

E-mail: [irkrav66@gmail.com](mailto:irkrav66@gmail.com)

# ОСНОВЫ Органической ХИМИИ

Семинар-3. Теория  
строения органических  
соединений

лектор:  
проф. Рохин Александр  
Валерьевич

# ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Теория химического  
строения  
(А.М. Бутлеров)

Современные теории  
строения атома  
и химической связи

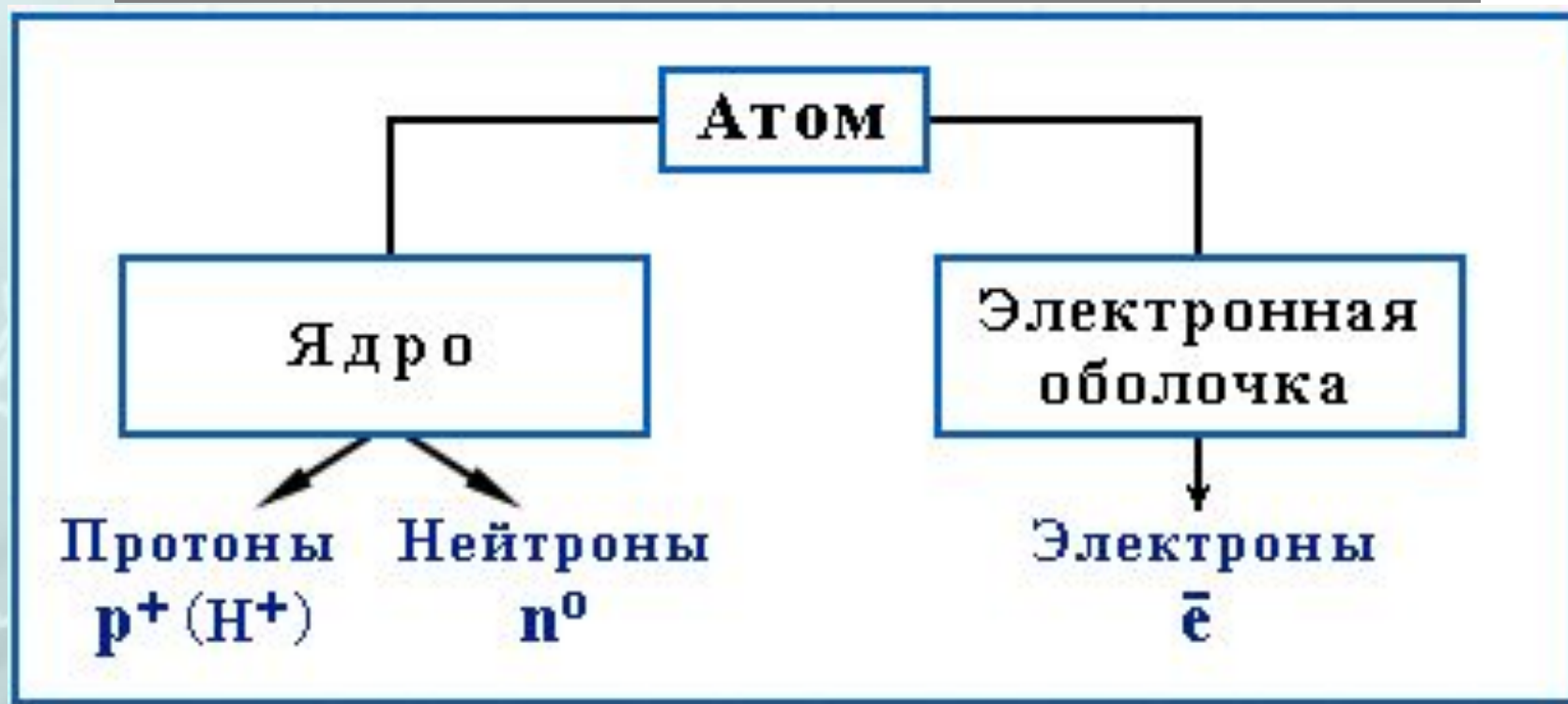
Химическое  
строение

Электронное  
строение

Пространственное  
строение

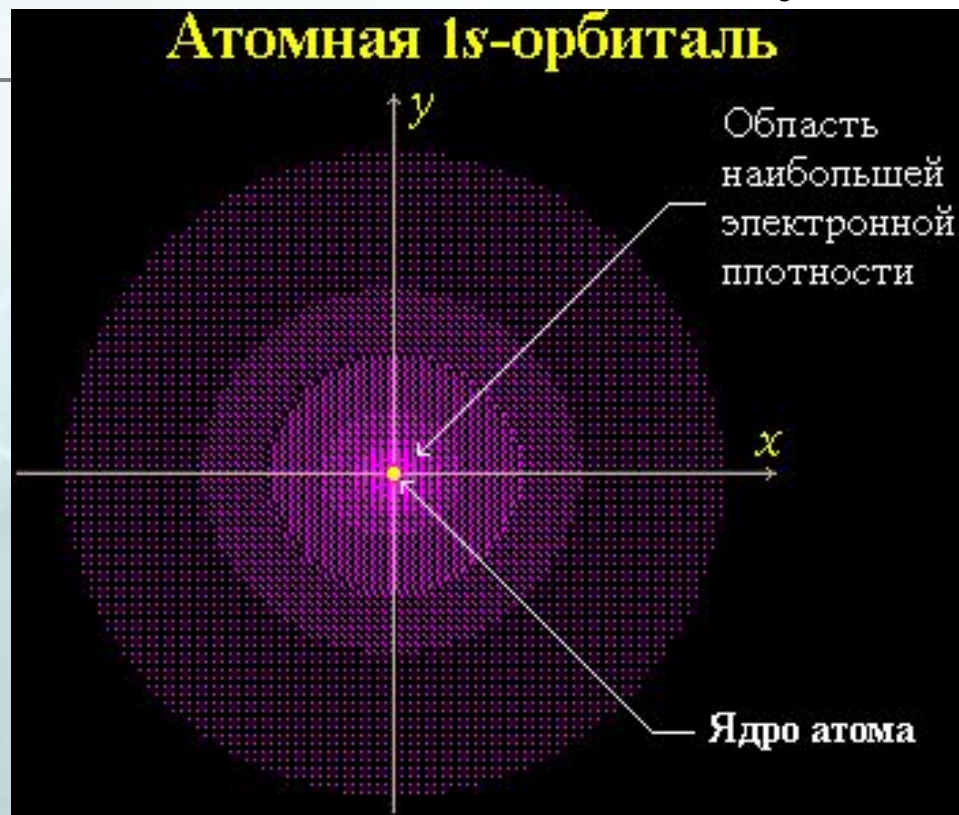
СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

# Строение атома



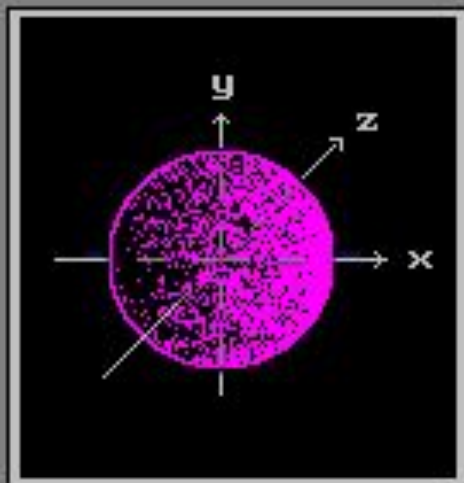
Свойства химических соединений зависят от природы и строения атомов, входящих в их состав

# Свойства электрона

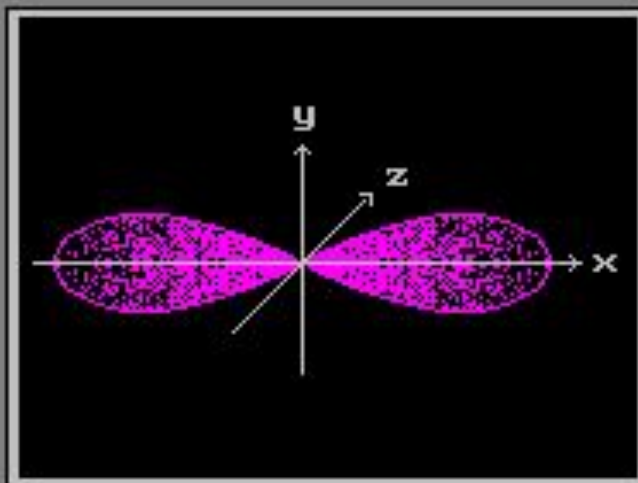


Часть пространства, в котором вероятность нахождения максимальна, называют орбиталью или электронным облаком

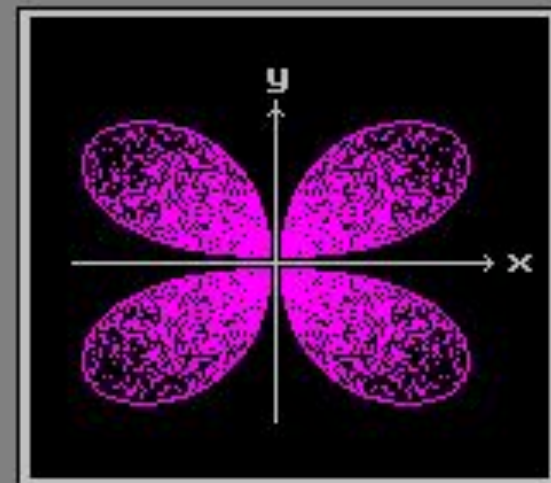
# Типы атомных орбиталей



$s$ -орбиталь



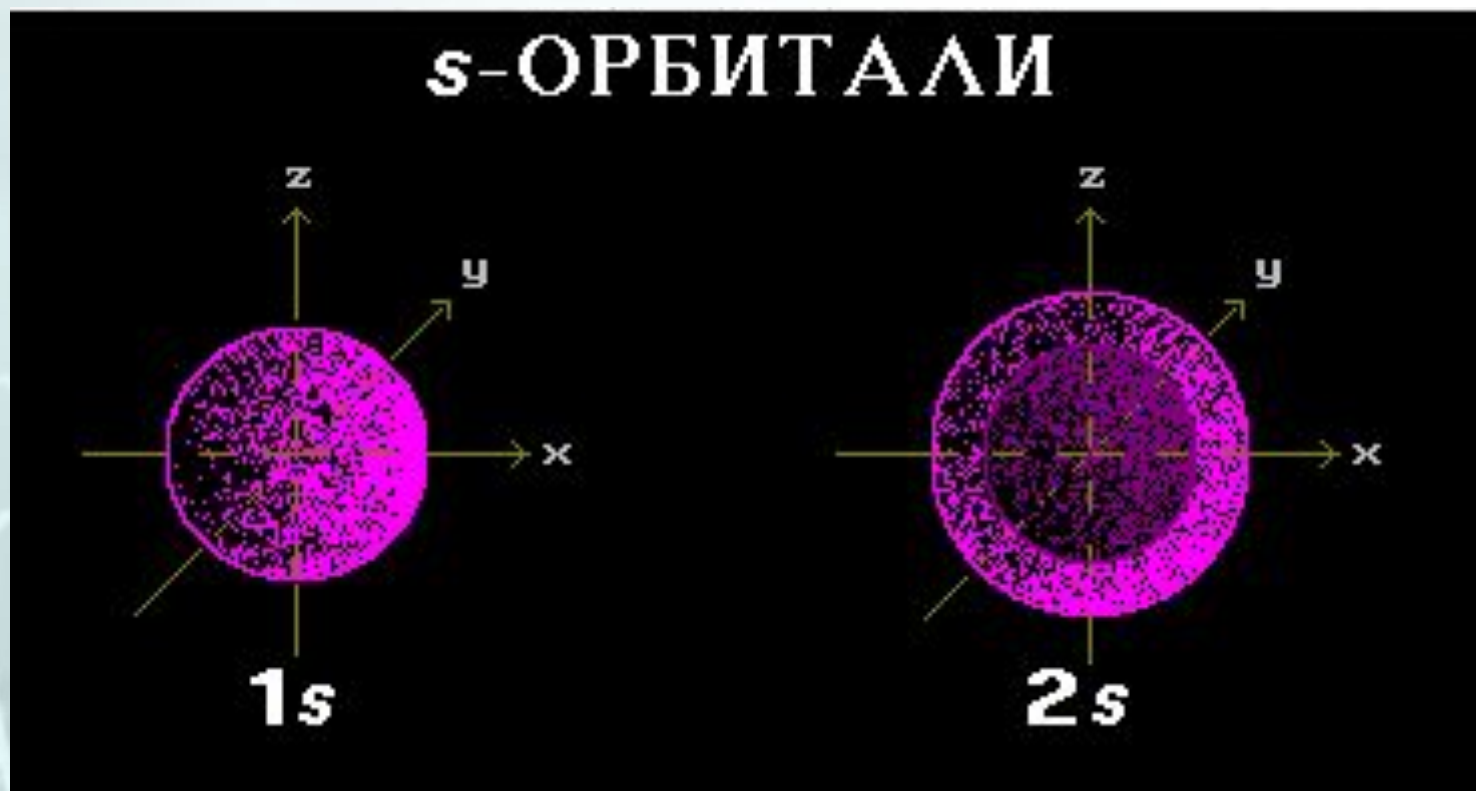
$p_x$ -орбиталь



$d_{xy}$ -орбиталь

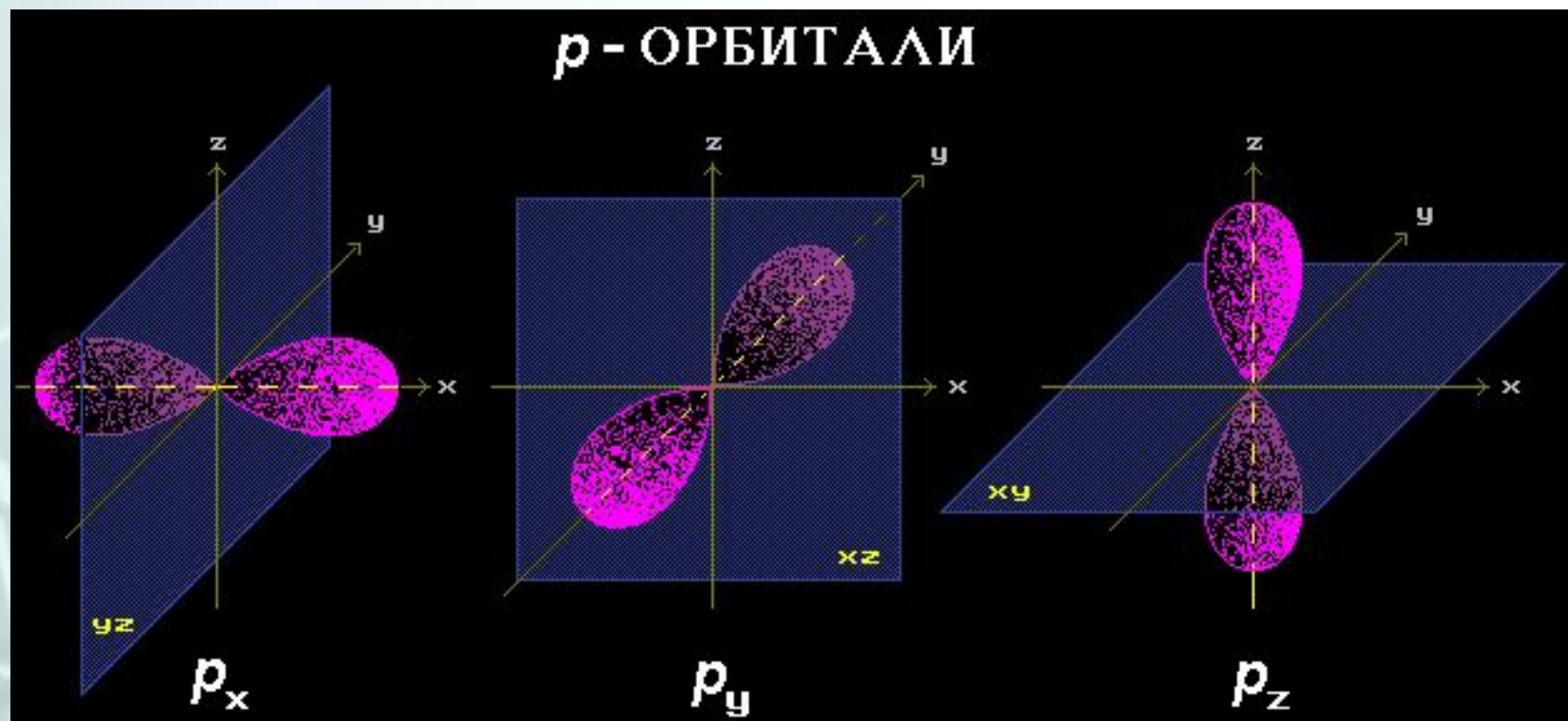
Атомная орбиталь (АО) – область наиболее вероятного пребывания электрона в электрическом поле ядра атома

# Форма и энергия АО



Первый уровень - 1s,  
второй - 2s

# Форма и энергия АО



Второй уровень –  $2s$ ,  
 $2p_x$ ,  $2p_y$ ,  $2p_z$

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- **Принцип устойчивости.**

АО заполняются электронами в порядке повышения их энергетических уровней:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d \dots$$

# Принцип устойчивости

## Заполнение орбиталей двух энергетических уровней

| Основной энергетический уровень $n$ | Максимальное число электронов $2n^2$ | Символы орбиталей |                                                     |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| 1                                   | 2                                    | 1s                |                                                     |
| 2                                   | 8                                    | 2s                | 2p <sub>x</sub> , 2p <sub>y</sub> , 2p <sub>z</sub> |

## Электронная конфигурация элементов-органогенов

| Элемент | Атомный номер | Заполнение орбиталей |    |    |                                |    | Электронная конфигурация                                                        |
|---------|---------------|----------------------|----|----|--------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------|
|         |               | 1s                   | 2s | 2p | 3s                             | 3p |                                                                                 |
| H       | 1             | 1                    |    |    |                                |    | 1s <sup>1</sup>                                                                 |
| C       | 6             | 2                    | 2  | 2  | (Выделены валентные электроны) |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>                                 |
| N       | 7             | 2                    | 2  | 3  |                                |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>                                 |
| O       | 8             | 2                    | 2  | 4  |                                |    | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>                                 |
| P       | 15            | 2                    | 2  | 6  | 2                              | 3  | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> |
| S       | 16            | 2                    | 2  | 6  | 2                              | 4  | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> |

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- **Принцип Паули.**

На одной АО могут находиться не более двух электронов с противоположными спинами.

# Заполнение атомных орбиталей электронами

---

- **Правило Хунда.**

На АО с одинаковой энергией, так называемых вырожденных орбиталях, электроны стремятся расположиться по одному с параллельными спинами.

# Разрешенные и неразрешенные электронные конфигурации

Разрешенная конфигурация

Неразрешенные конфигурации

## Принцип Паули



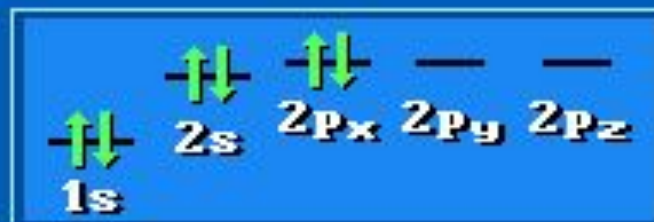
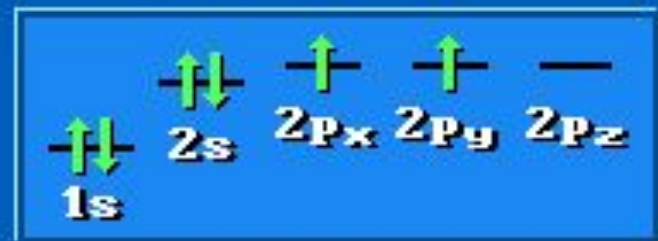
электронная ячейка

уровень энергии



## Правило Хунда

(на примере атома углерода)



# Контрольная работа

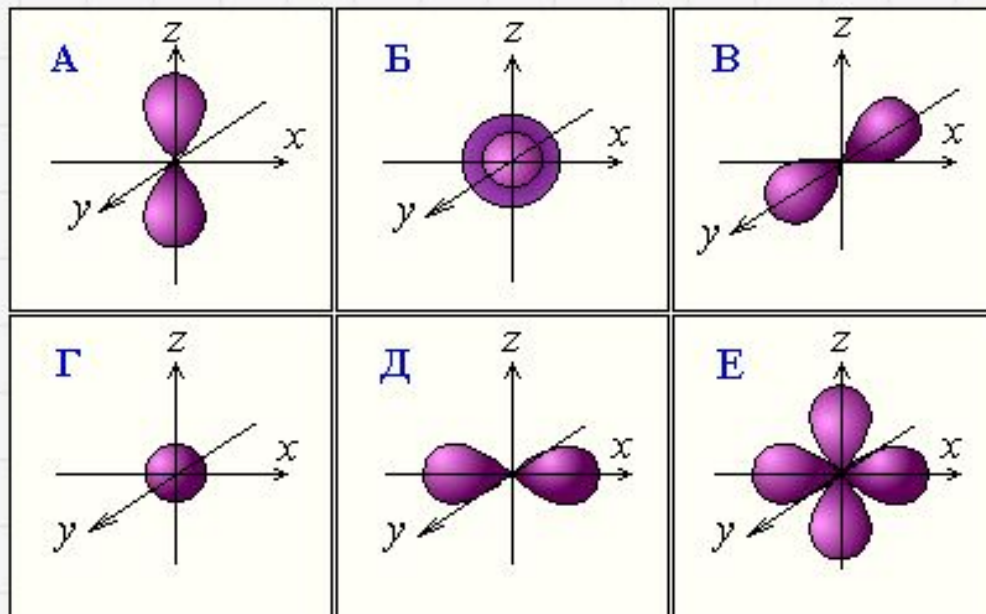
---

## 1. Что такое атомная орбиталь?

- ☒ орбита, по которой движется электрон в поле ядра атома.
- ☒ часть пространства, в котором вероятность нахождения электрона минимальна.
- ☒ область наиболее вероятного пребывания электрона в поле ядер атомов, составляющих молекулу.
- ☒ область наиболее вероятного пребывания электрона в электрическом поле ядра атома.

# Контрольная работа

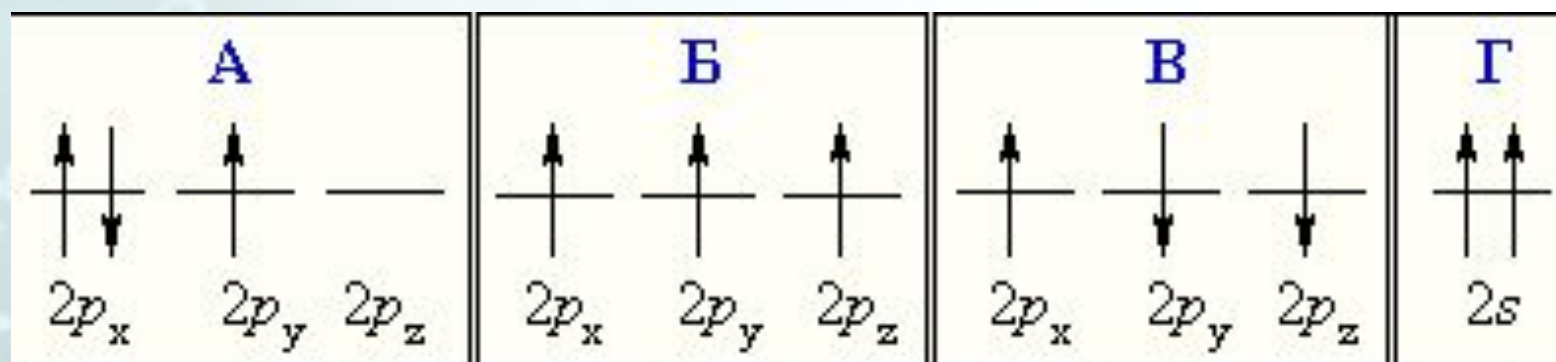
2. Укажите типы орбиталей Б и Д:



- |                                                          |                                                          |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Б – $p_z$ ;    Д – s | <input checked="" type="checkbox"/> Б – s;    Д – p      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Б – 2s;    Д – $p_x$ | <input checked="" type="checkbox"/> Б – $p_y$ ;    Д – s |

# Контрольная работа

3. Неправильное заполнение атомных орбиталей электронами выражено схемой:



1) А, В, Г

2) В, Г

3) А, Г

4) Г

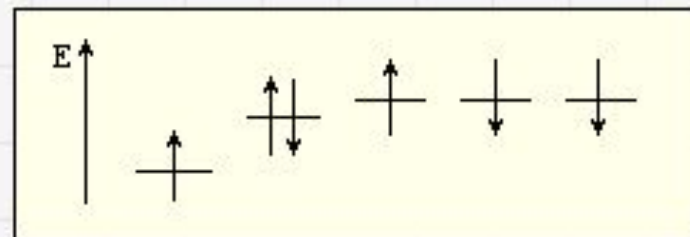
# Контрольная работа

4. Установите соответствие между символом химического элемента и строением внешнего электронного уровня его атома.

|        | О           | С           | S           | N | P |
|--------|-------------|-------------|-------------|---|---|
| Ответы |             |             |             |   |   |
|        | $3s^2 3p^4$ | $2s^2 2p^4$ | $2s^2 2p^2$ |   |   |
|        | $2s^2 2p^5$ | $3s^2 3p^3$ | $2s^2 2p^3$ |   |   |

# Контрольная работа

## 5. В электронной конфигурации



- ✓ нет запрета по энергии
- ✓ нарушено правило Хунда
- ✓ не соблюдаются принцип устойчивости и запрет Паули
- ✓ не соблюдаются правило Хунда и принцип устойчивости
- ✓ не соблюдаются правила Хунда, Паули и принцип устойчивости

# Основные типы химических связей

$$\Delta\chi = \chi_A - \chi_B$$

$\chi_A$  и  $\chi_B$  - электроотрицательности атомов А и В

## Основные типы химических связей

Ионная связь

$$\Delta\chi > 2$$

Ковалентные связи

$$\Delta\chi < 2$$

Полярная  
ковалентная  
связь

$$2 > \Delta\chi > 0.5$$

Неполярная  
ковалентная  
связь

$$0.4 > \Delta\chi = 0$$

← Увеличение различий в электроотрицательности ( $\Delta\chi$ )  
связанных атомов

# Ионная связь

---

химическая связь, основанная  
на электростатическом  
притяжении ионов

В органических соединениях встречается  
редко, например, в органических солях:  
 $\text{RCOO}^-\text{Na}^+$

# Электроотрицательность

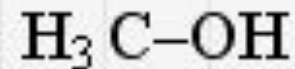
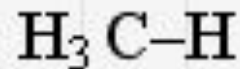
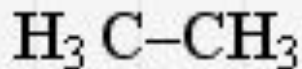
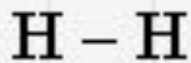
---

Способность атома удерживать  
внешние валентные электроны

Подчиняется периодическому закону:  
растет слева направо в периодах и  
снизу вверх в главных подгруппах в  
таблице Д.И. Менделеева

# Ковалентная связь

Связь, образованная путём  
обобществления пары  
электронов связываемых атомов



# Свойства ковалентной связи

---

- Направленность
- Насыщаемость
- Полярность
- Поляризуемость

# Направленность

---

Молекулярное строение органических молекул имеет геометрическую форму. Количественной мерой направленности является угол между двумя связями (валентный угол)

# Насыщаемость

---

Способность атомов образовывать ограниченное число ковалентных связей. Количество связей определяется числом внешних атомных орбиталей атома.

# Полярность

---

Обусловлена неравномерным распределением электронной плотности вследствие различной электроотрицательности атомов по шкале Л.Полинга:

| Элемент | K   | Na  | Li  | Mg  | H   | S   | C   | I   | Br  | Cl  | N   | O   | F   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\chi$  | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |

# Полярность

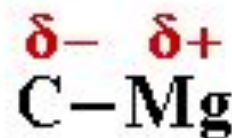
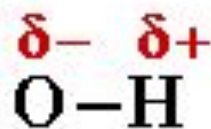
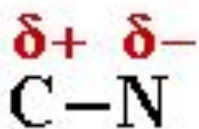
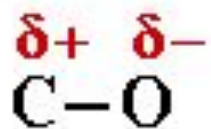
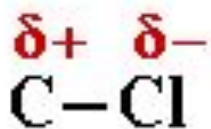
---

Ковалентные связи делятся на полярные и неполярные.

Неполярные связи между двумя одинаковыми атомами:  
 $\text{H}-\text{H}$ ,  $\text{C}-\text{C}$ .

# Полярность

Полярные связи между двумя атомами с разной электроотрицательностью:  
 $\text{H}-\text{F}$ ,  $\text{C}-\text{Cl}$ .



# Поляризуемость

---

Смещение электронов под воздействием внешнего электрического поля другой частицы.



# Длина связи

Расстояние между центрами двух связанных атомов.

На характеристики связей влияет их кратность



# Энергия связи

Энергия, выделяемая при образовании связи или необходимая для разъединения двух связанных атомов



# Дипольный момент ( $\mu$ или D)

---

Величина, характеризующая полярность связи:

$$|\bar{\mu}| = l \cdot q$$

$l$  – длина связи

$q$  – эффективный заряд

## Основные характеристики некоторых ковалентных связей

| Связь | Тип гибридизации атома углерода | Энергия, кДж/моль | Длина, нм | Дипольный момент, $D$ |
|-------|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| C-C   | $sp^3$                          | 348               | 0,154     | 0                     |
| C=C   | $sp^2$                          | 620               | 0,133     | 0                     |
| C≡C   | $sp$                            | 814               | 0,120     | 0                     |
| C-H   | $sp^3$                          | 414               | 0,110     | 0,2                   |
| C-H   | $sp$                            | 435               | 0,107     | 1,1                   |
| C-O   | $sp^3$                          | 344               | 0,143     | 1,1                   |
| C=O   | $sp^2$                          | 708               | 0,121     | 2,40                  |
| C-Cl  | $sp^3$                          | 331               | 0,176     | 2,05                  |
| C-Br  | $sp^3$                          | 277               | 0,194     | 2,04                  |
| C-N   | $sp^3$                          | 293               | 0,147     | 0,4                   |
| O-H   | —                               | 460               | 0,096     | 1,51                  |
| N-H   | —                               | 390               | 0,101     | 1,4                   |

# Контрольная работа

---

## 1. Что такое электроотрицательность атома?

- ✓ отрицательный заряд атома в молекуле
- ✓ сродство к электрону
- ✓ способность атома переходить в возбужденное состояние
- ✓ способность атома удерживать валентные электроны и притягивать электроны других атомов
- ✓ потенциал ионизации атома

| Элемент | K   | Na  | Li  | Mg  | H   | S   | C   | I   | Br  | Cl  | N   | O   | F   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\chi$  | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |

# Контрольная работа

2. Как изменяется электроотрицательность элементов в Периодической системе?

- ☒ с увеличением порядкового номера атома уменьшается в периоде и увеличивается в группе
- ☒ с увеличением порядкового номера атома увеличивается в периоде и уменьшается в группе
- ☒ с увеличением порядкового номера атома увеличивается в периоде и в группе
- ☒ не подчиняется Периодическому закону

| Элемент | K   | Na  | Li  | Mg  | H   | S   | C   | I   | Br  | Cl  | N   | O   | F   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\chi$  | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |

# Контрольная работа

3. В каком порядке увеличивается электроотрицательность следующих элементов: C, N, P, Br ?



$C < N < P < Br$



$C < P < N < Br$



$C < Br < P < N$



$P < C < Br < N$

| Элемент | K   | Na  | Li  | Mg  | H   | S   | C   | I   | Br  | Cl  | N   | O   | F   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| χ       | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |

# Контрольная работа

4. Укажите соединения, в которых имеются:

а) только ковалентные связи;

б) ковалентные и ионные.

А.  $\text{CH}_3\text{Cl}$

Б.  $\text{CH}_3\text{NH}_2$

В.  $\text{MgF}_2$

Г.  $\text{CH}_3\text{ONa}$



а) соединения А, Г;

б) соединение Б



а) соединения А, Б, В, Г;

б) нет



а) соединения А, Б;

б) соединения В, Г

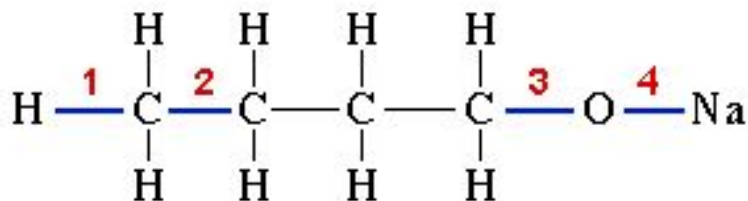


а) соединения А, Б;

б) соединение Г

# Контрольная работа

5. Укажите тип связей в молекуле:



|       |       |                             |
|-------|-------|-----------------------------|
| Связь | _____ | — ионная                    |
| Связь | _____ | — ковалентная слабополярная |
| Связь | _____ | — ковалентная полярная      |
| Связь | _____ | — ковалентная неполярная    |

# Контрольная работа

6. В молекуле какого из представленных веществ длина связи углерод-углерод наибольшая?

