

Una coppia di mesoni neutri D^0 (composto da un quark charm e un anti-quark up) e \bar{D}^0 viene prodotta nelle collisioni di un fascio di elettroni contro un fascio di positroni: $e^- + e^+ \rightarrow D^0 + \bar{D}^0$

1. Assumendo che i due fasci abbiano la stessa energia E , determinare l'energia minima affinché la reazione abbia luogo
2. Se l'energia del centro di massa è $\sqrt{s} = 4140 \text{ MeV}$, calcolare l'impulso del mesone D^0 nel laboratorio

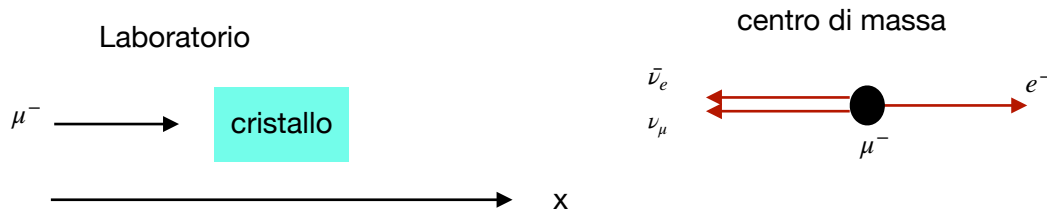
Dato il decadimento $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, nel centro di massa di D^0 , il mesone K si muove nella direzione di x negativi (vedi figura).

3. Il pione e il kaone attraversano alcuni tracciatori a silicio per uno spessore complessivo di 1.5 cm. Spiegare quale delle due particelle (pione o kaone) perde più energia e perché.

Dati utili:

$$m_\pi = 140 \text{ MeV}, m_D = 1.86 \text{ GeV}, m_K = 500 \text{ MeV}$$

	densità [g/cm ³]	$\langle I \rangle$ [eV]	E_c [MeV]	X_0 [cm]	Z/A	δ
Si	2.39	173	40	21.82	0.50	0



Nel futuro collisore di muoni, fasci monoenergetici di muoni verranno fatti collidere al posto di protoni o elettroni. Uno dei maggiori problemi è il decadimento dei muoni in volo: $\mu^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$

Il fascio collimato di muoni viaggia in un tunnel di 1 km e all'uscita dal tunnel, 0.1% dei muoni sono decaduti

1. Calcolare l'impulso dei muoni

Assumiamo che nel centro di massa l'elettrone sia prodotto lungo la direzione di volo, mentre i due neutrini (privi di massa) sono prodotti nella nel verso opposto (vedi figura)

2. calcolare l'energia dell'elettrone nel laboratorio

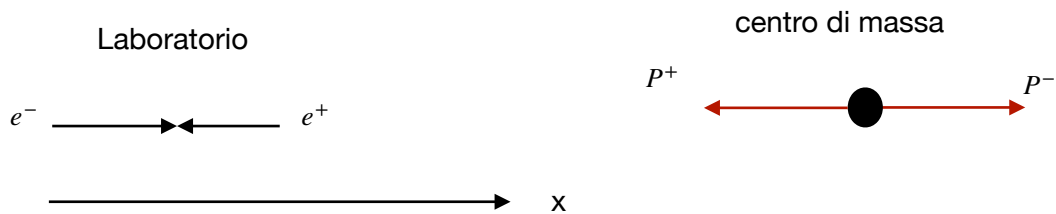
L'elettrone attraversa un cristallo scintillante di spessore di 3 cm lungo la sua traiettoria.

3. L'energia depositata dall'elettrone è maggiore nello ioduro di sodio (NaI) oppure nel tungstato di piombo (PWO) e perché?

Dati utili:

$$m_\mu = 106 \text{ MeV}, m_e = 511 \text{ keV}, \tau_\mu = 2.2 \times 10^{-6} \text{ s}$$

	densità [g/cm ³]	X ₀ [cm]
NaI (TI)	3.67	2.59
PbWO₄	8.30	0.89



Un fascio di elettroni di energia $E = 106 \text{ MeV}$ collide con un fascio di positroni di energia $E = 53 \text{ MeV}$ (vedi figura).

1. Spiegare quali di queste reazioni **non** può avvenire e perché

$$e^- + e^+ \rightarrow e^+ + e^-$$

$$e^- + e^+ \rightarrow \mu^+ + \mu^-$$

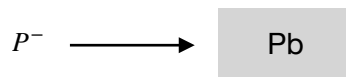
$$e^- + e^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

$$e^- + e^+ \rightarrow e^+ + \mu^-$$

Per le reazioni che avvengono, assumiamo che la particella di carica negativa (nello stato finale) sia prodotta lungo la direzione di x positivi (vedi figura). Per ciascuna reazione permessa

2. Calcolare l'impulso della particella di carica negativa nel laboratorio e dire se le due particelle nello stato finale hanno direzione di volo concordi o discordi.

Le particelle negative vengono separate tramite un magnete ed attraversano uno strato di piombo di 1 cm .

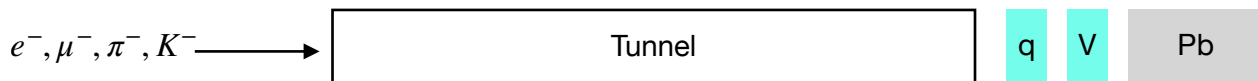


3. Spiegare quale particella perde la frazione più grande della sua energia e perché

Dati utili:

$$m_\mu = 106 \text{ MeV}, m_e = 511 \text{ keV}, m_\pi = 140 \text{ MeV}$$

	densita` [g/cm ³]	$\langle I \rangle$ [eV]	E_c [MeV]	X_0 [cm]	Z	A	δ
Pb	11.35	823	7.4	0.56	82	207	0.6



Un fascio composto da elettroni, muoni, pioni, e kaoni con l'impulso di 150 MeV attraversa un tunnel di 1 km prima di raggiungere alcuni rivelatori per la loro identificazione. Assumiamo che il tunnel sia vuoto.

1. Calcolare la frazione di particelle che raggiungono i rivelatori, per ciascun tipo di particella

Le particelle sopravvissute, attraversano un sottile strato di quarzo, un sottile strato di vetro, e uno spessore di 5 cm di piombo.

2. Spiegare se è possibile distinguere le particelle sopravvissute tramite la misura della luce Čerenkov nel quarzo e nel vetro, e la perdita di energia nel piombo.

Dati utili:

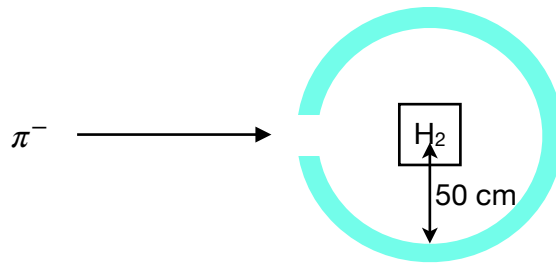
$$m_\mu = 106 \text{ MeV}, m_e = 511 \text{ keV}, m_\pi = 140 \text{ MeV}, m_K = 500 \text{ MeV}$$

$$\tau_\mu = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}, \tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}, \tau_K = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$n_{\text{quarzo}} = 1.4$$

$$n_{\text{vetro}} = 1.33$$

	densita' [g/cm ³]	<I> [eV]	E _c [MeV]	X ₀ [cm]	Z/A	δ
Pb	11.35	823	7.4	0.56	0.40	0.6



Un fascio di pioni colpisce un bersaglio di idrogeno liquido.

1. Calcolare l'impulso dei pioni affinché possa avvenire la reazione

$$\pi^- + p \rightarrow \Sigma^0 + K^{*0} + \pi^0$$

Il mesone K^{*0} prodotto in questa reazione decade nello stato $K^{*0} \rightarrow K + \pi$

2. Dire se il kaone K nello stato finale è un K^- o K^+ e perché

Uno strato sottile di quarzo è posto intorno al punto di interazione ad una distanza di 50 cm.

3. Dire se almeno 50% delle kaoni e pioni raggiunge il quarzo
4. Dire se è possibile distinguere il pione dal kaone nello stato finale grazie alla presenza del quarzo

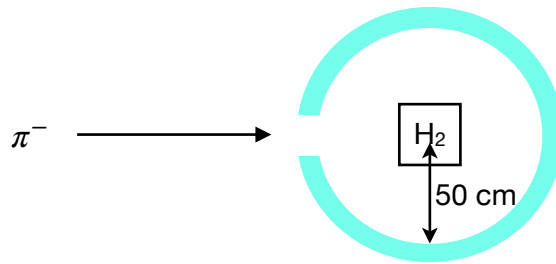
Dati utili:

$$m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}, m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}, m_{K^\pm} = 500 \text{ MeV}, m_{K^*} = 892 \text{ MeV},$$

$$m_\Sigma = 1.19 \text{ GeV}, m_p = 938 \text{ MeV}$$

$$\tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}, \tau_K = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$n_{\text{quarzo}} = 1.4$$



Un fascio di pioni colpisce un bersaglio di idrogeno liquido.

1. Calcolare l'impulso dei pioni affinché possa avvenire la reazione

$$\pi^- + p \rightarrow \Sigma^0 + K^{*0} + \pi^0$$

Il mesone K^{*0} , prodotto a soglia nel laboratorio, decade nel canale $K^{*0} \rightarrow K^+ + \pi^-$. Un sottile strato di vetro è posto intorno al punto di interazione ad una distanza di 50 cm.

2. Dire se almeno 50% di kaoni e pioni carichi raggiungono il rivelatore Čerenkov
3. È possibile distinguere separare i pioni carichi dai kaoni carichi grazie alla presenza del quarzo?

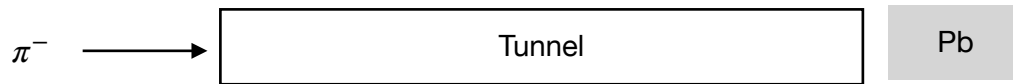
Dati utili:

$$m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}, m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}, m_{K^\pm} = 500 \text{ MeV}, m_{K^*} = 892 \text{ MeV},$$

$$m_\Sigma = 1.19 \text{ GeV}, m_p = 938 \text{ MeV}$$

$$\tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}, \tau_K = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$n_{\text{vetro}} = 1.33$$



Un fascio di pioni di impulso di 300 MeV attraversa un tunnel vuoto, lungo 10 m, prima di raggiungere uno strato di piombo. Il pione decade in volo nello stato finale $\mu^- \bar{\nu}_\mu$

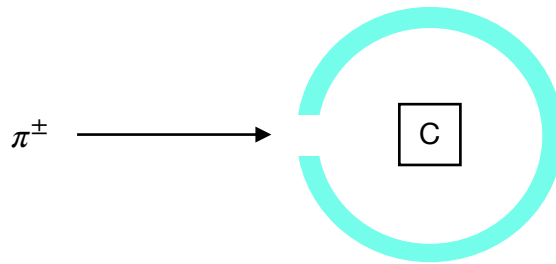
1. Calcolare la frazione di pioni decaduti nel tunnel
2. Spiegare se nel laboratorio i muoni vanno in avanti o indietro rispetto alla direzione dei pioni
3. Calcolare lo spessore di piombo necessario per fermare tutti i pioni

Dati utili:

$$m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}, m_\mu = 106 \text{ MeV}$$

$$\tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}, \tau_\mu = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

	densita` [g/cm ³]	<I> [eV]	E _c [MeV]	Lungh. Radiazione X ₀ [cm]	Lungh. Interazione X _I [cm]	Z	A	δ
Pb	11.35	823	7.4	0.56	17.59	82	207	0.6



Un fascio di pioni carichi colpisce un bersaglio di Carbonio.

1. Calcolare l'energia minima dei pioni incidenti affinché possa avvenire la reazione $\pi^+ + n \rightarrow p + K^+ + K^- + \pi^0$

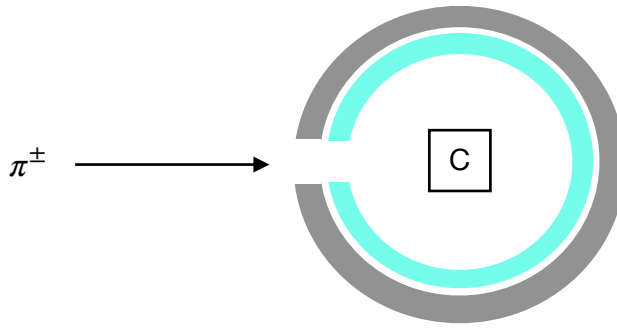
Uno strato di vetro è posto intorno al punto di interazione e viene usato come un contatore Čerenkov a soglia.

2. Stimare l'impulso massimo dei kaoni per essere distinti dai protoni usando il contatore Čerenkov
3. Dire quali di queste reazioni non sono possibili e perché
 - a. $\pi^+ + n \rightarrow p + K^+ + \pi^-$
 - b. $\pi^+ + n \rightarrow n + K^+ + K^-$
 - c. $\pi^+ + n \rightarrow \Sigma^0 + K^+ + \pi^0$
 - d. $\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + K^0 + K^-$

Dati utili:

$$m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}, m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}, m_{K^\pm} = 494 \text{ MeV}, m_{K^0} = 498 \text{ MeV}, \\ m_\Sigma = 1.19 \text{ GeV}, m_p = 938 \text{ MeV}, m_n = 939 \text{ MeV}$$

$$n_{\text{vetro}} = 1.33$$



Un fascio di pioni carichi colpisce un bersaglio di Carbonio.

1. Calcolare l'energia minima dei pioni incidenti affinché possa avvenire la reazione $\pi^- + p \rightarrow p + K^+ + K^- + \pi^-$

Intorno al punto di interazione c'è uno strato sottile di quarzo usato come contatore Čerenkov a soglia, seguito da uno strato di 3 cm di piombo.

2. Quali particelle emettono luce Čerenkov ?
3. Quali particelle vengono fermate nel piombo?

Dati utili:

$$m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}, m_{\pi^\pm} = 140 \text{ MeV}, m_{K^\pm} = 494 \text{ MeV}, m_p = 938 \text{ MeV}$$

$$n_{\text{quarzo}} = 1.4$$

	densita` [g/cm ³]	<I> [eV]	E _c [MeV]	Lungh. Radiazione X ₀ [cm]	Lungh. Interazione X _i [cm]	Z	A	δ
Pb	11.35	823	7.4	0.56	17.59	82	207	0.6