Атомное ядро. Нуклонная модель ядра. Изотопы. Энергия связи нуклонов в ядре.

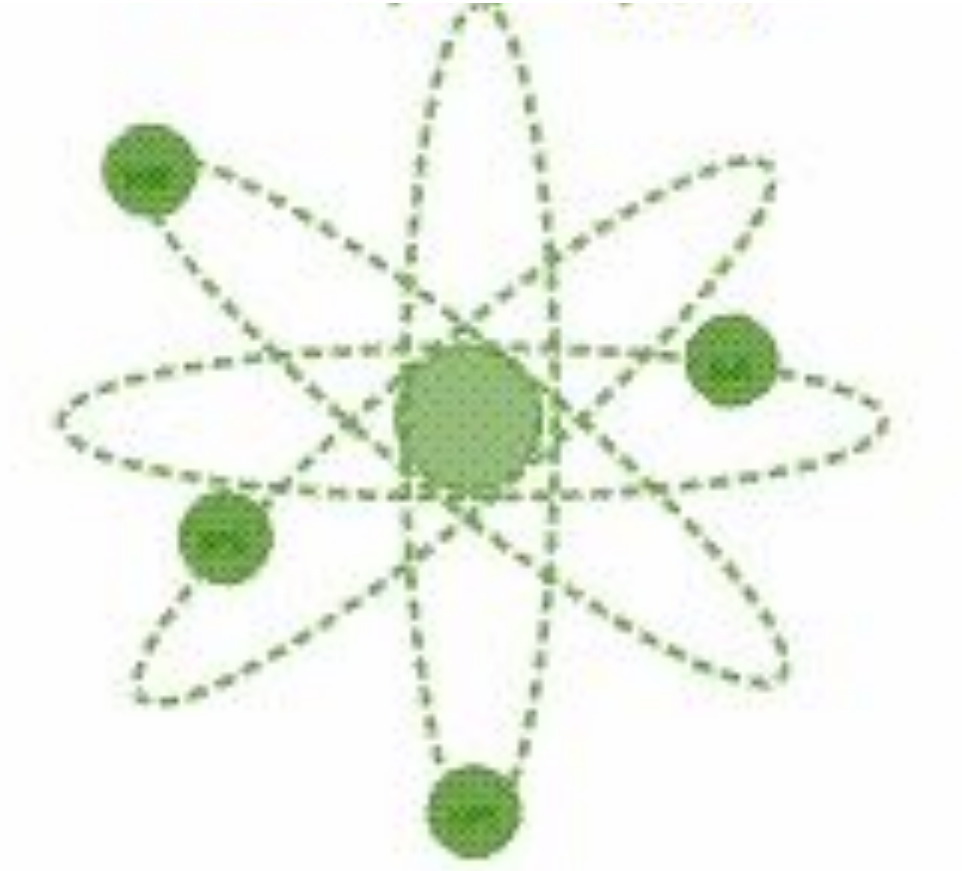
Цели обучения:

- 11.8.2.3 - вычислять энергию связи атомного ядра и объяснять графическую зависимость удельной энергии связи от массового числа ядра

Критерии оценивания:

- знает состав и свойства атома.
- определяет число протонов и атомную массу.
- знает и объясняет понятие изотоп
- - объясняет причину возникновения дефекта масс и энергии связи атомных ядер.
- - рассчитывает дефект масс, энергию связи и энергетический выход ядерных реакций;

Строение атома



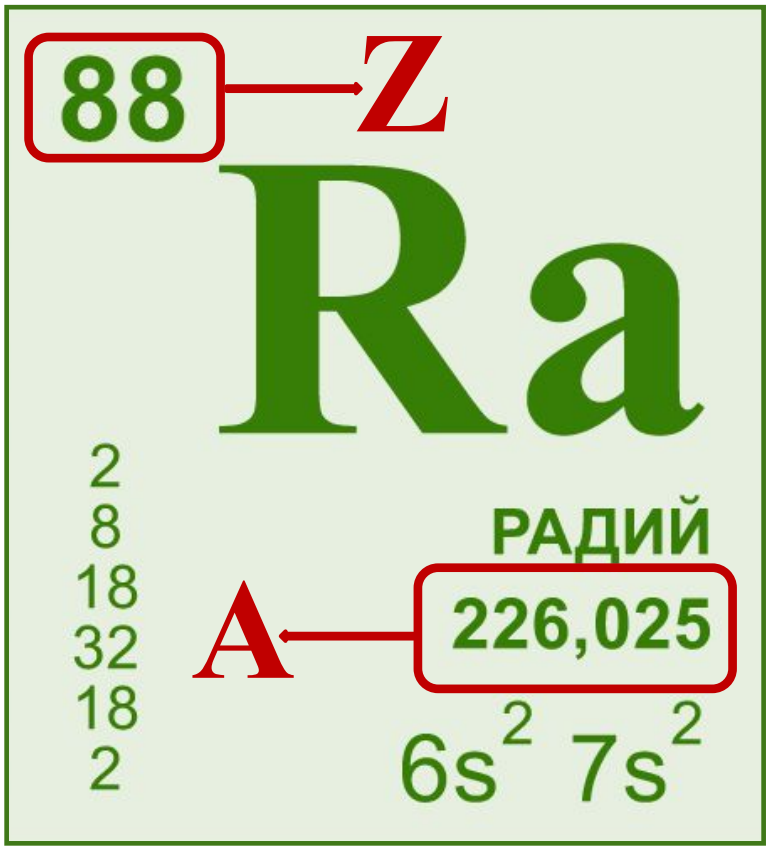
Модель атома Резерфорда

Нуклоны

Нуклон (от лат. nucleus - ядро) – единое название протона и нейтрона – частиц, из которых состоит атомное ядро

Характеристики атомного ядра

$$^{A}_{Z}X$$



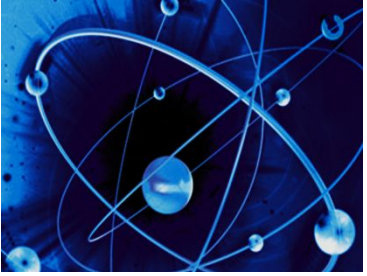
Z – зарядовое число,

A – массовое число,

N – число нейтронов в ядре

$$A = Z + N$$

$$1\ \text{а.е.м.} = 1{,}6605 * 10^{-27}\ \text{кг}$$



Характеристики атомных частиц

$$^{A}_{Z}X$$

Частица	Масса, кг	Масса, а. е. м.	Заряд, Кл
Протон, p	$1{,}6726 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$
Нейтрон, n	$1{,}6749 \cdot 10^{-27}$	1,00866	0
Электрон, e	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$

Определение элементарного состава атома

$N_p = Z$ $N_e = N_p$ $N_n = A - Z$

- Нукли́д (лат. nucleus — «ядро» и др.-греч. εἶδος — «вид, сорт») — вид атомов, характеризующийся определённым массовым числом, атомным номером и энергетическим состоянием ядер и имеющий время жизни, достаточное для наблюдения

Нуклиды, имеющие

- одинаковый атомный номер (то есть обладающие одинаковым числом протонов), называются изотопами,
- одинаковое массовое число — изобарами,
- одинаковое число нейтронов — изотонами.

Изотопы

Изотопы - это химические элементы, ядра которых имеют одинаковое число протонов, но разное число нейтронов (разную массу).

Изотопы имеют одинаковые химические свойства (обусловлены зарядом ядра), но разные физические свойства (обусловлено массой).

Изотопы водорода

протий	дейтерий	тритий
$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$

Прокомментируйте состав ядер изотопов водорода.

Единицы измерения массы и энергии в атомной физике

Для массы:

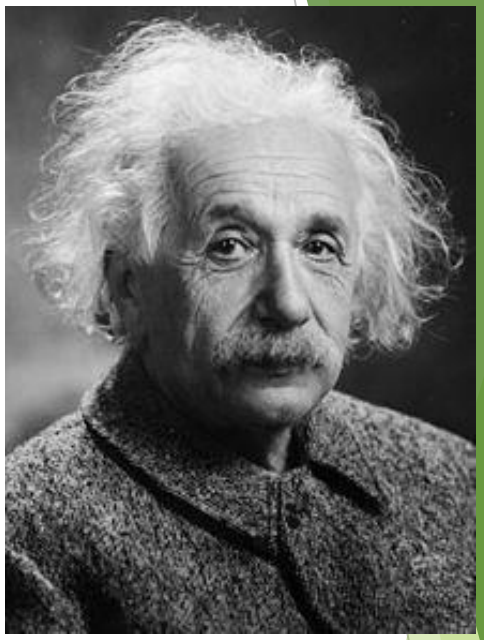
$$1\ \text{а. е. м} = 1{,}6605 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$$

Для энергии:

$$1\ \text{эВ} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{Дж}$$

Эквивалентность массы и энергии

Эквивале́нтность ма́ссы и эне́ргии — физическая концепция теории относительности, согласно которой полная энергия физического объекта (физической системы, тела) равна его (её) массе, умноженной на размерный множитель квадрата скорости света в вакууме:



Альберт Эйнштейн, 1879 - 1955 гг.

$$E = mc^2$$

где E – энергия объекта
m – его масса
c – скорость света в вакууме

Определим эквивалент массы **1 а.е.м.** через энергию

$$E = mc^2 = 1\ \text{а.е.м} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 =$$

$$= 1{,}66005 \cdot 10^{-27}\ \text{кг} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$$

$$= 14{,}924 \cdot 10^{-11}\ \text{Дж} \approx 931{,}5\ \text{МэВ}$$

$$1\ \text{а.е.м} = 1{,}6605 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$$

В микромире массу частиц часто выражают в единицах энергии:

$$1\ \text{а.е.м} = 931{,}5\ \text{МэВ}$$

$$M_e = 0{,}00055 \cdot 931{,}5\ \text{МэВ} = 0{,}512\ \text{МэВ}$$

Определите в **а.е.м.** общую массу 13 протонов, 14 нейтронов и 13 электронов.

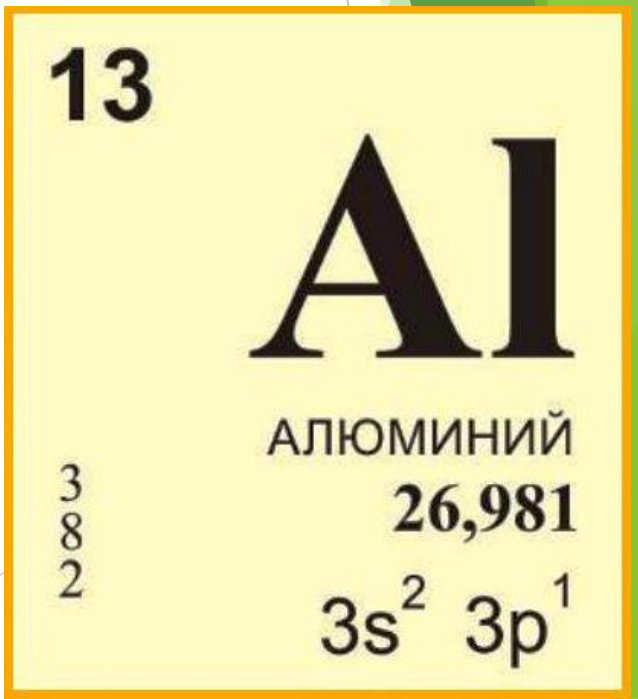
$m_p = 1{,}00728$ а. е. м.
$m_n = 1{,}00866$ а. е. м.
$m_e = 0{,}00055$ а. е. м.

$$M = (13 \cdot 1{,}00728 + 14 \cdot 1{,}00866 + 13 \cdot 0{,}00055)\text{а. е. м.}$$

$$M = 27{,}22219 \text{ а. е. м.}$$

Массу атома алюминия можно определить из таблицы Менделеева

$$M_{Al} = 26{,}981 \text{ а. е. м}$$



Измерения масс ядер показывают, что масса ядра ($M_{Я}$) всегда меньше суммы масс покоя слагающих его свободных нейтронов и протонов

$$M_{Я} < Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

Дефект массы — это разница между суммой масс всех нуклонов, содержащихся в ядре, и массой ядра.

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{Я}$$

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - (M_{ат} - Z \cdot m_e)$$

Так как $m_{{}_1^1H} = m_p + m_e$

$$\Delta m = Z \cdot m_{{}_1^1H} + N \cdot m_n - M_{ат}$$

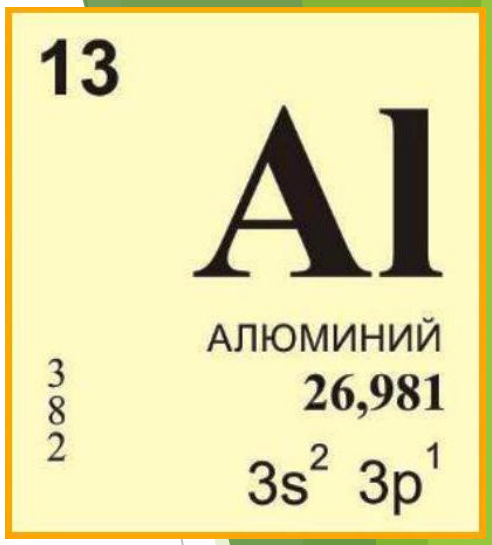
Массу атома $\boldsymbol{M}_{ат}$ можно найти в справочниках и таблицах

13. Относительная атомная масса некоторых изотопов[1], а. е. м.

Изотоп	Масса нейтрального атома	Изотоп	Масса нейтрального атома
$^{1}_{1}H$ (водород)	1,00783	$^{10}_{5}B$ (бор)	10,01294
$^{2}_{1}H$ (дейтерий)	2,01410	$^{11}_{5}B$ (бор)	11,00931
$^{3}_{1}H$ (тритий)	3,01605	$^{12}_{6}C$ (углерод)	12,00000
$^{3}_{2}He$ (гелий)	3,01602	$^{14}_{7}N$ (азот)	14,00307
$^{4}_{2}He$ (гелий)	4,00260	$^{15}_{7}N$ (азот)	15,00011
$^{6}_{3}Li$ (литий)	6,01513	$^{16}_{8}O$ (кислород)	15,99491
$^{7}_{3}Li$ (литий)	7,01601	$^{17}_{8}O$ (кислород)	16,99913
$^{8}_{4}Be$ (бериллий)	8,00531	$^{27}_{13}Al$ (алюминий)	26,98146

[1] Для нахождения массы ядра необходимо вычесть суммарную массу электронов.

Определим дефект массы алюминия



$$M_{Al} = 26{,}98146 \text{ а. е. м}$$

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - (M_{\text{ат}} - Z \cdot m_e)$$

$$\Delta m = \left(13 \cdot 1{,}00728 + 14 \cdot 1{,}00866 - (26{,}98146 - 13 \cdot 0{,}00055)\right) \text{ а. е. м.}$$

$$\Delta m = 0{,}24157 \text{ а. е. м.}$$

- При образовании ядра из нуклонов общая масса нуклонов уменьшается. При этом выделяется энергия эквивалентная дефекту массы.

Энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц за счет возникающего дефекта массы, называется **энергией связи ядра**.

- Чтобы разложить ядро на составляющие его нуклоны нужно затратить энергию

Энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется **энергией связи ядра**.

Энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется **энергией связи ядра**.

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\text{Я}}) \cdot c^2$$

$$E_{\text{св}} = \left(Z \cdot m_{{}_1^1H} + N \cdot m_n - M_{\text{ат}}\right) \cdot c^2$$

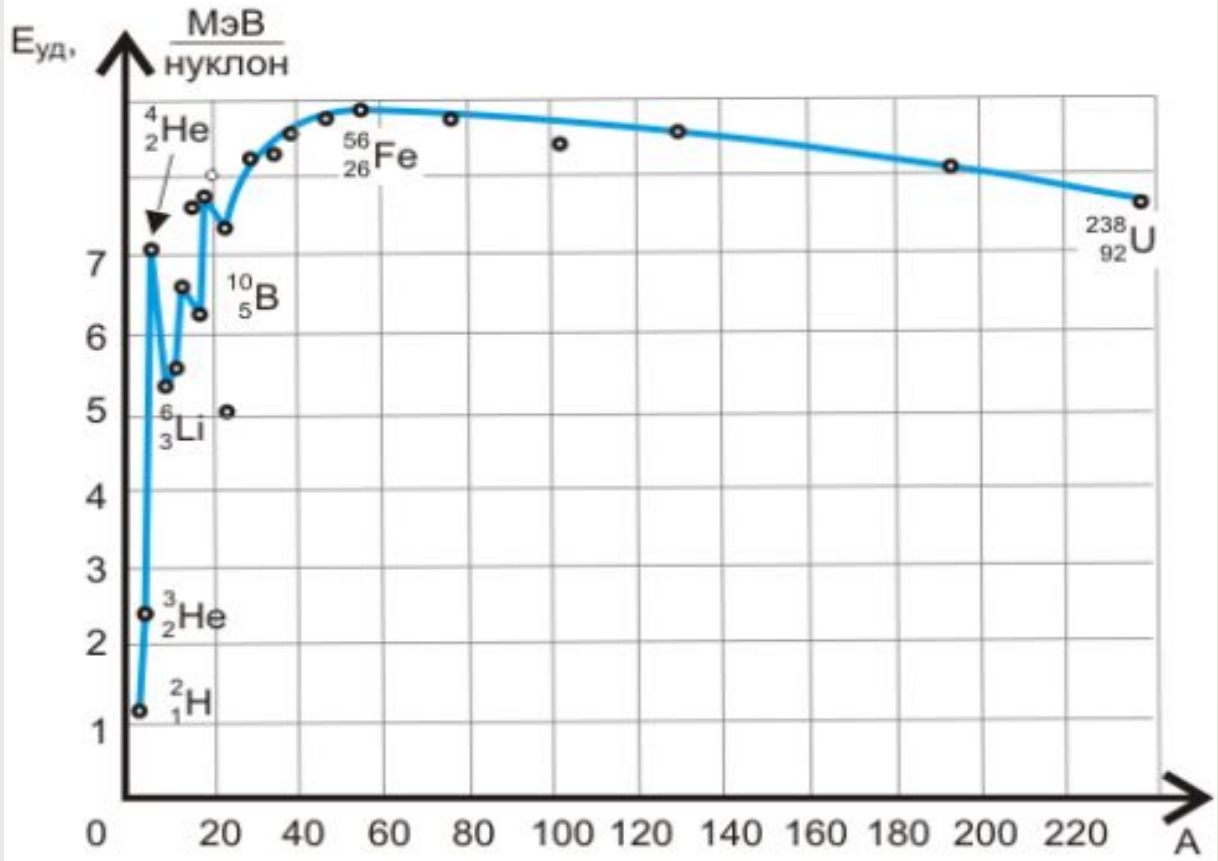
- Так как массы и энергия эквивалентны, то для определения энергии связи можно воспользоваться формулой:

$$E_{\text{св}} = \left(Z \cdot m_{{}_1^1H} + N \cdot m_n - M_{\text{ат}}\right) \cdot 931{,}5 \ \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}}$$

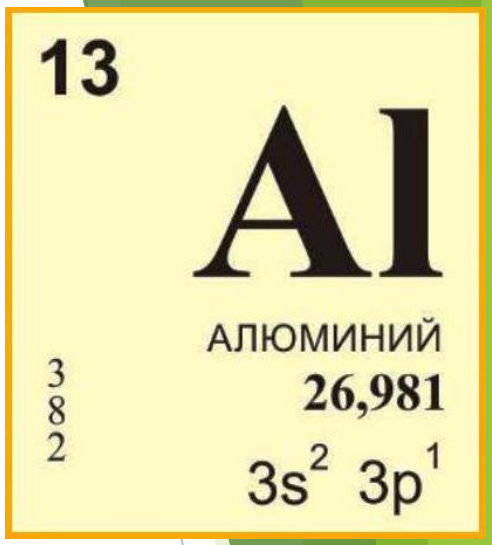
- где $m_{{}_1^1H}$, m_n, $M_{\text{ат}}$ в **а.е.м.**

Энергия связи, приходящаяся на один нуклон, называют **удельной энергией связи**

$$\varepsilon_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$



Определим энергию связи и удельную энергию связи алюминия



$$\Delta m = 0{,}24157 \text{ а. е. м.}$$

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot 931{,}5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} = 225 \text{ МэВ}$$

$$\varepsilon_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{A} = \frac{225 \text{ МэВ}}{27} = 8{,}33 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$$

Рефлексия

- - что узнал, чему научился?
- - что осталось непонятным?
- - над чем необходимо работать?