EX PER CASA

$$p + p \to n + p + \pi^+$$

① $E_{soglia} = ?$

$$K_{soglia} = \frac{(m_n + m_p + m_\pi)^2 - 4m_p^2}{2m_p} = 295 \text{ MeV}$$

$$E_{soglia} = K_{soglia} + m_p = 1278 \text{ MeV}$$

② dimostrare che il protone e il π NON possono essere prodotti entrambi a riposo nel LAB

se fossero a riposo:

S.i.

$$\begin{pmatrix} E_p \\ \vec{p}_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_p \\ \vec{0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_n \\ \vec{p}_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_p \\ \vec{0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_\pi \\ \vec{0} \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \vec{p}_p = \vec{p}_n \\ E_p + \cancel{m_p} = E_n + \cancel{m_p} + m_\pi \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \quad E_p = E_n + m_\pi$$

$$\Leftrightarrow \quad E_p^2 = E_n^2 + m_\pi^2 + 2E_n m_\pi$$

$$\Leftrightarrow \quad m_p^2 + \cancel{p_p^2} = m_n^2 + \cancel{p_p^2} + m_\pi^2 + 2E_n m_\pi$$

$$\Rightarrow \quad E_n = \frac{m_p^2 - m_n^2 - m_\pi^2}{2m_\pi} < 0 \quad !$$

(3) assumiamo ora $K_p = 1.25$ GeV e che $(\pi^+ p) = \Delta^{++}$

con $m_\Delta = 1232$ MeV

$$pp \to n\,\Delta^{++}$$
$$\hookrightarrow p\,\pi^+$$

$E_n^{min} = ?$ (nel LAB)

allora $E_p = K_p + m_p = 2.188$ GeV

$$\Rightarrow \sqrt{s}\Big|_{\substack{s.i.\\LAB}} = \sqrt{(E_p + m_p)^2 - p_p^2} =$$

$$= \sqrt{E_p^2 + m_p^2 + 2E_p m_p - p_p^2} =$$

$$= \sqrt{2m_p^2 + 2E_p m_p} = 2422 \text{ MeV}$$

$\sqrt{s}$ nello s.i. ~~LAB~~ e' FISSA $\Rightarrow$ il problema e' equivalente a decadimento in due corpi di una particella di massa $M = \sqrt{s}$

Il CdM si muove con $\beta_{cm} = \dfrac{p_{TOT}}{E_{TOT}} = \dfrac{p_p}{E_p + m_p} = 0.632$

$$\gamma_{cm} = \frac{E_{TOT}}{\sqrt{s}} = \frac{E_p + m_p}{\sqrt{s}} = 1.29$$

⇒ posso usare tutte le formule del decadimento in due corpi con $M^2 \leftrightarrow s$

⇒ è <u>MONOCROMATICO NEL CdM</u> !

$$E_n^* = \frac{s + m_n^2 - m_\Delta^2}{2\sqrt{s}} = 1080 \text{ MeV}$$

$$p_n^* = \sqrt{E_n^{*2} - m_n^2} = 532 \text{ MeV}$$

l'unica cosa che varia è l'angolo

e sappiamo che $E_n = \gamma_{cm}\left(E_n^* + \beta_{cm}\, p^* \cos\vartheta^* \right)$

⇒ $E_n^{min} = E_n(\vartheta^* = \pi) = \gamma_{cm}\left(E^* - \beta_{cm}\, p^* \right) = 960$ MeV

(4) angolo minimo fra n e Δ^{++} nel LAB ?

nel CdM: $\beta_n^* = \frac{p_n^*}{E_n^*} = 0.492$

$$\beta_\Delta^* = \frac{p_\Delta^*}{E_\Delta^*} \overset{p_\Delta^* = p_n^*}{=} \frac{p_n^*}{\sqrt{m_\Delta^2 + p_n^{*2}}} = 0.396$$

e avevamo che $\beta_{cm} = 0.632$ ⇒ $\beta_{cm} > \beta_\Delta^*$ e $\beta_{cm} > \beta_n^*$

⇒ quando $\vartheta^* = 0$ e π ⇒ $\vartheta = 0, 0$
⇒ angolo min = 0

$\boxed{\text{Ex}}$ ESAME 2017 LUGLIO $\boxed{14}$

Si vuole misurare la σ totale dell'interazione $\pi^- p$

Si manda un fascio di π^- su bersaglio

il bersaglio può essere di

polietilene (CH_2 , $\rho_{CH_2} = 0.89\ g/cm^3$, $A_{CH_2} = 14$)

oppure carbonio (C, $\rho_C = 2.21\ g/cm^3$, $A_C = 12$)

(a) lo spessore di C è di $d_C = 1$ cm

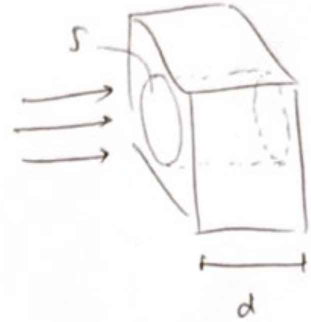
Si determini lo spessore d_{CH_2} t.c. il numero di nuclei di C sia lo stesso nei due bersagli

In generale $$N_{nuclei} = \frac{N_A}{\underbrace{A}_{\text{massa atomica}}} \overbrace{M}^{\text{massa}} \cancel{\rho V} = \frac{N_A}{A} \rho V$$

↪ mettere <u>SEMPRE</u> la densità in grammi

⇒ così A è numero puro (numero atomico)

$$N_{nuclei} = \frac{N_A}{A}\rho V = \frac{N_A}{A}\rho \cdot d \cdot S$$



S = sezione del fascio

Nel nostro caso

$$N_C = \frac{N_A \rho_C}{A_C} S d_C$$

$$N_{CH_2} = \frac{N_A \rho_{CH_2}}{A_{CH_2}} S d_{CH_2}$$

di $\underline{C}$

Noi vogliamo che il numero di atomi sia lo stesso

Ora CH_2 ha un solo atomo di C

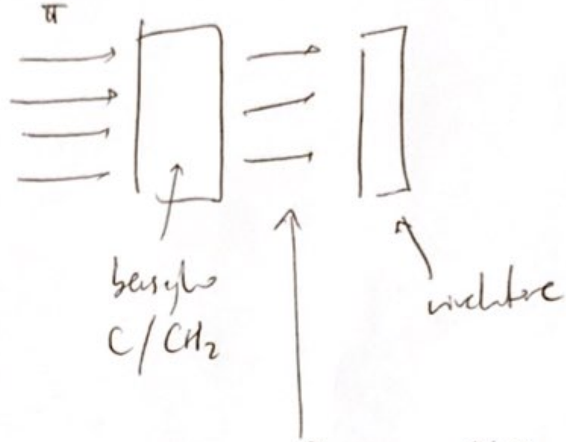
→ non serve moltiplicare

→ vogliamo $N_C = N_{CH_2}$

$$\rightarrow \quad \frac{\cancel{N_A} \rho_C}{A_C} \cancel{S} d_C = \frac{\cancel{N_A} \rho_{CH_2}}{A_{CH_2}} \cancel{S} d_{CH_2}$$

$$\rightarrow \quad d_{CH_2} = d_C \frac{\rho_C}{\rho_{CH_2}} \frac{A_{CH_2}}{A_C} = 2.9 \text{ cm}$$

(5) viene messo un rivelatore dopo il bersaglio



Si misura che il flusso è 94% di quello in entrata usando il bersaglio di C

Determinare la sezione d'urto totale (π-C)

$$I(x) = I_0 \, e^{-n_b \sigma x}$$

n_b = densità di bersagli / centri assorbitori $[m^{-3}]$

σ = sezione d'urto $[m^2]$

$$\frac{I(x=d)}{I_0} = 94\% = e^{-n_b \sigma d}$$

$$n_b = \frac{N_A}{A_C} \rho_C$$

questa è la densità di atomi di C

fosse stato $\sigma(\pi\text{-}p)$

$$\Rightarrow \quad n_b = 6 \cdot n_C$$

Z_C

CHIEDERSI SEMPRE:

<u>quali</u> sono i bersagli?

REGOLA: se ρ è in grammi

$\Rightarrow$ A è un numero intero

$[g/cm^3]$

$$\Rightarrow n_b = n_C = \frac{N_A}{A_C}\rho_C = \frac{6.022 \cdot 10^{23}}{12} \, 2.21 = 1.1 \cdot 10^{23} \, cm^{-3}$$

$$\Rightarrow \sigma(\pi C) = \frac{-\ln(0.94)}{n_b \cdot d} = 5.6 \cdot 10^{-25} \, cm^2$$

$$1 \text{ barn} = 1b = 10^{-28} \, m^2 = 10^{-26} \, cm^2$$

$$\Rightarrow \sigma(\pi C) = 0.56 \, b$$

(C) con il bersaglio di CH_2 l'attenuazione è 93%. Assumendo che la sezione d'urto di interazione $\pi^- \leftrightarrow CH_2$ è la somma di $(\pi^- \leftrightarrow C) + (\pi^- \leftrightarrow H)$ e che il numero di atomi di C è lo stesso nei due bersagli, determinare la sezione d'urto totale $\sigma(\pi^- p)$

$$\text{Allora} \quad \frac{I(d)}{I_0} = 0.93 = e^{-n_{CH_2}\sigma_{CH_2} d_{CH_2}}$$

$$\Leftrightarrow \sigma_{CH_2} = \frac{-\ln(0.93)}{n_{CH_2} \, d_{CH_2}}$$

con $n_{CH_2} = \dfrac{N_A \, \rho_{CH_2}}{A_{CH_2}} = \dfrac{6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.89}{14} = \boxed{18}$ ρ in g!

$= 3.8 \cdot 10^{22} \ cm^{-3}$

densità di molecole CH_2

$$\rightarrow \sigma_{CH_2} = \frac{-\ln(0.93)}{n_{CH_2} \, d_{CH_2}} = 0.65 \ b$$

assunzione

con $\sigma_{CH_2} = \sigma(\pi^- + CH_2) = \sigma(\pi^- + C) + \sigma(\pi^- + H_2)$

$= \sigma(\pi^- + C) + 2 \cdot \sigma(\pi^- + p)$

$$\rightarrow \sigma(\pi^- + p) = \frac{\sigma(\pi^- + CH_2) - \sigma(\pi^- + C)}{2} =$$

$$= \frac{0.63 - 0.56}{2} =$$

$$= 0.035 \ b = 35 \ mb$$

PER UN DATO MATERIALE CON ρ, A, Z

$\dfrac{N_A \rho}{A}$ = densità di nuclei / atomi

$\dfrac{N_A \rho}{A} \cdot Z$ = densità di protoni (/ elettroni)

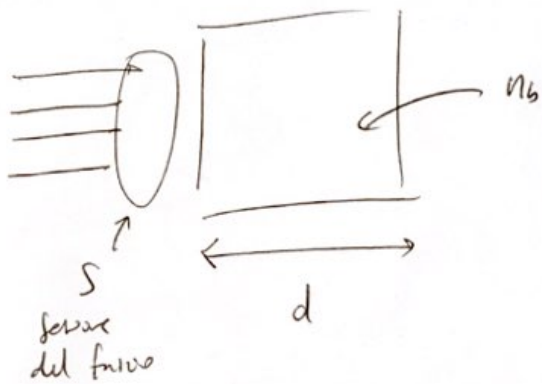
$\dfrac{N \rho}{A} \cdot (A - Z)$ = densità di neutroni

$\boxed{\text{EX}}$ Si studia $\nu_\mu + n \to \mu^- + p$ $\boxed{9}$

inviando un flusso di 10^{15} neutrini/m^2 su un bersaglio di 15 tonnellate di Fe $(A=56,\ Z=26)$

(a) Si osservano 160 eventi. $\sigma = ?$

$$\sigma(\nu_\mu + n \to \mu^- + p)$$



$$\sigma = \frac{N_{reazioni}}{N_{proiettili}} \frac{1}{n_b\, d} \underset{\cdot \frac{S}{S}}{=} \frac{N_r}{N_\nu} \frac{S}{n_b\, \underbrace{dS}_{=V}}$$

densità, totale b

$n_b V = N_b$

e in questo problema $N_b = N_n$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{N_r}{N_\nu} \frac{S}{N_n}$$

$$\frac{N_\nu}{S} = \phi_\nu = 10^{15}\ \nu/m^2$$

$= N_r = 160$ manca solo N_n

$$N_n = n_n \cdot V$$

densità di NEUTRONI

$$\Rightarrow n_n = \frac{N_A \rho}{A}(A-Z)$$

$$\Rightarrow N_n = \frac{N_A \rho}{A}(A-Z)\cdot V \underset{\rho V = M = 15 \text{ ton}}{=} \frac{N_A}{A}(A-Z)\cdot M = \frac{6.022\cdot 10^{23}}{56}(56-26)\cdot 15\cdot 10^{3}\cdot 10^{3}$$

METTERE IN GRAMMI!!!

$$\Rightarrow N_n = 4.84\cdot 10^{30} \quad \text{(neutroni)}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{N_\nu}{\phi N_n} = \frac{160}{10^{15}\cdot 4.84\cdot 10^{30}} = 3.3\cdot 10^{-44}\ \text{m}^2 =$$

in m^{-2}

$$= 3.3\cdot 10^{-16}\ \text{b} =$$

$$= 0.33\ \text{fb}$$

(5) ENERGIA DI SOGLIA?

106 MeV, 938 MeV, 939 MeV

$$E_{\nu,\text{soglia}} = \frac{(m_\mu + m_p)^2 - m_n^2}{2m_n} = 0.11\ \text{GeV} = 110\ \text{MeV}$$