

TD 4 : Accélérateurs & Chocs inélastiques

Exercice 1 : Synchrocyclotron

Un synchrocyclotron accélère des protons jusqu'à une énergie de 600 MeV. Il est constitué de deux "D" entre lesquels on applique une différence de potentiel sinusoïdale de la forme $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$ avec $V_0 = 10$ kV. Le champ magnétique uniforme et constant qui règne entre les deux "D" a une intensité de 2 teslas ($B = 2$ T).

- 1.) Quel est le rayon d'extraction de ce synchrocyclotron ?
- 2.) Combien de rotations doit effectuer un proton pour acquérir une énergie de 600 MeV ? On supposera que le proton rencontre toujours un champ maximal.
- 3.) Quelle doit être la fréquence de la tension accélératrice en début et en fin de cycle ?

Exercice 2 : Synchrotron à protons

On considère un synchrotron à protons donc l'orbite d'équilibre a un rayon $R=9$ m. Un accélérateur linéaire injecte sur cette orbite des protons ayant une énergie cinétique de 20 MeV.

- 1.) Donner la valeur de l'induction magnétique à l'injection.
- 2.) Cette induction croît jusqu'à 1.5 Teslas. Quelle est alors l'énergie cinétique des protons ?
- 3.) Le synchrotron envisagé ne possède qu'une seule cavité accélératrice. Etablir la relation qui doit exister entre la fréquence de la tension accélératrice et l'énergie des protons en cours d'accélération. Calculer la fréquence de l'oscillateur au début et à la fin du cycle.

Exercice 3 : Bombardement de protons

En bombardant les protons immobiles (cibles) par des protons de haute énergie, on espère obtenir la création d'une paire proton-antiproton ($p + p^*$) : $p + p \rightarrow p + p + (p + p^*)$.

L'antiproton a exactement la même masse que le proton mais une charge opposée.

- 1.) Montrer que l'énergie disponible dans le centre de masse croît moins vite que l'énergie cinétique des protons incidents.
- 2.) Calculer le minimum d'énergie des protons incidents nécessaire à la réaction, c'est-à-dire l'énergie de seuil dans le référentiel du laboratoire.

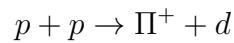
Exercice 4 : Bombardement de protons par photons

On bombarde des protons au repos dans le référentiel du laboratoire avec des photons γ monochromatiques et on s'intéresse à la réaction : $\gamma + p \rightarrow \Pi^0 + p$.

Quelle est l'énergie de seuil de ce processus ? Vous considérerez que l'énergie de masse au repos est de 938.28 MeV pour le proton et de 134.96 MeV pour le pion.

Exercice 5 : Production de pions

On veut produire au laboratoire des pions Π^+ , particules rencontrées dans le rayonnement cosmique, en bombardant des protons (p) immobiles (cible) par un faisceau de protons (p) d'énergie E_1 dans le référentiel du laboratoire. La collision inélastique produit en même temps des deutérons (d) selon la réaction :



1.) Ecrire les équations de conservation de l'énergie (équation 1) et de la quantité de mouvement (équation 2).

2.) En déduire l'énergie E_1 qu'il faut donner aux protons incidents pour que les pions soient émis avec une énergie E_3 dans une direction qui fait un angle $\theta = \pi/2$ avec la direction des protons incidents.

Faire l'application numérique pour $E_3 = 300$ MeV. Les énergies de masse propres au repos sont $E_p^0 = 1$ GeV ; $E_{\Pi^+}^0 = 140$ MeV ; $E_d^0 = 2$ GeV.

3.) Calculer l'énergie seuil de cette collision, c'est-à-dire la valeur minimale de E_1 pour provoquer la réaction. Vérifier que l'énergie trouvée à la question précédente est bien supérieure à l'énergie seuil.