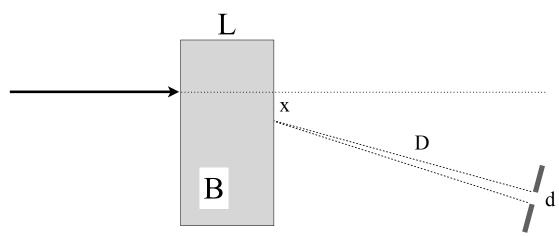
II Esonero di Fisica Nucleare e Subnucleare 1 - AA 2016/2017

Giugno 2017

NOME E COGNOME:	CANALE:

1. Un fascio di particelle contenente e^+, μ^+, π^+, K^+ e protoni, tutti collineari, entra in uno spettrometro magnetico lungo L = 50 cm con un campo magnetico B = 1.7 T ortogonale alla traiettoria delle particelle. In uscita dal magnete le particelle attraversano un collimatore posto ad una distanza $D = 10$ m lungo la loro traiettoria, come in figura.



   a) A che distanza x dalla linea di volo iniziale escono le particelle che hanno un impulso di 2 GeV/c?

   b) Quale deve essere la larghezza minima d del collimatore per selezionare particelle prodotte con momento entro $\pm 0.5\%$ dal valore centrale? Si trascuri la dipendenza di x dall'impulso delle particelle.

   Posizionando dei contatori Cerenkov a soglia dopo il collimatore si vogliono identificare le particelle K^+.

   c) Quanti contatori Cerenkov sono necessari? Che valore di indice di rifrazione n_i si può scegliere per ciascuno di essi (si consideri per tutte le particelle impulso pari a 2 GeV/c).

   [$m_e = 0.511$ MeV/c^2; $m_\mu = 105$ MeV/c^2; $m_{\pi^+} = 140$ MeV/c^2; $m_K = 494$ MeV/c^2; $m_p = 939$ MeV/c^2]

2. Stabilire quali delle reazioni e decadimenti sotto indicati sono permessi e quali sono proibiti.
   Per quelli proibiti, indicare tutti i numeri quantici (o le leggi di conservazione) che sono violati.
   Per quelli permessi, indicare la forza che media l'interazione.

   a) $\gamma + p \to n + \Sigma^+$
   b) $\pi^- + p \to \pi^- + \pi^+ + n$
   c) $\nu_\tau + p \to \tau^+ + \Sigma^0$
   d) $\bar{K}^0 + n \to \Omega^- + \Xi^0 + \pi^+$
   e) $\bar{p} + p \to \Lambda + \bar{\Lambda}$
   f) $\mu^- + p \to \bar{\nu}_\mu + \pi^0$
   g) $\mu^- \to e^- + e^+ + e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
   h) $\pi^- \to e^- + \nu_e$
   i) $K^+ \to \pi^+ + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$
   l) $n \to p + \mu^- + \bar{\nu}_\mu$
   m) $\Lambda \to p + \pi^-$
   n) $\Sigma^0 \to \Lambda + \gamma$

Soluzione:

1. In uno spettrometro magnetico vale $p[GeV] = 0.3B[T]R[m]$, pertanto le particelle con impulso $P = 2$ GeV/c si muovono su una circonferenza con raggio di curvatura $R = \frac{P}{0.3B} = 3.92$ m.
   L'angolo di deflessione vale $\theta = sin^{-1}(L/R)$, che per piccoli angoli si può approssimare con $\theta \sim L/R$.
   La distanza dalla linea di volo iniziale a cui escono le particelle è
   $x = R(1 - cos\theta) \ \sim \frac{R\theta^2}{2} = \frac{L^2}{2R} = 3.19$ cm

   L'impulso delle particelle selezionate dal collimatore sarà compreso tra
   P_1 = P(1-0.005) = 1.99 GeV/c e P_2 = P(1+0.005) = 2.01 GeV/c
   L'angolo formato da P_1 e P_2 all'uscita dal magnete vale
   $\Delta\theta = \theta_1$-$\theta_2 = 0.3BL(P_2 - P_1)/(P_1P_2) = 1.27$ mrad.
   Se la distanza della fenditura dall'uscita dal magnete è D, la sua larghezza minima deve essere $d = D\Delta\theta = 1.27$ cm.

   Affinchè venga emessa radiazione Cerenkov la velocità di una particella deve essere tale che $\beta > 1/n$, $n > 1/\beta$. I valori di β per le particelle considerate e i corrispondenti indici di rifrazione minimi per avere emissione di radiazione sono:
   e^+, $\beta = 1$, n >1
   μ^+, $\beta = 0.9986$, n >1.0014
   π^+, $\beta = 0.9976$, n >1.0025
   K^+, $\beta = 0.971$, n >1.030
   protone, $\beta = 0.905$, n >1.105
   Per identificare i K^+ sono sufficienti due contatori Cerenkov con indici di rifrazione tali che nel primo siano sopra soglia e^+, μ^+ e π^+, e nel secondo e^+, μ^+, π^+ e K^+. Occorre quindi:
   1 contatore: 1.0025 < n <1.03
   2 contatore: 1.03 < n <1.105
   E' preferibile scegliere valori dell'indice di rifrazione intermedi tra quelli indicati e non al limite. Valori ottimali sono ad esempio:
   $n_1 = (\frac{\beta_{K^+} + \beta_{\pi^+}}{2})^{-1} = 1.016$
   $n_2 = (\frac{\beta_{K^+} + \beta_p}{2})^{-1} = 1.066$
   L'anticoincidenza dei due segnali consente l'identificazione dei K^+.

2. a) no, B, EM ma $|\Delta S|$=1
   b) sì, forte
   c) no, Lτ, $|\Delta S|$=1
   d) no, B, $|\Delta S|$=4
   e) sì, forte
   f) no, B, Lμ
   g) sì, debole
   h) no, Le
   i) no, m$_f$ >m$_i$, $|\Delta S|$=1
   l) no, m$_f$ >m$_i$
   m) sì, debole per $|\Delta S|$=1
   n) sì, EM