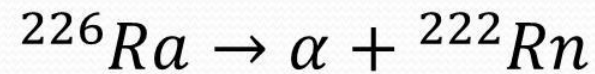


# $\alpha$ – распад

$$\alpha \equiv {}^4\text{He}$$

$$(A, Z) \rightarrow (A - 4, Z - 2) + \alpha$$



# Энергия $\alpha$ – распада

При  $\alpha$ -распаде выделяется энергия

$$Q_\alpha = M(A, Z) - [M(A - 4, Z - 2) + m_\alpha]$$

Энергия через декременты масс

$$Q_\alpha = \delta_{(A,Z)} - \delta_{(A-4,Z-2)} - \delta_\alpha$$




- $$Q_{\alpha} = T_{\alpha} + T_{\text{я}}$$

$T_{\alpha}, T_{\text{я}}$  - кинетические энергии

$$\vec{p}_A = \vec{p}_{\alpha} + \vec{p}_{\text{я}}$$

$$p_{\alpha} = p_{\text{я}}$$


$$T = \frac{p^2}{2M}$$

$$\frac{T_\alpha}{T_\beta} = \frac{M_\beta}{m_\alpha}$$



Энергия  $Q_\alpha$  делится между ядром отдачи и  $\alpha$ -частицей обратно пропорционально их массам.

$$T_\alpha = Q_\alpha \frac{M_\text{я}}{M_\text{я} + m_\alpha}$$

$$T_\text{я} = Q_\alpha \frac{m_\alpha}{M_\text{я} + m_\alpha}$$

# Условие устойчивости

Условие устойчивости ядра  $(A, Z)$  по отношению к  $\alpha$ -распаду

$$Q_{\alpha} = M(A, Z) - [M(A - 4, Z - 2) + m_{\alpha}] < 0$$

Известно свыше 300  $\alpha$ -радиоактивных ядер.

1.  $Z > 82$
2. область редкоземельных элементов ( $A=140-160$ )



- $T_\alpha = 2 \div 9 \text{ МэВ}$   
 $T_{1/2} \approx 10^{-8} \text{ с} \div 10^{20} \text{ лет}$

Закон Гейгера-Неттола (1911 г.):

Большим энергиям частиц соответствуют меньшие периоды полураспада.

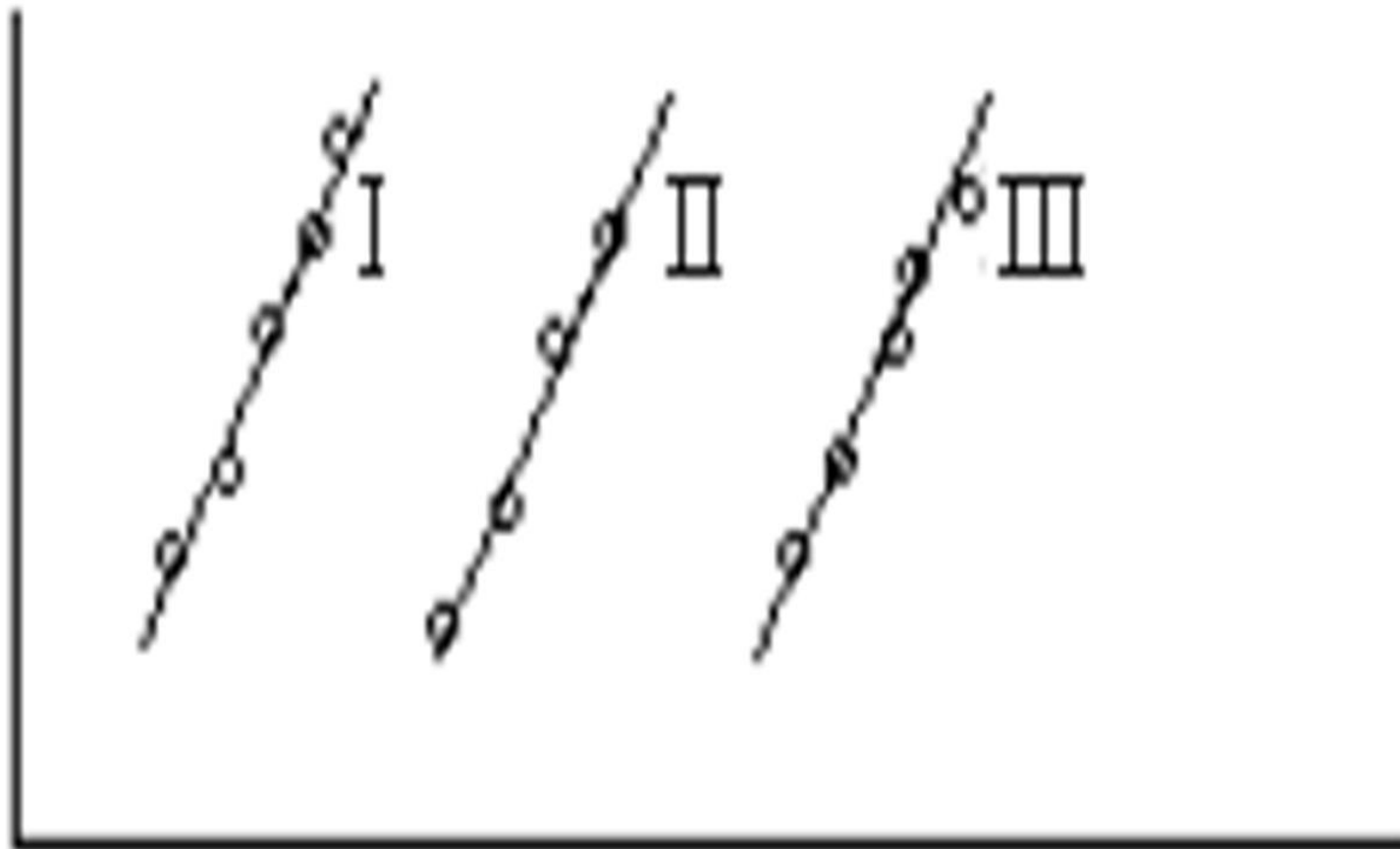
$$\ln \lambda = A \ln T_\alpha + B$$

$A, B$  – константы

$A$  – универсальна для всех  $\alpha$ -радиоактивных четно-четных ядер

$B$  – у различных радиоактивных семейств различаются.

$\ln \lambda$

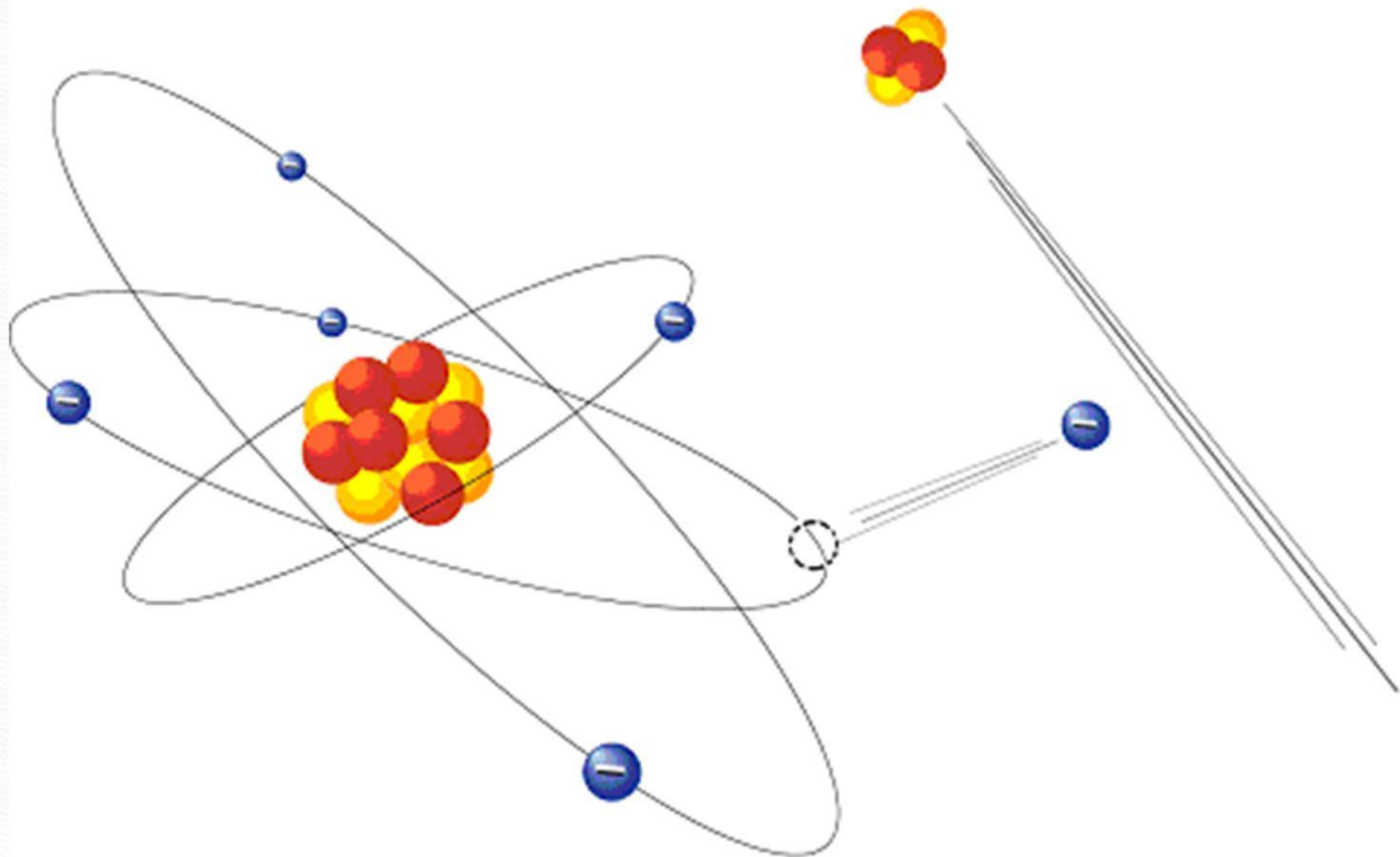


$\ln T_\alpha$



# Взаимодействие $\alpha$ -частиц с веществом

Ионизация или возбуждение атомов среды.





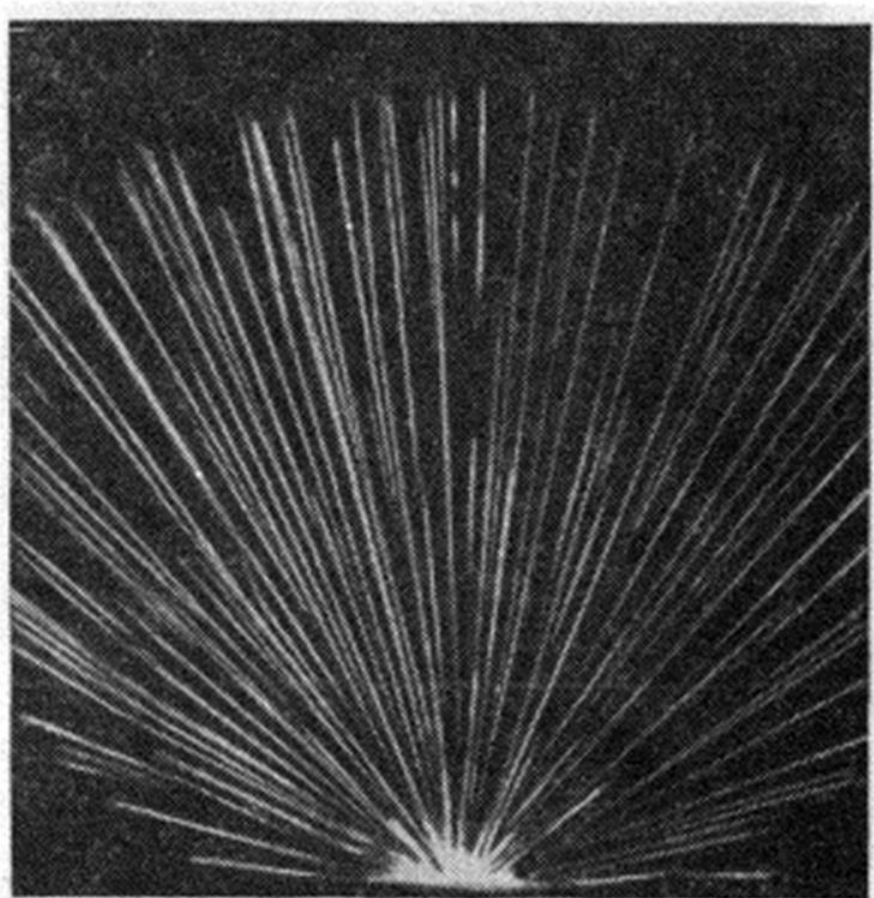
- $$N = \frac{T_{\alpha}}{\omega}$$

$N$  – среднее число пар ионов, создаваемых одной  $\alpha$ -частицей,

$T_{\alpha}$  - начальная кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы,

$\omega$  – средняя энергия, затрачиваемая частицей на образование одной пары ионов

Для воздуха  $\omega = 34$  эВ



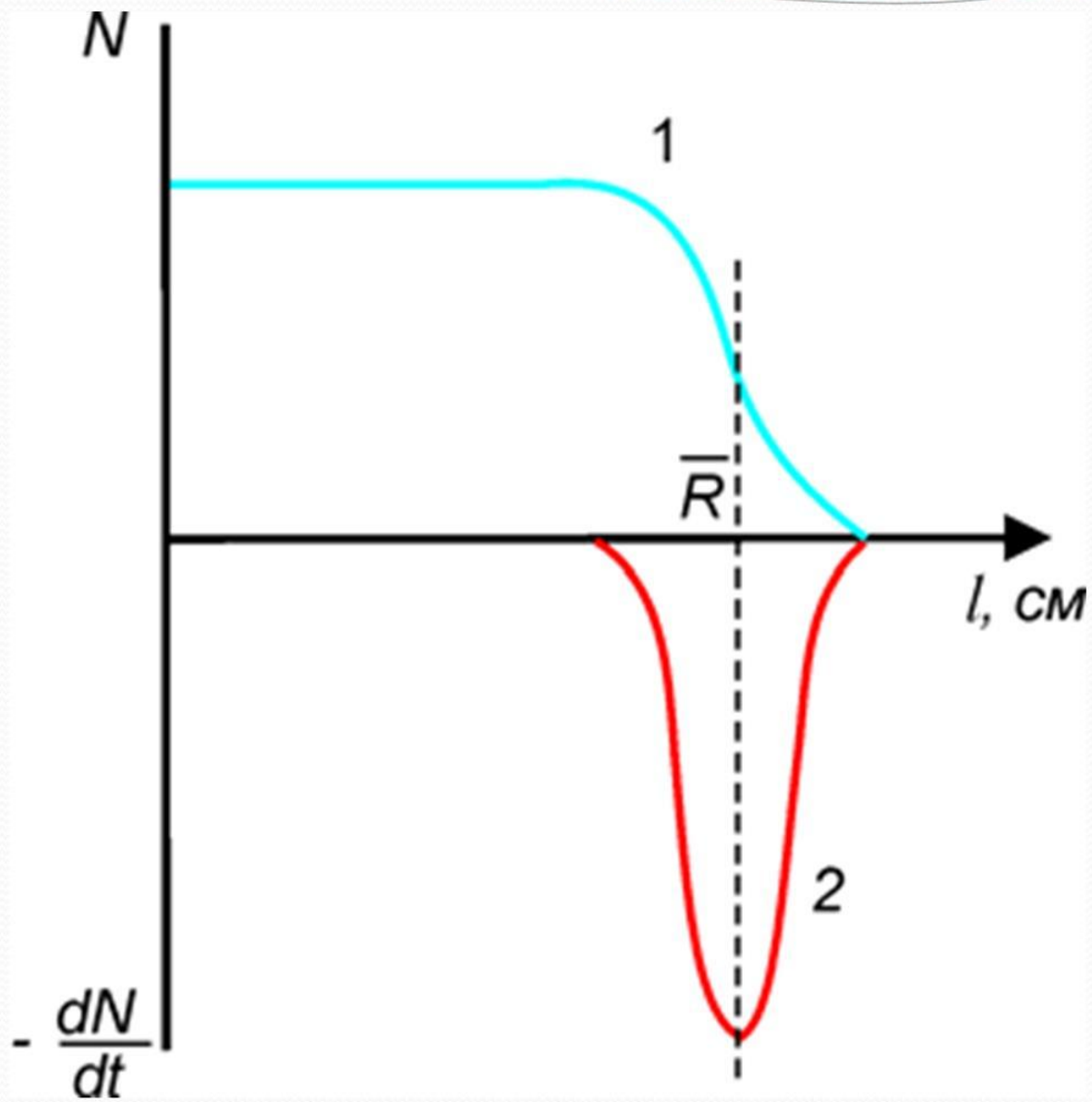


Длина пробега альфа-частиц в воздухе:

$$R = 0,31T_{\alpha}^{3/2}$$

Длина пробега альфа-частицы в веществе:

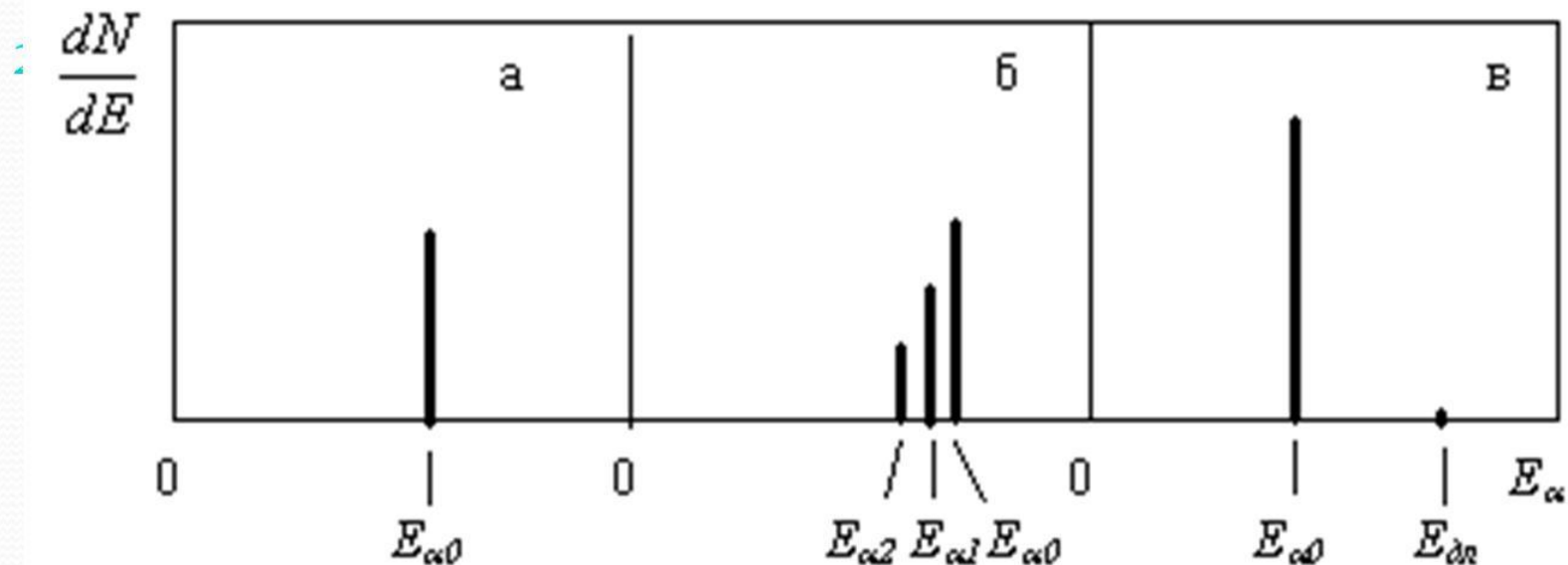
$$R_A = 0,56A^{1/3}R$$



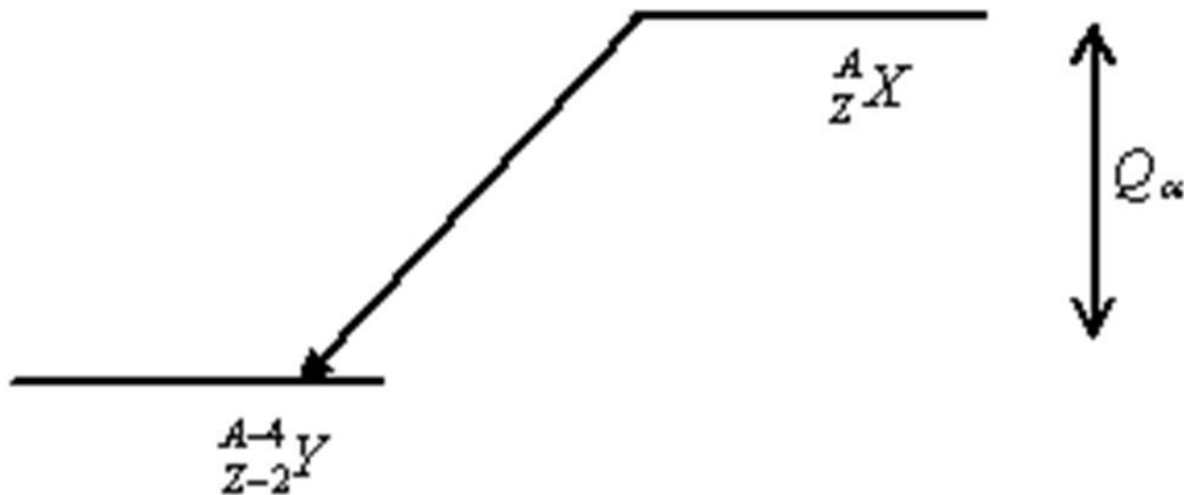


# Энергетические спектры альфа-частиц

1. Простые спектры. При распаде некоторых ядер все альфа-частицы вылетают практически с одинаковыми энергиями. Спектр изображается одним узким пиком (а)



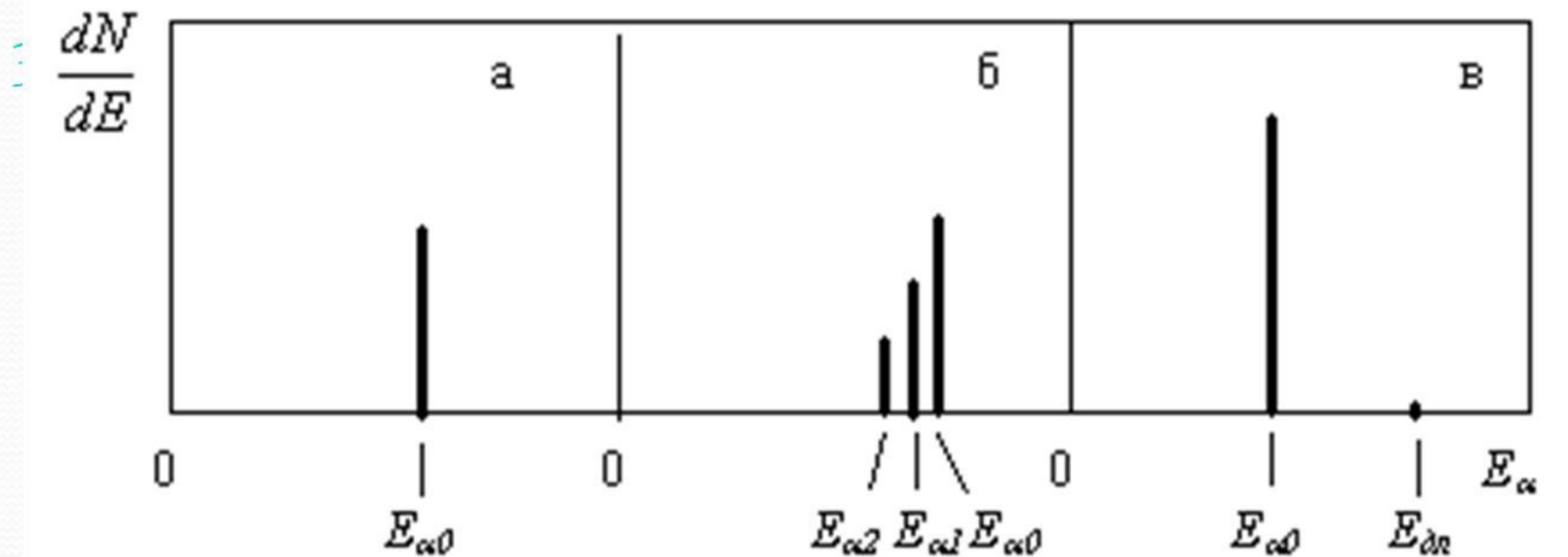
- Простой спектр  $\alpha$ -частиц получается в тех случаях, когда при  $\alpha$ -распаде оказывается возможным только прямой переход между основными состояниями материнского и дочернего ядер.



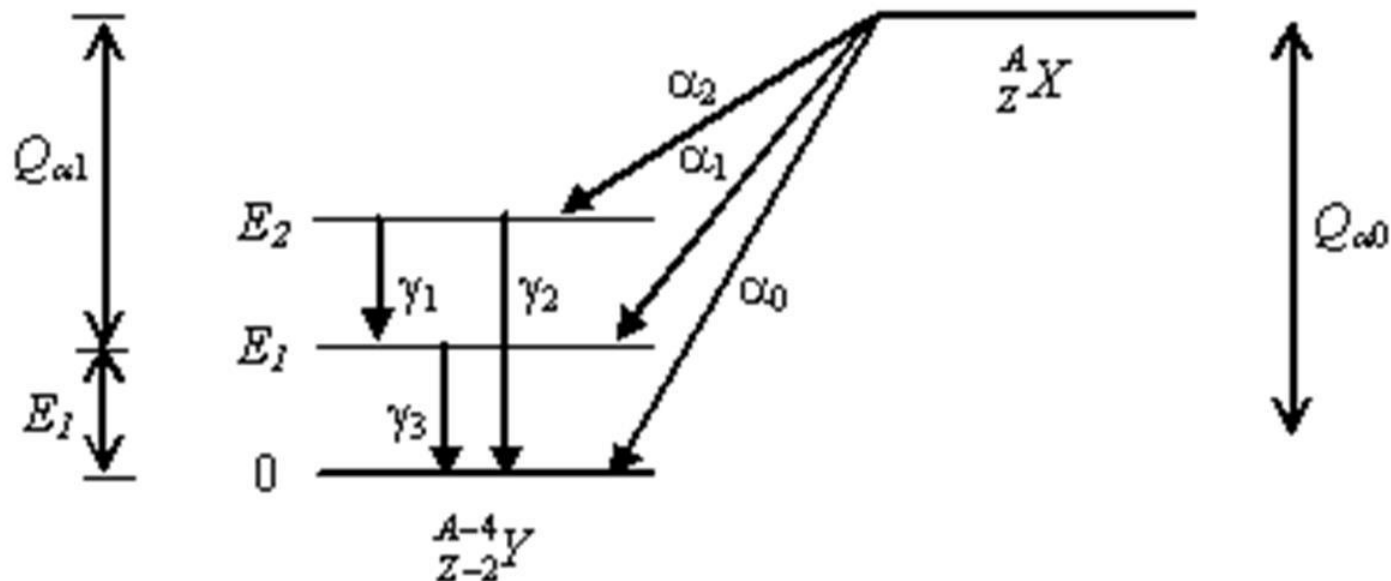


# Энергетические спектры альфа-частиц

2. Спектры с тонкой структурой. Спектр состоит из нескольких близко расположенных пиков (линий), которым соответствует несколько групп частиц с разными энергиями (б)



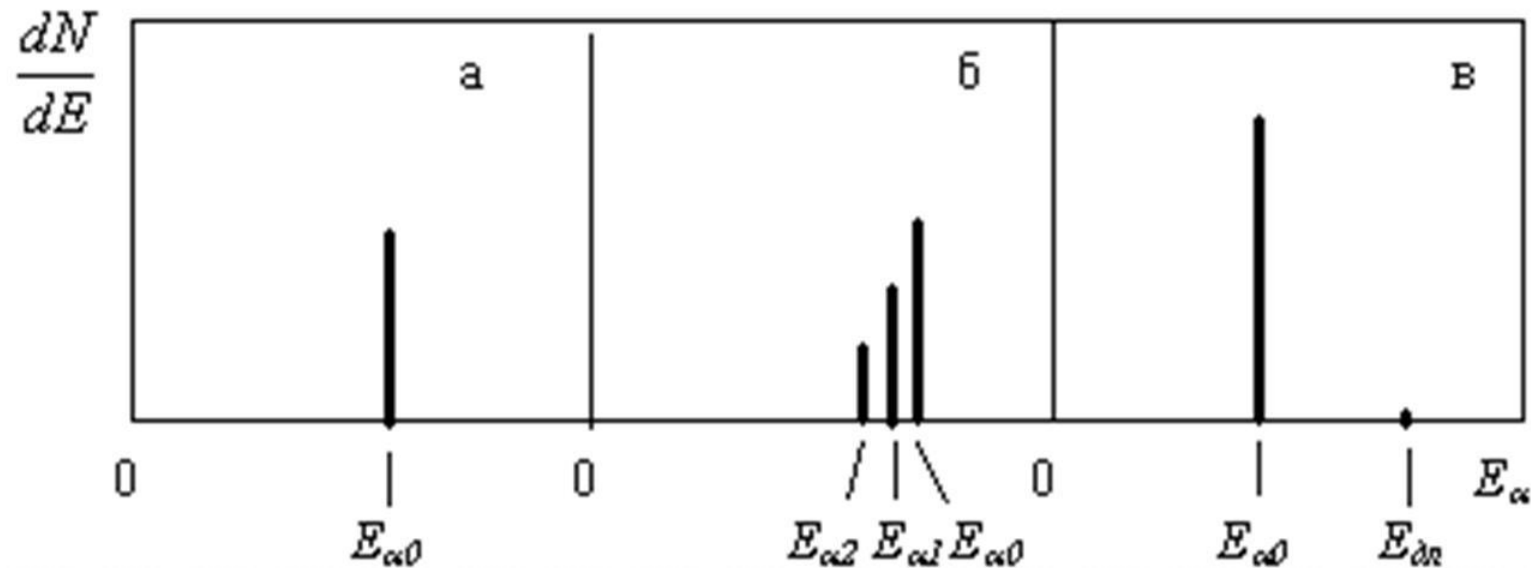
- Спектры с тонкой структурой возникают, когда дочернее ядро может образовываться как в основном, так и в возбужденных состояниях.





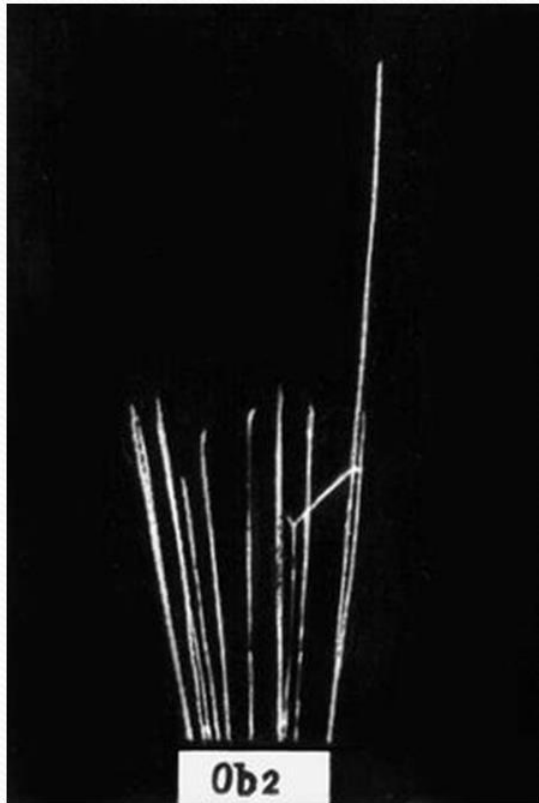
# Энергетические спектры альфа-частиц

3. Спектры с длиннопробежными частицами (в)



- 
- Спектры с длиннопробежными частицами возникают при испускании  $\alpha$ -частиц с возбужденного состояния материнского ядра.





● Фотография следа  
длиннопробежной  $\alpha$ -частицы  
(справа) от распада  $^{212}\text{Po}$

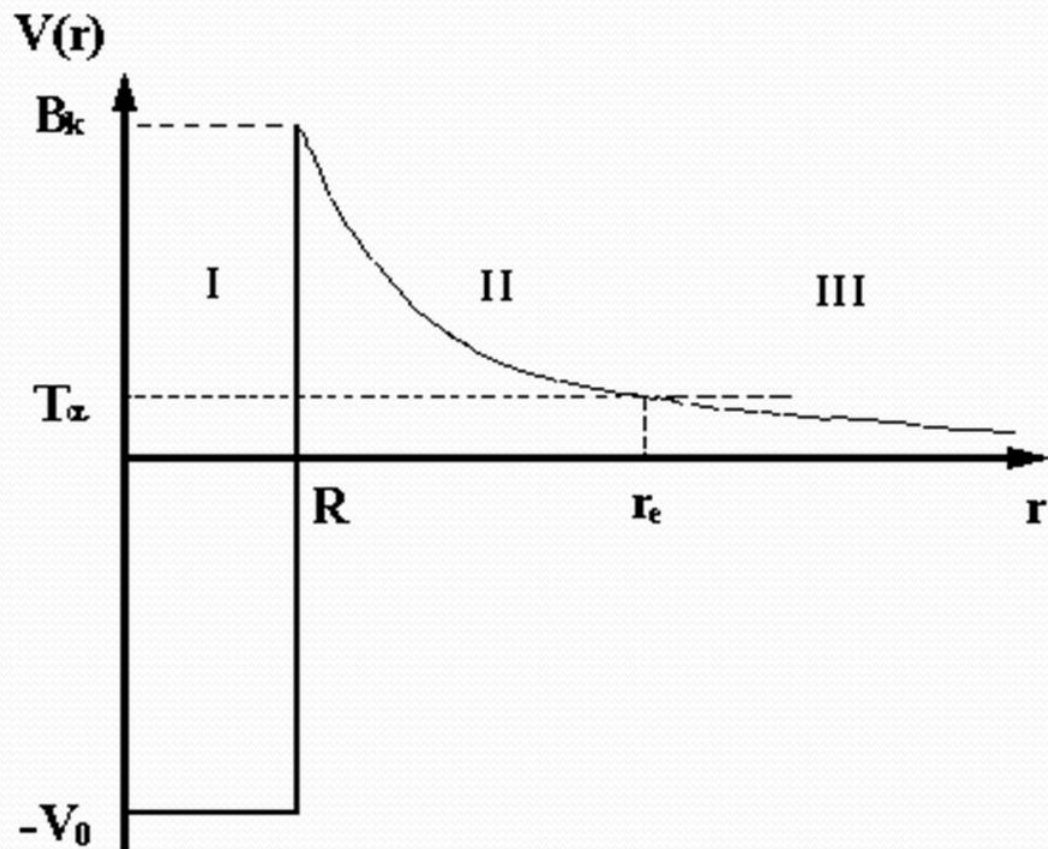
# Основы теории $\alpha$ -распада



Георгий Гамов 1928 г.

Вылет  $\alpha$ -частицы из ядра происходит в результате квантово-механического туннельного эффекта.





Зависимость  
потенциальной  
энергии  
взаимодействия  $\alpha$ -  
частицы с ядром от  
расстояния между их  
центрами.

- $$V(r) = \frac{q_\alpha q_\gamma}{r} = \frac{2Ze^2}{r}$$

Высота кулоновского барьера – максимальное значение потенциальной энергии электростатического взаимодействия частицы с ядром.

$$B_k = \frac{q_\alpha q_\gamma}{R} \approx \frac{2Z}{A^{1/3}}$$

$r = R$ , при соприкосновении частицы с ядром



Вероятность прохождения частицы через потенциальный барьер (проницаемость барьера)

$$D = \exp \left[ -\frac{2}{\hbar} \int_R^{r_e} \sqrt{2m(V(r) - T_\alpha)} dr \right]$$