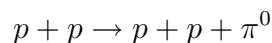


2006–12–04

Tröskelenergi

I reaktionen



så bildas en partikel. Men av vad?

Vi betraktar generellt

$$\underbrace{\mathbf{P}_B}_{\text{projektil}} + \underbrace{\mathbf{P}_T}_{\text{mål}} = \sum \mathbf{P}_i$$

$$\mathbf{P}_B^2 + 2\mathbf{P}_B \cdot \mathbf{P}_T + \mathbf{P}_T^2 = \sum \mathbf{P}_i^2 + 2 \sum_{i < j} \mathbf{P}_i \cdot \mathbf{P}_j$$

$$c^2 m_{0B}^2 + 2m_{0T} E_B + m_{0T}^2 c^2 = c^2 \sum m_{0i}^2 + 2 \sum_{i < j} c^2 m_{0i} m_{0j} \gamma(v_{ij})$$

Massorna fasta, spela med E_B och v_{ij} .

Vad är minsta möjliga E_B , tröskelenergi?

$v_{ij} = 0 \forall i, j$. Vi får då att

$$\text{HL} = c^2 \left(\sum m_{0i} \right)^2$$

vilket ger

$$E_B = \frac{c^2}{2m_{0T}} \left[\left(\sum m_{0i} \right)^2 - m_{0T}^2 - m_{0B}^2 \right]$$

$m_{0T} = m_{0B} = M =$ vilomassan för en proton

$m =$ vilomassan för en pion

$$\Rightarrow \underbrace{E_B - Mc^2}_{\text{protonens kinetiska energi}} = c^2 \left(2m + \frac{m^2}{2M} \right)$$

Effektivitet i proc. def.

$$k = \frac{\pi^0\text{-mesonens viloenergi}}{\text{protonens kinetiska energi}} = \frac{m}{2m + \frac{m^2}{2M}} = \frac{2}{4 + m/M}$$

$$\Rightarrow k < 0,5$$

Om $m >$ allt annat.

$$k \approx \frac{2m_{0T}}{m}$$

Avsnitt 6.8 $E = h\nu$.

de Broglie: Varje partikel med 4-rörelsemängd \mathbf{P} har associerat med sig en våg med vågvektor given av

$$\mathbf{P} = h\mathbf{L}, \quad h\nu \left(\frac{\mathbf{n}}{w}, \frac{1}{c} \right) = (\mathbf{p}, E/c) = h \left(\frac{\mathbf{n}}{\lambda}, \frac{\nu}{c} \right)$$

Comptonspridning. Några verktyg

$$\mathbf{P}_1 \cdot \mathbf{P}_2 = E_2 m_{01} = h m_{01} \nu_2$$

Två fotoner:

$$\mathbf{P}_1 \cdot \mathbf{P}_2 = \frac{h^2 \nu_1 \nu_2}{c^2} \left(1 - \underbrace{\mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2}_{\text{vinkel } \theta} \right) = \frac{h^2 \nu_1 \nu_2}{c^2} (1 - \cos \theta)$$

Comptons labb (fig1). Vi vill ha ν, ν', θ, m . (e^- vilomassa).

Bevarad 4-rörelsemängd:

$$\mathbf{P} + \mathbf{Q} = \mathbf{P}' + \mathbf{Q}'$$

(\mathbf{Q}' oviktig) Bilda invariant storhet:

$$(\mathbf{P} - \mathbf{P}' + \mathbf{Q})^2 = \mathbf{Q}'^2$$

$$\mathbf{P}^2 + \mathbf{P}'^2 = 0$$

$$\mathbf{Q}^2 = \mathbf{Q}'^2$$

$$\mathbf{P} \cdot \mathbf{Q} - \mathbf{P}' \cdot \mathbf{Q} - \mathbf{P} \cdot \mathbf{P}' = 0$$

$$\mathbf{P} \cdot \mathbf{P}' = \mathbf{Q} \cdot (\mathbf{P} - \mathbf{P}')$$

$$\frac{h^2 \nu \nu'}{c^2} (1 - \cos \theta) = m h (\nu - \nu')$$

Omskrivet:

$$\lambda' - \lambda = \frac{2h}{cm} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) = 2l \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

där l är Comptonvåglängden.

Uppgift: En elektron kolliderar med en proton i vila. Beräkna tröskelenergin för processen

$$e^- + p \rightarrow e^- + \bar{p} + 2p$$

där \bar{p} är en antiproton.

$$(m_e c^2 \approx 0,5 \text{ MeV}, m_p c^2 \approx 10^3 \text{ MeV})$$

$$\mathbf{P}_{(\text{lab})}^{\text{före}} = \left(\mathbf{p}_e, \frac{E_e}{c} + m_p c \right)$$

$$\mathbf{P}_{(\text{CM})}^{\text{efter}} = (\mathbf{0}, (3m_p + m_e)c)$$

Bilda invariant ($E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$):

$$(3m_p + m_e)^2 c^2 = (m_p^2 c^2 + m_e^2 c^2 + 2E_e m_p)$$

$$\implies E_e = (4m_p + 3m_e)c^2$$

$$\implies T_e = (4m_p + 2m_e)c^2 \approx 4m_p c^2 \approx 4 \text{ GeV}$$