

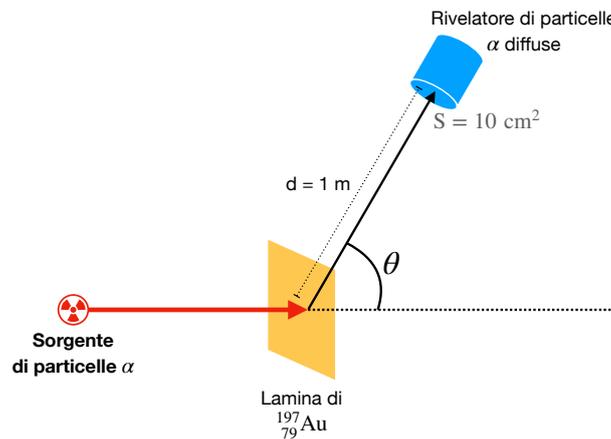
Appello di Giugno

Fisica Nucleare e Subnucleare I

21 Giugno 2022

Esercizio 1

Una sorgente di ^{241}Am emette particelle α di energia cinetica $E_\alpha = 5.5 \text{ MeV}$, che vengono fatte impattare su una lamina di oro (^{197}Au), con densità $\rho = 19\,300 \text{ kg/m}^3$ spessa $\delta = 50 \mu\text{m}$. Un rivelatore, avente una sezione efficace $S = 10 \text{ cm}^2$ è posto a una distanza $d = 1 \text{ m}$ dalla lamina, e conta le particelle α diffuse a diversi angoli θ , come in figura. Tra il punto di interazione e il rivelatore di particelle c'è il vuoto.



La sezione d'urto differenziale di interazione è descritta dalla formula di Rutherford

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left[\frac{zZ\alpha(\hbar c)}{4E} \right]^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}$$

1. Si calcoli la frazione di angolo solido sotteso dal contatore di particelle α .
2. Si stimi l'intensità minima della sorgente (numero di particelle α al secondo) per avere almeno 10 conteggi/s nel rivelatore, quando questo è posto a un angolo $\theta = 60^\circ$ rispetto alla direzione di volo del fascio incidente.
3. Se le particelle α possono essere accelerate a piacere, l'energia può essere sufficiente per produrre il mesone J/ψ tramite la:

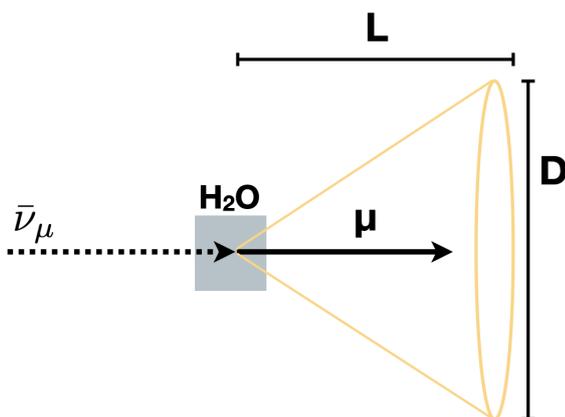


Si calcoli l'energia minima delle particelle α affinché la reazione possa avvenire (assumendo i protoni del bersaglio fermi).

Esercizio 2

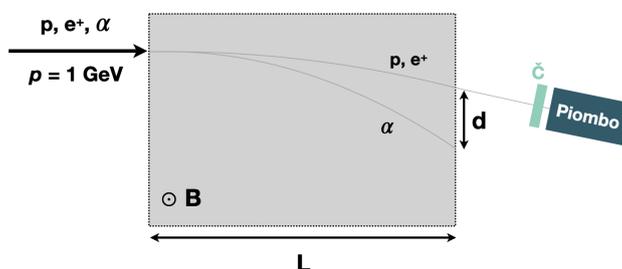
L'esperimento Super-Kamiokande studia l'interazione di anti-neutrini muonici $\bar{\nu}_\mu$ con un rivelatore composto da un enorme bersaglio d'acqua ($n = 1.33$) circondato da rivelatori di fotoni.

1. Scrivere una reazione in cui un $\bar{\nu}_\mu$, interagendo con un nucleone del bersaglio, produca un muone o un antimuone nello stato finale, e specificare che interazione è responsabile per tale processo.
2. I muoni prodotti hanno impulso medio di $p = 500 \text{ MeV}/c$ e producono luce Čerenkov nell'acqua, a una distanza media di $L = 10 \text{ m}$ dai rivelatori di fotoni. Determinare il diametro medio D degli anelli Čerenkov prodotti, quando raggiungono i rivelatori dei fotoni, come schematizzato in figura.



Esercizio 3

Un fascio composto da protoni, positroni e particelle α con impulso $p = 1 \text{ GeV}/c$ entra in una regione lunga $L = 1 \text{ m}$ in cui è presente un campo magnetico B orientato nella direzione ortogonale al moto, come in figura.



1. Determinare l'intensità del campo B in modo che all'uscita dello spettrometro magnetico le particelle α si siano discostate di almeno $d = 3 \text{ cm}$ da protoni e positroni. Mettersi nell'approssimazione in cui il raggio di curvatura è molto maggiore di L .
2. Dopo il campo magnetico, protoni e positroni passano attraverso un contatore Čerenkov (Č) con indice di rifrazione $n = 1.1$. Determinare se positroni e protoni producono o meno luce Čerenkov.
3. Successivamente, i protoni e positroni colpiscono un assorbitore di piombo ($^{207}_{82}\text{Pb}$, $\rho = 0.0113 \text{ kg}/\text{cm}^3$, $X_0 = 0.56 \text{ cm}$, $\langle I_{ion} \rangle = 845 \text{ eV}$) lungo $l_{Pb} = 5 \text{ cm}$. Determinare se protoni e positroni sono completamente assorbiti nel piombo. (Approssimare la perdita di energia per ionizzazione a quella prevista al minimo di ionizzazione. Si trascurino le differenze in termini di ionizzazione tra positroni e altre particelle cariche, la correzione di shell e l'effetto densità. Si trascuri poi l'effetto delle interazioni nucleari.)

Part.	M [MeV/c ²]	<i>I</i>	<i>I</i> ₃	<i>J</i> ^{<i>P</i>(<i>C</i>)}	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>τ</i> [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
<i>p</i>	938.272	1/2	1/2	1/2 ⁺	1	0	stabile
<i>n</i>	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
<i>d</i> (<i>pn</i>)	1875.6	0	0	1 ⁺	2	0	stabile
$\alpha(^4_2He)$	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
<i>J/ψ</i>	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]	<i>τ</i> [s]
e^-	0.511	stabile
μ^-	105.6	2.2 × 10 ⁻⁶
τ^-	1776	2.9 × 10 ⁻¹³
$\nu_{e/\mu/\tau}$	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: $C = 0.307 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$