

# Энергия связи атомных ядер



# Интерактивная модель ЦОР

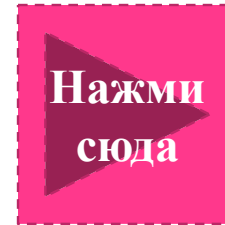
Задание:

Собери ядро атомов

1. Кислорода

2. Натрия

Сделай вывод



Вывод

Чему равно число протонов?

$$Z \text{ p} = Z$$

Чему равно число нейтронов?

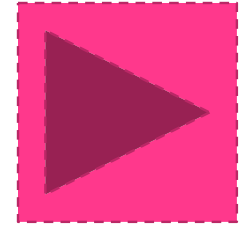
$$N = A - Z$$

## 17. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

Период	Ряд	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1	(H)						H <sup>1</sup> 1,00797 Водород	He <sup>2</sup> 4,0026 Гелий	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     Li<sup>3</sup> 6,939 Литий                 </div> Относительная атомная масса	
II	2	Li <sup>3</sup> 6,939 Литий	Be <sup>4</sup> 9,0122 Бериллий	B <sup>5</sup> 10,811 Бор	C <sup>6</sup> 12,01115 Углерод	N <sup>7</sup> 14,0067 Азот	O <sup>8</sup> 15,9994 Кислород	F <sup>9</sup> 18,9984 Фтор	Ne <sup>10</sup> 20,179 Неон		
III	3	Na <sup>11</sup> 22,9898 Натрий	Mg <sup>12</sup> 24,305 Магний	Al <sup>13</sup> 26,9815 Алюминий	Si <sup>14</sup> 28,086 Кремний	P <sup>15</sup> 30,9738 Фосфор	S <sup>16</sup> 32,064 Сера	Cl <sup>17</sup> 35,453 Хлор	Ar <sup>18</sup> 39,948 Аргон		
IV	4	K <sup>19</sup> 39,102 Калий	Ca <sup>20</sup> 40,08 Кальций	21 Sc <sup>44,956</sup> Скандий	22 Ti <sup>47,90</sup> Титан	23 V <sup>50,942</sup> Ванадий	24 Cr <sup>51,996</sup> Хром	25 Mn <sup>54,9380</sup> Марганец	26 Fe <sup>55,847</sup> Железо	27 Co <sup>58,9330</sup> Кобальт	28 Ni <sup>58,71</sup> Никель
	5	29 Cu <sup>63,546</sup> Медь	30 Zn <sup>65,37</sup> Цинк	31 Ga <sup>69,72</sup> Галлий	32 Ge <sup>72,59</sup> Германий	33 As <sup>74,9216</sup> Мышьяк	34 Se <sup>78,96</sup> Селен	35 Br <sup>79,904</sup> Бром	36 Kr <sup>83,80</sup> Криптон		
V	6	Rb <sup>37</sup> 85,47 Рубидий	Sr <sup>38</sup> 87,62 Стронций	39 Y <sup>88,905</sup> Иттрий	40 Zr <sup>91,22</sup> Цирконий	41 Nb <sup>92,906</sup> Ниобий	42 Mo <sup>95,94</sup> Молибден	43 Tc <sup>[99]</sup> Технеций	44 Ru <sup>101,07</sup> Рутений	45 Rh <sup>102,905</sup> Родий	46 Pd <sup>106,4</sup> Палладий
	7	47 Ag <sup>107,868</sup> Серебро	48 Cd <sup>112,40</sup> Кадмий	49 In <sup>114,82</sup> Индий	50 Sn <sup>118,69</sup> Олово	51 Sb <sup>121,75</sup> Сурьма	52 Te <sup>127,60</sup> Теллур	53 I <sup>126,9044</sup> Иод	54 Xe <sup>131,30</sup> Ксенон		
VI	8	Cs <sup>55</sup> 132,905 Цезий	Ba <sup>56</sup> 137,34 Барий	57 La* <sup>138,91</sup> Лантан	72 Hf <sup>178,49</sup> Гафний	73 Ta <sup>180,948</sup> Тантал	74 W <sup>183,85</sup> Вольфрам	75 Re <sup>186,2</sup> Рений	76 Os <sup>190,2</sup> Осмий	77 Ir <sup>192,2</sup> Иридий	78 Pt <sup>195,09</sup> Платина
	9	79 Au <sup>196,967</sup> Золото	80 Hg <sup>200,59</sup> Ртуть	81 Tl <sup>204,37</sup> Таллий	82 Pb <sup>207,19</sup> Свинец	83 Bi <sup>208,980</sup> Висмут	84 Po <sup>[210]*</sup> Полоний	85 At <sup>[210]</sup> Астат	86 Rn <sup>[222]</sup> Радон		
VII	10	Fr <sup>87</sup> [223] Франций	Ra <sup>88</sup> [226] Радий	89 Ac** <sup>[227]</sup> Актиний	104 Rf <sup>[261]</sup> Резерфордий	105 Db <sup>[262]</sup> Дубний	106 Sg <sup>[263]</sup> Сиборгий	107 Bh <sup>[262]</sup> Борий	108 Hs <sup>[265]</sup> Хассий	109 Mt <sup>[266]</sup> Мейтнерий	110

Лант.- ноды*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,907 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147]* Прометий	62 Sm 150,35 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,924 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций
Акт.- ноды**	90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [252]* Калифорний	99 Es [254] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [257] Менделевий	102 No [255] Нобелий	103 Lr [256] Лоуренсий

# Дефект массы ядра



Точнейшие измерения масс ядер  
масса покоя ядра  $M_{\text{я}}$  всегда меньше суммы масс покоя слагающих его  
протонов и нейтронов:

$$M_{\text{я}} < Zm_p + Nm_n$$

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}} \quad \text{- дефект массы.}$$

$$\Delta M > 0$$

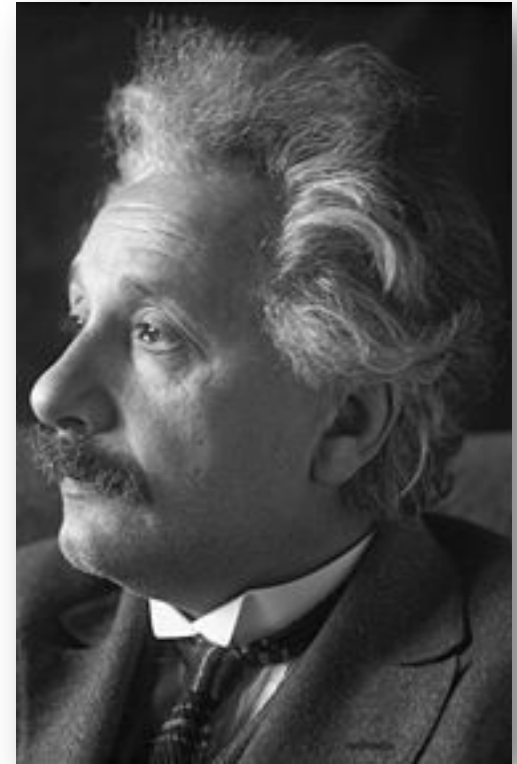
**Энергия связи атомных ядер** – та энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные частицы.

**Закон сохранения энергии**

энергия связи равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц.

Уравнение Эйнштейна между массой и энергией:

$$E = mc^2$$



Альберт Эйнштейн  
(1879 - 1955)

$$\Delta E_{св} = \Delta M c^2 = (Zm_p + Nm_n - M_{я})c^2$$

Уменьшение массы при образовании ядра из частиц уменьшает энергию этой системы частиц:

- частицы за счет действия ядерных сил на малых расстояниях устремляются с огромным ускорением друг к другу;
- излучаются  $\gamma$ - кванты

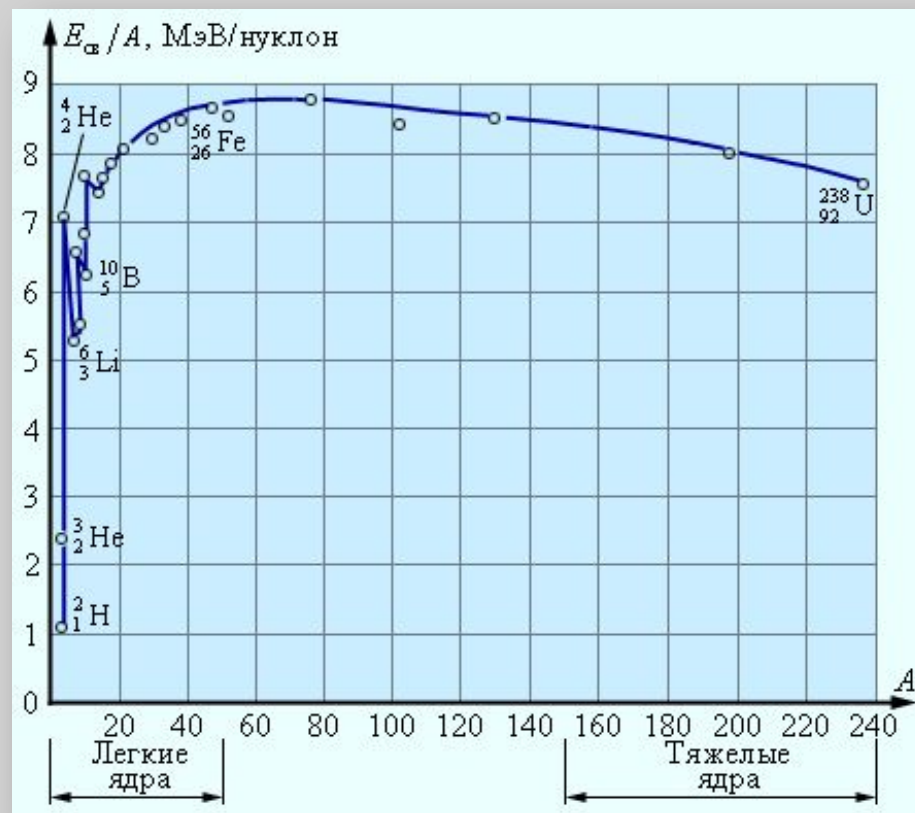
**Пример:** образование 4 г гелия сопровождается выделением такой же энергии, что и сгорание 1,5 - 2 вагонов каменного угля.

# Удельная энергия связи



- **Удельная энергия связи** – энергия связи, приходящаяся на одну ядерную частицу от массового числа  $A$ .

- Максимальную энергию связи (8,6 МэВ/нуклон) имеют элементы с массовыми числами от 50 до 60. Ядра этих элементов наиболее устойчивы.





## 15. Физические постоянные

### Основные константы

Элементарный заряд —  $e = 1,60219 \cdot 10^{-19}$  Кл

Масса покоя электрона —  $m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31}$  кг =  $5,486 \cdot 10^{-4}$  а. е. м.

Масса покоя протона —  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  кг =  $1,00728$  а. е. м.

Масса покоя нейтрона —  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$  кг =  $1,00867$  а. е. м.

Скорость света в вакууме —  $c = 2,9979 \cdot 10^8$  м/с

Гравитационная постоянная —  $G = 6,672 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>

Электрическая постоянная —  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  Ф/м

Постоянная Авогадро —  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>

Постоянная Больцмана —  $k = 1,3807 \cdot 10^{-23}$  Дж/К

Постоянная Планка —  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с =  $4,136 \cdot 10^{-15}$  эВ·с

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 6,59 \cdot 10^{-16} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

### Производные от основных констант

Коэффициент взаимосвязи массы и энергии —

$$c^2 = \frac{E}{m} = 8,9874 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг} = 931,5 \text{ МэВ/а. е. м.}$$

(1 а. е. м. =  $1,66057 \cdot 10^{-27}$  кг; 1 МэВ =  $1,60219 \cdot 10^{-13}$  Дж)

Энергия покоя электрона —  $E_{0e} = m_e c^2 = 8,187 \cdot 10^{-14}$  Дж =  $0,511$  МэВ

Энергия покоя протона —  $E_{0p} = m_p c^2 = 1,503 \cdot 10^{-10}$  Дж =  $938,26$  МэВ

Энергия покоя нейтрона —  $E_{0n} = m_n c^2 = 1,505 \cdot 10^{-10}$  Дж =  $939,55$  МэВ

Отношение заряда электрона к его массе —  $\frac{e}{m_e} = 1,759 \cdot 10^{11}$  Кл/кг

Постоянная Фарадея —  $F = eN_A = 9,648 \cdot 10^4$  Кл/моль

Молярная газовая постоянная —  $R = kN_A = 8,314$  Дж/(моль·К)



## Решение задач

Рассчитайте удельную энергию связи ядра атома (Li) лития.

См. таблицу Д.И. Менделеева.

## Домашнее задание:

1) Изучить конспект:

Энергия связи. Дефект массы.

2) Выполнить:

Задание №2, стр. 357