

I - Astrophysique nucléaire

1 – Questions de cours

- a – Donner et décrire brièvement les termes du modèle de la goutte liquide.
- b – Ecrire la relation qui permet de calculer le taux volumique d'une réaction nucléaire à partir de la section efficace, du flux de particules incidentes et de la densité de particules cibles.
- c – Quelles sont les différentes étapes des réactions résonantes ?

3 – Emissivité et flux gamma des novae

Lors de son explosion, une nova éjecte une masse M_{22} de ^{22}Na (vie-moyenne $\tau = 3.75$ ans). Ce radioélément émet un photon à 1275 keV par décroissance radioactive. Les photons de cette énergie interagissent avec les atomes du milieu interstellaire par diffusion Compton.

- a – Calculer I , le nombre de photons à 1275 keV émis par seconde, 1 ans après l'explosion sachant que $M_{22} = 2 \times 10^{-9} M_{\odot}$ (la masse molaire du ^{22}Na est ≈ 22 g/mole).
- b – Donner l'expression du flux de photons gamma ($\gamma/\text{s}/\text{cm}^2$) au niveau de la Terre sachant que la nova est à une distance d , que la densité moyenne (cm^{-3}) du milieu interstellaire (constitué principalement d'hydrogène) est n et que la section efficace de diffusion Compton des photons de 1275 keV avec l'hydrogène est σ . On donnera aussi l'expression du libre parcours moyen des photons.
- c – Calculer le libre parcours moyen et le flux pour les paramètres suivants : $d = 8$ kpc, $n = 1 \text{ cm}^{-3}$, $\sigma = 0.2$ barn. Commentez les résultats.

On donne :

- $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ moles

- $1 M_{\odot} = 2 \times 10^{33}$ g

- $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$.

- $1 \text{ pc} = 3.1 \times 10^{18} \text{ cm}$

II - Astroparticules

1 – Questions de cours

- a – Etablir la liste des fermions élémentaires en précisant leur symbole et leur charge électrique.
- b – Donner la liste des bosons de jauge en précisant leur symbole et le nom de l'interaction associée.
- c – Tracer le diagramme de Feynman d'une interaction élastique entre deux e^- . Quels types de particules sont échangées lors de la collision ? Pourquoi les appelle-t-on des particules virtuelles ?

2 – Production et désintégration de Δ^{++}

Un physicien des particules veut créer des particules Δ^{++} en collisionnant des pions issus d'un accélérateur, sur des protons au repos.

- a – Quel est le type de pions (π^0, π^+, π^-) pour cette collision ? Justifiez votre réponse.
- b – Quelle doit être l'impulsion p_{\min} des pions pour que cette réaction soit possible.
- c – Si le pion a une durée de vie de $\tau = 2.6 \times 10^{-8}$ s au repos, quelle est la distance maximale à laquelle on peut placer la source des pions d'impulsion p_{\min} pour qu'ils arrivent à la cible de protons avant de se désintégrer ?
- d – Si le Δ^{++} se désintègre par la suite en un pion et un proton, et le pion est émis à l'arrière, quelle est la vitesse du pion ? Pour ce calcul, on utilisera la transformation de Lorentz.

On donne :

$$m_{\pi}c^2 = 0.1396 \text{ GeV}$$

$$m_{\Delta^{++}}c^2 = 1.232 \text{ GeV}$$

$$m_p c^2 = 0.9383 \text{ GeV}$$