Строение атома

к.х.н., доц. Губанов Александр Иридиевич

Что читать?

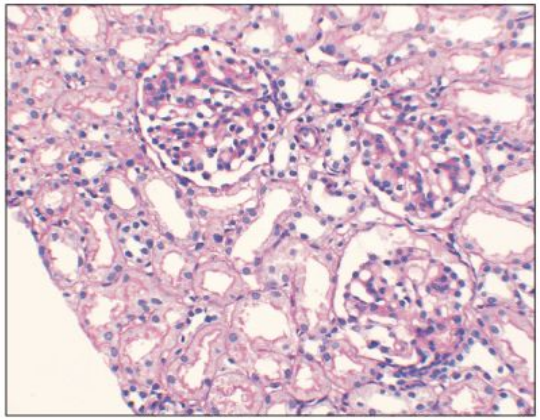
Чупахин А. П. Общая химия. Химическая связь и строение вещества.

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия.

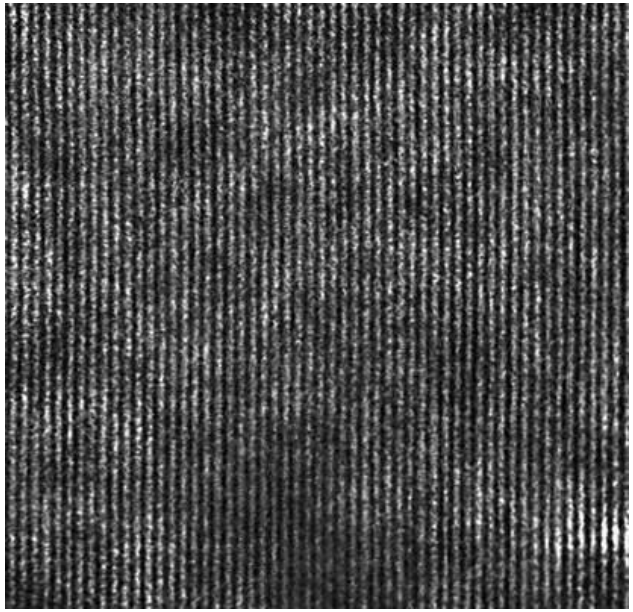
Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия.

Глинка Н.Л. Общая химия.

Строение вещества

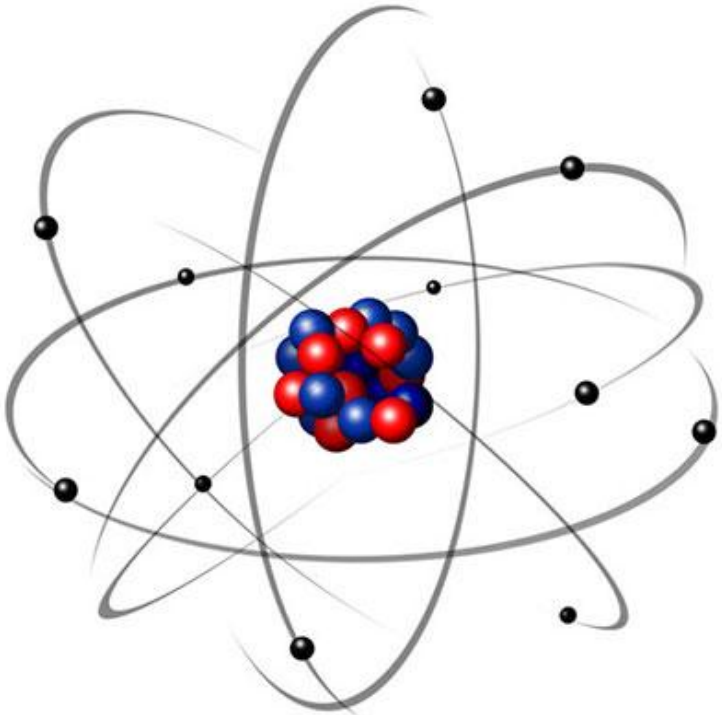


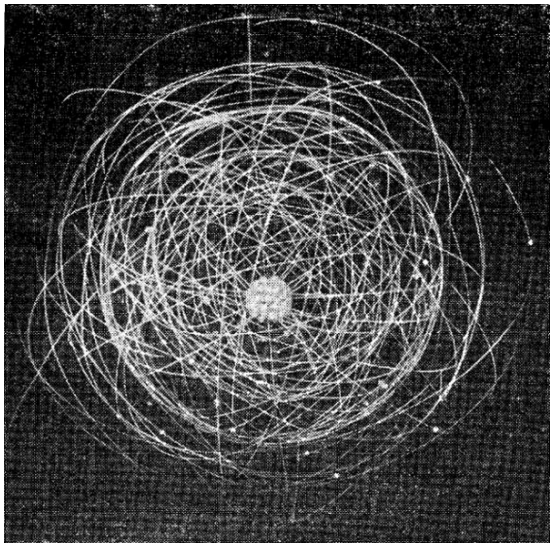
Электронная микроскопия



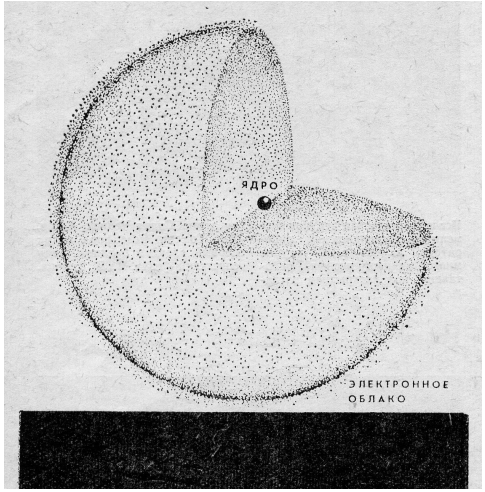
Изображение атомной решётки плёнки золота. Расстояние между кристаллографическими плоскостями 2,04 Å.

Планетарная модель атома

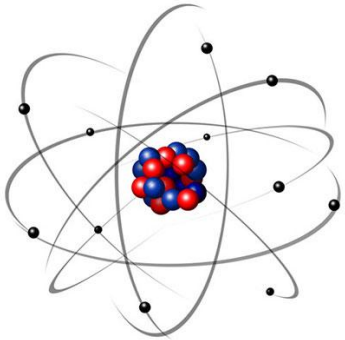




А́том (от др.-греч. ἄτομος — неделимый) — частица вещества микроскопических размеров и массы, наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств.



Атом



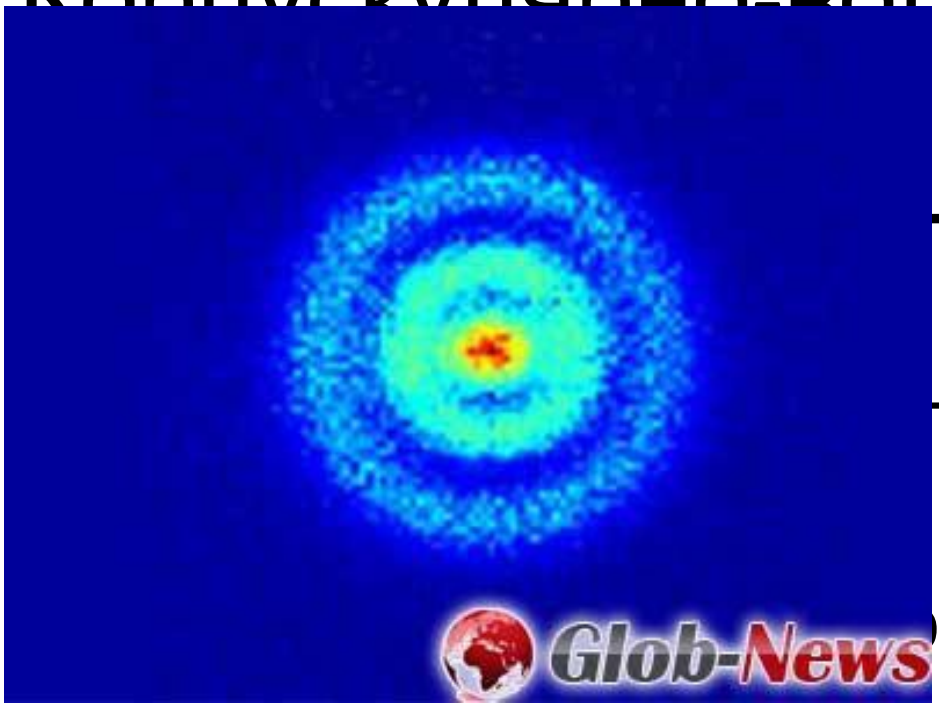
- Атом состоит из атомного ядра и электронов.
- Атомное ядро несет 99,9% массы атома. Состоит из нуклонов: протонов и нейтронов.
- Заряд ядра определяется количеством протонов.
- Размер атома определяется размером электронных облаков.

Элементарные частицы

Название,	Заряд		Масса		Спин ед. ħ
обозначение	ед. СГСЕ	Кл	а.е.м.	кг	
Протон, p	+1	$+1{,}6 \cdot 10^{-19}$	1,00727647	$1{,}6726485 \cdot 10^{-27}$	±1/2
Нейтрон, n	0	0	1,00866501	$1{,}6749543 \cdot 10^{-27}$	±1/2
Электрон, e	−1	$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$	0,00054858	$9{,}109534 \cdot 10^{-31}$	±1/2
Позитрон, e_+	+1	$+1{,}6 \cdot 10^{-19}$	0,00054858	$9{,}109534 \cdot 10^{-31}$	±1/2

Занимательная ядерная физика Автор: Константин Никифорович Мухин Издательство: Атомиздат Год издания: 1969

Корпускулярно-волновой дуализм

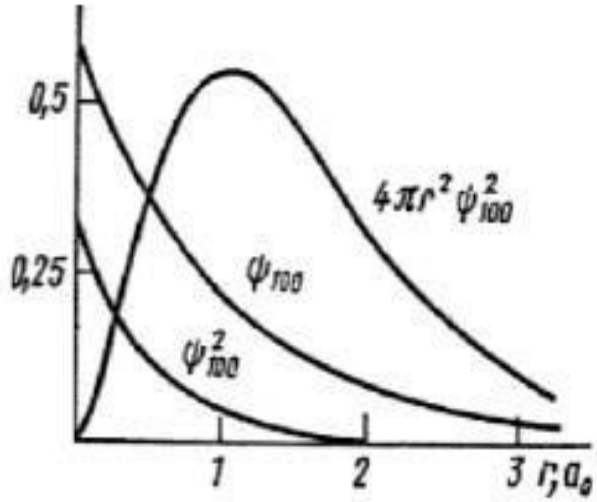


новóй

согласно которому

проявлять

йст



- Относиться и к электрону
вероятность найти элект
пространство.

$$|\psi(t)\rangle = \int \Psi(x,t)\,|x\rangle\,dx$$

Химические элементы

- Химическое вещество – субстанция с одинаковыми химическими и физическими свойствами.

Сера

Железо

Азотная кислота

Свойства определяются составом и строением составляющих частиц (атомов).
Если свойства атомов одинаковые, то их можно отнести к одному классу.

Химические элементы

- Свойства атома определяются количеством электронов
- Количество электронов равно количеству протонов.
- ***<u>Химические элементы</u> – частицы с одинаковым количеством протонов, называемым атомнымно-мером, Z.***

Химические элементы

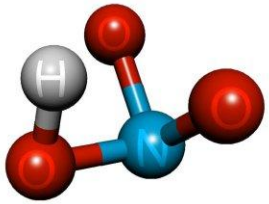
Сера

Железо

Азотная кислота

S
16 –
протонов

Fe
26 –
протонов



HNO_3
H – 1 протон
N – 7 протонов
3O – по 8
протонов

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru

Периоды	Ряды	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	H 1 ВОДОРОД 1,008															He 2 ГЕЛИЙ 4,003	K
2	2	Li 3 ЛИТИЙ 6,941		Be 4 БЕРИЛЛИЙ 9,0122		B 5 БОР 10,811		C 6 УГЛЕРОД 12,011		N 7 АЗОТ 14,007		O 8 КИСЛОРОД 15,999		F 9 ФТОР 18,998			Ne 10 НЕОН 20,179	L K
3	3	Na 11 НАТРИЙ 22,99		Mg 12 МАГНИЙ 24,312		Al 13 АЛЮМИНИЙ 26,092		Si 14 КРЕМНИЙ 28,086		P 15 ФОСФОР 30,974		S 16 СЕРА 32,064		Cl 17 ХЛОР 35,453			Ar 18 АРГОН 39,948	M L K
4	4	K 19 КАЛИЙ 39,102		Ca 20 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		N M L K
	5	29 Cu МЕДЬ 63,546		30 Zn ЦИНК 65,37		Ga 31 ГАЛЛИЙ 69,72		Ge 32 ГЕРМАНИЙ 72,59		As 33 МЫШЬЯК 74,922		Se 34 СЕЛЕН 78,96		Br 35 БРОМ 79,904			Kr 36 КРИПТОН 83,8	N M L K
5	6	Rb 37 РУБИДИЙ 85,468		Sr 38 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		O N M L K
	7	47 Ag СЕРЕБРО 107,868		48 Cd КАДМИЙ 112,41		In 49 ИНДИЙ 114,82		Sn 50 ОЛОВО 118,69		Sb 51 СУРЬМА 121,75		Te 52 ТЕЛЛУР 127,6		I 53 ИОД 126,905			Xe 54 КСЕНОН 131,3	O N M L K
6	8	Cs 55 ЦЕЗИЙ 132,905		Ba 56 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		P O N M L K
	9	79 Au ЗОЛОТО 196,967		80 Hg РТУТЬ 200,59		Tl 81 ТАЛЛИЙ 204,37		Pb 82 СВИНЕЦ 207,19		Bi 83 ВИСМУТ 208,98		Po 84 ПОЛОНИЙ [210]		At 85 АСТАТ [210]			Rn 86 РАДОН [222]	P O N M L K
7	10	Fr 87 ФРАНЦИЙ [223]		Ra 88 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		Q P O N M L K
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

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]

Д.И. Менделеев
1834–1907

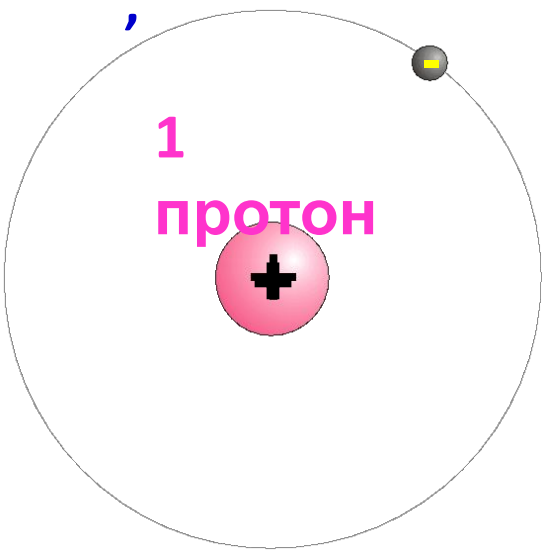
- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Изотопы и изобары

- Частицы одного элемента с различным массовым числом называют ***изотопами***.
- Частицы с одинаковыми массовыми числами, но разными атомными номерами, называются ***изобарами***.

Изотопы водорода

Протий $^{1}_{1}H = H$ **Дейтерий** $^{2}_{1}H = D$ **Тритий** $^{3}_{1}H = T$



H_2O

D_2O

T_2O

Химические свойства воды и «тяжелой» воды – почти одинаковы!

Радиоактивные изотопы – нестабильные изотопы, которые самопроизвольно распадаются.

^{18}O ^{15}N ^{14}C ^{233}U

Изобары с массовым числом 3

^{3}T – тритий

^{3}He - гелий

1 протон + 2 нейтрона = 3 нуклона

2 протона + 1 нейтрон = 3 нуклона

Памятка!!!!

Массовое число: количество $p^+ + n^0$

Общий заряд частицы:

$$^{16}_{8}O^{-}_{3}$$

Порядковый номер: Количество p^+

Число атомов данного типа в составе частицы

N_p	N_n	N_e
3*8=24	(16-8)*3=24	24+1=25

ЗАДАНИЕ №1

Выучит наизусть символы, русские и латинские наименования всех элементов с 1 по 92.

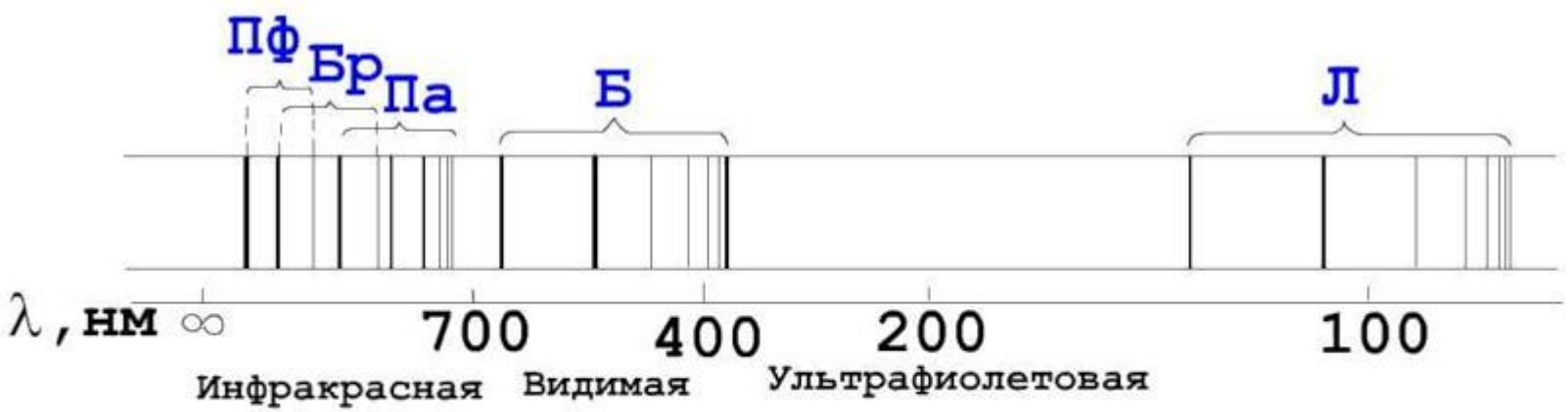
Проверка состоится через десять дней на компьютерном тестировании с 15 по 19 сентября.

U – Уран
Po – Полоний
Ru – Рутений
Ag – Серебро

Сера – S
Железо – Fe
Рубидий – Rb
Сурьма – As

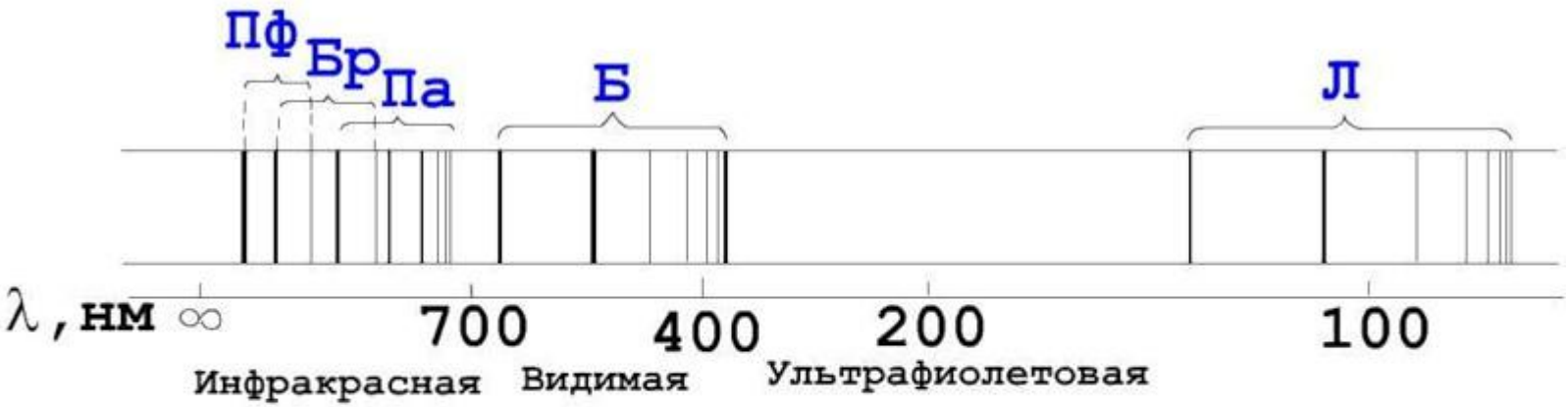
Химические свойства определяются электронным строением атома.

Как устроено электронное окружение атома? Как увидеть то, чего не видно?



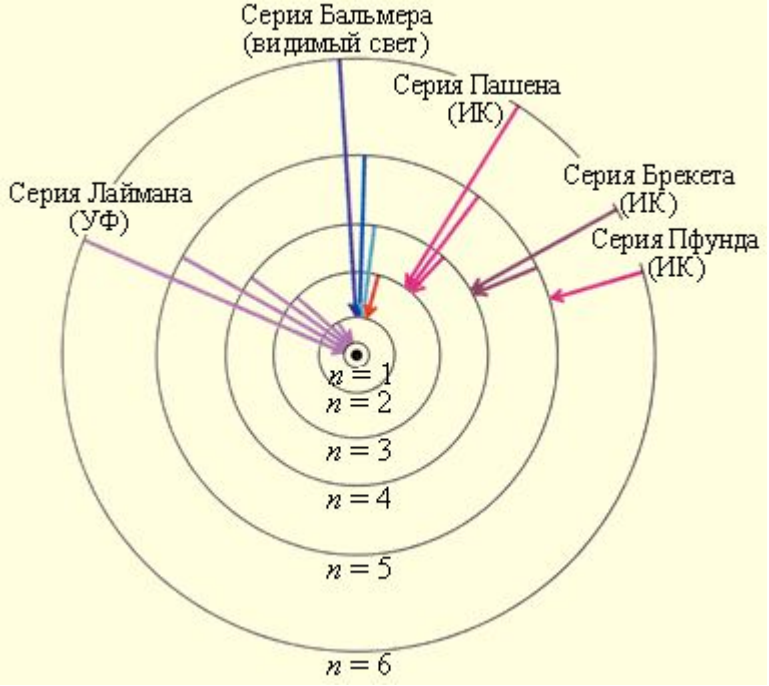
Серии: Пф – Пфунда;
Бр – Бреккета;
Па – Пашена;
Б – Бальмера;
Л – Лаймана;
серия Бр перекрывается сериями Пф и Па.

Спектроскопия!!!



Серии: Пф – Пфунда;
Бр – Бреккета;
Па – Пашена;
Б – Бальмера;
Л – Лаймана;
серия Бр перекрывается сериями Пф и Па.

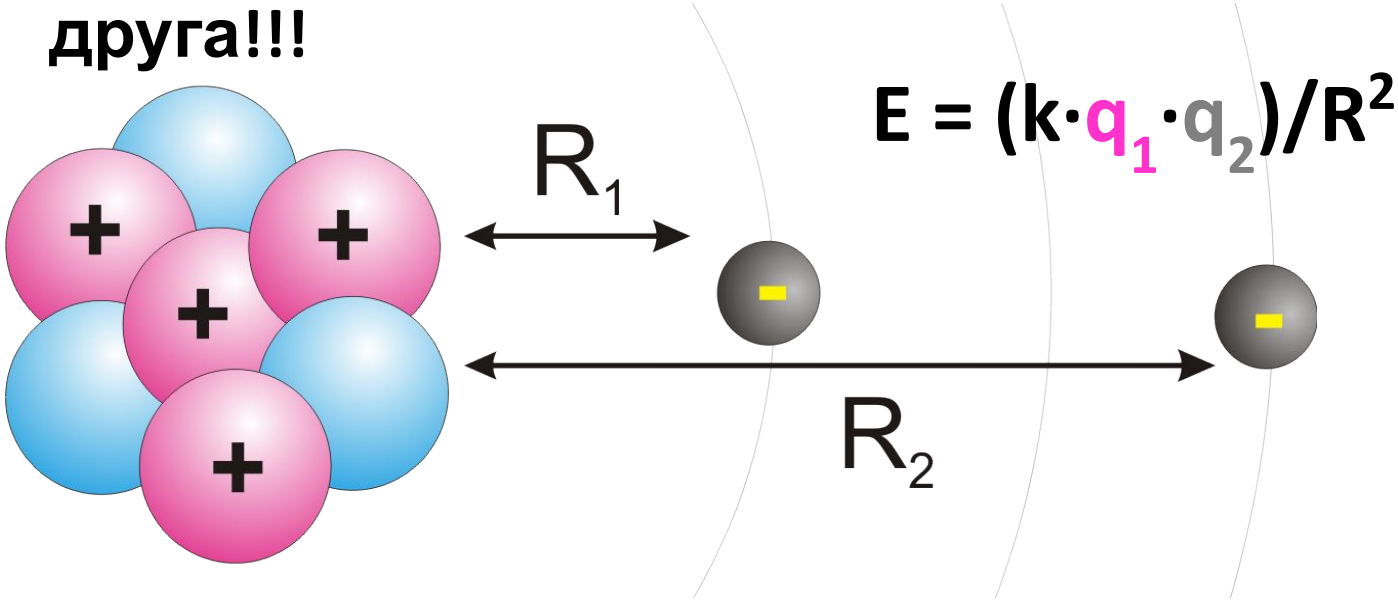
$$E_n = -\frac{Z^2 C}{n^2}$$



Z – заряд ядра, n – номер уровня,
C = 13.6 эВ = 1312 кДж/моль

Электроны в атоме

Все электроны отличаются друг от друга!!!



Одни электроны двигаются около ядра, а другие вдали от него.

Энергия взаимодействия с ядром - разная.

Запрет Паули: В одном атоме не может быть двух абсолютно одинаковых электронов!!!

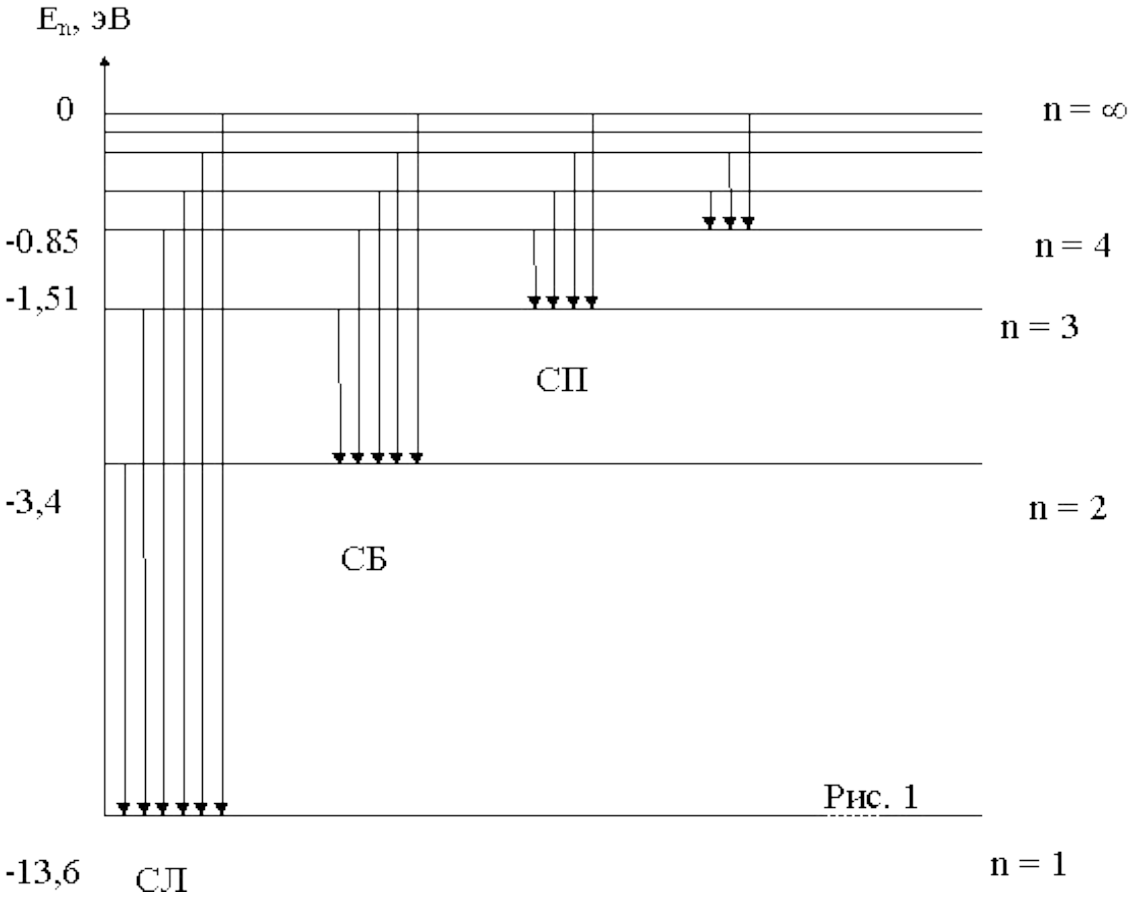
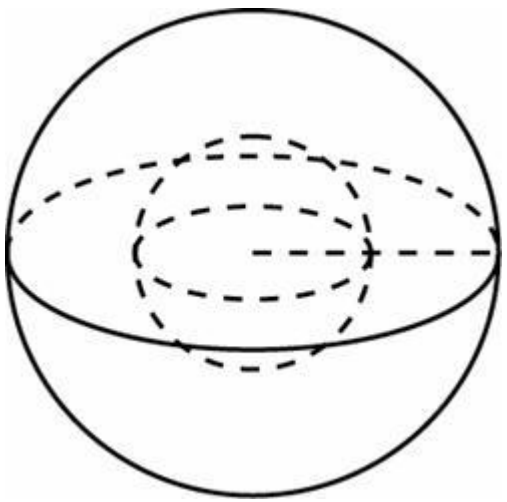


Рис. 1

$$E_{n-k} = -Z^2 C\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right)$$

КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРОНОВ НА УРОВНЕ



$$S = 4\,\pi\,r^2$$

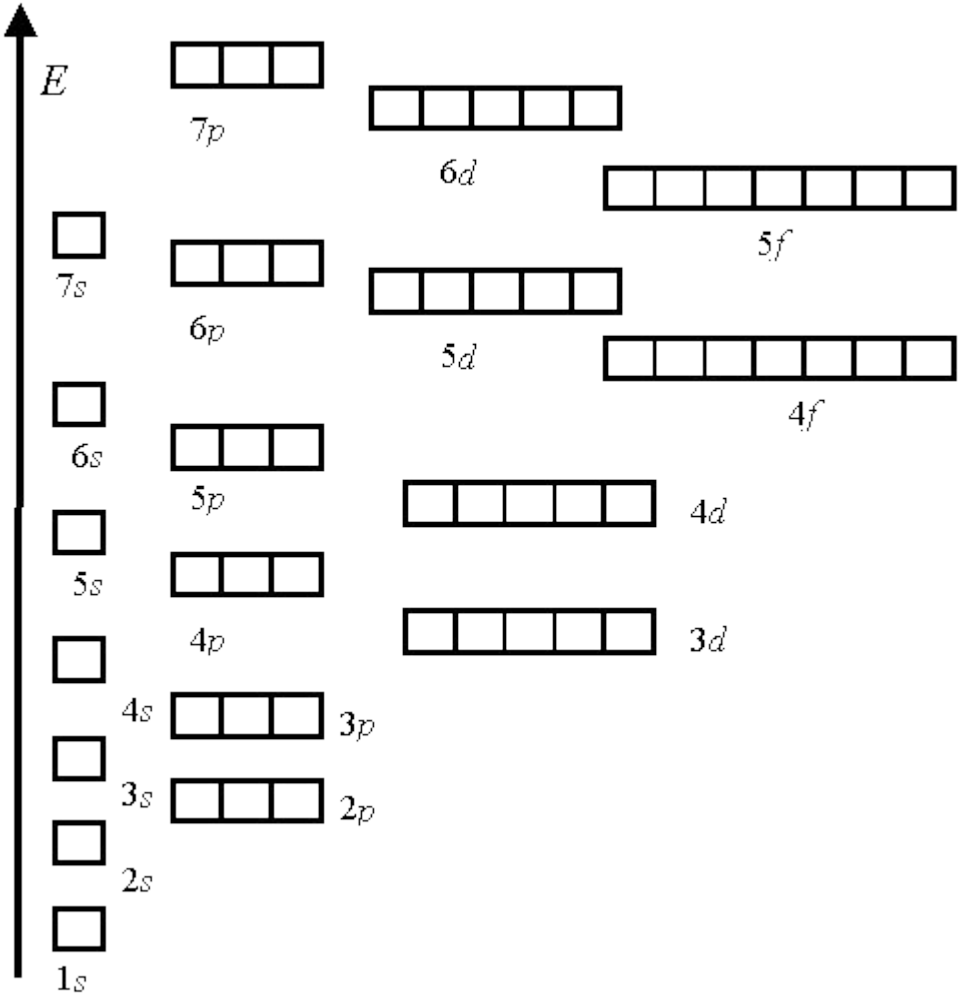
Чем дальше от центра, тем больше мест.
Количество мест растет квадратично.

$$N_{\text{ориталей}} = n^2$$

Состояние электрона в атоме без учета спина получило название *атомная орбиталь (АО)* (по сути, АО и Ψ-функция – синонимы)

АО – комната для проживания 2 электронов с противоположными спинами.

ОРБИТАЛИ



Электроны в атоме

Каждый электрон в атоме характеризуется четырьмя квантовыми числами

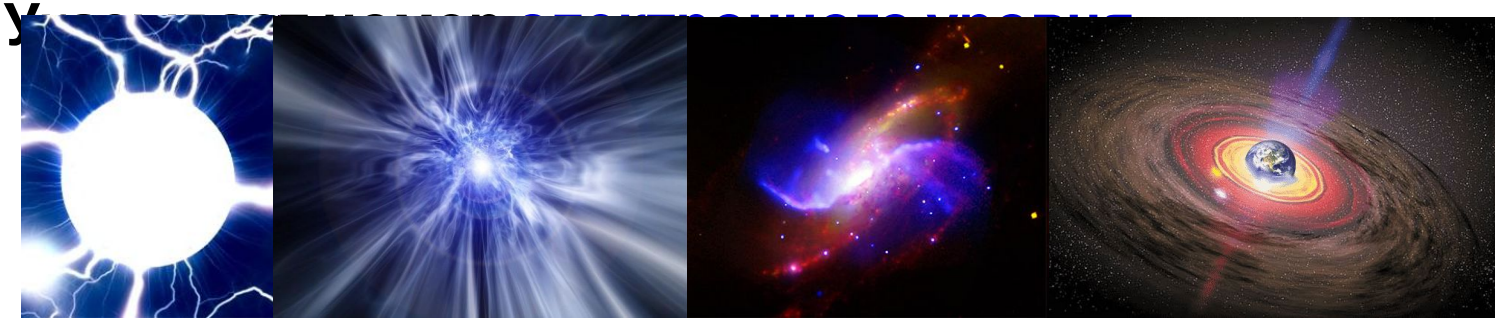
Название	Обозначение	Принимаемые значения
Главное квантовое число	n	От 1 до ∞
Орбитальное квантовое число	ℓ	От 0 до $n-1$
Магнитное квантовое число	m	От $-\ell$ до $+\ell$
Спиновое квантовое число	s	$-1/2$ или $+1/2$

Принцип Паули: в одном атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором квантовых чисел!!!

Электроны в атоме

Главное квантовое число n

1. Характеризует энергию взаимодействия электрона с ядром
2. Указывает номер электронного уровня



Орбитальное квантовое число ℓ:

1. Характеризует форму электронного облака
2. Указывает номер электронного подуровня

Орбитальное число ℓ	0	1	2	3	4
Обозначение	s	p	d	f	g

Форма электронных облаков

$\ell = 0$ – это s подуровень

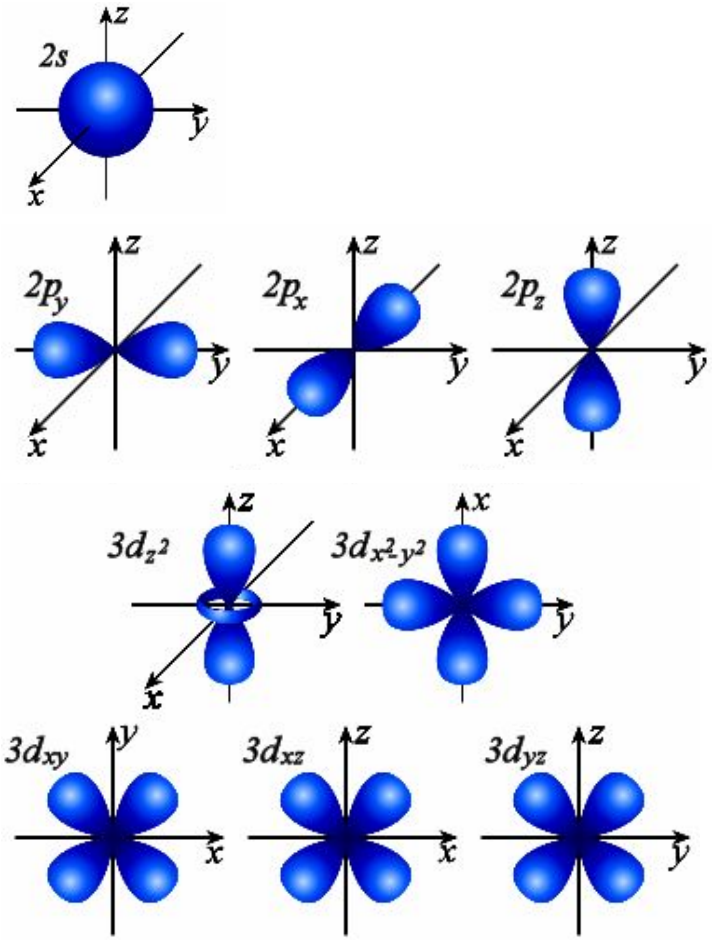
"Сфера"

$\ell = 1$ – это p подуровень

"Гантелька"

$\ell = 2$ – это d подуровень

"Переплетенные гантельки"



Электроны двигаются вокруг ядра очень быстро.
Они размазаны в пространстве или "делокализованны"

Электроны в атоме

Магнитное квантовое число m:

1. Характеризует ориентацию электронного облака в пространстве

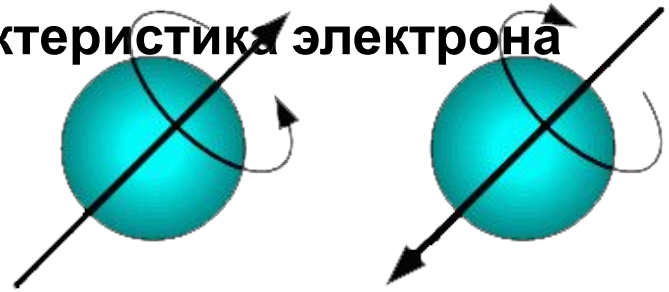
Магнитное число (от -ℓ до +ℓ)	0	-1, 0, +1	-2,-1,0,+1,+2	???
Орбитальное число ℓ	0 (s)	1 (p)	2 (d)	3 (f)

Спиновое квантовое число s:

1. Характеризует собственное движение электрона
2. Независимая характеристика электрона

Спин:

+½ ↑



–½ ↓

Квантовые ячейки

	s (ℓ=0)	p (ℓ=1)	d (ℓ=2)
n=1	↓↑ m=0	Нет орбитали	Нет орбитали
n=2	↓↑ m=0	↓↑ m=-1 ↓↑ m=0 ↓↑ m=+1	Нет орбитали
n=3	↓↑ m=0	↓↑ m=-1 ↓↑ m=0 ↓↑ m=+1	↓↑ m=-2 ↓↑ m=-1 ↓↑ m=0 ↓↑ m=+1 ↓↑ m=+2

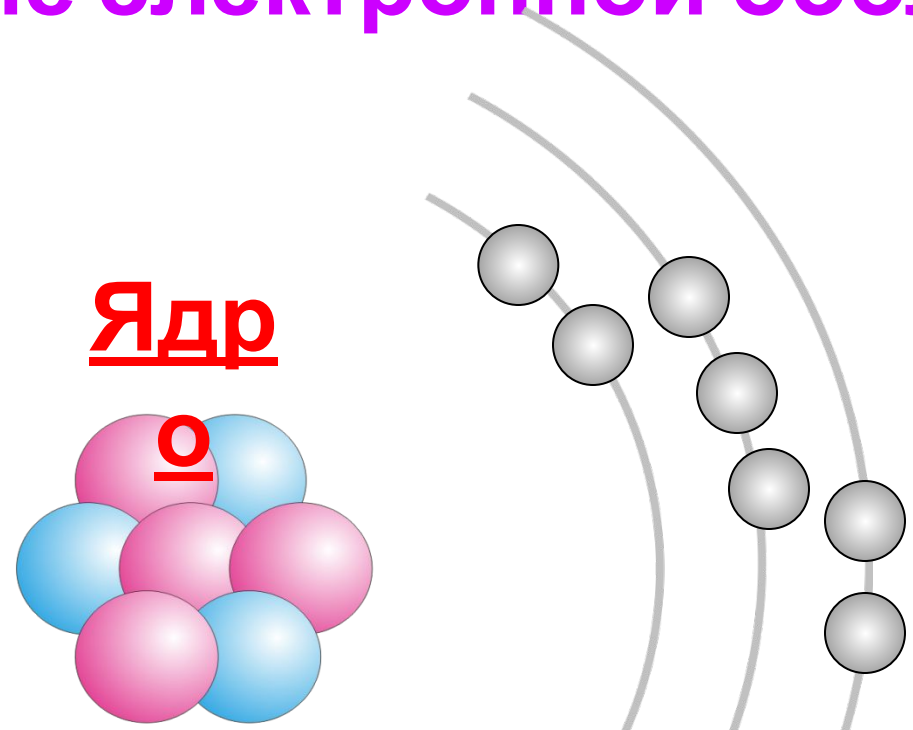
2 ē

8 ē

18 ē

В каждой ячейке может находиться не больше двух электронов (спин = +1/2 и -1/2)

Заполнение электронной оболочки



Электроны – заполняют оболочку по определенным правилам!!!

Заполнение электронной оболочки

Правила заполнения орбиталей электронами

1. **Принцип минимальной энергии**

В первую очередь заполняются орбитали, у которых энергия меньше:

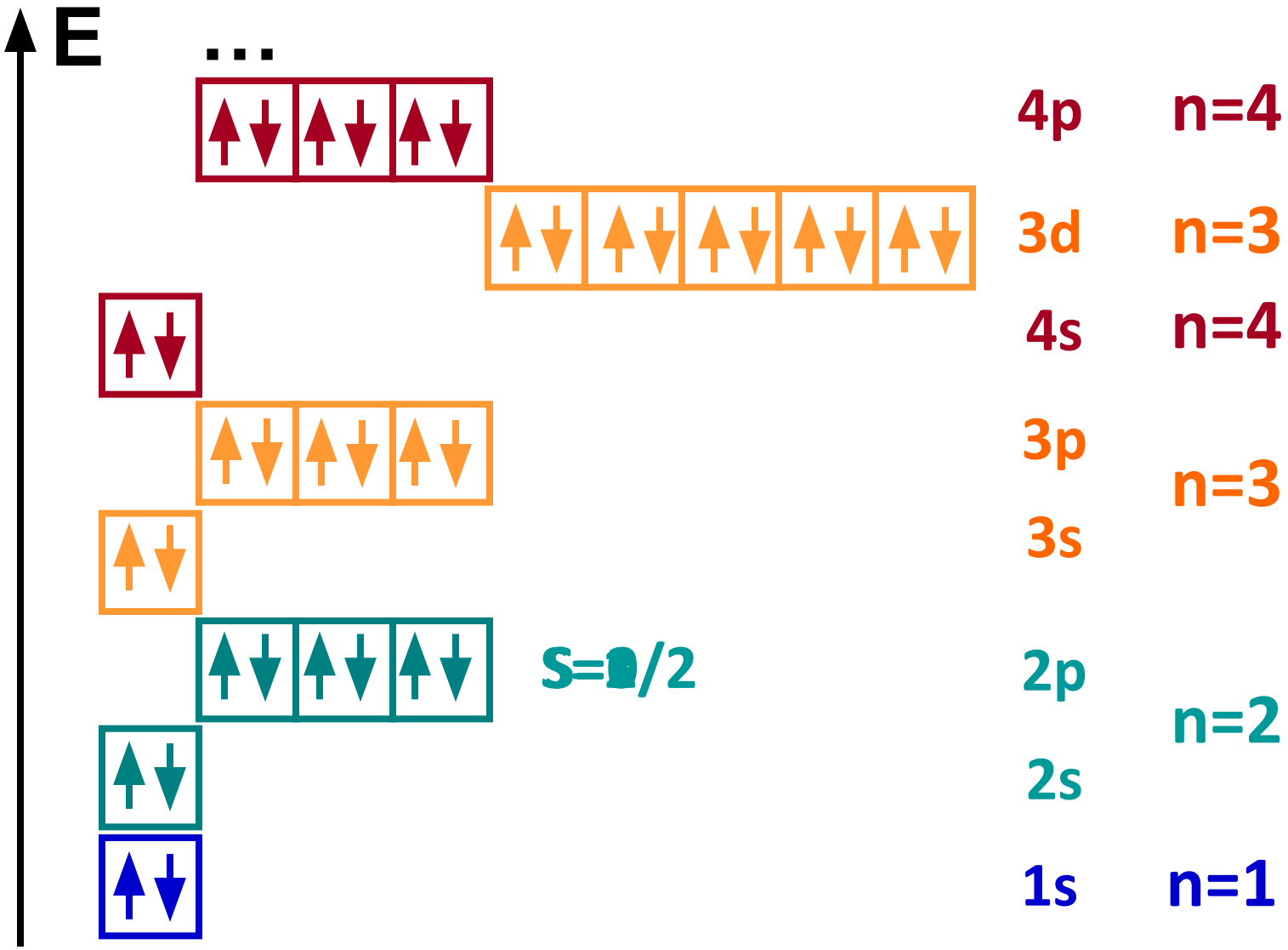
a) *Энергия орбитали определяется суммой главного и орбитального квантовых чисел* ***n+ℓ****. Чем меньше значение* **n+ℓ***, тем ниже энергия орбитали.*

b) *При одинаковых значениях суммы* ***n+ℓ*** *энергия орбитали ниже там, где меньше значение* ***n****.*

2. **Правило Хунда**

Заполнение орбитали происходит так, чтобы суммарный спин электронов на орбитали был максимальным.

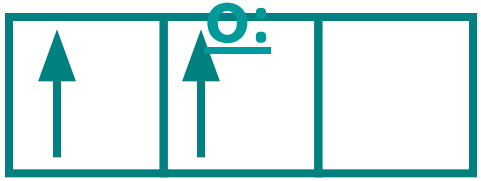
Заполнение электронной оболочки



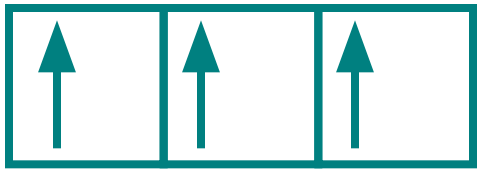
Правило Хунда (p-орбиталь)

Правильно:

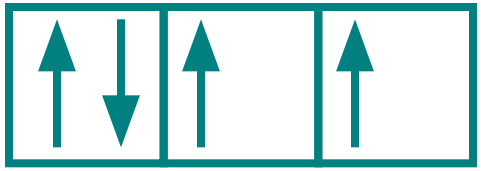
S=1



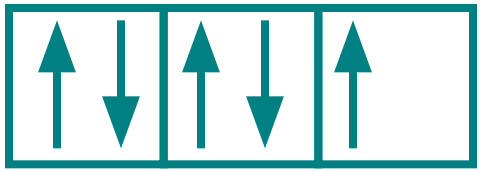
S=3/2



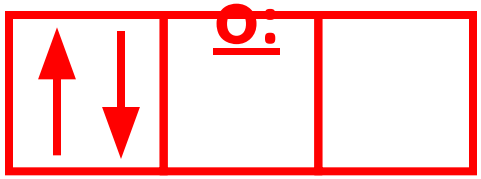
S=1



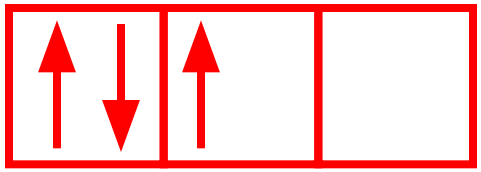
S=1/2



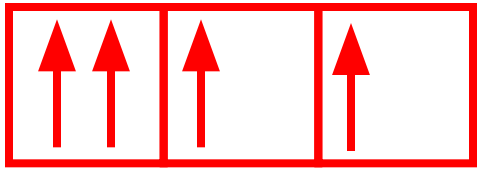
Неправильно:



S=0



S=1/2



S=2

Принцип Паули запрещает!!!

Электронная конфигурация

Электронная конфигурация – запись распределения электронов атома по энергетическим орбиталям!!!

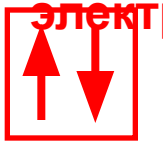
1. Атом водорода H (1 электрон):

1s

Электронная конфигурация H:

$1s^1$

2. Атом гелия He (2 электрона):

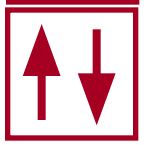
1s 

Электронная конфигурация He:

$1s^2$

3. Атом лития Li (3 электрона):

2s

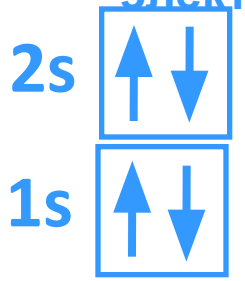
1s 

Электронная конфигурация Li:

$1s^2 2s^1$

Электронная конфигурация

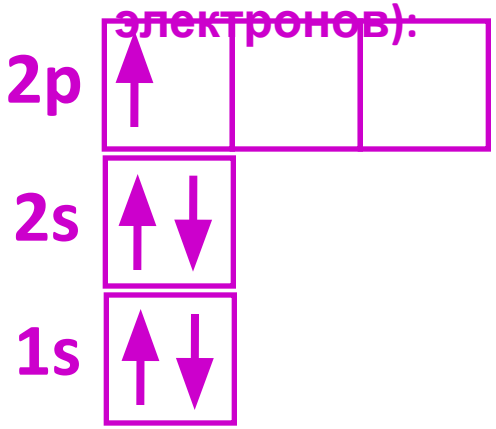
4. Атом лития Be (4 электрона):



Электронная конфигурация Be:

$1s^2 2s^2$

5. Атом лития B (5 электронов):



Электронная конфигурация B:

$1s^2 2s^2 2p^1$

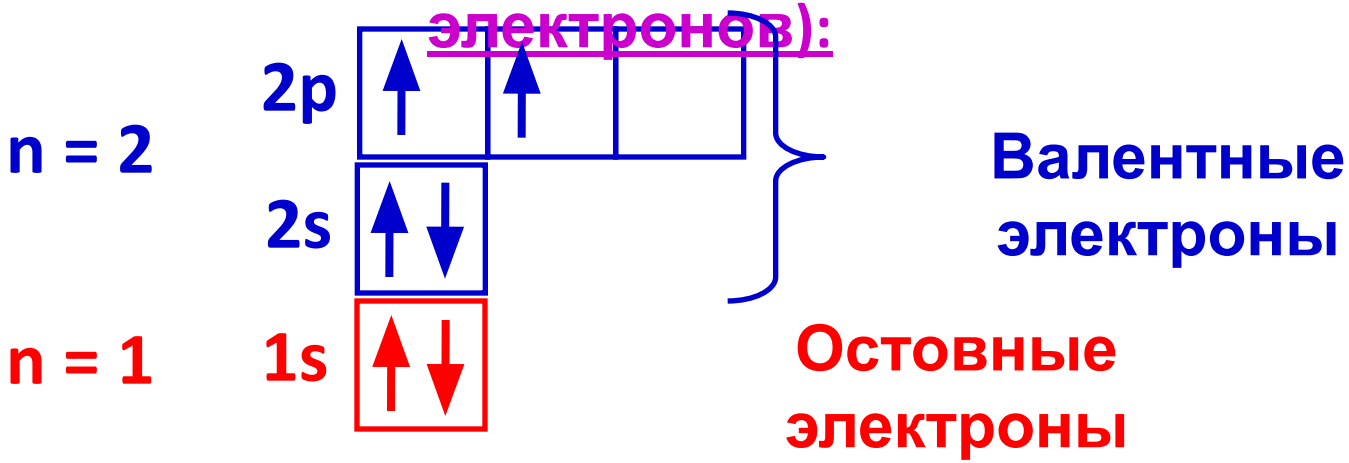
Химические свойства определяются электронным строением внешнего электронного слоя атома.

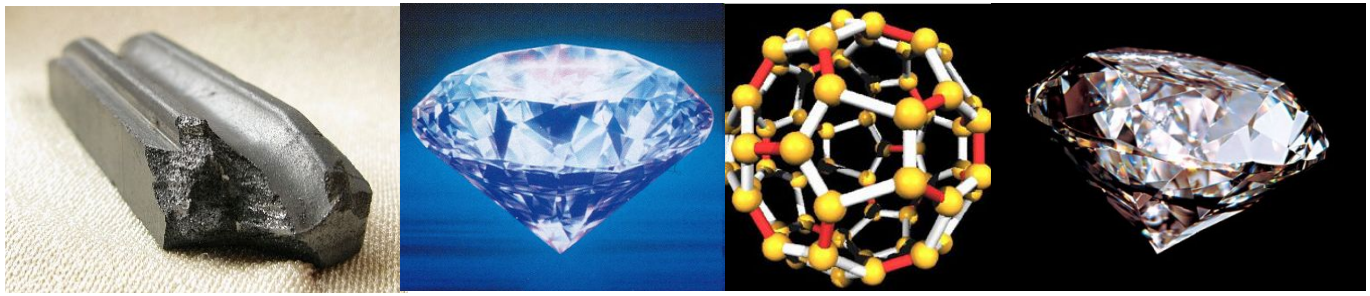
Электроны на внешнем уровне называются ***валентными***.

Валентные электроны

Электроны, находящиеся на открытом (незавершенном) электронном уровне атома называют валентными. Остальные электроны называют остовными.

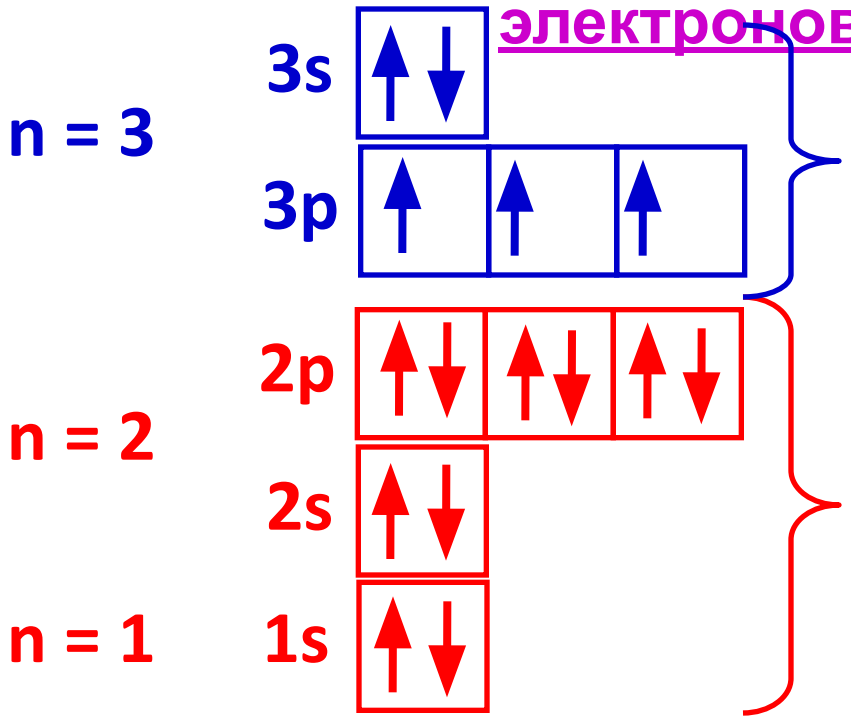
Атом углерода (6 электронов):





Валентные электроны

Атом фосфора (15 электронов):



Валентные

Остовные

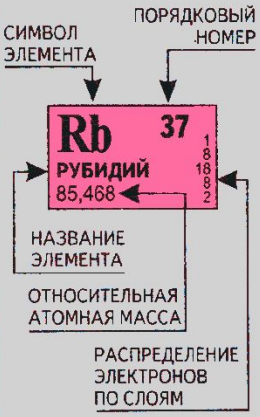
Валентные электроны определяют химические свойства элементов!

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru

Периоды	Ряды	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 б	VIII б	VIII а	Энергетические уровни
1	1	H 1 ВОДОРОД 1,008																	He 2 ГЕЛИЙ 4,003	K
2	2	Li 3 ЛИТИЙ 6,941		Be 4 БЕРИЛЛИЙ 9,0122		B 5 БОР 10,811		C 6 УГЛЕРОД 12,011		N 7 АЗОТ 14,007		O 8 КИСЛОРОД 15,999		F 9 ФТОР 18,998					Ne 10 НЕОН 20,179	L K
3	3	Na 11 НАТРИЙ 22,99		Mg 12 МАГНИЙ 24,312		Al 13 АЛЮМИНИЙ 26,092		Si 14 КРЕМНИЙ 28,086		P 15 ФОСФОР 30,974		S 16 СЕРА 32,064		Cl 17 ХЛОР 35,453					Ar 18 АРГОН 39,948	M L K
4	4	K 19 КАЛИЙ 39,102		Ca 20 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		N M L K
	5	29 Cu МЕДЬ 63,546		30 Zn ЦИНК 65,37		Ga 31 ГАЛЛИЙ 69,72		Ge 32 ГЕРМАНИЙ 72,59		As 33 МЫШЬЯК 74,922		Se 34 СЕЛЕН 78,96		Br 35 БРОМ 79,904					Kr 36 КРИПТОН 83,8	N M L K
5	6	Rb 37 РУБИДИЙ 85,468		Sr 38 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		O N M L K
	7	47 Ag СЕРЕБРО 107,868		48 Cd КАДМИЙ 112,41		In 49 ИНДИЙ 114,82		Sn 50 ОЛОВО 118,69		Sb 51 СУРЬМА 121,75		Te 52 ТЕЛЛУР 127,6		I 53 ИОД 126,905					Xe 54 КСЕНОН 131,3	O N M L K
6	8	Cs 55 ЦЕЗИЙ 132,905		Ba 56 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		P O N M L K
	9	79 Au ЗОЛОТО 196,967		80 Hg РТУТЬ 200,59		Tl 81 ТАЛЛИЙ 204,37		Pb 82 СВИНЕЦ 207,19		Bi 83 ВИСМУТ 208,98		Po 84 ПОЛОНИЙ [210]		At 85 АСТАТ [210]					Rn 86 РАДОН [222]	P O N M L K
7	10	Fr 87 ФРАНЦИЙ [223]		Ra 88 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		Q P O N M L K
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						

Д.И. Менделеев
1834–1907



s-элементы
p-элементы
d-элементы
f-элементы

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

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]

Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Атомная масса, относительная — 186.207 — Atomic mass, relative
Атомный номер. Обозначение — 75 Re — Atomic No. Symbol
Распределение электронов — [Xe] $4f^{14}5d^5 6s^2$ — Electron configuration
Температура плавления (°C) — 3180 — Melting point (°C)
Температура кипения (°C) — 5627 — Boiling point (°C)
Электроотрицательность (по Полингу/по Аллреду и Рохову) — 1.9/1.46 — Electronegativity (Pauling/Allred & Rochov)
Название — Rhenium Рений — Name
Латинское название — *Rhenium* — Latin name

Groups 1...18 IUPAC 1989
Groups IA...VIII...0 IUPAC 1970
Группы 1...18 ИЮПАК, 1989
Группы IA...VIII...0 ИЮПАК, 1970

Period / Период	Group 1 Группа Ia	2 IIa	3 IIIb	4 IVb	5 Vb	6 VIb	7 VIIb	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 Ib	12 IIb	13 IIIa	14 IVa	15 Va	16 VIa	17 VIIa	18 0
1	1.00794 1 H $1s^1$ -259.14 -252.87 2.02/- Hydrogen Водород *Hydrogenium*																	4.002602 2 He $1s^2$ <-272.2 -268.93 12.3 eV Helium Гелий
2	6.941 3 Li $[He]2s^1$ 180.54 1347 0.98/0.97 Lithium Литий	9.012182 4 Be $2s^2$ 1278 2970 1.57/1.47 Beryllium Бериллий											10.811 5 B $2s^1 2p^1$ 2210 ~2600 2.04/2.01 Boron Бор *Borum*	12.011 6 C $2s^2 2p^2$ ~3550 4827 2.55/2.50 Carbon Углерод *Carboneum*	14.00674 7 N $2s^2 2p^3$ -209.86 -195.8 3.04/3.07 Nitrogen Азот *Nitrogenium*	15.9994 8 O $2s^2 2p^4$ -218.4 -182.96 3.44/3.50 Oxygen Кислород *Oxygenium*	18.9984032 9 F $2s^2 2p^5$ -219.62 -188.11 3.98/4.10 Fluorine Фтор *Fluorum*	20.1797 10 Ne $2s^2 2p^6$ -248.7 -246.05 10.6 eV Neon Неон
3	22.989770 11 Na $[Ne]3s^1$ 97.86 883.15 0.93/1.01 Sodium Натрий *(Natrium)*	24.3050 12 Mg $3s^2$ 648.8 1107 1.31/1.23 Magnesium Магний											26.981538 13 Al $3s^2 3p^1$ 660.37 2467 1.61/1.47 Aluminium [Aluminum] Алюминий	28.0855 14 Si $3s^2 3p^2$ 1412 2355 1.90/1.74 Silicon Кремний *Silicium*	30.973761 15 P $3s^2 3p^3$ 44.14 280 2.19/2.06 Phosphorus Фосфор	32.066 16 S $3s^2 3p^4$ 112.8 444.674 2.58/2.44 Sulphur Сера *(Sulfur)*	35.4527 17 Cl $3s^2 3p^5$ -100.98 -34.6 3.16/2.83 Chlorine Хлор *Clorum*	39.948 18 Ar $3s^2 3p^6$ -189.2 -185.7 7.7 eV Argon Аргон
4	39.0983 19 K $[Ar]4s^1$ 63.65 774 0.82/0.91 Potassium Калий *(Kalium)*	40.078 20 Ca $4s^2$ 839 1487 1.00/1.04 Calcium Кальций	44.955910 21 Sc $3d^1 4s^2$ 1541 2831 1.36/1.20 Scandium Скандий	47.867 22 Ti $3d^2 4s^2$ 1670 3287 1.54/1.32 Titanium Титан	50.9415 23 V $3d^3 4s^2$ 1890 3380 1.63/14.5 Vanadium Ванадий	51.9961 24 Cr $3d^5 4s^1$ 1857 2672 1.66/1.56 Chromium Хром	54.938046 25 Mn $3d^5 4s^2$ 1244 1962 1.55/1.60 Manganese Марганец *Manganum*	55.845 26 Fe $3d^6 4s^2$ 1535 2750 1.83/1.64 Iron Железо *Ferrum*	58.933200 27 Co $3d^7 4s^2$ 1495 2870 1.88/1.70 Cobalt Кобальт *Cobaltum*	58.6934 28 Ni $3d^8 4s^2$ 1453 2732 1.91/1.75 Nickel Никель *Niccolum*	63.546 29 Cu $3d^{10} 4s^1$ 1083.4 2567 1.901.75 Copper Медь *Cuprum*	65.39 30 Zn $3d^{10} 4s^2$ 419.88 907 1.65/1.66 Zinc Цинк *Zincum*	69.723 31 Ga $3d^{10} 4s^2 4p^1$ 29.78 2403 1.81/1.82 Gallium Галлий	72.61 32 Ge $3d^{10} 4s^2 4p^2$ 937.4 2830 2.01/2.02 Germanium Германий	74.92160 33 As $3d^{10} 4s^2 4p^3$ 817 (3,7MPa) cy6n.615 2.18/220 Arsenic Мышьяк *Arsenicum*	78.96 34 Se $3d^{10} 4s^2 4p^4$ 217 684.9 2.55/2.48 Selenium Селен	79.904 35 Br $3d^{10} 4s^2 4p^5$ -7.25 58.78 2.96/2.74 Bromine Бром *Bromum*	83.80 36 Kr $3d^{10} 4s^2 4p^6$ -156.6 -152.3 6.8 eV Krypton Криптон
5	85.4678 37 Rb $[Kr]5s^1$ 38.89 687.2 0.82/0.89 Rubidium Рубидий	87.62 38 Sr $5s^2$ 769 1384 0.95/0.99 Strontium Стронций	88.90585 39 Y $4d^1 5s^2$ 1522 3337 1.22/1.11 Yttrium Иттрий	91.224 40 Zr $4d^2 5s^2$ 1852 4377 1.33/1.22 Zirconium Цирконий	92.90638 41 Nb $4d^4 5s^1$ 2468 4742 1.6/1.23 Niobium Ниобий	95.94 42 Mo $4d^5 5s^1$ 2617 4612 2.16/1.30 Molybdenum Молибден *Molybdaenum*	(97)* 43 Tc $4d^6 5s^1$ 2172 4877 1.9/1.36 Technetium Технеций	101.07 44 Ru $4d^7 5s^1$ 2310 (~3900) 2.2/1.42 Ruthenium Рутений	102.90550 45 Rh $4d^8 5s^1$ 1966 3727 2.2/1.5 Rhodium Родий	106.42 46 Pd $4d^{10}$ 1552 3140 2.2/1.4 Palladium Палладий	107.8682 47 Ag $4d^{10} 5s^1$ 961.93 2212 1.9/1.4 Silver Серебро *(Argentum)*	112.411 48 Cd $4d^{10} 5s^2$ 320.9 765 1.7/1.5 Cadmium Кадмий	114.818 49 In $4d^{10} 5s^2 5p^1$ 156.78 2080 1.78/1.5 Indium Индий	118.710 50 Sn $4d^{10} 5s^2 5p^2$ 231.88 2270 1.96/1.7 Tin Олово *Stannum*	121.760 51 Sb $4d^{10} 5s^2 5p^3$ 630.5 1750 2.05/1.8 Antimony Сурьма *(Stibium)*	127.60 52 Te $4d^{10} 5s^2 5p^4$ 449.5 989.8 2.1/ 2.0 Tellurium Теллур	126.90447 53 I $4d^{10} 5s^2 5p^5$ 113.5 184.35 2.66/2.2 Iodine Иод *Iodum*	131.29 54 Xe $4d^{10} 5s^2 5p^6$ -111.9 -107.1 5.85 eV Xenon Ксенон
6	132.90545 55 Cs $[Xe]6s^1$ 28.5 678.4 0.79/0.86 Caesium Цезий *(Cesium)*	137.327 56 Ba $6s^2$ 725 1640 089/0,97 Barium Барий	138.9055 57 La $5d^1 6s^2$ 920 3454 1.10/1.08 Lanthanum Лантан	178.46 72 Hf $4f^{14} 5d^2 6s^2$ 2227 4602 1.3/1.23 Hafnium Гафний	180.9479 73 Ta $4f^{14} 5d^3 6s^2$ 2996 5425 1.5/1.33 Tantalum Тантал	183.84 74 W $4f^{14} 5d^4 6s^2$ 3410 5660 1.7/1.40 Tungsten (Wolfram) Вольфрам *Wolframium*	186.207 75 Re $4f^{14} 5d^5 6s^2$ 3180 5627 1.9/1,46 Rhenium Рений	190.23 76 Os $4f^{14} 5d^6 6s^2$ 3045 5027 2.2/1.52 Osmium Осмий	192.217 77 Ir $4f^{14} 5d^7 6s^2$ 2410 4130 2.2/1.6 Iridium Иридий	195.078 78 Pt $4f^{14} 5d^9 6s^1$ 1773.5 3830 2.2/1.4 Platinum Платина	196.96655 79 Au $4f^{14} 5d^{10} 6s^1$ 1064.43 2807 2.54/1.42 Gold Золото *Aurum*	200.59 80 Hg $4f^{14} 5d^{10} 6s^2$ -38.86 356.6 1.9/1.5 Mercury Ртуть *(Hydrargyrum)*	204.3833 81 Tl $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^1$ 303.5 1457 1.62/1.44 Thallium Таллий	207.2 82 Pb $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$ 327.5 1740 2.33/1.55 Lead Свинец *(Plumbum)*	208.98038 83 Bi $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$ 271.3 1564 2.02/1.67 Bismuth Висмут *Bismuthum*	(210) 84 Po* $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$ 254 962 2.0/1.76 Polonium Полоний	(210) 85 At* $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^5$ 302 337 2.2/1.86 Astatine Астат *Astatium*	(222) 86 Rn* $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$ -71.0 -61.8 5.1 eV Radon Радон
7	(223) 87 Fr* $[Rn]7s^1$ 27 677 0.7/0.86 Francium Франций	(226) 88 Ra* $7s^2$ 970 1140 0.89/0.97 Radium Радий	(227) 89 Ac* $6d^1 7s^2$ 1050 (~3250) 1.1/1.0 Actinium Актиний	(261) 104 Rf* $5f^{14} 6d^2 7s^2$ Rutherfordium Резерфордий	(262) 105 Db* $5f^{14} 6d^3 7s^2$ Dubnium Дубний	(263) 106 Sg* $5f^{14} 6d^4 7s^2$ Seaborgium Сиборгий	(264) 107 Bh* $5f^{14} 6d^5 7s^2$ Bohrium Борий	(265) 108 Hs* $5f^{14} 6d^6 7s^2$ Hassium Хассий	(268) 109 Mt* $5f^{14} 6d^7 7s^2$ Meitnerium Мейтнерий	(269) 110 Uun* $5f^{14} 6d^8 7s^2$ Ununnilium Унунилий	( ) 111 Uuu* $5f^{14} 6d^9 7s^2$ Unununium Унунуний	(277) 112 Uub* $5f^{14} 6d^{10} 7s^2$ Ununbium Унунбий	( ) 113 Unt $5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^1$ Ununtrium Унунтрий	(289) 114 Uuq $5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^2$ Ununquadium Унунквадий					

© Р.С.Сайфуллин, А.Р.Сайфуллин, 2004
© R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004

Мар. 2004

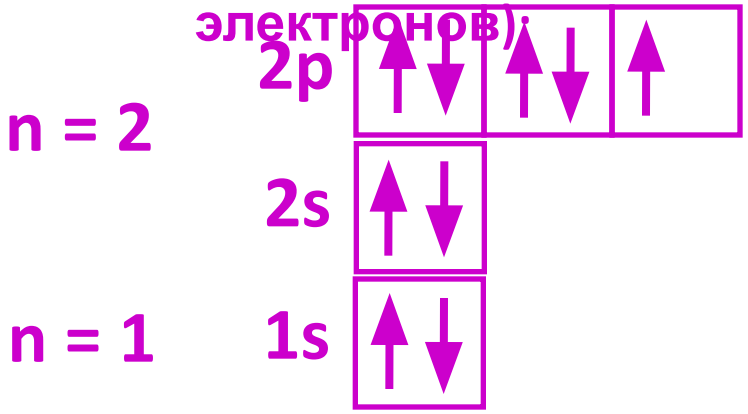
	140.116 58 Ce $4f^1 6s^2$ 798 3426 ~1.2/1.1 Cerium Церий	140.90765 59 Pr $4f^3 6s^2$ 931 3512 ~1.2/1.1 Praseodymium Празеодим	144.24 60 Nd $4f^4 6s^2$ 1021 3068 ~1.2/1.1 Neodymium Неодим	(145) 61 Pm* $4f^5 6s^2$ 1168 2460 1.2/1.1 Promethium Прометий	150.36 62 Sm $4f^6 6s^2$ 1077 1791 ~1.2/1.1 Samarium Самарий	151.964 63 Eu $4f^7 6s^2$ 822 1597 ~1.2/1.0 Europium Европий	157.25 64 Gd $4f^7 5d^1 6s^2$ 1312 3250 ~1.2/1.1 Gadolinium Гадолиний	158.92534 65 Tb $4f^9 6s^2$ 1356 3123 ~1.2/1.1 Terbium Тербий	162.50 66 Dy $4f^{10} 6s^2$ 1409 2562 ~1.2/1.1 Dysprosium Диспрозий	164.93032 67 Ho $4f^{11} 6s^2$ 1474 2695 ~1.2/1.1 Holmium Гольмий	167.26 68 Er $4f^{12} 6s^2$ 1529 2863 ~1.2/1.1 Erbium Эрбий	168.93421 69 Tm $4f^{13} 6s^2$ 1545 1947 ~1.2 /1.1 Thulium Тулий	173.04 70 Yb $4f^{14} 6s^2$ 819 1193 ~1.2 /1.1 Ytterbium Иттербий	174.967 71 Lu $4f^{14} 5d^1 6s^2$ 1663 3302 ~1.2 /1.1 Lutetium Лютеций
	(232) 90 Th* $6d^2 7s^2$ 1750 (~3800) 1.11/1.1 Thorium Торий	(231) 91 Pa* $5f^2 6d^1 7s^2$ 1572 4230-4500 1.14/1.1 Protactinium Протактиний	(238) 92 U* $5f^3 6d^1 7s^2$ 1132 3818 ~1.2/1.2 Uranium Уран	(239) 93 Np* $5f^4 6d^1 7s^2$ 639 3902 1.22/1.2 Neptunium Нептуний	(239) 94 Pu* $5f^6 7s^2$ 641 3340 1.2/1.2 Plutonium Плутоний	(243) 95 Am* $5f^7 7s^2$ 996 2607 ~1.1/1.2 Americium Америций	(247) 96 Cm* $5f^7 6d^1 7s^2$ 1340 3110 1.2/1.2 Curium Кюрий	(247) 97 Bk* $5f^9 7s^2$ 1050 2630 ~1.1/1.2 Berkelium Берклий	(252) 98 Cf* $5f^{10} 7s^2$ 900 1227 1.2/1.2 Californium Калифорний	(251) 99 Es* $5f^{11} 7s^2$ 860 - 1.3/- Einsteinium Эйнштейний	(257) 100 Fm* $5f^{12} 7s^2$ - - 1.3/1.2 Fermium Фермий	(258) 101 Md* $5f^{13} 7s^2$ - - 1.2/1.2 Mendelevium Менделевий	(259) 102 No* $5f^{14} 7s^2$ - - 1.3/- Nobelium Нобелий	(260) 103 Lr* $5f^{14} 6d^1 7s^2$ - - 1.3/- Lawrencium Лоуренсий

* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995)
* Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995).
( ) Alternative english name
[ ] American spelling of the element's name
( ) Альтернативное английское название
[ ] Американское написание названия элемента

Электронная конфигурация аниона

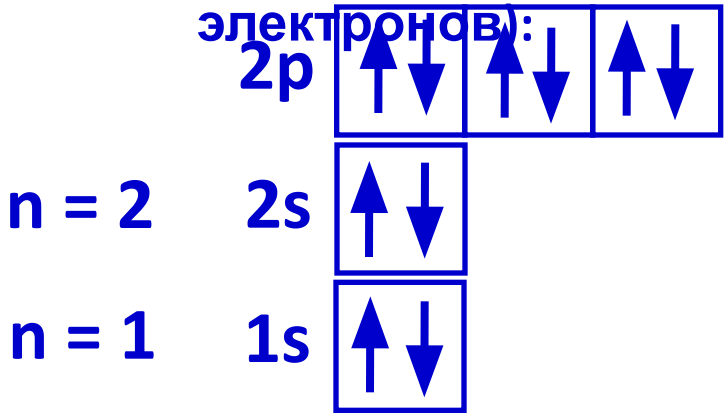
Атомы <u>приобретают</u> дополнительные электроны <u>в порядке заполнения</u> электронной оболочки.

Атом фтора F (9 электронов):



$1s^2 2s^2 2p^5$

Анион фтора F^- (10 электронов):



$1s^2 2s^2 2p^6$

<u>Примеры:</u> Ca^{2+} Cl^- Na^+ O^{2-}

- *Энергия выделяющаяся или поглощающаяся при присоединении электрона к атому называется* ***сродство к электрону***

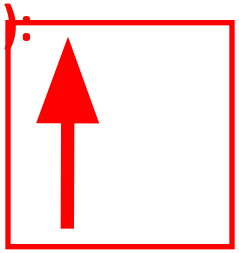
- $A + e \rightarrow A^{-}$
- *A(Li) = - 57 кДж/моль (энергия выделяется)*
- *A(N) = 20 кДж/моль (энергия поглощается)*

Электронная конфигурация катиона

Атомы теряют электроны в порядке обратном заполнению электронной оболочки.

1. Атом водорода H (1 электрон):

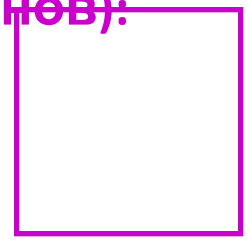
n = 1 1s



$1s^1$

1. Катион водорода H^+ (0 электронов):

n = 1 1s



$1s^0$

В первую очередь атом теряет валентные электроны.

Валентные электроны определяют химические свойства элементов!

Для d – элементов сначала теряются s – электроны!!!

- Fe – [Ar] $3d^6 4s^2$
- Fe^{2+} – [Ar]$3d^6$
- Энергия необходимая для отрыва электрона называется ***энергия ионизации.***
- $\underline{A \rightarrow A^{\pm}}\ \underline{+ e}$
- I(H) = 1312 кДж/моль
- I_1(Na) = 495 кДж/моль
- I_2(Na) = 4565 кДж/моль

Изоэлектронные частицы

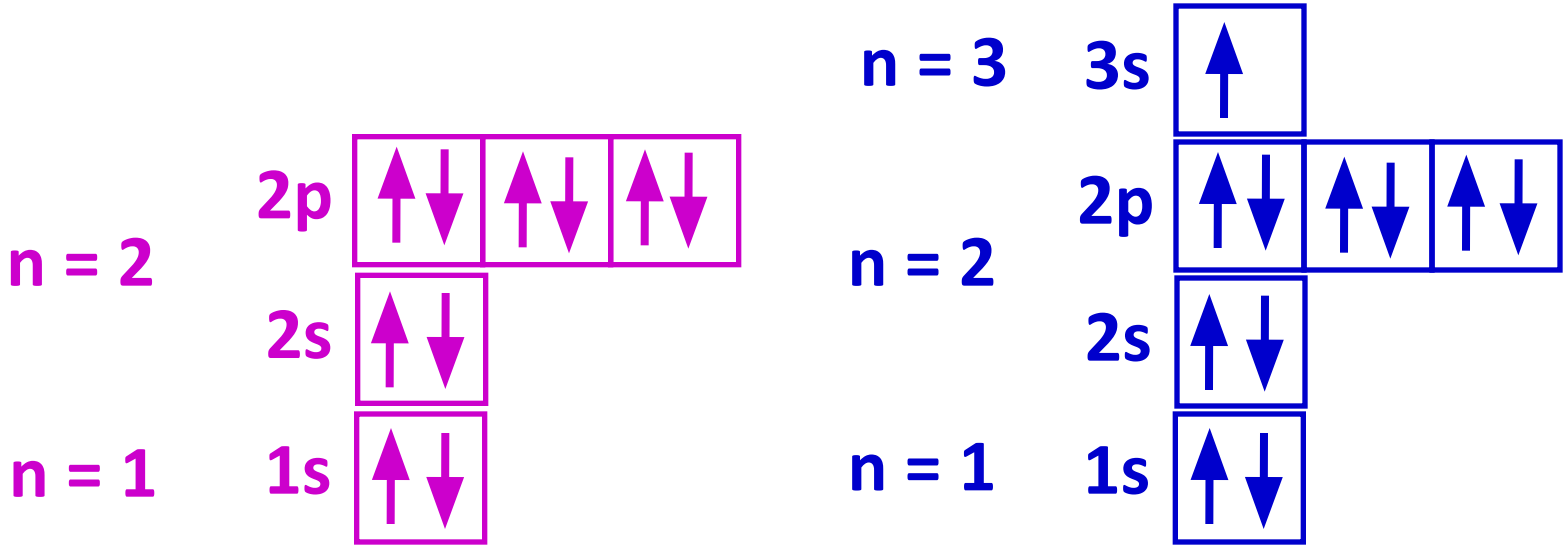
Изоэлектронные частицы – частицы с одинаковым количеством электронов

$O \xrightarrow{+2é} O^{2-}$

$1s^2 2s^2 2p^4$ $\quad$ $1s^2 2s^2 2p^6$

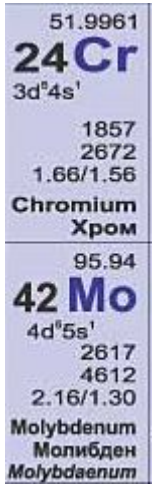
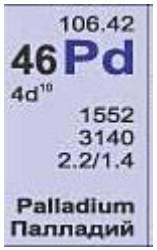
$Na \xrightarrow{-1é} Na^+$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ $\quad$ $1s^2 2s^2 2p^6$



10 электронов = 10 электронов

Частицы O^{2-} и Na^+ - **изоэлектронны** друг другу!!!

К чему стремятся атомы?

- Основное состояние.
- К полностью заполненному внешнему уровню. Октет электронов.
- Или на половину заполненному.