

EXAMEN PARTIEL DE RELATIVITÉ N°2

12 avril 2011 – durée : 2 heures

Création d'une paire électron-positron

On considère l'annihilation de deux photons de même énergie et vecteurs d'onde opposés. On suppose que cet événement ne donne lieu à la création que d'une seule paire électron-positron (e^- , e^+).

1. En utilisant la conservation du 4-vecteur énergie-impulsion total, justifiez le fait que les deux particules créées, e^- et e^+ , doivent posséder la même énergie. On appellera celle-ci E .
2. En utilisant la conservation de l'énergie au cours de la collision, déterminez l'énergie seuil que doit posséder chaque photon avant la collision pour créer la paire (e^- , e^+)? On rappelle que l'électron et le positron ont la même masse, correspondant à $mc^2 = 0.511 \text{ MeV}$.
3. À l'aide de la constante de Planck $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$, calculez la fréquence et la longueur d'onde des photons possédant l'énergie seuil estimée au point précédent.
4. On suppose que l'énergie des photons incidents est $E_0 = 5/8 \text{ MeV}$. Quelle est l'énergie de l'électron créé?
5. Exprimez le rapport v/c de l'électron créé.
6. Calculez l'énergie cinétique relativiste T de l'électron créé.
7. Calculez la vitesse v'/c de l'électron dans le référentiel où le positron est au repos.
8. Dans ce même référentiel, calculez l'énergie totale E' et l'énergie cinétique T' de l'électron.

Désintégration de particules

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

A. Premier événement : une particule Y se désintègre en créant deux photons γ_1 et γ_2 , d'énergies respectives $\hbar\omega_1 = 80 \text{ MeV}$ et $\hbar\omega_2 = 175 \text{ MeV}$. Comme le montre la figure 1, les directions de ces photons sont repérées par les angles $\theta_1 = 10^\circ$ et $\theta_2 = 63^\circ$.

1. Quelle est l'énergie E de la particule Y ?
2. Quelles sont les coordonnées horizontale P_x , et verticale P_y de l'impulsion de la particule Y ? Quel est son module P ?

3. Calculez le module u_Y de la vitesse de la particule Y .
4. Quelle est la masse m_Y de la particule Y ?
5. 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.

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

TABLE 1 – Énergie de masse de quelques particules

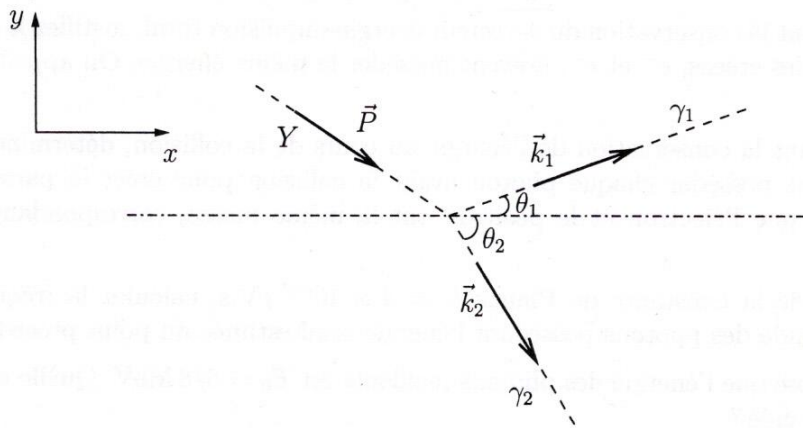


FIGURE 1 – Événement 1 : désintégration d'une particule inconnue, Y , en deux photons.

B. 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 $m_1 = 140 \text{ MeV}/c^2$) ;

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

1. Quelles sont les énergies respectives E_1 et E_2 du méson et du proton ? Déduisez alors l'énergie E de la particule Z .
2. Quelles sont les coordonnées horizontale P_x , et verticale P_y de l'impulsion de la particule Z ? Quel est son module P ?
3. 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.

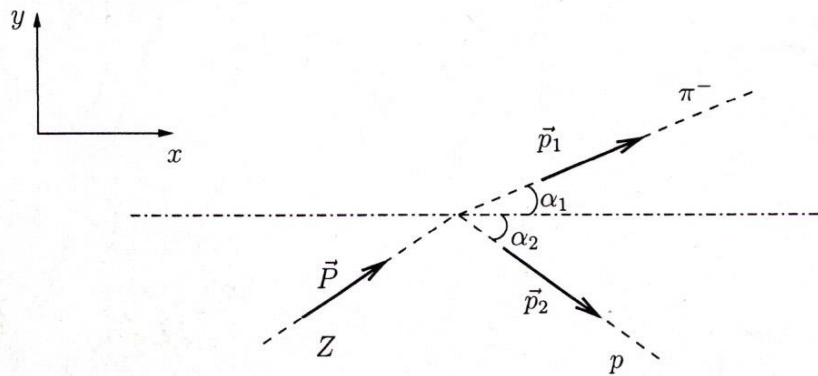


FIGURE 2 – Événement 2 : désintégration d'une particule inconnue, Z , en un proton et un pion.