



# Строение атома

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

# Что читать?

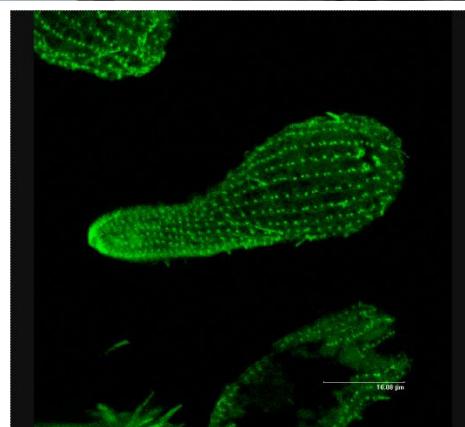
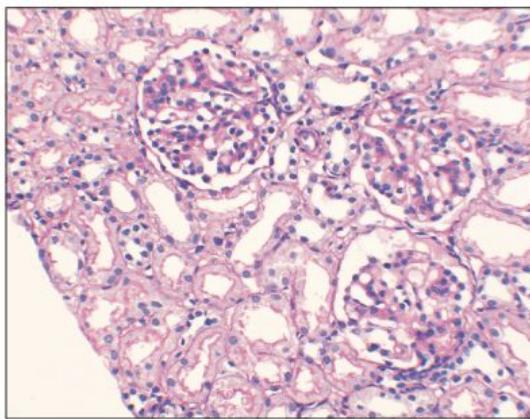
Чупахин А. П. Общая химия. Химическая связь и строение вещества.

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

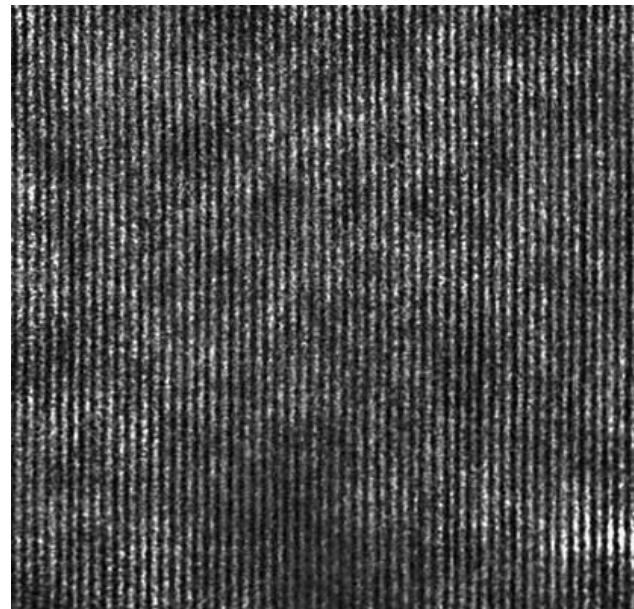
Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия.

Глинка Н.Л. Общая химия.

# Строение вещества

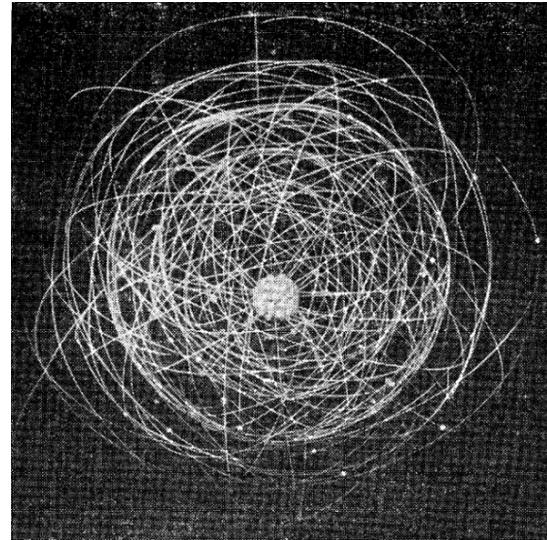
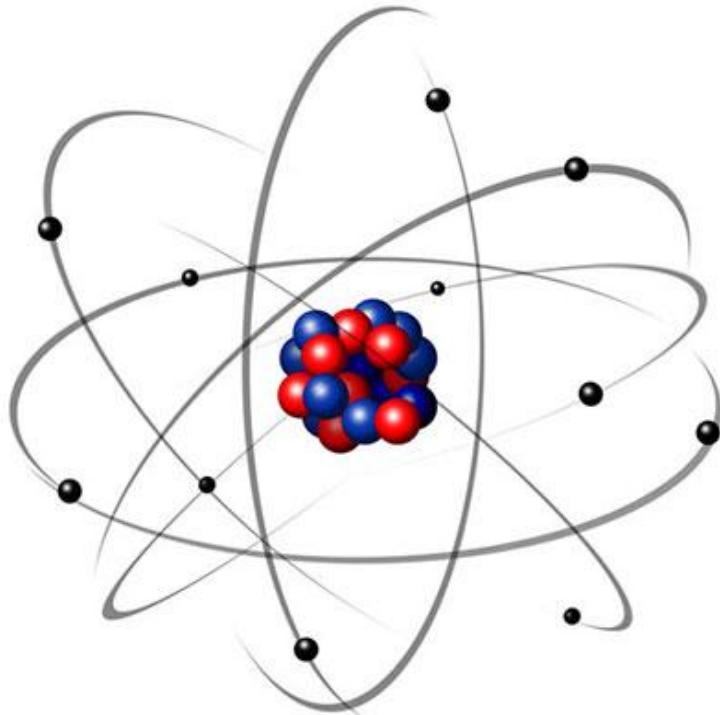


# Электронная микроскопия

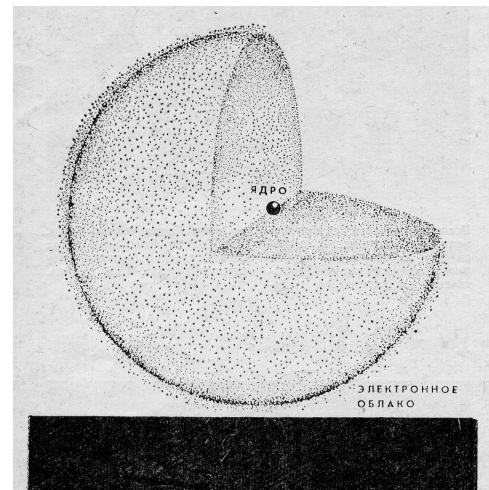


Изображение атомной решётки плёнки золота. Расстояние между кристаллографическими плоскостями 2,04 Å.

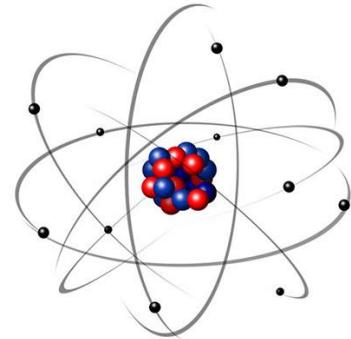
# Планетарная модель атома



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



# АТОМ



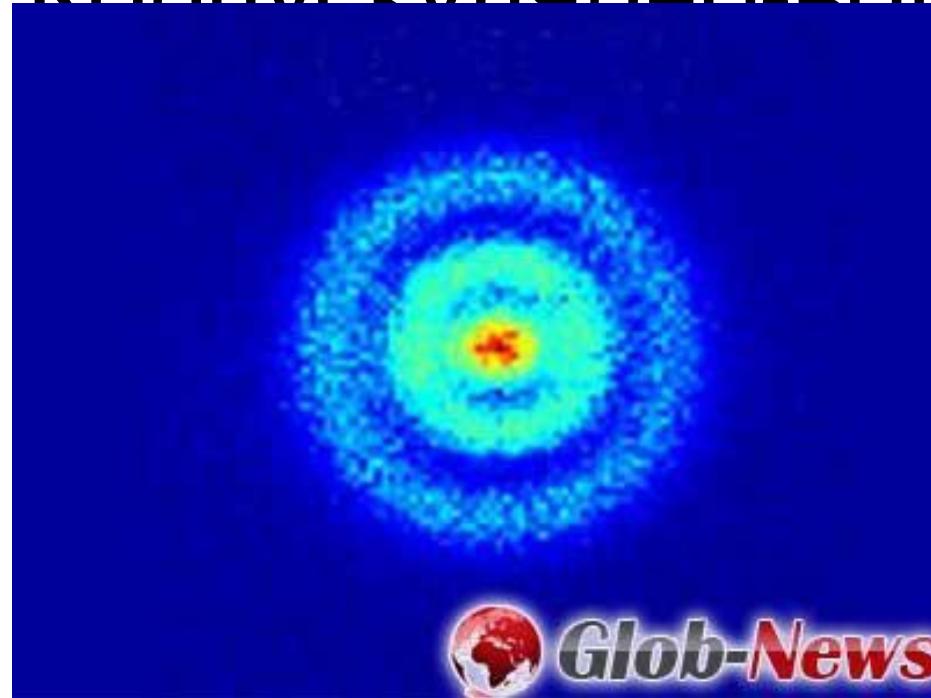
- Атом состоит из атомного ядра и электронов.
- Атомное ядро несет 99,9% массы атома.  
Состоит из нуклонов: протонов и нейтронов.
- Заряд ядра определяется количеством протонов.
- Размер атома определяется размером электронных облаков.

# Элементарные частицы

Название, обозначени е	Заряд ед. СГСЕ	Кл	Масса а.е.м.	КГ	Спин ед. $\hbar$
Протон, p	+1	$+1,6 \cdot 10^{-19}$	1,00727647	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$	$\pm 1/2$
Нейтрон, n	0	0	1,00866501	$1,6749543 \cdot 10^{-27}$	$\pm 1/2$
Электрон, e	-1	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	0,00054858	$9,109534 \cdot 10^{-31}$	$\pm 1/2$
Позитрон, e <sub>+</sub>	+1	$+1,6 \cdot 10^{-19}$	0,00054858	$9,109534 \cdot 10^{-31}$	$\pm 1/2$

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

# Корпускулярно-волновой дуализм

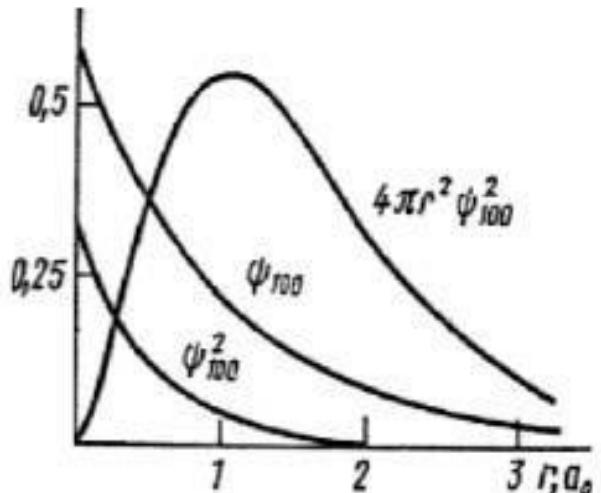


новой  
согласно которому  
проявлять

йст

- Относиться и к электрону  
вероятность найти электрон в пространстве.

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



# 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.
- **Химические элементы – частицы с одинаковым количеством протонов, называемым атомным номером, Z.**

# Химические элементы



Сера

S  
16 –  
протонов

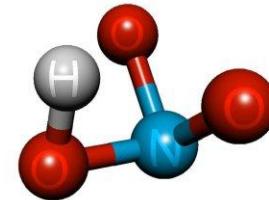


Железо

Fe  
26 –  
протонов



Азотная кислота



HNO<sub>3</sub>  
H – 1 протон  
N – 7 протонов  
3O – по 8  
протонов

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

[www.calc.ru](http://www.calc.ru)

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В								Энергетические уровни	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	
1	1	H ВОДРОД 1.008								He ГЕЛИЙ 4.003	
2	2	Li ЛИТИЙ 6.941	Be БЕРИЛЛИЙ 9.0122	B ВОР 10.811	C УГЛЕРОД 12.011	N АЗОТ 14.007	O КИСЛОРОД 15.999	F ФТОР 18.998		Ne НЕОН 20.179	
3	3	Na НАТРИЙ 22.99	Mg МАГНИЙ 24.312	Al АЛЮМИНИЙ 26.092	Si КРЕМНИЙ 28.086	P ФОСФОР 30.974	S СЕРА 32.064	Cl ХЛОР 35.453		Ar АРГОН 39.948	
4	4	K КАЛИЙ 39.102	Ca КАЛЬЦИЙ 40.08	Sc СКАНДИЙ 44.956	Ti ТИТАН 47.956	V ВАНАДИЙ 50.941	Cr ХРОМ 51.996	Mn МАРГАНЕЦ 54.938	Fe ЖЕЛЕЗО 55.849	Co КОБАЛЬТ 58.933	Ni НИКЕЛЬ 58.7
5	5	Cu МЕДЬ 63.546	Zn ЦИНК 65.37	Ga ГАЛЛИЙ 69.72	Ge ГЕРМАНИЙ 72.59	As МЫШЬЯК 74.922	Se СЕЛЕН 78.96	Br БРОМ 79.904		Kr КРИПТОН 83.8	
6	6	Rb РУБИДИЙ 85.468	Sr СТРОНИЙ 87.62	Y ИТРИЙ 88.906	Zr ЦИРКОНИЙ 91.22	Nb НИОБИЙ 92.906	Mo МОЛИБДЕНИЙ 95.94	Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]	Ru РУТЕНИЙ 101.07	Rh РОДИЙ 102.906	Pd ПАЛЛАДИЙ 106.4
7	7	Ag СЕРЕБРО 107.868	Cd КАДМИЙ 112.41	In ИНДИЙ 114.82	Sn ОЛОВО 118.69	Sb СУРЬМА 121.75	Te ТЕЛЛУР 127.6	I ИОД 126.905		Xe КСЕНОН 131.3	
8	8	Cs ЦЕЗИЙ 132.905	Ba БАРИЙ 137.34	57–71 ЛАНТАНОИДЫ	72 ГАФНИЙ 178.49	73 ТАНТАЛ 180.948	74 ВОЛЬФРАМ 183.85	75 РЕНИЙ 186.207	76 ОСМИЙ 190.2	77 ИРИДИЙ 192.22	78 ПЛАТИНА 195.09
9	9	Au ЗОЛОТО 196.967	Hg РТУТЬ 200.59	Tl ТАЛЛИЙ 204.37	Pb СВИНЦ 207.219	Bi ВИСМУТ 208.98	Po ПОЛОНИЙ [210]	At АСТАТ [210]	84 Ртутиний [210]		Rn РАДОН [222]
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ [226]	89–103 АКТИНОИДЫ	104 РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	105 ДУБНИЙ [262]	106 СИБОРГИЙ [263]	107 БОРНИЙ [262]	108 ХАНИЙ [265]	109 МЕЙТЕРИЙ [266]	110
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>		
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR			

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La ЛАНТАН 138.906	58 Ce ЦЕРИЙ 140.12	59 Pr ПРАЗЕОДИЙ 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 ИТЕРБИЙ 173.04	71 Lu ЛОУРЕНСИЙ 174.97
----------------------------	--------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232.036	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 ЭИНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ [256]	102 No НОВЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
---------------------------	---------------------------	-------------------------------	------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------



Д.И. Менделеев  
1834–1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА

Rb  
РУБИДИЙ  
85.468

ХЕ  
КСЕНОН  
131.3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

s-элементы

p-элементы

d-элементы

f-элементы

# Изотопы и изобары

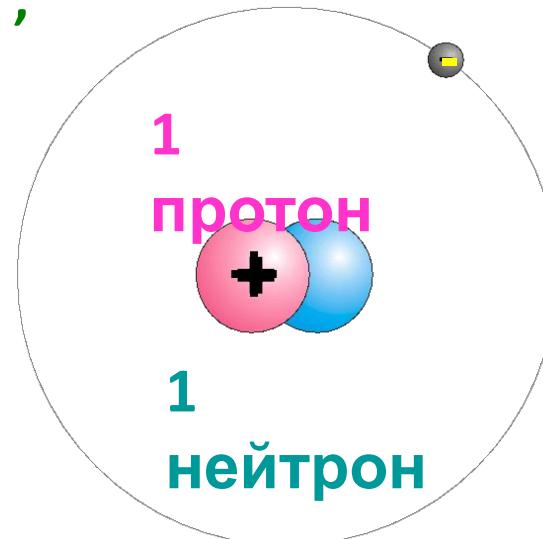
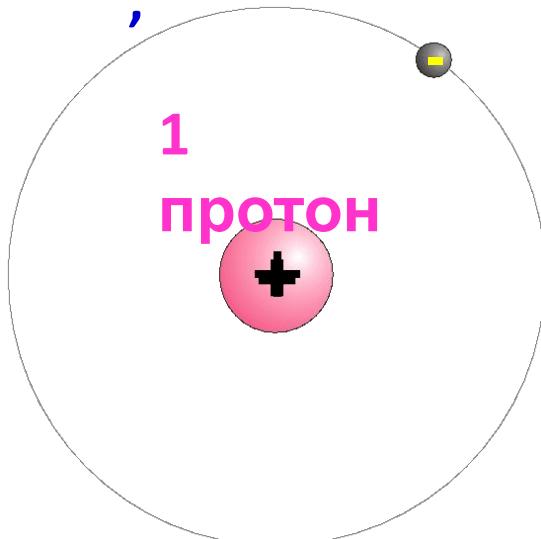
- Частицы одного элемента с различным массовым числом называют *изотопами*.
- Частицы с одинаковыми массовыми числами, но разными атомными номерами, называются *изобарами*.

# Изотопы водорода

**Протий**  ${}_1^1H = H$

**Дейтерий**  ${}_1^2H = D$

**Тритий**  ${}_1^3H = T$



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

Радиоактивные изотопы



– нестабильные изотопы, которые  
самопроизвольно распадаются.

# Изобары с массовым числом

3

${}^3\text{T}$  – тритий

${}^3\text{He}$  - гелий

1 протон + 2 нейтрона = 3 нуклона

2 протона + 1 нейtron = 3 нуклона

# Памятка!!!!

## Массовое число:

количество

$$p^+ + n^0$$

16

## Общий заряд

частицы:

-

8

3

## Порядковый номер:

## Число атомов

данного типа в составе частицы

Количество  $p^+$

$N_p$

$$3 \cdot 8 = 24$$

$N_n$

$$(16-8) \cdot 3 = 24$$

$N_e$

$$24+1=25$$

$N_p$	$N_n$	$N_e$
$3 \cdot 8 = 24$	$(16-8) \cdot 3 = 24$	$24+1=25$

# 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

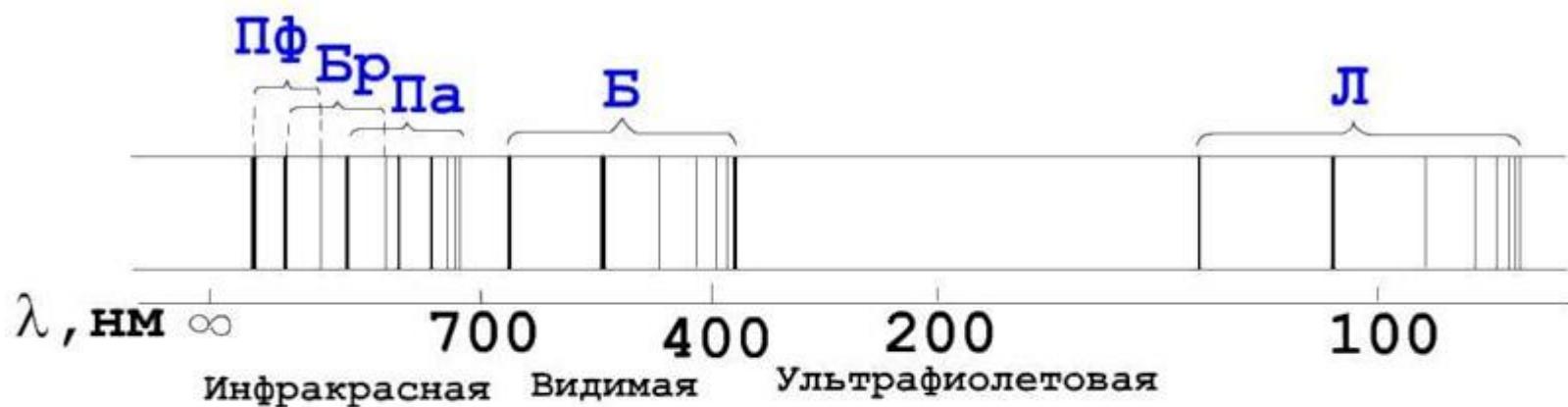
Железо – Fe

Рубидий – Rb

Сурьма – As

# Химические свойства определяются электронным строением атома.

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

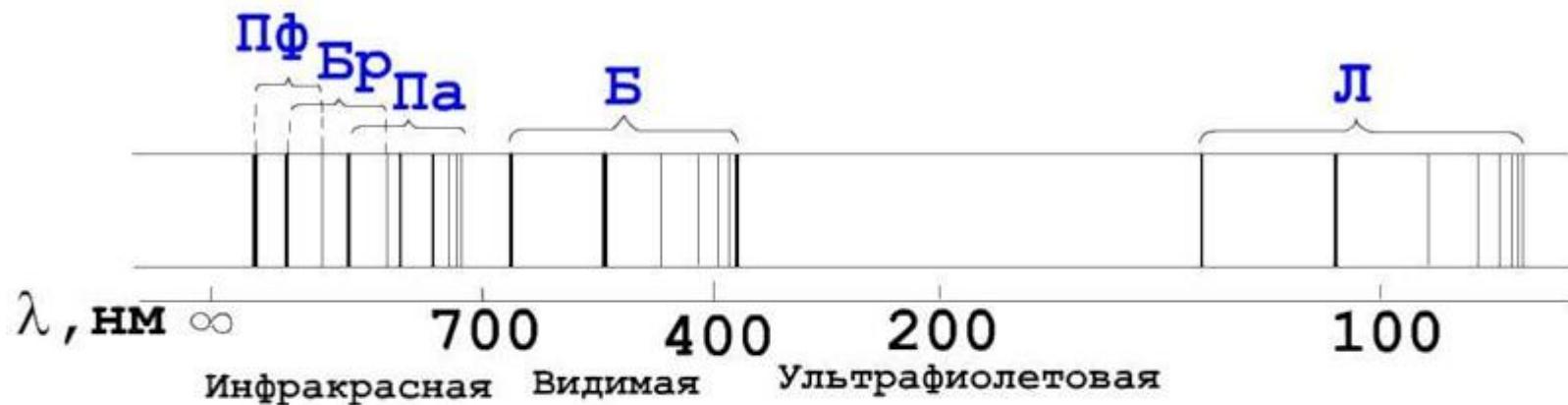


Серии:

- ПФ - Пфунда;
- Бр - Бреккета;
- Па - Пашена;
- Б - Бальмера;
- Л - Лаймана;

серия Бр перекрывается  
сериями ПФ и Па.

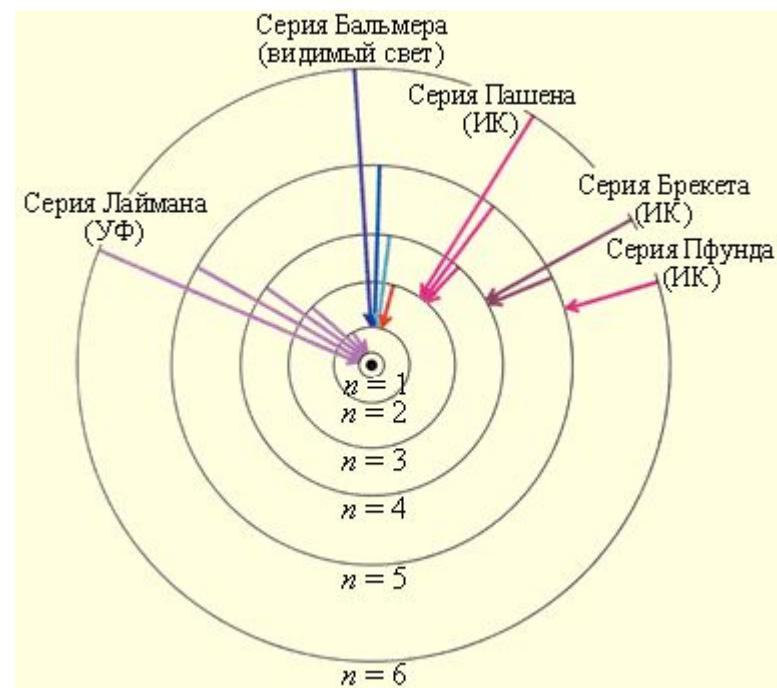
**Спектроскопия!!!**



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

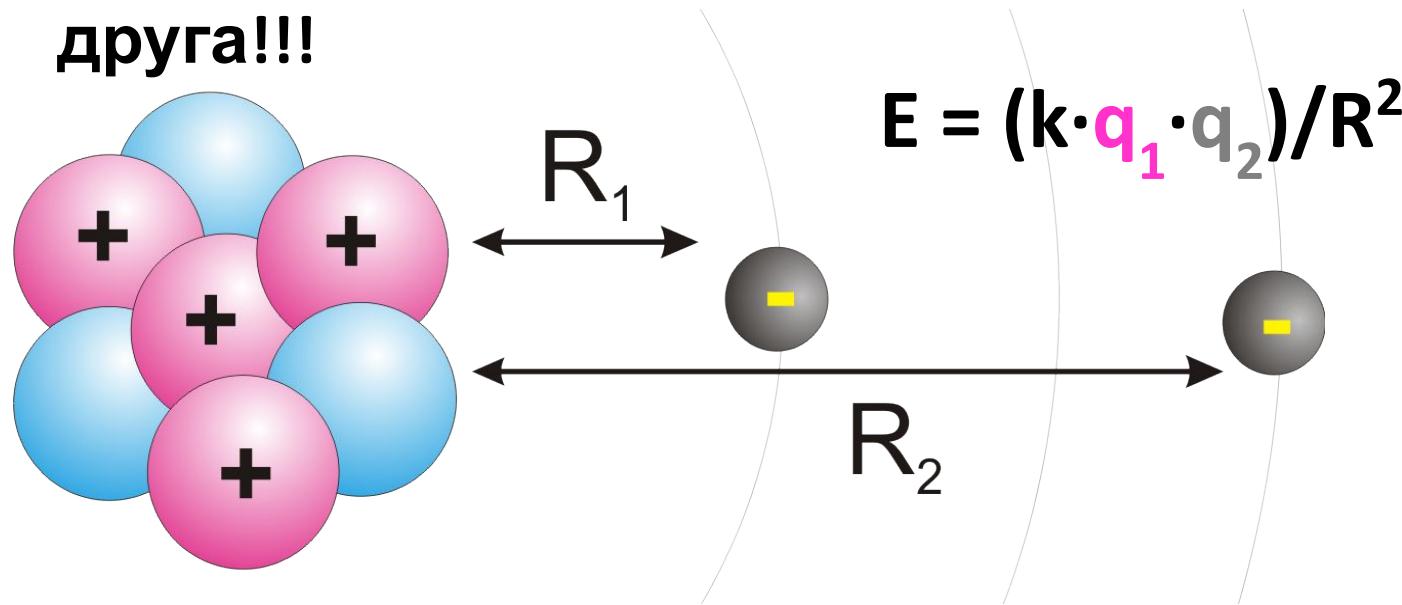
$$E_n = -\frac{Z^2 C}{n^2}$$

Z – заряд ядра, n – номер уровня,  
 С = 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!!!

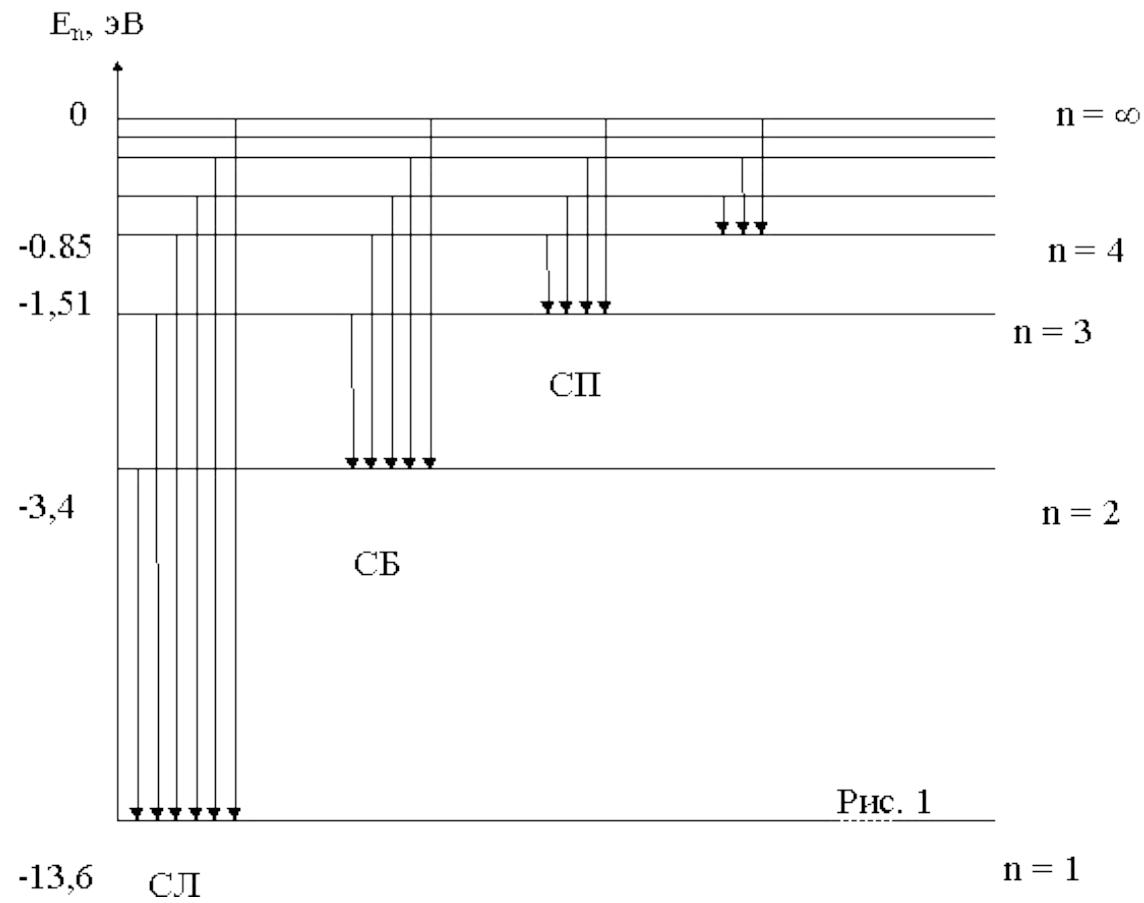
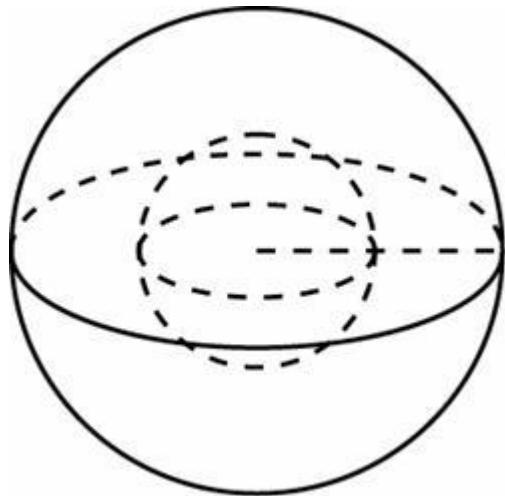


Рис. 1

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

## КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРОНОВ НА УРОВНЕ



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

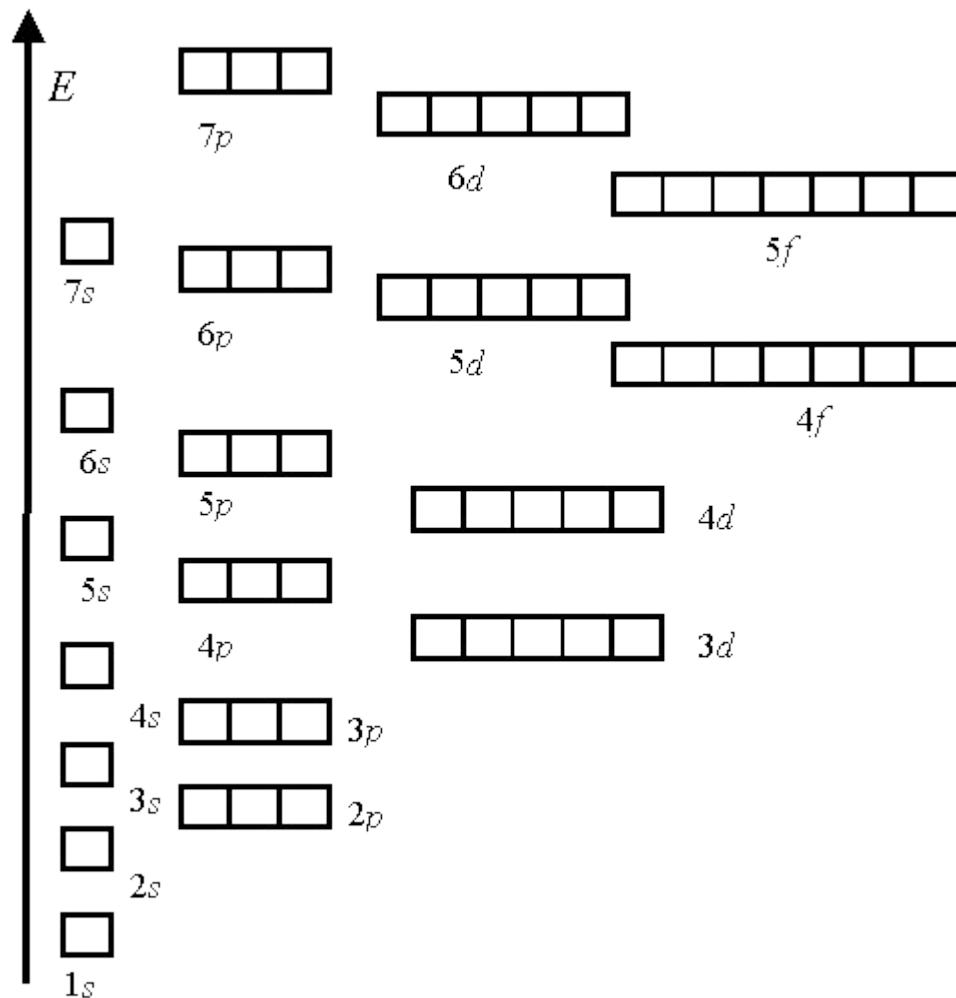
Чем дальше от центра, тем больше мест.  
Количество мест растет квадратично.

$$N_{\text{орбиталей}} = n^2$$

Состояние электрона в атоме без учета спина  
получило название *атомная орбита* (АО)  
(по сути, АО и  $\Psi$ -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
<u>Главное</u> квантовое число	<b>n</b>	От 1 до $\infty$
<u>Орбитальное</u> квантовое число	<b>l</b>	От 0 до <b>n-1</b>
<u>Магнитное</u> квантовое число	<b>m</b>	От $-l$ до $+l$
<u>Спиновое</u> квантовое число	<b>s</b>	$-1/2$ или $+1/2$

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

# Электроны в атоме

## Главное квантовое

- Число  $n$  характеризует энергию взаимодействия электрона с ядром
- Указывает на уровень энергии



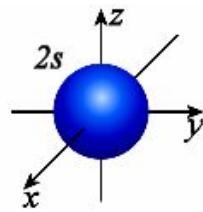
## Орбитальное квантовое

- Число  $l$ . Характеризует форму электронного облака
- Указывает номер электронного подуровня

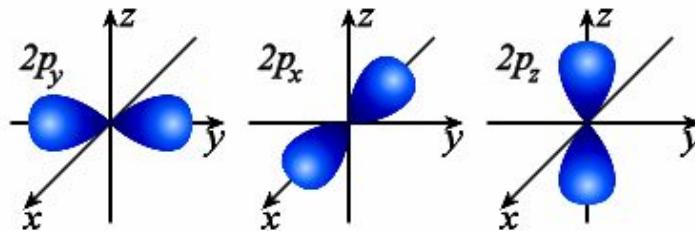
Орбитальное недрение число $l$	0	1	2	3	4
Обозначение	s	p	d	f	g

# Форма электронных облаков

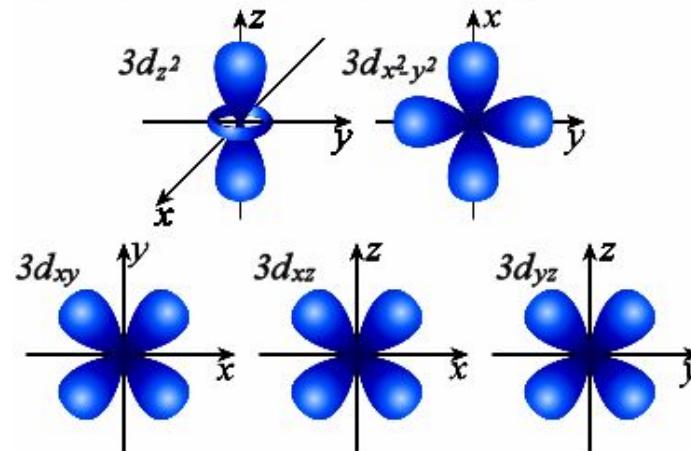
$\ell = 0$  – это **s**  
“сфера”



$\ell = 1$  – это **p**  
“Гантелька”



$\ell = 2$  – это **d**  
“Переплетенные гантели”



Электроны двигаются вокруг ядра очень быстро.

Они размазаны в пространстве или “делокализованы”

# Электроны в атоме

## Магнитное квантовое число

1. Характеризует  $m$  ориентацию электронного облака в пространстве

<u>Магнитное</u> число (от $-\ell$ до $+\ell$ )	0	-1, 0, +1	-2, -1, 0, +1, +2	???
<u>Орбитальное</u> число $\ell$	0 (s)	1 (p)	2 (d)	3 (f)

## Спиновое квантовое

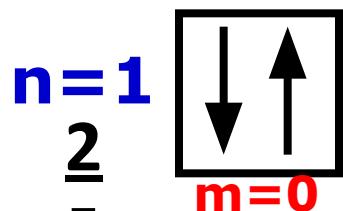
1. Характеризует собственное движение электрона
2. Независимая характеристика электрона

Спин:  $+1/2$



# Квантовые ячейки

**s ( $\ell=0$ )**

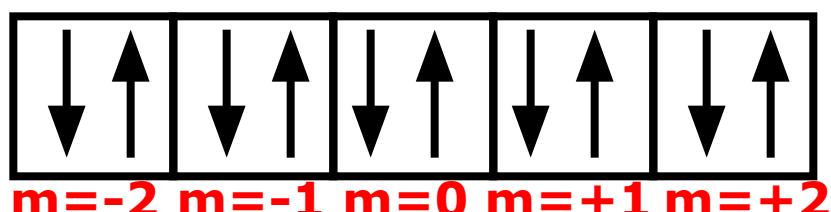
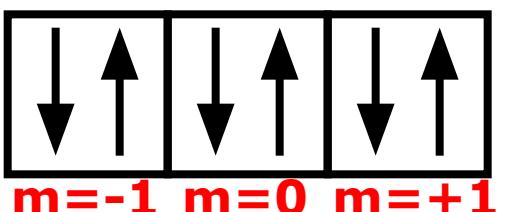
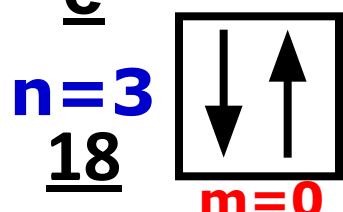
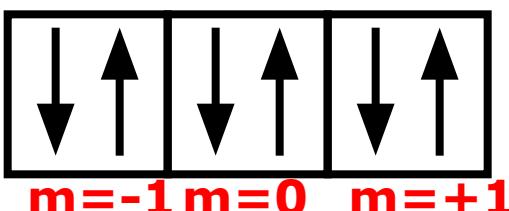
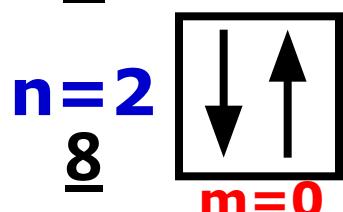


**p ( $\ell=1$ )**

Нет  
орбитали

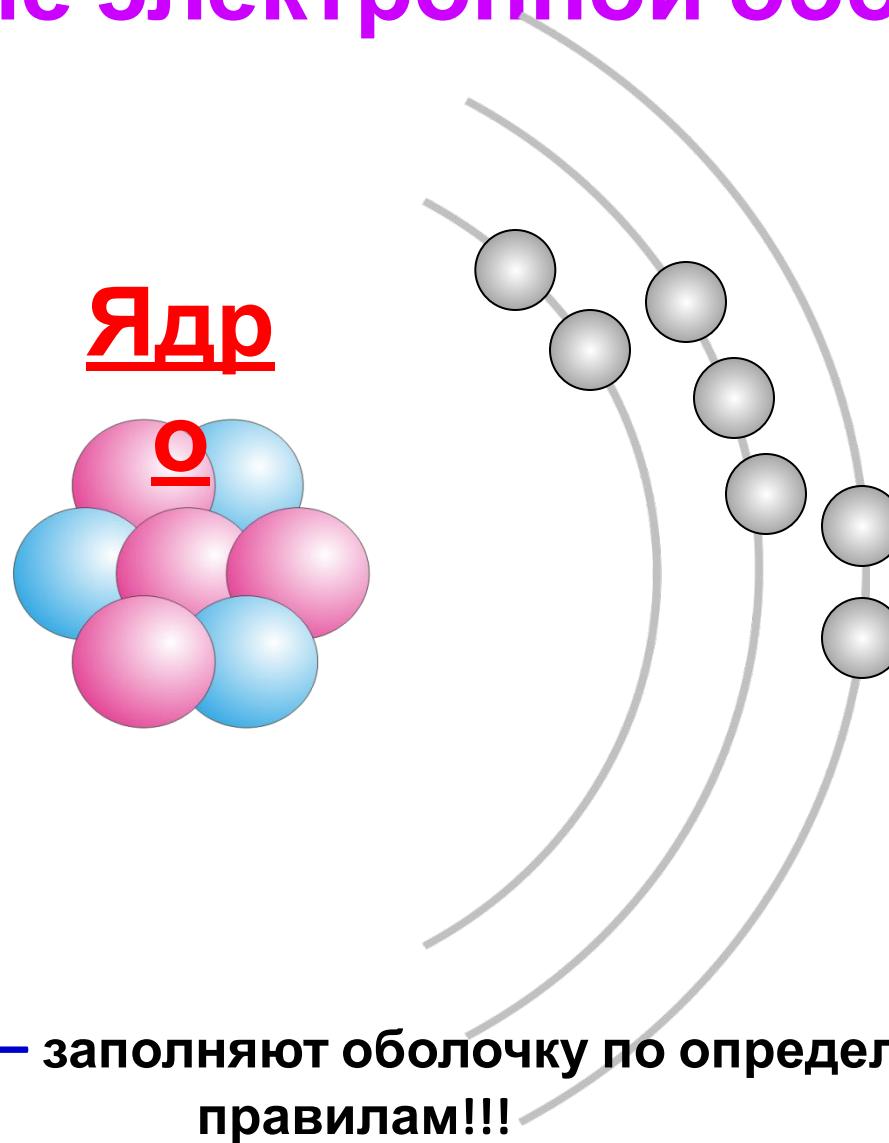
**d ( $\ell=2$ )**

Нет  
орбитали



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

# Заполнение электронной оболочки



# Заполнение электронной оболочки

## Правила заполнения орбиталей

### 1. Принцип минимальной энергии

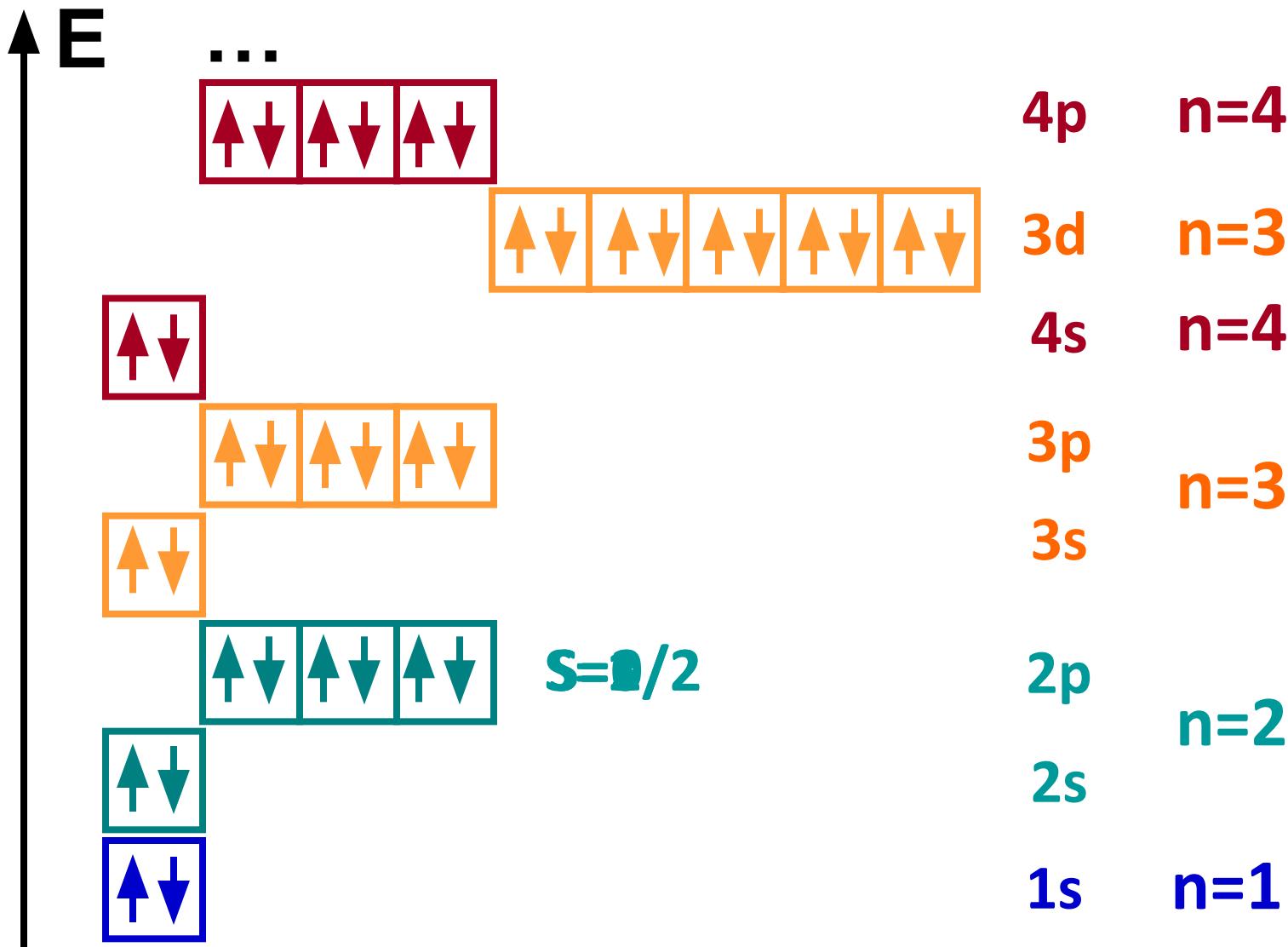
В первую очередь заполняются орбитали, у которых энергия меньше:

- a) Энергия орбитали определяется суммой главного и орбитального квантовых чисел  $n+\ell$ . Чем меньше значение  $n+\ell$ , тем ниже энергия орбитали.
- b) При одинаковых значениях суммы  $n+\ell$  энергия орбитали ниже там, где меньше значение  $n$ .

### 2. Правило Хунда

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

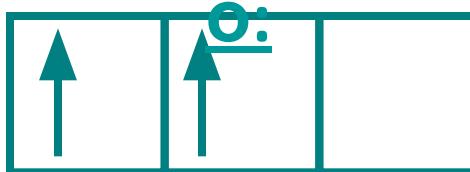
# Заполнение электронной оболочки



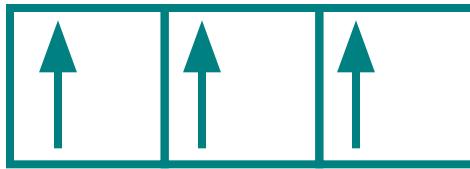
# Правило Хунда (р-орбиталь)

Правильн

$S=1$



$S=3/2$



$S=1$

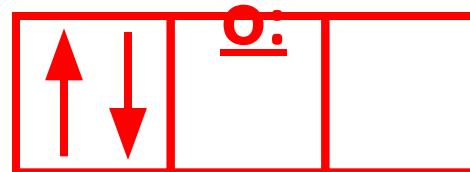


$S=1/2$

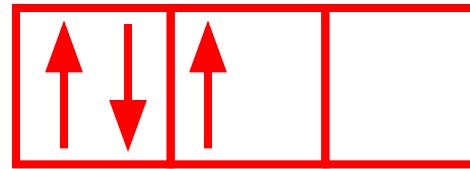


Неправильн

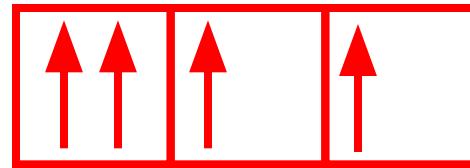
$S=0$



$S=1/2$



$S=2$



Принцип  
Паули  
запрещает!!!

# Электронная конфигурация

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

1. Атом водорода H (1

электрон):



Электронная конфигурация H:

$$1s^1$$

2. Атом гелия He (2

электрона):

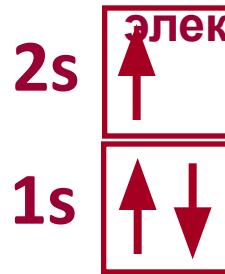


Электронная конфигурация He:

$$1s^2$$

3. Атом лития Li (3

электрона):

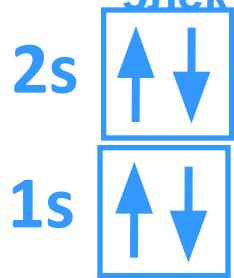


Электронная конфигурация Li:

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

# Электронная конфигурация

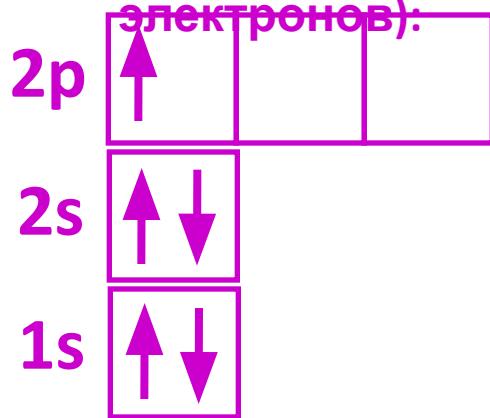
4. Атом лития Be (4  
электрона):



Электронная конфигурация Be:

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

5. Атом лития B (5  
электронов):



Электронная конфигурация B:

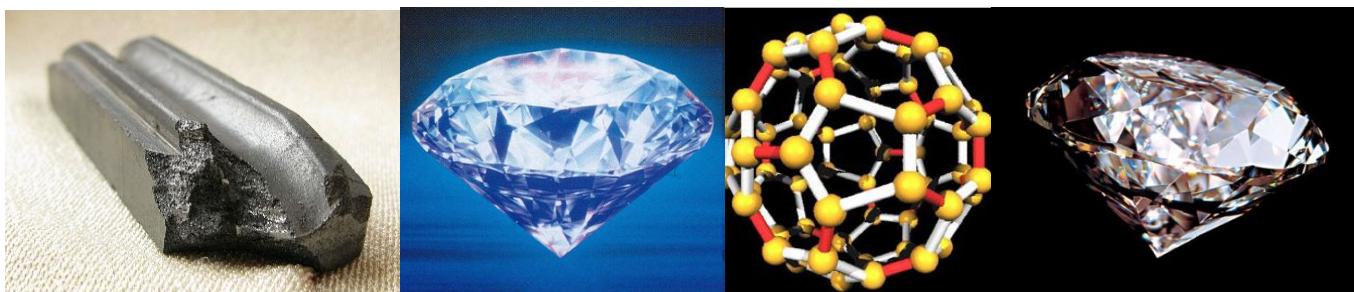
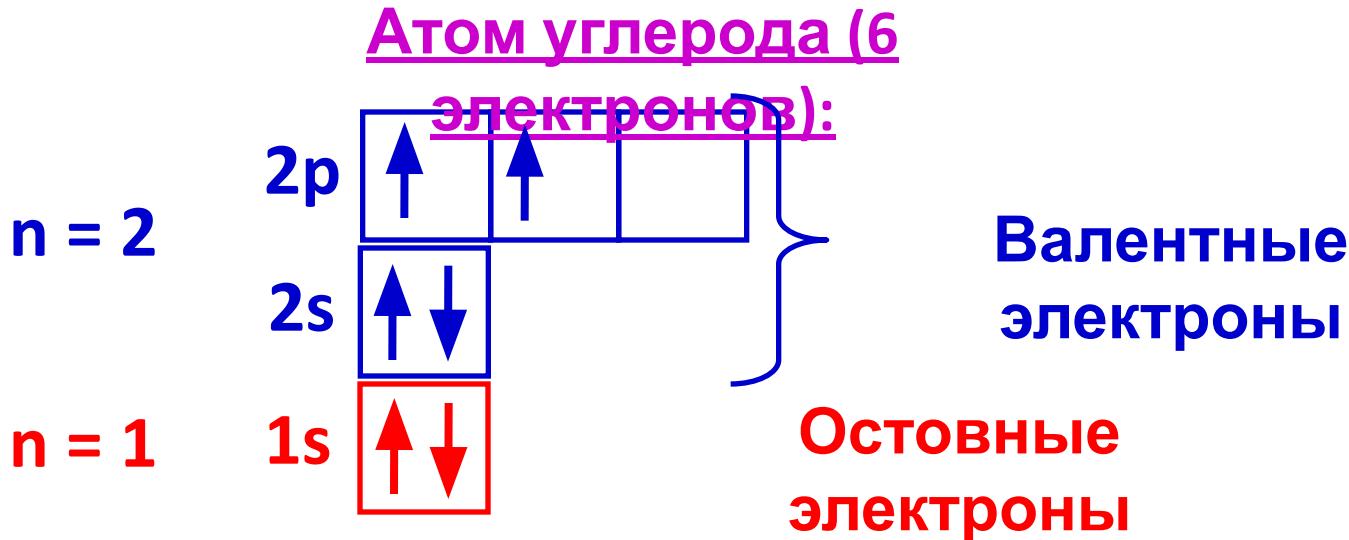
$$1s^2 2s^2 2p^1$$

Химические свойства определяются электронным строением внешнего электронного слоя атома.

Электроны на внешнем уровне называются **валентными**.

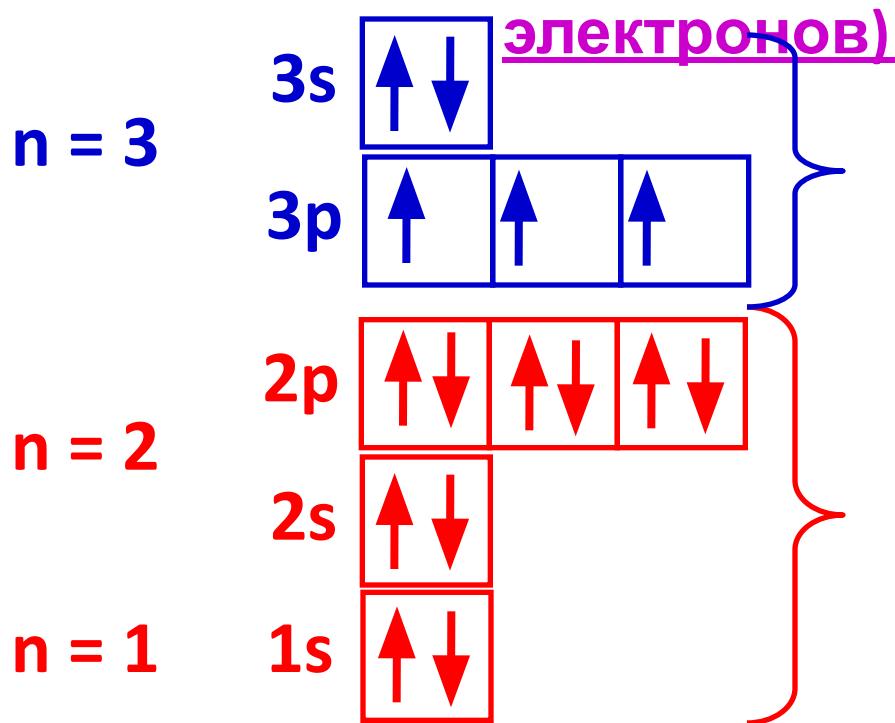
# Валентные электроны

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



# Валентные электроны

## Атом фосфора (15)



Валентные электроны определяют химические свойства элементов!

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

[www.calc.ru](http://www.calc.ru)

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В								Энергетические уровни											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII												
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a											
1	1	H ВОДРОД 1,008	1							He ГЕЛИЙ 4,003	2										
2	2	Li ЛИТИЙ 6,941	3	Be БЕРИЛЛИЙ 9,0122	4	B БОР 10,811	5	C УГЛЕРОД 12,011	6	N АЗОТ 14,007	7	O КИСЛОРОД 15,999	8	F ФТОР 18,998	9	Ne НЕОН 20,179	10				
3	3	Na НАТРИЙ 22,99	11	Mg МАГНИЙ 24,312	12	Al АЛЮМИНИЙ 26,092	13	Si КРЕМНИЙ 28,086	14	P ФОСФОР 30,974	15	S СЕРА 32,064	16	Cl ХЛОР 35,453	17	Ar АРГОН 39,948	18				
4	4	K КАЛИЙ 39,102	19	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	20	Sc СКАНДИЙ 44,956	21	Ti ТИТАН 47,956	22	V ВАНДИЙ 50,941	23	Cr ХРОМ 51,996	24	Mn МАРГАНЕЦ 54,938	25	Fe ЖЕЛЕЗО 55,849	26	Co КОБАЛЬТ 58,933	27	Ni НИКЕЛЬ 58,7	28
5	5	29 Cu МЕДЬ 63,546	30 Zn ЦИНК 65,37	31 Ga ГАЛЛИЙ 69,72	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,59	33 As МЫШЬЯК 74,922	34 Se СЕЛЕН 78,96	35 Br БРОМ 79,904	36 Kr КРИПТОН 83,8												
6	6	Rb РУБИДИЙ 85,468	37 Sr СТРОНИЙ 87,62	38 Y ИТРИЙ 88,906	39 Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	40 Nb НИОБИЙ 92,906	41 Mo МОЛИВДЕЙ 95,94	42 Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]	43 Ru РУТЕНИЙ 101,07	44 Rh РОДИЙ 102,906	45 Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4										
7	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			Xe КСЕНОН 131,3	54									
8	8	Cs ЦЕЗИЙ 132,905	55 Ba БАРИЙ 137,34	56 La ЛАНТАНОИДЫ 138,906	57–71 Hf ГАФНИЙ 178,49	72 Ta ТАНТАЛ 180,946	73 W ВОЛЬФРАМ 183,85	74 Re РЕНИЙ 186,207	75 Os ОСМИЙ 190,2	76 Ir ИРИДИЙ 192,22	77 Pt ПЛАТИНА 195,09										
9	9	79 Au ЗОЛОТО 196,967	80 Hg РТУТЬ 200,59	81 Tl ТАЛЛИЙ 204,37	82 Pb СВИНЦ 207,19	83 Bi ВИСМУТ 208,98	84 Po ПОЛОНИЙ [210]	85 At АСТАТ [210]	86 Rn РАДОН [222]												
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	87 Ra РАДИЙ [226]	88–103 АКТИНОИДЫ	104 Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	105 Db ДУБНИЙ [262]	106 Sg СИБОРГИЙ [263]	107 Bh БОРНИЙ [262]	108 Hn ХАНИЙ [265]	109 Mt МЕЙТЕРНИЕЙ [265]	110										
	Высшие оксиды	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>											
	Летучие водородные соединения				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR													

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La ЛАНТАН 138,906	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗОЕДИЙ 140,908	60 Nd НЕОДИЙ 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
----------------------------	--------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------

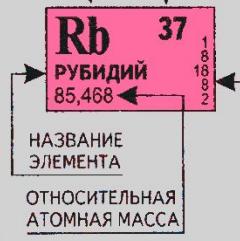
## А К Т И Н О И Д Ы

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,036	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 ЭЙШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕЕВИЙ [255]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
---------------------------	---------------------------	-------------------------------	------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------



Д.И. Менделеев  
1834–1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА  
↓  
PОРЯДКОВЫЙ НОМЕР



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

- S-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Period	1	Group 1 Группа Ia
	1	1 H
	1s <sup>1</sup>	-259.14 -252.87 2.02/-

Период	2	Hydrogen Водород Hydrogenium
	3 Li	9.012182
	[He]2s <sup>1</sup>	180.54 1347 0.98/0.97
	4 Be	1278 2970 1.57/1.47

3	Lithium Литий	Beryllium Бериллий
	11 Na	24.3050

3	12 Mg	Magnesium Магний
	[Ne]3s <sup>1</sup>	97.86 883.15 0.93/1.01

3	Sodium Натрий (Natrum)	Magnesium Магний
		39.0983

4	19 K	40.078
	[Ar]4s <sup>1</sup>	63.65 774 0.82/0.91

4	20 Ca	44.955910
	4s <sup>2</sup>	839 1487 1.00/1.04

4	Scandium Скандий	Titanium Титан
	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	1541 2831 1.36/1.20

4	21 Sc	22 Ti
	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	23 V

4	23 V	24 Cr
	3d <sup>4</sup> s <sup>2</sup>	25 Mn

4	24 Cr	25 Mn
	3d <sup>4</sup> s <sup>2</sup>	26 Fe

4	25 Mn	27 Co
	3d <sup>4</sup> s <sup>2</sup>	28 Ni

4	26 Fe	29 Cu
	3d <sup>4</sup> s <sup>2</sup>	30 Zn

4	27 Co	31 Ga
	3d <sup>4</sup> s <sup>2</sup>	32 Ge

4	30 Zn	33 As
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	34 Se

4	31 Ga	35 Br
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	36 Kr

4	32 Ge	37 Rb
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	38 Sr

4	33 As	39 Y
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	40 Zr

4	34 Se	41 Nb
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	42 Mo

4	35 Br	42 Tc
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	43 Ru

4	36 Kr	44 Ru
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	45 Rh

4	37 Rb	46 Pd
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	47 Ag

4	38 Sr	48 Cd
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	49 In

4	39 Y	50 Sb
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	51 Te

4	40 Zr	52 Te
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	53 I

4	41 Nb	54 Xe
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	55 At

4	42 Mo	56 Rn
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	57 La

4	43 Ru	58 Ce
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	59 Pr

4	44 Ru	60 Nd
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	61 Pm

4	45 Rh	62 Sm
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	63 Eu

4	46 Cd	64 Gd
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	65 Tb

4	47 Ag	66 Dy
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	67 Ho

4	48 Cd	68 Er
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	69 Tm

4	49 In	70 Yb
	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	71 Lu

# Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Атомная масса, относительная

186.207

75 Re

[Xe] 4f<sup>14</sup>5d<sup>6</sup>6s<sup>2</sup>

3180

5627

1.9/1.46

Rhenium

Рений

Rhenium

Atomic mass, relative

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

Группы 1...18 ИЮПАК, 1989

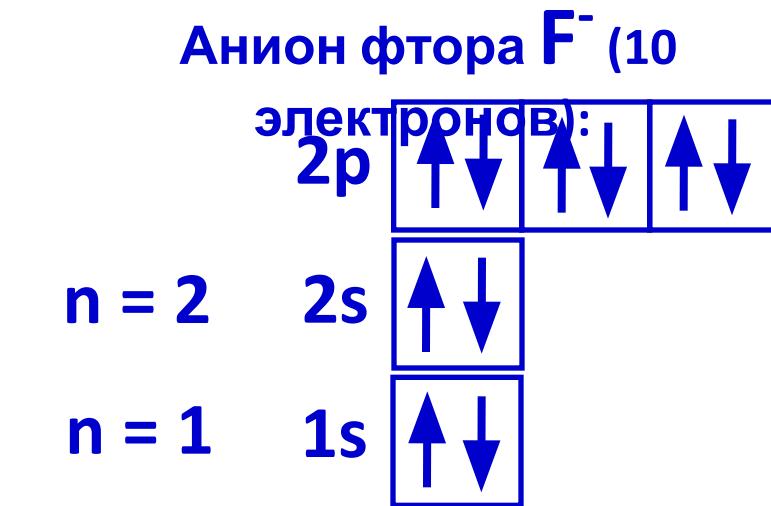
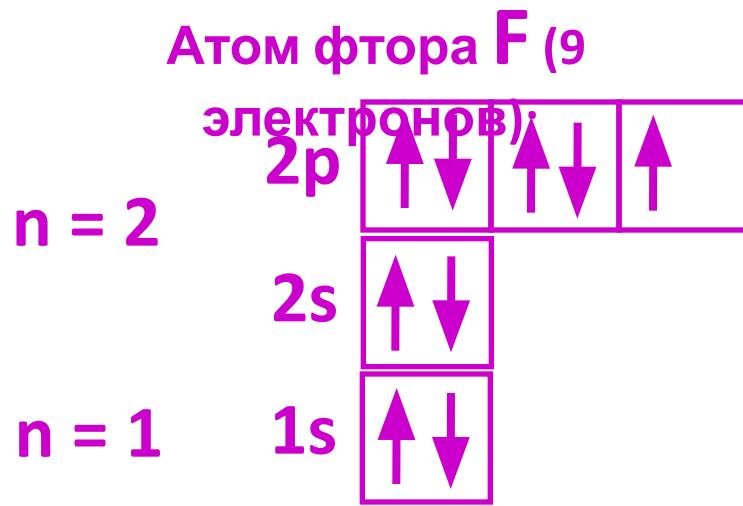
Группы IA...VIIA..0 ИЮПАК, 1970

Groups 1...18 IUPAC 1989

Groups IA...VIIA..0 IUPAC 1970

# Электронная конфигурация аниона

Атомы приобретают дополнительные электроны в порядке заполнения электронной оболочки.



Пример  
ы:



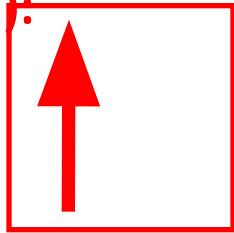
- Энергия выделяющаяся или поглощающаяся при присоединении электрона к атому называется **сродство к электрону**
- $A + e \rightarrow A^-$
- $A(Li) = - 57 \text{ кДж/моль}$  (энергия выделяется)
- $A(N) = 20 \text{ кДж/моль}$  (энергия поглощается)

# Электронная конфигурация катиона

Атомы теряют электроны в порядке обратном заполнению электронной оболочки.

1. Атом водорода  $\text{H}$  (1

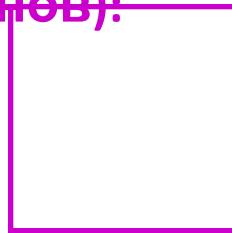
электрон):  
 $n = 1$



$1s^1$

1. Катион водорода  $\text{H}^+$  (0

электронов):  
 $n = 1$



$1s^0$

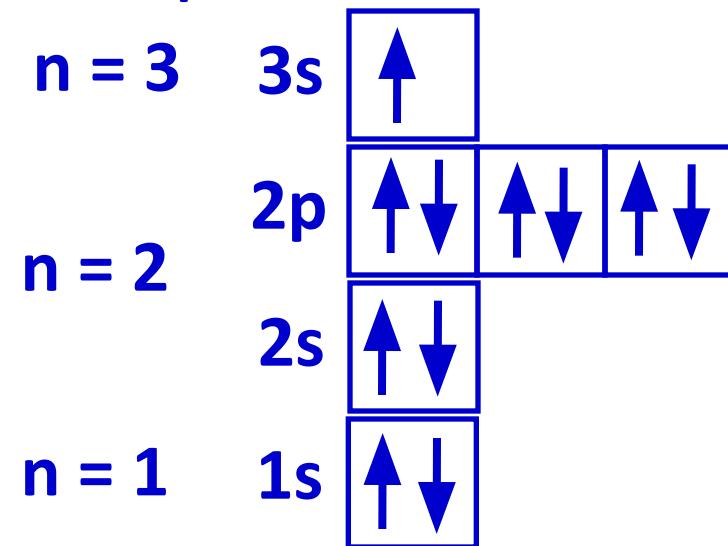
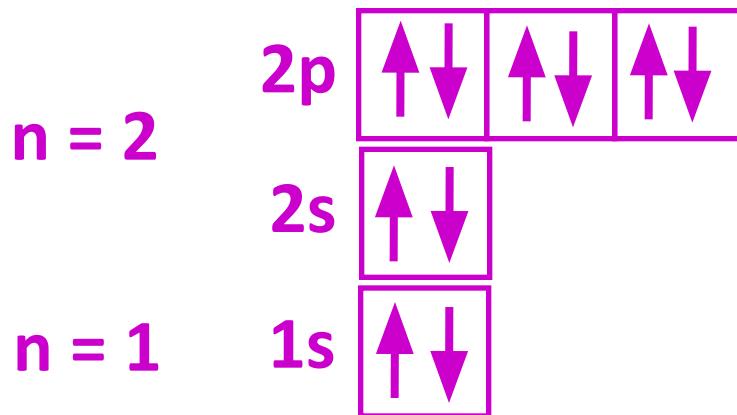
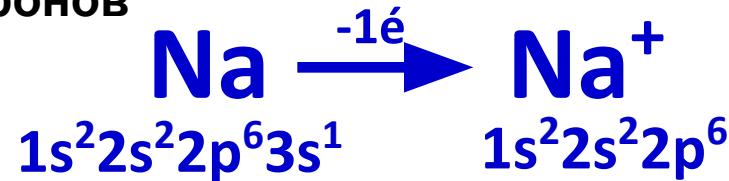
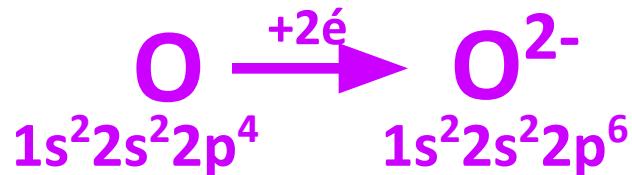
В первую очередь атом теряет валентные  
Валентные электроны определяют химические свойства  
 элементов!

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

- Fe – [Ar] 3d<sup>6</sup>4s<sup>2</sup>
  - Fe<sup>2+</sup> – [Ar]3d<sup>6</sup>
- Энергия необходимая для отрыва электрона называется **энергия ионизации.**
  - $A \rightarrow A^+ + e^-$
  - I(H) = 1312 кДж/моль
  - I<sub>1</sub>(Na) = 495 кДж/моль
  - I<sub>2</sub>(Na) = 4565 кДж/моль

# Изоэлектронные частицы

Изоэлектронные частицы – частицы с одинаковым количеством электронов



10

=

10

Частицы  $\text{O}^{2-}$  и  $\text{Na}^+$  - изоэлектронны друг другу!!!

# К чему стремятся атомы?

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

51.9961
<b>24Cr</b>
3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>
1857
2672
1.66/1.56
Chromium
Хром
95.94
<b>42Mo</b>
4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>
2617
4612
2.16/1.30
Molybdenum
Молибден
<i>Molybdaenum</i>

106.42
<b>46Pd</b>
4d <sup>10</sup>
1552
3140
2.2/1.4
Palladium
Палладий