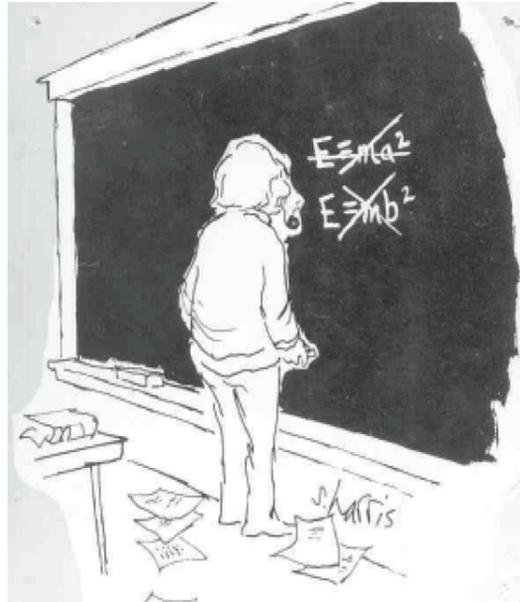


1. E' possibile osservare un fotone di 1 GeV decadere in una coppia elettrone-positrone (masse di 0.5 MeV) senza produzione di altre particelle?

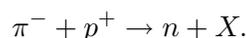
2. Nel Large Hadron Collider del CERN di Ginevra le particelle elementari vengono fatte circolare in direzioni opposte in anelli di contenimento e poi lasciate collidere. In questo modo ciascuna particella ha la stessa energia cinetica E_c nel laboratorio. La collisione si puo' immaginare come totalmente inelastica in modo tale che tutta l'energia a riposo di due protoni che collidano e tutta la loro energia cinetica si possa usare per la produzione di nuove particelle. Si calcoli l'energia disponibile nel limite in cui la energia cinetica sia una piccola frazione dell'energia a riposo $\frac{E_c}{mc^2} \ll 1$ e si confronti il risultato con quello che si otterrebbe per una collisione in un acceleratore lineare in cui un protone collide con un altro protone a riposo nel sistema del laboratorio.



3. Un raggio cosmico di 10^{15} eV (un protone) collide con un protone a riposo nella atmosfera terrestre. Si calcoli il massimo numero di pioni che si possono creare (massa a riposo pari a 140 MeV).
4. Due protoni (si prenda 1 GeV di massa) collidono per produrre una particella di massa a riposo 300 GeV . I due protoni permangono alla collisione. Si trovi l'energia di soglia necessaria per la produzione se
- uno dei protoni e' inizialmente a riposo;
 - entrambi i protoni hanno la stessa energia nel laboratorio.

Si commenti l'efficienza relativa dei due processi.

5. Un pione π^- urta un protone p^+ , fermo nel laboratorio, producendo la reazione



La particella X , prodotta in soglia, decade dopo un tempo T in due fotoni $X \rightarrow \gamma + \gamma$. Assumendo note le masse m_π , m_p , m_n si determini in funzione di m_X

- L'energia di soglia del pione;

- (b) L'angolo minimo tra i fotoni prodotti;
 - (c) il tempo di vita della particella X nel proprio sistema di riferimento.
6. Nel Sole, nella catena dell'elio compare il processo di fusione $p + p + e^- \rightarrow d + \nu$, dove d e' il nucleo di deuterio. Si approssimi $m_d \simeq 2m_p$ e $m_e \simeq 0$, come per $m_\nu \simeq 0$, visto che la loro massa a riposo e' trascurabile rispetto alla massa del protone.
- (a) Nel sistema di laboratorio i due protoni hanno la stessa energia γm_p e lo stesso angolo di impatto θ , mentre l'elettrone e' a riposo. Si calcoli l'energia \mathcal{E}_ν nel sistema di riferimento a riposo di d .
 - (b) Nel caso in cui il deuterio rimanga fermo nel laboratorio e $\theta = 30^\circ$ si calcoli l'energia di tutte le particelle in funzione della massa a riposo del protone.