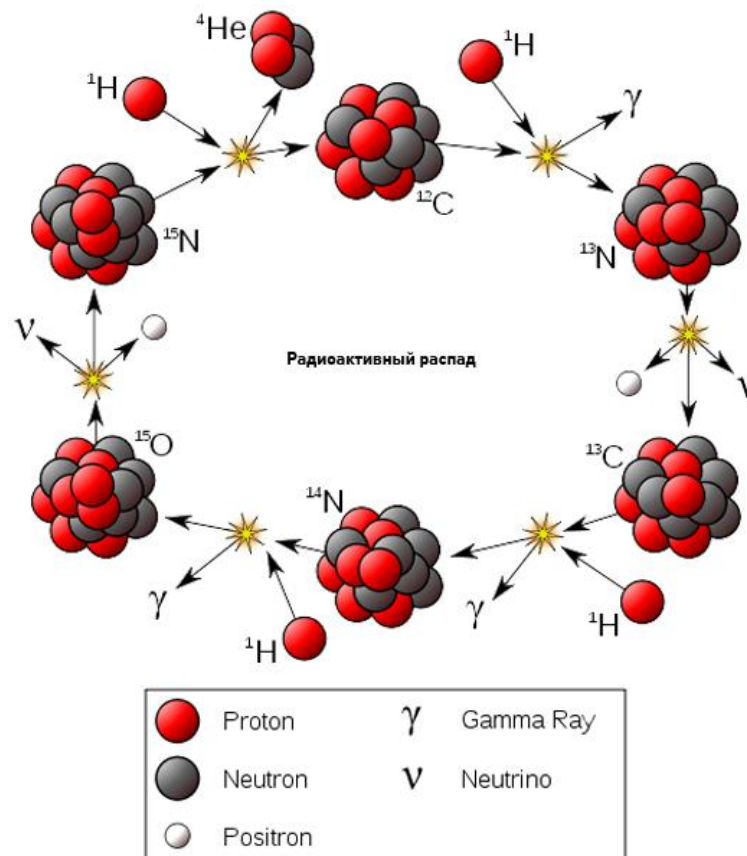


# **РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЯДЕР**

# РАДИОАКТИВНОСТЬ

**Радиоактивность** - самопроизвольное испускание веществом излучения, имеющего ядерное происхождение

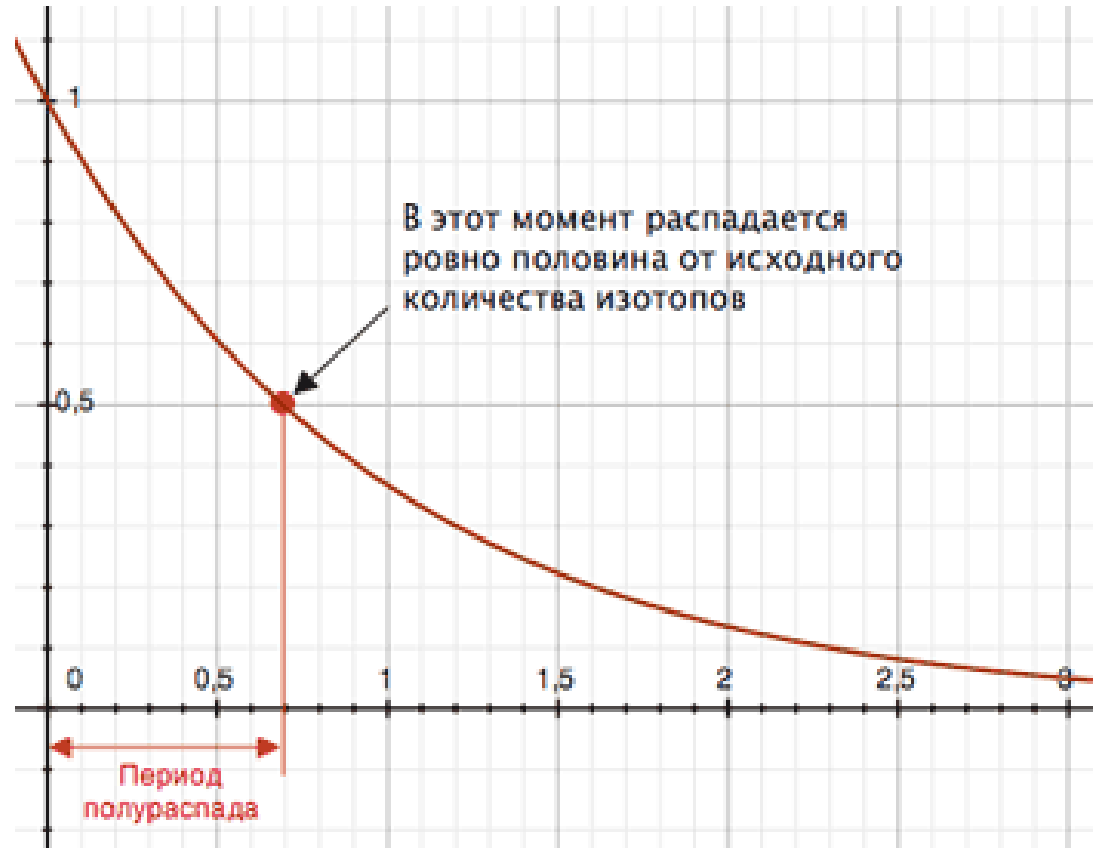
1.  $\alpha$ -распад
2.  $\beta$ -распад
3.  $\gamma$ -излучение
4. е-захват
5. Спонтанное деление



# ЗАКОН РАСПАДА

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

$$N = N_0 \exp(-\lambda t)$$



# ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПАДОВ

Среднее время жизни

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \left( -\frac{dN}{dt} \right) dt = \frac{1}{\lambda}$$

Период полураспада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Постоянная распада

$\lambda$

# НАКОПЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

$$Q = \Phi \sigma N'$$

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

$$N = \frac{Q}{\lambda} (1 - \exp(-\lambda t))$$

# СЛОЖНЫЙ РАСПАД

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -\lambda_2 N_2 + \lambda_1 N_1$$

$$\frac{dN_3}{dt} = -\lambda_3 N_3 + \lambda_2 N_2$$

.....

# СЛОЖНЫЙ РАСПАД

$$N_2 = N_{20} \exp(-\lambda_2 t) + N_{10} \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t))$$

$$N_k = N_{10} (C_1 \exp(-\lambda_1 t) + C_2 \exp(-\lambda_2 t) + \dots + C_k \exp(-\lambda_k t))$$

$$C_k = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_k}{(\lambda_1 - \lambda_k)(\lambda_2 - \lambda_k) \dots (\lambda_{k-1} - \lambda_k)}$$

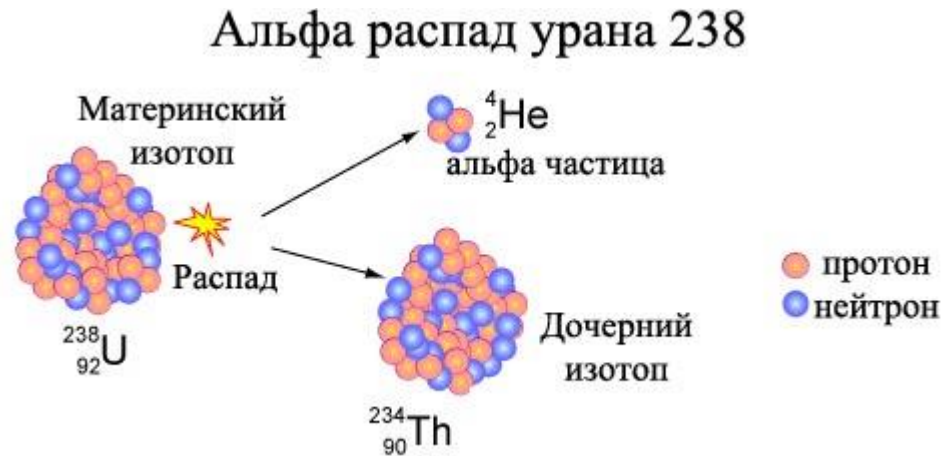
# АКТИВНОСТЬ

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

$$A = A_0 \exp(-\lambda t)$$



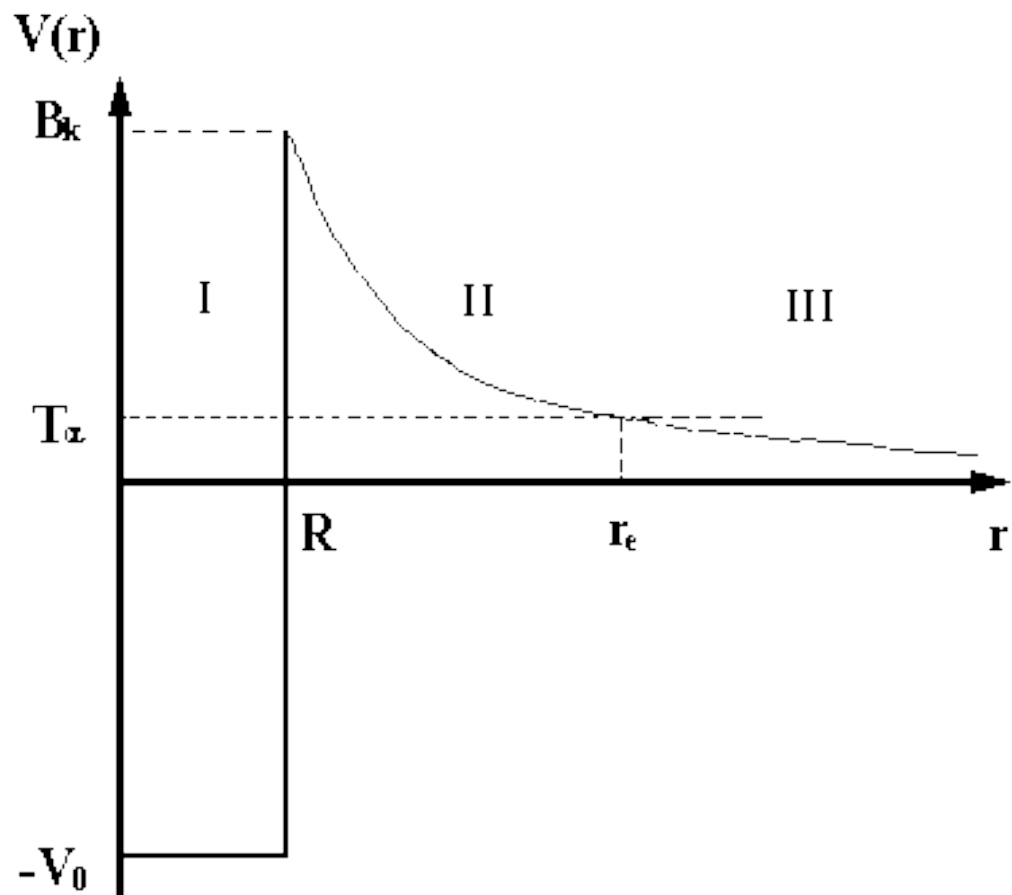
# АЛЬФА-РАСПАД



$$M(A, Z) > M(A-4, Z-2) + M_{\alpha}$$

$$E_{\alpha} = [M(A, Z) - M(A - 4, Z - 2) - M_{\alpha}]c^2 > 0$$

# АЛЬФА-РАСПАД



# АЛЬФА-РАСПАД

Прозрачность барьера

$$w = \exp\left(-\frac{2}{h}\sqrt{2M\alpha} \int_R^{r\alpha} \sqrt{V(r) - E\alpha} dr\right)$$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = a \frac{v\alpha}{R} \exp\left(-\frac{2}{h}\sqrt{2M\alpha} \int_R^{r\alpha} \sqrt{V(r) - E\alpha} dr\right)$$

# АЛЬФА-РАСПАД

Формула Гейгера-Нэттола

$$\lg \lambda = a + b \lg E \alpha$$

# РАДИОАКТИВНЫЕ СЕМЕЙСТВА

РАДИОАКТИВНЫЕ РЯДЫ (радиоактивные семейства), ряды радионуклидов, в которых каждый последующий образуется в результате радиоактивного распада предыдущего

→  $A = 4n$ :

$A = 4n + 1$ :

$A = 4n + 2$ :

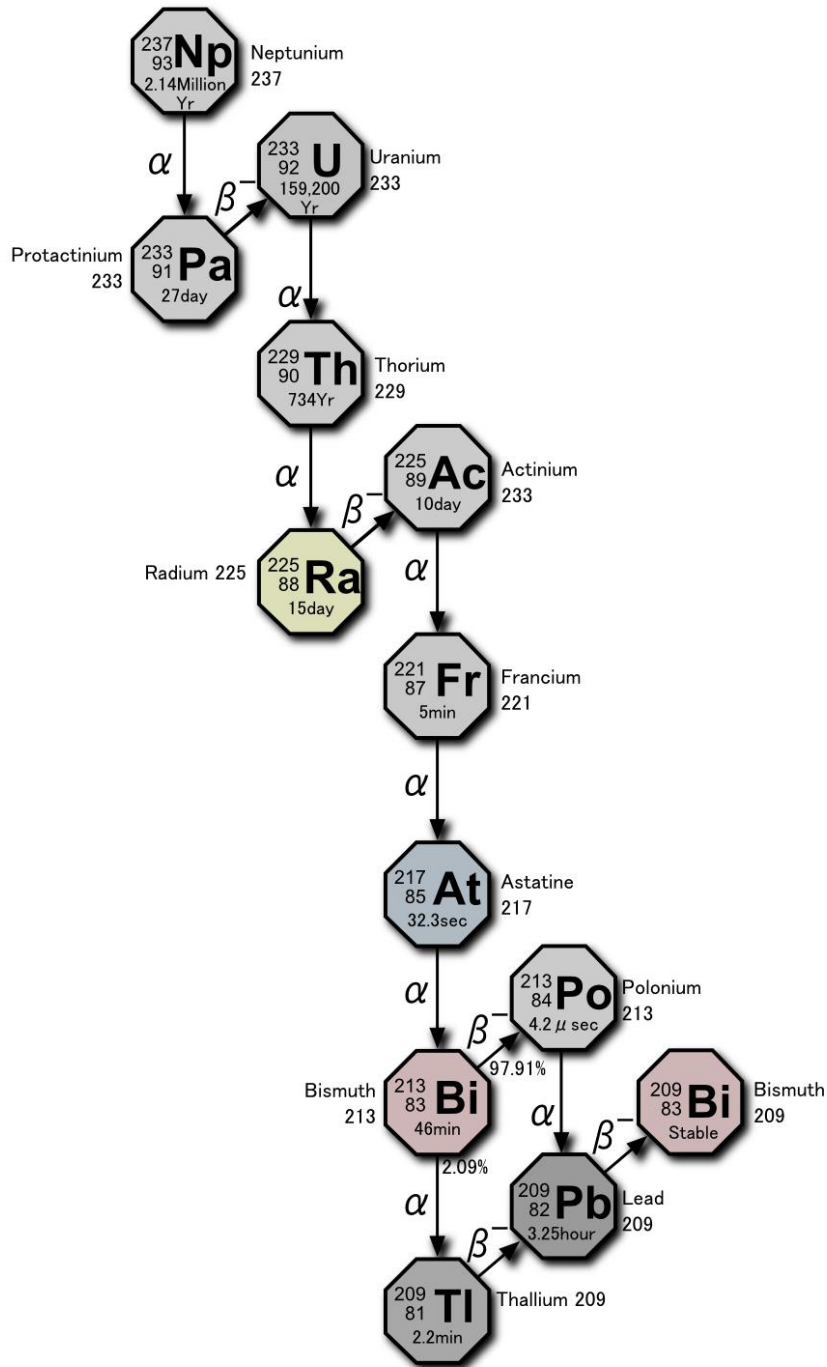
$A = 4n + 3$ :

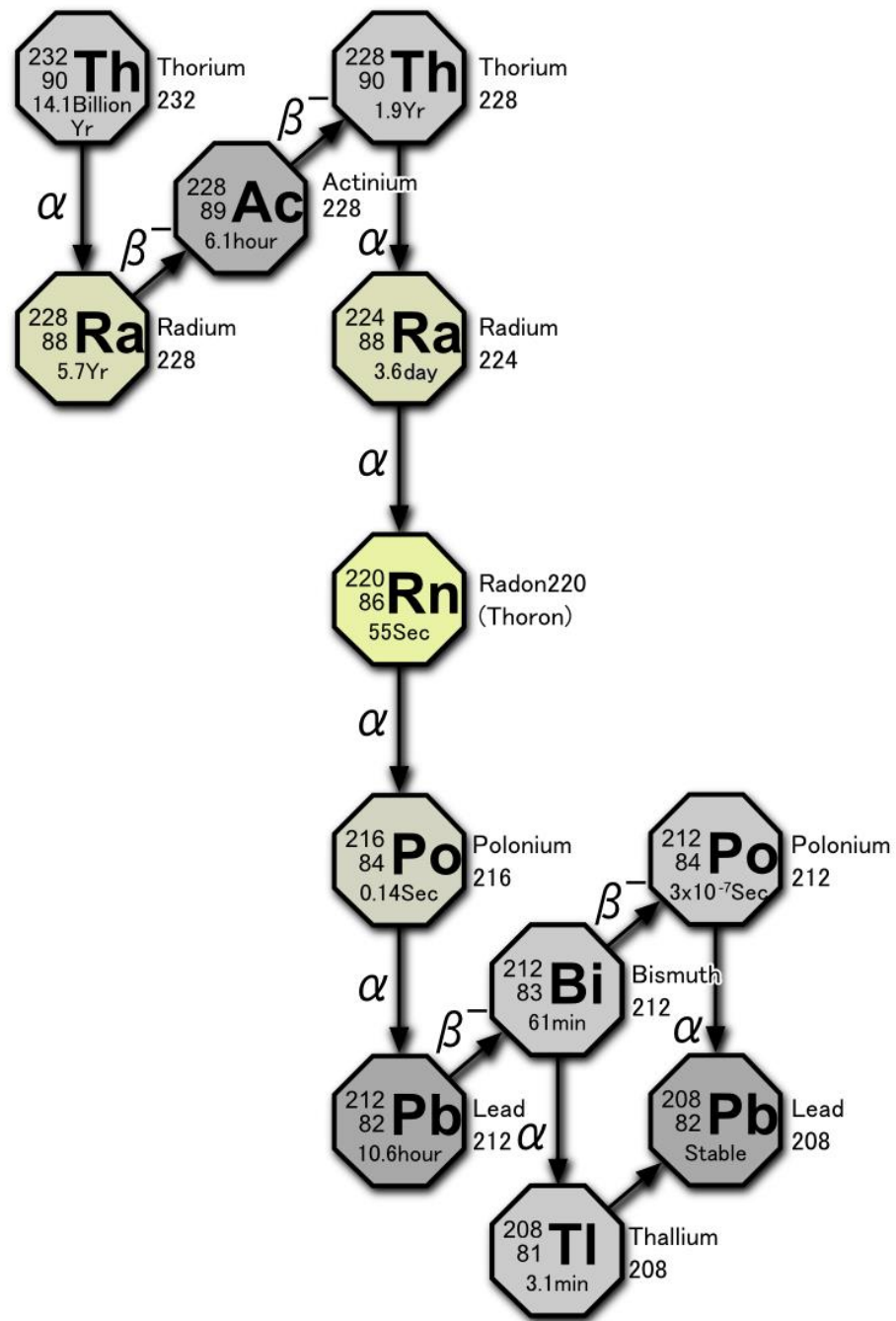
$^{232}\text{Th} \dots ^{208}\text{Pb}$ ,

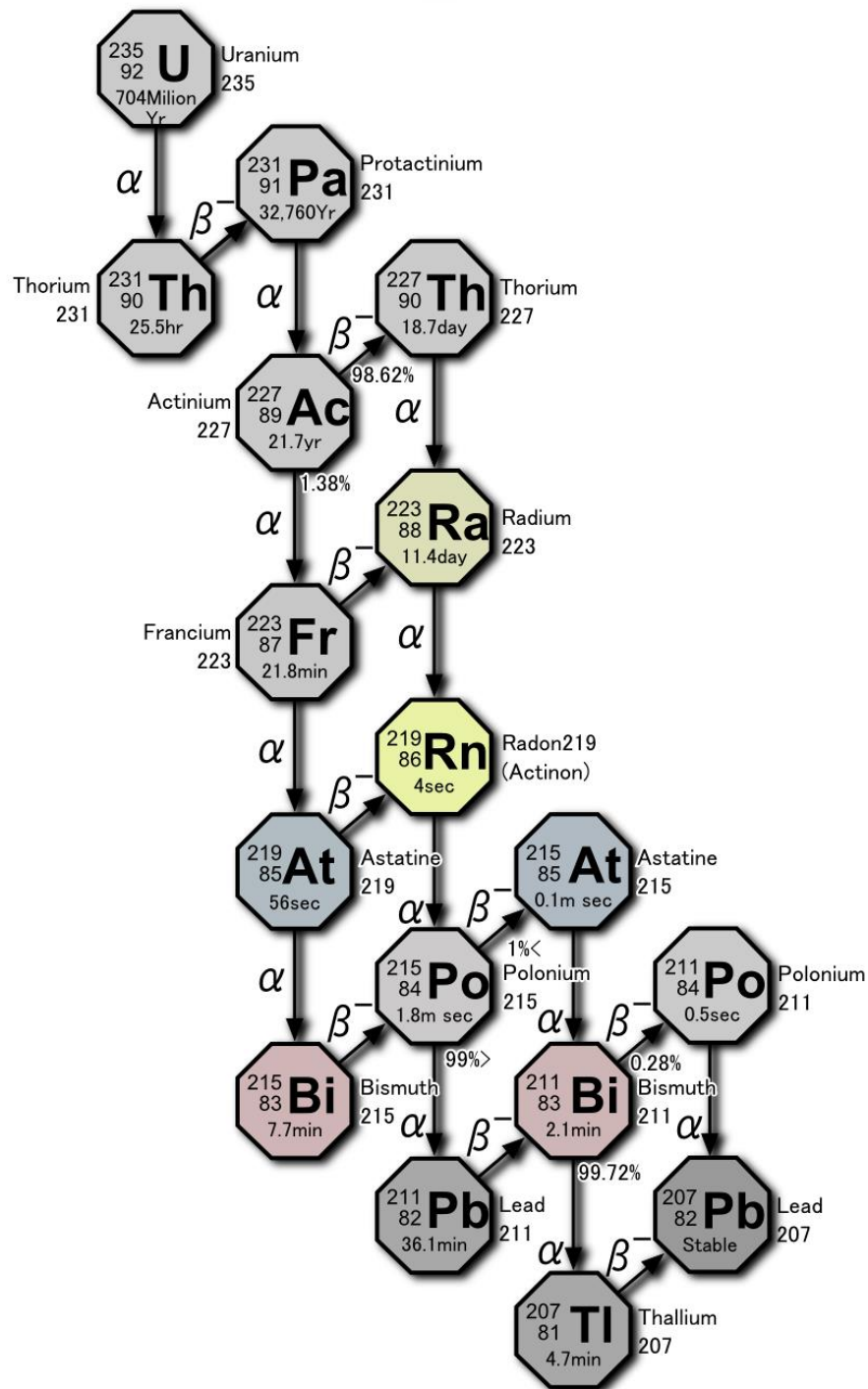
$^{237}\text{Np} \dots ^{209}\text{Bi}$ ,

$^{238}\text{U} \dots ^{206}\text{Pb}$ ,

$^{235}\text{U} \dots ^{207}\text{Pb}$ .

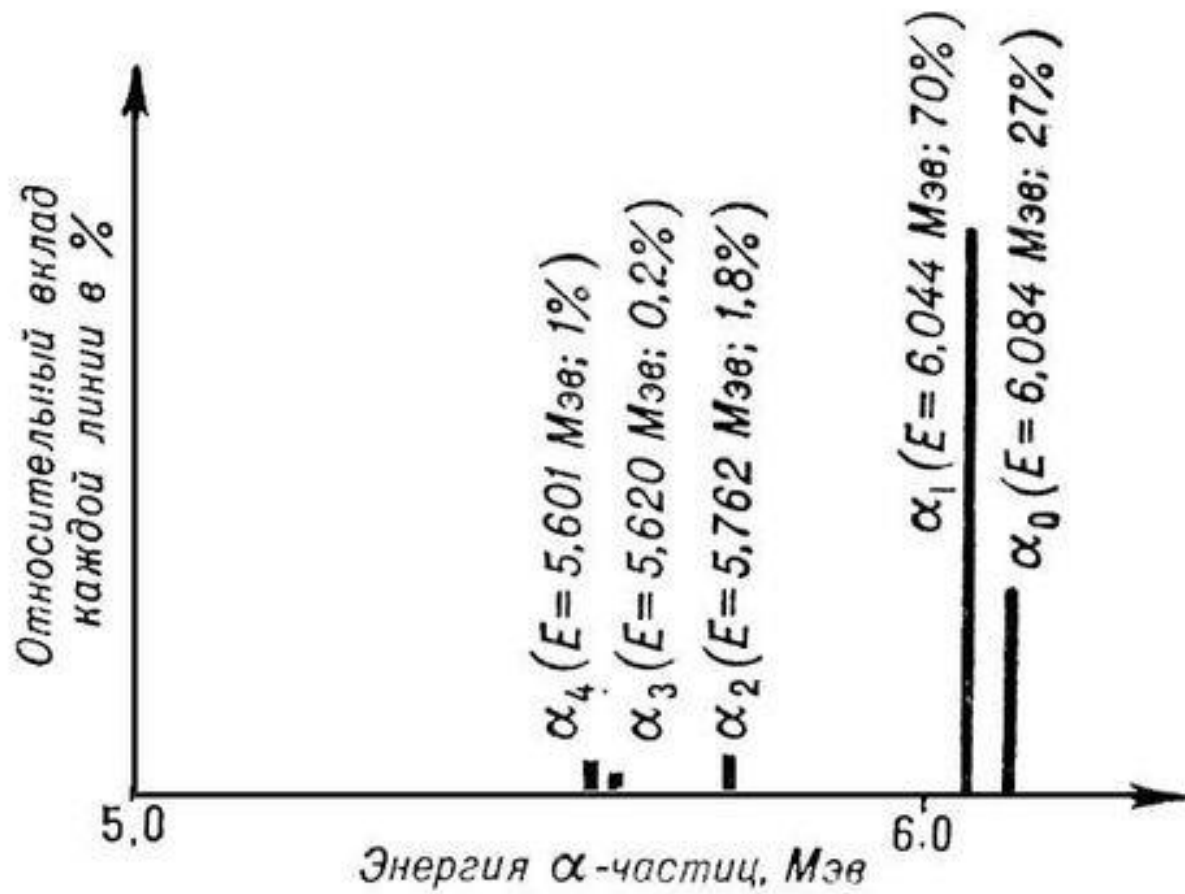




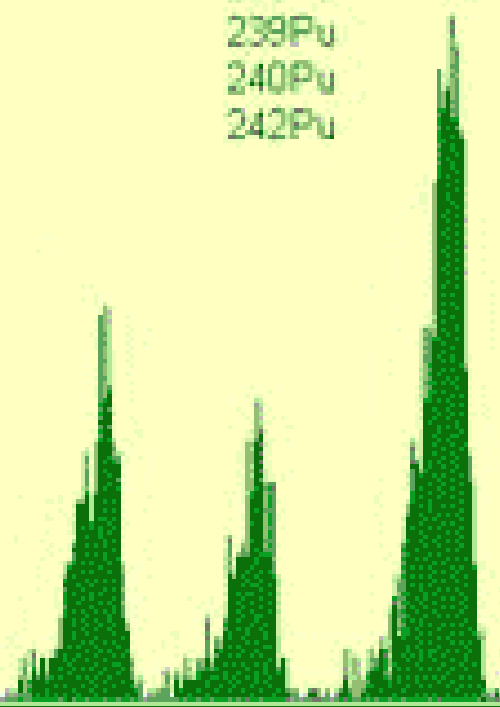




# АЛЬФА-РАСПАД

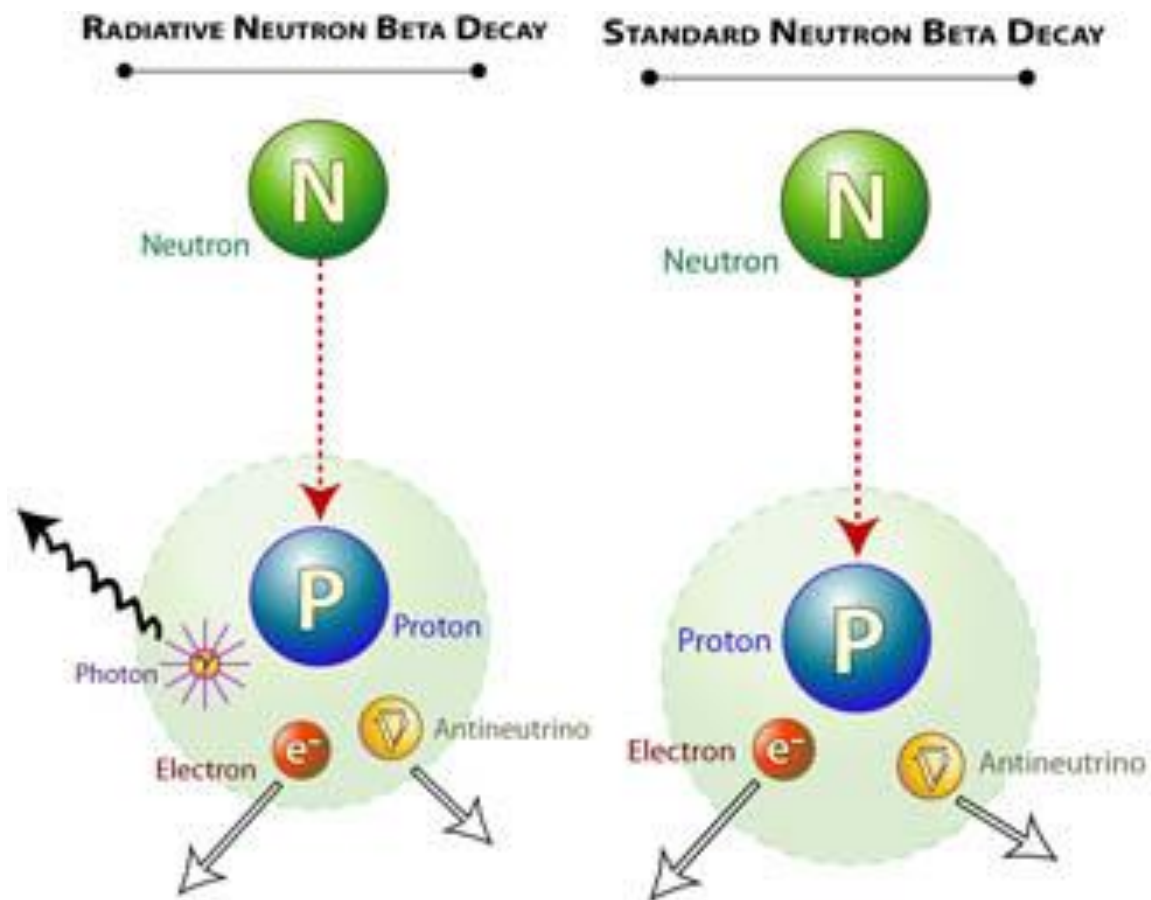


$^{236}\text{Pu}$	$0.000 \pm 0.072 \text{ Бк}$
$^{238}\text{Pu}$	$10.1 \pm 1.2 \text{ Бк}$
$^{239}\text{Pu}$	$0.590 \pm 0.698 \text{ Бк}$
$^{240}\text{Pu}$	$2.687 \pm 0.957 \text{ Бк}$
$^{242}\text{Pu}$	$4.107 \pm 0.558 \text{ Бк}$



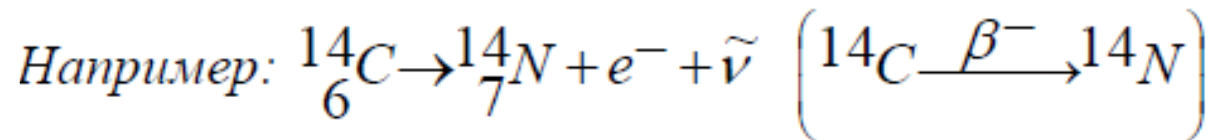
2.00 5.00 7.00 8.00

# БЕТТА-РАСПАД

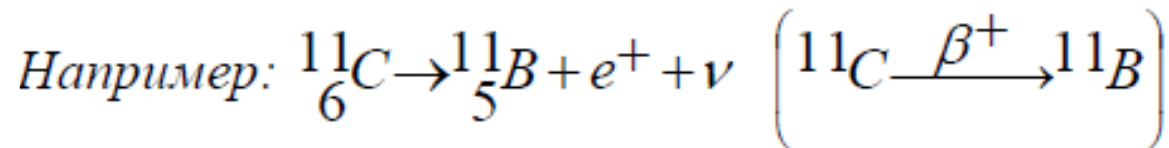


# БЕТТА-РАСПАД

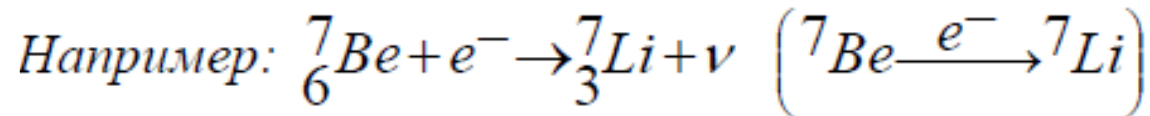
1. Электронный  $\beta$ -распад;  $\beta^-$ -распад:  $n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}$



2. Позитронный  $\beta$ -распад;  $\beta^+$  распад:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$



3. Электронный захват:  $p + e^- \rightarrow n + \nu$



# УСЛОВИЕ БЕТТА-РАСПАДА

$$\beta^- \quad M_a(A, Z) > M_a(A, Z + 1)$$

$$\beta^+ \quad M_a(A, Z) > M_a(A, Z - 1) + 2m$$

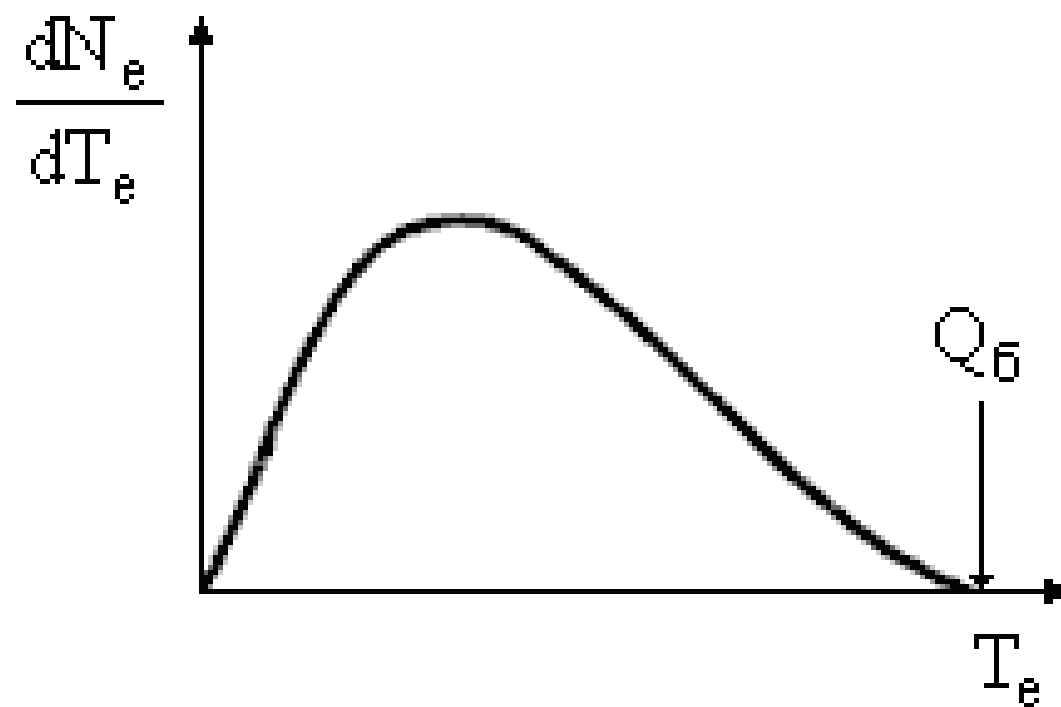
$$e \quad M_a(A, Z) > M_a(A, Z - 1)$$

# ЭНЕРГИЯ БЕТТА-РАСПАДА

$$E_{\beta^-} = [M^{\text{я}}(A, Z) - M^{\text{я}}(A, Z+1) - m_e]c^2 - \beta^- \text{ - распад,}$$
$$E_{\beta^+} = [M^{\text{я}}(A, Z) - M^{\text{я}}(A, Z-1) - m_e]c^2 - \beta^+ \text{ - распад,}$$
$$E_{e-\text{з}} = [M^{\text{я}}(A, Z) + mm_e - M^{\text{я}}(A, Z-1)]c^2 - e\text{-захват,}$$

$$E_{\beta^-} = [M^{\text{ат}}(A, Z) - M^{\text{ат}}(A, Z+1)]c^2 - - \beta^- \text{-распад,}$$
$$E_{\beta^+} = [M^{\text{ат}}(A, Z) - M^{\text{ат}}(A, Z-1)]c^2 - 2m_e c^2 - \beta^+ \text{-распад,}$$
$$E_{e-\text{з}} = [M^{\text{ат}}(A, Z) - M^{\text{ат}}(A, Z-1)]c^2 - e\text{-захват,}$$

# БЕТТА-СПЕКТР



# ЗАПАЗДЫВАЮЩИЕ НУКЛОНЫ

