

Решение задач по теме «Строение атома и атомного ядра»

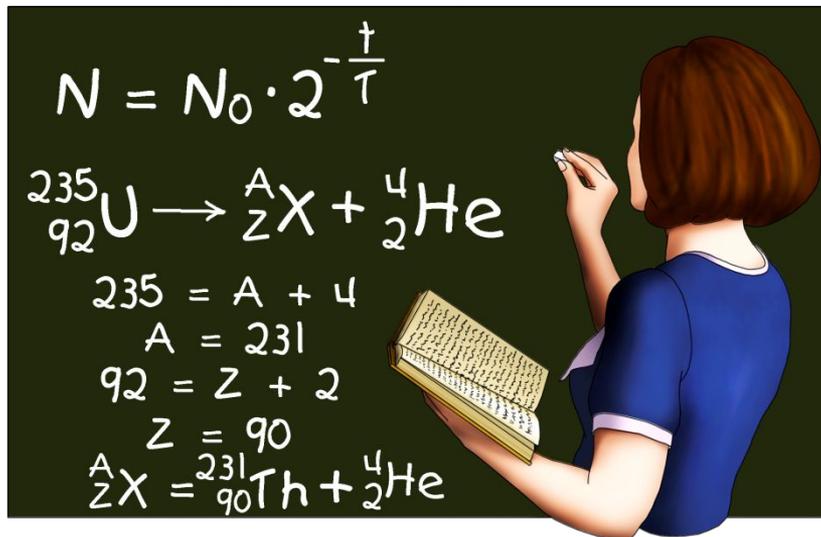
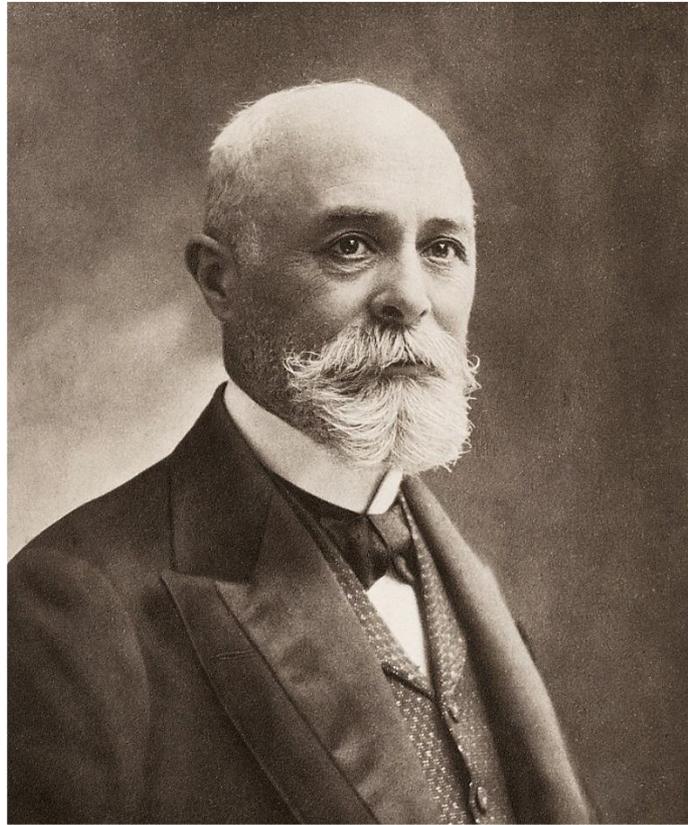


Illustration of a woman with brown hair, wearing a blue shirt, writing on a chalkboard. She is holding a piece of chalk and a book. The chalkboard contains the following mathematical and chemical equations:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$
$${}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_2^4\text{He}$$
$$235 = A + 4$$
$$A = 231$$
$$92 = Z + 2$$
$$Z = 90$$
$${}_Z^A\text{X} = {}_{90}^{231}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$$

Умение решать задачи — практическое искусство, подобное плаванию или катанию на лыжах, или игре на фортепиано: научиться этому можно, лишь подражая избранным образцам и постоянно тренируясь.

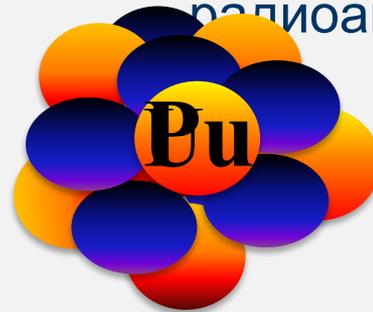
Дьёрдь Пойа



Антуан Анри
Беккерель

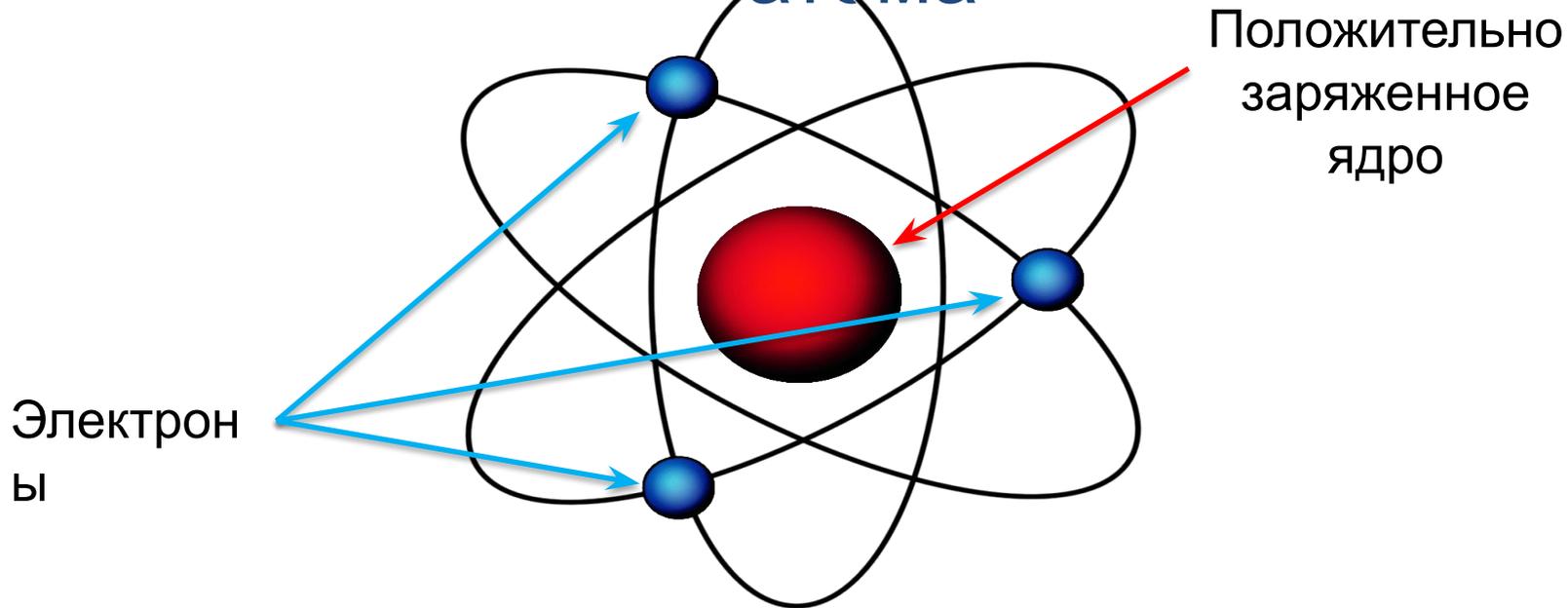
15. 12. 1852 — 25. 08. 1908

Радиоактивность — это явление самопроизвольного превращения неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием частиц, обладающих большой проникающей способностью. (Естественная радиоактивность)

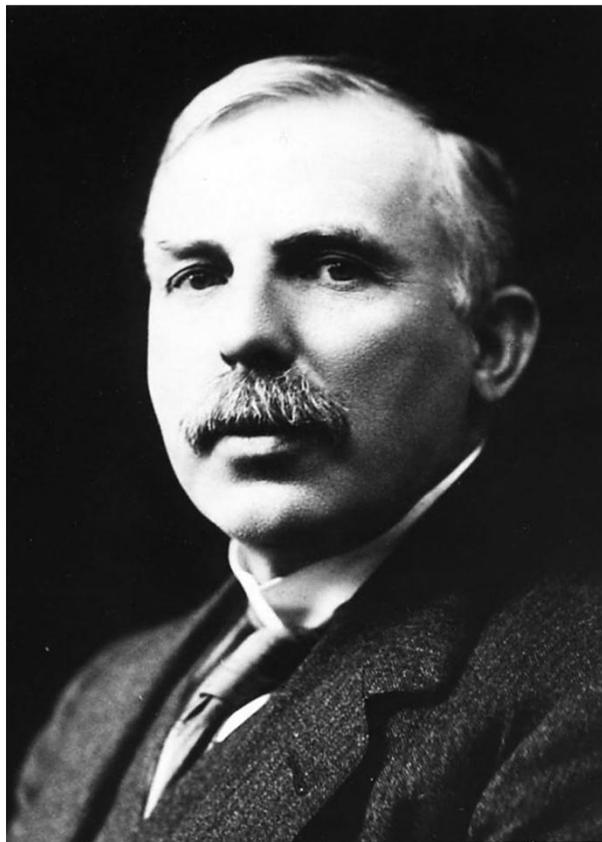


Ядерная (планетарная) модель

атома

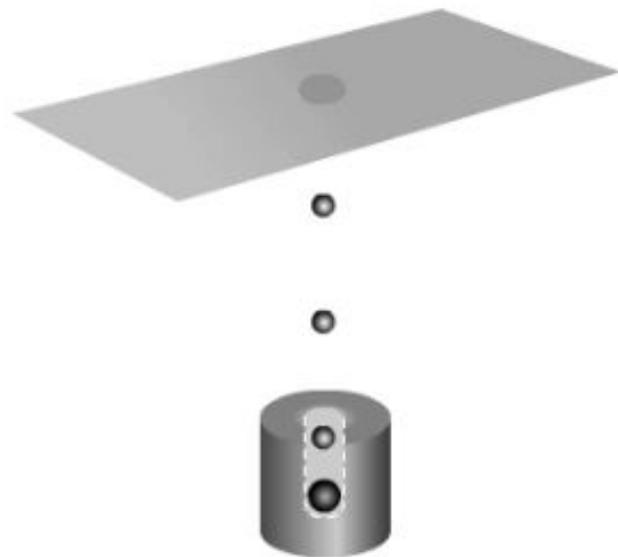


Заряд ядра равен модулю суммарного заряда электронов.



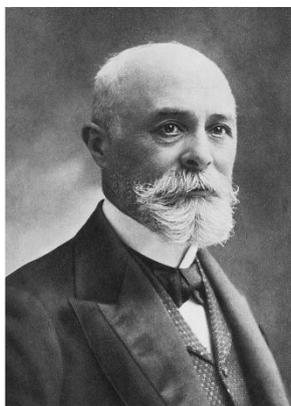
Эрнест Резерфорд
30. 08. 1871 — 19. 10. 1937

1899 год





Эрнест Резерфорд
30.08.1871 — 19.10.1937

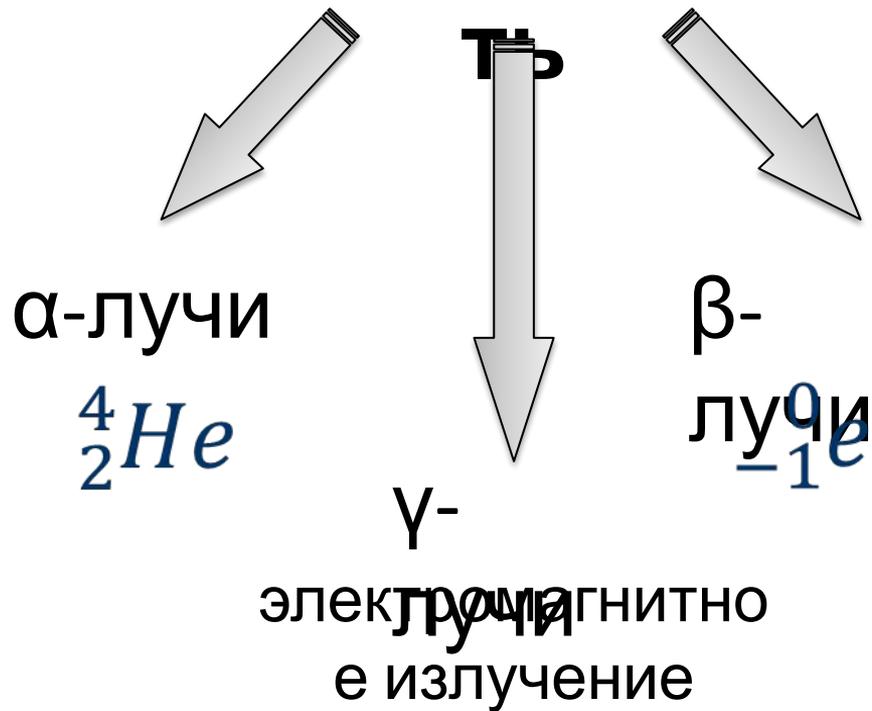


Антуан Анри Беккерель
15. 12. 1852 — 25. 08. 1908



Поль Виллард
28.09.1860 — 13.01.1934

Радиоактивнос





Д. Д. Иваненко

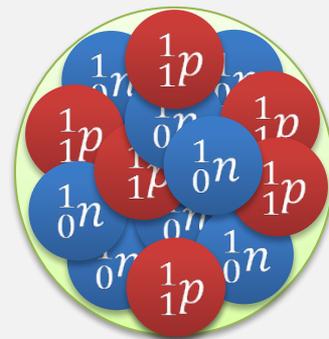
29. 07. 1904 — 30. 11. 1994



В. К. Гейзенберг

05. 12. 1901 — 01. 02. 1976

Протонно-нейтронная модель строения ядра



прото
н



нейтро
н

нукло
н



Массовое число (A) — общее число нуклонов в ядре.

Массовое число численно равно массе ядра, выраженной в атомных единицах массы.

Зарядовое число (Z) — число протонов в ядре.

Зарядовое число численно равно заряду ядра, выраженному в элементарных электрических зарядах.

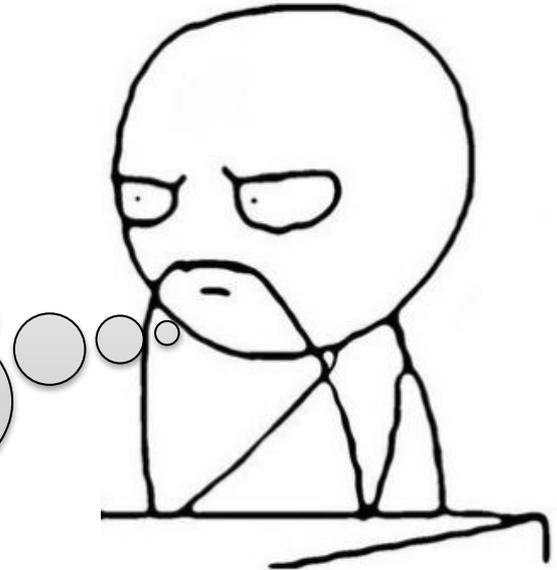
N — число нейтронов в ядре.

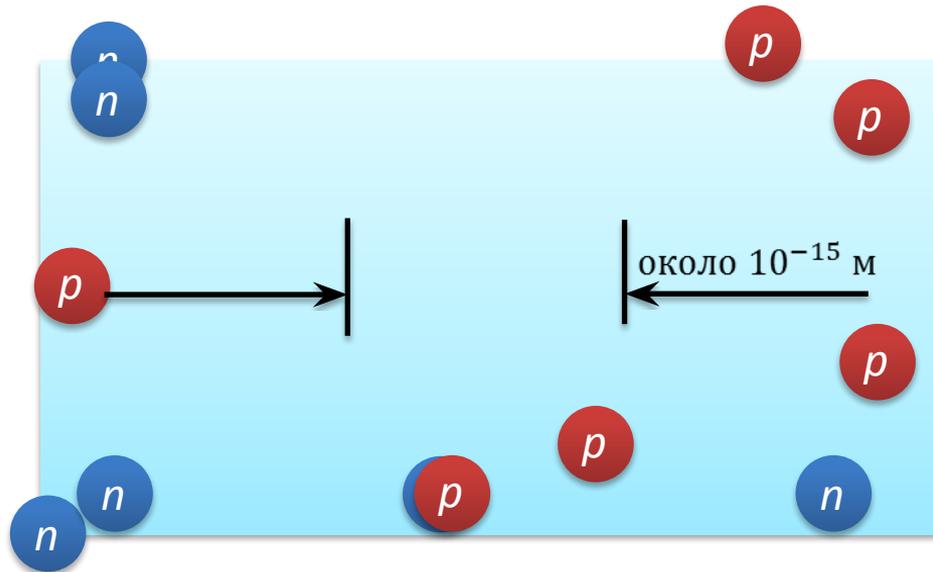
$$N = A - Z$$



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.

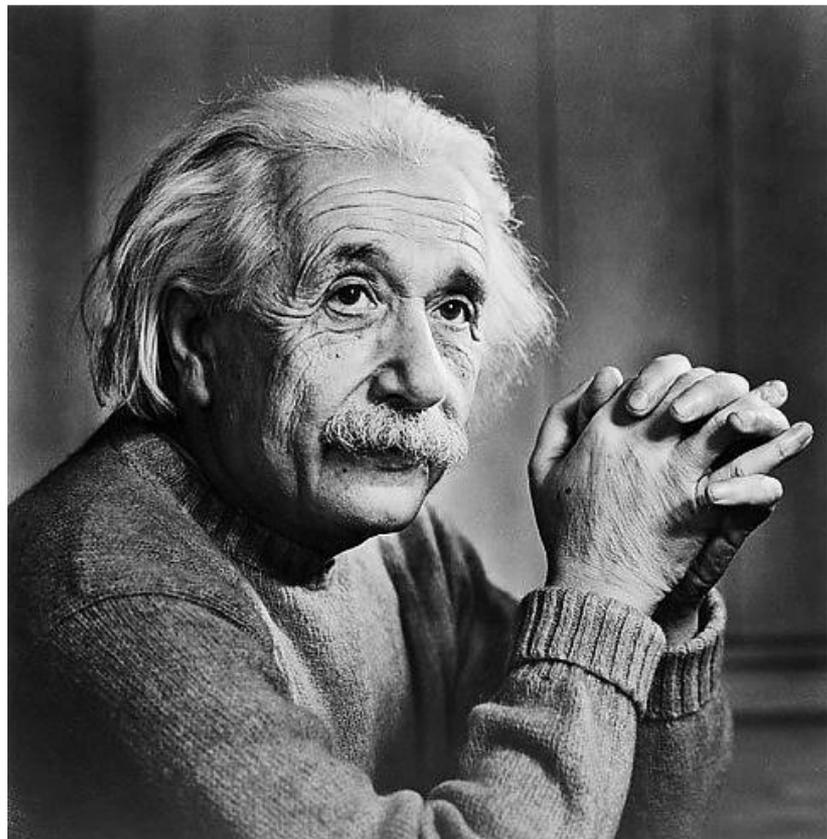




Ядерные

силы

1. Это короткодействующие силы.
2. Это самые мощные силы из всех, которыми располагает природа.
3. Ядерным силам свойственно насыщение.
4. Ядерным силам свойственна зарядовая независимость.
5. Ядерные силы не являются центральными.
6. Ядерные силы являются обменными 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:

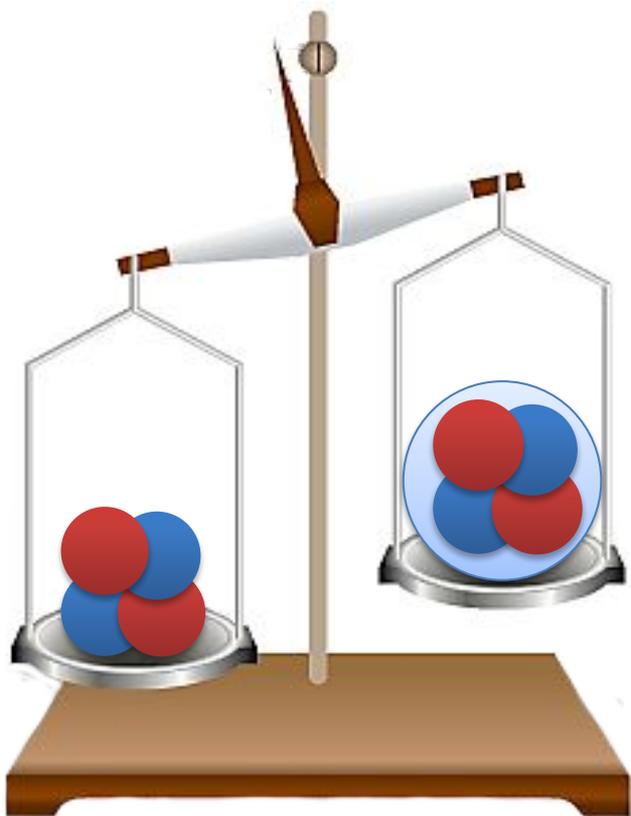
$$E = mc^2$$

c — скорость света в вакууме.



Если изменить энергию на величину $\Delta E_0 \Rightarrow$ изменится масса на величину Δm .

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



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

Дефект

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

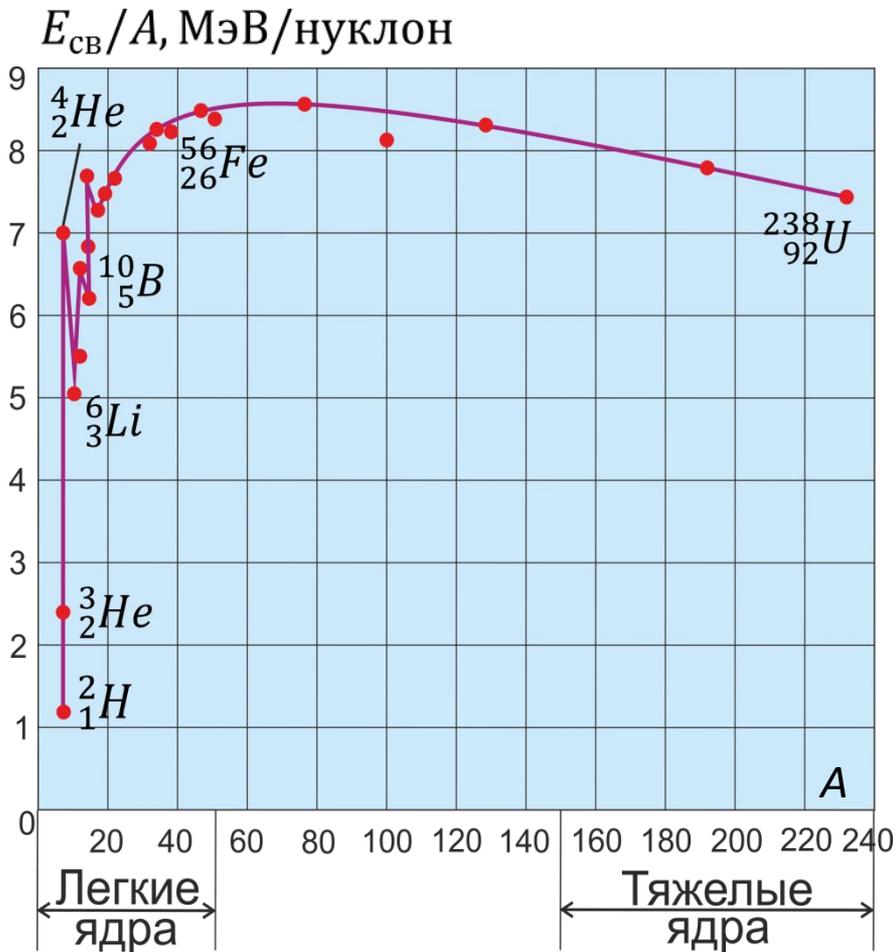
$m_{\text{я}}$ — масса ядра;

m_p — масса протона;

m_n — масса нейтрона;

Z — число протонов в ядре;

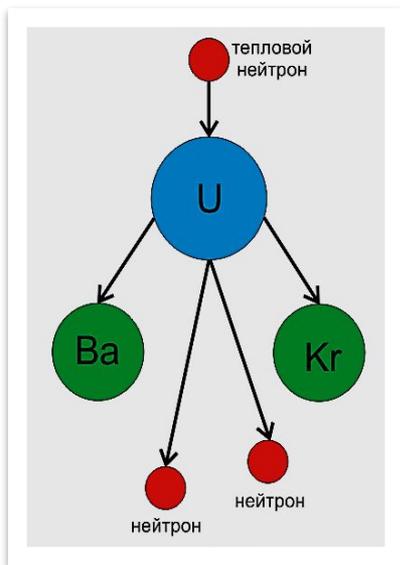
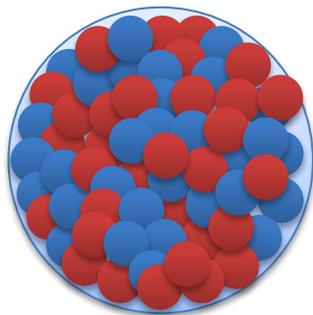
$N = (A - Z)$ — число нейтронов в ядре.



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

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

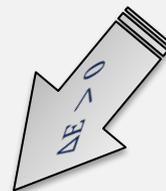




Ядерная реакция — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра и выделением большого количества энергии.

Энергетический выход реакции

$$\Delta E = E_0 - E$$



Экзотермическая

Эндотермическая

Факторы, влияющие на
степень и характер
отрицательного воздействия

радиации

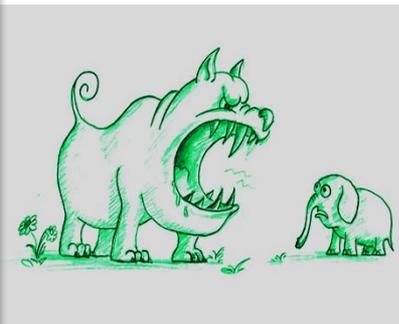
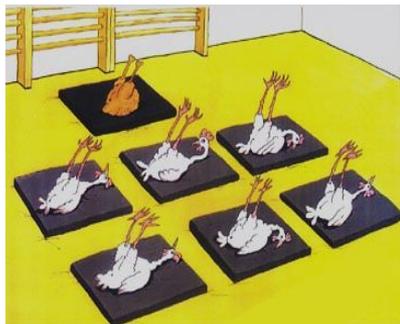


Переданная
энергия

энергия

Масса
тела

тела



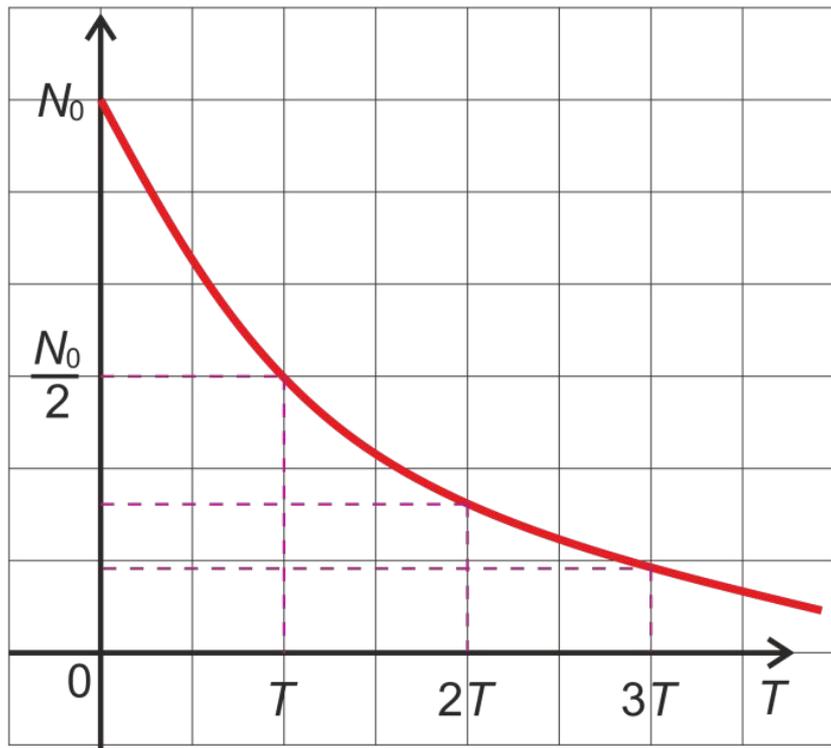
Поглощенная доза излучения — это величина, равная отношению энергии ионизирующего излучения, поглощенной облучаемым веществом, к массе этого вещества.

$$D = \frac{E}{m}$$

$$[D] = [\text{Гр}]$$

$$[D] = [\text{рад}]$$

Эквивалентная доза излучения — это величина, определяющая воздействие излучения на организм, и равная произведению поглощенной дозы на коэффициент качества.



Период полураспада — это промежуток времени, в течении которого распадается половина первоначального количества **зависит** радиоактивного распада:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Активность радиоактивного источника (A) — ожидаемое число элементарных радиоактивных распадов в единицу времени.

$$[A] = [\text{Бк}]$$

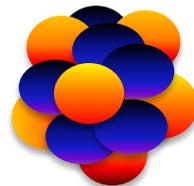
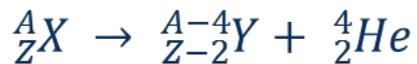
$$[A] = [\text{Ки}]$$

Задача 1. Определите, ядра каких элементов образуются в результате α -распада ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ и β -распада ${}^{137}_{55}\text{Cs}$.

Дано:

Решени

1. Рассмотрим α -распад ядра урана.



2. В ядерных реакциях суммарный электрический заряд во входном канале равен суммарному электрическому заряду в

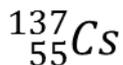
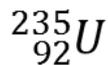
выходном канале.

3. В ядерных реакциях сумма массовых чисел до реакции равна сумме массовых чисел после реакции.

$$\left. \begin{array}{l} 235 = A + 4 \\ 92 = Z + 2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} A = 231 \\ Z = 90 \end{array} \Rightarrow {}^A_Z X = {}^{231}_{90} \text{Th}$$

Задача 1. Определите, ядра каких элементов образуются в результате α -распада ядра ${}^{235}_{92}\text{U}$ и β -распада ${}^{137}_{55}\text{Cs}$.

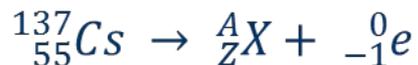
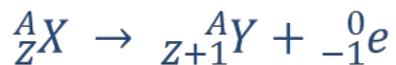
Дано:



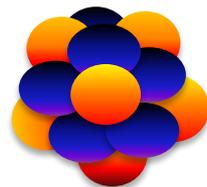
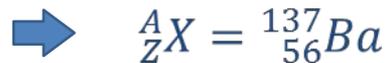
$${}^A_Z\text{X} = ?$$

Решени

Решение. Рассмотрим β -распад ядра цезия.



$$\left. \begin{array}{l} 137 = A + 0 \\ 55 = Z + (-1) \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} A = 137 \\ Z = 56 \end{array}$$



e

Ответ ${}^{231}_{90}\text{Th}$, ${}^{137}_{56}\text{Ba}$.

:

Задача 2. Определите удельную энергию связи ядра атома $^{11}_5\text{B}$

Дано:

Решени

е:1. По формуле $N = A - Z$ найдите количество протонов Z и нейтронов N в ядре атома.

$$m_B = 11,009\,305 \text{ а.е.м.}$$

$$m_p = 1,007\,83 \text{ а.е.м.}$$

$$m_n = 1,008\,66 \text{ а.е.м.}$$

$$\left. \begin{array}{l} A = 11 \text{ а.е.} \\ m. \end{array} \right\} N = 11 - 5 = 6$$

$$Z = 5$$

2. Запишите формулу энергии связи атомного ядра.

$$E_{\text{св}} = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_{\text{я}}) \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

$$E_{\text{св}} = 931,5 \cdot (5 \cdot 1,00783 + 6 \cdot 1,00866 - 11,009305)$$

$$E_{\text{св}} = 76,201 \text{ МэВ}$$

3. Запишите формулу для расчёта удельной энергии связи атомного ядра.

$$E_{\text{уд. св.}} = \frac{E_{\text{св}}}{A} \cdot E_{\text{уд. св.}} = \frac{76,201}{11} = 6,9274 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

Задача 3. Определите полезный энергетический выход ядерной реакции, в которой при облучении изотопа азота $^{15}_7\text{N}$ протонами, энергия которых составляет $1,2 \text{ МэВ}$, образуется углерод $^{12}_6\text{C}$ и α -частица.

Дано:

Решени

1. Запишем ядерную реакцию взаимодействия изотопа азота с протоном.



2. Запишем формулу энергетического выхода ядерной реакции:

$$\Delta E = (m_{\text{N}} + m_{\text{p}} - m_{\text{C}} - m_{\text{He}}) \cdot 931,5$$

$$\Delta E = (15,00011 + 1,00783 - 12,0096 - 4,002603) \cdot 931,5$$

$$\Delta E = -4 \text{ МэВ.}$$

Исходная ненулевая кинетическая энергия протона увеличивает кинетическую энергию продуктов реакции, но не изменяет ее полезного энергетического выхода.

$$m_{\text{N}} = 15,00011 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{p}} = 1,00783 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{C}} = 12,0096 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{He}} = 4,002603 \text{ а.е.м.}$$

Задача 4. Рассчитайте, какова электрическая мощность атомной электростанции, которая расходует в сутки $m = 2020$ кг изотопа урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ и имеющей КПД $0,25$.

Дано:

Решение:

е: