

L3 LICENCE PHYSIQUE CHIMIE APPLICATION

Mention physique fondamentale

2L5PY21 RELATIVITÉ/PHYSIQUE NUCLEAIRE

EXAMEN TERMINAL DU 24 JANVIER 2007

Tout document interdit - durée : 3 heures

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

Questions de cours (répondre sur la feuille, n'oubliez pas d'ajouter votre nom.)

1. Constituants fondamentaux

Les constituants fondamentaux de la matière se rangent en trois familles composées chacune de 2 quarks et 2 leptons. Donner la composition de ces 3 familles en précisant le nom des constituants.

2. Libre parcours moyen

Donner l'ordre de grandeur du libre parcours moyen des nucléons dans un noyau : $\lambda \simeq$
Quelle conclusion peut-on en tirer ?

3. Nombres magiques

- On considère le noyau ^{16}O . Donner ses nombres de neutrons N et protons Z .
- Les valeurs de N et Z trouvées ci-dessus sont particulières. En quoi ? Citer trois autres noyaux qui possèdent la même propriété. On donnera pour chaque cas le nombre de neutrons et protons et le symbole du noyau.
- Quelle est l'origine de la propriété discutée en 2. ?
- On considère le modèle en couche. Donner une estimation (à partir d'une formule générale que l'on rappellera) de la séparation en énergie des couches dans le noyau ^{16}O .

Émission anisotrope d'une source en mouvement

Une source S de lumière est animée d'une vitesse $\mathbf{u} = u \mathbf{e}_x$, avec $u = 0,8c$, par rapport au référentiel du laboratoire \mathcal{R} . Cette source émet des photons de manière isotrope dans son propre référentiel \mathcal{R}' .

1) On considère des photons dont la vitesse est dirigée suivant une direction faisant l'angle θ' avec Ox' . À l'aide des formules de transformation des vitesses, trouver l'angle θ sous lequel seront émis ces photons pour un observateur de \mathcal{R} . Calculer θ pour $\theta' = \pi/2$.

2) Montrer que, pour un observateur de \mathcal{R} , le nombre dN de photons émis dans l'angle solide élémentaire $d\Omega$ a pour expression :

$$dN = \frac{Nd\Omega}{4\pi\gamma_e^2(1 - \beta_e \cos \theta)^2}$$

N étant le nombre total de photons, $\beta_e = u/c$ et γ_e le facteur relativiste correspondant.

3) Tracer, avec soin, le graphe $f(\theta) = (4\pi/N)dN/d\Omega$. Comparer au graphe correspondant $f'(\theta')$ dans \mathcal{R}' . Que perçoit l'observateur quand la source s'approche de lui? Quand la source s'éloigne de lui?

Désintégration du méson π^0 en photons gamma. Angle d'ouverture

Un méson neutre π^0 , de masse $m = 135MeV/c^2$, d'énergie $E = 225MeV$ et de vitesse $v = \beta c$ dans le référentiel (R) du laboratoire, se désintègre en deux photons gamma : $\pi^0 \rightarrow \gamma_1 + \gamma_2$. Dans le référentiel (R^*) du centre de masse, l'un des photons (γ_1) est émis dans la direction faisant l'angle $\theta^* = \frac{\pi}{3}$ avec la direction du méson incident.

1. (a) Calculer les énergies E_1^* et E_2^* des deux photons, mesurées dans (R^*).
 - 1 (b) Exprimer en fonction de m, β et θ^* , les énergies E_1 et E_2 des deux photons, mesurées dans (R). Application numérique.
 - 1 (c) Exprimer les énergies minimale et maximale de chacun des photons, dans le référentiel (R) du laboratoire.
2. Dans (R), les photons γ_1 et γ_2 sont émis dans des directions faisant les angles respectifs θ_1 et θ_2 avec la direction Ox du méson incident.
 - 1 (a) Calculer les énergies E_1 (et E_2) des photons dans (R) en fonction de m, β et θ_1 (ou θ_2) respectivement.
 - 1 (b) Retrouver ainsi les expressions des énergies minimale et maximale des photons dans (R).
 - 1 (c) En utilisant les résultats des questions 1b et 2a, retrouver les formules de l'effet Doppler donnant les angles d'émission de chaque photon dans (R) en fonction de β et θ^* . Calculer θ_1 et θ_2 .
 3. On peut déterminer expérimentalement l'angle α entre les directions des deux photons émis dans (R), dans une chambre à étincelles à plaques de plomb: les photons γ sont visualisés par la production dans le plomb de gerbes d'électrons qui produisent des étincelles dans la chambre.
 - 1 (a) Exprimer $\sin \frac{\alpha}{2}$ en fonction de β et θ^* à partir de la question 2a.
 - 1 (b) Exprimer $\sin \frac{\alpha}{2}$ en fonction de m, E_1 et E_2 , par deux méthodes.
 - 1 (c) En déduire que l'angle d'ouverture α est minimum lorsque les deux photons sont émis symétriquement par rapport à la direction du photon incident. Montrer que $\cos \frac{\alpha_{min}}{2} = \beta$. Calculer α_{min} et l'angle θ^* correspondant.