

Теория рассеяния ядерных частиц

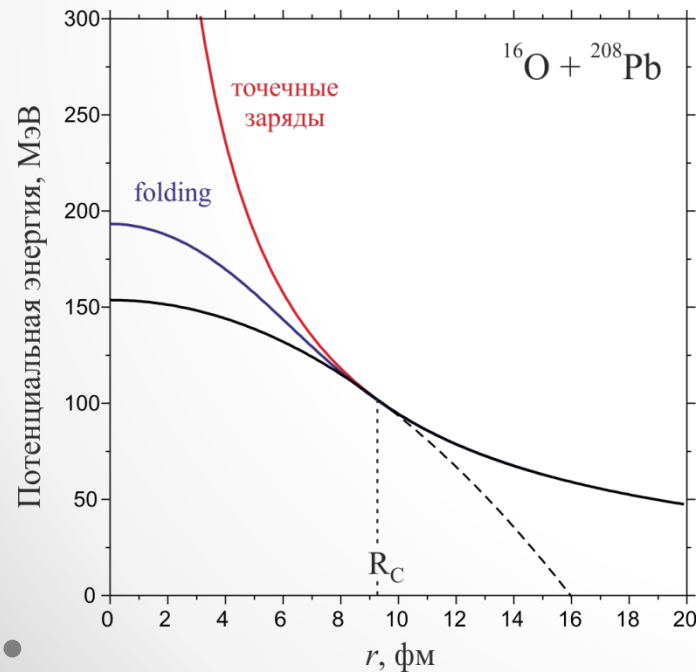
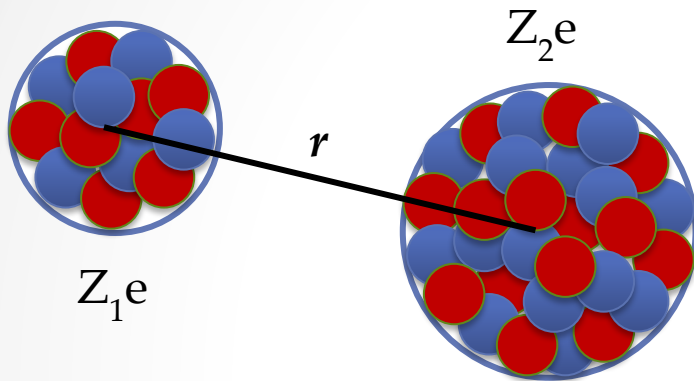
(лекция 1)

Деникин А.С.

Государственный университет «Дубна»

Потенциальная энергия

I. Кулоновская энергия



- Взаимодействие точечных зарядов

$$V_C(r) = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r}$$

- Взаимодействие распределенных зарядов (folding)

$$V_C(r) = \iint \rho_{C,1}(r_1) \frac{e^2}{|r + r_1 - r_2|} \rho_{C,2}(r_2) d^3 r_1 d^3 r_2$$

- Взаимодействие точечного и сферического зарядов

$$V_C(r) = Z_1 Z_2 e^2 \begin{cases} \frac{1}{r}, & r > R_C \\ \frac{1}{2R_C} \left(3 - \frac{r^2}{R_C^2} \right), & r < R_C \end{cases}$$

Потенциальная энергия

II. Ядерное взаимодействие

□ Потенциал Вудса-Саксона

Поверхностная энергия (модель жидкой капли)

$$V_N(r) = \frac{V_0 + iW_0}{1 + \exp \frac{r - R_V}{a_V}}$$

$$V_0 \approx 17 \left[A_1^{2/3} + A_2^{2/3} - (A_1 + A_2)^{2/3} \right] (\text{МэВ})$$

$$R_V = 1.25 (A_1^{1/3} + A_2^{1/3}) \text{ (фм)},$$

$$a_V = 0.65 \text{ (фм)}$$

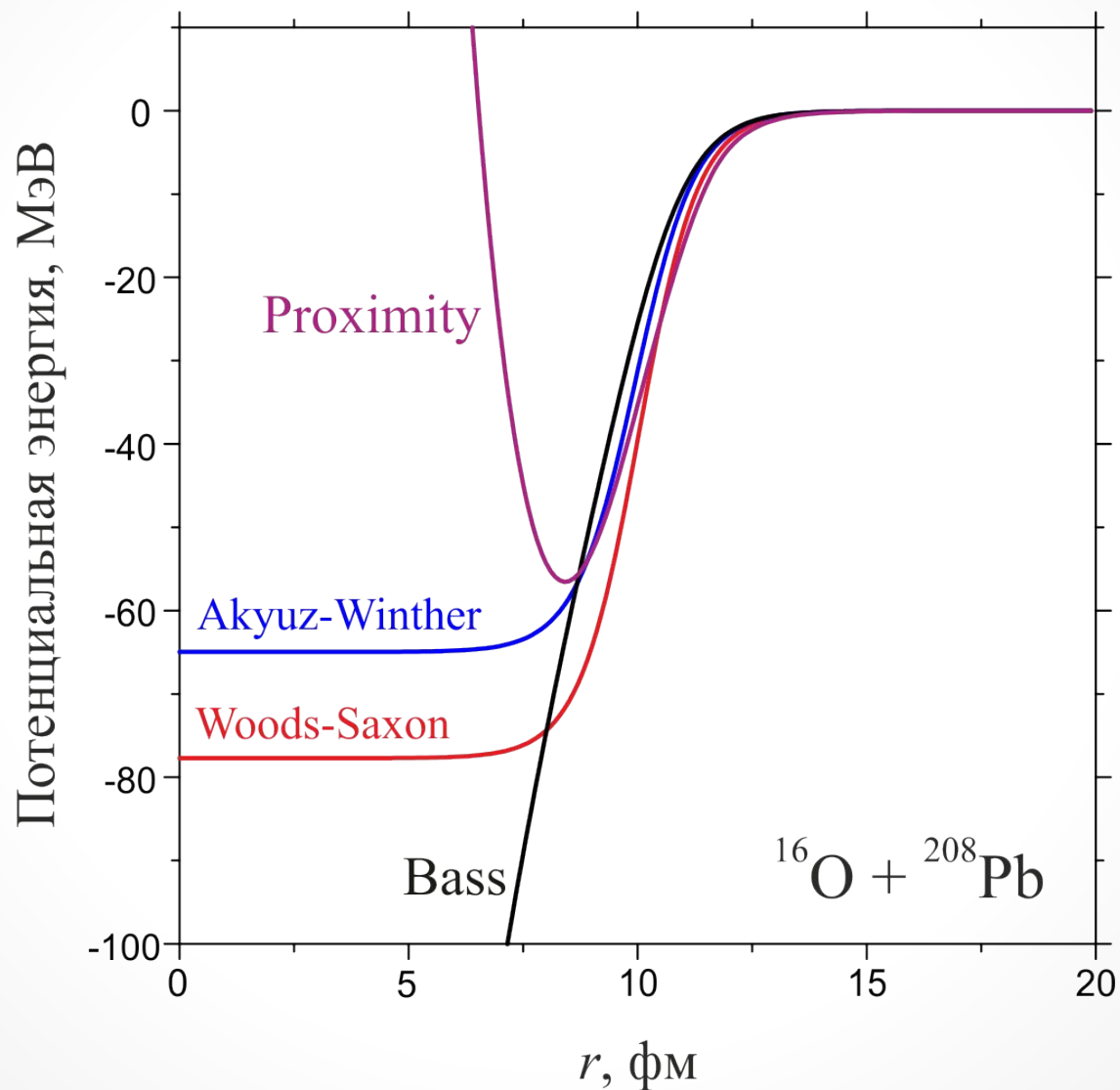
□ Потенциал Акьюза-Винтера (форм-фактор как для потенциала Вудса-Саксона)

$$V_0 = 16\pi\gamma a \bar{R}_{12}, \quad \bar{R}_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$$
$$R_i = 1.2 A_i^{1/3} - 0.09, \quad \frac{1}{a_V} = 1.17 \left[1 + 0.53 (A_1^{-1/3} + A_2^{-1/3}) \right]$$

□ Потенциал Басса

$$V_N(r) = \frac{\bar{R}_{12}}{0.03 \exp \left(-\frac{r - R_1 - R_2}{3.3} \right) + 0.0061 \exp \left(-\frac{r - R_1 - R_2}{0.65} \right)}, \quad R_i = 1.16 A_i^{1/3} - 1.39 A_i^{-1/3}$$

Потенциальная энергия



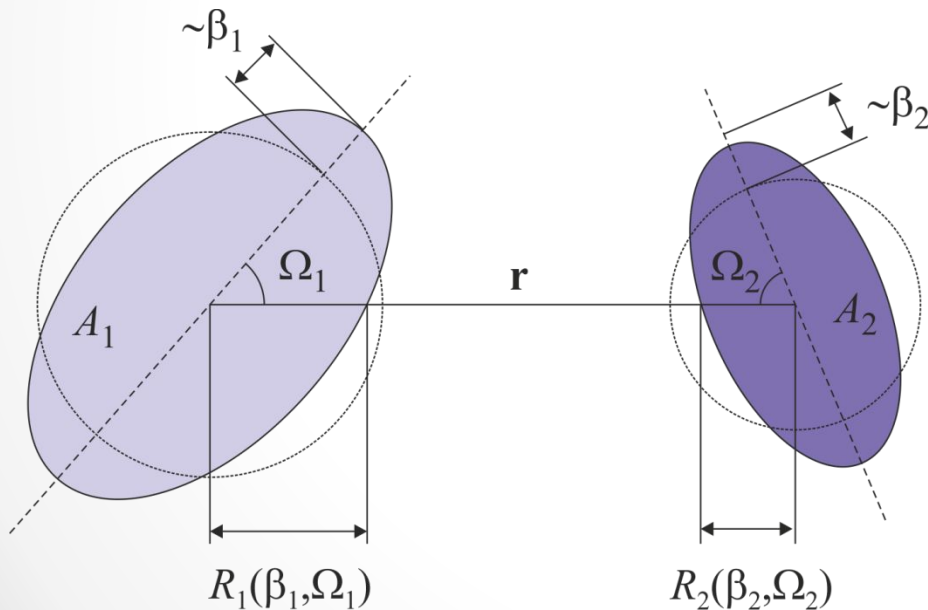
Потенциальная энергия

II. Ядерное взаимодействие

□ Фолдинг потенциал $V_N(r) = \iint \rho_1(r_1) v_{NN}(|\mathbf{r} + \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|) \rho_2(r_2) d^3 r_1 d^3 r_2$

Эффективный нуклон-нуклонный потенциал (DDM3Y-Reid)

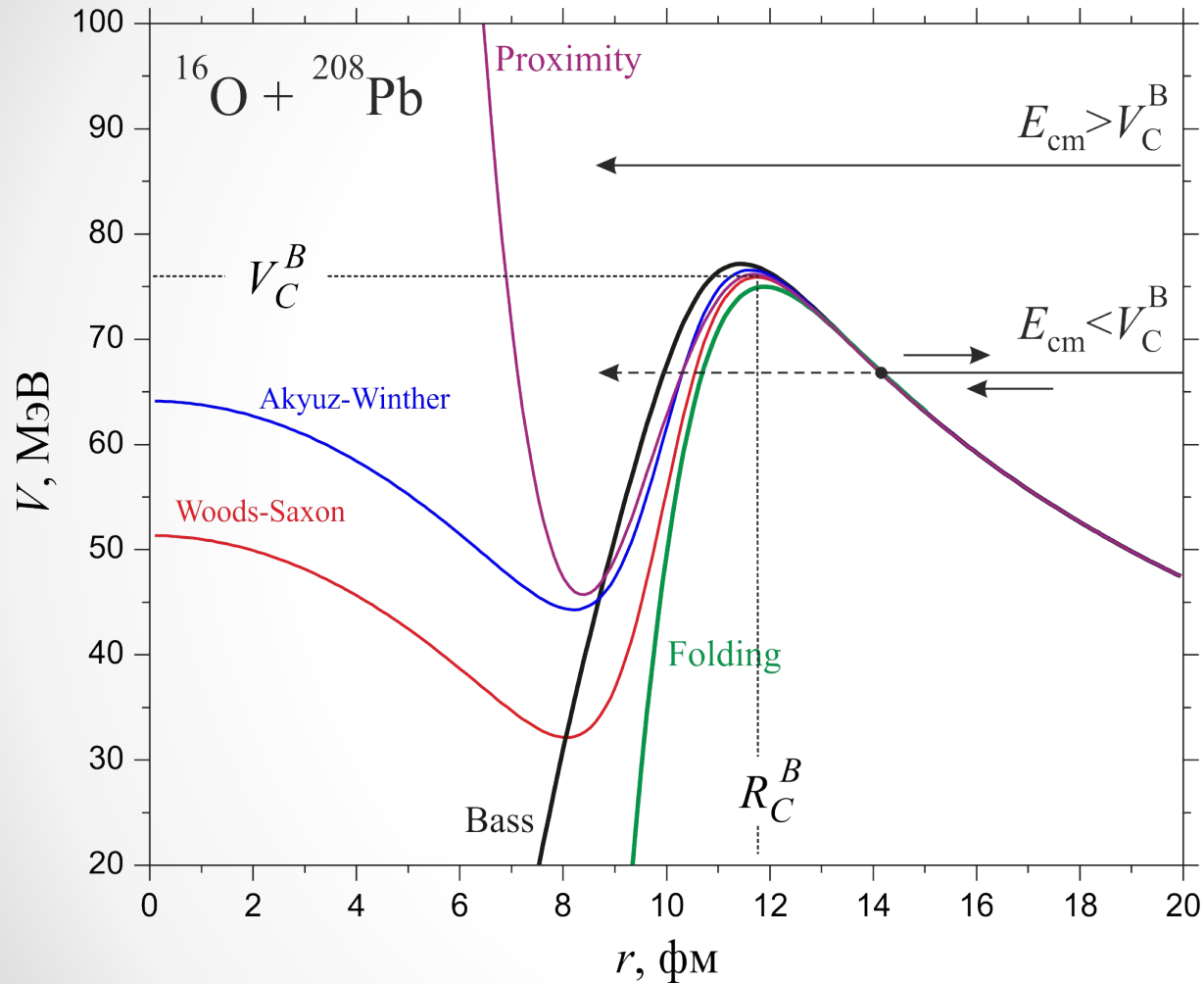
$$v_{NN}(r) = C \left(1 + \alpha e^{-\beta(\rho_1 + \rho_2)} \right) \left[7999 \frac{e^{-4r}}{4r} - 2134 \frac{e^{-2.5r}}{2.5r} - 276(1 - 0.005 E_A) \delta(r) \right]$$



Плотность ядерного вещества

$$\rho_i(r) = \frac{\rho_{0,i}}{1 + \exp \left[\frac{r - R_i(\beta_i, \Omega_i)}{a_i} \right]}$$

Потенциальная энергия

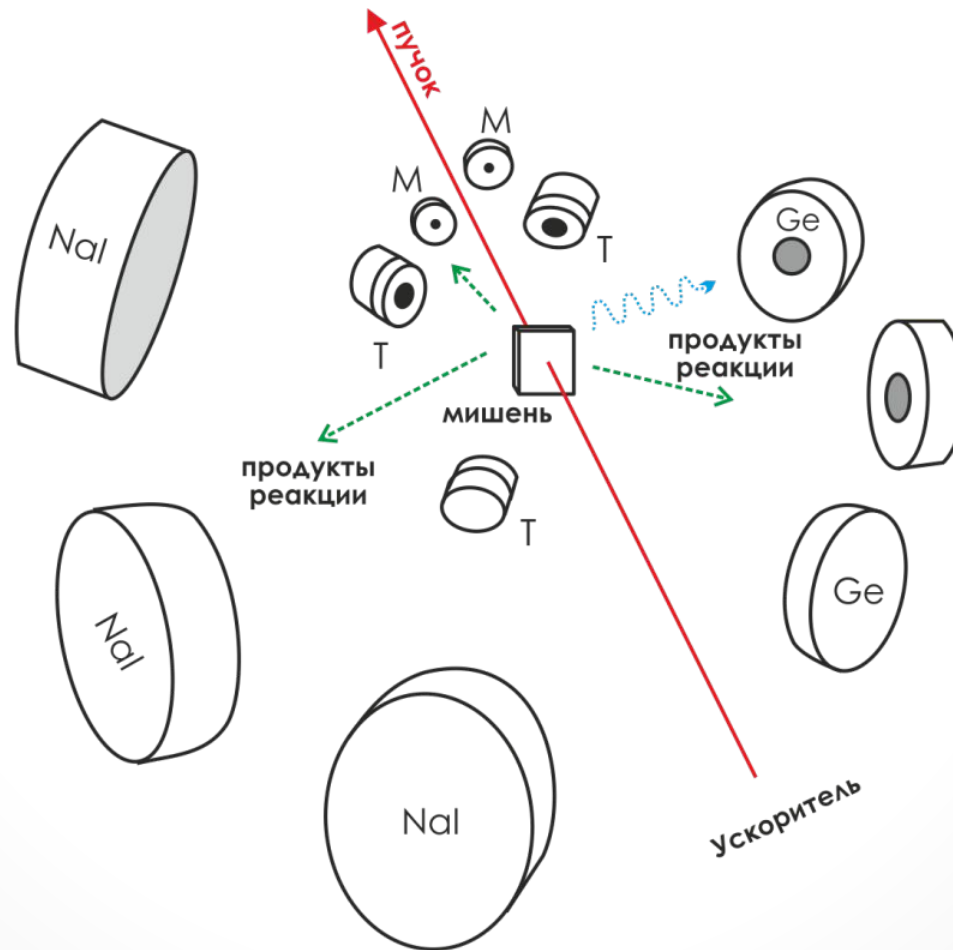


Эмпирическая формула:

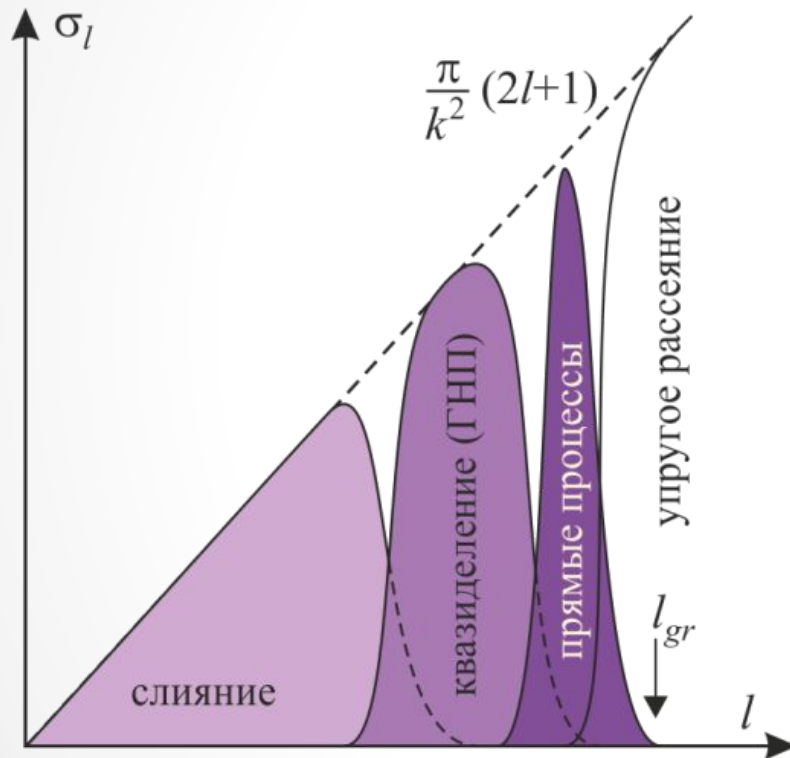
$$R_C^B \approx 1.42 (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$$

$$V_C^B \approx \frac{Z_1 Z_2 e^2}{R_C^B}$$

Постановка эксперимента в ядерной физике

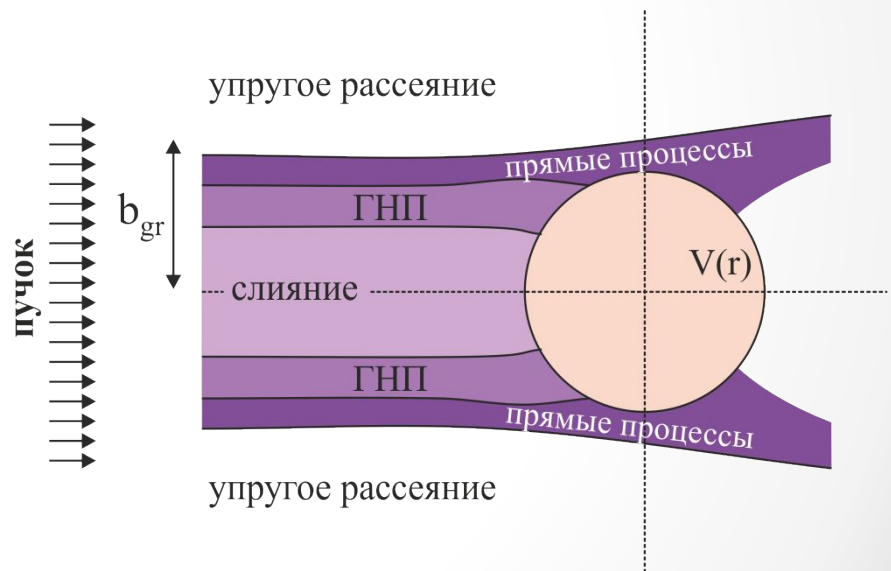


Систематика ядерных реакций

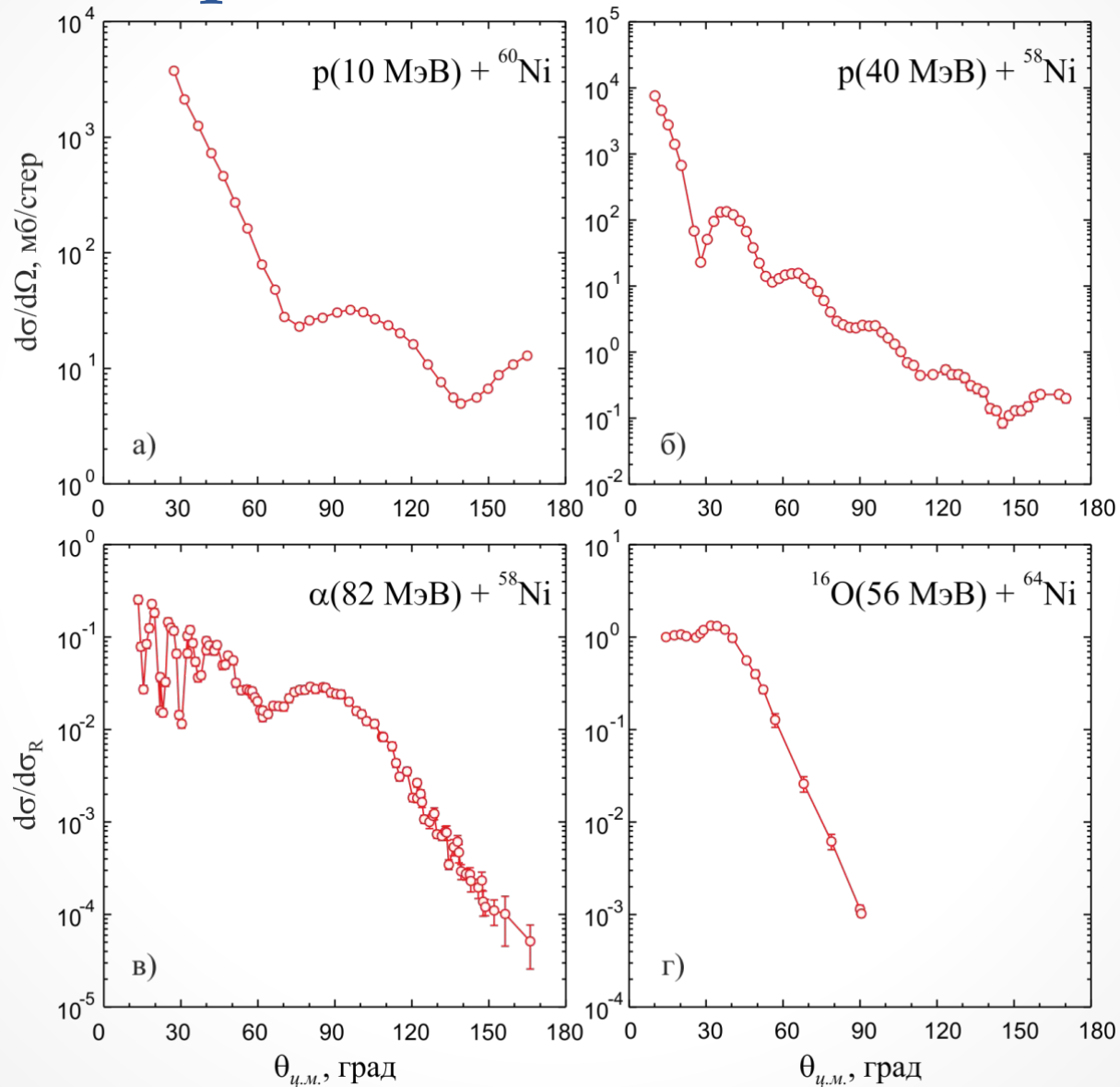


Угол касательного соударения

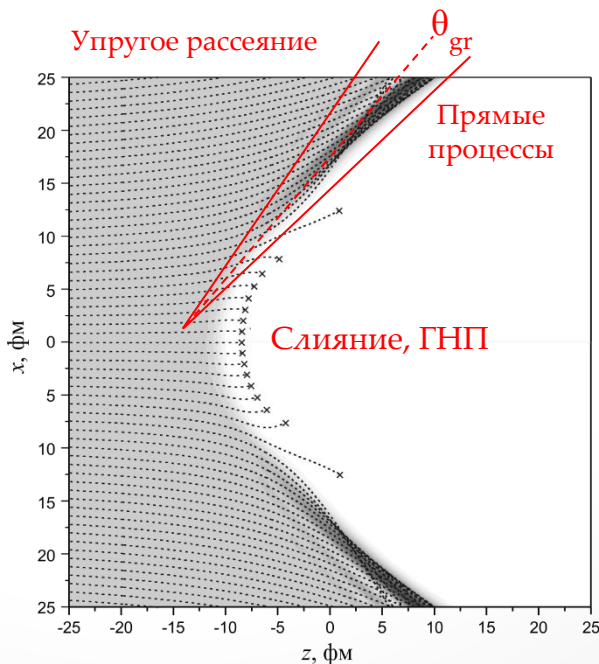
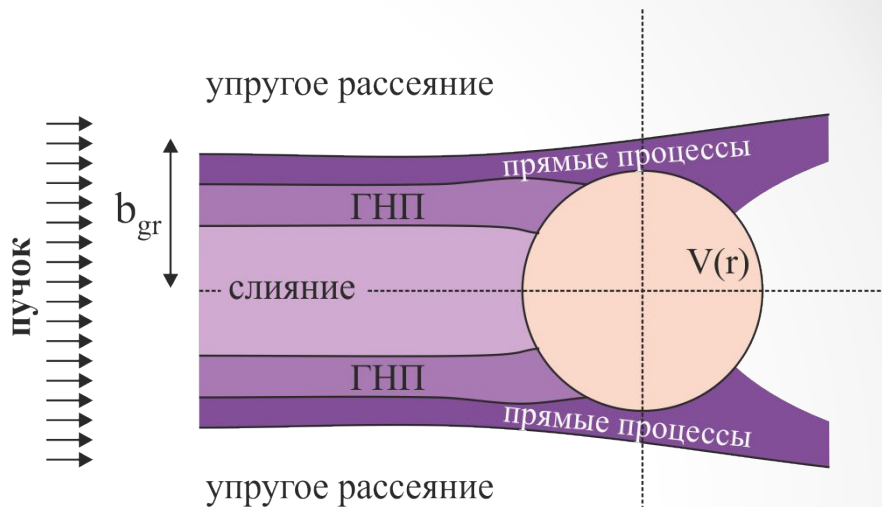
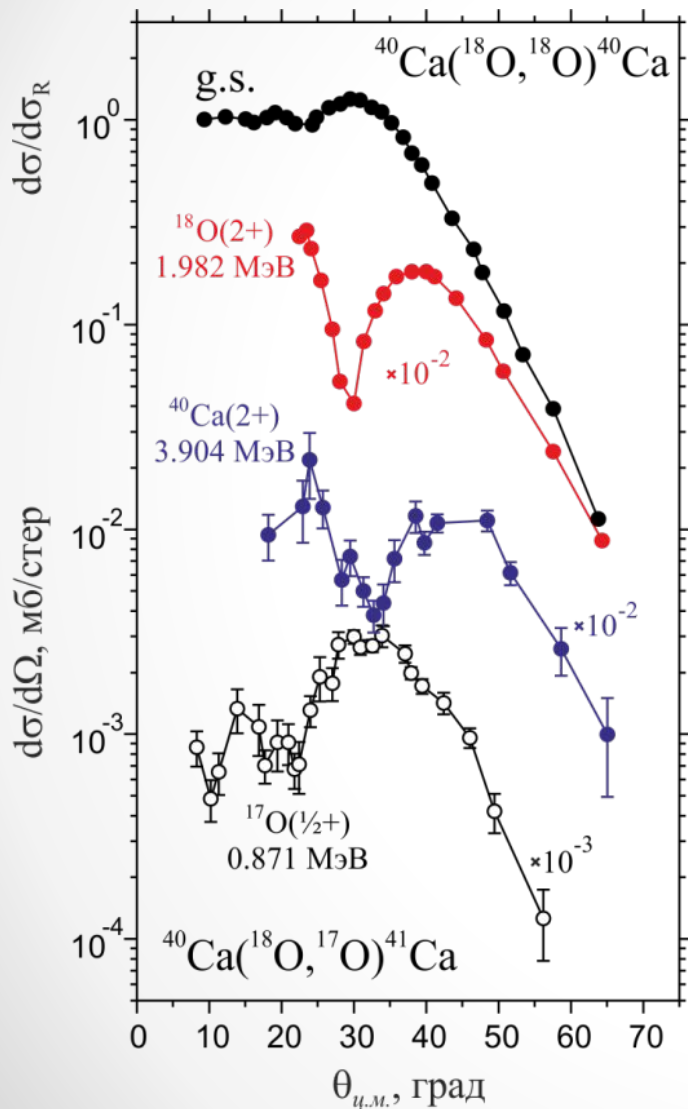
$$l_{gr} = kb_{gr}$$



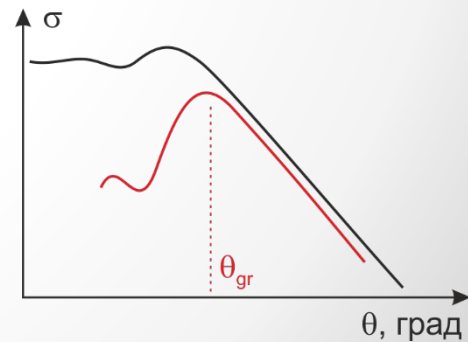
Упругое рассеяние атомных ядер



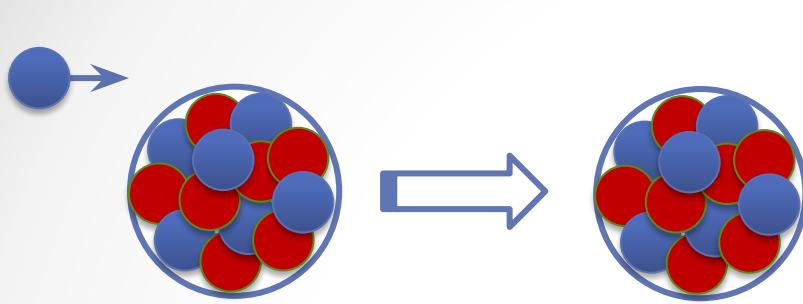
Неупругое рассеяние и реакции передач



Поле классических траекторий для реакций неупругого рассеяния и передач

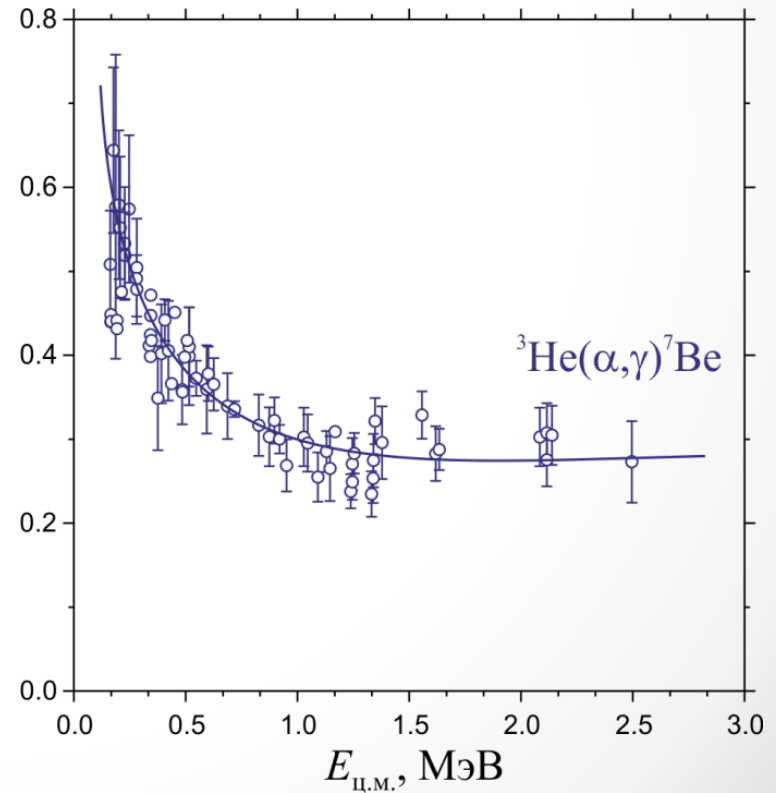
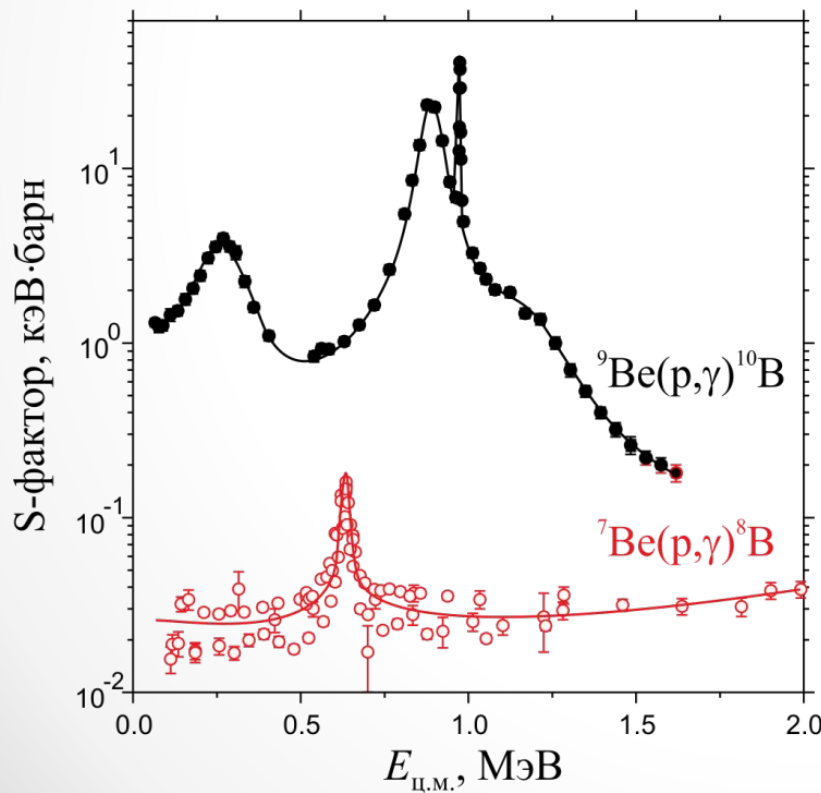


Радиационный захват

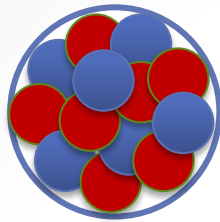


$$\sigma_{rad}(E) = S(E) \frac{1}{E} \exp(-2\pi\eta)$$

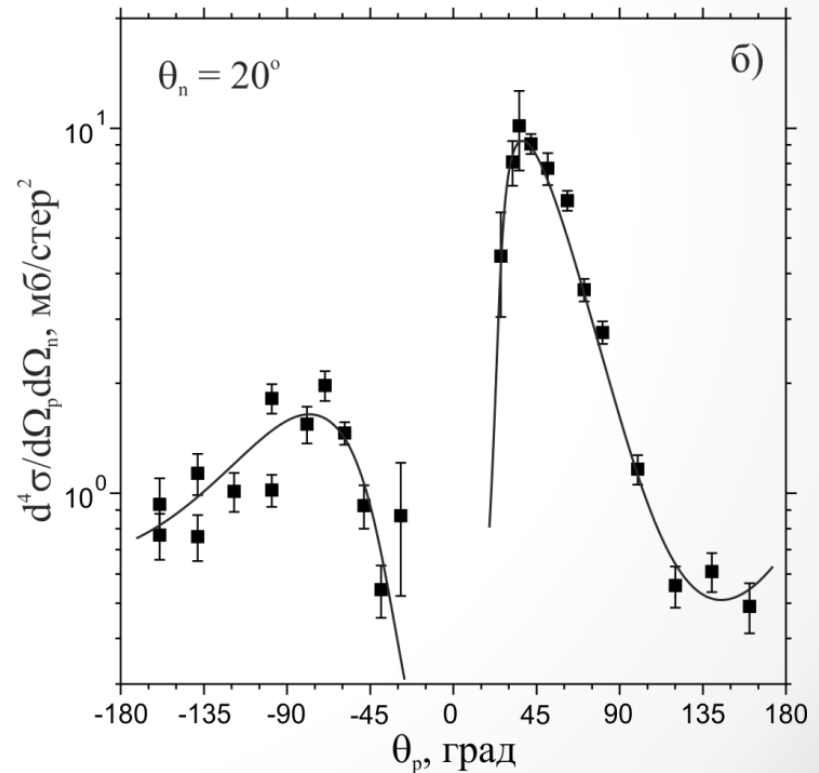
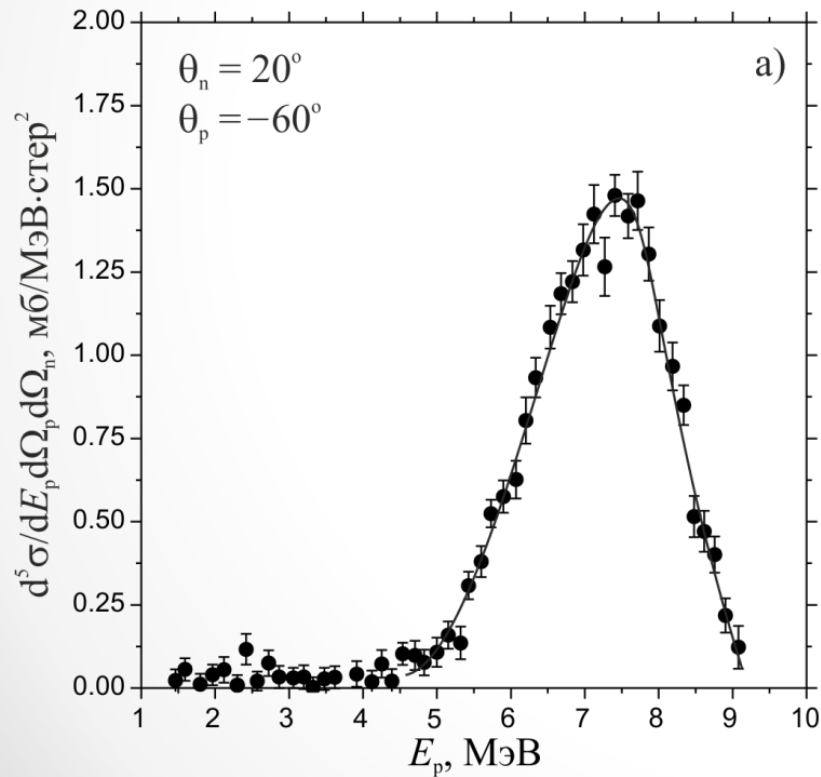
$$\eta = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{\hbar^2 v} \quad \text{параметр Зоммерфельда}$$



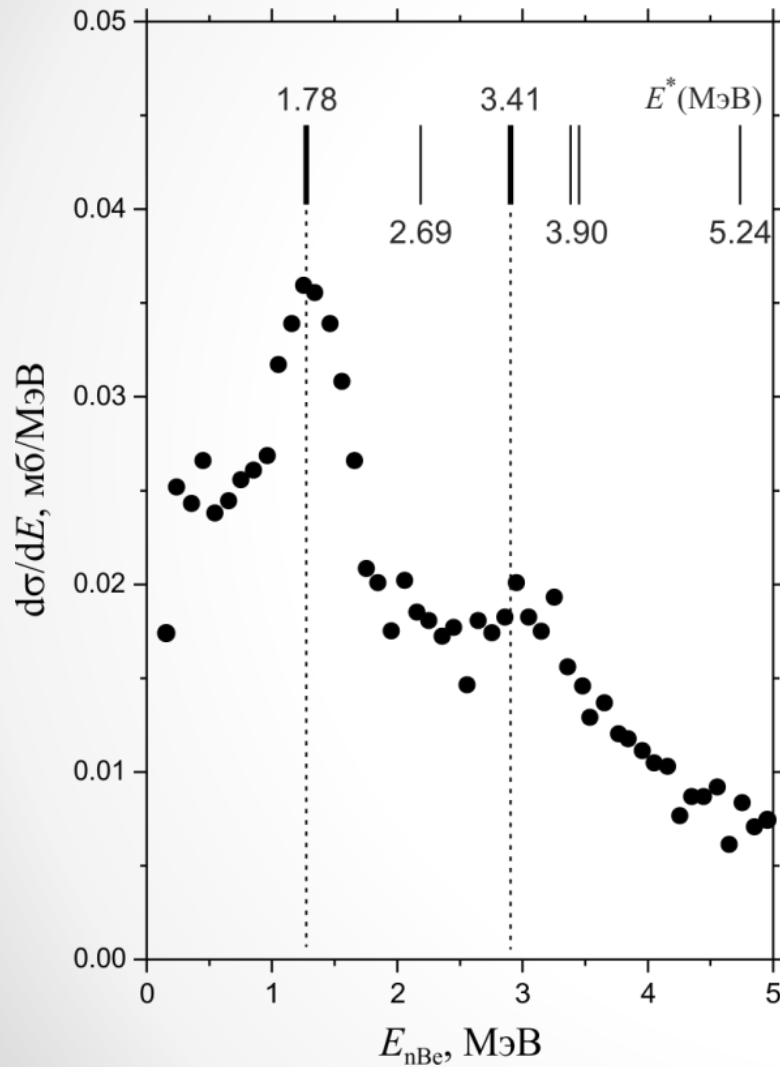
Реакции развала



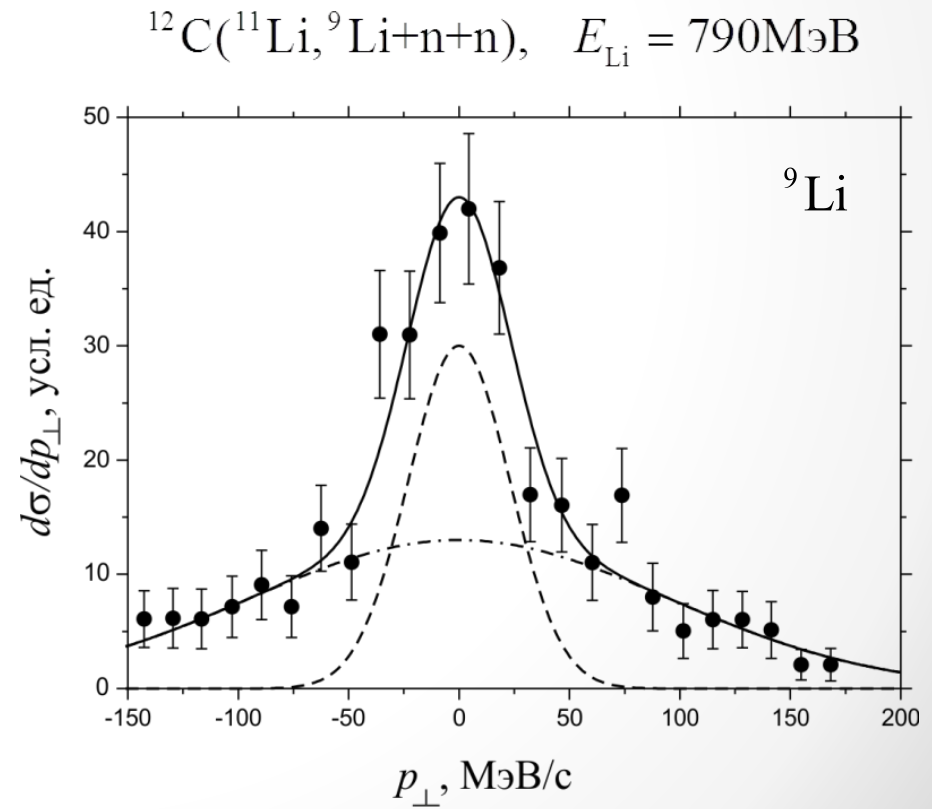
$^{197}\text{Au}(\text{d,pn}), \quad E_d = 12\text{МэВ}$



Реакции развала

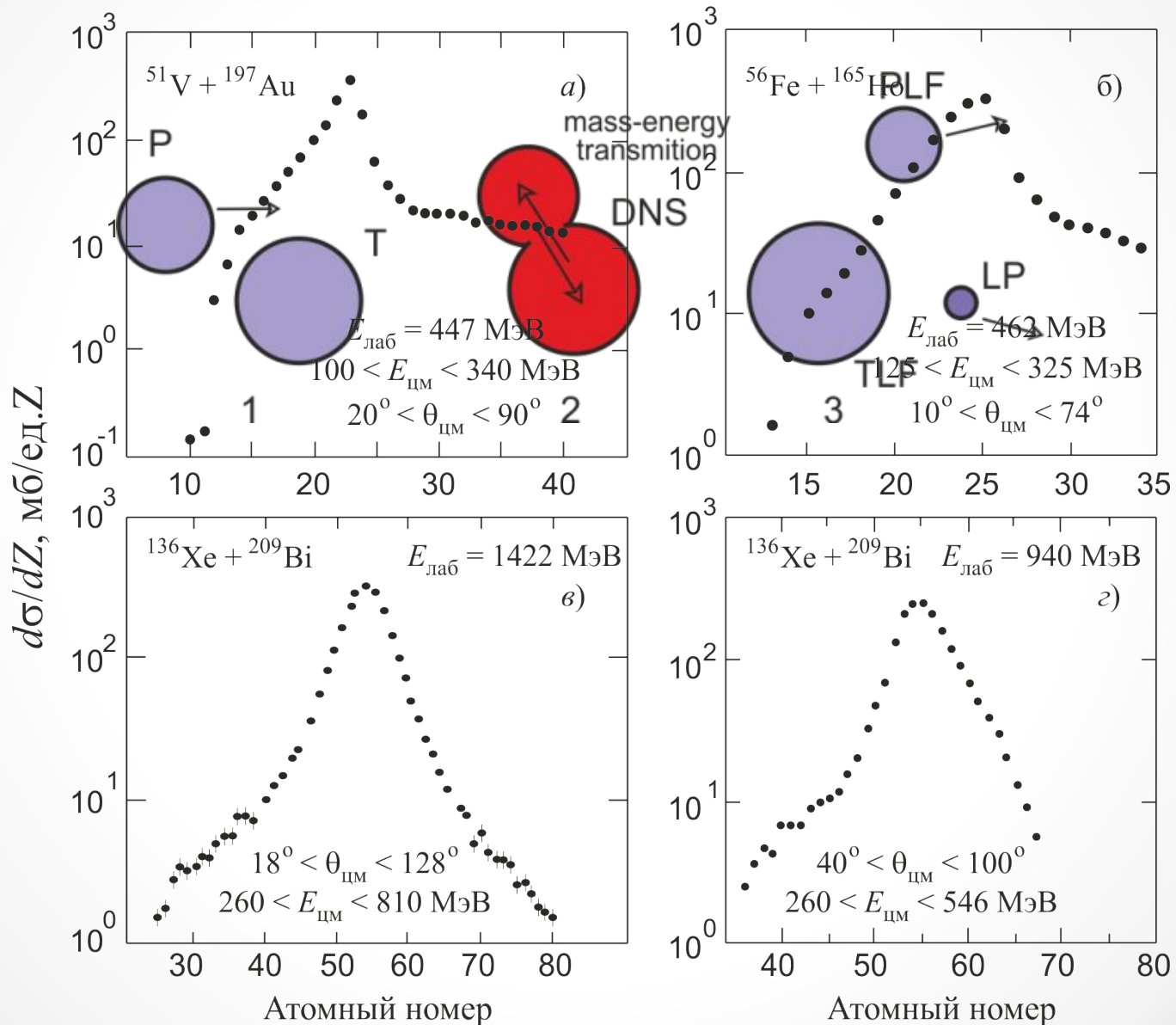


$^{12}\text{C}(^{11}\text{Be}, ^{11}\text{Be}+n), \quad E_{\text{Be}} = 737 \text{ MeV}$

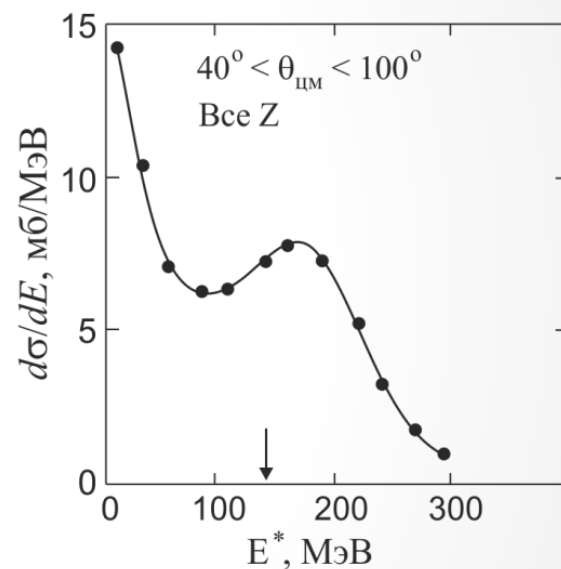
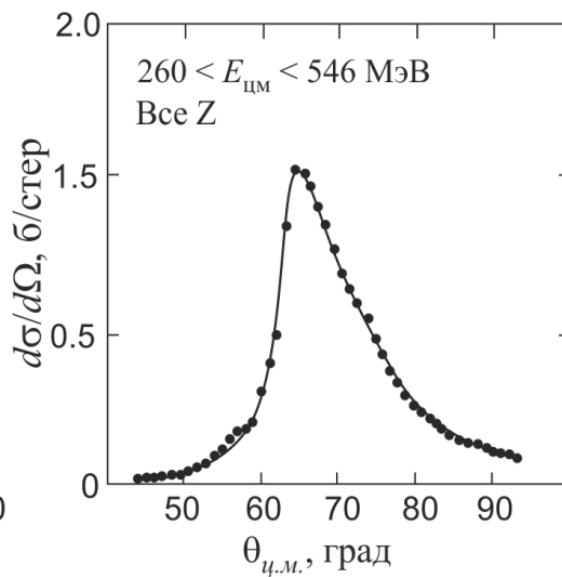
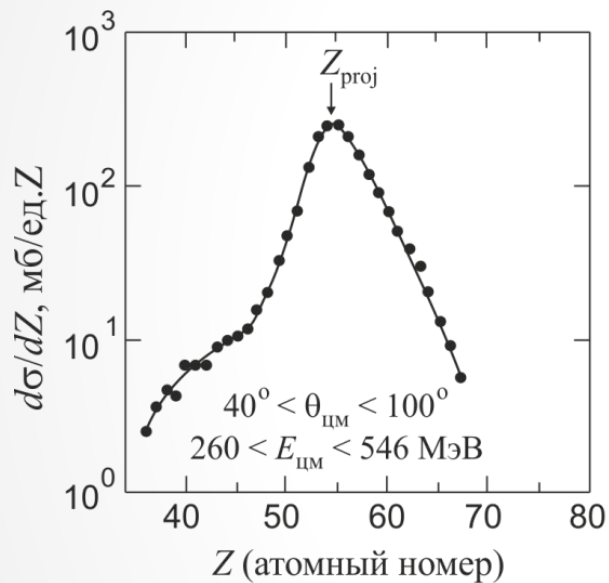


$^{12}\text{C}(^{11}\text{Li}, ^9\text{Li}+n+n), \quad E_{\text{Li}} = 790 \text{ MeV}$

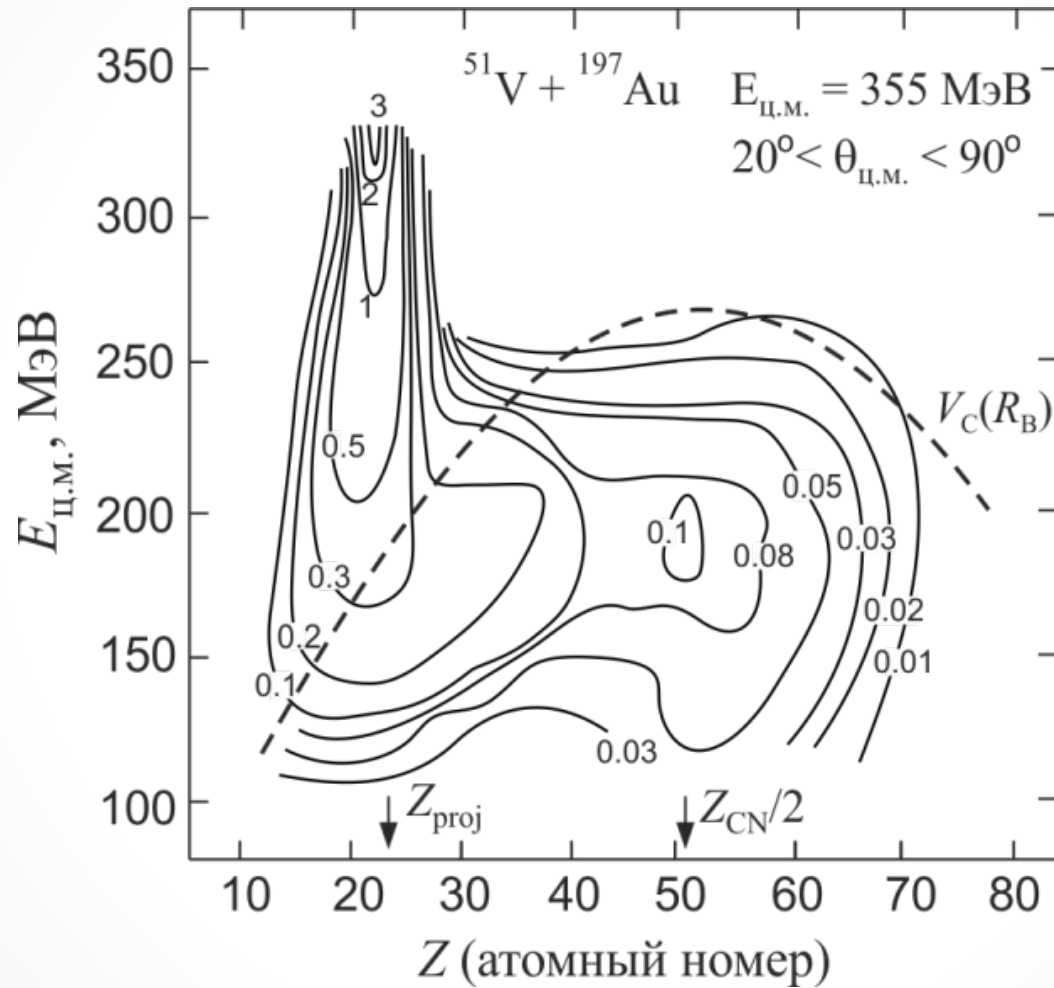
Глубоко-неупругие реакции



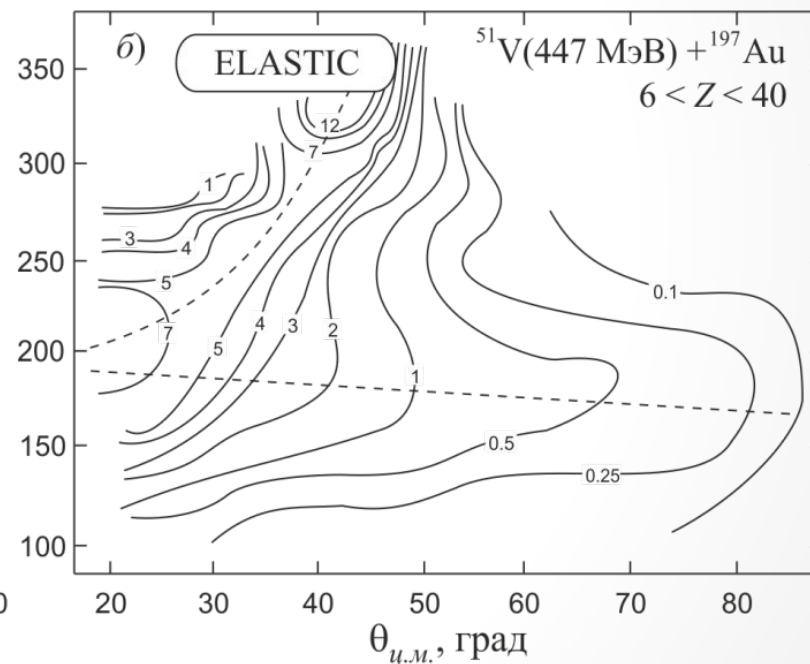
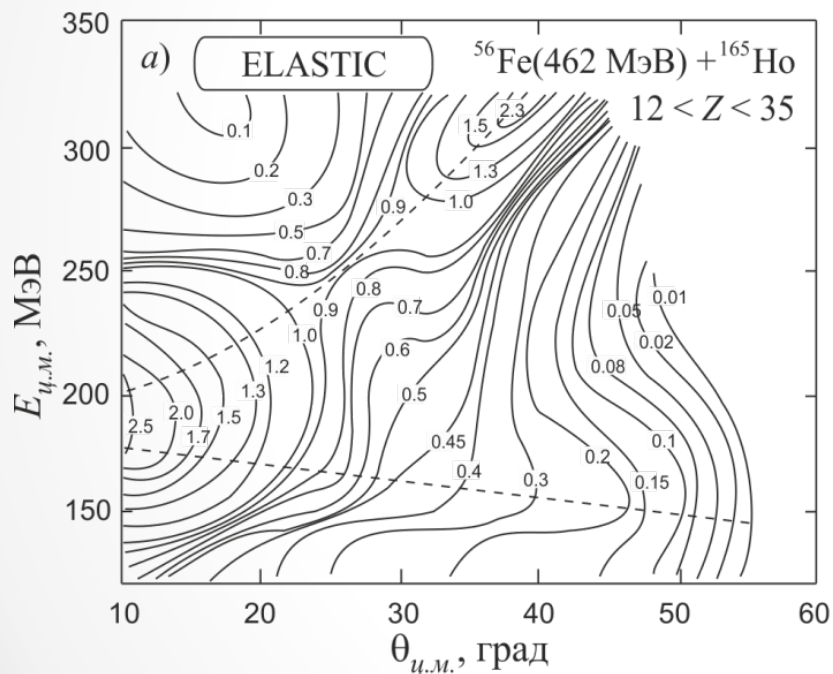
Глубоко-неупругие реакции



Глубоко-неупругие реакции



Глубоко-неупругие реакции (диаграмма Вильчинского)



Глубоко-неупругие реакции (диаграмма Вильчинского)

Схематическое объяснение характерных особенностей диаграмм Вильчинского

