

PARTIEL DE DYNAMIQUE RELATIVISTE.

Exercice 1.

Un proton de masse $m = 938 \text{ MeV}/c^2$ possède une quantité de mouvement de module $p = 3 \text{ GeV}/c$.

Calculez :

- a. l'énergie E de ce proton ;
- b. le module v de sa vitesse ;
- c. son énergie cinétique T .

Exercice 2.

Dans le référentiel (\mathcal{R}) du laboratoire, un électron d'énergie E , décrit par le quadrivecteur \underline{p}_1 , vient heurter un autre électron au repos, décrit par le quadrivecteur \underline{p}_2 . Après la collision les deux électrons sont toujours présents et un méson π^0 a été créé : on leur associe respectivement les quadrivecteurs \underline{p}_3 , \underline{p}_4 et \underline{p}_5 . Le problème consiste à déterminer l'énergie seuil de cette réaction.

- 1) Écrivez la relation qui lie ces quadrivecteurs. Que signifie-t-elle ?
- 2) Calculez dans le référentiel du Laboratoire la norme de $(\underline{p}_1 + \underline{p}_2)$ en fonction de E et de m , la masse de l'électron.
- 3) Pouvez-vous minorer le carré de la norme de $(\underline{p}_3 + \underline{p}_4 + \underline{p}_5)$ dans le référentiel du Laboratoire. Justifiez votre réponse.
- 4) Exprimez, dans le référentiel du centre de masse (\mathcal{R}^*), le quadrivecteur total associé aux particules produites lors de la collision $(\underline{p}_3^* + \underline{p}_4^* + \underline{p}_5^*)$. Déterminez le carré de sa norme et minorez sa valeur.
- 5) Déterminez l'expression de l'énergie seuil de cette réaction.

Exercice 3.

Nous allons traiter deux « événements » enregistrés dans une chambre à bulles.

1) Premier événement : une particule Y se désintègre en créant deux photons γ_1 et γ_2 , d'énergies respectives $\hbar c k_1 = 80 \text{ MeV}$ et $\hbar c k_2 = 175 \text{ MeV}$. Comme le montre la figure 1, les directions de ces photons sont repérées par les angles $\theta_1 = 10^\circ$ et $\theta_2 = 63^\circ$.

- a. Quelle est l'énergie E de la particule Y ?
- b. Quelles sont les coordonnées horizontale P_x , et verticale P_y de l'impulsion de la particule Y ? Quel est son module P ?
- c. Calculez le module u_Y de la vitesse de la particule Y .
- d. Quelle est la masse m_Y de la particule Y ?
- e. Quelle est la charge de la particule Y ? En ayant présent à l'esprit que les valeurs des énergies des photons sont entachées d'une incertitude expérimentale, qui se traduit par une incertitude d'environ 5% sur la valeur de m_Y , identifiez la particule Y parmi la liste de particules présentée dans le tableau 1.

2) Second événement : une particule Z se désintègre en créant (figure 2) :

un méson π^- émis dans la direction $\alpha_1 = 15^\circ$ avec une impulsion de module $p_1 = 256 \text{ MeV}/c$ (masse $m_1 = 140 \text{ MeV}/c^2$) ;

	e^-	π^-	π^0	p	Σ^+	Σ^0	K^+	K^0
énergie de masse (MeV)	0.511	140	135	938	1189	1193	493	497

TAB. 1 – Énergie de masse de quelques particules

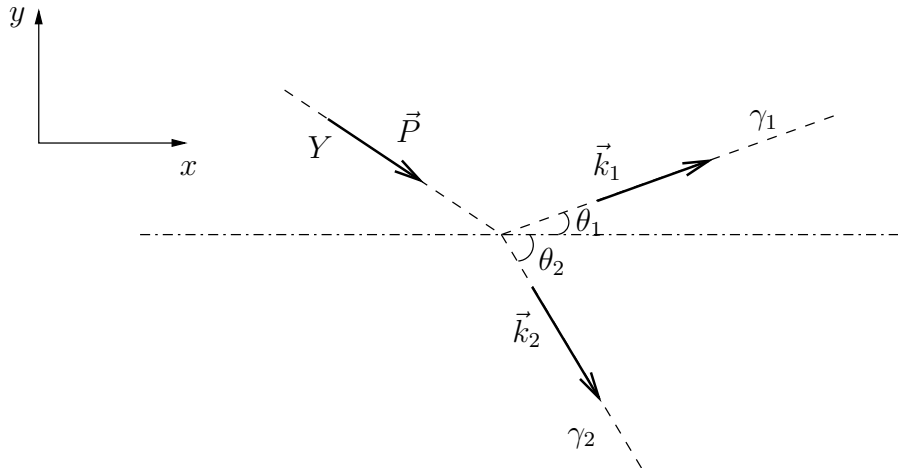


FIG. 1 – Événement 1 : désintégration d'une particule inconnue, Y , en deux photons.

un proton p émis dans la direction $\alpha_2 = 10^\circ$ avec une impulsion de module $p_2 = 1500 \text{ MeV}/c$ (masse $m_2 = 938 \text{ MeV}/c^2$).

- Quelles sont les énergies respectives E_1 et E_2 du méson et du proton ? Déduisez alors l'énergie E de la particule Z .
- Quelles sont les coordonnées horizontale P_x , et verticale P_y de l'impulsion de la particule Z ? Quel est son module P ?
- En déduire la valeur de la masse m_Z de la particule Z . Identifiez-la parmi la liste de particules présentée dans le tableau 1.

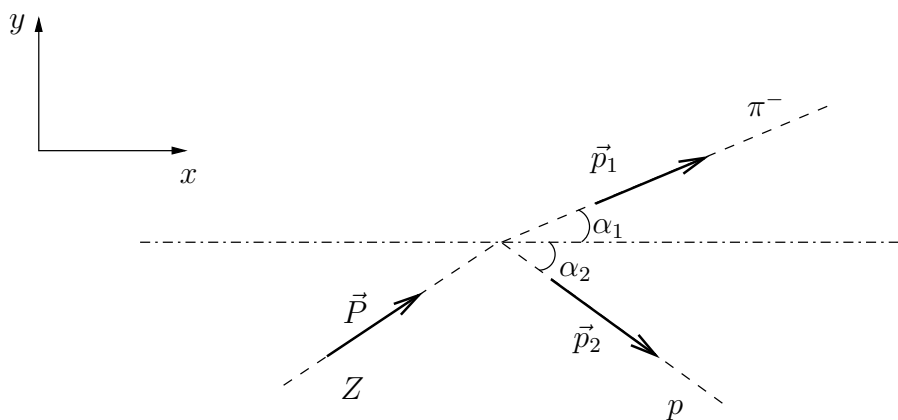


FIG. 2 – Événement 2 : désintégration d'une particule inconnue, Z , en un proton et un pion.