

ELEMENTI DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE MOD. I E MOD. II

Prova scritta di Fisica Subnucleare - 11 Settembre 2007

1. (Solo Modulo I) Il muone è una particella instabile di massa $105 \text{ MeV}/c^2$ e vita media $\tau = 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ sec.}$ Un fascio di muoni viene fatto circolare in un anello di raggio $R = 14 \text{ m}$ con un campo magnetico uniforme $B = 0.5 \text{ T}$ normale al piano dell'anello. Calcolare l'impulso (in GeV/c) dei muoni [1 punto], il periodo di rivoluzione [2 punti], la frazione di muoni che decadono in un periodo [3 punti].

2. (Solo Modulo II) In un esperimento ad un collisionatore e^+e^- vengono rivelati 1400 eventi del tipo $e^+ + e^- \rightarrow 4 \text{ jets}$ in 2800 ore. Questi eventi sono originati in tre processi distinti:
 $e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$, $e^+ + e^- \rightarrow Z^0 + Z^0$, $e^+ + e^- \rightarrow 4 - jets$ di QCD.
 La luminosità del collisionatore è $L = 2 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$. La sezione d'urto del processo $e^+ + e^- \rightarrow 4 - jets$ di QCD, considerato di fondo in questo campione di eventi, è di 0.2 pb . La sezione d'urto del processo $e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$ è 17 volte maggiore della sezione d'urto del processo $e^+ + e^- \rightarrow Z^0 + Z^0$ e l'efficienza con la quale il rivelatore osserva gli eventi di questo tipo è del 90%. Quanto valgono le sezioni d'urto in pb ? [6 punti]

3. In una camera a fili immersa in un campo magnetico uniforme di intensità $B = 1.0 \text{ T}$, vengono rivelate due tracce di carica opposta che provengono da uno stesso punto (vertice secondario) in prossimità di un vertice primario di interazione. Le tracce formano un angolo di 30 gradi fra di loro ed hanno raggi di curvatura pari a $R_1 = 1.7 \text{ m}$ e $R_2 = 1.2 \text{ m}$. Nell'ipotesi che si tratti di due mesoni π carichi ($M_\pi = 140 \text{ MeV}/c^2$) e che questi siano gli unici prodotti del decadimento di una particella neutra X^0

a. risalire alla massa (in MeV/c^2) della particella X^0 [4 punti]

b. determinare l'energia totale posseduta dalla particella X^0 prima del suo decadimento [2 punti].

4. Fra i seguenti stati finali prodotti in reazioni di alta energia o in decadimenti, indicare quelli permessi secondo il Modello Standard. Per quelli proibiti motivare la risposta.
 (NB. MOD I i 4 di sinistra - MOD II i 4 di destra; 1.5 punti/risposta valida - ANNUALE 3 + 3 a scelta; 1 punto/risposta valida)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • $e^+ + e^- \rightarrow d + \bar{d}$ • $\gamma + \gamma \rightarrow \tau^+ + \tau^-$ • $\tau^- \rightarrow \mu^- + \gamma$ • $\Lambda \rightarrow \pi^+ + K^-$ | <ul style="list-style-type: none"> • $c + \bar{s} \rightarrow u + \bar{d}$ • $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_\mu + e^-$ • $Z^0 \rightarrow t + \bar{t}$ • $u + \bar{\nu}_e \rightarrow d + e^+$ |
|--|--|

5. Disegnare i diagrammi di Feynman, all'ordine più basso, relativi ai seguenti processi e specificare i tipi di interazione responsabili.
 (NB. MOD I i 4 di sinistra - MOD II i 4 di destra ; 1.5 punti/risposta valida - ANNUALE 3 + 3 a scelta; 1 punto/risposta valida)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • $u + d \rightarrow u + d$ • $\gamma + \gamma \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ • $\tau^- + \gamma \rightarrow \tau^- + \gamma$ • $s + \bar{s} \rightarrow s + \bar{s}$ | <ul style="list-style-type: none"> • $s \rightarrow d + u + \bar{u}$ • $u + \bar{u} \rightarrow u + \bar{u}$ • $Z^0 + c \rightarrow Z^0 + c$ • $W^+ + W^- \rightarrow \nu_e + \bar{\nu}_e$ |
|--|--|

6. Rispondere ai seguenti quesiti:

(NB. MOD I i primi 3 [2 punti/risposta valida]; MOD II gli ultimi 2 [3 punti/risposta valida] - ANNUALE 2 a scelta fra i primi 3 e gli ultimi 2; 1.5 punti/risposta valida)

- Qual'è la massima quantità di moto (in GeV/c) che un ciclotrone di diametro $d = 2$ m e campo magnetico $B = 2$ T può imprimere ad un protone?
- Descrivere, qualitativamente, le differenze principali osservabili in un calorimetro a campionamento quando viene colpito da: 1) elettroni, 2) fotoni, 3) muoni, 4) adroni, con una energia dell'ordine di 30 GeV.
- Indicare le antiparticelle dei seguenti adroni: π^0 , K^- , Δ^0 , Σ^-
- Quanto vale, all'ordine più basso, il rapporto
 $R = \sigma(e^+ + e^- \rightarrow \text{Adroni}) / \sigma(e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-)$ a $\sqrt{s} = 4$ GeV ?
 Il processo è forte, debole o elettromagnetico ?
- Quali sono i decadimenti permessi dei bosoni vettori (reali) Z^0 e W^- ? Quali sono i rapporti di decadimento della Z^0 (reale) nei vari canali di decadimento ? .