

Conformément à l'usage typographique international, les vecteurs sont représentés en gras

Exercices et problèmes

1. Particules fondamentales

1) Trouver quelles combinaisons de quarks u et d sont nécessaires pour former des baryons de charges $-e$, 0 , e et $2e$.

2) Montrer pourquoi on a jamais observé de mesons de charge $2e$ ou des baryons de charge $-2e$.

3) Estimer les masses des quarks u, d et s dans les baryons à partir des masses du proton, du neutron et de la particule Λ (pour ce faire, on ignorera les interactions entre les différents quarks).

On donne :

$$m_p = 938.3 \text{ MeV}$$

$$m_n = 939.6 \text{ MeV}$$

$$m_\Lambda = 1116 \text{ MeV}$$

2. Modèle de la goutte liquide

Dans le modèle de la goutte liquide, l'énergie de liaison, comptée positivement, est donnée par la relation :

$$B = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 A^{-1/3} - a_4 (A - 2Z)^2 A^{-1} + \frac{1}{2} (1 + (-1)^A) (-1)^Z a_5 A^{-3/4}.$$

Cette relation comprend 5 termes, les coefficients a_i sont positifs.

1. Expliquer succinctement l'origine de chacun des termes.
2. Calculer le coefficient a_3 .
3. En considérant les neutrons et les protons comme seuls constituants du noyau, montrer que pour des isobares de A impair, la masse du noyau est une fonction parabolique de Z . Que se passe-t-il lorsque A est pair ?

3. Production de l'aluminium ^{26}Al dans notre Galaxie, de vie moyenne 1 million d'années

Les télescopes gamma ont observé une raie à 1.8 MeV dans la galaxie. Cette raie est attribuée à la décroissance radioactive de l'aluminium ^{26}Al ($T = 1$ million d'années), éjecté dans le milieu interstellaire par les supernovae dont la fréquence est 0.03 par an. Les spectromètres gamma mesurent un flux de $5 \cdot 10^{-4}$ photons $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$ dans cette raie dans la région du centre galactique. Les modèles de nucléosynthèse prédisent qu'une supernova éjecte $6 \cdot 10^{-5}$ masse solaire d' ^{26}Al .

1. Montrer que l'émission de cette raie est stationnaire sachant que les supernovae sont apparues depuis la naissance de notre galaxie (il y a $15 \cdot 10^9$ ans).
2. Calculer la luminosité (photons/s) à 1.8 MeV de la région du centre galactique.

3. En déduire le flux (photons $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$) au niveau de la Terre. Est-il en accord avec les observations ?
4. 82 pourcents de l' ^{26}Al décroît en émettant un positron (décroissance β^+). En supposant que le positron s'annihile rapidement après son émission, calculer le flux dans la raie à 511 keV au niveau de la Terre.

On donne :

Distance du centre galactique : 8 kpc ($1\text{pc} = 3 \cdot 10^{18} \text{cm}$)

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{mole}^{-1}$

Masse solaire : $1 M_\odot = 2 \cdot 10^{33} \text{g}$