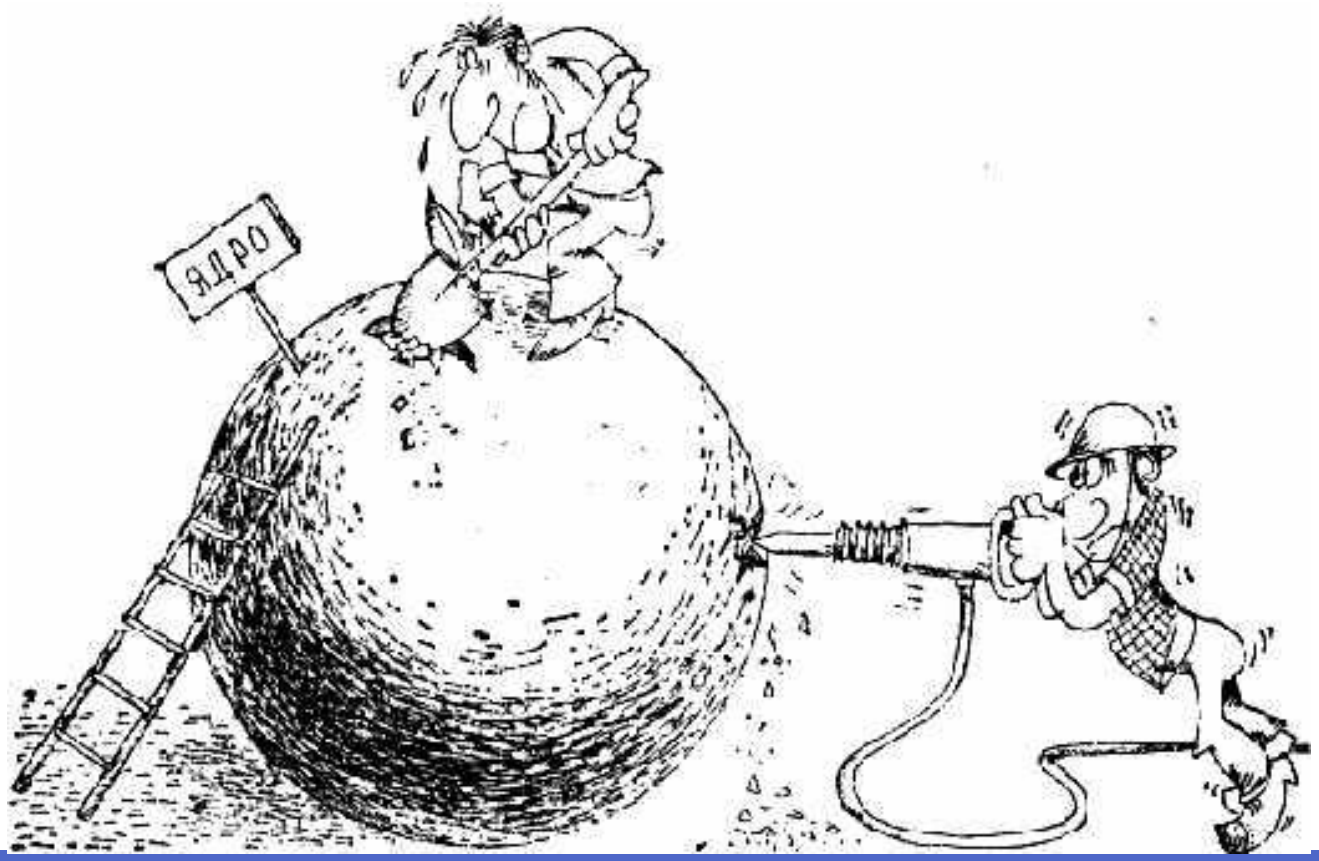
«Состав ядра атома. Энергия связи атомных ядер. Дефект масс»



Открытие протона

В 1913 г. Э. Резерфорд выдвинул гипотезу, что одной из частиц , входящих в ядро атома любого химического элемента должно быть ядро атома водорода, т.к. было известно, что массы атомов химических элементов превышают массу атома водорода в целое число раз.

Э. Резерфорд

Открытие нейтрона

Английский ученый Дж. Чедвик выдвинул гипотезу о существовании нейтральных частиц, близких по размерам и массе к протонам.

Эти частицы он назвал нейтронами.

При прохождении через вещество нейтроны не теряют энергию на ионизацию атомов вещества, поэтому имеют огромную проникающую способность.

Дж. Чедвик

Протонно–нейтронная модель ядра

Советский физик
Д. Д. Иваненко
и В.Гейзенберг
предложили **протонно-нейтронную модель ядра: ядра состоят из элементарных частиц двух сортов: протонов и нейтронов.**

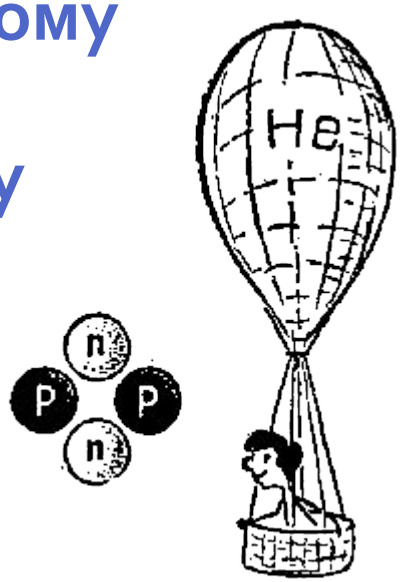
Дмитрий Дмитриевич Иваненко (1904-1994)

Вернер Карл Гейзенберг (1901-1976)

Протонно-нейтронная модель ядра

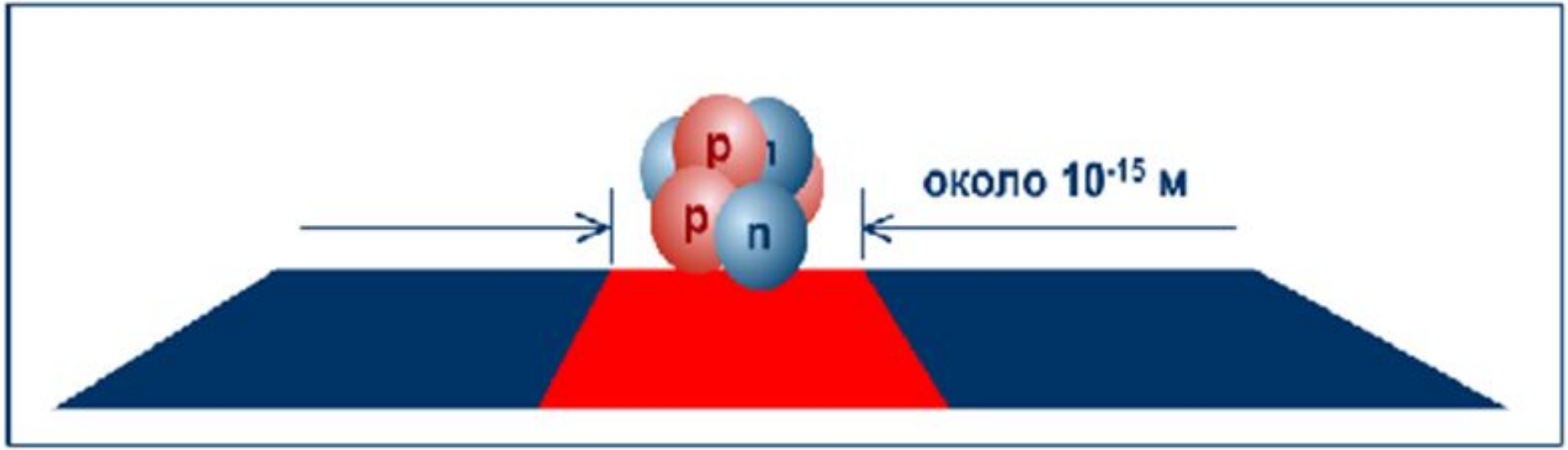
Согласно этой модели:

- ядра всех химических элементов состоят из нуклонов: протонов и нейтронов;
- заряд ядра обусловлен только протонами;
- число протонов в ядре равно порядковому номеру элемента;
- число нейтронов равно разности между атомным числом и числом протонов

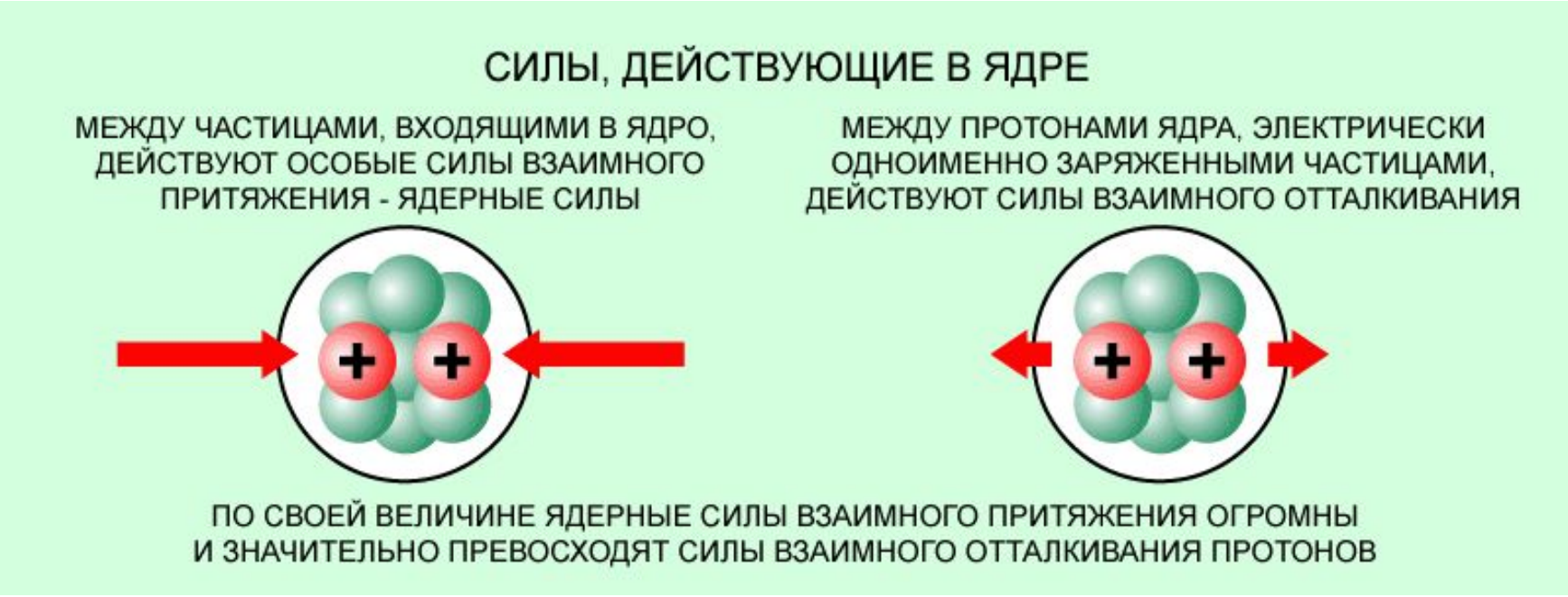


Ядерные силы

Силы, которые скрепляют отдельные протоны и нейтроны в ядре, называются **ядерными,** а соответствующее взаимодействие – **сильным**.



- Ядерные силы короткодействующие (радиус действия 10^{-15} м)
- Ядерные силы >> сил электрического взаимодействия зарядов.
- Ядерные силы действуют между нуклонами независимо от их заряда(протон-протон, нейтрон-протон, нейтрон-нейтрон).
- Каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным числом ближайших к нему нуклонов.



Ядро атома химического элемента

X – символ химического элемента.

A – массовое число, которое показывает :

- массу ядра в целых атомных единицах массы (а.е.м.)
(1а.е.м. = 1/12 массы атома углерода);

- число нуклонов в ядре;

$$A = N + Z$$

где N – число нейтронов в ядре атома.

Z – зарядовое число, которое показывает:

- заряд ядра в элементарных электрических зарядах (э.э.з.)
(1э.э.з. = заряду электрона = $1{,}6 * 10^{-19}$ Кл);

- число протонов;
- число электронов в атоме;
- порядковый номер в таблице Менделеева.

Размеры атомных ядер

- Так как для ядер существенны квантовые законы поведения, то они не имеют четко определенных границ.
- Можно говорить только о некотором среднем радиусе ядра.
- С увеличением массового числа радиус ядра увеличивается:

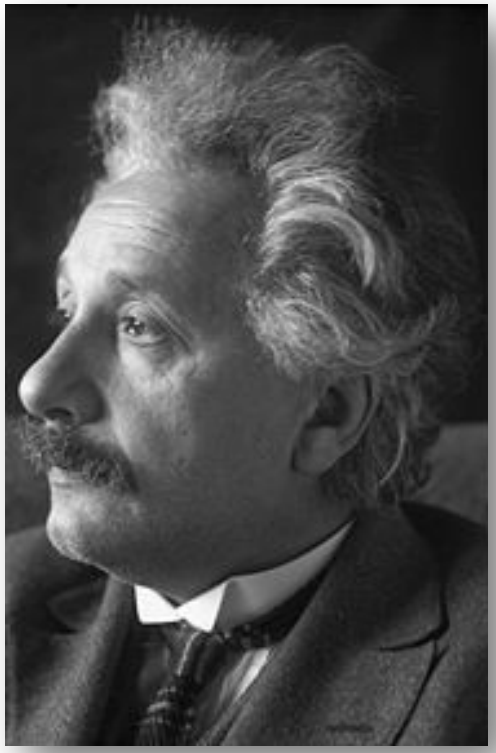
$$R = 1{,}2\sqrt[3]{A} * 10^{-13}\, см$$

Энергия связи нуклонов в ядре

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

Уравнение Эйнштейна связывающее массу и энергию:

$$E = mc^2$$



Альберт Эйнштейн
(1879 - 1955)

Дефект массы

Масса покоя ядра $M_я$ всегда меньше суммы масс покоя слагающих его протонов и нейтронов:

Дефект массы: $M_я < Zm_p + Nm_n$

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_я$$

$$E_{св} = \Delta m \cdot c^2$$

Δm – дефект массы ядра

c – скорость света в вакууме

Мерой энергии связи атомного ядра является дефект масс – разность между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра $m_я$

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z) \cdot m_n - m_я$$

Z – число протонов;

m_p – масса протона, ≈ 1,00728 а.е.м.

m_n – масса нейтрона, ≈ 1,00867 а.е.м.

В ядерной физике энергия выражается через атомную единицу энергии (а.е.э.), которая соответствует одной атомной единице массы:

1 эВ = 1,6·10^{-19} Кл ·1 В = 1,6·10^{-19} Дж

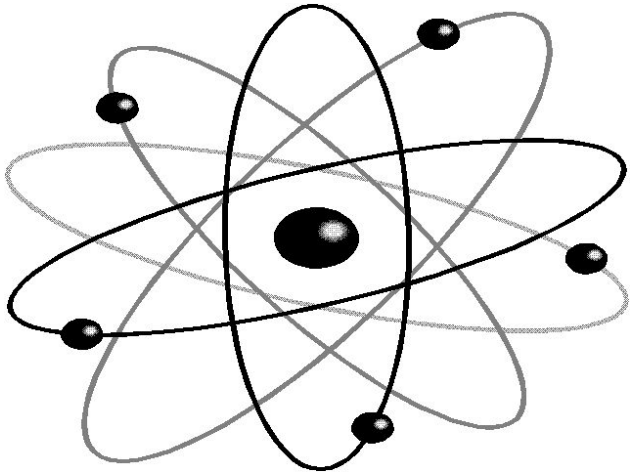
c = 3·10^{8} м/с

1 а.е.м. = 1а.е.м. · c^{2} = 1,67·10^{-27} · 9·10^{16} =

= 1,5·10^{-10} Дж = 931,1 МэВ

Формула для нахождения энергии связи

$$\Delta E = \Delta m c^2 = \left(Z m_p + N m_n - m_я\right) * c^2$$



где Δm - дефект массы,

c^2 - скорость света в вакууме

Удельная энергия связи

- это энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

- если не считать самых легких ядер, удельная энергия связи примерно постоянна и равна 8 МэВ/нуклон.

$$f = \frac{\Delta E}{A}$$

$E_{св}/A$, МэВ/нуклон
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
$^{4}_{2}$He
$^{56}_{26}$Fe
$^{238}_{92}$U
$^{10}_{5}$B
$^{6}_{3}$Li
$^{3}_{2}$He
$^{2}_{1}$H
A
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
Легкие ядра
Тяжелые ядра

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	Группы элементов I а	I б	II а	II б	III а	III б	IV а	IV б	V а	V б	VI а	VI б	VII а	VII б	VIII б	VIII а	Энергетические уровни
1	1	1 H Водород 1,008															2 He Гелий 4,003	K
2	2	3 Li Литий 6,941		4 Be Бериллий 9,0122		5 B Бор 10,811		6 C Углерод 12,011		7 N Азот 14,007		8 O Кислород 15,999		9 F Фтор 18,998			10 Ne Неон 20,179	K L
3	3	11 Na Натрий 22,99		12 Mg Магний 24,312		13 Al Алюминий 26,092		14 Si Кремний 28,086		15 P Фосфор 30,974		16 S Сера 32,064		17 Cl Хлор 35,453			18 Ar Аргон 39,948	K L M
4	4	19 K Калий 39,102		20 Ca Кальций 40,08		21 Sc Скандий 44,956		22 Ti Титан 47,956		23 V Ванадий 50,941		24 Cr Хром 51,996		25 Mn Марганец 54,938		26 Fe Железо 55,849 / 27 Co Кобальт 58,933 / 28 Ni Никель 58,7		K L M N
	5	29 Cu Медь 63,546		30 Zn Цинк 65,37		31 Ga Галлий 69,72		32 Ge Германий 72,59		33 Мышьяк 74,922		34 Se Селен 78,96		35 Br Бром 79,904			36 Kr Криптон 83,8	K L M N
5	6	37 Rb Рубидий 85,468		38 Sr Стронций 87,62		39 Y Иттрий 88,906		40 Zr Цирконий 91,22		41 Nb Ниобий 92,906		42 Mo Молибден 95,94		43 Tc Технеций [99]		44 Ru Рутений 101,07 / 45 Rh Родий 102,906 / 46 Pd Палладий 106,4		K L M N O
	7	47 Ag Серебро 107,868		48 Cd Кадмий 112,41		49 In Индий 114,82		50 Sn Олово 118,69		51 Sb Сурьма 121,75		52 Te Теллур 127,6		53 I Иод 126,905			54 Xe Ксенон 131,3	K L M N O
6	8	55 Cs Цезий 132,905		56 Ba Барий 137,34		57–71 Лантаноиды		72 Hf Гафний 178,49		73 Ta Тантал 180,948		74 W Вольфрам 183,85		75 Re Рений 186,207		76 Os Осмий 190,2 / 77 Ir Иридий 192,22 / 78 Pt Платина 195,09		K L M N O P
	9	79 Au Золото 196,967		80 Hg Ртуть 200,59		81 Tl Таллий 204,37		82 Pb Свинец 207,19		83 Bi Висмут 208,98		84 Po Полоний [210]		85 At Астат [210]			86 Rn Радон [222]	K L M N O P
7	10	87 Fr Франций [223]		88 Ra Радий [226]		89–103 Актиноиды		104 Rf Резерфордий [261]		105 Db Дубний [262]		106 Sg Сиборгий [263]		107 Bh Борий [262]		108 Hn Ханий [265] / 109 Mt Мейтнерий / 110		K L M N O P Q
Высшие оксиды		R_2O		RO		R_2O_3		RO_2		R_2O_5		RO_3		R_2O_7		RO_4		
Летучие водородные соединения								RH_4		RH_3		H_2R		HR				

Лантаноиды

57 La Лантан 138,906	58 Ce Церий 140,12	59 Pr Празеодим 140,908	60 Nd Неодим 144,24	61 Pm Прометий [145]	62 Sm Самарий 150,4	63 Eu Европий 151,96	64 Gd Гадолиний 157,25	65 Tb Тербий 158,926	66 Dy Диспрозий 162,5	67 Ho Гольмий 164,93	68 Er Эрбий 167,26	69 Tm Тулий 168,934	70 Yb Иттербий 173,04	71 Lu Лютеций 174,97	P O N M L K

Актиноиды

89 Ac Актиний [227]	90 Th Торий 232,038	91 Pa Протактиний [231]	92 U Уран 238,29	93 Np Нептуний [237]	94 Pu Плутоний [244]	95 Am Америций [243]	96 Cm Кюрий [247]	97 Bk Берклий [247]	98 Cf Калифорний [251]	99 Es Эйнштейний [254]	100 Fm Фермий [257]	101 Md Менделевий [258]	102 No Нобелий [259]	103 Lr Лоуренсий [260]	Q P O N M L K

Д.И. Менделеев
1834–1907