EX PER CASA

Bersaglio di $Li_2 B_4 O_7$

massa molecolare = 169.11 g/mol

densità $\rho = 2.4\ g/cm^3$

spessore $d = 10\ \mu m$

Fascio di protoni $E = 675\ keV$

potenza $P = 6.75\ \mu W$

$$p + {}^{11}B \rightarrow {}^{12}C^* \rightarrow 3\ {}^4He$$

Rivelatore che copre il 30% in Ω

osserva 27000 eventi in un min.

① $\dot{N}_p = ?$

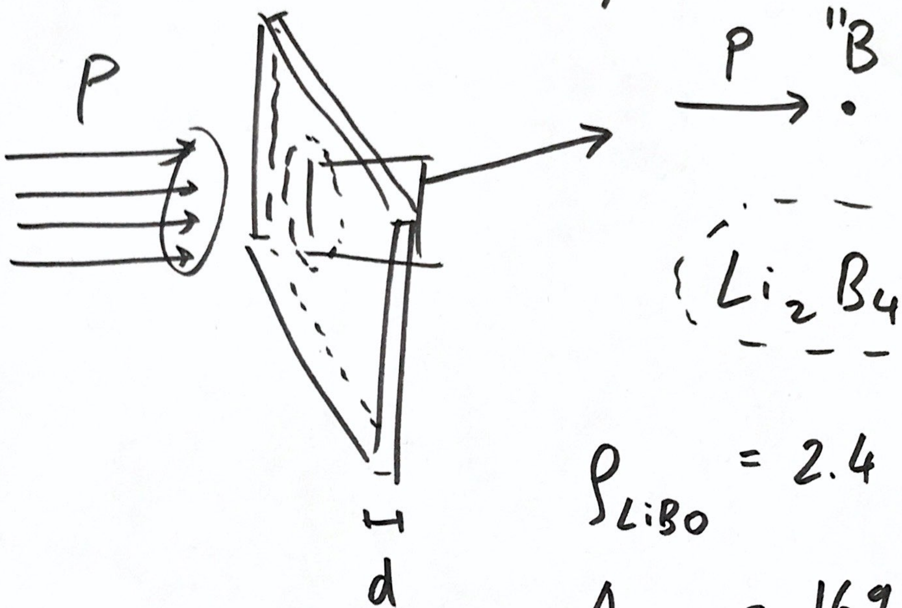
$$\dot{N}_p = \frac{P}{E} = \frac{6.75\mu W}{675\ keV} = \frac{6.75 \cdot 10^{-6}}{6.75 \cdot 10^5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$675\ keV \rightarrow 675 \cdot 10^3 \cdot \underbrace{1.6 \cdot 10^{-19}}_{e}\ J$$

$$\Rightarrow \dot{N}_p = 6.25 \cdot 10^{9}\ s^{-1}$$

(2) abbondanza isotopica del ^{11}B e' 80%

\# nuclei di ^{11}B per unità di vol. = ?



$Li_2 B_4 O_7$

$$\rho_{LiBO} = 2.4\ g/cm^3$$

$$A_{LiBO} = 169.11\ g/mol$$

ρ = densità di massa $\left(\frac{M}{V}\right) \xrightarrow{\text{integro}} M$

n_1 = densità di bersagli $\left(\frac{\#}{V}\right) \xrightarrow{\text{integro}} N$

$$\underbrace{n_{LiBO} = \frac{N_A\, \rho_{LiBO}}{A_{LiBO}}} = \frac{6.022 \cdot 10^{23} \cdot 2.4}{169.11} = 8.55 \cdot 10^{21}\ cm^{-3}$$

$$n_B = 4\, n_{LiBO} = 3.42 \cdot 10^{22}\ cm^{-3}$$

$$n_b = 0.8 \cdot n_B = 2.73 \cdot 10^{22}\ cm^{-3}$$

$$\dot N_r = \sigma \, \dot N_p \, \frac{N_b}{S}$$

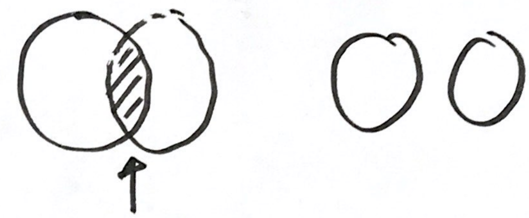
N_b ← # bersagli

S ← sezione trasversa

$\dot N_r$: rate, # reazioni s^{-1}

σ: sez. d'urto DEL PROCESSO "UNA PROB"

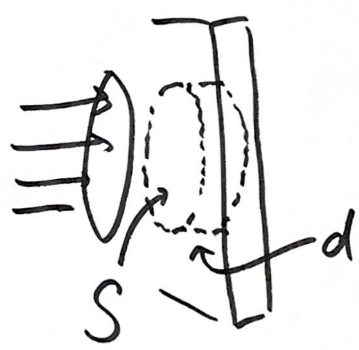
$\dot N_p$: # proiettili s^{-1}



$$\dot N_r = \sigma \dot N_p \frac{N_b}{S} = \sigma \dot N_p \frac{n_b \cancel{S} d}{\cancel{S}} = \sigma \dot N_p n_b d$$

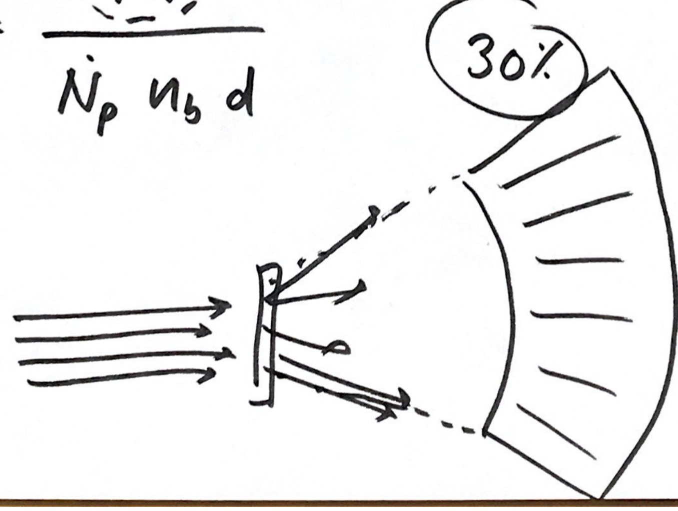
$$N_b = n_b V = n_b S d$$

n_b: densità



$$\boxed{\dot N_r = \sigma \dot N_p n_b d}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{\dot N_r}{\dot N_p n_b d}$$



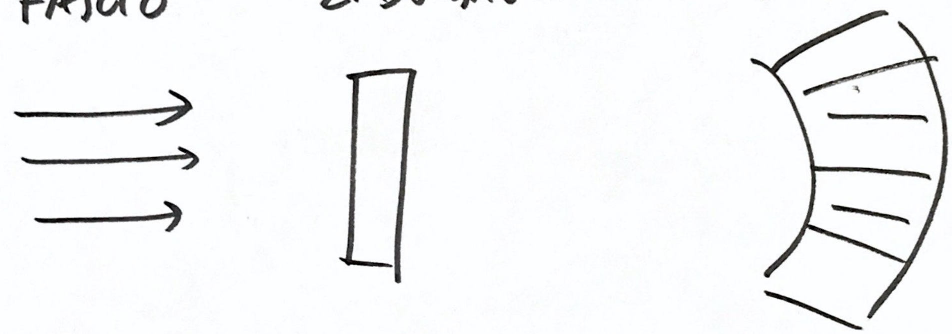
27000 eventi in 1 min.

$$\frac{27000}{\text{min}} = \frac{27000}{60\,s} = 450\ s^{-1} = \dot{N}_{rivel}$$

$$\dot{N}_{r,true} = \frac{\dot{N}_{r,rivel}}{0.3} = 1500\ s^{-1}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \neq \text{const.}$$

1. FASCIO 2. BERSAGLIO 3. RIVELATORE



4. PROCESSO STATO FINALE

$$\sigma = \frac{\dot{N}_r}{\dot{N}_p\, n_b\, d} = \frac{1500\ s^{-1}}{(6.25\cdot 10^{9}\ s^{-1})(2.73\cdot 10^{22}\ cm^{-3})(10\,\mu m)}$$

$$= \frac{1500}{6.25\cdot 10^{9}\cdot 2.73\cdot 10^{22}\cdot 10\cdot 10^{-4}}$$

$$= 8.79\cdot 10^{-27}\ cm^2$$

$$= 8.79\ mb$$

$$1b = 10^{-28}\ m^2$$
BARN $= 10^{-24}\ cm^2$

EX

$$\nu_\mu + n \longrightarrow \mu^- + p$$

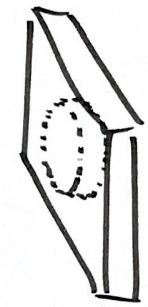
un <u>totale</u> di 10^{15} neutrini$/m^2$

su un bersaglio di 15 tonnellate di Fe

$(A = 56,\ Z = 26)$

160 eventi $(\mu^- + p)$

$$\sigma = ?$$



$$\dot{N}_r = \sigma\, \dot{N}_p\, n_b\, d$$

sezione del fascio

integro in t:

$$N_r = \sigma\, N_p\, n_b\, d = \sigma\, \frac{N_p}{S}\, n_b\, d \cdot S$$

volume

\# tot proiettili per unità di superficie

$$\Rightarrow N_r = \sigma \left(\frac{N_p}{S}\right) \underbrace{n_b\, V}_{N_b} = \sigma \left(\frac{N_p}{S}\right) N_b$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{\overset{160}{N_\nu}}{\underbrace{\left(N_p/S\right)}_{10^{15}\,m^{-2}} \cdot \underbrace{N_b}_{?}}$$

$\nu_\mu + n \longrightarrow \dots$

$$N_b = N_n = n_n V$$

g/cm^3

$$n_{Fe} = \frac{N_A\, \rho_{Fe}}{\underbrace{A_{Fe}}_{56}} \cancel{= 6.022 \cdot 10^{23}}$$

REGOLA: se la densità è g/cm^3

$\Rightarrow$ A come numero puro!

$$\frac{\#}{cm^3} = \frac{N_A\, \rho}{\underbrace{A}_{56}} \qquad [\rho] = g/cm^3$$

$A = 56 = n + p$

$Z = 26$ (#p)

ATOMI DI Fe

$A = 56 = (\#\text{ protoni} + \#\text{ neutroni})$

$Z = 26 = \#\text{ protoni}$

$A - Z = 30 = \#\text{ neutroni} \leftarrow$

$$n_{Fe} = \frac{N_A \rho_{Fe}}{A_{Fe}}$$

$$\int_{vol} n_n = n_{Fe} \cdot (A - Z) = \int_{vol} (A - Z) \cdot \frac{N_A \rho_{Fe}}{A_{Fe}}$$

ting

$$N_n = \frac{N_A M}{A} (A - Z) = 30 \cdot \frac{6.022 \cdot 10^{23}\, 15 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{56}$$

$$= 4.84 \cdot 10^{30}$$

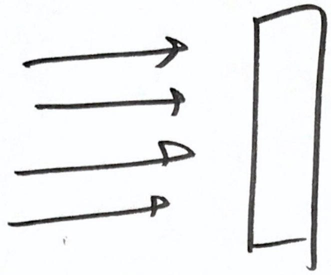
$$\sigma = \frac{N_r}{\left(\frac{N_p}{S}\right) \cdot N_b} = \frac{160}{10^{15}\, m^{-2} \cdot 4.84 \cdot 10^{30}} =$$

(m^{-2})

$$= 3.3 \cdot 10^{-44}\, m^2$$

$$= 3.3 \cdot 10^{-40}\, cm^2$$

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



$\boxed{\text{EX}}$ Un fascio di raggi X $\quad E_\gamma = 40\ \text{KeV}$

bersaglio di Fe $\quad \langle A \rangle = 56$

$\rho = 7.9\ \text{g/cm}^3$

Bersaglio assorbe i fotoni con $\sigma = 300\ \text{b}/\text{atomo}$

Calcolare (1) coeff. di assorbimento μ

(2) spessore necessario per abbattere di un fattore 10 il fascio di fotoni

$$N(x) = N_0 e^{-\mu x}$$

$$[x] = \text{cm} \to [\mu] = \text{cm}^{-1}$$

$$\mu = \sigma \cdot n_b$$

$$\mu = \sigma \cdot n_b$$

$[\sigma] = cm^2$

$[n_b] = cm^{-3}$

$\Rightarrow [\mu] = cm^{-1}$ $\underline{\text{ok}}$

$$n_b = n_{Fe} = \frac{N_A \, \rho_{Fe}}{A_{Fe}}$$

$$= \frac{6.022 \cdot 10^{23} \cdot 7.9}{56} = 8.49 \cdot 10^{22} \frac{\text{atomi}}{cm^3}$$

$$\Rightarrow \mu = \sigma \cdot n_b = (300\, b)(8.49 \cdot 10^{22}\, cm^{-3})$$

$$= (300 \cdot 10^{-24}\, cm^2)(8.49 \cdot 10^{22}\, cm^{-3})$$

$$= 25.5\, cm^{-1}$$

$$\frac{N(x)}{N_0} = \frac{1}{10} = e^{-\mu x}$$

$$\Leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{10}\right) = -\mu x$$

$$\Leftrightarrow x = -\frac{\ln(1/10)}{\mu} = 0.09\, cm$$

EX Un bersaglio d'oro ($Z=79$, $A=197$)

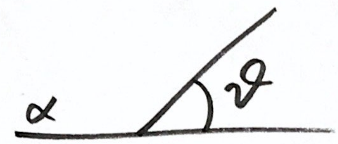
con densità superficiale $\rho_s = 0.97\ mg/cm^2$

~~super~~ superficie $S_B = 1\ cm^2$!

fascio di particelle α $\quad 3.7 \cdot 10^4\ \alpha/s$

diffusione elastica

$$\left.\frac{d\sigma}{d\Omega}\right|_{\vartheta} = \frac{1\ b}{sr}$$



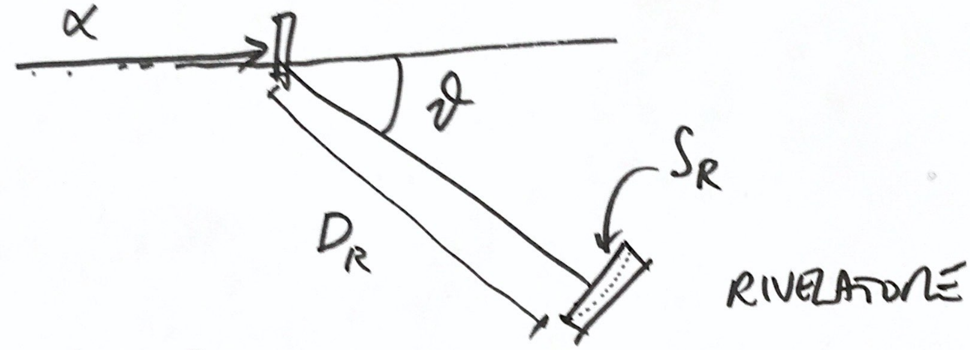
1 densità di atomi del bersaglio per unità di superficie

$$n_b = \frac{N_A \rho_V}{A} \longrightarrow n_{b,s} = \frac{N_A \rho_s}{A}$$

$$n_{b,s} = \frac{N_A \rho_s}{A} = \frac{6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.97 \cdot 10^{-3}}{197} = 2.96 \cdot 10^{18}\ cm^{-2}$$

in grammi!

(2)



$S_R = 2\ \text{cm}^2$

$D_R = 0.1\ \text{m}$

\# eventi da rivelare in un'ora di presa dati con questo rivelatore

$$\left.\frac{d\sigma}{d\Omega}\right|_{\vartheta} = 1\,\text{b}/\text{sr}$$

$$\Delta\Omega = \frac{S_R}{D_R^2} = \frac{2\ \text{cm}^2}{(0.1\text{m})^2} = 0.02\ \text{sr}$$

$$\sigma = \int_{\text{vol}} \frac{d\sigma}{d\Omega}\, d\Omega \simeq \left.\frac{d\sigma}{d\Omega}\right|_{\vartheta} \cdot \Delta\Omega = 1\text{b} \cdot 0.02 = 0.02\ \text{b}$$

sez. d'urto del processo per i processi che hanno uno stato finale che arriva sul nostro rivelatore

$$\dot{N}_r = \sigma \cdot \dot{N}_p \cdot n_{b,s}$$

$$n_{b,s} = \frac{N_b}{S}$$

<u>1 ora</u>

$$\int_{1h} \dot{N}_r = \int_{1h} \sigma \cdot \dot{N}_p \; n_{b,s}$$

$$N_r = \underline{\sigma} \cdot N_p \cdot \underline{n_{b,s}}$$

$$\dot{N}_\alpha = 3.7 \cdot 10^4 \ s^{-1}$$

$$N_p = 3600 \cdot 3.7 \cdot 10^4$$
$$= 1.33 \cdot 10^8$$

$$N_r = (0.02\, b) \cdot 1.33 \cdot 10^8 \cdot (2.96 \cdot 10^{18}\ cm^{-2})$$

$$= (0.02 \cdot 10^{-24}) \cdot 1.33 \cdot 10^8 \cdot 2.96 \cdot 10^{18} =$$

$$= \underline{7.87}$$

ε efficienza del rivelatore ≤ 1

$$N_{r,\,osservate} = \varepsilon \cdot N_r \leq N_r$$

(3) intensità di corrente del fascio = ?

$$Q(\alpha) = 2e$$

$$I = \dot{N}_\alpha \cdot 2e = 3.7 \cdot 10^{4} \cdot 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} =$$

$$= 118 \cdot 10^{-4}\ pA$$

$\boxed{\text{EX PER CASA N. 1}}$

La sezione d'urto totale per l'interazione ~~p~~ di protoni con CARBONIO a E

$$\sigma = 330\ mb \qquad E_p = \sqrt{m^2 + p^2}$$

Un fascio di protoni di E e corrente $I = 1\ nA$

(1) Determinare la rate di reazioni su un bersaglio di grafite (C, $\rho = 2.1\ g/cm^3$, $A = 12$) spessore $d = 1\ mm$

(2) Calcolare lo spessore di un bersaglio di polietilene (C_2H_4, $\rho = 0.9\ g/cm^3$) per avere la stessa rate?

(3) Corrente residua di protoni (dopo il bersaglio) nel caso di un bersaglio di grafite 10 cm