

# Appello di Settembre

Fisica Nucleare e Subnucleare I

5 Settembre 2022

## Esercizio 1

1. Volete produrre pioni carichi  $\pi^+$  facendo interagire fasci di protoni, in una interazione del tipo

$$p + p \rightarrow \pi^+ + \text{qualcosa.}$$

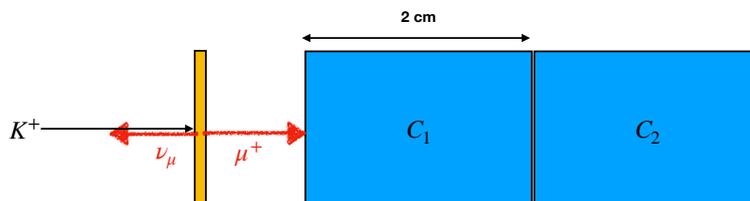
Scrivete una delle possibili reazioni che prevedono la produzione di almeno un  $\pi^+$ , spiegando attraverso quale interazione avviene e specificando quali leggi di conservazione sono rispettate.

2. Siete riusciti a produrre un fascio di  $5 \times 10^{11}$  pioni carichi  $\pi^+$  ogni secondo, con un impulso di 5 GeV. Calcolate l'intensità media in ampere del fascio quando il fascio ha raggiunto la fine di un tunnel di 200 m al cui interno è stato fatto il vuoto, ricordando che il pione non è una particella stabile.
3. Supponete ora che il tunnel sia invece riempito di elio allo stato gassoso monoatomico ( ${}^4_2\text{He}$ , densità  $0.1785 \text{ kg/m}^3$ ). Se la sezione d'urto di interazione fra  $\pi^+$  ed atomi di elio è di 1.3 mb, calcolare la riduzione dell'intensità del fascio dovuta all'interazione pione-elio (trascurando in questo caso l'effetto del decadimento del pione).

## Esercizio 2

Un fascio di  $K^+$  incide su una lastra di scintillatore, all'interno della quale i  $K^+$  si fermano, decadendo in  $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ . Di fronte allo scintillatore viene posto un rivelatore Cherenkov ( $C_1$ ) come in figura. Il rivelatore Cherenkov è spesso 2 cm, ha un indice di rifrazione  $n=1.49$  e una densità  $\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3$ . Si chiede:

1. Se il muone di decadimento incide sul rivelatore Cherenkov, è in grado di produrre un segnale?
2. Per ridurre il rate di falsi segnali nel rivelatore Cherenkov, se ne pone un secondo ( $C_2$ ) identico al primo e dietro di esso come in figura. Il secondo rivelatore darà un segnale Cherenkov? Si considerino solo muoni che incidono perpendicolarmente al rivelatore, e si approssimi il  $\frac{dE}{dx} = 2.5 \text{ MeV/g cm}^2$ .



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

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 ( $\tau$ ) di diverse particelle adroniche.

Part.	M [MeV/c <sup>2</sup> ]	τ [s]
e <sup>-</sup>	0.511	stabile
μ <sup>-</sup>	105.6	2.2 × 10 <sup>-6</sup>
τ <sup>-</sup>	1776	2.9 × 10 <sup>-13</sup>
ν <sub>e/μ/τ</sub>	0	stabile

Tabella 2: Massa ( $M$ ) e vita media ( $\tau$ ) 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:

- Energia della particella  $B$  prodotta in un decadimento a due corpi  $A \rightarrow B + C$ , con  $A$  fermo:

$$E_B = \frac{m_A^2 + m_B^2 - m_C^2}{2m_A}$$