PC 1

Photo-production de charme

1/ dans le CdM : $E_\gamma^* + E_p^* = (m_p + 2m_0)c^2$ ⟶ au seuil les produits de réaction ont chacun une impulsion nulle et leur énergie = én. au repos

on a :

$$\left(\underset{\sim}{P}_\gamma + \underset{\sim}{P}_p\right)^2 = \underbrace{\left(\underset{\sim}{P}_\gamma^* + \underset{\sim}{P}_p^*\right)^2}$$

↳ dans le CdM $\vec{p}_\gamma^* + \vec{p}_p^* = 0$ donc celui-ci vaut $(E_\gamma^* + E_p^*)^2/c^2$

$$\underbrace{\underset{\sim}{P}_\gamma^2}_{0} + \underbrace{\underset{\sim}{P}_p^2}_{m_p^2c^2} + 2\underbrace{\underset{\sim}{P}_\gamma \cdot \underset{\sim}{P}_p}_{\frac{E_\gamma}{c}\cdot m_pc}$$

→ car le proton ~~est~~ est au repos dans le labo.

on obtient donc $m_p^2c^4 + 2E_\gamma m_pc^2 = (m_p + 2m_0)^2c^4$

soit :

$$E_\gamma = \frac{2m_0(m_p + m_0)c^2}{m_p} \qquad \text{AN} = 11{,}15 \text{ GeV}$$

d'après la figure de l'énoncé on a un meilleur taux de réaction en prenant une énergie de 20 GeV

2/ Dans $\mathcal{R}'$ on a $E_2' + E_e' = E_1' + m_ec^2$.

En écrivant la conservation de la quadri-impulsion lors de la collision on a : $\underset{\sim}{P}_2' + \underset{\sim}{P}_e' = \underset{\sim}{P}_1' + (m_ec, \vec{0})$ soit :

$$\left(\underset{\sim}{P}_2' - \underset{\sim}{P}_1'\right)^2 = \left((m_ec, \vec{0}) - \underset{\sim}{P}_e'\right)^2$$

soit $$-2\underbrace{\left(\frac{E_2'E_1'}{c^2} - \vec{p}_2' \cdot \vec{p}_1'\right)}_{\frac{E_2'E_1'}{c^2}(1-\cos\theta')} = 2m_e^2c^2 - 2E_e' m_e$$

Dans cette formule on élimine E_e' en utilisant

on obtient $$E_2'E_1'(1-\cos\theta') = -\cancel{m_e^2c^4} + m_ec^2(E_1' + \cancel{m_ec^2} - E_2')$$

soit : $$E_2' = \frac{E_1'}{1 + \frac{E_1'}{m_ec^2}(1-\cos\theta')}$$

PC2

on note V = vitesse de l'é incident dans $\mathcal{R}$.

$\beta = V/c$ et $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$

on a $E_{e^- \text{ incident dans } \mathcal{R}} = m_e \gamma c^2 = 30$ GeV $\rightsquigarrow \gamma = \dfrac{30\ 10^9}{511\ 10^3} = 5.87\ 10^4$

c'est colossal donc $\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$ est très voisin de l'unité !

on a $E_1 = h\nu_1 = \dfrac{hc}{\lambda_1} = \dfrac{1.24 \text{ keV.nm}}{266 \text{ nm}} = 4.66$ eV

puis $\begin{pmatrix} E_1'/c \\ p_{1x}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\beta\gamma \\ -\beta\gamma & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1/c \\ p_{1x} \end{pmatrix}$ soit $E_1' = \gamma(E_1 - \beta c\, p_{1x}) = \gamma(1+\beta) E_1$

$E_1' \simeq 2\gamma E_1 = 547$ keV

puis $E_2'(\theta' = \pi) = \dfrac{E_1'}{1 + 2\frac{E_1'}{m_e c^2}} = \dfrac{547 \text{ keV}}{1 + 2\frac{547}{511}} = 174$ keV

- D'après les dessins on a $p_{2x} = -|\vec{p}_2| \cos\theta = -\frac{E_2}{c}\cos\theta$

et idem $p_{2x}' = -\frac{E_2'}{c}\cos\theta'$

on a également : $\begin{pmatrix} E_2/c \\ p_{2x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & \beta\gamma \\ \beta\gamma & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_2'/c \\ p_{2x}' \end{pmatrix}$ soit $\begin{cases} c\, p_{2x} = \gamma(\beta E_2' + c\, p_{2x}') \\ E_2 = \gamma(E_2' + \beta c\, p_{2x}') \end{cases}$

on fait le rapport des 2 relations - cela donne $\boxed{\cos\theta = \dfrac{-\beta + \cos\theta'}{1 - \beta\cos\theta'}}$

comme β est très proche de 1, on a presque toujours $\cos\theta = -1$ soit $\theta = \pi$ (sauf pour $\theta' = 0$ auquel cas $\theta = 0$ également = cas des photons non diffusés)

- pour faire le calcul de E_2 dans le labo on peut utiliser la formule de Compton avec $\theta' = \pi$ (auquel cas $\cos\theta = \dfrac{-\beta - 1}{1+\beta} \overset{\text{exact}}{=} -1$ cad $\theta = \pi$)

alors $E_2 = \gamma(E_2' + \beta c\, p_{2x}') = \gamma E_2'(1 - \beta\cos\theta') \underset{\beta \simeq 1}{\overset{\theta' = \pi}{\simeq}} 2\gamma E_2'(\theta' = \pi)$

on trouve $E_2 = 20$ GeV c'est exactement ce qu'on voulait !