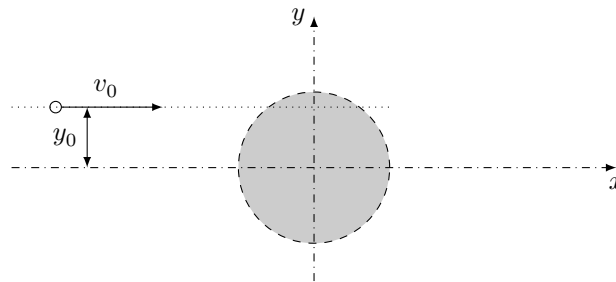




Un modèle d'interaction forte

Ce sujet discute d'un modèle d'interaction forte, une force attractive s'exerçant seulement à courte distance entre nucléons (protons et neutrons). De nombreuses questions pourront être traitées en utilisant le script Python associé. On étudie en particulier l'interaction d'un neutron projectile de masse m dont la trajectoire rencontre celle d'un noyau fixe, sphérique de rayon r_0 . La trajectoire initiale du neutron est rectiligne uniforme de vitesse v_0 et de paramètre d'impact y_0 :



1. Analyse de résultats de la simulation

- a. Les données numériques du script proposé utilisent pour unités de longueur, d'énergie et de masse respectivement le femtomètre ($1 \text{ fm} = 1 \times 10^{-15} \text{ m}$), le mégaélectron volt ($e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$) et la masse d'un nucléon ($m_n = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$). Quelles sont les unités de durée et de vitesse correspondante ?

La force exercée par le noyau sur le neutron est centrale, attractive, d'expression (en coordonnées sphériques)

$$\vec{F} = F(r)\vec{e}_r \quad \text{où} \quad F(r) = -\frac{U_0}{d} \exp\left(-\left(\frac{r-r_0}{d}\right)^2\right).$$

- b. Tracer et interpréter les courbes donnant $F(r)$ et l'énergie potentielle $U(r)$ associée.
c. Proposer les interprétations physiques des grandeurs U_0 , r_0 et d .
d. Les neutrons étudiés dans cette simulation sont-ils relativistes ?

2. Étude classique des trajectoires neutroniques

On étudie ici, en mécanique classique, les propriétés générales du mouvement d'un neutron soumis à la force \vec{F} ci-dessus.

1. Montrer l'existence de deux constantes du mouvement. Peut-on former un état lié du neutron et du noyau ?
2. En supposant $r_0 \gg d$, montrer que la trajectoire est formée de la réunion de segments de droite.
3. Établir l'expression de l'angle de déviation θ (angle entre les trajectoire initiale et finale) en fonction du paramètre y_0 ; tracer la courbe associée et comparer à la simulation.

3. États liés du neutron dans le noyau

On considère, en physique quantique, un état stationnaire lié à symétrie sphérique du neutron dans le noyau ; il est décrit par la fonction d'onde $\Psi(r) = f(r)/r$.

1. Déterminer la forme de $f(r)$.
2. Montrer que l'énergie E du neutron est quantifiée.

On donne l'équation de Schrödinger et l'expression du laplacien scalaire à symétrie sphérique :

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \quad \Delta F(r) = \frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{dF}{dr}\right)$$

**Il sera accordé une grande importance aux qualités d'exposition.
Le candidat est invité, dès le début de son passage au tableau,
à présenter le sujet préparé de manière ordonnée et argumentée.**