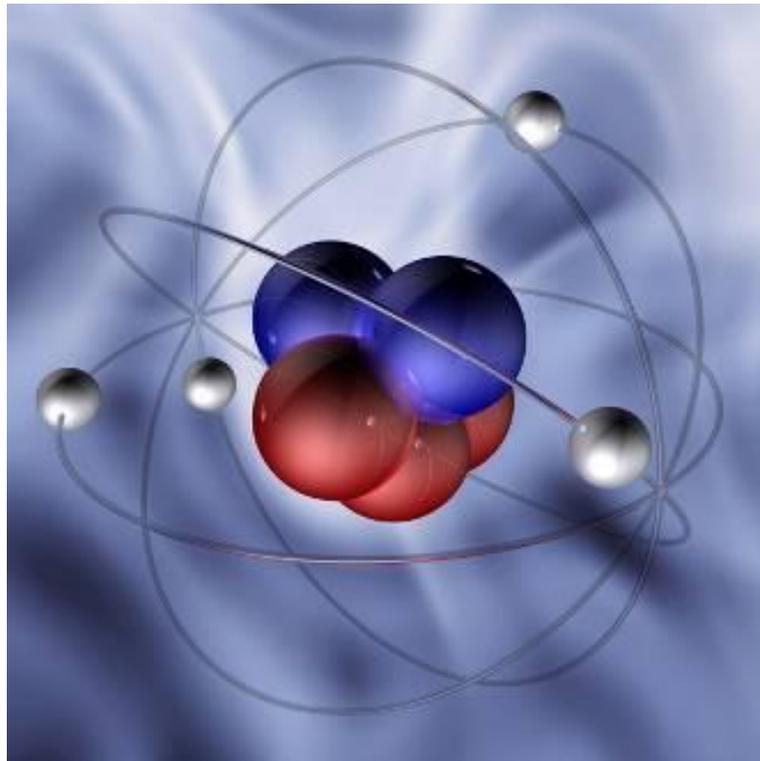




# Электронное строение атома

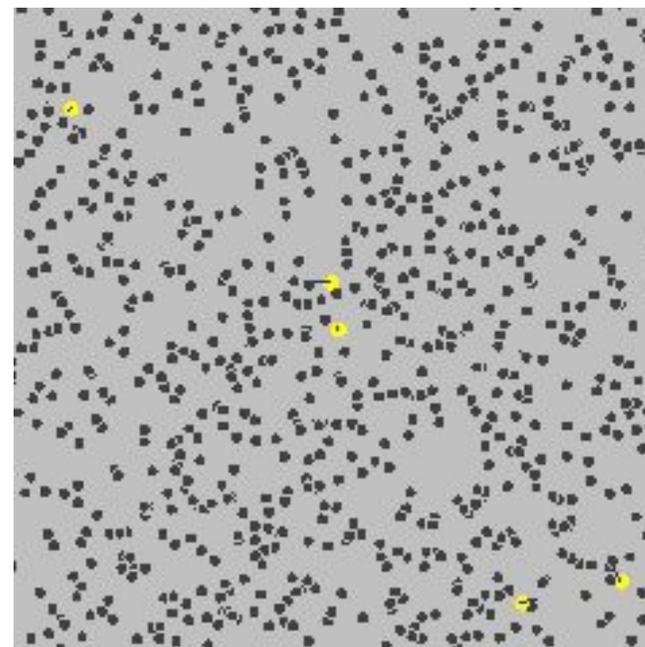
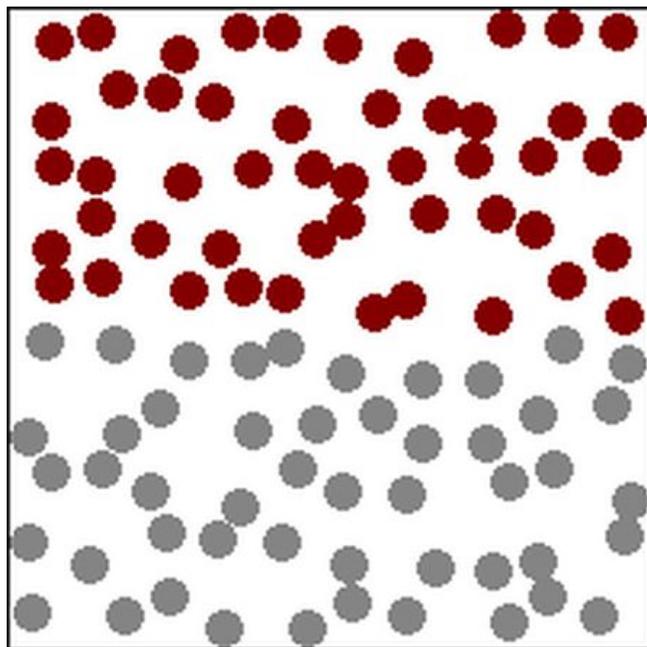


# Основные положения атомно-молекулярного учения



- Вещества состоят из молекул, а молекулы из атомов.
- Молекула –мельчайшая частица вещества, сохраняющая состав и свойства данного вещества, физически неделимая.
- Атом - мельчайшая частица вещества, химически неделимая.
- При физических явлениях состав веществ не изменяется, при химических явлениях- изменяется, из одних веществ получаются другие.
- Молекулы и атомы находятся в постоянном, хаотическом движении.

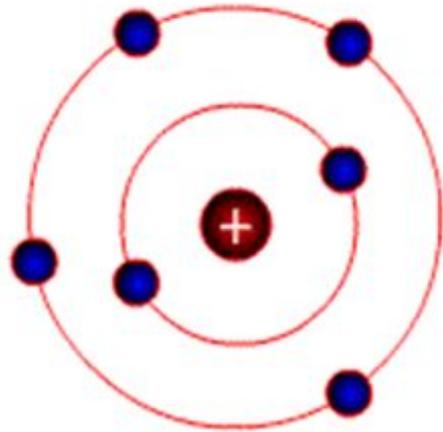
Молекулы и атомы находятся в постоянном, хаотическом движении.





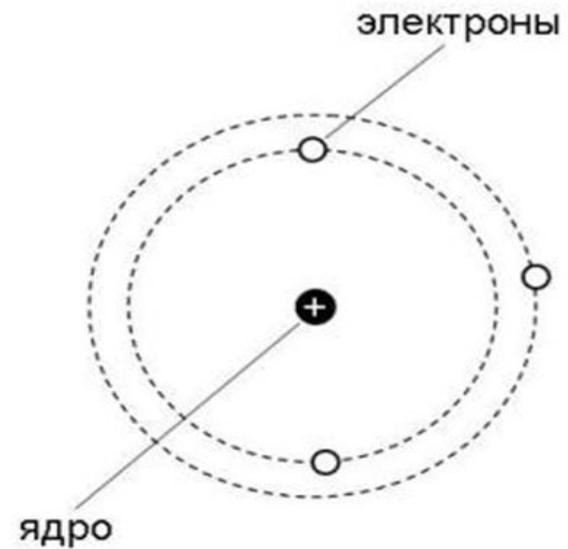
Атомы-это химические частицы, являющиеся пределом химического разложения любого вещества.

Рис.1



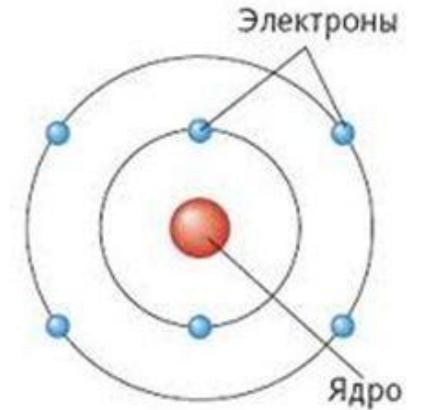
МОДЕЛЬ АТОМА УГЛЕРОДА

Рис. 2

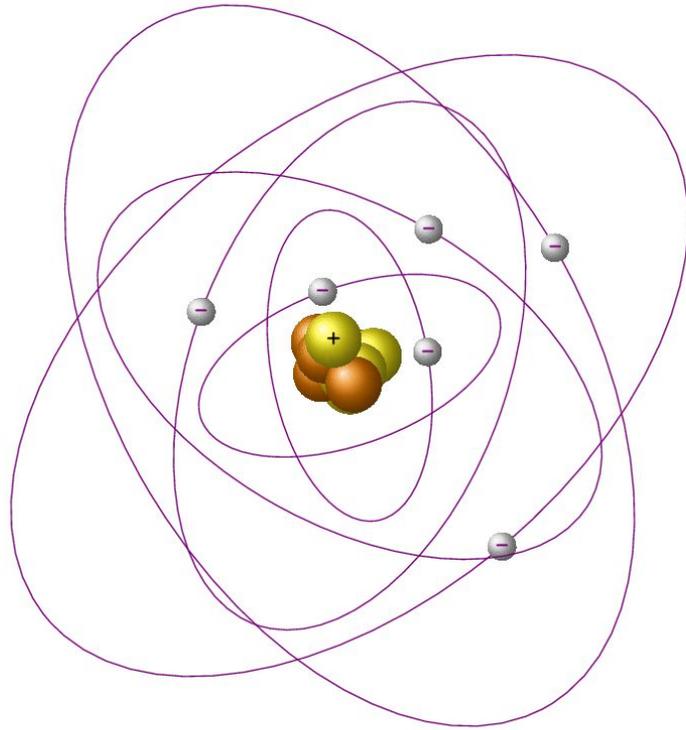


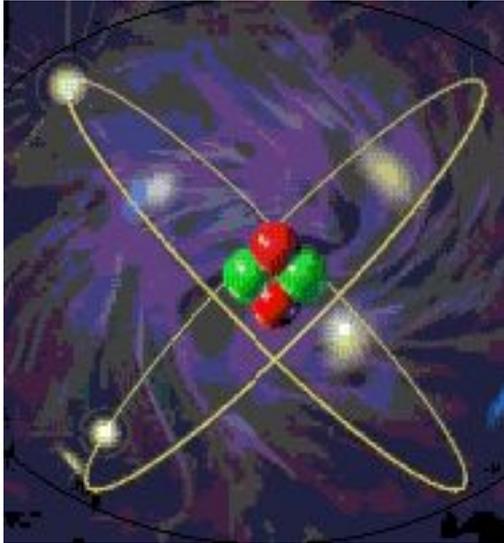
# Современная модель атома

- Атом – электронейтральная частица
- Ядро атома – положительно заряженное
- Электроны – отрицательно заряженные
- Электроны вращаются вокруг ядра с определённой скоростью
- Электроны имеют двойственную природу



# Современная модель атома





# Строение атома

## The structure of the atom

**Атом atom**

**Ядро**

СОСТОИТ ИЗ НУКЛОНОВ

**Электронная оболочка**

Состоит из электронов

**Протон( $p^+$ )**

$$p^+ = Z$$

**Нейтрон( $n^0$ )**

$$n^0 = A - Z$$

**Электрон( $e^-$ )**

$$e^- = Z$$

$$n^0 = A - Z$$

Z- заряд ядра атома

A- массовое число

n- число нейтронов в ядре

p- число протонов в ядре

# Строение атома

В 1913 г. английский физик Г. Мозли установил, что **положительный заряд ядра атома (в условных единицах) равен порядковому номеру элемента в периодической системе Д. И. Менделеева.**

*Порядковый номер элемента = Заряд ядра атома = Число протонов в ядре = Число электронов в атоме*

# Строение атома

Частица	Обозначение
Электрон	$\bar{e}$
Протон	${}^1_1\text{p}$
Нейтрон	${}^1_0\text{n}$

*Массовое  
число  
атома (A)* = *Число  
протонов  
(Z)* + *Число  
нейтронов  
(N)*

$$A = Z + N$$

# Строение атома

**Атомы одного элемента, которые имеют разные массовые числа, называются изотопами.**

**Атомы изотопов одного элемента имеют одинаковое число протонов ( $Z$ ) и отличаются друг от друга числом нейтронов ( $N$ ).**

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

**протий**

1 протон,  
нейтронов нет

${}^2_1\text{H}$  (D)

**дейтерий**

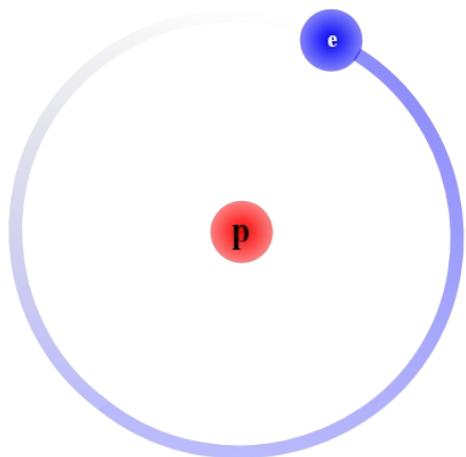
1 протон,  
1 нейтрон

${}^3_1\text{H}$  (T)

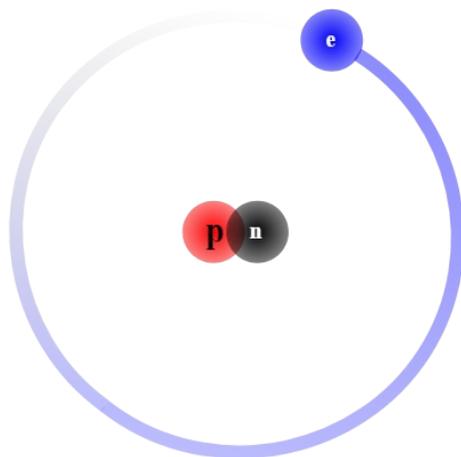
**тритий**

1 протон,  
2 нейтрона

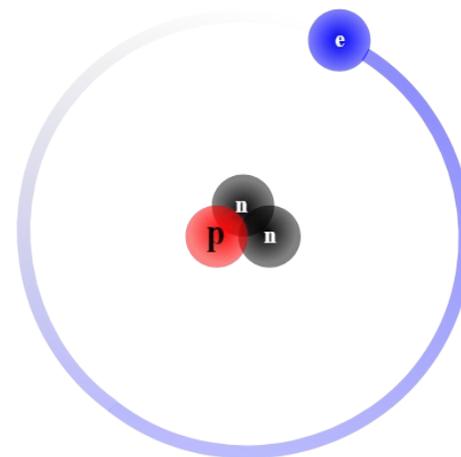
# Изоотопы водорода



**Протий**



**Дейтерий**



**Тритий**

Строение электронной оболочки  
атома. Квантовые числа.  
Принцип Паули.

**Атом состоит из ядра и электронной оболочки.**

**Электронная оболочка атома — это совокупность всех электронов в данном атоме.**

**Часть атомного пространства, в которой вероятность нахождения данного электрона наибольшая (равна  $\approx 90\%$ ), называется атомной орбиталью.**

# Квантовые числа

Для характеристики орбиталей и электронов используют квантовые числа

◆ Главное квантовое число(n) – характеризует энергию энергетического уровня

Энергетический уровень – это совокупность орбиталей, которые имеют одинаковое значение главного квантового числа

Главное квантовое число принимает значения целых чисел от 1 до  $\infty$  (бесконечности):

$$n = 1; 2, 3, 4, 5, 6, 7 \dots \infty$$

Значение $n$ :	1	2	3	4	5	6	7
Обозначение уровня:	К	Л	М	Н	О	Р	Q
Энергия и размер орбиталей увеличиваются 							

# Квантовые числа

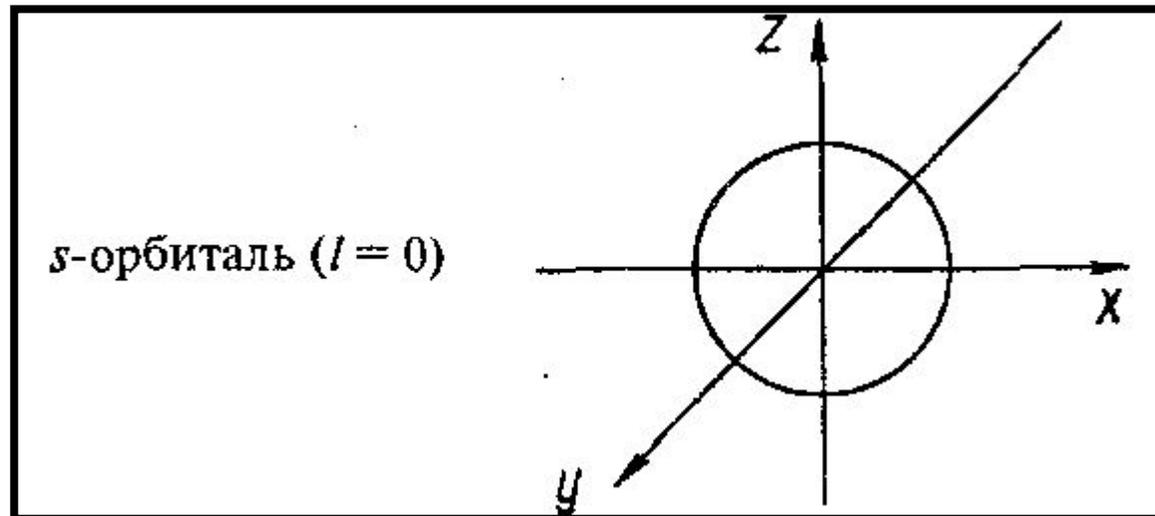
- ❖ Побочное (орбитальное) квантовое число (l) – характеризует форму орбиталей

Для орбиталей данного энергетического уровня побочное (орбитальное) квантовое число  $l$  принимает значения целых чисел от 0 до  $n-1$

# Квантовые числа

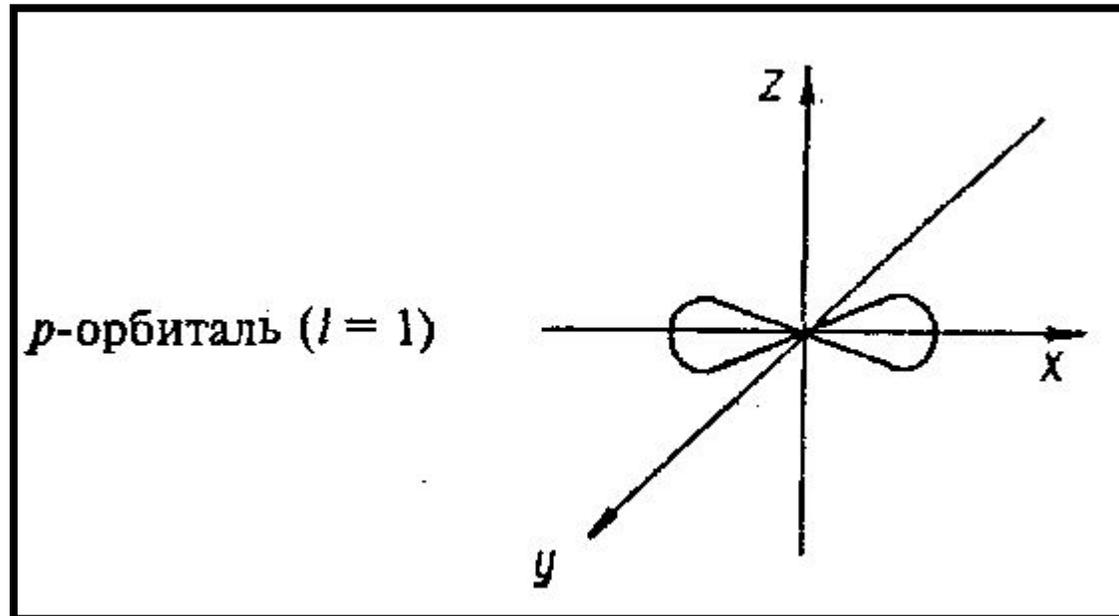
Формы орбиталей

- орбиталь имеет форму шара s-орбиталь  $l = 0$

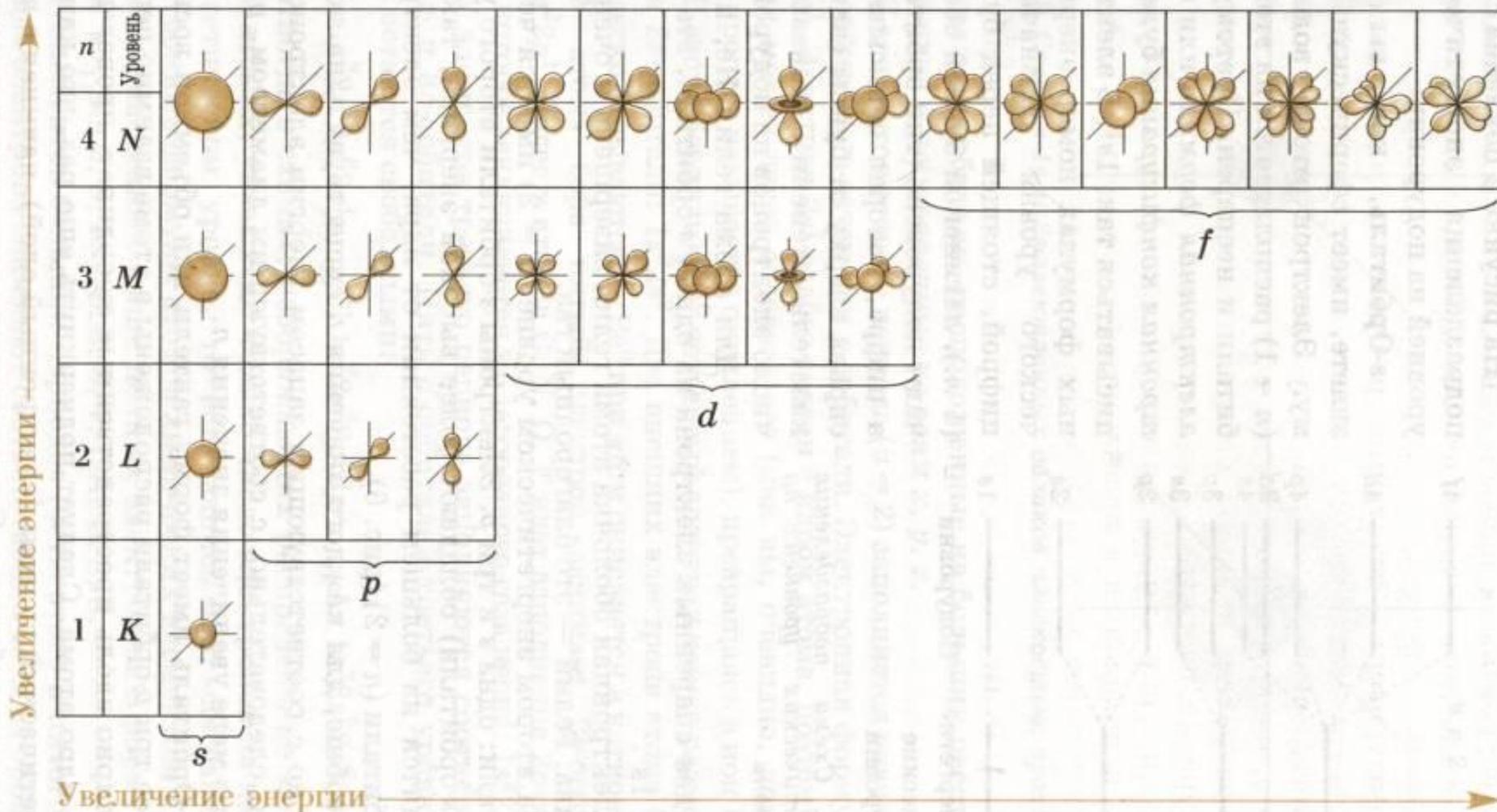


# Квантовые числа

$l = 1$  - орбиталь имеет форму гантели **p-орбиталь**



### Форма и размер электронных орбиталей атомов элементов



# Квантовые числа

$l = 2$	<b>d-орбитали</b>
$l = 3$	<b>f-орбитали</b>

Энергия орбиталей ( $E$ ), которые находятся на одном энергетическом уровне, но имеют различную форму, неодинакова:

$$E_s < E_p < E_d < E_f.$$



Поэтому энергетические уровни состоят из энергетических подуровней.

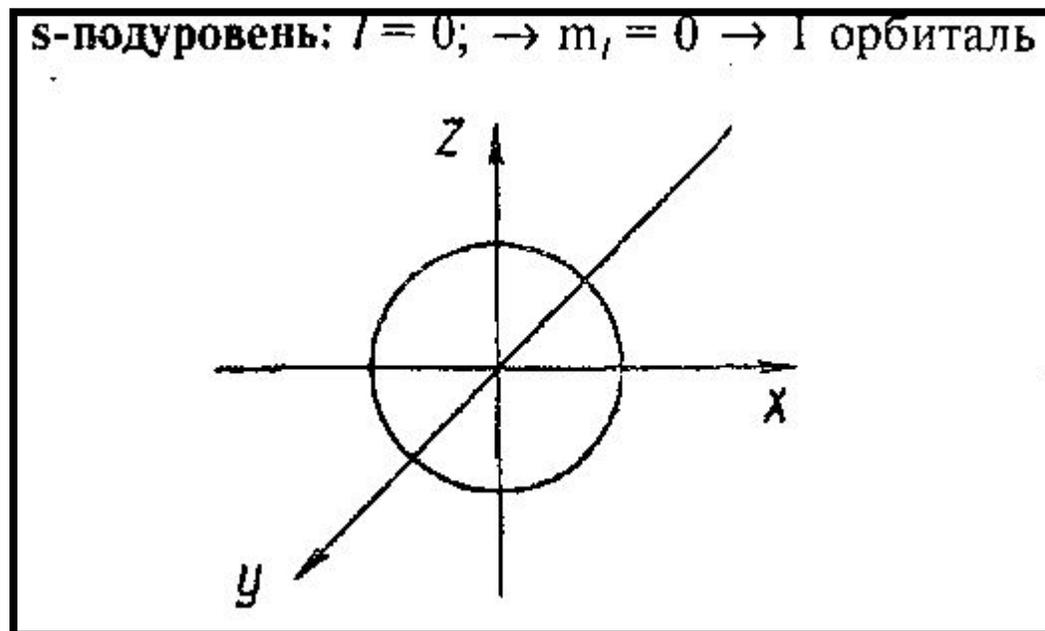
# Квантовые числа

- ❖ **Магнитное квантовое число** – характеризует направление орбиталей в пространстве

Магнитное квантовое число принимает значения целых чисел от  $-l$  через 0 до  $+l$ .

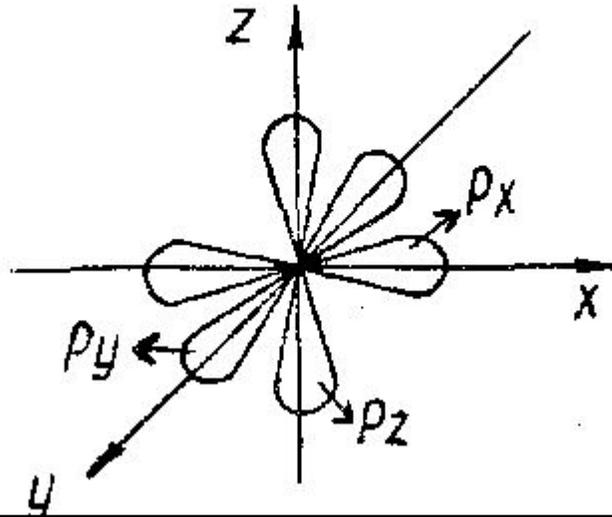
# Квантовые числа

Число значений магнитного квантового числа определяет количество орбиталей на подуровне



# Квантовые числа

**p-подуровень:  $l = 1$ ;  $\rightarrow m_l = -1, 0, +1 \rightarrow 3$  орбитали**



**d-подуровень:  $l = 2$ ;  $m_l = -2, -1, 0, +1, +2 \rightarrow 5$  орбиталей.**

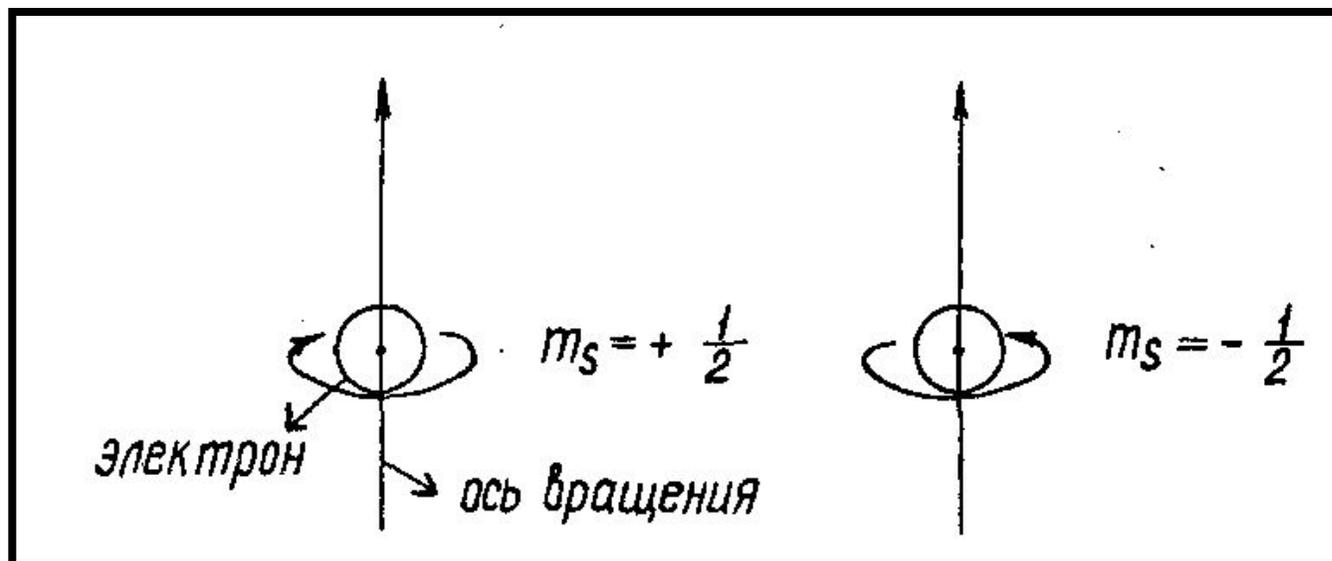
**Число орбиталей на подуровне равно:  $2l + 1$**



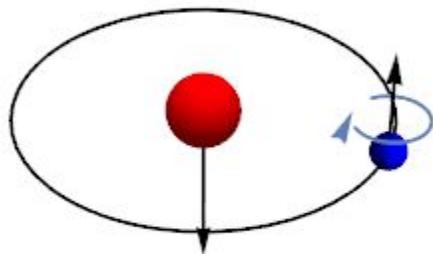
# Квантовые числа

- ❖ Спиновое квантовое число – характеризует вращение электрона вокруг своей оси

принимает только два значения:  $+\frac{1}{2}$  и  $-\frac{1}{2}$



# Спин электрона

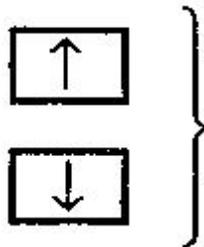


# Принцип Паули

**В атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел.**

**Два электрона, которые находятся на одной орбитали, называются спаренными (или неподделенной электронной парой).**

Спаренные электроны являются электронами с противоположными (антипараллельными) спинами.



Неспаренные  
электроны

Строение электронной  
оболочки атома. Заполнение  
орбиталей электронами.

# Порядок заполнения орбиталей электронами

Принцип наименьшей энергии

**Основное (устойчивое) состояние атома — это такое состояние, которое характеризуется минимальной энергией. Поэтому электроны заполняют орбитали в порядке увеличения их энергии.**

Принцип наименьшей энергии определяет порядок заполнения энергетических подуровней

**электроны заполняют энергетические подуровни в порядке увеличения их энергии.**

# Порядок заполнения орбиталей электронами

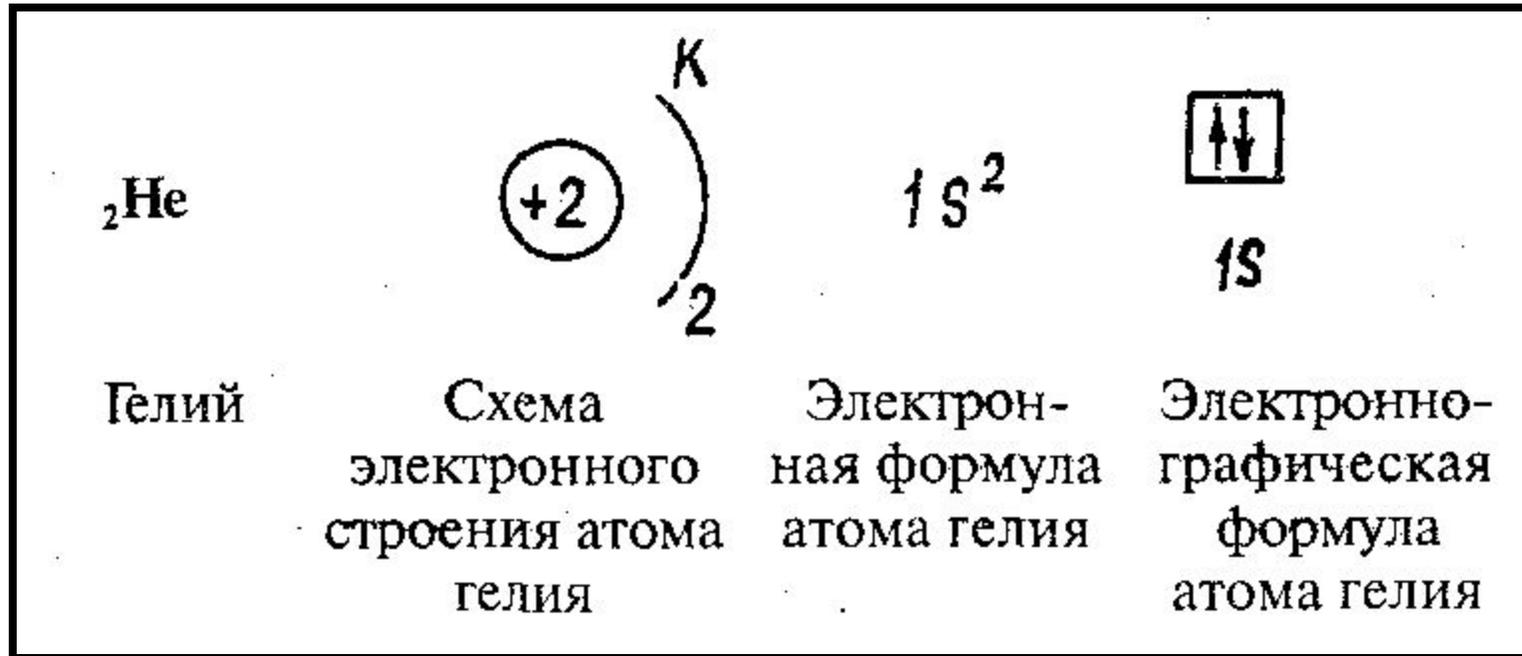


# Правило Гунда

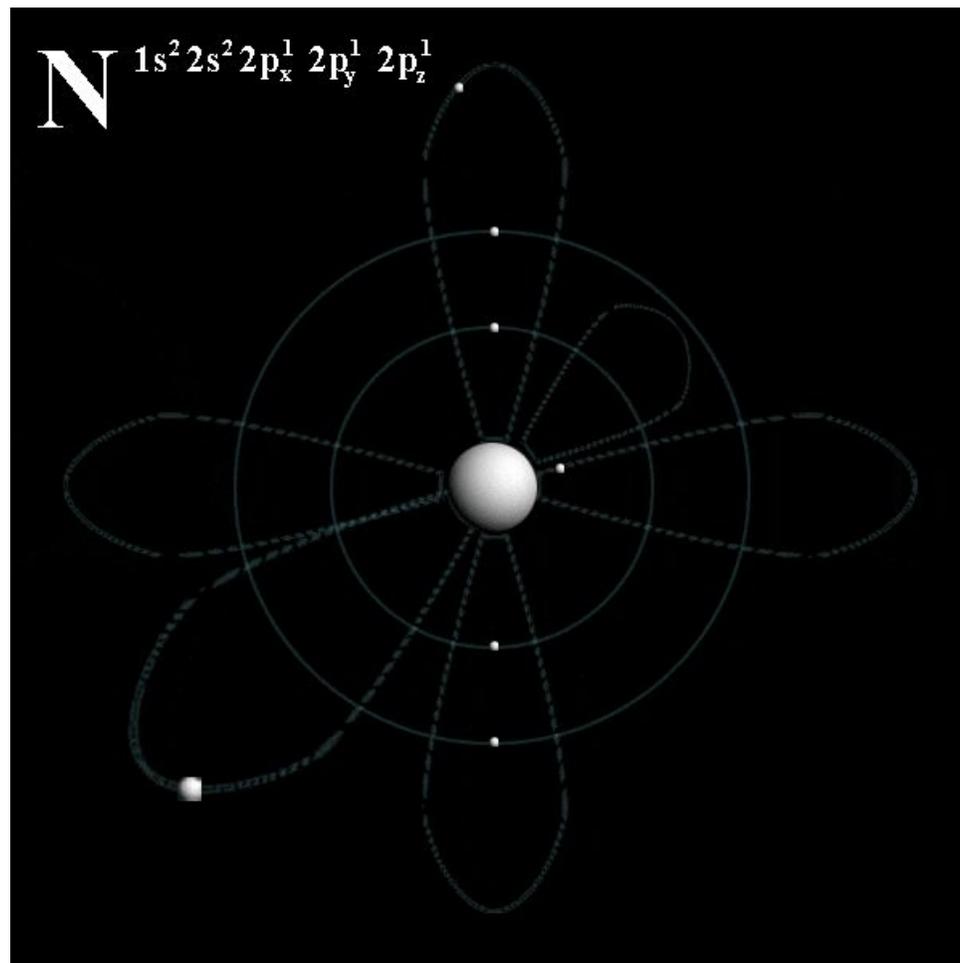
На одном подуровне электроны располагаются так, чтобы абсолютное значение суммы спиновых квантовых чисел (суммарного спина) было максимальным. Это соответствует устойчивому состоянию атома.

- 1)  $\uparrow\downarrow\uparrow$    2)  $\uparrow\uparrow\uparrow$    3)  $\uparrow\uparrow\Box$    4)  $\uparrow\downarrow\Box$    5)  $\downarrow\downarrow\downarrow$  ?

# Строение электронных оболочек



# Строение атома азота

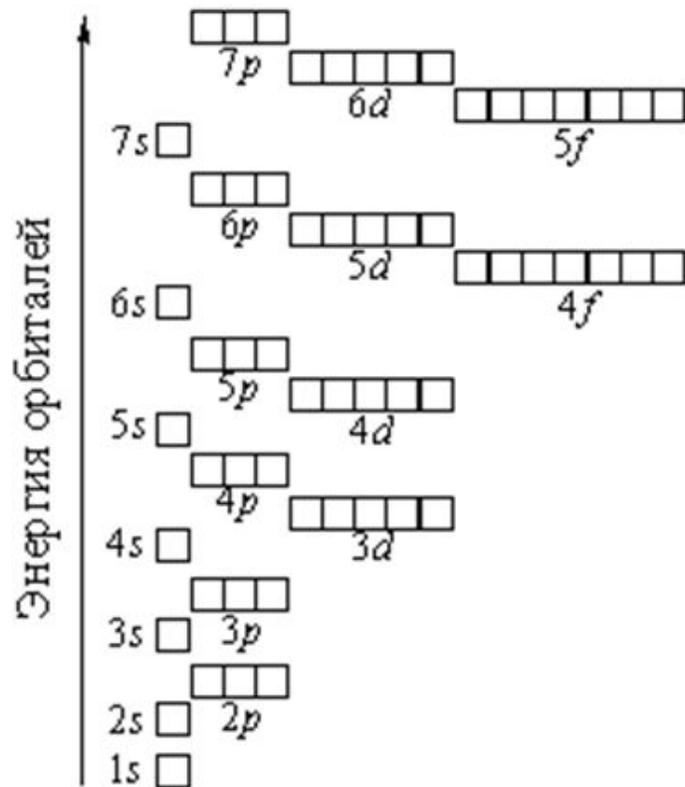


## **Порядок заполнения электронами орбиталей атома определяется тремя законами природы:**

1. Принцип наименьшей энергии - электроны заполняют орбитали в порядке возрастания энергии орбиталей.
2. Принцип Паули - на одной орбитали не может быть больше двух электронов.
3. Правило Хунда - в пределах подуровня электроны сначала заполняют свободные орбитали (по одному), и лишь после этого образуют электронные пары.

Распределение подуровней по энергиям выражается рядом (в порядке увеличения энергии):

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p ...



Наглядно эта последовательность выражается энергетической диаграммой:

# Правило Клечковского (принцип наименьшей энергии)

- Заполнение электронами орбиталей в атоме происходит в порядке возрастания суммы главного и орбитального квантовых чисел  $n + l$ .
- При одинаковой сумме раньше заполняется орбиталь с меньшим значением  $n$ .

# «Провал» электрона

- В атомах некоторых элементов электрон с  $s$ -подуровня внешнего энергетического уровня переходит на  $d$ -подуровень предвнешнего энергетического уровня.
- Идёт выигрыш в энергии.

# Электронные семейства

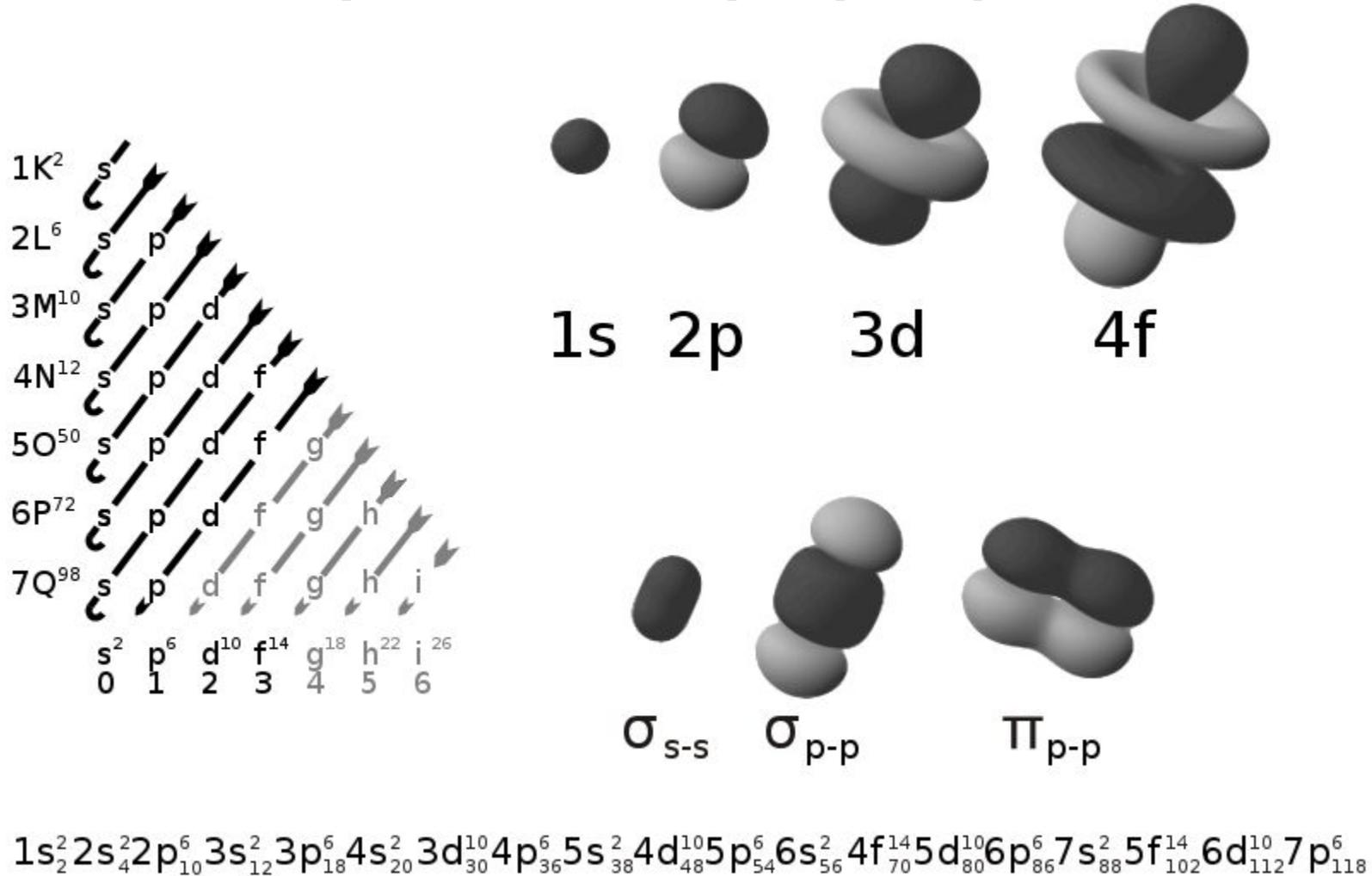
- $s$ -элементы, если  
заполняется  $s$ -подуровень
- $p$ -элементы, если  
заполняется  $p$ -подуровень
- $d$ -элементы, если  
заполняется  $d$ -подуровень
- $f$ -элементы, если  
заполняется  $f$ -подуровень

# Электронная формула

- Электронная формула атома химического элемента показывает как распределяются электроны в атоме, учитывая их характеристику квантовыми числами
- 109 Mt мейтнерий



# Электронная формула



# Задача

- Составить электронные и электронно-графические формулы элемента:

I вариант	II вариант	III вариант
№ 15; 40	№ 20; 35	№ 12; 28

- Определить элемент:

I вариант	II вариант	III вариант
$4s^23d^6$	$4s^24p^3$	$5s^24d^1$

# Задание

Z=15 (P)

$1s_2 2s_2 2p_6 3s_2 3p_3$

Z= 40 (Zr)

$1s_2 2s_2 2p_6 3s_2 3p_6 4s_2 3d_{10} 4p_6 5s_2 4d_2$

• Z=20 (Ca)

•  $1s_2 2s_2 2p_6 3s_2 3p_6 4s_2$

• Z=35 (Br)

•  $1s_2 2s_2 2p_6 3s_2 3p_6 4s_2 3d_{10} 4p_5$

2. Какие элементы, которые имеют электронные конфигурации:

1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$

2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

3)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

4)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

2. Какие элементы, которые имеют электронные конфигурации:

1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$  Ti 22

2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  Si 14

3)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$  Fe 26

4)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  P 15

3. Составьте электронные формулы атомов калия и серы. Укажите их валентные электроны. К каким электронным семействам относятся эти элементы (s-, p-, d-элементы).

3. Составьте электронные формулы атомов калия и серы. Укажите их валентные электроны. К каким электронным семействам относятся эти элементы (s-, p-, d-элементы).

• K  $Z=19$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  (s-элемент)

• S  $Z=16$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$  (p-элемент)

4. Изотоп какого элемента имеет массовое число 70 и 40 нейтронов в ядре.

$$Z = A - N$$

$$Z = 70 - 40 = 30 \quad \text{Zn} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d_{10}$$



5. Изотоп какого элемента имеет массовое число 34 и 18 нейтронов в ядре . Напишите электронную конфигурацию атома этого элемента.

Изотоп какого элемента имеет массовое число 135 и 79 нейтронов в ядре . Напишите электронную конфигурацию атома этого элемента.



5. Изотоп какого элемента имеет массовое число 34 и 18 нейтронов в ядре . Напишите электронную конфигурацию атома этого элемента

$$Z = 34 - 18 = 16 \quad (\text{S})$$



# АТОМЫ И ИОНЫ

- Атом- это электронейтральная частица. В атоме число электронов (-) равно числу протонов(+).
- Ионы- это заряженные частицы. Они содержат разное количество электронов (-) и протонов (+).
- Число протонов (+) ПОСТОЯННО!(не может изменяться)
- Число электронов (-) может изменяться.



Положительно заряженные ионы называются КАТИОНЫ.

Например :  $\text{H}^+$

Отрицательно заряженные ионы называются АНИОНЫ.

Например:  $\text{H}^-$



## **Атом водорода Н**

Содержит **1 протон(+)**(=порядковый номер элемента в таблице Менделеева) и 1 электрон (-)

## **Катион водорода Н<sup>+</sup>**

Содержит **1 протон(+)** и 0 электронов(-).

## **Анион водорода Н<sup>-</sup>**

Содержит **1 протон (+)** и 2 электрона(-).

6. Напишите электронные формулы атома водорода и ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}^-$ . Какие элементарные частицы входят в состав атома водорода и ионов?

$\text{H}$

$1s^1$ ,  $p=1$ ;  $e^- = 1$ ;  $n=0$

$\text{H}^+$

$1s^0$ ,  $p=1$ ;  $e^- = 0$ ;  $n=0$

$\text{H}^-$

$1s^2$ ,  $p=1$ ;  $e^- = 2$ ;  $n=0$



7. Составить электронные формулы атома и иона кальция.

Составить электронные конфигурации атома и иона хлора.

Составить электронную конфигурацию атома магния и иона магния.



# Тест. «Строение атома»

1. Атомное ядро состоит из:

- 1) протонов и электронов;
- 2) нейтронов и электронов;
- 3) протонов;
- 4) протонов и нейтронов.

2.20 электронов содержит атом химического элемента:

1) кислорода O

2) кальция Ca

3) кремния Si

4) бора B

3.19 электронов содержит атом:

1) кислорода O

2) кальция Ca

3) калия K

4) фтора F



4.12 протонов содержит ядро атома химического элемента:

1) C    2) K    3) Mg    4) S



5. Установите соответствие.

Химический элемент

число электронов в атоме

А) углерод

1) 18

Б) алюминий

2) 20

В) аргон

3) 6

Г) кальций

4) 13

6. Установите соответствие.

Химический элемент

число протонов в ядре

А) бор

1) 19

Б) неон

2) 15

В) фосфор

3) 5

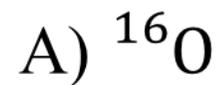
Г) калий

4) 10

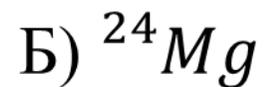
7. Установите соответствие.

Химический элемент

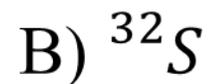
число нейтронов в ядре



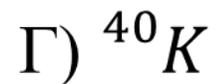
1) 12



2) 21



3) 8



4) 16



8.Изотопы химического элемента отличаются друг от друга:

1)числом нейтронов;

2)числом электронов;

3)числом протонов;

4)положением в Периодической системе



9. Химический элемент, атомное ядро которого содержит 24 протона и 28 нейтронов – это:

1) Si   2) Mg   3) Cr   4) Fe

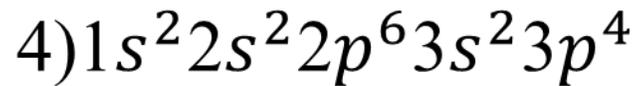
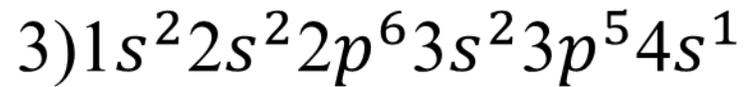
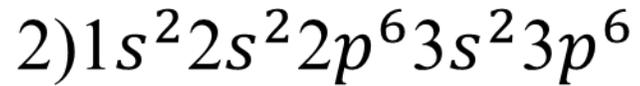
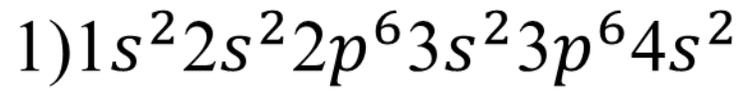
10. Число нейтронов в ядре атома  $^{31}\text{P}$  равно:

- 1)31   2)46   3)15   4)16

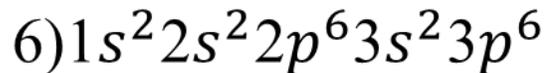
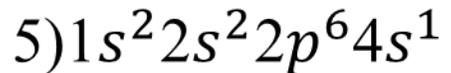
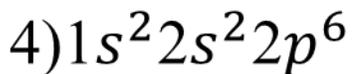
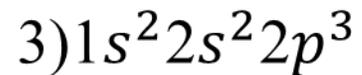
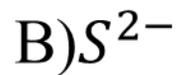
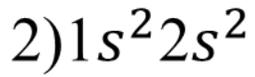
1. Определите количество электронов в ионе  $K^+$ :

- 1)18   2)19   3)20   4)21

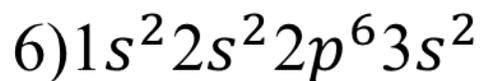
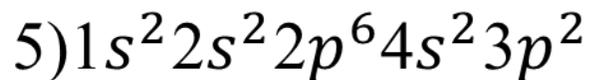
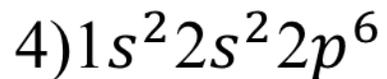
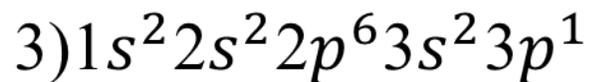
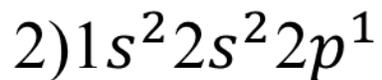
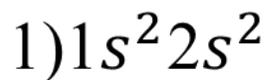
12. Установите, какая формула соответствует иону  $\text{Ca}^{2+}$ :



13. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронным строением:



14. Установите соответствие между формулой частицы и ее электронным строением:



# Типы заданий на строение атома

1. Число электронов на внешнем/предвнешнем уровне, на орбиталях одного вида.
2. Число неспаренных электронов.
3. Сходная и одинаковая конфигурация внешнего/предвнешнего уровня.
4. Валентные электроны.
5. Электронная конфигурация ионов, возбужденное состояние.

## Основное состояние атома

VIA группа: 6e  
на внешнем слое

8	16,00	O
16	32,06	S
34	78,96	Se

3 период:  
заполняются  
3 электронных  
слоя

всего 16e

Электронная формула атома серы в основном состоянии:

$$1s^2 \quad 2s^2 2p^6 \quad 3s^2 3p^4$$

или  $[\text{Ne}] \quad 3s^2 3p^4$

К L M

2 8 6

## Распределение электронов по слоям

2 неспаренных электрона

3  $\uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$   
6 валентных электронов

внешний энергетический слой

$3s^2 3p^4 \rightarrow ns^2 np^4$  Общая формула для VIA группы

2  $\uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$

предвнешний энергетический слой

$2s^2 2p^6 \rightarrow (n-1)s^2 (n-1)p^6$

1  $\uparrow\downarrow$

$1s^2$

[1] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат на внешнем энергетическом слое семь электронов.

- 1) F      2) Li      3) Br      4) N      5) S

--	--

[2] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют конфигурацию внешнего электронного уровня  $ns^2$ .

- 1) O      2) S      3) Sc      4) Be      5) Se

--	--

**[3]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат на внешнем энергетическом слое один электрон.

- 1) Be      2) Cr      3) C      4) K      5) N

--	--

**[4]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют конфигурацию внешнего энергетического уровня  $ns^2np^1$ .

- 1) B      2) P      3) Sc      4) Al      5) Ca

--	--

**[5]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют конфигурацию внешнего электронного уровня  $ns^2np^3$ .

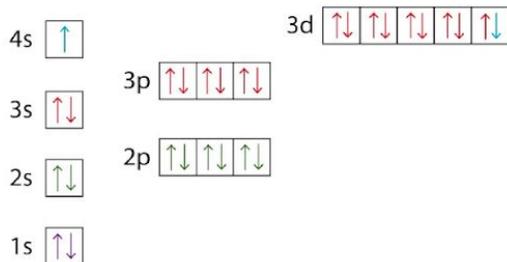
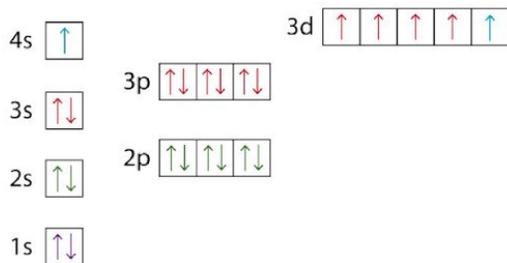
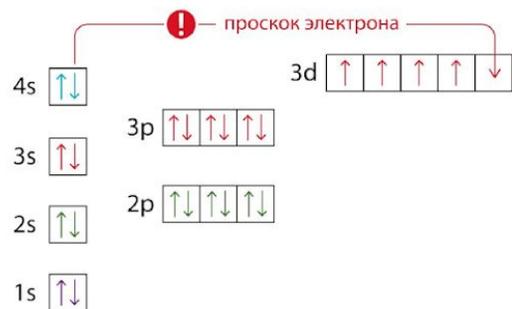
- 1) Cs      2) Li      3) P      4) Sb      5) Na

--	--

# Проскок электрона

Ожидание

На самом деле



[6] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат на внешнем энергетическом уровне два электрона.

- 1) Cu      2) Al      3) Mg      4) He      5) Cl

--	--

**[7]** Определите, в наиболее распространенных изотопах каких из указанных в ряду элементов число нейтронов больше, чем число электронов.

- 1) Mg      2) F      3) C      4) P      5) Ca

--	--

**[8]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое число электронов на внешнем электронном слое.

- 1) Mn      2) N      3) F      4) Mg      5) Se

--	--

# Сравнение конфигураций



**[9]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют схожую конфигурацию внешнего энергетического уровня.

- 1) Cl      2) Na      3) Mn      4) Cr      5) Si

--	--

**[10]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат на внешнем энергетическом слое один электрон.

- 1) P      2) Mg      3) Cl      4) Cu      5) H

--	--

**[11]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов имеют в основном состоянии схожую конфигурацию внешнего электронного уровня.

- 1) Rb      2) Mg      3) P      4) Cr      5) Al

--	--

**[12]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют одинаковую конфигурацию внешнего энергетического уровня.

- 1) Cl      2) Ca      3) Mg      4) Al      5) Mn

--	--

**[13]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов имеют одинаковую конфигурацию внешнего электронного слоя.

- 1) Zn      2) K      3) Mg      4) Cr      5) Cl

--	--

**[14]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют конфигурацию  $(n-1)d^{10}ns^2$ .

- 1) Cu      2) Sr      3) S      4) Cd      5) Zn

--	--

**[15]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют конфигурацию предвнешнего электронного слоя  $(n-1)s^2(n-1)p^6$ .

- 1) K      2) Cr      3) Ne      4) P      5) Se

--	--

## Валентные и внешние электроны



**[17]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое число валентных электронов.

1) Cr      2) Mn      3) Si      4) Br      5) Na

--	--

**[18]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат валентные электроны как на  $s$ -, так и на  $d$ -подуровнях.

1) Br      2) Cr      3) Se      4) Fe      5) Si

--	--

[19] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое число валентных электронов.

- 1) Mn      2) S      3) Ca      4) Na      5) Cr

--	--

[20] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат валентные электроны только на *s*-подуровне.

- 1) K      2) Cu      3) Si      4) Mg      5) Br

--	--

[21] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов имеют в основном состоянии два неспаренных электрона.

- 1) Cl      2) O      3) Zn      4) Be      5) C

--	--

[22] Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое (ненулевое) число неспаренных *p*-электронов на внешнем электронном уровне.

- 1) Na      2) Ga      3) Cl      4) Cr      5) S

--	--

**[23]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое количество неспаренных электронов.

- 1) Cu      2) F      3) Mg      4) N      5) O

--	--

**[24]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов имеют в основном состоянии два неспаренных электрона.

- 1) F      2) Cl      3) Ni      4) As      5) S

--	--

**[25]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат только один неспаренный электрон.

- 1) O      2) Mg      3) Cr      4) Al      5) Cl

--	--

**[26]** Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии содержат одинаковое (ненулевое) число неспаренных *s*-электронов на внешнем энергетическом уровне.

- 1) Na      2) As      3) Cr      4) Al      5) Se

--	--