

Choc de particules de grande énergie

Energie d'une particule relativiste :

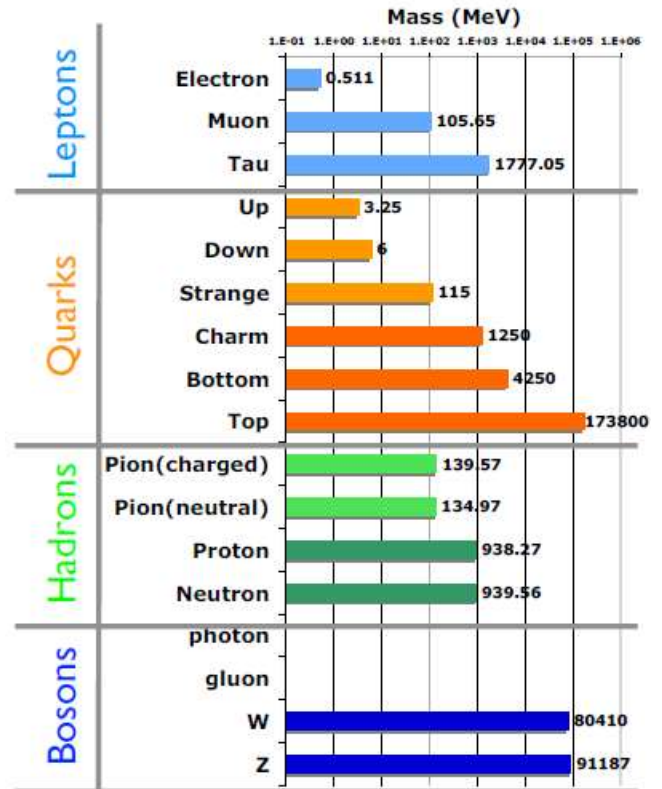
$$E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2 \quad \text{si } E \text{ s'exprime en MeV donc } m_0 \text{ en MeV}/c^2 \text{ et } p \text{ en MeV}/c$$

Quantité de mouvement d'une particule relativiste :

$$p = qBr$$

Rappel des lois de conservation :

- Conservation de la charge :
La somme algébrique des charges des particules incidentes est égale à la somme algébrique des charges des particules issues du choc
- Conservation de la quantité de mouvement :
La somme vectorielle des quantités de mouvement des particules incidentes est égale à la somme vectorielle des quantités de mouvement des particules issues du choc
- Conservation de l'énergie totale :
La somme des énergies totales des particules incidentes est égale à la somme des énergies totales des particules issues du choc.



I. Etude n° 1 : Cas d'un choc proton – proton

Dans un accélérateur de particule, on envoie un proton à haute énergie sur un proton au repos. Le choc de ces deux particules entraîne la formation de deux nouvelles particules X et Y selon l'équation :

$$p_1 + p_2 \rightarrow X + Y$$

On cherche à identifier les particules X et Y.

Données et mesures :

- On connaît l'énergie du proton incident : $E_1 = 2274 \text{ MeV}$
- Les trajectographes permettent de déterminer les rayons de courbure des particules :
 $R_1 = 400 \text{ cm}$ $R_2 = 85 \text{ cm}$ $R_3 = 380 \text{ cm}$
 Les trajectoires des particules p_1 , X et Y sont courbées dans le même sens.
- Les calorimètres mesurent l'énergie cinétique des particules X et Y produites :
 $E_{cX} = 98 \text{ MeV}$ et $E_{cY} = 1242 \text{ MeV}$
- On rappelle que la masse du proton au repos est $m_0 = 938 \text{ MeV}/c^2$

Démarche globale : ensuivant les questions suivantes, on va remplir pas à pas le tableau ci-dessous :

Particules	P1	P2	X	Y
Charge	e	e		
p (MeV/c)				
E_c (MeV)			98	1242
m_0 (MeV.c ⁻²)	938	938		
E (MeV)	2274	938		

1. Déterminer les charges des particules X et Y

Les trajectoires des deux particules étant courbées dans le même sens que la trajectoire du proton incident, on peut supposer que X et Y sont toutes deux chargées positivement.

La conservation de la charge électrique implique que : $q_x + q_y = 2e$ (charge totale des protons incidents)

hypothèse : $q_x = q_y = e$

2. Déterminer les énergies des protons 1 et 2 :

3. Déterminer les quantités de mouvement des proton 1 et 2 :

4. Déterminer les quantités de mouvement des particules X et Y :

5. Exprimer les masses des particules au repos en fonction de p et Ec . En déduire les valeurs de masses au repos de X et Y. Identifier ces particules.

6. Vérifier qu'il y a bien conservation d'énergie pour s'assurer qu'aucune autre particule non détectée n'a été produite.

II. Etude n°2 : Cas d'un choc proton – proton :

Le proton incident a une énergie $2233 \text{ MeV}/c^2$.

Les courbures des particules issues du choc sont dans le même sens que celle du proton incident.

Les rayons de courbures sont :

Protons incidents : $R_1 = 391,1 \text{ cm}$

Particules issues du choc : $R_x = 181,8 \text{ cm}$

$R_y = 102,7 \text{ cm}$

L'énergie cinétique des particules émises est :

$Ec_3 = 391 \text{ MeV}/c^2$

$Ec_4 = 410 \text{ MeV}/c^2$

Particules	P1	P2	X	Y
Charge	e	e		
p (MeV/c)				
Ec (MeV)			391	410
m_0 (MeV. c^{-2})	938	938		
E (MeV)	2233	938		

1. Déterminer les charges des particules X et Y

2. Déterminer les énergies des protons 1 et 2 :

3. Déterminer les quantités de mouvement des proton 1 et 2 :

4. Déterminer les quantités de mouvement des particules X et Y :

5. Exprimer les masses des particules au repos en fonction de p et Ec . En déduire les valeurs de masses au repos de X et Y. Identifier ces particules.

6. Un calorimètre mesure une 3^{ème} énergie de 354 MeV. Interpréter ce résultat.