

Esonero 4 2021-06-11

Un fascio di pioni viene fatto incidere su un bersaglio di idrogeno liquido per studiare la reazione:

$$\pi^- p \rightarrow \Lambda^0 K^0$$

1. Calcolare l'impulso del K nel laboratorio, nella configurazione di soglia (si assuma il protone fermo)

Nella configurazione del punto (1) il mesone K^0 decade secondo la reazione $K^0 \rightarrow \pi^- e^+ \nu_e$ dentro il volume di un tracciatore, che schematizziamo come una sfera di raggio R.

2. Calcolare il valore di R necessario per assicurarsi che i decadimenti di tutti i K^0 che decadono in un tempo proprio $t_0 < \tau_0$ avvengano dentro il volume del tracciatore.

Sempre nella configurazione del punto (1), consideriamo il caso in cui tutti i prodotti di decadimento del K^0 abbiano la stessa energia $E_\pi = E_e = E_\nu$, e che il decadimento avvenga entro il volume del tracciatore. Si vuole trovare un metodo sperimentale per distinguere gli elettroni dai pioni.

3. Descrivere il tipo di rivelatore, il processo fisico, e la quantità osservabile (ad esempio, energia, impulso, energia depositata, luce Cerenkov) che consentono di identificare i due tipi di particelle. La soluzione non è unica e sono possibili diverse soluzioni altrettanto valide.

Dati utili:

$$m(\pi^-) = 140 \text{ MeV} \\ \tau_0(\pi^-) = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$m(p) = 938 \text{ MeV}$$

$$m(\Lambda^0) = 1116 \text{ MeV} \\ \tau_0(\Lambda^0) = 2.6 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

$$m(K^0) = 484 \text{ MeV} \\ \tau_0(K^0) = 5.1 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

Soluzioni:

1. L'energia cinetica di soglia per il pione:

$$K_{\text{soglia}} = [(m(\Lambda^0) + m(K^0))^2 - (m(\pi^-) + m(p))^2] / 2m(p) = 745 \text{ MeV}$$

1

Dunque:

$$E(\pi^-) = K + m(\pi^-) = 885 \text{ MeV}$$

$$p(\pi^-) = \sqrt{E(\pi^-)^2 - m(\pi^-)^2} = 874 \text{ MeV}$$

Nella configurazione di soglia il K e' fermo nel centro di massa. Quindi per calcolarci l'energia e l'impulso nel laboratorio bisogna fare una trasformazione di Lorentz con parametri del boost pari a:

$$\beta_{\text{cm}} = p(\pi^-) / (E(\pi^-) + m(p)) = 0.48$$

$$\gamma_{\text{cm}} = \sqrt{1 / (1 - \beta_{\text{cm}}^2)} = 1.14$$

1

Quindi otteniamo:

$$E_{\text{lab}}(K^0) = \gamma_{\text{cm}} m(K^0) = 552 \text{ MeV}$$

$$p_{\text{lab}}(K^0) = \gamma_{\text{cm}} \beta_{\text{cm}} m(K^0) = 265 \text{ MeV}$$

1

2. La lunghezza di decadimento di un K^0 che decade con in un tempo pari a $\tau_0(K^0)$ è data da $L = \gamma_K \beta_K c \tau_0 = \gamma_{\text{cm}} \beta_{\text{cm}} c \tau_0 = 8.37 \text{ m}$. Questo corrisponde al raggio minimo R del tracciatore.

3

1 pt β, γ

2 pt

boost di Lorentz

3. Nella configurazione descritta abbiamo $E_\pi = E_e = E_\nu = E(K)/3 = 184 \text{ MeV}$, che corrisponde, per il pione, a:

$$p_\pi = \sqrt{E_\pi^2 - m_\pi^2} = 119 \text{ MeV}$$

$$\beta_\pi = p_\pi / E_\pi = 0.65$$

$$\gamma_\pi = 1.3$$

e per l'elettrone a:

$$p_e = \sqrt{E_e^2 - m_e^2} \sim E_e$$

$$\beta_e \sim 1$$

$$\gamma_e = E_e / m_e = 360$$

4 pt

Calcoli.

3 pt

Cerenkov con spiegate

2 pt

Cerenkov senza spiegate.

2 pt

Curvature