

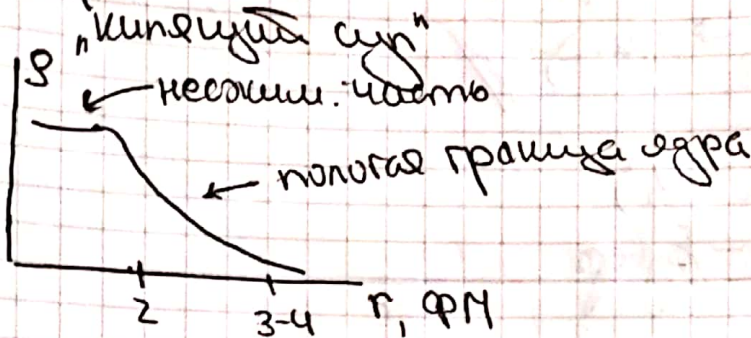
Семинар 11 (16.11.20)

Уд. модел. Рад-ть

① Идем втуль ва. $\Delta r, \Delta E$
 атом $\sim \text{эВ} \sim 10^{-8} \text{ см}$
 ядро $\sim \text{МэВ} \sim 10^{-12} \text{ см}$

нейтрон-из кварков

Ядро - нейтрон, вращ. с уд. силами, завис. от распр-я спинов, скоростей, "петляшки" ($p \rightarrow n \rightarrow p \dots$).



② $R_0 = 1,1 - 1,3 \sqrt[3]{A} \text{ фм}$ - р-р ядра (диаметр)

$$E_p \sim \frac{p^2}{2m} \sim \frac{\hbar^2}{8mR_0^2} \sim \hbar^2 \frac{m}{8m} \left(\frac{a_B}{R_0} \right)^2 \sim 6 \text{ МэВ} \leftarrow \text{подг. экв. / перел.}$$

\uparrow 3 шер 13,6 эВ $\frac{1}{1000}$ $\frac{0,5 \text{ А}^\circ}{1 \text{ фм}}$ - бор

$n \rightarrow p + e + \text{антинейтрино}$

$M_n > M_p$

$\tau_n \sim 10 \text{ мин}$, p-стабилен

Для легких ядер ${}^6_6\text{C} \dots p = n$. ($p \leftrightarrow n$)

ядро из p - меньше по массе, но там уплотн.

\Rightarrow в ядре p и n.

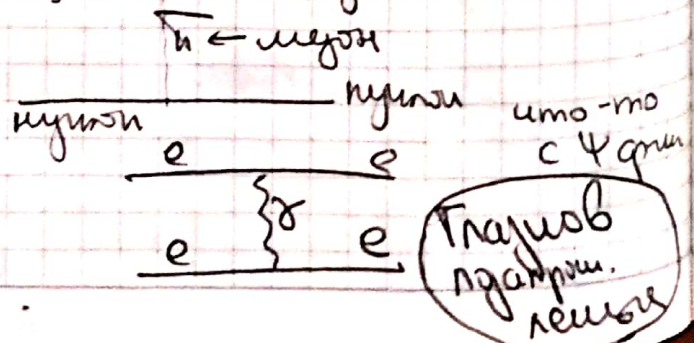
$E_{\text{св}} \sim \text{МэВ} \Rightarrow$ неуст.

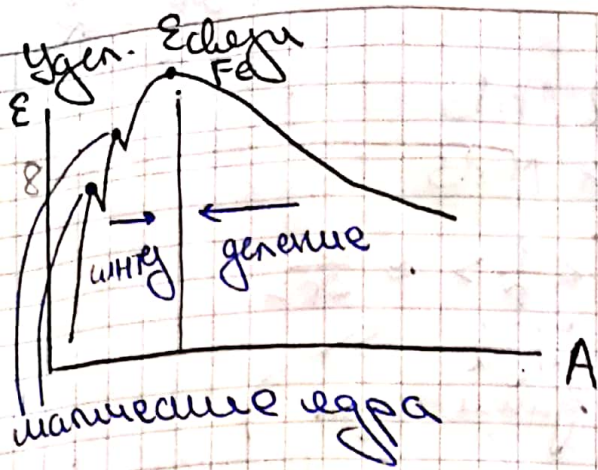


экв. бор и

электрон. вращ. - e

диаграмма Редмана





- $E/A \sim 0,85 \text{ МэВ/нуклон}$
- Вспирни при распаде тяжелых ядер $\sim \text{МэВ/нуклон}$
- $\sim 7-8 \text{ МэВ/н-н}$
- - вспирни при синтезе легких ядер
- Токкамак синтез термических ядер

Росатан: ядер. реакторы деления

Но: при синтезе более широк, дают больше E .
но тратится слишком много E на создание плазмы для синтеза. \hookrightarrow выигрывает деление

Созд-я р-ра ядра

Рез-т: $\sim 1/1000$ α -частиц отп. назад \hookrightarrow
 $\hookrightarrow 10^{-14} \text{ м} - 10^{-15} \text{ м}$

Задача на какое мин. расстояние придти к ядру α -частица в опыте Рез-ра

$r > R_{\text{ядра}} \hookrightarrow$ яд. шит еще не раб \hookrightarrow Кулон

$$R = \frac{2Ze^2}{E_\alpha} = \frac{e^2}{2a_B} \cdot \frac{480}{5 \cdot 10^6} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-14}}{\text{рад. вора}} \sim 2 \cdot 10^{-15} \text{ м.}$$

α -чаб. рад. вора рад. вора хар. рад-с ядра

$$\frac{h}{\sqrt{2mE_\alpha}}$$

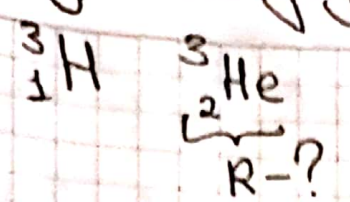
волна де Бройля α -чаб

\hookrightarrow ядро - ивант. штилка.

7.6

успешно зад. уст. жу

2 нуклона в ядре. ед. силой отталкивают



разница $E_{\text{св}}$:
 $E_{\text{H}} = 8,482 \text{ МэВ}$
 $E_{\text{He}} = 7,718 \text{ МэВ}$

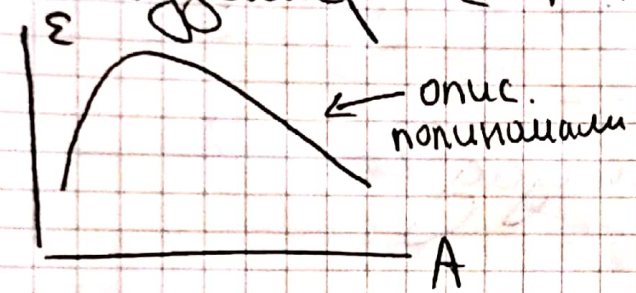
$\Delta E = E_{\text{нукл.}} = \int \psi^* \frac{e^2}{r} \psi dr = e^2 \cdot \overbrace{\langle \frac{1}{r} \rangle}^{\substack{\text{итого 2} \\ \text{ядр. нукл.}}} \approx \frac{e^2}{\langle r \rangle}$

$R_{\text{ядра He}} = \langle r \rangle = \frac{e^2}{E_{\text{H}} - E_{\text{He}}} \approx 2 \cdot 10^{-13} \text{ см}$

(распр. Маделунга в средние отл. ядер. ~ 1)

③ Капельная модель ядра

Вальдземмер



← послед. несут

$E = \underbrace{a_1 A}_{\substack{\text{класс} \\ \text{явеш. спав.}}} - \underbrace{a_2 A^{2/3}}_{\substack{\text{пов. нуклонов} \\ \text{(пов. кат-е нуклонов} \\ \text{в ядре пов.)} \\ \text{невыгодные уст.}}} - \underbrace{a_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}}}_{\text{Кулон.}} - \underbrace{a_4 \frac{e(A-Z)^2}{A}}_{\substack{\text{симметр. спав.} \\ \text{дородная стабил.-ядер.}}} + \underbrace{k \delta A^{-3/4}}_{\text{спин-спин. вращ.}}$

период полн. капли
пред. число Z и A для разг.

(Z=250-300 - плохо Z)

послед. стабил. ядро Pb

Задача из физ.

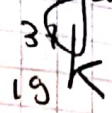
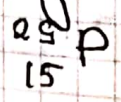
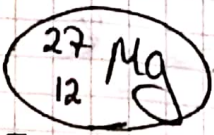
уст. изобар: $\partial E_{\text{св}} / \partial Z = 0$
 $A = \text{const}$

$$Z = \frac{A}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{a_3}{2a_2} A^{2/3}}$$

спин-спин. вращ.
уст. чет. число n
 $k = \begin{cases} -1 & \text{неч. неч.} \\ 0 & \text{неч./чет./неч.} \\ 1 & \text{чет. чет.} \end{cases}$

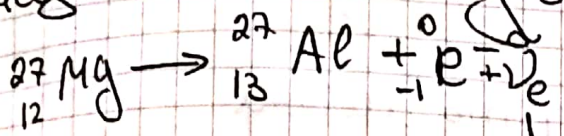
β-распад ↔
ядро-изобара

75 Зоуст. ядра шодарин? не оч. табил
 Характер активности меч. я-е А дано



$$Z = \frac{A/2}{1 + 7.5 \cdot 10^{-3} A^{2/3}} = \frac{13.5}{1 + 7.5 \cdot 9 \cdot 10^{-3}} = 12.7 \rightarrow 13 \leftarrow \text{Al}$$

неуст. числа Т. Менд-ва: рақие цотопи?

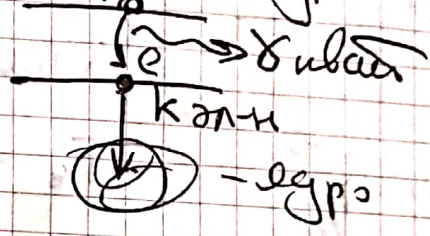


β^- распад
эл. антинейтрино

β^+ распад, β^- распад, α распад

эл-н в ядре (код)
экран ядра

эл-н
внешн
уровн
пад. на
освобожд.
и



④ Ед-чи радиоактивности

Второе выдано нек. числами (4)

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

активность
радиоизотопа

эксп. доза - в год е на сч.
число ор.
париров

менее верн
1, но выдано
наруж. ед.
вредн
ор
пол. доза
число пол. е

взвеш. от $T_{1/2}$ можно испед. древние слои земли,
пиримедн и т.д.

ВПВ-датировка

7.32

 ^{14}C $T = 5700 \text{ лет.}$ $N = 10^4 \text{ распадов}$ засчет
бомбардировки косм. лучами.

$$\Delta N \sim \sqrt{N} \cdot 10^2_{\text{расп.}} \Rightarrow \frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} \approx 1\%$$

погр. (число измерений)

погр. метода

$$\tau_{\text{mm}} = \frac{0,01 \cdot 142}{\ln 2} \approx 100 \text{ лет.}$$

(у ОВЧ - другие цифр - не надо там)

7.20

 ^{234}U \leftarrow ^{238}U U

матри.

 $T_4 - ?$

$$\frac{N_4}{N_8} = 5,5 \cdot 10^{-5}$$

$$T_8 = 4,5 \cdot 10^7 \text{ лет.}$$

равн-е при равнов. распаде:

$$^{238}\text{U}: \frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1, N_1 = N_{01} e^{-\lambda_1 t}$$

$$^{234}\text{U}: \frac{dN_2}{dt} = \underbrace{\lambda_1 N_1}_{^{238}\text{U расп.}} - \underbrace{\lambda_2 N_2}_{^{234}\text{U расп.}} = N_{01} \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 N_2 - 0$$

$$\Rightarrow N_2 = \frac{\lambda_1 N_{01}}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t}) + \underbrace{N_{02} e^{-\lambda_2 t}}_{0 - \text{в начале } ^{234}\text{U} = 0}$$

 $t \rightarrow \infty$ (с доп. взривом)

$$\lambda_2 \gg \lambda_1$$

$$(T_{1/2,2} \ll T_{1/2,1})$$

можно ли прики?

$$(N_{02} \approx 0)$$

$$\text{Вывод: } N_1 \lambda_1 = N_2 \lambda_2$$

(станд. велич. радио)

$$\frac{T_4}{T_8} = \frac{\lambda_8}{\lambda_4} = \frac{N_4}{N_8}$$

$$T_4 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ лет}$$

$$\frac{\lambda}{T_8} \Rightarrow \text{можно оправд.}$$

 $10^9 \text{ лет} - \text{вот ради. время}$

период жизни ^{14}C
 1) много U
 2) все странн-много
 Найдется $\text{U} \Rightarrow \uparrow \uparrow$ много
 радиоакт. C

⑤ Оболочечная модель ядра

n-фермии \hookrightarrow не ш.мах. в 1 сост.

Попитки \neq в пот-ле аналог. атомну.

$$\Delta \Psi + \frac{\Delta m}{\hbar^2} [E - U(x, y, z)] \Psi = 0$$

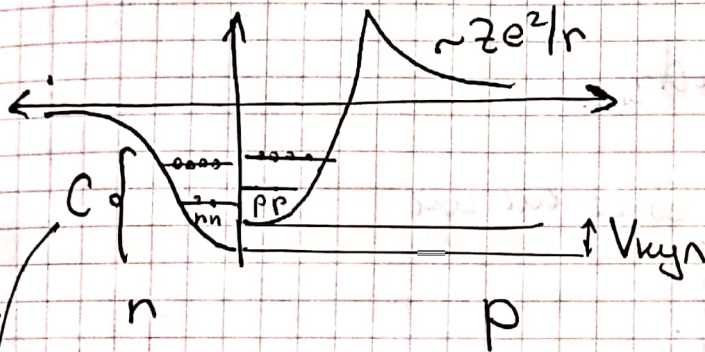
уш. пол-е n \hookrightarrow уш. U - сполно

\neq ивадр. пот-л (в мале мт паравлич.)

$$U = U_0 + \frac{m\omega^2 r^2}{2}, \quad r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

разг. перем...

$$E = -U_0 + \hbar\omega(N + \frac{3}{2}), \quad N = n_1 + n_2 + n_3.$$



} 1e маг. число - He.

в сер. СК \hookrightarrow ВФ = $\Psi_{\text{рад}} \Psi_{\text{уг.}}$
 \uparrow
 $(-1)^l \dots$

спин орб. расу.

не Хунд, пот-л не уш.

чем выше в ядре, тем больше

отл. от ивадр. и тем больше LS расу

\hookrightarrow влог. орб. ив. число l

$$1 S_{1/2}$$

$l=0$

спин

n-какой расу
 витрет. S расу

(не п. ивадр. число)

LS расу

758

Опечатка! $\frac{17}{8} 0 \leftarrow M1$ $I = ?$ спин ядра
(внутр. ит ядра)
спинт. обр. е?

$$\left. \begin{array}{l} N=0 (1s_{1/2}) \\ N=1 (1p_{3/2}, 1p_{1/2}) \\ N=2 (1d_{5/2}, 2s_{1/2}, 1d_{3/2}) \\ N=3 (1g_{7/2}) \end{array} \right\} \text{заполн}$$

$$I_{\text{нач}} = 5/2$$

3. Сохр. чет и МЧ

$$I_{\text{ион}} - I_{\text{нач}} \neq j \leq I_{\text{ион}} + I_{\text{нач}}$$

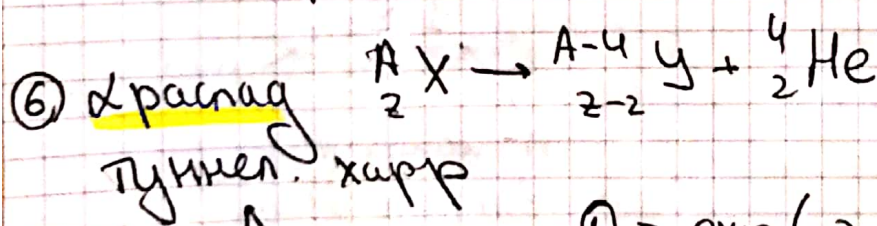
$$|I_{\text{ион}} - \frac{5}{2}| \leq 1 \leq I_{\text{ион}} + \frac{5}{2}$$

$$I_{\text{ион}} = \frac{1}{2} \times \frac{M1}{I_{\kappa} = 3/2} \vee \rightarrow 1d_{3/2}$$

если E1, то наруши ЗСЧ \rightarrow более вы. чет.

$$P_{\text{ион}} P_{\text{нач}} = \begin{cases} (-1)^j \leftarrow E_j \\ (-1)^{j+1} \leftarrow M_j \end{cases}$$

$$\begin{matrix} (-1)^2 & (-1)^2 & = & (-1)^2 \\ \text{"} & \text{"} & & |M| \\ 1 & 1 & & \end{matrix}$$



$$Q = \exp\left(-2 \int_r^R \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} \left(\frac{4Ze^2}{r} - E\right)} dr\right) =$$

$$\text{выс. барьер} = \pi \sqrt{2m} 2(Z-2)eR$$

Гейгер-Нестон

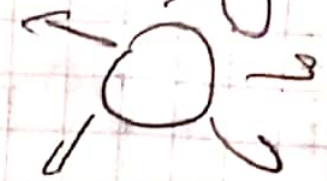
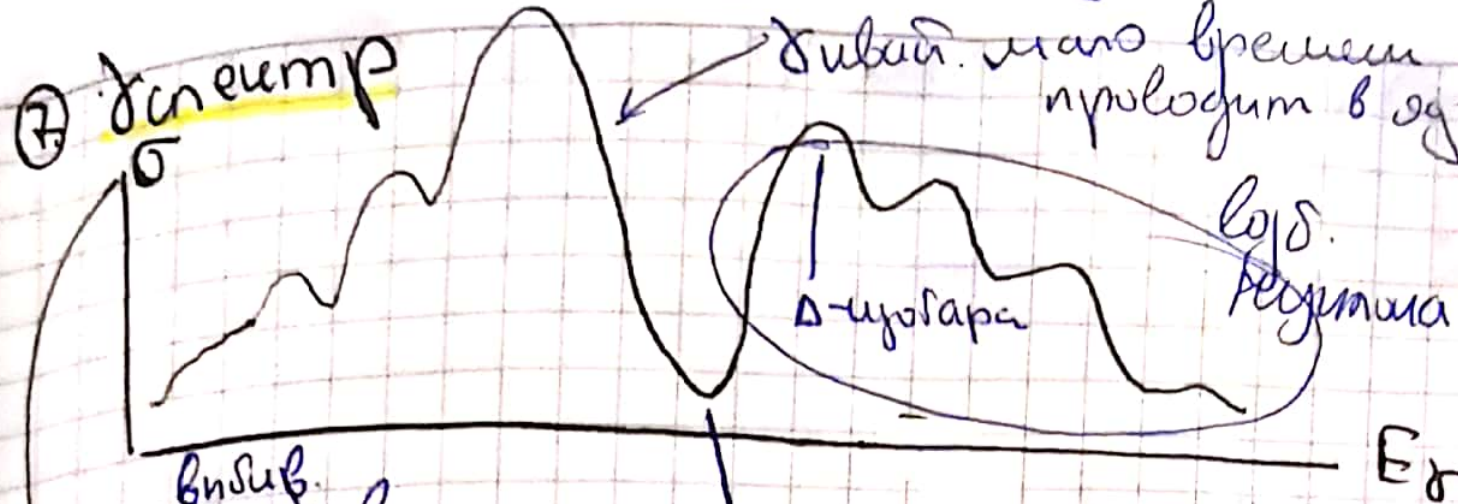
$$\ln T_{\alpha} = \alpha \frac{Z}{\sqrt{E_{\alpha}}} + b$$

тенденция, число откл. от реал. в нешир.

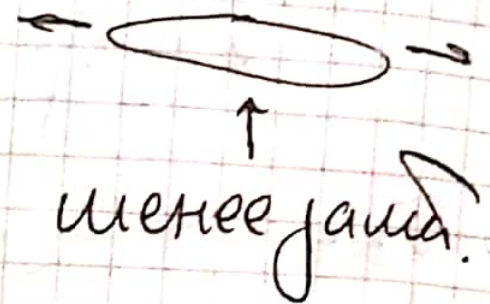
знаю, но не шату, дубль и е все факт. на ГН

пикант. $\text{dip}(E1)$ $\mu\text{y-c}$ — все р и п ~~из~~
 кол. в районе δ ,
 но dip ед. мн.

⑦ спектр



$E2 \mu\text{y-c}$



сечение
 δ и π с
 ядрами.