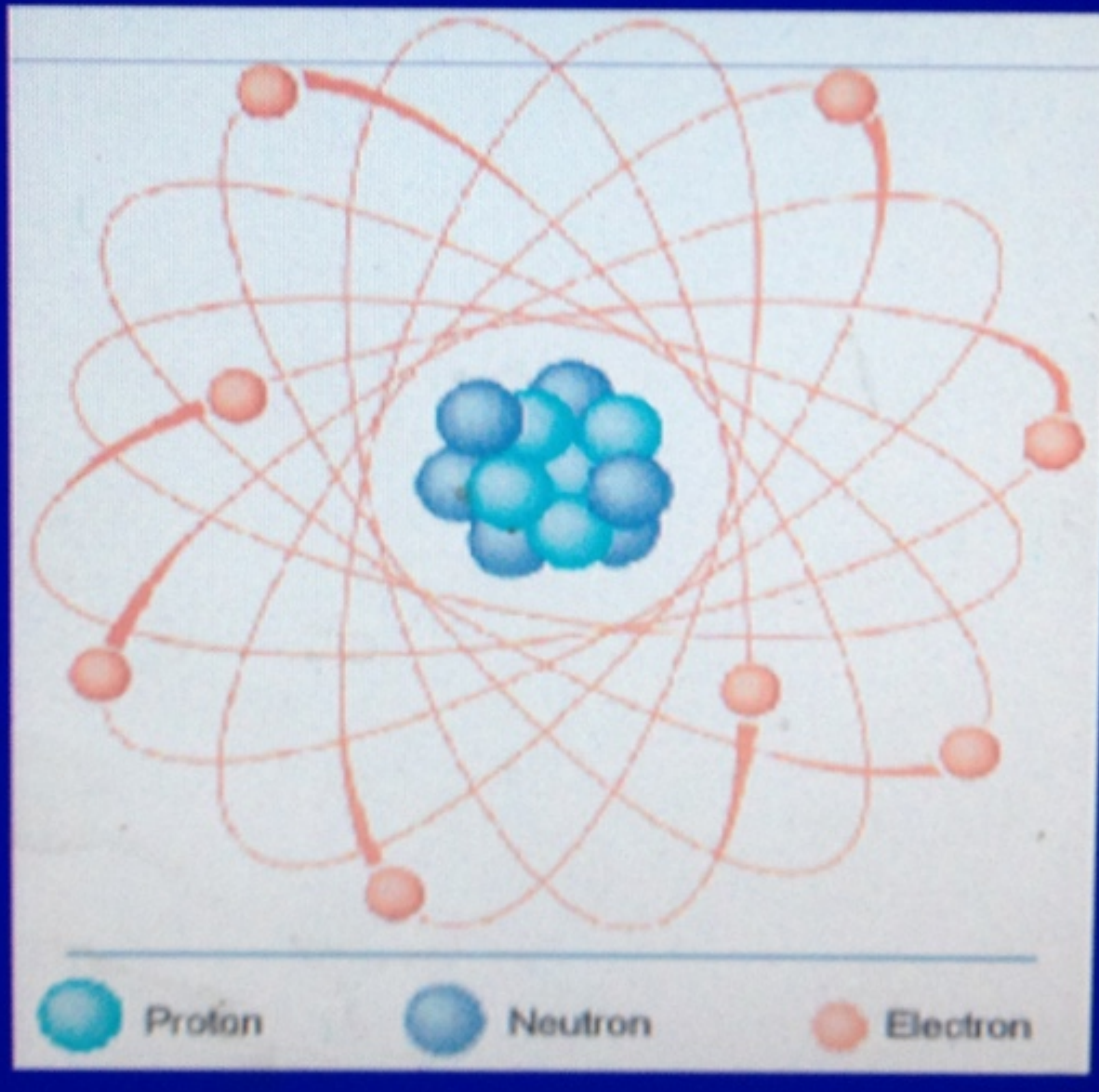
EXAMENS corrigés de Physique Nucléaire



SMP5 – Session Normale (janvier 2016)
Épreuve de Physique Nucléaire (Durée 1h30mn)

Exercice 1

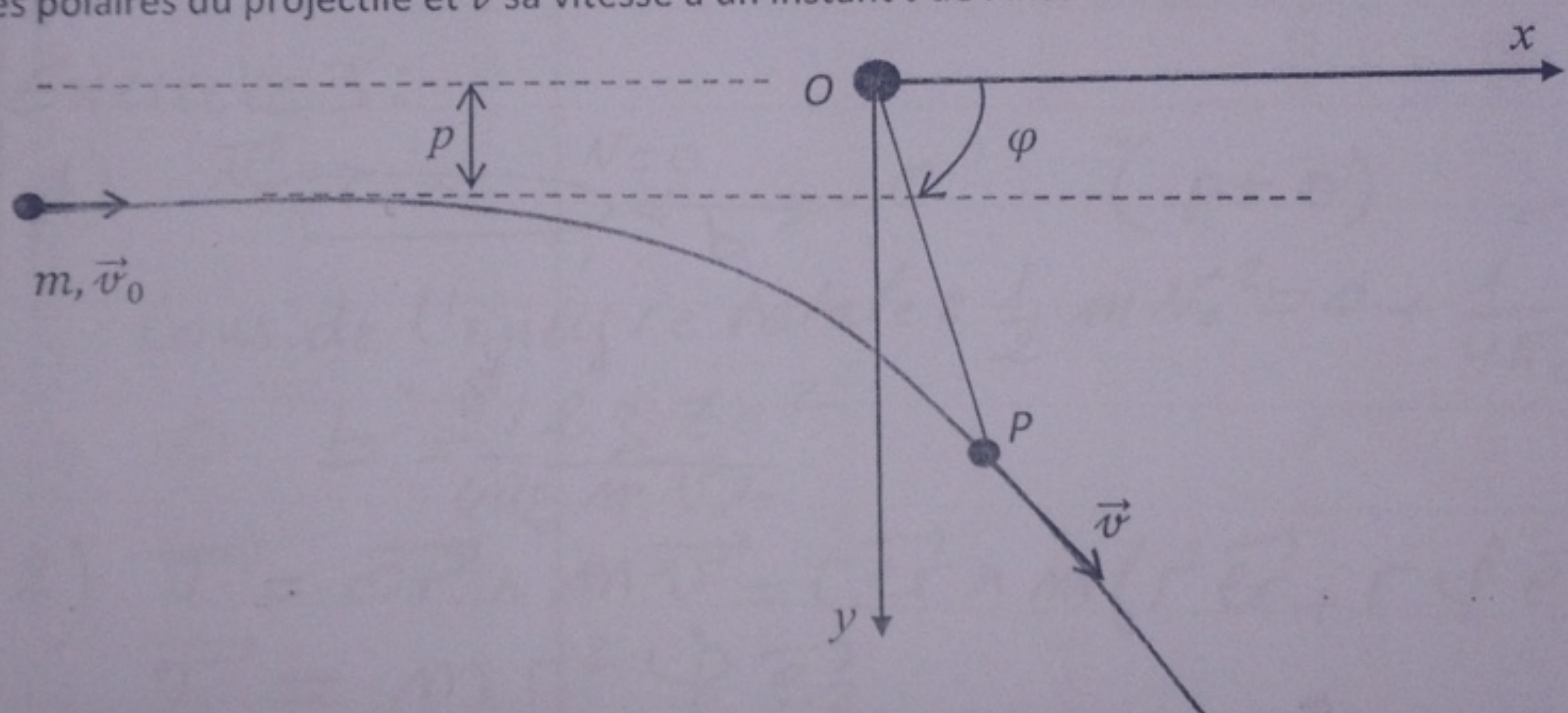
Sachant que la densité de matière nucléaire ρ est constante, montrer que le rayon du noyau atomique est lié à son nombre de masse A par l'approximation suivante : $R=r_0\,A^{1/3}$, où r_0 est un coefficient qu'il faut déterminer. Que signifie ce coefficient ?

Exercice 2

Dans le but de déterminer le volume sanguin V contenu dans l'organisme humain, on injecte dans le sang une solution de sodium radioactif ^{24}Na (T=15 heures) d'une activité A_0= *2000* Bq. Après Δt=5 heures, temps nécessaire pour que la solution soit répartie uniformément dans l'organisme, on effectue un prélèvement sanguin de volume v =1cm^3. L'activité de l'échantillon prélevé est A=16 dés/mn. En déduire, en litre, le volume de sang V.

Problème

Une particule P de masse m, de charge ze et de vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_x$ est envoyée sur un noyau cible de masse M et de charge Ze. La cible est supposée infiniment lourde pour qu'elle reste immobile au point O, origine du repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$. On note p le paramètre d'impact du projectile et θ son angle de diffusion après l'interaction. Soient $\vec{r} = \overrightarrow{OP}$ et $\varphi = (\vec{e}_x \wedge \vec{e}_r)$ les coordonnées polaires du projectile et $\vec{v}$ sa vitesse à un instant t de l'interaction.



1- À partir de la loi de conservation de l'énergie, déterminer la distance minimale d'approche b du projectile lorsque l'interaction est frontale ($p=0$).
Dans la suite du problème, on traitera le cas générale où p est quelconque (figure ci-dessus).

2- Exprimer le moment cinétique $\vec{\sigma}$, par rapport à O, en coordonnées polaires à un instant t de l'interaction. En déduire une relation avec son expression obtenue à l'instant initial.

3- Montrer que le projectile conserve sa vitesse initiale après l'interaction.

4- Écrire la projection sur l'axe Oy de la loi fondamentale de la dynamique en fonction des variables v_y, t, φ et r. En déduire la variation $\frac{dv_y}{d\varphi}$ en fonction de φ.

5- En intégrant cette équation différentielle sur tout le temps d'interaction, trouver une relation entre le paramètre d'impact p, b et l'angle de diffusion θ.

6- Définir la section efficace différentielle $d\sigma$ d'un ensemble de projectiles de paramètres d'impact compris entre p et p+dp.

7- Soit $d\omega$ l'angle solide de diffusion ($d\omega=2\pi\sin\theta\, d\theta$), calculer la section efficace de diffusion $\frac{d\sigma}{d\omega}$ en fonction de b et θ.

****

Corrigé de φ.N (Janvier 2016)

Exercice 1 : $\rho = \frac{m}{v} \simeq \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R^3} \Rightarrow R = r_0 A^{1/3}$ avec $r_0 = (\frac{4\pi}{3}$

r_0 est le rayon d'un nucléon (n ou p)

Exercice 2 :
L'activité de la solution injecté à t : $A' = A_0 e^{-\lambda t}$
Comme la répartition de la solution est homogène dans le sa

$$V = v\frac{A'}{A} = v\frac{A_0 e^{-\lambda t}}{A}$$

A.N $V = 1 \times \frac{2000}{16/60} e^{-\frac{0,69\times 5}{15}} = 5959\ cm^3 \simeq 6$ litres

Exercice 3 :

1) $\vec{v_0} \rightarrow \quad v=0 \quad \overset{b}{\longleftrightarrow} \cdot O \qquad (\rho = 0)$

Cons. de l'énergie totale : $\frac{1}{2} m v_0^2 = 0 + \overbrace{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{zZe}{b}}^{E_{pot}}$

$$\Rightarrow b = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2zZe^2}{m v_0^2}$$

2) $\vec{\sigma} = \vec{OP} \wedge m\vec{v} = r\vec{e_r} \wedge m(\dot{r}\vec{e_r} + r\dot{\varphi}\vec{e_\varphi})$

$\vec{\sigma} = m r^2 \dot{\varphi}\vec{e_z}$

$\vec{\sigma_0} = \vec{OP} \wedge m\vec{v_0} = (\rho\vec{e_y} + x\vec{e_x}) \wedge m v_0 \vec{e_x}$

$\vec{\sigma_0} = -m\rho v_0 \vec{e_z}$

la cons. du m^t cinétique $\Rightarrow r^2\dot{\varphi} = -\rho v_0$

3) le projectile est libre avant et après l'interaction
$\Rightarrow$ il conserve son énergie cinétique $\Rightarrow v_0 = v_f$

4) PFD : $\vec{F} = m\vec{\gamma} \Leftrightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{zZe^2}{r^2}\vec{e_r} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$

par projection suivant l'axe Oy :

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{zZe^2}{r^2}\sin\varphi = m\frac{dv_y}{dt}$$

d'après (*) $\frac{1}{r^2} = -\frac{\dot\varphi}{p v_0} \Rightarrow \frac{dv_y}{d\varphi} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3Ze^2}{m p v_0}\sin\varphi$

5) En intégrant l'éq. dif sur tte l'interaction :

état initial : $\varphi = \pi$ $\vec{v} = v_0 \vec{e_x}$

état final : $\varphi = \theta$ $\vec{v} = v_0 \vec{e_r}$

$$\int_0^{v_0\sin\theta} dv_y = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3Ze^2}{m p v_0}\int_\pi^\theta \sin\varphi\, d\varphi$$

$$v_0 \sin\theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{3Ze^2}{m p v_0}(1+\cos\theta)$$

$$\Rightarrow p = \frac{b}{2}\cotg\frac{\theta}{2} \quad \text{avec } b = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2\,3Ze^2}{m v_0^2}$$

6) $d\sigma = 2\pi p\, dp$

7) $p = \frac{b}{2}\cotg\frac{\theta}{2} \Rightarrow dp = -\frac{b}{4}\frac{1}{\sin^2\frac{\theta}{2}}d\theta$

le signe − signifie que $\theta \searrow$ qd $p \nearrow$.

$$d\sigma = \frac{\pi b^2}{4}\frac{\cos\theta/2}{\sin^3\theta/2}d\theta = \frac{b^2}{8}\frac{\pi 2\sin\theta/2\cos\theta/2\, d\theta}{\sin^4\theta/2}$$

Comme $d\omega = 2\pi\sin\theta\, d\theta$

$$\Rightarrow d\sigma = \frac{b^2}{16}\frac{2\pi\sin\theta\, d\theta}{\sin^4\theta/2} = \frac{b^2}{16}\frac{d\omega}{\sin^4\theta/2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{d\sigma}{d\omega} = \frac{b^2}{16}\times\frac{1}{\sin^4\theta/2}}$$

$\rho = \frac{b}{2}\cotg\left(\frac{\theta}{2}\right)$

$\theta \downarrow$ qd $\rho \nearrow$ $\cancel{d\sigma}$ $\sigma = \pi\rho^2$

$\Rightarrow \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{b^2}{16}\cdot\frac{1}{\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)}$

Université Ibn Zohr
Faculté des Sciences
Département de Physique

Fevrier 2016

SMP5 – Session de rattrapage
Epreuve De Physique Nucléaire (Durée 2heures)

Données :

La constante de Boltzmann k=1.381 10^{-23}JK^{-1} ; $1/4\pi\varepsilon_0$=9 10^9 SI ; r_0=1.2 fm ; c=3 10^8 m/s ; 1 eV=1.6 10^{-19}J ; e=1.6 10^{-19} C ; m_0c^2=0.511 MeV.

Masse atomique en uma : Deutérium : 2.014102 ; Tritium : 3.016049 ; Hélium : 4.002603 ;
neutron : m_n=1.008665 ; proton m_p=1.007269

$^{3}_{1}H$ $^{4}_{2}H$ Bq 1uma = 931,5 MeV/c²

NB. Dans les calculs cinématiques, la masse d'un noyau atomique peut être approchée à son nombre de masse A.

Problème

Considérons la réaction de fusion suivante :

$R = r_0 A^{1/3}$

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + ^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He}+\mathrm{n}$$

1- Utiliser la relation entre le rayon et le nombre de masse pour calculer la barrière colombienne entre les deux isotopes d'hydrogène.

2- Estimer la température du gaz d'hydrogène nécessaire pour fusionner les deux isotopes

3- Calculer l'énergie libérée par la réaction de fusion. Sous quelle forme est libérée cette énergie ?

4- Sachant que les isotopes d'hydrogène sont initialement au repos, déterminer l'énergie cinétique T_n du neutron produit. En déduire sa vitesse v en m/s.

5- Quel serait le nombre N_n de neutrons libérés par l'explosion d'une bombe d'hydrogène d'une mégatonne (4.2 10^{15} J) ?

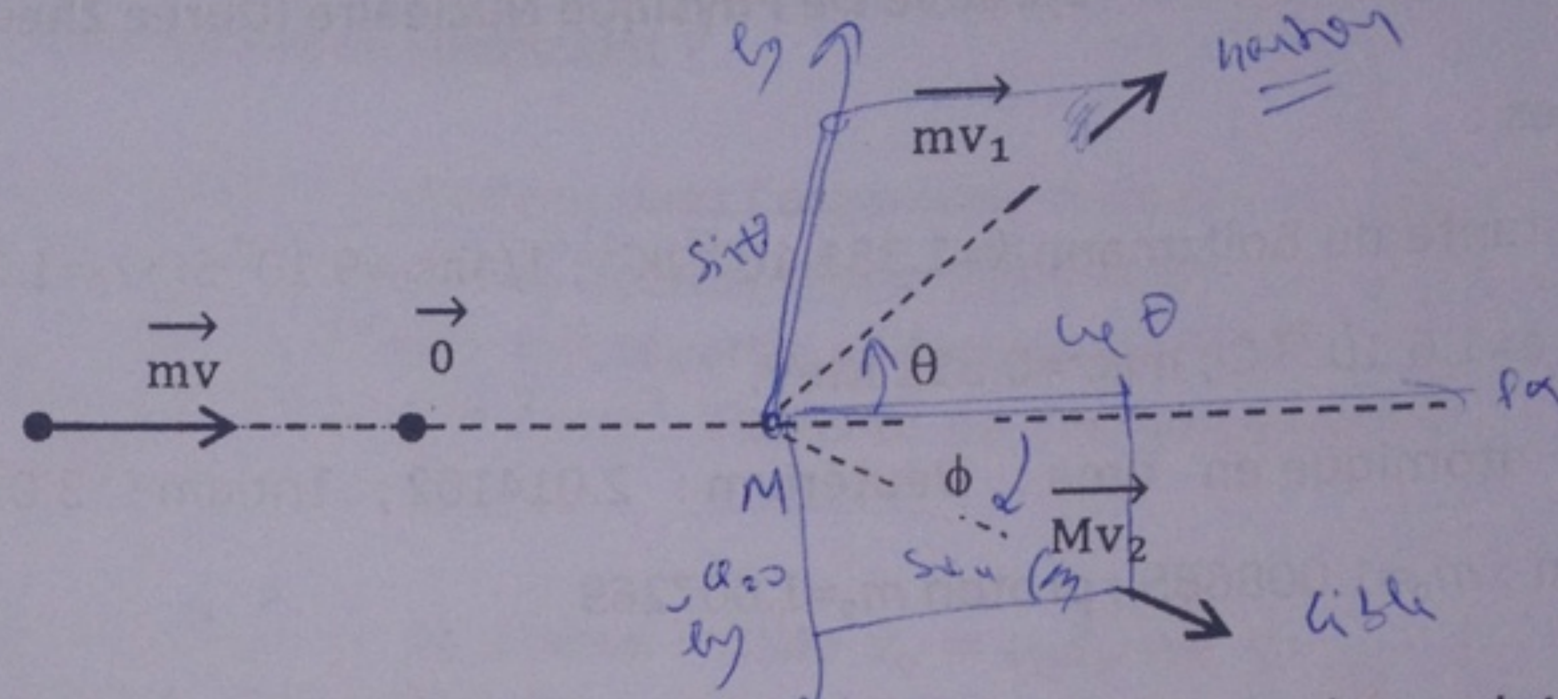
6- En supposant que ces neutrons seront **tous** capturés par l'azote ^{14}N de l'atmosphère donnant lieu à la réaction suivante :

$$^{14}\mathrm{N} + n \rightarrow ^{14}\mathrm{C}+\mathrm{p}$$

Calculer l'activité en Bq du carbone ^{14}C produit de demi-vie T=5730 ans.

1uma = 931,5 MeV/c²

7- Le neutron de vitesse v, peut aussi interagir par **choc élastique** avec un noyau cible (azote ou autre). Notons par m la masse du neutron et M la masse de la cible supposée initialement au repos. Après le choc, le neutron et la cible sont diffusés respectivement à des angles θ et ϕ.



a) Donner l'équation vectorielle de conservation de la quantité de mouvement. La projeter sur l'axe d'incidence et sur l'axe perpendiculaire.

b) Sous quel angle ϕ sera diffusée la cible si le neutron est rétrodiffusé vers l'arrière ($\theta=\pi$) ?

c) Dans ces conditions, utiliser aussi la conservation de l'énergie pour déterminer v_1 en fonction de v et des masses. En déduire l'énergie cinétique du neutron après le choc.

d) Déterminer l'énergie transférée à la cible en fonction de v et des masses. Pour quelle valeur de M le transfert d'énergie est maximal ?

8- Le neutron dans son état libre est instable, de période T=10.2 mn. Son énergie désintégration est $Q = 0.79$ MeV.

a)Donner son équation de désintégration ?

b) Quel type d'interaction est due cette désintégration ?

c) Identifier les particules émises. S'agit-il des particules relativistes ou non ? justifier votre réponse.