



# Строение атома

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

# Что читать?

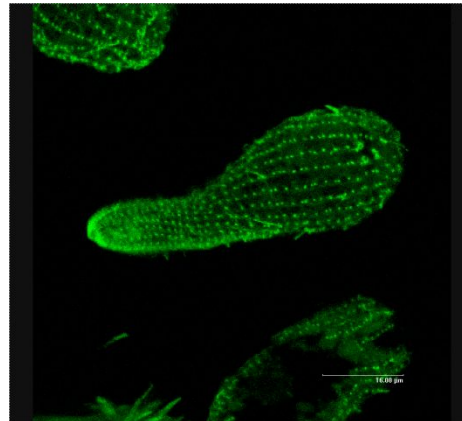
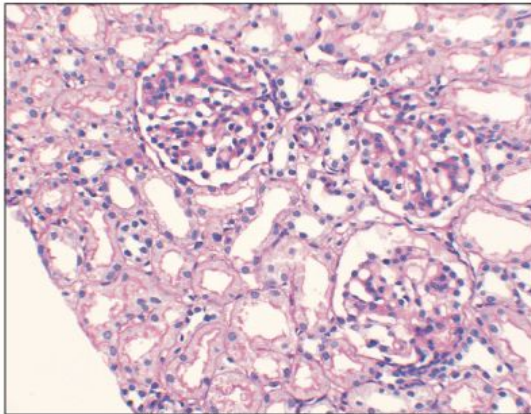
Чупахин А. П. [Общая химия. Химическая связь и строение вещества.](#)

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. [Общая и неорганическая химия.](#)

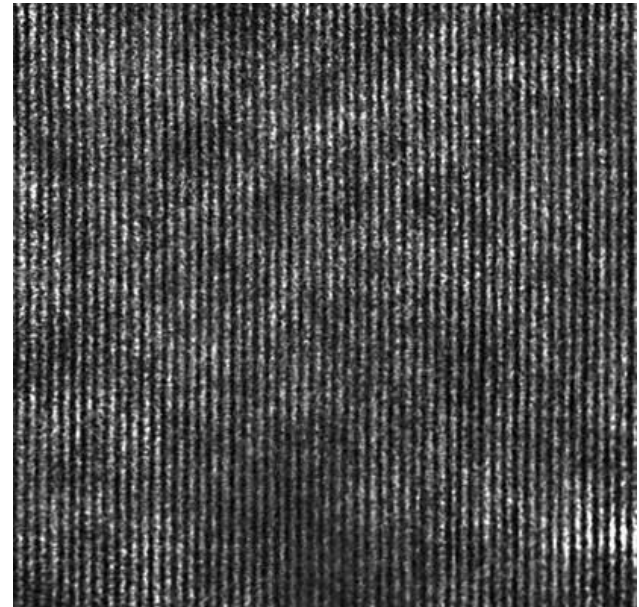
Ахметов Н. С. [Общая и неорганическая химия.](#)

*Глинка Н.Л. [Общая химия.](#)*

# Строение вещества

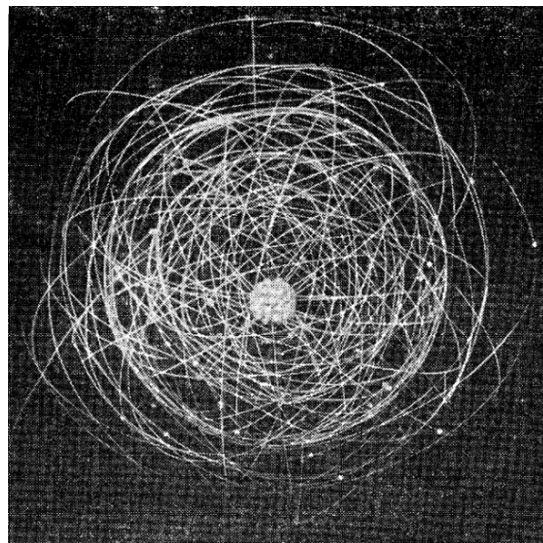
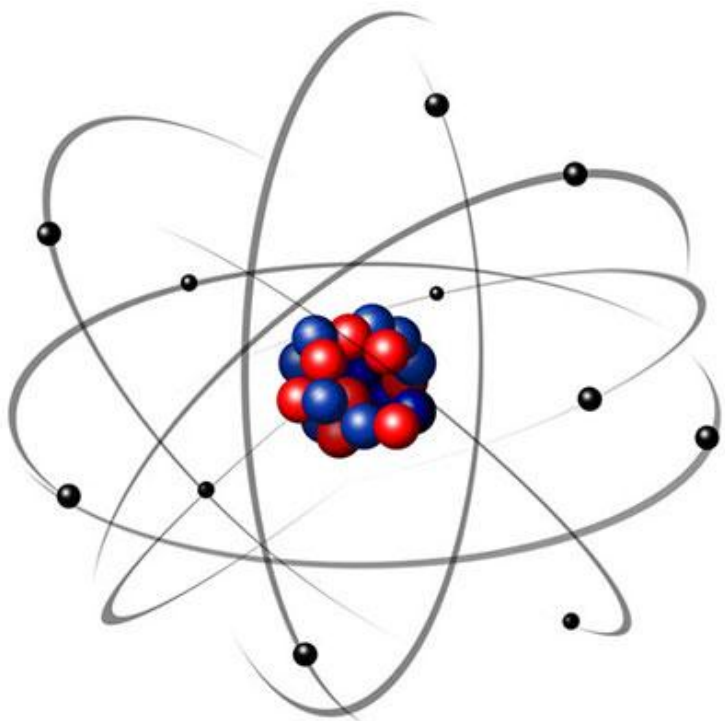


# Электронная микроскопия

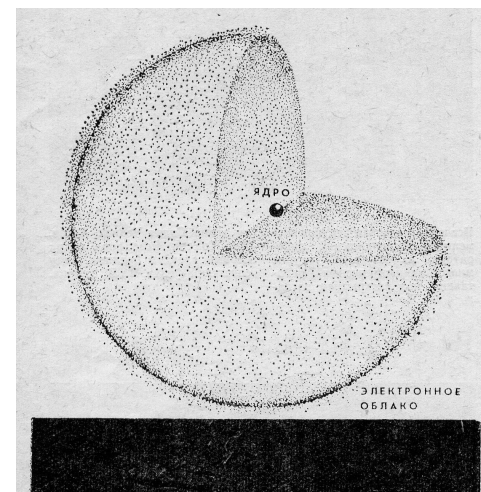


Изображение атомной решётки плёнки  
золота. Расстояние между  
кристаллографическими плоскостями  
 $2,04 \text{ \AA}$ .

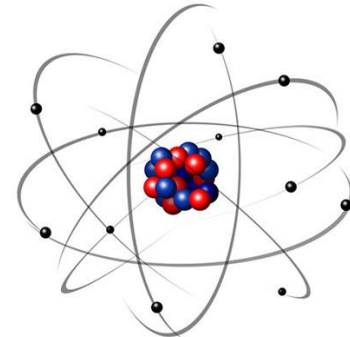
# Планетарная модель атома



**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,	Заряд		Масса		Спин ед. $\hbar$
обозначени е	ед. СГСЕ	Кл	а.е.м.	кг	
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

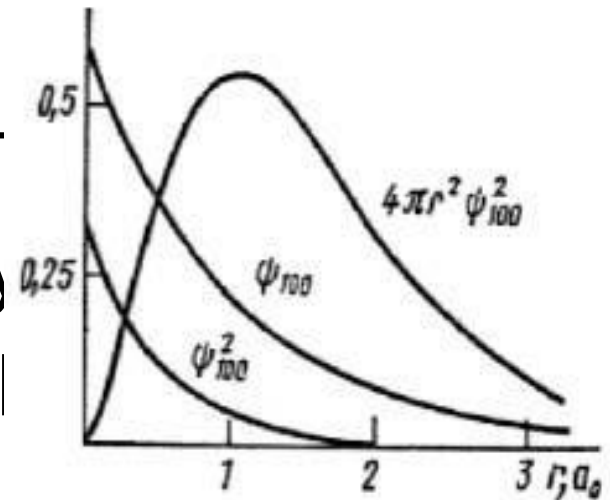


# Корпускулярно-волновой дуализм

новой

согласно которому  
проявлять

ист



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

# Химические элементы



Сера

S  
16 –  
протонов

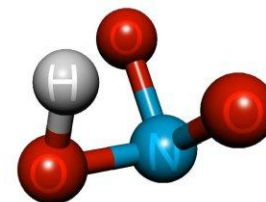


Железо

Fe  
26 –  
протонов



Азотная кислота



$\text{HNO}_3$   
H – 1 протон  
N – 7 протонов  
3O – по 8  
протонов

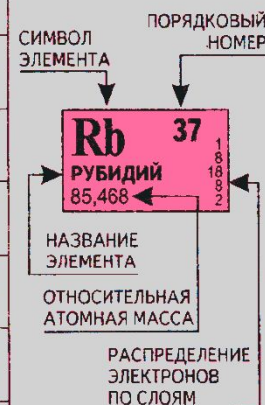
# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834-1907

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	б	б		а					
1	1	<b>H</b> <sup>1</sup> ВОДОРОД 1,008																<b>He</b> <sup>2</sup> ГЕЛИЙ 4,003			
2	2	<b>Li</b> <sup>3</sup> ЛИТИЙ 6,941		<b>Be</b> <sup>4</sup> БЕРИЛЛИЙ 9,0122		<b>B</b> <sup>5</sup> БОР 10,811		<b>C</b> <sup>6</sup> УГЛЕРОД 12,011		<b>N</b> <sup>7</sup> АЗОТ 14,007		<b>O</b> <sup>8</sup> КИСЛОРОД 15,999		<b>F</b> <sup>9</sup> ФТОР 18,998				<b>Ne</b> <sup>10</sup> НЕОН 20,179			
3	3	<b>Na</b> <sup>11</sup> НАТРИЙ 22,99		<b>Mg</b> <sup>12</sup> МАГНИЙ 24,312		<b>Al</b> <sup>13</sup> АЛЮМИНИЙ 26,982		<b>Si</b> <sup>14</sup> КРЕМНИЙ 28,086		<b>P</b> <sup>15</sup> ФОСФОР 30,974		<b>S</b> <sup>16</sup> СЕРА 32,064		<b>Cl</b> <sup>17</sup> ХЛОР 35,453				<b>Ar</b> <sup>18</sup> АРГОН 39,948			
4	4	<b>K</b> <sup>19</sup> КАЛИЙ 39,102		<b>Ca</b> <sup>20</sup> КАЛЬЦИЙ 40,08		<b>Sc</b> <sup>21</sup> СКАНДИЙ 44,956		<b>Ti</b> <sup>22</sup> ТИТАН 47,956		<b>V</b> <sup>23</sup> ВАНАДИЙ 50,941		<b>Cr</b> <sup>24</sup> ХРОМ 51,996		<b>Mn</b> <sup>25</sup> МАРГАНЕЦ 54,938		<b>26 Fe</b> ЖЕЛЕЗО 55,849		<b>27 Co</b> КОБАЛЬТ 58,933	<b>28 Ni</b> НИКЕЛЬ 58,7		
	5	<b>29 Cu</b> МЕДЬ 63,546		<b>30 Zn</b> ЦИНК 65,37		<b>Ga</b> <sup>31</sup> ГАЛЛИЙ 69,72		<b>Ge</b> <sup>32</sup> ГЕРМАНИЙ 72,59		<b>As</b> <sup>33</sup> МЫШЬЯК 74,922		<b>Se</b> <sup>34</sup> СЕЛЕН 78,96		<b>Br</b> <sup>35</sup> БРОМ 79,904						<b>Kr</b> <sup>36</sup> КРИПТОН 83,8	
5	6	<b>Rb</b> <sup>37</sup> РУБИДИЙ 85,468		<b>Sr</b> <sup>38</sup> СТРОНЦИЙ 87,62		<b>Y</b> <sup>39</sup> ИТРИЙ 88,906		<b>Zr</b> <sup>40</sup> ЦИРКОНИЙ 91,22		<b>41 Nb</b> НИОБИЙ 92,906		<b>42 Mo</b> МОЛИБДЕН 95,94		<b>43 Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ [99]		<b>44 Ru</b> РУТЕНИЙ 101,07		<b>45 Rh</b> РОДИЙ 102,906		<b>46 Pd</b> ПАЛЛАДИЙ 106,4	
	7	<b>47 Ag</b> СЕРЕБРО 107,868		<b>48 Cd</b> КАДМИЙ 112,41		<b>49 In</b> ИНДИЙ 114,82		<b>50 Sn</b> ОЛОВО 118,69		<b>51 Sb</b> СУРЬМА 121,75		<b>52 Te</b> ТЕЛЛУР 127,6		<b>53 I</b> ИОД 126,905						<b>Xe</b> <sup>54</sup> КСЕНОН 131,3	
6	8	<b>Cs</b> <sup>55</sup> ЦЕЗИЙ 132,905		<b>Ba</b> <sup>56</sup> БАРИЙ 137,34		57–71 ЛАНТАНОИДЫ		<b>72 Hf</b> ГАФИЙ 178,49		<b>73 Ta</b> ТАНТАЛ 180,948		<b>74 W</b> ВОЛЬФРАМ 183,85		<b>75 Re</b> РЕНИЙ 186,207		<b>76 Os</b> ОСМИЙ 190,2		<b>77 Ir</b> ИРИДИЙ 192,22		<b>78 Pt</b> ПЛАТИНА 195,09	
	9	<b>79 Au</b> ЗОЛОТО 196,967		<b>80 Hg</b> РУТУТЬ 200,59		<b>81 Tl</b> ТАЛЛИЙ 204,37		<b>82 Pb</b> СВИНЕЦ 207,19		<b>83 Bi</b> ВИСМУТ 208,98		<b>84 Po</b> ПОЛОНИЙ [210]		<b>85 At</b> АСТАТ [210]						<b>Rn</b> <sup>86</sup> РАДОН [222]	
7	10	<b>Fr</b> <sup>87</sup> ФРАНЦИЙ [223]		<b>Ra</b> <sup>88</sup> РАДИЙ [226]		89–103 АКТИНОИДЫ		<b>104 Rf</b> РЕЗЕРФОРДИЙ [261]		<b>105 Db</b> ДУБНИЙ [262]		<b>106 Sg</b> СИБОРГИЙ [263]		<b>107 Bh</b> БОРИЙ [262]		<b>108 Hn</b> ХАНИЙ [265]		<b>109 Mt</b> МЕЙТНЕРИЙ [268]		<b>110</b>	
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							



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

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

<b>57 La</b> ЛАНТАН 138,906	<b>58 Ce</b> ЦЕРИЙ 140,12	<b>59 Pr</b> ПРАЗЕОДИМ 140,908	<b>60 Nd</b> НЕОДИМ 144,24	<b>61 Pm</b> ПРОМЕТИЙ [145]	<b>62 Sm</b> САМАРИЙ 150,4	<b>63 Eu</b> ЕВРОПИЙ 151,96	<b>64 Gd</b> ГАДОЛИНИЙ 157,25	<b>65 Tb</b> ТЕРБИЙ 158,926	<b>66 Dy</b> ДИСПРОСИЙ 162,5	<b>67 Ho</b> ГОЛЬМИЙ 164,93	<b>68 Er</b> ЭРБИЙ 167,26	<b>69 Tm</b> ТУЛИЙ 168,934	<b>70 Yb</b> ИТТЕРБИЙ 173,04	<b>71 Lu</b> ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

<b>89 Ac</b> АКТИНИЙ [227]	<b>90 Th</b> ТОРИЙ 232,036	<b>91 Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ [231]	<b>92 U</b> УРАН 238,29	<b>93 Np</b> НЕПТУНИЙ [237]	<b>94 Pu</b> ПУТОНИЙ [244]	<b>95 Am</b> АМЕРИЦИЙ [243]	<b>96 Cm</b> КЮРИЙ [247]	<b>97 Bk</b> БЕРКЛИЙ [247]	<b>98 Cf</b> КАЛИФОРНИЙ [251]	<b>99 Es</b> ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	<b>100 Fm</b> ФЕРМИЙ [257]	<b>101 Md</b> МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	<b>102 No</b> НОБЕЛИЙ [259]	<b>103 Lr</b> ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------



# 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  ${}^1_1\text{H} = \text{H}$

Дейтерий  ${}^2_1\text{H} = \text{D}$

Тритий  ${}^3_1\text{H} = \text{T}$



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

Радиоактивные изотопы

– нестабильные изотопы, которые самопроизвольно распадаются.

${}^{18}\text{O}$

${}^{15}\text{N}$

${}^{14}\text{C}$

${}^{233}\text{U}$



# Изобары с массовым числом

## 3

${}^3\text{T}$  – тритий

${}^3\text{He}$  - 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

3

Порядковый номер:

Число атомов

данного типа в  
составе частицы

Количество  $p^+$

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

## 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

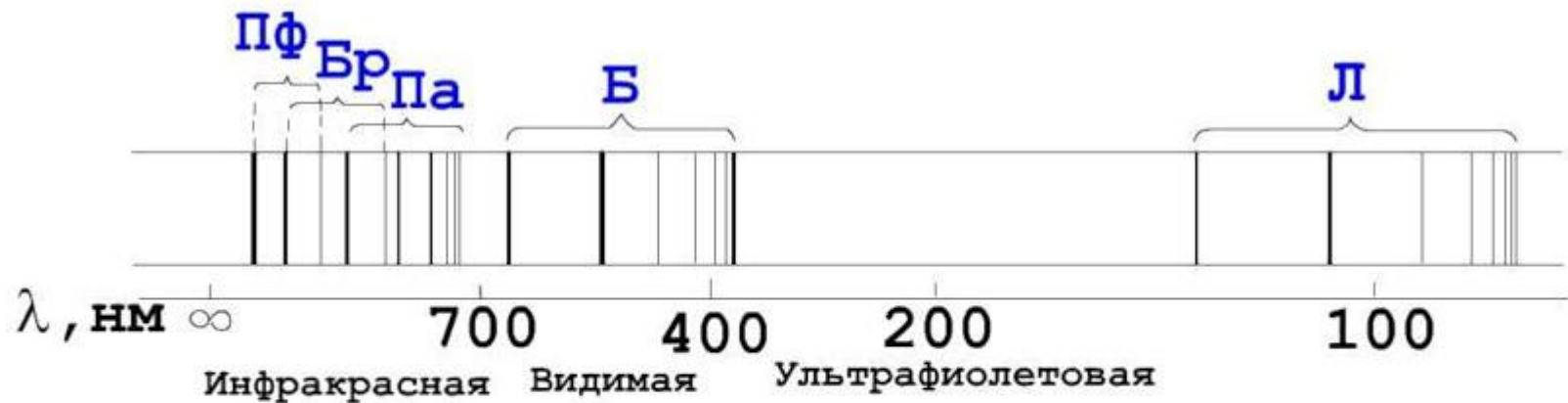
Железо – Fe

Рубидий – Rb

Сурьма – As

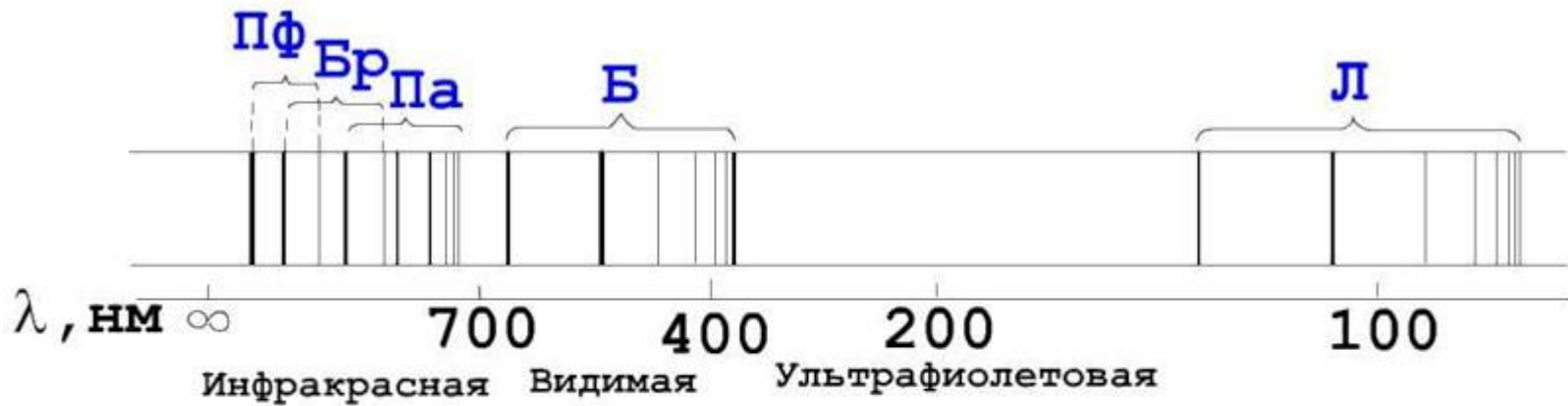
# Химические свойства определяются электронным строением атома.

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.

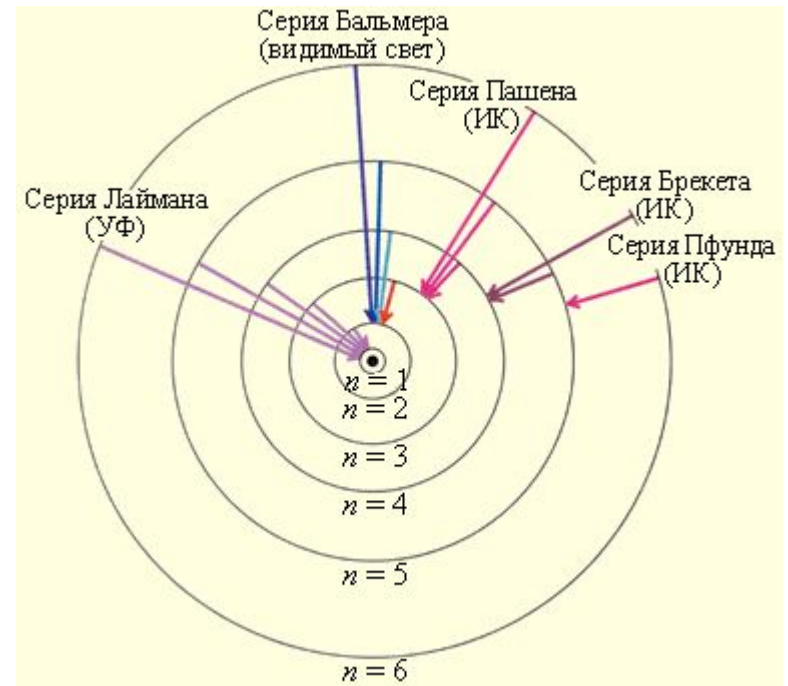
Спектроскопия!!!



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

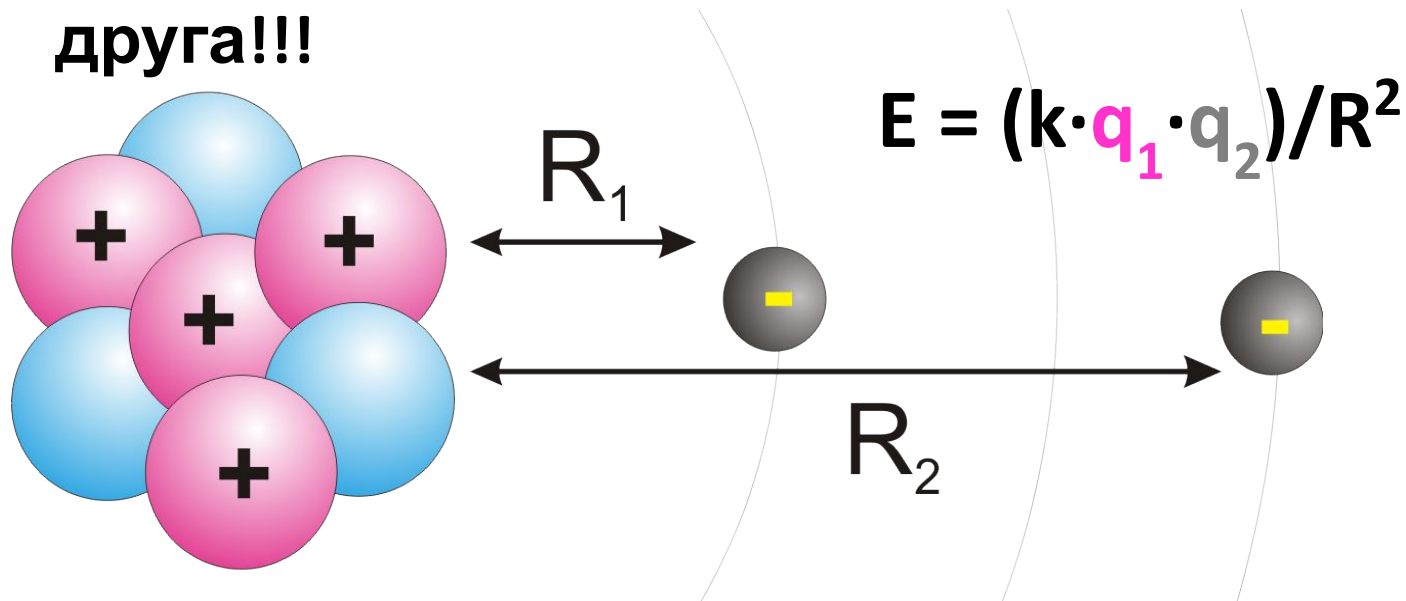
$$E_n = -\frac{Z^2 C}{n^2}$$

$Z$  – заряд ядра,  $n$  – номер уровня,  
 $C = 13.6 \text{ эВ} = 1312 \text{ кДж/моль}$



# Электроны в атоме

Все электроны отличаются друг от друга!!!

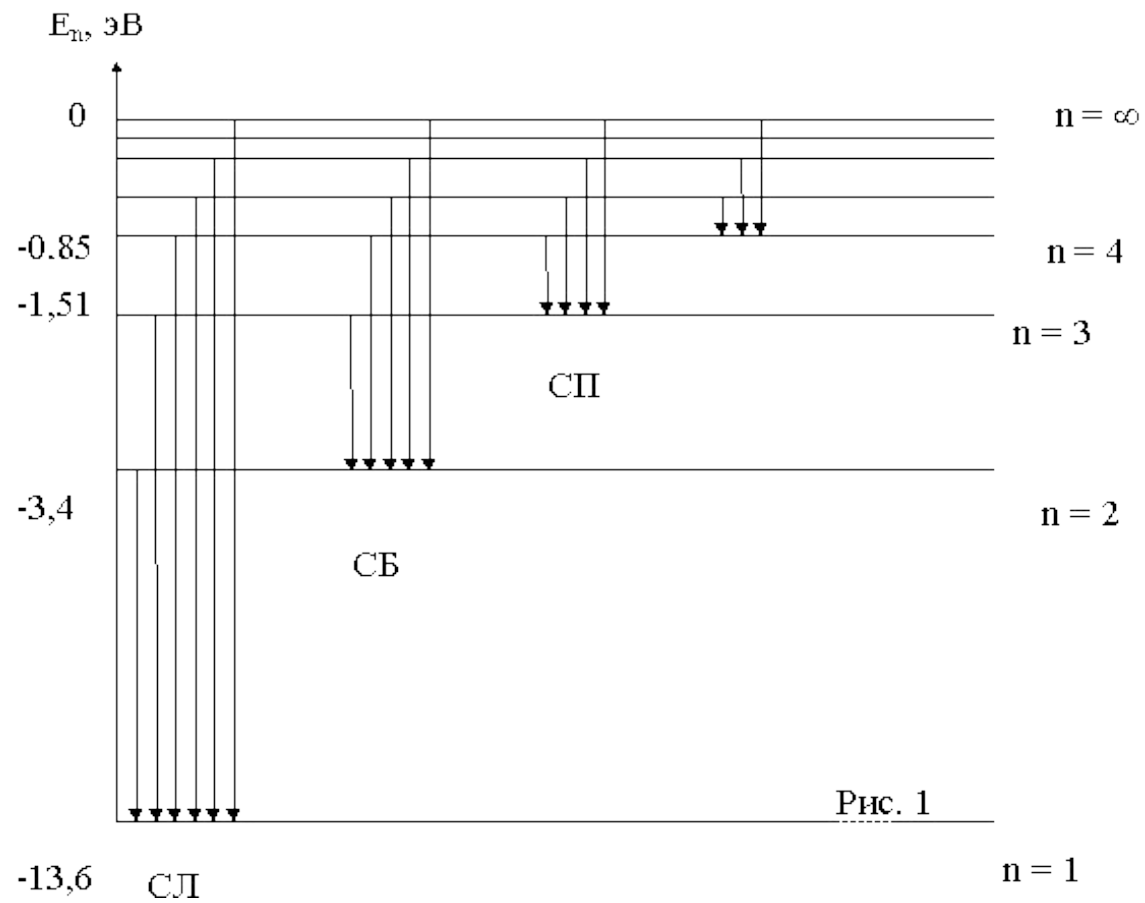


Одни электроны двигаются около ядра, а другие вдали от него.

Энергия взаимодействия с ядром - разная.

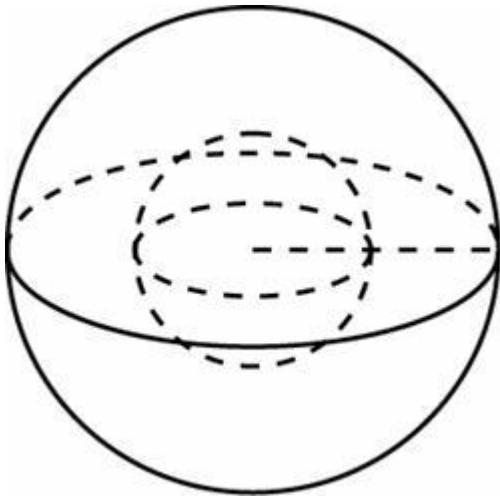
Запрет Паули: В одном атоме не может быть двух абсолютно одинаковых электронов!!!





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

## КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРОНОВ НА УРОВНЕ



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

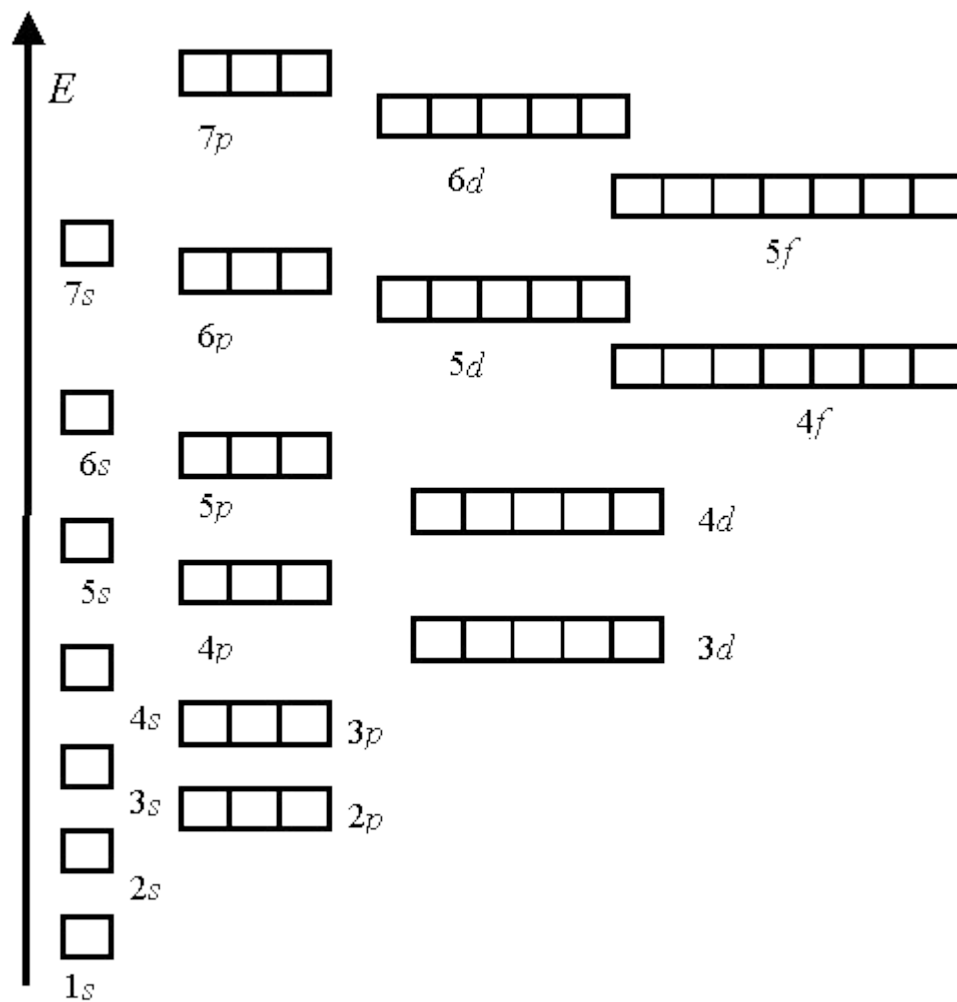
Чем дальше от центра, тем больше мест.  
Количество мест растет квадратично.

$$N_{\text{орбиталей}} = n^2$$

Состояние электрона в атоме без учета спина  
получило название *атомная орбиталь* (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 <b>-ℓ</b> до <b>+ℓ</b>
<u>Спиновое</u> квантовое число	<b>s</b>	<b>-1/2</b> или <b>+1/2</b>

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

# Электроны в атоме

## Главное квантовое

1. Характеризует энергию взаимодействия электрона с ядром

2. Указывает номер электронного уровня



## Орбитальное квантовое

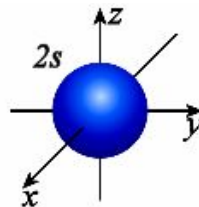
1. Характеризует форму электронного облака

2. Указывает номер электронного

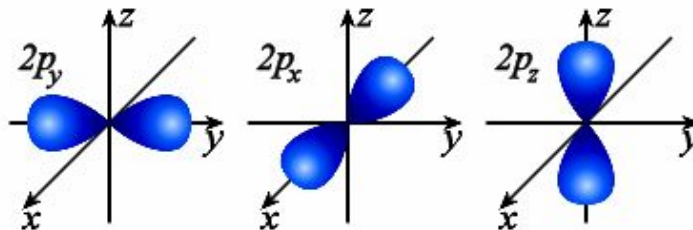
<u>Орбитальное</u> <u>подуровня</u>	0	1	2	3	4
число $l$					
Обозначение	s	p	d	f	g

# Форма электронных облаков

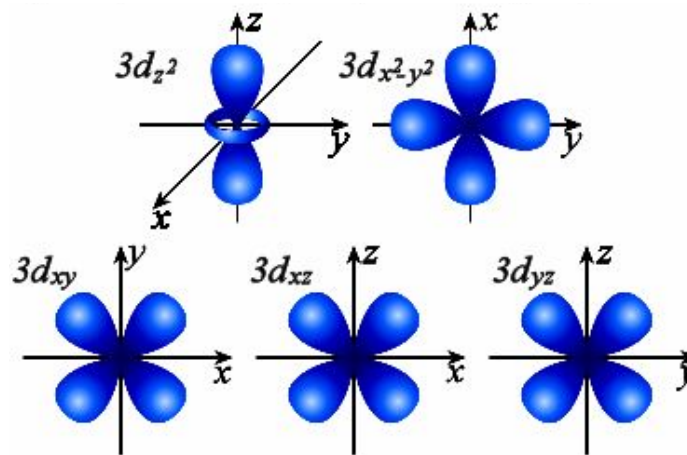
$\ell = 0$  – это s  
“Сфера”  
 подуровень



$\ell = 1$  – это p  
“Гантелька”  
 подуровень



$\ell = 2$  – это d  
“Перевернутые гантельки”  
 подуровень



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

## Спиновое квантовое

1. Характеризует  $s$ : собственное движение электрона

2. Независимая характеристика электрона

Спи  
н:

$+1/2$



$-1/2$

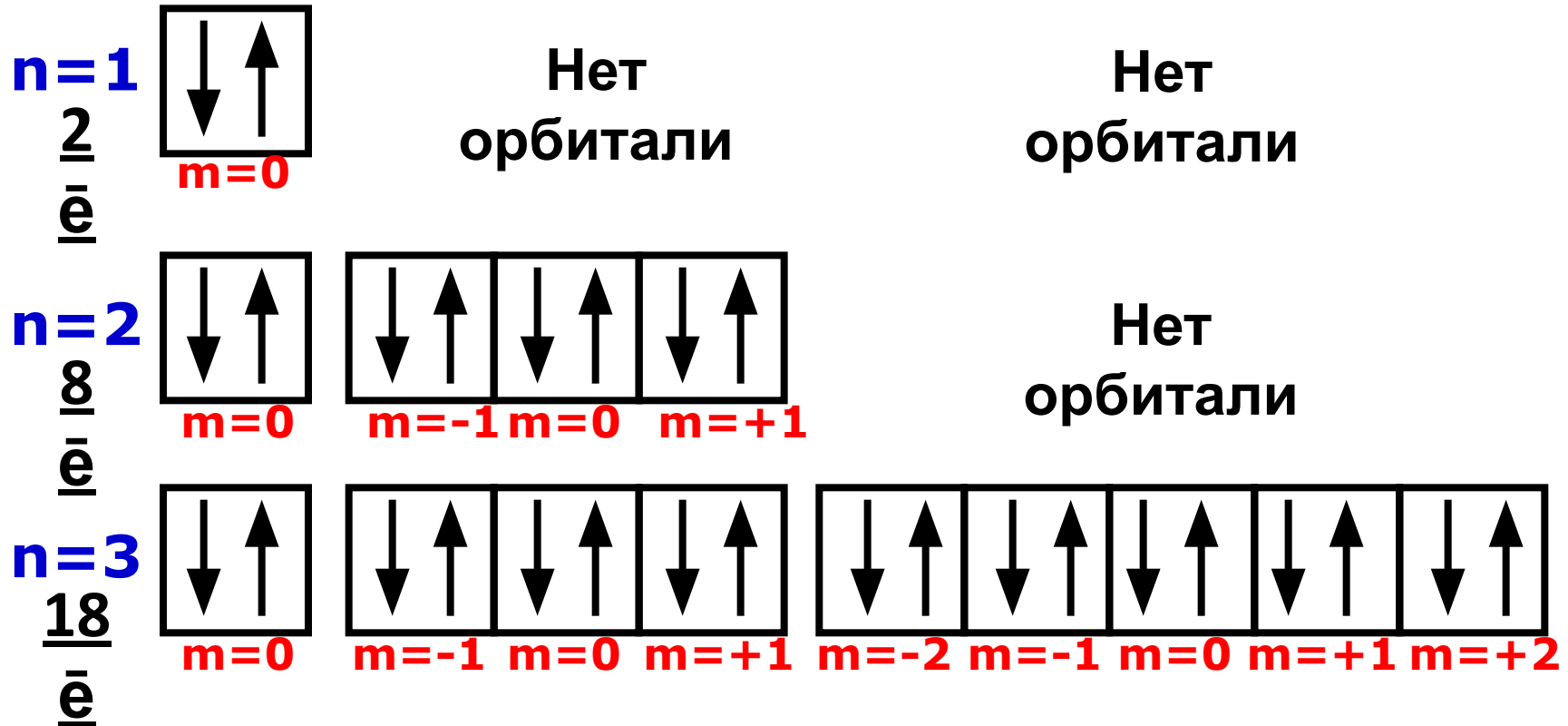


# Квантовые ячейки

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

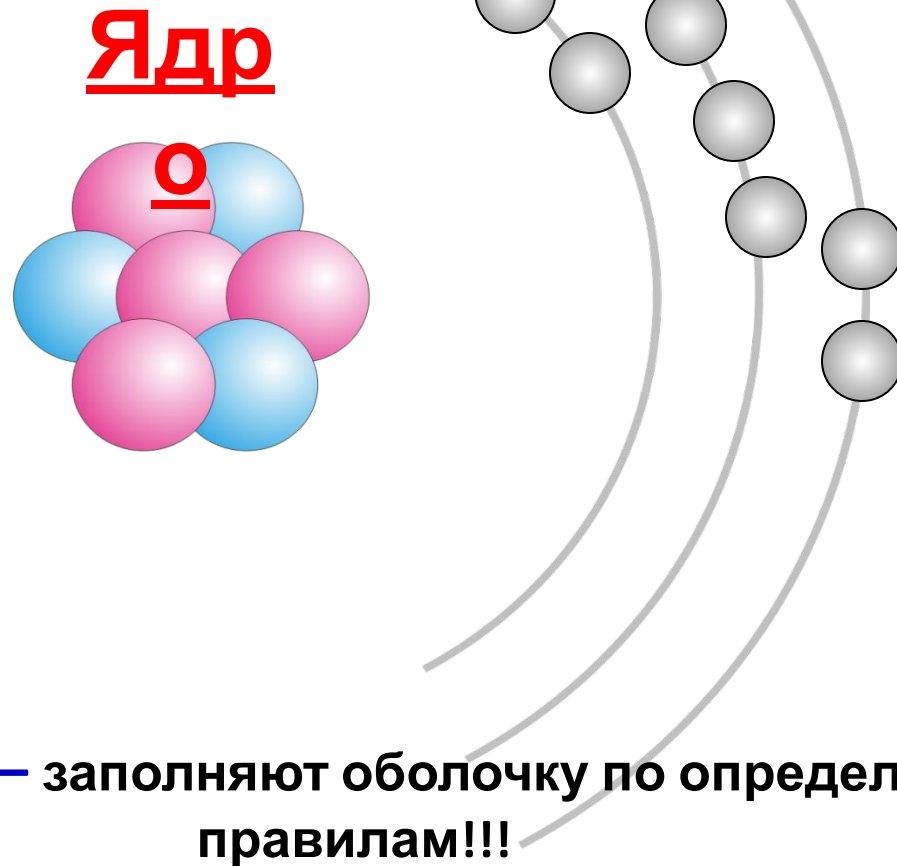
**p** ( $\ell=1$ )

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



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<sup>30</sup>

## Правила заполнения орбиталей

### 1. Принцип минимальной энергии

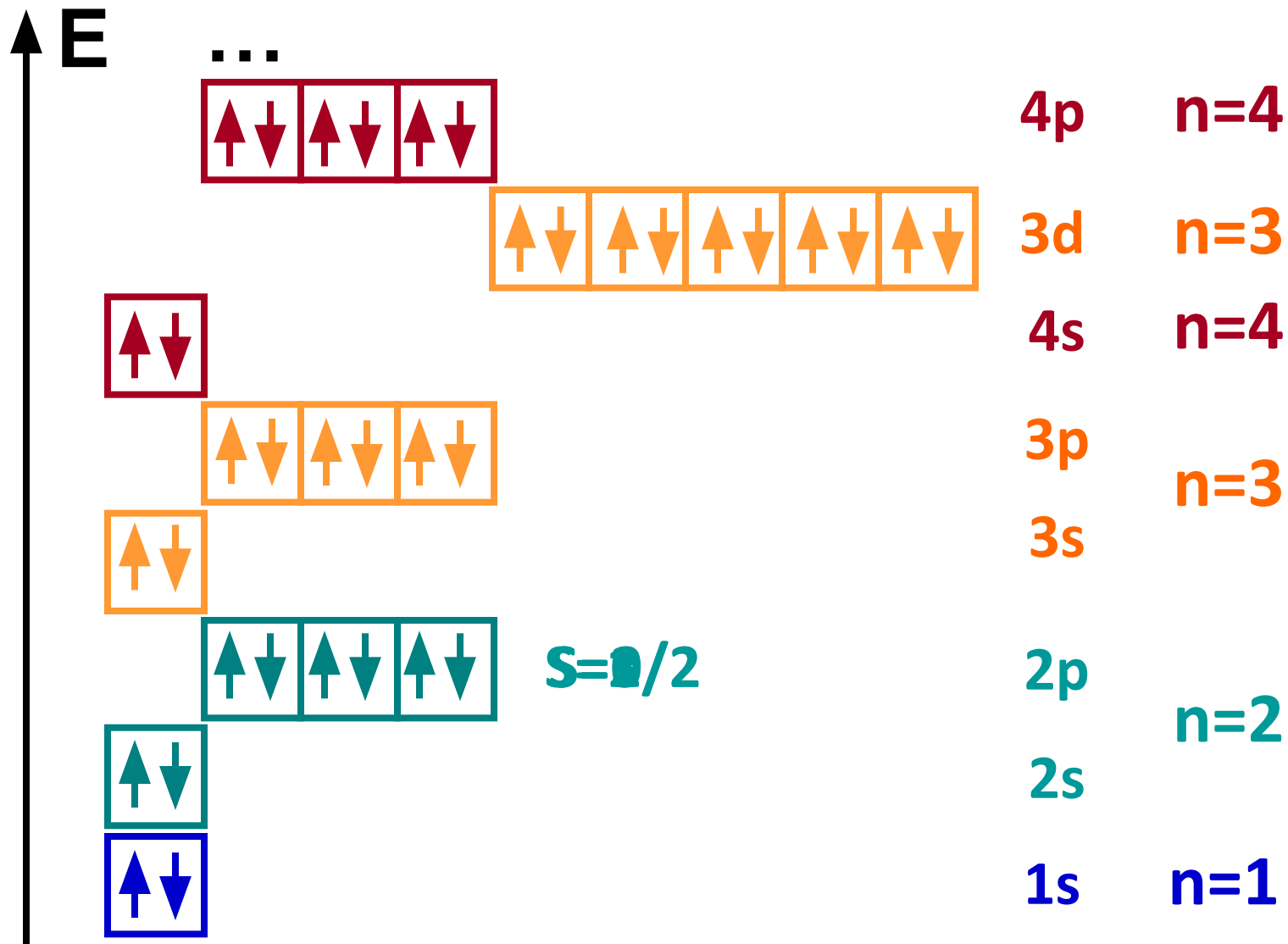
В первую очередь заполняются орбитали, у которых энергия меньше:

- a) Энергия орбитали определяется суммой главного и орбитального квантовых чисел  $n+l$ . 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

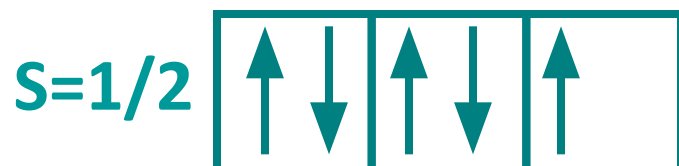
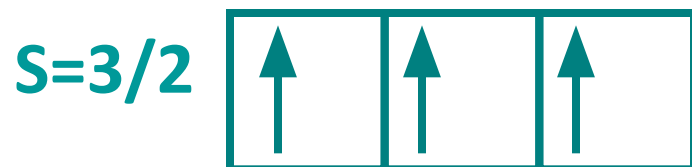
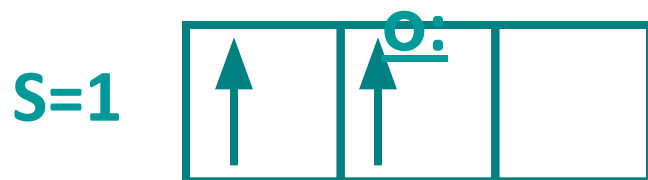
Заполнение орбитали происходит так, чтобы суммарный спин электронов на орбитали был максимальным.

# Заполнение электронной оболочки<sup>31</sup>

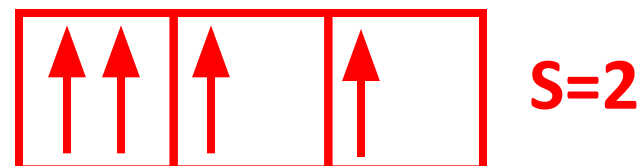
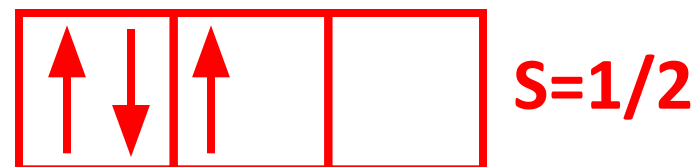
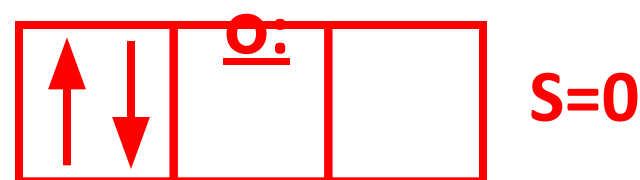


# Правило Хунда (p-орбиталь)

Правильн



Неправильн



Принцип  
Паули  
запрещает!!!



# Электронная конфигурация

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

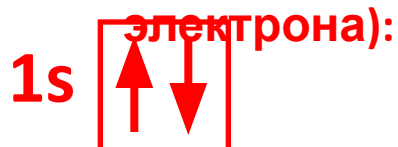
1. Атом водорода Н (1



Электронная конфигурация Н:



2. Атом гелия He (2



Электронная конфигурация He:



3. Атом лития Li (3

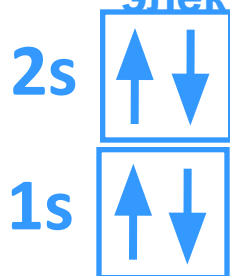


Электронная конфигурация Li:



# Электронная конфигурация

4. Атом лития Be (4  
электрона):



Электронная конфигурация Be:



5. Атом лития В (5  
электронов):



Электронная конфигурация В:

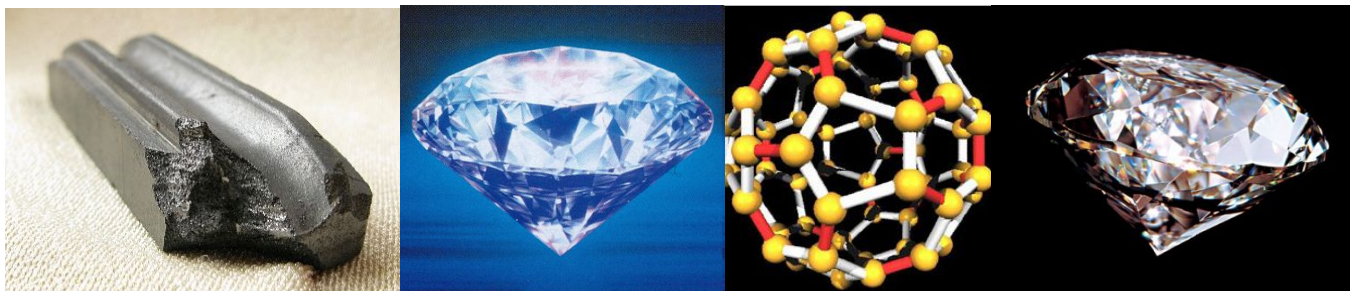
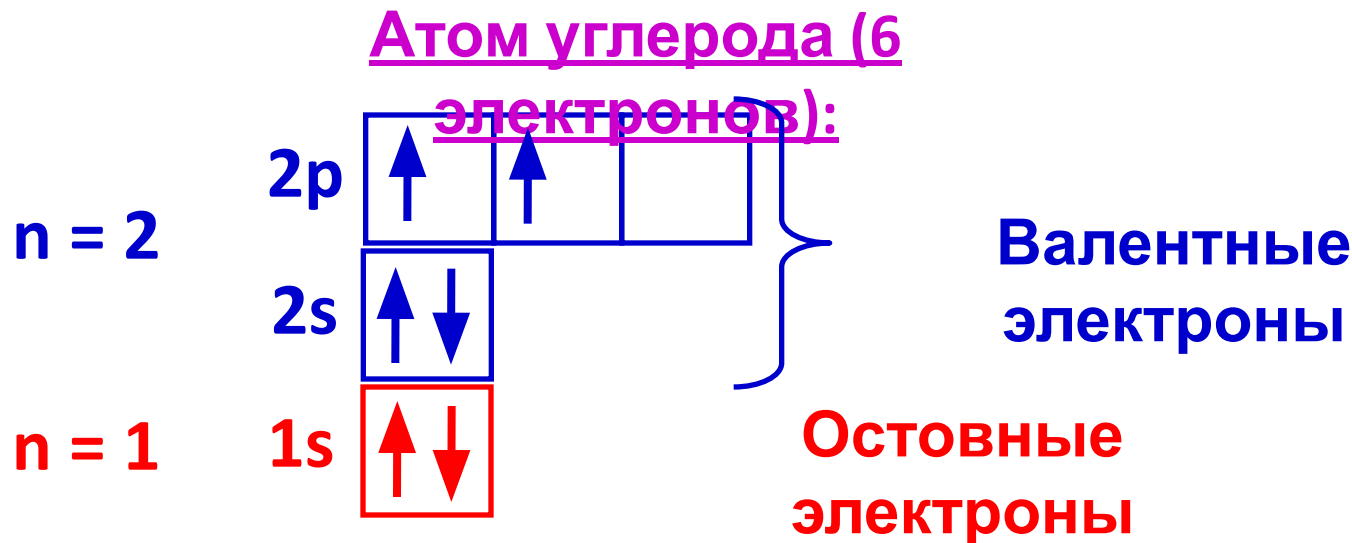


Химические свойства определяются электронным строением внешнего электронного слоя атома.

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

# Валентные электроны

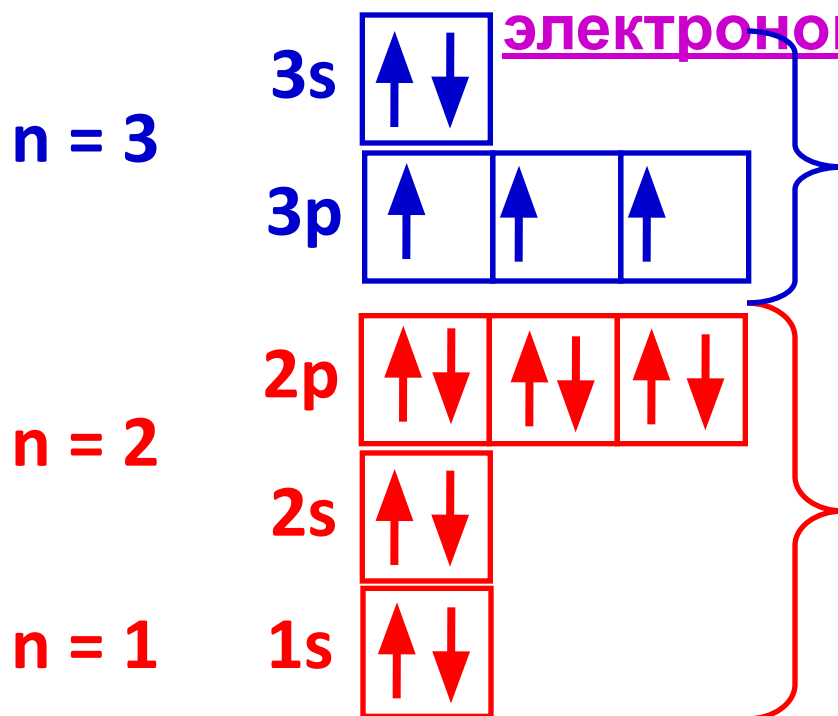
Электроны, находящиеся на открытом (незавершенном) электронном уровне атома называют валентными.  
Остальные электроны называют остовными.



# Валентные электроны

Атом фосфора (15

электронов):



**Валентные**



**Остовные**



Валентные электроны определяют химические свойства элементов!



# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

8

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА  
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР

**Rb** 37  
РУБИДИЙ  
85,468

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА  
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

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

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетический уровень	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	б		а			
1	1	<b>H</b> 1 ВОДОРОД 1,008																<b>He</b> 2 ГЕЛИЙ 4,003	2
2	2	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 6,941	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ 9,0122	<b>B</b> 5 БОР 10,811	<b>C</b> 6 УГЛЕРОД 12,011	<b>N</b> 7 АЗОТ 14,007	<b>O</b> 8 КИСЛОРОД 15,999	<b>F</b> 9 ФТОР 18,998										<b>Ne</b> 10 НЕОН 20,179	10
3	3	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 22,99	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24,312	<b>Al</b> 13 АЛЮМИНИЙ 26,982	<b>Si</b> 14 КРЕМНИЙ 28,086	<b>P</b> 15 ФОСФОР 30,974	<b>S</b> 16 СЕРА 32,064	<b>Cl</b> 17 ХЛОР 35,453										<b>Ar</b> 18 АРГОН 39,948	18
4	4	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39,102	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40,08	<b>Sc</b> 21 СКАНДИЙ 44,956	<b>Ti</b> 22 ТИТАН 47,956	<b>V</b> 23 ВАНАДИЙ 50,941	<b>Cr</b> 24 ХРОМ 51,996	<b>Mn</b> 25 МАРГАНЕЦ 54,938	<b>Fe</b> 26 ЖЕЛЕЗО 55,849	<b>Co</b> 27 КОБАЛЬТ 58,933	<b>Ni</b> 28 НИКЕЛЬ 58,7								
	5	<b>Cu</b> 29 МЕДЬ 63,546	<b>Zn</b> 30 ЦИНК 65,37	<b>Ga</b> 31 ГАЛЛИЙ 69,72	<b>Ge</b> 32 ГЕРМАНИЙ 72,59	<b>As</b> 33 МЫШЬЯК 74,922	<b>Se</b> 34 СЕЛЕН 78,96	<b>Br</b> 35 БРОМ 79,904										<b>Kr</b> 36 КРИПТОН 83,8	36
5	6	<b>Rb</b> 37 РУБИДИЙ 85,468	<b>Sr</b> 38 СТРОНЦИЙ 87,62	<b>Y</b> 39 ИТРИЙ 88,906	<b>Zr</b> 40 ЦИРКОНИЙ 91,22	<b>Nb</b> 41 НИОБИЙ 92,906	<b>Mo</b> 42 МОЛИБДЕН 95,94	<b>Tc</b> 43 ТЕХНЕЦИЙ [98]	<b>Ru</b> 44 РУТЕНИЙ 101,07	<b>Rh</b> 45 РОДИЙ 102,906	<b>Pd</b> 46 ПАЛЛАДИЙ 106,4								
	7	<b>Ag</b> 47 СЕРЕБРО 107,868	<b>Cd</b> 48 КАДМИЙ 112,41	<b>In</b> 49 ИНДИЙ 114,82	<b>Sn</b> 50 ОЛОВО 118,69	<b>Sb</b> 51 СУРЬМА 121,75	<b>Te</b> 52 ТЕЛЛУР 127,6	<b>I</b> 53 ИОД 126,905										<b>Xe</b> 54 КСЕНОН 131,3	54
6	8	<b>Cs</b> 55 ЦЕЗИЙ 132,905	<b>Ba</b> 56 БАРИЙ 137,34	57–71 ЛАНТАНОИДЫ		<b>Hf</b> 72 ГАФНИЙ 178,49	<b>Ta</b> 73 ТАНТАЛ 180,948	<b>W</b> 74 ВОЛЬФРАМ 183,85	<b>Re</b> 75 РЕНИЙ 186,207	<b>Os</b> 76 ОСМИЙ 190,2	<b>Ir</b> 77 ИРИДИЙ 192,22	<b>Pt</b> 78 ПЛАТИНА 195,09							
	9	<b>Au</b> 79 ЗОЛОТО 196,967	<b>Hg</b> 80 РУТУТЬ 200,59	<b>Tl</b> 81 ТАЛЛИЙ 204,37	<b>Pb</b> 82 СВИНЕЦ 207,19	<b>Bi</b> 83 ВИСМУТ 208,98	<b>Po</b> 84 ПОЛОНИЙ [210]	<b>At</b> 85 АСТАТ [210]										<b>Rn</b> 86 РАДОН [222]	86
7	10	<b>Fr</b> 87 ОРАНЦИЙ [223]	<b>Ra</b> 88 РАДИЙ [226]	89–103 АКТИНОИДЫ		<b>Rf</b> 104 РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	<b>Db</b> 105 ДУБИЙ [262]	<b>Sg</b> 106 СИБОРГИЙ [263]	<b>Bh</b> 107 БОРИЙ [262]	<b>Hn</b> 108 ХАНИЙ [265]	<b>Mt</b> 109 МЕЙТНЕРИЙ [266]	<b>110</b>							
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		<b>R<sub>2</sub>O</b>	<b>RO</b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>RO<sub>4</sub></b>										
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>3</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>HR</b>											

## ЛАНТАНОИДЫ

57 <b>La</b> ЛАНТАН 138,906	58 <b>Ce</b> ЦЕРИЙ 140,12	59 <b>Pr</b> ПРАЗЕОДИЙ 140,908	60 <b>Nd</b> НЕОДИМ 144,24	61 <b>Pm</b> ПРОМЕТИЙ [145]	62 <b>Sm</b> САМАРИЙ 150,4	63 <b>Eu</b> ЕВРОПИЙ 151,96	64 <b>Gd</b> ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 <b>Tb</b> ТЕРБИЙ 158,926	66 <b>Dy</b> ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 <b>Ho</b> ГОЛЬМИЙ 164,93	68 <b>Er</b> ЭРБИЙ 167,26	69 <b>Tm</b> ТУЛИЙ 168,934	70 <b>Yb</b> ИТТЕРБИЙ 173,04	71 <b>Lu</b> ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## АКТИНОИДЫ

89 <b>Ac</b> АКТИНИЙ [227]	90 <b>Th</b> ТОРИЙ 232,036	91 <b>Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 <b>U</b> УРАН 238,29	93 <b>Np</b> НЕПТУНИЙ [237]	94 <b>Pu</b> ПЛУТОНИЙ [244]	95 <b>Am</b> АМЕРИЦИЙ [243]	96 <b>Cm</b> КУРИЙ [247]	97 <b>Bk</b> БЕРКЛИЙ [247]	98 <b>Cf</b> КАЛИФОРНИЙ [251]	99 <b>Es</b> ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 <b>Fm</b> ФЕРМИЙ [257]	101 <b>Md</b> МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 <b>No</b> НОБЕЛИЙ [259]	103 <b>Lr</b> ЛОУРЕНСОВ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------



## Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

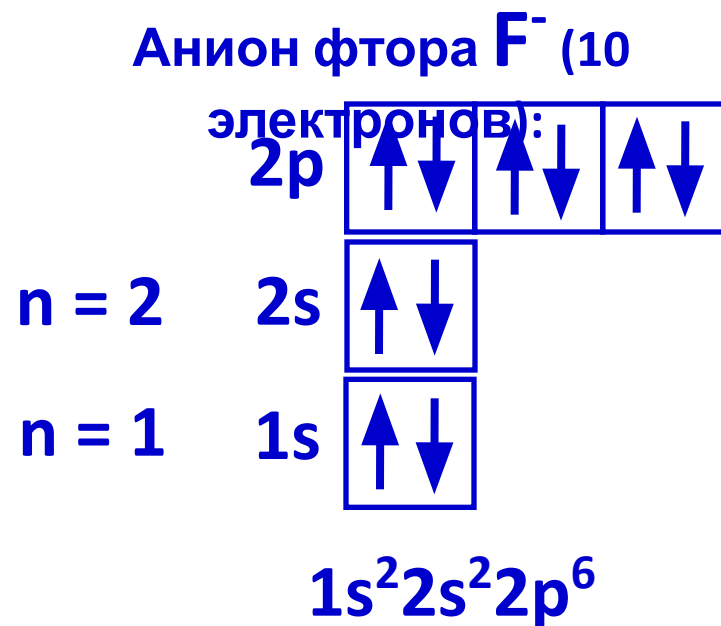
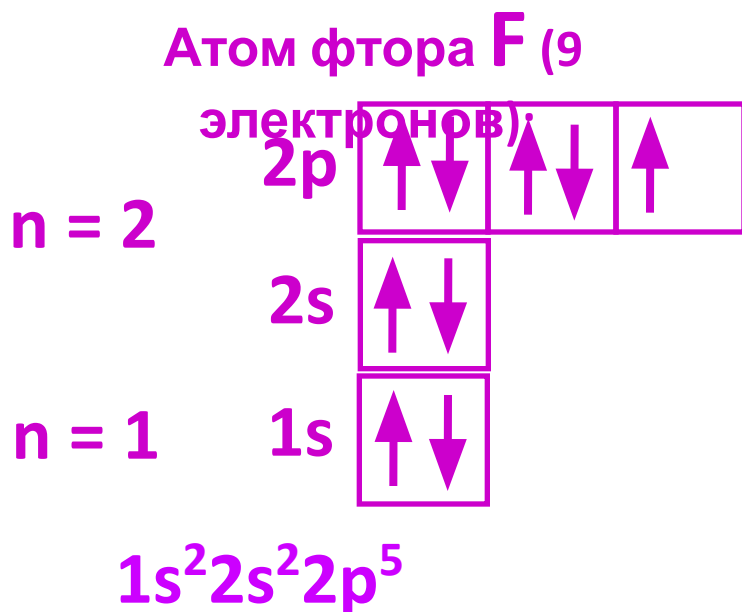
Group 1 Группа Ia												18	
Period	1	2											0
1	1s <sup>1</sup> 1.00794 <b>1 H</b> Hydrogen Водород												1s <sup>2</sup> 4.002602 <b>2 He</b> Helium Гелий
2	2s <sup>1</sup> -259.14 -252.87 2.02/2.02 <b>3 Li</b> Lithium Литий	2s <sup>2</sup> -20.98 -237.07 0.98/0.97 <b>4 Be</b> Beryllium Бериллий											2s <sup>2</sup> -272.2 -268.93 12.3 eV <b>10 Ne</b> Neon Неон
3	3s <sup>1</sup> 22.989770 <b>11 Na</b> Sodium Натрий	3s <sup>2</sup> 24.3050 <b>12 Mg</b> Magnesium Магний											3s <sup>2</sup> 20.1797 <b>18 Ar</b> Argon Аргон
4	4s <sup>1</sup> 39.0983 <b>19 K</b> Potassium Калий	4s <sup>2</sup> 40.078 <b>20 Ca</b> Calcium Кальций	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 44.955910 <b>21 Sc</b> Scandium Скандий	3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 47.867 <b>22 Ti</b> Titanium Титан	3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 50.9415 <b>23 V</b> Vanadium Ванадий	3d <sup>4</sup> 4s <sup>2</sup> 51.9961 <b>24 Cr</b> Chromium Хром	3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 54.938046 <b>25 Mn</b> Manganese Марганец	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 55.845 <b>26 Fe</b> Iron Железо	3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 58.933200 <b>27 Co</b> Cobalt Кобальт	3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 58.933200 <b>28 Ni</b> Nickel Никель	3d <sup>9</sup> 4s <sup>2</sup> 63.546 <b>29 Cu</b> Copper Медь	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 65.39 <b>30 Zn</b> Zinc Цинк	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 69.723 <b>31 Ga</b> Gallium Галлий
5	5s <sup>1</sup> 85.4678 <b>37 Rb</b> Rubidium Рубидий	5s <sup>2</sup> 87.62 <b>38 Sr</b> Strontium Стронций	4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 88.90585 <b>39 Y</b> Yttrium Иттрий	4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> 91.224 <b>40 Zr</b> Zirconium Цирконий	4d <sup>3</sup> 5s <sup>2</sup> 92.90638 <b>41 Nb</b> Niobium Нобий	4d <sup>4</sup> 5s <sup>2</sup> 95.94 <b>42 Mo</b> Molybdenum Молибден	4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> 97.90 <b>43 Tc</b> Technetium Технеций	4d <sup>6</sup> 5s <sup>2</sup> 101.07 <b>44 Ru</b> Ruthenium Рутений	4d <sup>7</sup> 5s <sup>2</sup> 102.90550 <b>45 Rh</b> Rhodium Родий	4d <sup>8</sup> 5s <sup>2</sup> 106.42 <b>46 Pd</b> Palladium Палладий	4d <sup>9</sup> 5s <sup>2</sup> 107.8682 <b>47 Ag</b> Silver Серебро	4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 112.411 <b>48 Cd</b> Cadmium Кадмий	4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 114.818 <b>49 In</b> Indium Индий
6	6s <sup>1</sup> 132.90545 <b>55 Cs</b> Caesium Цезий	6s <sup>2</sup> 137.327 <b>56 Ba</b> Barium Барий	5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 138.9055 <b>57 La</b> Lanthanum Лантан	4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 178.46 <b>72 Hf</b> Hafnium Гафний	4f <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 180.9479 <b>73 Ta</b> Tantalum Тантал	4f <sup>3</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 183.84 <b>74 W</b> Tungsten Вольфрам	4f <sup>4</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 186.207 <b>75 Re</b> Rhenium Рений	4f <sup>5</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 190.23 <b>76 Os</b> Osmium Осмий	4f <sup>6</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 192.22 <b>77 Ir</b> Iridium Иридий	4f <sup>7</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 195.078 <b>78 Pt</b> Platinum Платина	4f <sup>8</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 196.96655 <b>79 Au</b> Gold Золото	4f <sup>9</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 200.59 <b>80 Hg</b> Mercury Ртуть	4f <sup>10</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 204.3833 <b>81 Tl</b> Thallium Таллий
7	7s <sup>1</sup> 223 <b>87 Fr</b> Francium Франций	7s <sup>2</sup> 226 <b>88 Ra</b> Radium Радий	6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>89 Ac</b> Actinium Актиний	5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>104 Rf</b> Rutherfordium Резерфордий	5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>105 Db</b> Dubnium Дубний	5f <sup>3</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>106 Sg</b> Seaborgium Сиборгий	5f <sup>4</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>107 Bh</b> Bohrium Борий	5f <sup>5</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>108 Hs</b> Hassium Хассий	5f <sup>6</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>109 Mt</b> Meitnerium Мейтнерий	5f <sup>7</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>110 Uun</b> Ununnilium Унуннилий	5f <sup>8</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>111 Uuu</b> Unununium Унунний	5f <sup>9</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>112 Uub</b> Ununbium Унунбий	5f <sup>10</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 227 <b>113 Unt</b> Ununtrium Унунтрий
* 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													
8	8s <sup>1</sup> 261 <b>119 Uue</b> Ununennium Унунений	8s <sup>2</sup> 261 <b>120 Uub</b> Ununbium Унунбий	7d <sup>1</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>121 Uut</b> Ununtrium Унунтрий	7d <sup>2</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>122 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	7d <sup>3</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>123 Uur</b> Ununrium Унунрий	7d <sup>4</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>124 Uus</b> Ununseptium Унунсептий	7d <sup>5</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>125 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	7d <sup>6</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>126 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	7d <sup>7</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>127 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	7d <sup>8</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>128 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	7d <sup>9</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>129 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	7d <sup>10</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>130 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	7d <sup>10</sup> 8s <sup>2</sup> 261 <b>131 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий
9	9s <sup>1</sup> 281 <b>137 Uus</b> Ununseptium Унунсептий	9s <sup>2</sup> 281 <b>138 Uub</b> Ununbium Унунбий	8d <sup>1</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>139 Uut</b> Ununtrium Унунтрий	8d <sup>2</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>140 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	8d <sup>3</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>141 Uur</b> Ununrium Унунрий	8d <sup>4</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>142 Uus</b> Ununseptium Унунсептий	8d <sup>5</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>143 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	8d <sup>6</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>144 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	8d <sup>7</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>145 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	8d <sup>8</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>146 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	8d <sup>9</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>147 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	8d <sup>10</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>148 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	8d <sup>10</sup> 9s <sup>2</sup> 281 <b>149 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий
10	10s <sup>1</sup> 301 <b>153 Uus</b> Ununseptium Унунсептий	10s <sup>2</sup> 301 <b>154 Uub</b> Ununbium Унунбий	9d <sup>1</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>155 Uut</b> Ununtrium Унунтрий	9d <sup>2</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>156 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	9d <sup>3</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>157 Uur</b> Ununrium Унунрий	9d <sup>4</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>158 Uus</b> Ununseptium Унунсептий	9d <sup>5</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>159 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	9d <sup>6</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>160 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	9d <sup>7</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>161 Uuq</b> Ununquadium Унунквадий	9d <sup>8</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>162 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	9d <sup>9</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>163 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий	9d <sup>10</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>164 Uuh</b> Ununhassium Унунхассий	9d <sup>10</sup> 10s <sup>2</sup> 301 <b>165 Uuo</b> Ununoctium Унуноктий

Mar. 2004

 © P.C. Сайфуллин,  
 А.Р.Сайфуллин, 2004  
 © R.S. Saifullin,  
 A.R. Saifullin, 2004

# Электронная конфигурация аниона

Атомы приобретают дополнительные электроны в порядке заполнения электронной оболочки.



Пример

ы:





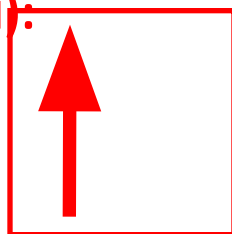
- Энергия выделяющаяся или поглощающаяся при присоединении электрона к атому называется **сродство к электрону**
- $A + e \rightarrow A^-$
- $A(Li) = - 57 \text{ кДж/моль}$  (энергия выделяется)
- $A(N) = 20 \text{ кДж/моль}$  (энергия поглощается)

# Электронная конфигурация катиона

Атомы теряют электроны в порядке обратном заполнению электронной оболочки.

1. Атом водорода **H** (1

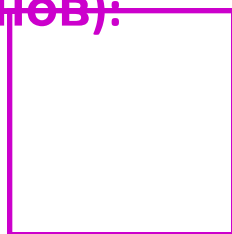
электрон):  
n = 1      1s



**1s<sup>1</sup>**

1. Катион водорода **H<sup>+</sup>** (0

электронов):  
n = 1      1s



**1s<sup>0</sup>**

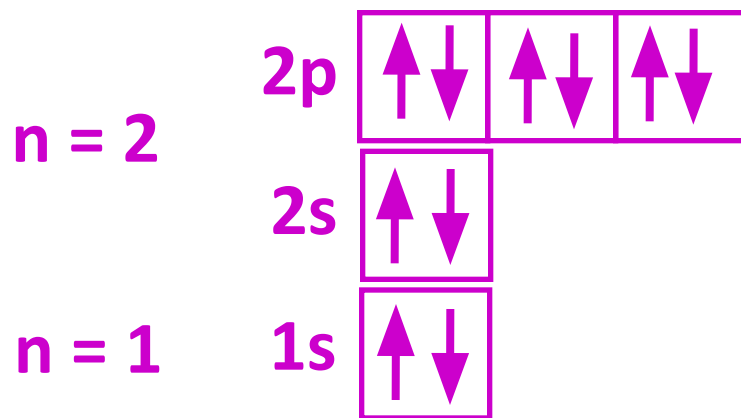
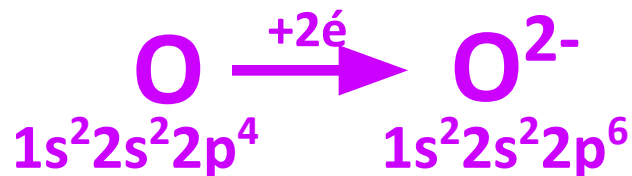
В первую очередь атом теряет валентные  
Валентные электроны определяют химические свойства  
элементов!

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

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

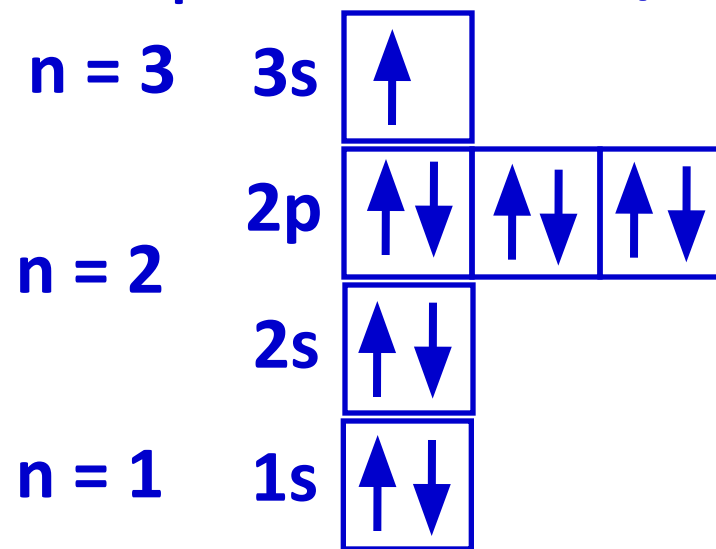
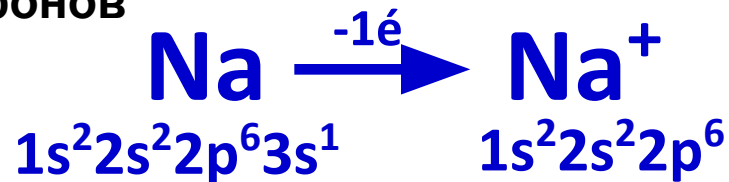
# Изоэлектронные частицы

Изоэлектронные частицы – частицы с одинаковым количеством электронов



10

=



10

электронов

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

другу!!!

электронов

# К чему стремятся атомы?

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

