

$T_{\text{H}}, T_{\text{Li}}; T_{\text{He}} \rightarrow ?$

$$\left\{ \begin{array}{l} (m_{\text{H}} + m_{\text{Li}} - m_{\text{T}} - m_{\text{He}}) c^2 + T_{\text{H}} + T_{\text{Li}} - T_{\text{He}} - T_{\text{T}} = 0 \\ p_{\text{H}}^2 + p_{\text{Li}}^2 = p_{\text{T}}^2 + p_{\text{He}}^2; \quad \frac{T_{\text{H}}}{m_{\text{H}}} + \frac{T_{\text{Li}}}{m_{\text{Li}}} = \frac{T_{\text{T}}}{m_{\text{T}}} + \frac{T_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} \end{array} \right.$$

$$T_{\text{T}} = m_{\text{T}} \left( \frac{T_{\text{H}}}{m_{\text{H}}} + \frac{T_{\text{Li}}}{m_{\text{Li}}} - \frac{T_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} \right)$$

$$T_{\text{H}} \left( \frac{m_{\text{T}}}{m_{\text{H}}} - 1 \right) = (m_{\text{H}} + m_{\text{Li}} - m_{\text{T}} - m_{\text{He}}) c^2 + T_{\text{Li}} - T_{\text{He}} + \left( \frac{T_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} - \frac{T_{\text{Li}}}{m_{\text{Li}}} \right) m_{\text{T}}$$

$T_{\text{H}} \rightarrow ?$

\*)  $^{113}_{50}\text{Sn}$  излучает  $\gamma$  кванты с  $h\nu = 236 \text{ eV}$   
 $\rightarrow$  какова скорость фотоэлектронов?

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{m_{\text{e}} v}{1} \quad - \text{загл. эл-н. или}$$

$$E_1 = E_2 + h\nu + \frac{m_{\text{e}} v^2}{2}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = h\nu + \frac{(h\nu)^2}{2c^2 m_{\text{e}}}; \quad (h\nu)^2 + h\nu \cdot 2c^2 m_{\text{e}} + \Delta E 2c^2 m_{\text{e}} =$$

$$\Delta E = h\nu;$$

$$h\nu = -m_{\text{e}} c^2 \pm \sqrt{m_{\text{e}}^2 c^4 - \Delta E 2m_{\text{e}} c^2} =$$

$$= -m_{\text{e}} c^2 \pm m_{\text{e}} c^2 \left( 1 - 2 \frac{h\nu}{2m_{\text{e}} c^2} \right)^{1/2} =$$



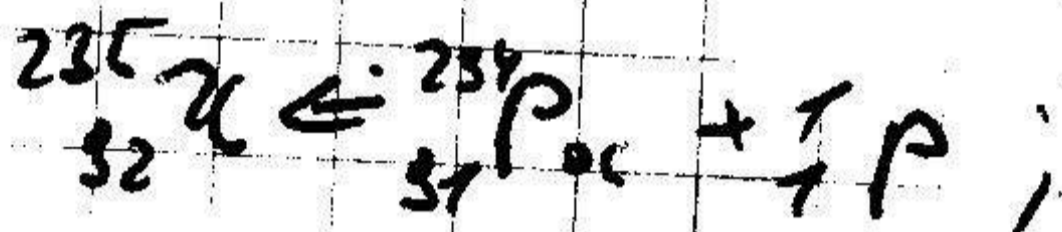
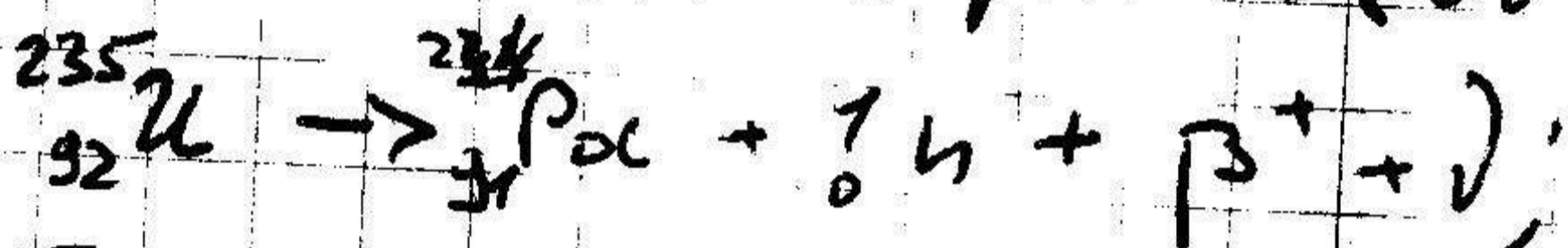
$$mc^2 \pm \left[ mc^2 \left( 1 - \frac{h\nu}{mc^2} + \frac{1}{2} \left( -\frac{1}{2} \right) \frac{2h\nu}{mc^2} \right) \right] =$$

$$= h\nu \pm \frac{h\nu}{2mc^2} \Rightarrow \nu = \nu \left( 1 - \frac{1}{2mc^2} \right)^{-1}$$

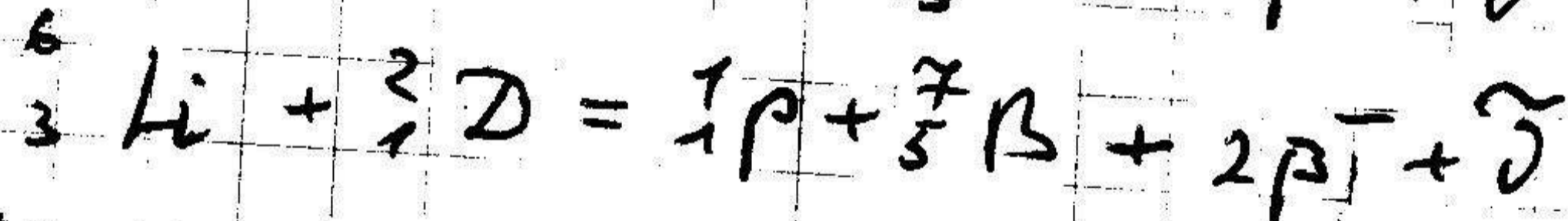
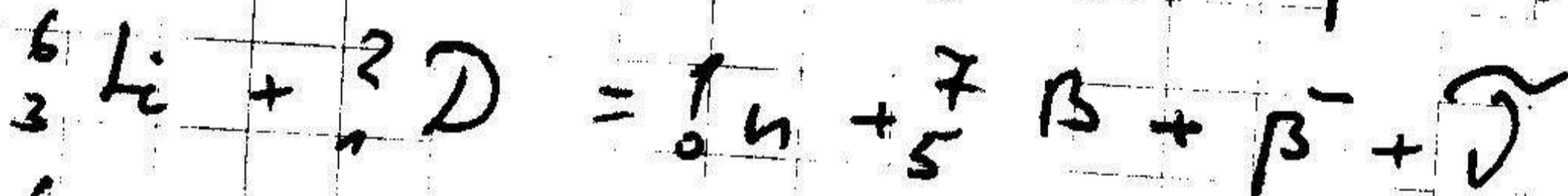
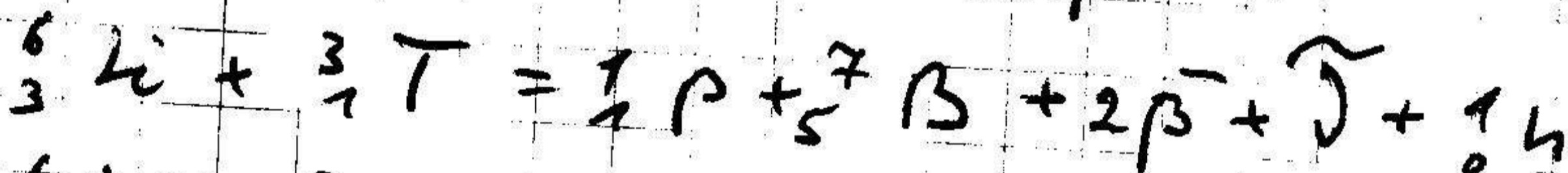
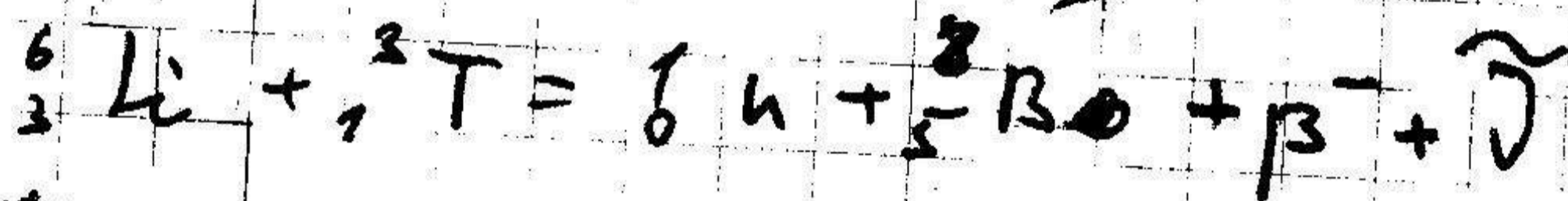
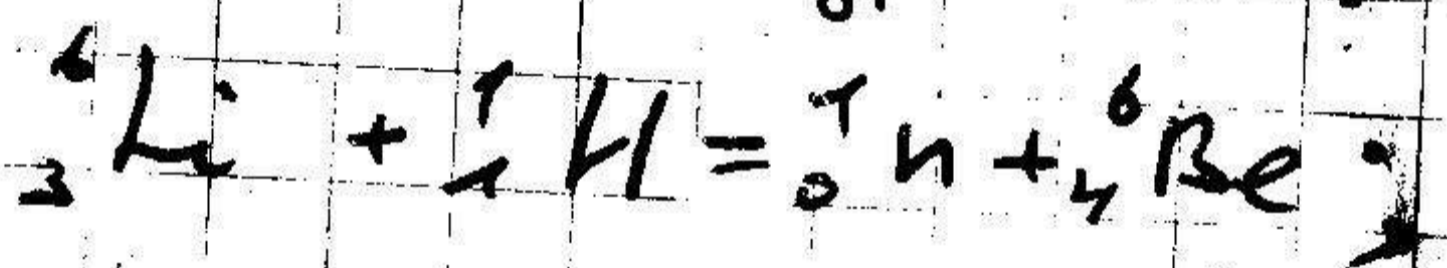
$$h\nu = \frac{2h\nu}{2mc^2}; \quad \Delta\nu = \nu \frac{2h\nu}{c}$$

$$v_{\text{group}} = \frac{\nu \lambda}{\nu \lambda_{\text{exp.}} c^2};$$

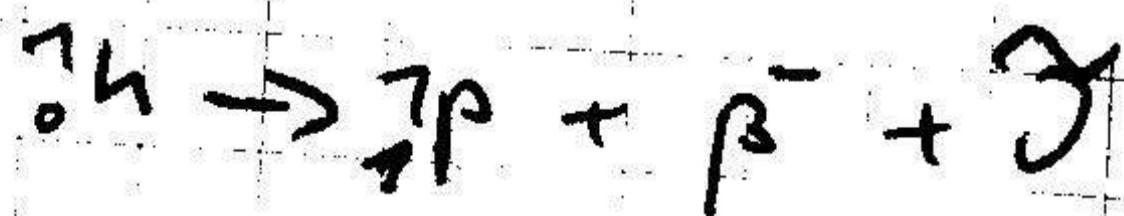
\* Задание. Убери процессия



\* Задание. Запиши уравнения, от которых вывести



\* Обчисліть max енерг. електр. для заряду носової частини, коли  $R = 1,4 \cdot 10^{-13}$  см, різниця енерг. своїх нейтронів  $711$  кев, виходить енерг. ел.



$Q = (m_n - m_p - m_e)c^2 \Delta T_{\beta^-}$  - min енерг. ел.

$$U_n = -e^2 \int_R^{\infty} \frac{1}{r^2} dr = e^2 \frac{1}{r} \Big|_R^{\infty} = -\frac{e^2}{R}$$



$$E_p = T_p + U_k = (m_n - m_p - m_e)c^2 - \frac{e^2}{R} \approx 777 \cdot 10^3 \text{ eV}$$

⊛ Дано об'єм  $V$  газу. З 2 протонів має 1 нейтронів, знайти  $\bar{v}^2$  ртоту і швидкості молекул при енергії  $\frac{1}{3}$  енергії Фермі.

$$P(p) = \frac{v \cdot p^2}{4\pi^2 \hbar^3}; \quad P(E) = v \frac{1}{4\pi^2 \hbar^3} (m)^{3/2} \sqrt{2E}$$

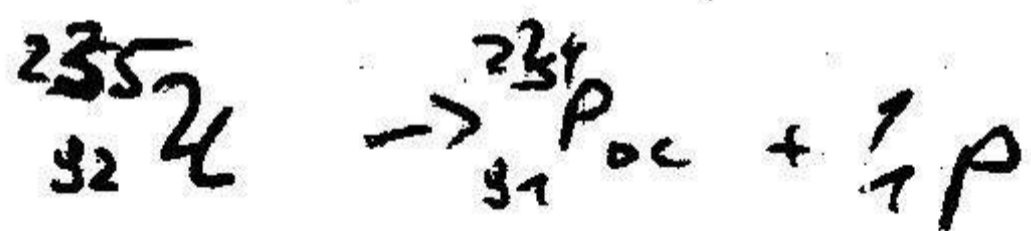
$$N = \int_0^{P_F} \frac{v p^2}{4\pi^2 \hbar^3} dp = \frac{v}{3 \cdot 4\pi^2 \hbar^3} P_F^3 \Rightarrow P_F = \left( \frac{N}{v} 3 \cdot 4\pi^2 \hbar^3 \right)^{1/3}$$

$$E_F = \frac{1}{2m_n} \left( \frac{N}{v} 3 \cdot 4\pi^2 \hbar^3 \right)^{2/3}$$

$$\bar{v}^2 = \int_0^{P_F/m_n} \frac{P_F/m_n}{4\pi^2 \hbar^3} v^3 \cdot v^2 \cdot v \cdot v = \frac{v m_n^3}{5 \cdot 4\pi^2 \hbar^3} \int_0^{P_F/m_n} v^5$$

$$= \frac{v m_n^3}{5 \cdot 4\pi^2 \hbar^3} \left( \frac{P_F}{m_n} \right)^5 = \frac{v}{m_n^2 \cdot 5 \cdot 4\pi^2 \hbar^3} \cdot \left( \frac{N \cdot 3 \cdot 4\pi^2 \hbar^3}{v} \right)^{5/3}$$

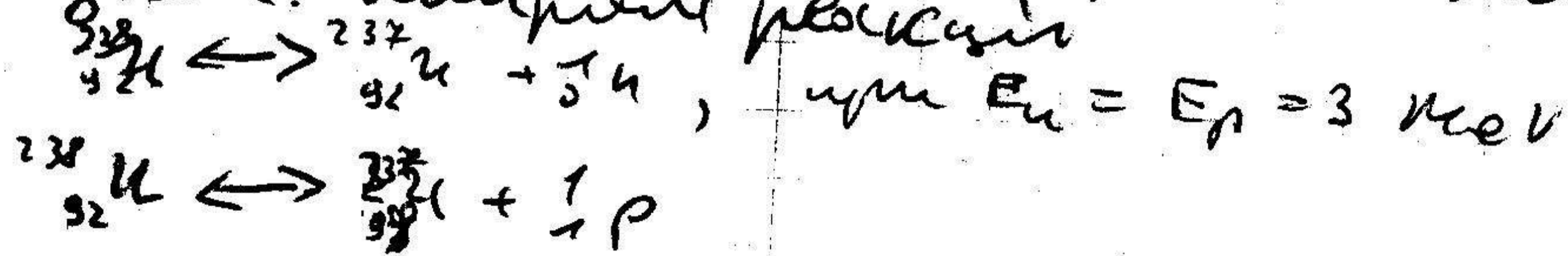
⊛ Чи можливі протонні розпади



$$Q = (m_u - m_{\text{Po}} - m_p) c^2 = 40,9 - 40,3 - 7 = -6,4$$

Q < 0  
неможливо

⊛ Визначити напрям реакції



Дет. моа  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ,  ${}_{92}^{237}\text{U}$ ,  ${}_1^1\text{H}$ ; 48,3, 45,4, 7, 3, 8 MeV

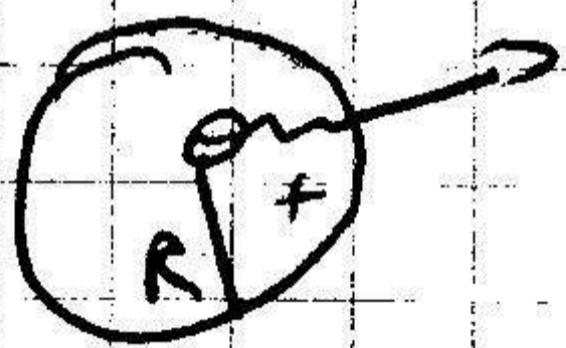
$$Q = (48,3 - 45,4 - 8) \text{ MeV} = -5,1 \text{ MeV}$$



$${}^{237}_{52}\text{U} + {}^0_1\text{n} \rightarrow {}^{238}_{92}\text{U} + \gamma$$

$${}^{237}_{52}\text{U} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{238}_{52}\text{U} + \text{p}^+ + \gamma;$$

Выводим. Масс. энерг. р-р-ности, масса  
 ${}^{237}\text{U}$  то  ${}^{237}\text{p}$  масса  $\Delta m = 45,3, 47,7$  Мев  
 масса  $\text{U}$ , масса. энергии.



$$u_R = e q \int \frac{4\pi r^2 \rho dr}{r} = 2\pi R^2 e \rho;$$

$$\rho = \frac{e^2}{\frac{4\pi}{3} R^3}; \quad u_R = \frac{3e^2}{2R};$$

$$u = \frac{e^2}{R}$$

$$\sum u_R = u_R + u = \frac{3}{2} \frac{e^2}{R} + \frac{e^2}{R} = \frac{5}{2} \frac{e^2}{R}$$

$$Q = (\Delta m_{\text{p}} - \Delta m_{\text{U}}) c^2 = 47,7 - 45,3 = 2,4 \text{ MeV};$$

$$T_T = Q - \sum u_R = 2,4 \text{ MeV} - \frac{e^2}{R} = \frac{5}{2}$$

Ядро сферич.  $\rho$  и радиус  $R$  нейтр.  
 Да увеличим сферич. область, при этом в ядре  
 прот. и нейтр. чтоб их число на единицу ядра  
 было одинак.

$$\rho(r) = \frac{V}{4\pi r^3} \rho^2 - \text{масса. энерг. на ион.}$$

$$N = \int_0^{R_{\text{F}}} \frac{V_{\text{H}}}{4\pi r^3} \rho^2 dr = \frac{V_{\text{H}}}{34\pi^2 r^3} R_{\text{F}}^3; \quad V_{\text{H}} - \text{масса ион. нейтр.}$$

$$2 = \frac{V_{\text{P}}}{34\pi^2 r^3} R_{\text{F}}^3; \quad R_{\text{F}} = \left( \frac{234\pi^2 r^3}{V_{\text{P}}} \right)^{1/3}$$

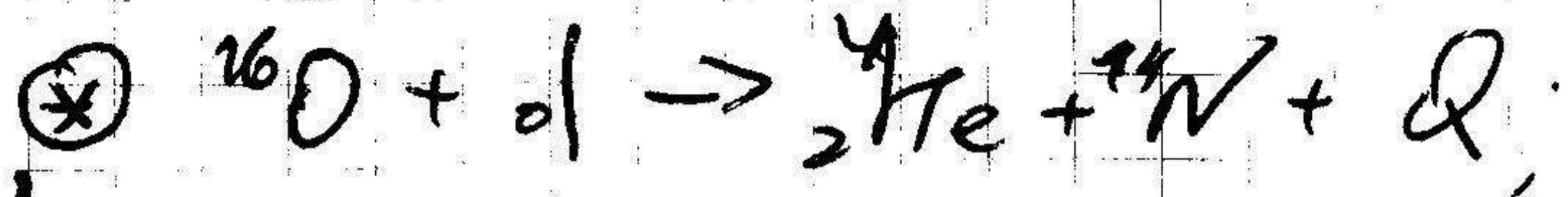
$$E_{\text{FP}} = \frac{R_{\text{F}}^2}{2m_{\text{p}}} = \frac{1}{2} \left( \frac{234\pi^2 r^3}{V_{\text{P}}} \right)^{2/3} \cdot \frac{1}{m_{\text{p}}};$$



$$P_{\text{TRACK}} = \frac{\partial E}{\partial V} = -\frac{1}{2m_p} (2 + 3 + \frac{2}{h} + 3)^{2/3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{V_p^{5/3}}$$

$$\frac{2^{2/3}}{2m_p} (3 + \frac{2}{h} + 3)^{2/3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{V_p^{5/3}} = \frac{N^{2/3}}{2m_n} V_n^{-5/3} \cdot \frac{2}{3} \cdot (3 + \frac{2}{h} + 3)^{2/3}$$

$$\left(\frac{V_n}{V_p}\right)^{5/3} = \frac{N^{2/3}}{2^{2/3}} \cdot \frac{m_p}{m_n} \quad , \quad \frac{V_n}{V_p} = \left(\frac{N}{2}\right)^{2/5} \cdot \left(\frac{m_p}{m_n}\right)^{3/5}$$



$Q, T_0, T_{\text{He}}, T_{\text{N}}$

$$(m_{\text{O}} + m_{\text{d}}) c^2 = (M_{\text{He}} + M_{\text{N}}) c^2 + T_0 + T_{\text{He}} = Q = T_{\text{N}} + T_{\text{He}}$$

$$T_{\text{He}} = Q - T_0 + (M_{\text{He}} + M_{\text{N}} - m_{\text{O}} - m_{\text{d}}) c^2$$

⊗  $\text{количество } ^{235}\text{U} \text{ и } ^{238}\text{U} \text{ соотв. } 0,7\% \text{ и } 99,3.$

$$T_1 = 7 \cdot 10^8 \text{ (лет)}, \text{ и } T_2 = 4,5 \cdot 10^9 \text{ (лет)}$$

$$\frac{n_1}{n_2} \text{ через } t = 10^8 \text{ и } 2 \cdot 10^8; \text{ соотв. } n_1 = n_2$$

$$n(t) = n_0 e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$\lambda_1 = \frac{\ln 2}{7 \cdot 10^8} \approx 9,9 \cdot 10^{-10} \text{ лет}^{-1}; \quad \lambda_2 = \frac{\ln 2}{4,5 \cdot 10^9} \approx 1,54 \cdot 10^{-10}$$

$$\frac{n_1(t_0 - t)}{n_2(t_0 - t)} = \frac{n_{01} e^{-\lambda_1 t}}{n_{02} e^{-\lambda_2 t}} = \frac{n_{01}}{n_{02}} e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t}$$

$$= \frac{0,7}{99,3} = 7,04 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{n_1(t_0 - 10^8)}{n_2(t_0 - 10^8)} = 7,04 e^{(9,9 \cdot 10^{-10} - 1,54 \cdot 10^{-10}) \cdot 10^8} = 7,65 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{n_1(t - 2 \cdot 10^8)}{n_2(t - 2 \cdot 10^8)} = 8,32 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{n_1(t_0 - t)}{n_2(t_0 - t)} = 1 = 7,04 \cdot 10^{-3} \cdot e^{8,36 \cdot 10^{-10} t}$$

$$t = 6 \cdot 10^9 \text{ лет}$$