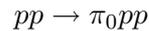


Sezione A - Cinematica relativistica

1. L'acceleratore LHC collide protoni con protoni, ogni fascio ha un' energia di 7 TeV. Qual è l'energia disponibile nel centro di massa ? Quale sarebbe l'energia del fascio necessaria a ottenere la stessa energia nel centro di massa in un esperimento a bersaglio fisso ?

2. Trovare l'energia di soglia di un fascio di protoni su bersaglio di protoni perché avvenga la reazione



Quale sarebbe l'energia di soglia con fasci collidenti ?

3. Un π_0 con impulso 100 GeV decade secondo la reazione $\pi_0 \rightarrow \gamma\gamma$. Calcolare :

- l'energia minima e massima dei fotoni nel laboratorio.
- la distribuzione in energia dei fotoni nel laboratorio.
- il minimo angolo di apertura tra i fotoni nel laboratorio.
- la distribuzione di probabilità dell'angolo di apertura. Come varia con l'energia del π_0 ?

4. Fasci di neutrini al Fermilab sono creati formando un fascio di π^+ e facendoli decadere secondo la reazione:



- Calcolare il momento del ν nel centro di massa del π .
 - Se il fascio di pioni ha energia di 200 GeV, calcolare l'energia nel laboratorio dei neutrini emessi in avanti.
 - Trovare l'angolo θ per cui l'energia dei neutrini è scesa alla metà dell'energia massima.
5. Calcolare la distanza media percorsa da un protone, un μ ed un τ di energia di 1,10 o 100 GeV.

6. LHC collide protoni a 7+7 TeV. Se la massa del bosone di Higgs è 100 GeV, qual è la x dei partoni collidenti, immaginando che sia la stessa per entrambi ?

7. Un elettrone di momento k urta contro un protone di momento p . Supponiamo di avere un rivelatore che misura energia ed impulso delle particelle prima e dopo l'urto.

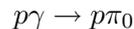
- In caso di urto elastico, spiegare come si misura il momento trasferito tra elettrone e protone.
- Come cambia questa espressione in caso di urto anelastico (quando il protone frammenta ?)
- Se immaginiamo che l'elettrone urti contro un quark all'interno del protone, come si calcola la frazione x del momento totale P portata dal quark urtato ?

- d) In caso di urto anelastico, quanto vale la massa M_x del sistema del protone frammentato ?
- e) In urto anelastico, qual è l'energia del centro di massa dell'urto elettrone-quark ?
- f) Se $k=100$ GeV e $p=300$ GeV qual è la massa dell'ipotetica particella detta *leptoquark* nata dalla fusione di elettrone e quark ?

8. Un elettrone di $E=4.88$ urta contro un protone fermo ed esce a $\theta = 10^\circ$ rispetto alla direzione iniziale. L'elettrone diffuso ha energia E' e il protone viene eccitato ad uno stato con massa invariante W .

- a) Calcolare E' in termini di E, W, M_p, θ
- b) Che cosa succede se $W=M$? Ha senso ?
- c) Usare la formula trovata in a) per calcolare E' quando $W=M$, $W=1230$ MeV , $W=1520$ MeV. Confrontare con il grafico delle dispense a pagina 54.

9. I protoni che viaggiano nel cosmo interagiscono con i fotoni del fondo a 3K dando luogo alla reazione di fotoproduzione :



- a) Calcolare l'energia minima del protone perché la reazione avvenga. b) Se la densità di fotoni del CMB è $\rho = 410/cm^3$ e la sezione d'urto di fotoproduzione (sopra la risonanza Δ) è $\sigma = 135\mu\text{barn}$, calcolare la lunghezza di interazione.