

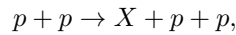
Appello di Luglio

Fisica Nucleare e Subnucleare I

7 Luglio 2022

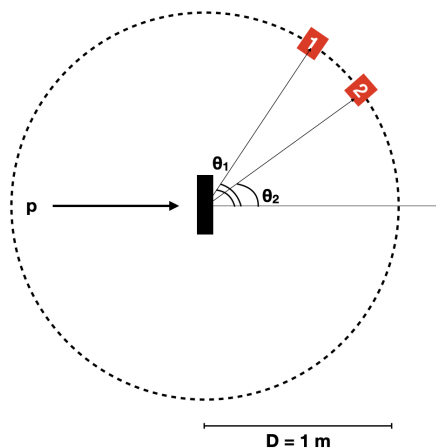
Esercizio 1

Un gruppo di ricercatori ha recentemente affermato di aver scoperto una nuova particella, denominata X , con massa $m_X = 17$ MeV e vita media trascurabile ($\tau_X \approx 0$). Volete provare a produrre il processo



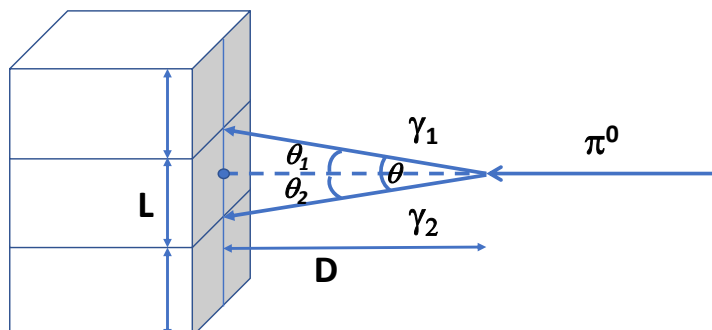
a cui poi segue $X \rightarrow e^+ + e^-$, inviando un fascio di protoni su un bersaglio fisso, e rivelando elettrone e positrone di decadimento tramite due rivelatori di sezione $S = 1$ cm². I due rivelatori rivelano indifferentemente elettroni e positroni, e possono scorrere su una guida a distanza fissata $D = 1$ m dal bersaglio (vedi figura).

1. Assumendo i protoni del bersaglio fermi nel sistema di riferimento del laboratorio, quale energia devono avere i protoni del fascio di modo che la reazione abbia luogo?
2. Nella configurazione di soglia, se il positrone dello stato finale viene emesso a un angolo $\theta_+^* = 30^\circ$ nel sistema di riferimento solidale con la particella X , a quale angolo posizionerete i due rivelatori nel laboratorio per osservare il decadimento della X ? (θ è l'angolo polare definito rispetto alla direzione del fascio di protoni, come in figura.)
3. Se la sezione d'urto totale del processo $p + p \rightarrow X + p + p$ vale $\sigma = 3 \times 10^{-2}$ fb e il processo è isotropo nel sistema di riferimento del laboratorio, si calcoli la luminosità \mathcal{L} (ovvero il prodotto fra flusso di particelle incidenti e numero di centri diffusori) necessaria a misurare 3 eventi in un anno, nell'ipotesi che il rapporto di decadimento $BR(X \rightarrow e^+ + e^-)$ sia 100%. (*Suggerimento: si consideri la copertura angolare effettiva dell'esperimento come la somma degli angoli solidi coperti dai due rivelatori.*)



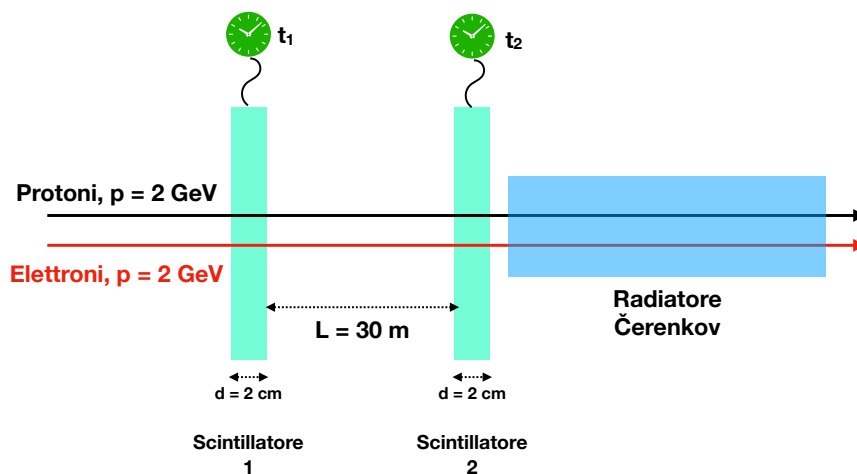
Esercizio 2

Un fascio di pioni neutri di energia cinetica 2 GeV viene inviato verso un rivelatore costituito da 3 celle calorimetriche di sezione quadrata di lato L disposte come in figura. La linea di volo dei pioni passa al centro della cella intermedia. Ad una distanza $D = 1$ m dalla faccia del rivelatore il pione decade in due fotoni, i cui angoli di emissione rispetto alla linea di volo del pione sono gli stessi ($\theta_1 = \theta_2$). Determinare il minimo valore di L per cui i due fotoni impattano sul rivelatore in due celle differenti.



Esercizio 3

Un fascio contiene sia elettroni che protoni di impulso $p = 2$ GeV, e attraversa due scintillatori di spessore $d = 2$ cm e di lunghezza di radiazione $X_0 = 20$ cm a una distanza $L = 30$ m l'uno dall'altro. Si considerino costanti le perdite di energia per ionizzazione negli scintillatori, e pari a 2 MeV/cm per i protoni e 2.5 MeV/cm per gli elettroni.



1. calcolare l'energia persa dalle due particelle in ciascuno dei due contatori
2. se si misura il tempo di attraversamento dei due scintillatori con un rivelatore che ha una risoluzione di 1 ns, si riesce a discriminare tra i due diversi tipi di particelle? (si trascuri l'energia persa nei rivelatori)
3. fornire dei possibili indici di rifrazione di un radiatore, posto dopo il secondo scintillatore, che permetta di distinguere i protoni dagli elettroni attraverso la rivelazione di luce Čerenkov.

Part.	M [MeV/c ²]	I	I ₃	J ^{P(C)}	B	S	τ [s]
π ⁺	139.6	1	1	0 ⁻	0	0	2.6 10 ⁻⁸
π ⁻	139.6	1	-1	0 ⁻	0	0	2.6 10 ⁻⁸
π ⁰	135.0	1	0	0 ⁻⁺	0	0	8.4 × 10 ⁻¹⁷
K ⁺	493.7	1/2	1/2	0 ⁻	0	1	1.2 10 ⁻⁸
K ⁻	493.7	1/2	-1/2	0 ⁻	0	-1	1.2 10 ⁻⁸
K ⁰	497.6	1/2	-1/2	0 ⁻	0	1	non definita
\bar{K}^0	497.6	1/2	1/2	0 ⁻	0	-1	non definita
p	938.272	1/2	1/2	1/2 ⁺	1	0	stabile
n	939.565	1/2	-1/2	1/2 ⁺	1	0	8.79 × 10 ²
φ ⁰	1019.5	0	0	1 ⁻⁻	0	0	1.54 × 10 ⁻²²
ρ ⁰	770	1	0	1 ⁻⁻	0	0	4.5 × 10 ⁻²⁴
ρ ⁺	770	1	1	1 ⁻	0	0	4.5 × 10 ⁻²⁴
ρ ⁻	770	1	-1	1 ⁻	0	0	4.5 × 10 ⁻²⁴
f ₂ ⁰	1275.5	0	0	2 ⁺⁺	0	0	6.76 × 10 ⁻²¹
d(pn)	1875.6	0	0	1 ⁺	2	0	stabile
α(⁴ ₂ He)	3727.4	0	0	0 ⁺	4	0	stabile
Λ ⁰	1115.7	0	0	1/2 ⁺	1	-1	2.63 × 10 ⁻¹⁰
Σ ⁺	1189.4	1	1	1/2 ⁺	1	-1	8.01 × 10 ⁻¹¹
Σ ⁰	1192.6	1	0	1/2 ⁺	1	-1	7.4 × 10 ⁻²⁰
Σ ⁻	1197.3	1	-1	1/2 ⁺	1	-1	1.48 × 10 ⁻¹⁰
Ξ ⁰	1314.9	1/2	1/2	1/2 ⁺	1	-2	2.90 × 10 ⁻¹⁰
Ξ ⁻	1321.7	1/2	-1/2	1/2 ⁺	1	-2	1.64 × 10 ⁻¹⁰
Ξ ^{0*}	1531.8	1/2	1/2	3/2 ⁺	1	-2	7.23 × 10 ⁻²³
J/ψ	3096.9	0	0	1 ⁻⁻	0	0	7.2 × 10 ⁻²¹

Tabella 1: Massa (M), isospin (I , e sua terza componente I_3), spin (J), parità (P), coniugazione di carica (C), stranezza (S), numero barionico (B) e vita media (τ) di diverse particelle adroniche.

Part.	M [MeV/c ²]	τ [s]
e ⁻	0.511	stabile
μ ⁻	105.6	2.2 × 10 ⁻⁶
τ ⁻	1776	2.9 × 10 ⁻¹³
ν _e /μ/τ	0	stabile

Tabella 2: Massa (M) e vita media (τ) dei leptoni.

Costanti utili:

- $\hbar c = 197 \text{ MeV fm}$
- costante di normalizzazione per $\frac{dE}{dx}$ di ionizzazione: $C = 0.307 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$

Formule utili:

- Trasformazione dell'angolo polare tra laboratorio e centro di massa (asterisco), in funzione dei parametri del boost di Lorentz β e γ :

$$\tan(\theta) = \frac{\sin(\theta^*)}{\gamma \left(\frac{\beta}{\beta^*} + \cos \theta^* \right)}$$