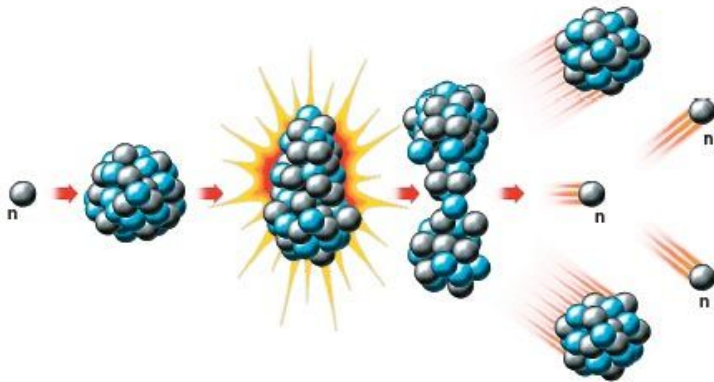
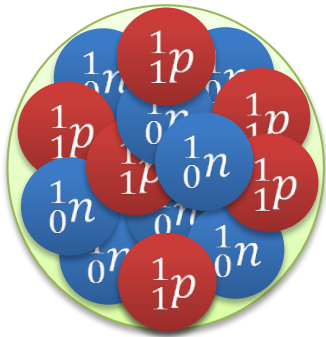


# Ядерные силы. Энергия связи частиц в ядре. Деление ядер урана. Цепная ядерная реакция



Очень важно не перестать задавать вопросы. Любопытство не случайно дано человеку.

А. Эйнштейн



прото  
H



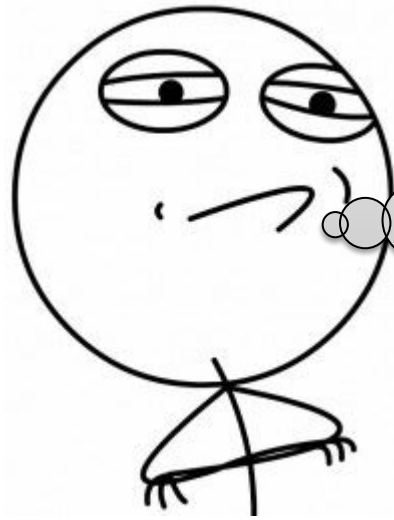
нейтро  
H

нукло  
H

**Протонно-нейтронная модель строения ядра:** все ядра химических элементов состоят из двух видов частиц — протонов и нейтронов.

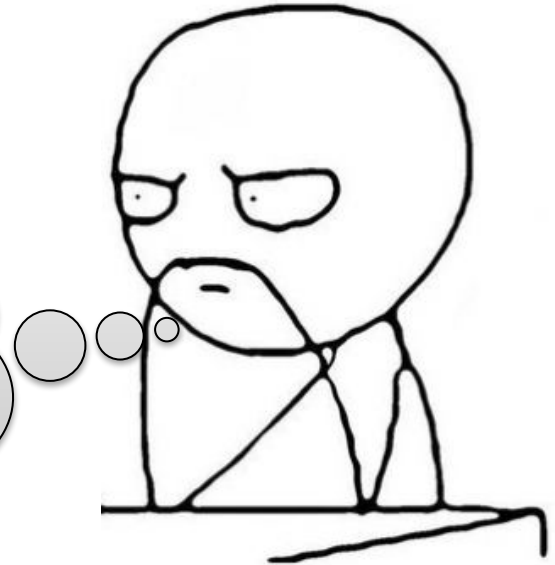
Протоны и нейтроны называются **нуклонами**.

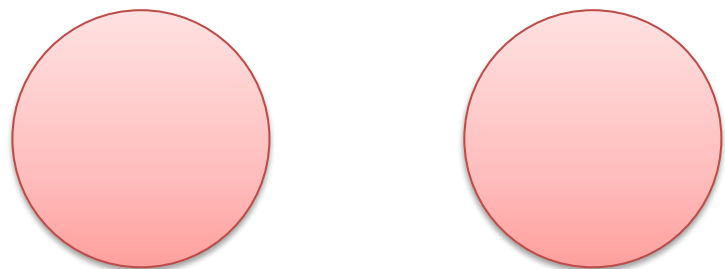
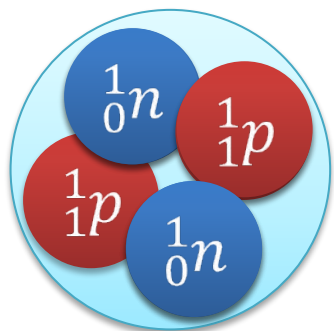
**Изотопы** — это разновидности атомов какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный номер, но при этом разные массовые числа.



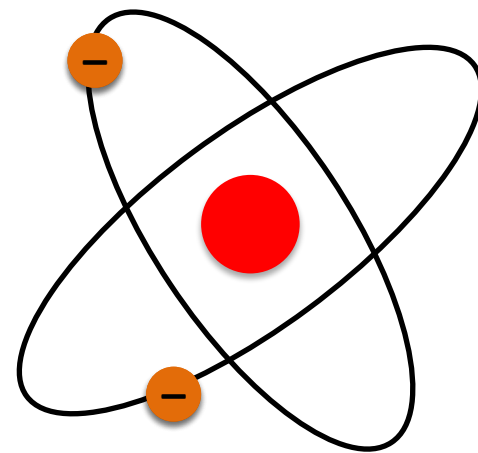
Почему ядра не распадаются на отдельные нуклоны под действием сил электростатического отталкивания между положительно заряженными протонами?

Мда, ведь нуклоны не могут удерживаться вместе за счет сил притяжения гравитационной или магнитной природы, поскольку эти силы существенно меньше электростатических.

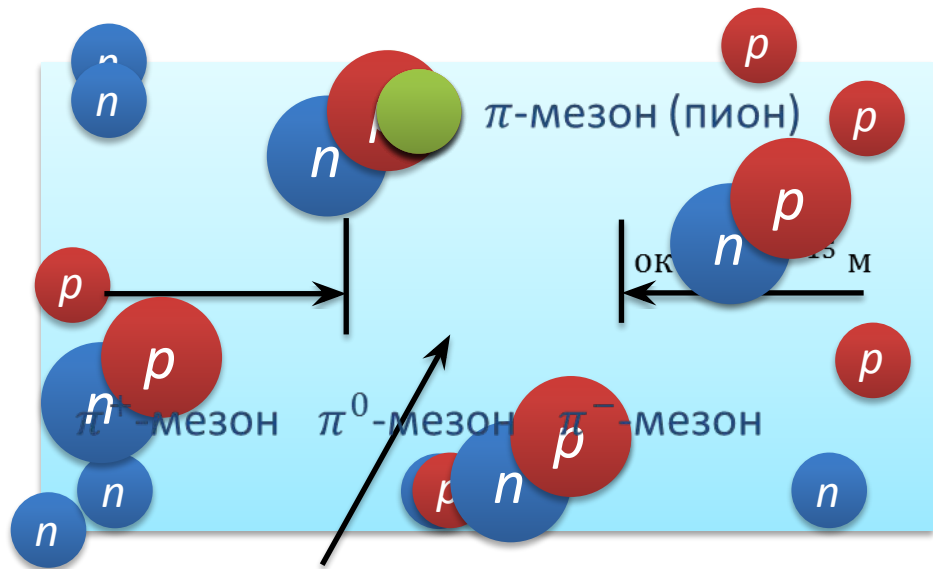




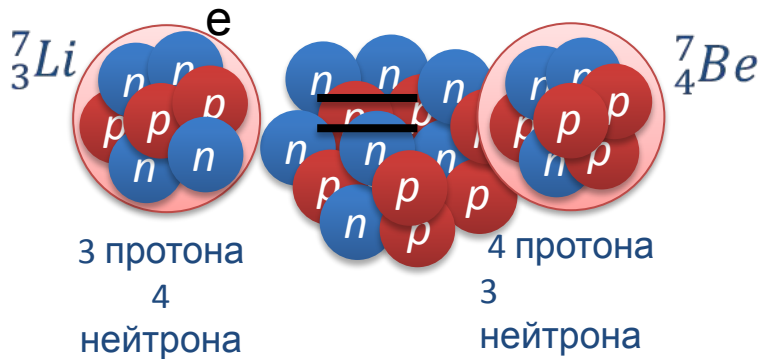
$$E_1 = 4,5 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$$



$$E_2 = 8,7 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

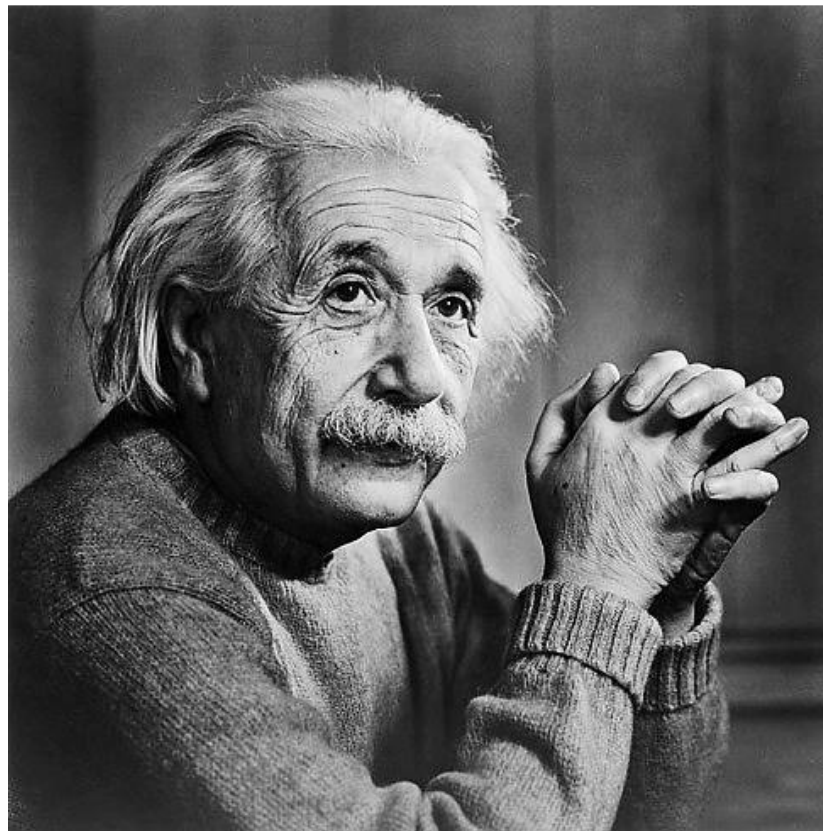


Сильное  
взаимодействи



## Ядерные силы

1. Это короткодействующие силы.
2. Это самые мощные силы из всех, которыми располагает природа.
3. Ядерным силам свойственно насыщение.
4. Ядерным силам свойственна заря-довая независимость.
5. Ядерные силы не являются цент-ральными.
6. Ядерные силы являются обмен-ными силами.



Альберт Эйнштейн  
14. 03. 1879 — 18. 04. 1955

**Энергия связи** — это минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны.

**Закон взаимосвязи массы и энергии:**

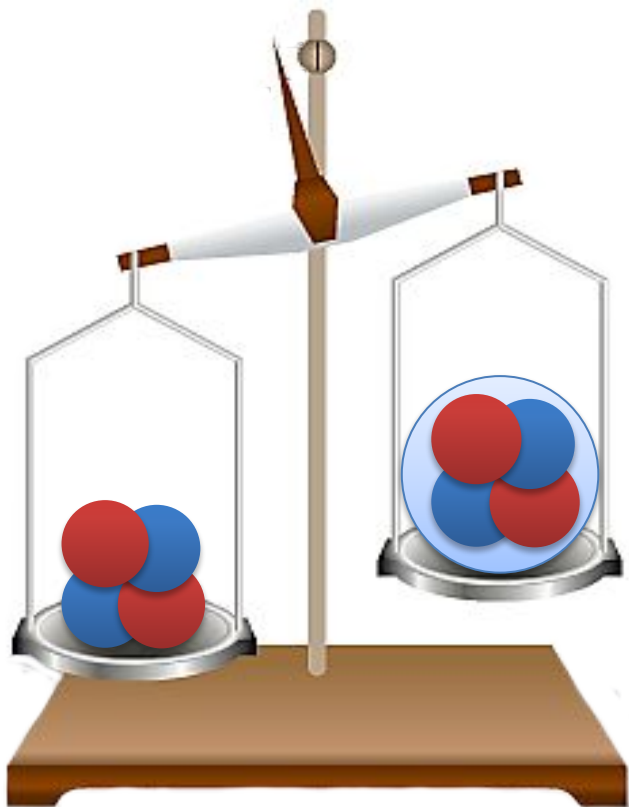
$$E = mc^2$$

$c$  — скорость света в вакууме.



Если изменить энергию на величину  $\Delta E_0 \Rightarrow$  измениться масса на величину  $\Delta m$ .

$$\Delta E = \Delta mc^2$$



Для всех элементов масса покоя ядра меньше, чем сумма масс покоя составляющих его нуклонов.

Дефект

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{я}}$$

$m_{\text{я}}$  — масса ядра;

$m_p$  — масса протона;

$m_n$  — масса нейтрона;

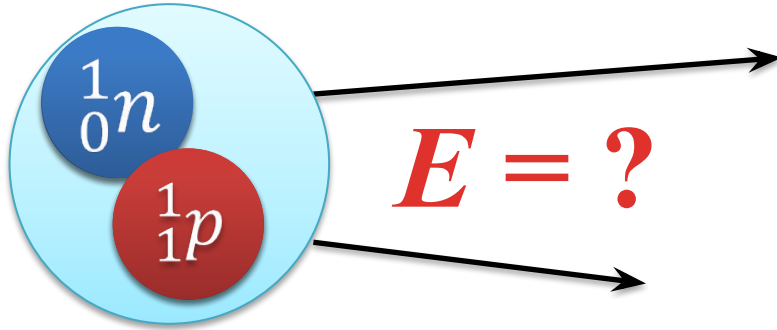
$Z$  — число протонов в ядре;

$N = (A - Z)$  — число нейтронов в ядре.

Если  $m \downarrow \Rightarrow E \downarrow$

$E$

${}^2_1D$



$E = ?$

$$m_p = 1,0073 \text{ a. e. m.}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ a. e. m.}$$

$$m_D = 2,0141 \text{ a. e. m.}$$

$$1 \text{ a. e. m.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

$$E_{\text{CB}} = \Delta mc^2.$$

$$\Delta m = 1 \cdot 1,0073 + (2 - 1) \cdot 1,0087 - 2,0141 = 0,0019 \text{ a. e. m.}$$

$$\Delta m = 0,0019 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} = 0,0032 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

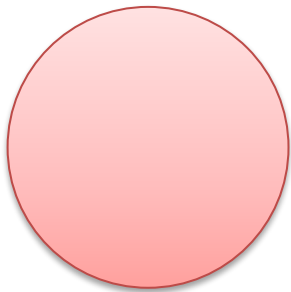
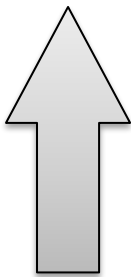
$$E_{\text{CB}} = 0,0032 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 0,0288 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.}$$



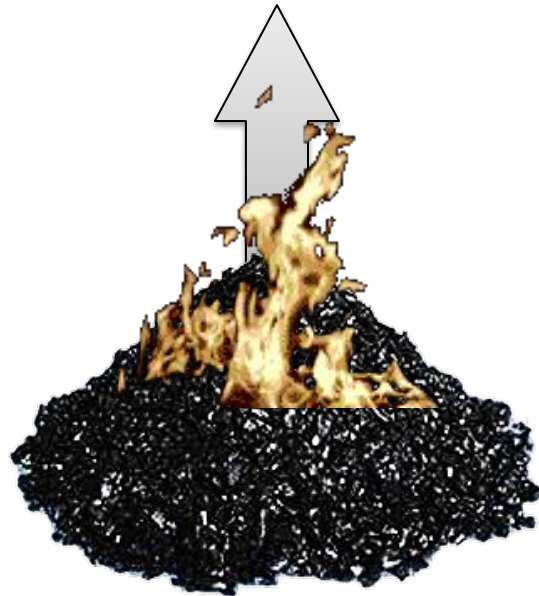
$E_1$

=

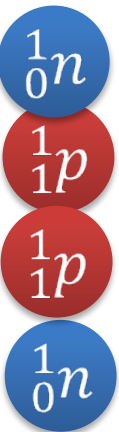
$E_1$

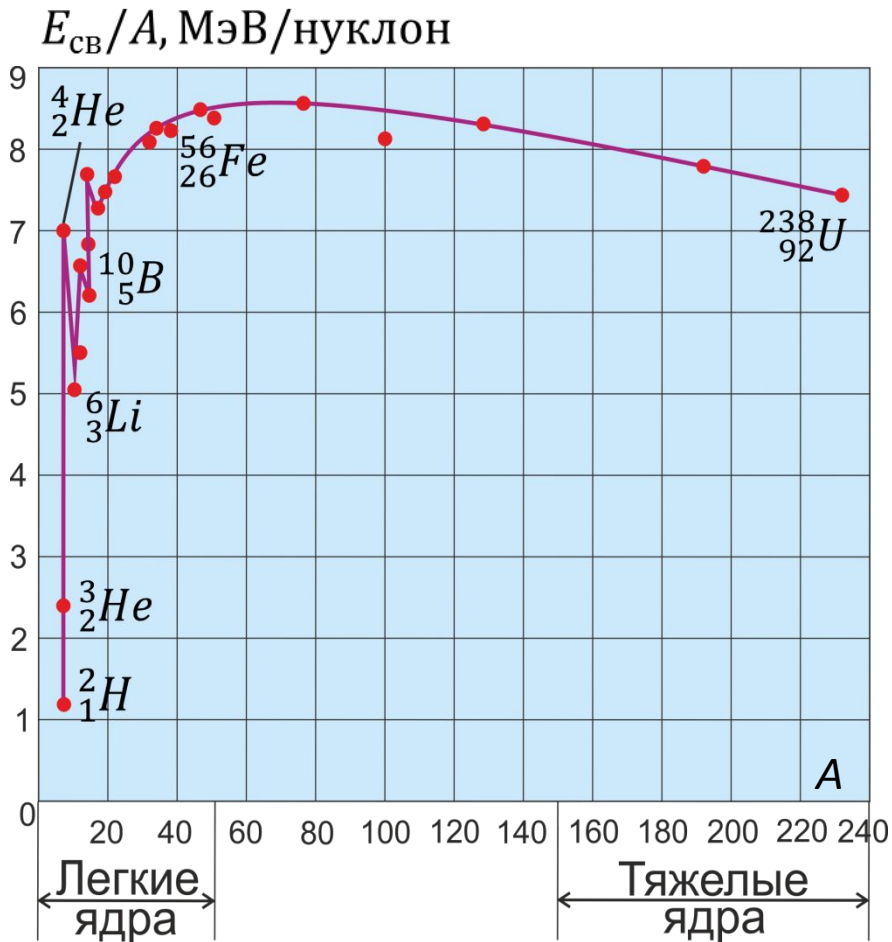


Гелий  
 $m = 1 \text{ г.}$



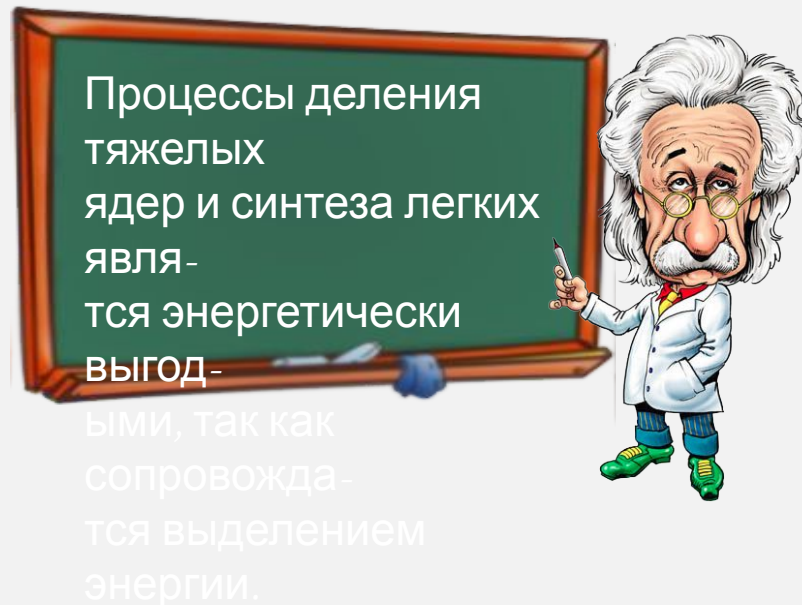
Уголь  
 $m = 50 \text{ т.}$

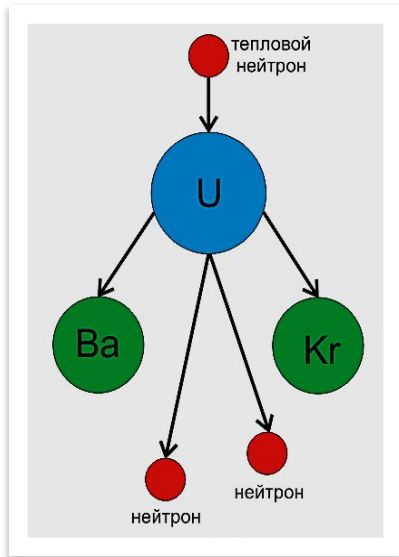
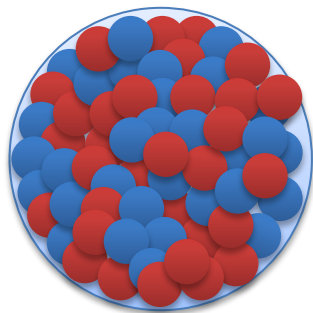




**Удельная энергия связи** — это средняя энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

$$\omega_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

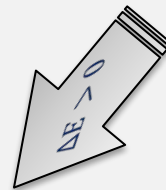




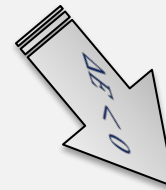
**Ядерная реакция** — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением большого количества энергии.

Энергетический выход реакции:

$$\Delta E = E_0 - E$$



Экзотермическая



Эндотермическая

Истолкование было дано в начале 1939 году.



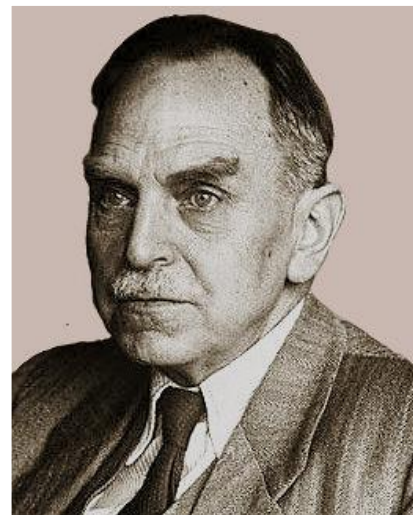
Лиза Мейтнер  
17. 11. 1878 — 27. 10. 1968



Отто Роберт Фриш  
01. 10. 1904 — 22. 09. 1979



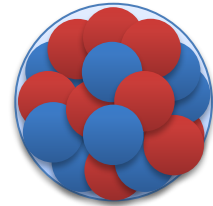
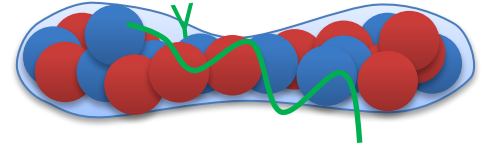
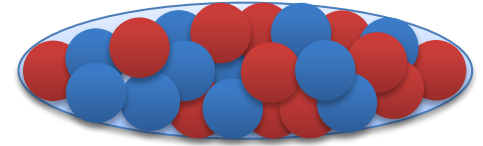
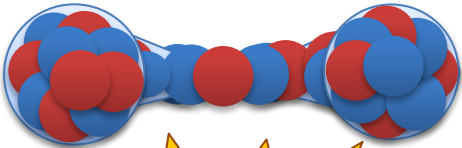
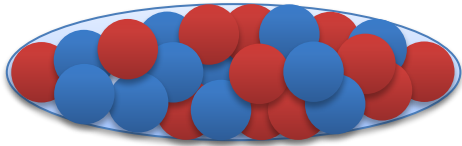
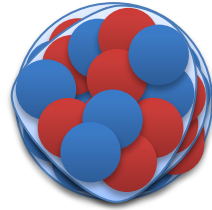
Фриц Штрассман  
22. 02. 1902 — 22. 04. 1980



Отто Ган  
08. 03. 1879 — 28. 07. 1968

Деление ядер урана было открыто в 1939 году.

# Деление ядра урана

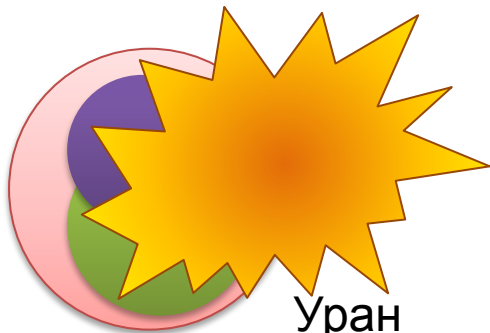
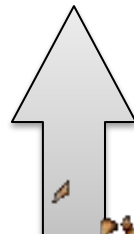
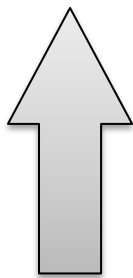


200  
МэВ

$E_1$

=

$E_1$

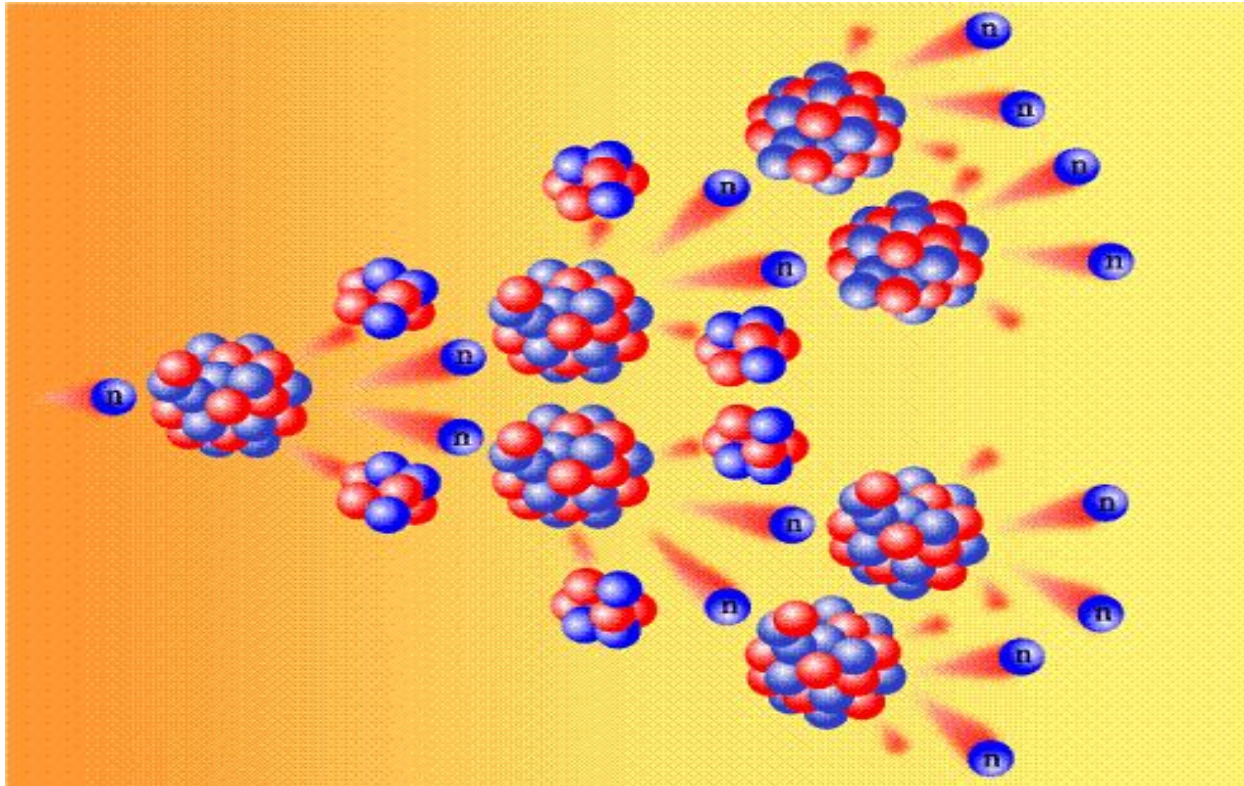


Уран  
 $m = 1$  г.



Нефть  
 $m = 2,5$   
т.

$\frac{1}{0n}$



**Цепная реакция** — это ядерная реакция, в которой частицы, вызывающие эту реакцию, образуются как продукты этой реакции.

от природы  
делящегося  
вещества

от количества  
делящегося  
вещества



Коэффициент  
размножения

нейтронов зависит



от геометри-  
ческой формы  
вещества

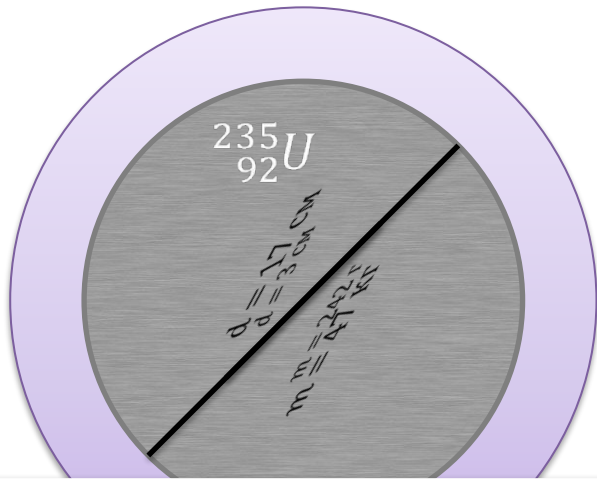
от занимаемо-  
го веществом  
объема

**Коэффициент размножения нейтронов** — это отношение числа нейтронов, вызывающих деление ядер вещества на одном из этапов реакции, к числу нейтронов, вызвавших деление на предыдущем этапе реакции.

$$K = \frac{N_i}{N_{i-1}}$$

Коэффициент размножения будет максимален, если вещество имеет шарообразную форму. В этом случае потеря мгновенных нейтронов через поверхность будет наименьшей.





Масса делящегося вещества, в котором цепная реакция идет с коэффициентом размножения равным единице, называется **критической массой**.

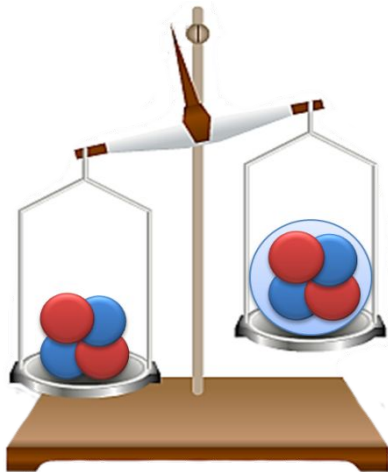
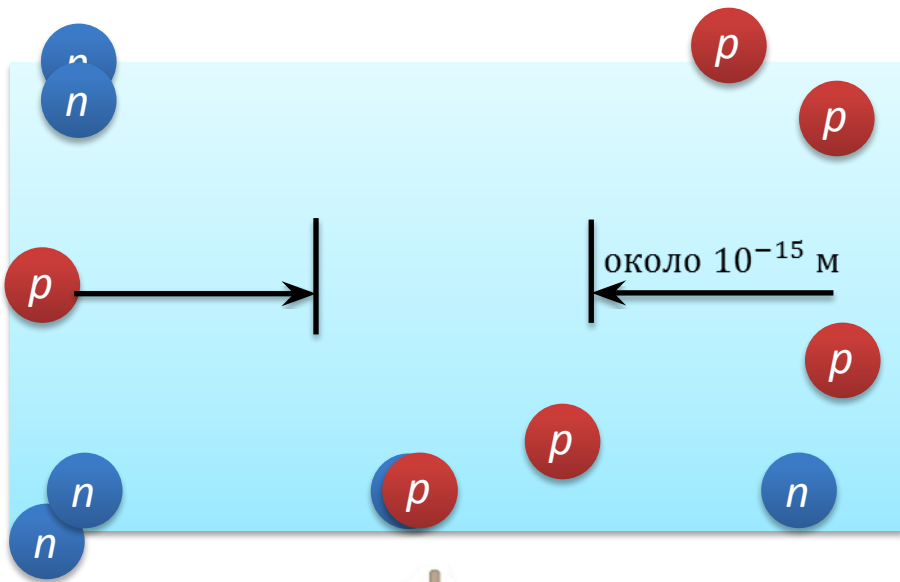
Если  $m < m_{\text{кр}} \Rightarrow K < 1$ .

Реакция без внешнего источника нейтронов быстро затухает.

Если  $m > m_{\text{кр}} \Rightarrow K > 1$ .

Реакция лавинообразно нарастает и имеет характер взрыва.

Цепная реакция такого рода происходит при взрыве атомной бомбы.

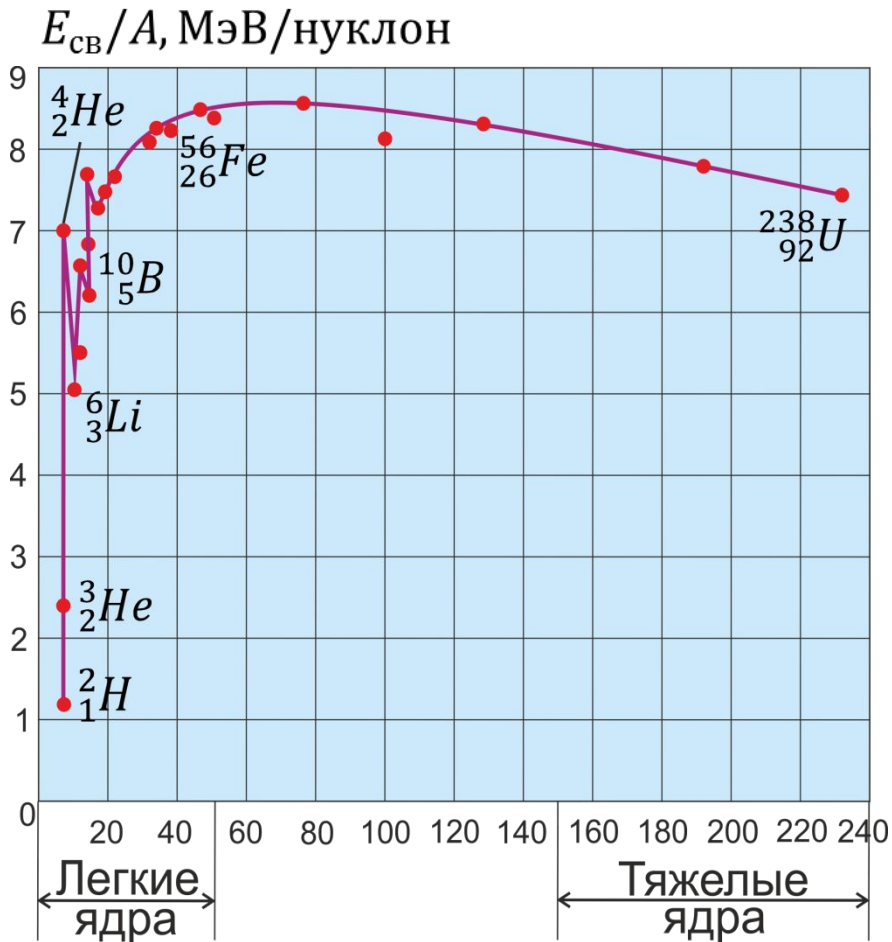


**Ядерные силы** — это силы, удерживающие нуклоны в ядре, представляющие собой большие силы притяжения, действующие только на малых расстояниях.

**Энергия связи** — это минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны.

$$\Delta E = (Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{я}}) \cdot c^2$$

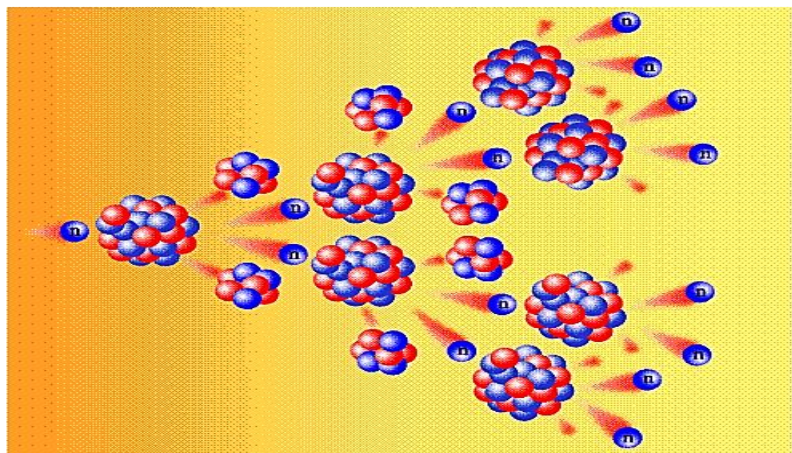
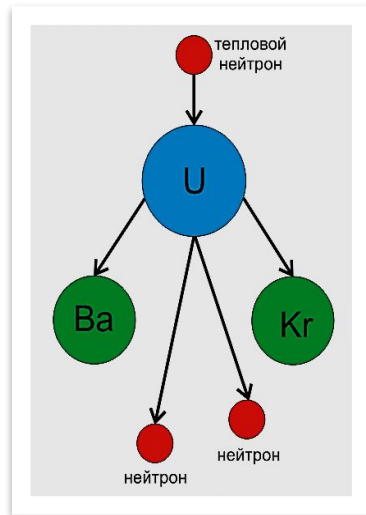
**Дефект массы** — это недостаток массы ядра по сравнению с суммарной массой составляющих его нуклонов.



**Удельная энергия связи** — это средняя энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

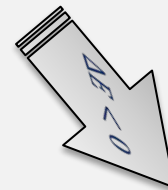
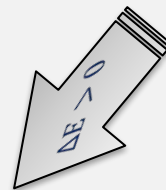
$$\omega_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

**Ядерная реакция** — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением большого количества энергии.



## Энергетический выход ядерной реакции:

$$\Delta E = E_0 - E$$



Экзотермическая

Эндотермическая

**Цепная реакция** — это ядерная реакция, в которой частицы, вызывающие эту реакцию, образуются как продукты этой реакции.