

# Строение атома

Волобуев Максим Николаевич  
vmn2007@ukr.net

Сделано с использованием L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Кафедра общей и неорганической химии,  
НТУ «ХПИ»

Харьков 2016

# Проблема

- **Металлы и неметаллы: разные свойства элементов**
- Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов
- Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются квантовой механикой

# Проблема

- **Металлы и неметаллы: разные свойства элементов**
- **Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов**
- Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются квантовой механикой

# Проблема

- **Металлы и неметаллы: разные свойства элементов**
- **Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов**
- **Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента**
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются квантовой механикой

# Проблема

- Металлы и неметаллы: разные свойства элементов
- Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов
- Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются квантовой механикой

# Проблема

- Металлы и неметаллы: разные свойства элементов
- Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов
- Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются квантовой механикой

# Проблема

- Металлы и неметаллы: разные свойства элементов
- Элементы проявляют разные свойства из-за различия в строении их базовых частиц – атомов
- Атом химически неделим, но его строение определяет химическое поведение элемента
- Строение атома – физическая проблема, которая касается химиков
- Свойства микромира сильно отличаются от свойств макромира!
- Объекты микромира описываются **квантовой механикой**

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  ${}^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

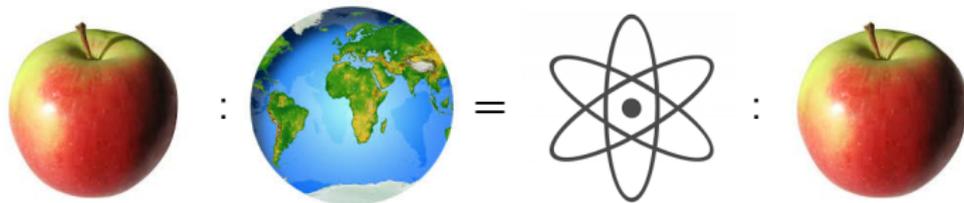
- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

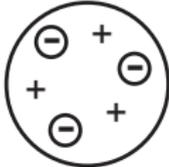
- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:

# Общие определения

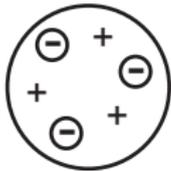
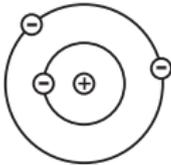
- Состав атома: ядро + электроны
- Ядро: протоны + нейтроны
- Элементарные частицы атома:
  - электрон: заряд  $-1$ , масса пренебрежимо мала
  - протон: заряд  $+1$ ,  $m_p \approx 1$  а.е.м.
  - нейтрон: заряд  $0$ ,  $m_n \approx m_p \approx 1$  а.е.м.
- Пример:  $^{13}_6\text{C}$  – 6 протонов, 7 нейтронов, 6 электронов
- $r_{\text{атома}}(\text{H}) = 5 \cdot 10^{-11}$  м,  $r_{\text{ядра}}(\text{H}) \approx 10^{-15}$  м
- $10^{-10}$  м = 1 Å – по аналогии с 1 а.е.м.  $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг
- Относительные размеры атома:



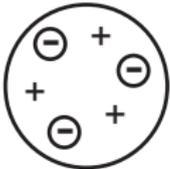
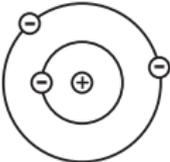
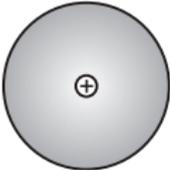
# Эволюция представлений о строении атома

Автор	Идея	Модель
Томсон	Атом – положительно заряженная субстанция с <b>вкрапленными</b> отрицательно заряженными электронами	

# Эволюция представлений о строении атома

Автор	Идея	Модель
Томсон	Атом – положительно заряженная субстанция с <b>вкрапленными</b> отрицательно заряженными электронами	
Резерфорд, Бор	Вокруг ядра по круговым орбитам <b>вращаются</b> электроны. Энергия электронов и размер орбит <b>квантованы</b>	

# Эволюция представлений о строении атома

Автор	Идея	Модель
Томсон	Атом – положительно заряженная субстанция с <b>вкрапленными</b> отрицательно заряженными электронами	
Резерфорд, Бор	Вокруг ядра по круговым орбитам <b>вращаются</b> электроны. Энергия электронов и размер орбит <b>квантованы</b>	
Шредингер	Вокруг ядра <b>распределены</b> электроны, точное положение которых неизвестно	

# Квантовая гипотеза

- Сравнивая испускание энергии разными источниками можно увидеть важные отличия
- Спектр сложной системы (Солнце) непрерывен

- В спектре атомов (и молекул!) видны полосы
- Планк: энергия испускается (поглощается) квантами:

$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ , где  $\nu$  – частота излучения,  $\lambda$  – длина волны,  $c \approx 10^8$  м/с – скорость света

# Квантовая гипотеза

- Сравнивая испускание энергии разными источниками можно увидеть важные отличия
- Спектр сложной системы (Солнце) **непрерывен**



Спектр Солнца

- В спектре атомов (и молекул!) видны полосы
- Планк: энергия испускается (поглощается) квантами:

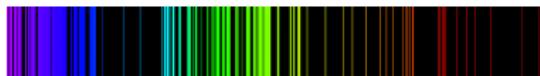
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$
, где  $\nu$  – частота излучения,  $\lambda$  – длина волны,  $c \approx 10^8$  м/с – скорость света

# Квантовая гипотеза

- Сравнивая испускание энергии разными источниками можно увидеть важные отличия
- Спектр сложной системы (Солнце) непрерывен



Спектр Солнца



Спектр Fe

- В спектре атомов (и молекул!) видны **полосы**
- Планк: энергия испускается (поглощается) квантами:

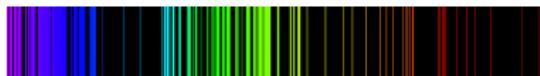
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \text{ где } \nu \text{ – частота излучения, } \lambda \text{ – длина волны, } c \approx 10^8 \text{ м/с – скорость света}$$

# Квантовая гипотеза

- Сравнивая испускание энергии разными источниками можно увидеть важные отличия
- Спектр сложной системы (Солнце) непрерывен



Спектр Солнца



Спектр Fe

- В спектре атомов (и молекул!) видны полосы
- Планк: энергия испускается (поглощается) **квантами**:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \text{ где } \nu - \text{частота излучения, } \lambda - \text{длина волны, } c \approx 10^8 \text{ м/с} - \text{скорость света}$$

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: **движение частицы** сопровождается распространением **волны**:

$$\lambda = \frac{h}{mv},$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Частицы и волны

- Физика имеет дело с двумя типами объектов: частицами и волнами
- Частицы: масса  $m$ , скорость  $v$ , координаты  $x, y, z$
- Волны: длина волны  $\lambda$ , частота  $\nu$ , фаза  $\varphi$
- Особенности взаимодействия:
  - закон сохранения импульса – для частиц;
  - интерференция, дифракция – для волн;
- Де-Бройль: движение частицы сопровождается распространением волны:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$h$  – постоянная Планка  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

- Для электрона  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг,  $v_e = 10^6$  м/с:  
 $\lambda \approx 10^{-10}$  м = 1 Å – сопоставимо с размером атома!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в макромире точность измерения ограничена конструкцией прибора;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!

- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса  
 $p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в **макромире** точность измерения ограничена **конструкцией прибора**;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!

- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса  
 $p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в макромире точность измерения ограничена конструкцией прибора;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!

- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса

$p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в макромире точность измерения ограничена конструкцией прибора;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!
- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса  
 $p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в макромире точность измерения ограничена конструкцией прибора;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!

- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса  
 $p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Принцип неопределенности Гейзенберга

- С какой точностью можно измерить физическую величину?
  - в макромире точность измерения ограничена конструкцией прибора;
  - в микромире помимо этого точность ограничена самой величиной!

- Гейзенберг: невозможно одновременно точно определить положение частицы и её скорость

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{h}{2\pi},$$

$\Delta x, \Delta p_x$  – погрешность определения координаты и импульса  
 $p_x = m \cdot v$  – импульс частицы

- Для электрона:  $\Delta x = 10^{-10}$  м, тогда  $\Delta v = 10^6$  м/с
- Вывод: описать движение электрона в атоме с помощью классической механики невозможно!

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!
- Волновая функция  $\Psi$  или атомная орбиталь (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) \Psi = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!
- Волновая функция  $\Psi$  или атомная орбиталь (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!

- Волновая функция  $\Psi$  или атомная орбиталь (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!
- Волновая функция  $\Psi$  или атомная орбиталь (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!
- Волновая функция  $\Psi$  или **атомная орбиталь** (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!
- Волновая функция  $\Psi$  или **атомная орбиталь** (АО)
  - $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!

- Волновая функция  $\Psi$  или **атомная орбиталь** (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Описание поведения электрона в атоме

- Уравнение Ньютона для частицы:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{F t^2}{2m}$$

- Уравнение Гюйгенса для волны:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} \Psi$$

- Уравнение Шредингера для электрона в атоме:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - U) = 0$$

- Состояние электрона описывается волновым уравнением!

- Волновая функция  $\Psi$  или **атомная орбиталь** (АО)

- $\Psi^2 dV$  – вероятность нахождения электрона в  $dV$

- Электрон «где-то» есть  $\int_0^{\infty} \Psi^2 dV = 1$

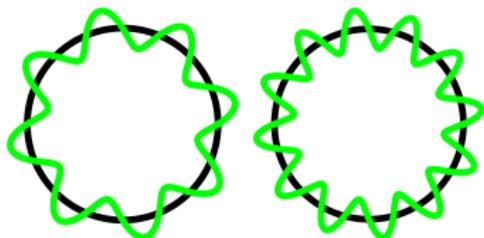
- Электронное облако: граничная поверхность, внутри которой вероятность нахождения электрона больше 90% ( $\int \Psi^2 dV = 0.9$ )

# Квантование состояний электрона в атоме

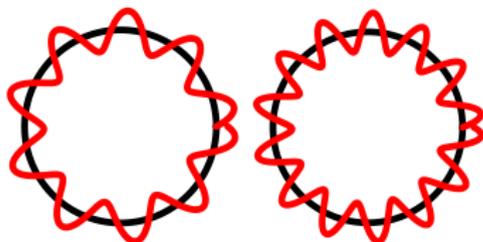
- В теории Бора стационарность некоторых орбит (квантование) постулируется, т.е. просто принимается без доказательств или объяснений
- Из волнового уравнения квантование выводится естественным образом: волновая функция электрона должна быть непрерывной

# Квантование состояний электрона в атоме

- В теории Бора стационарность некоторых орбит (квантование) постулируется, т.е. просто принимается без доказательств или объяснений
- Из волнового уравнения квантование выводится естественным образом: волновая функция электрона должна быть непрерывной



Разрешенные решения  
(нет разрывов функции)



Недопустимые решения  
(есть разрыв функции)

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – квантовые числа
- $n$  – главное квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n=1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n=42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – орбитальное (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n-1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – магнитное квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots +l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – спиновое квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n=1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n=42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n-1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots +l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots +l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots +l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots +l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: определение

- $\Psi = f(n, l, m, s)$  – волновая функция параметризуется
- Параметры –  $n, l, m, s$  – **квантовые числа**
- $n$  – **главное** квантовое число
  - $n \in [1 \dots \infty)$  – целое число
  - характеризует общую энергию и размер АО
  - $r_{\text{атома}}(n = 1) = 0,53 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{атома}}(n = 42) = 9,3 \text{ мкм}$
- $l$  – **орбитальное** (побочное) квантовое число
  - $l \in [0 \dots (n - 1)]$  – целое число
  - характеризует форму АО
- $m$  – **магнитное** квантовое число
  - $[-l \dots 0 \dots + l]$  – целое число
  - характеризует ориентацию АО в пространстве
- $s$  – **спиновое** квантовое число
  - $+1/2, -1/2$
  - характеризует собственное состояние электрона

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни

- **уровень**: АО с одинаковым  $n$
- **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
- АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$

- 2, 4, 5 – значения  $n$
- $p, d, f$  – значения  $l$
- $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x, 4d_{xy}, 5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - **2, 4, 5** – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

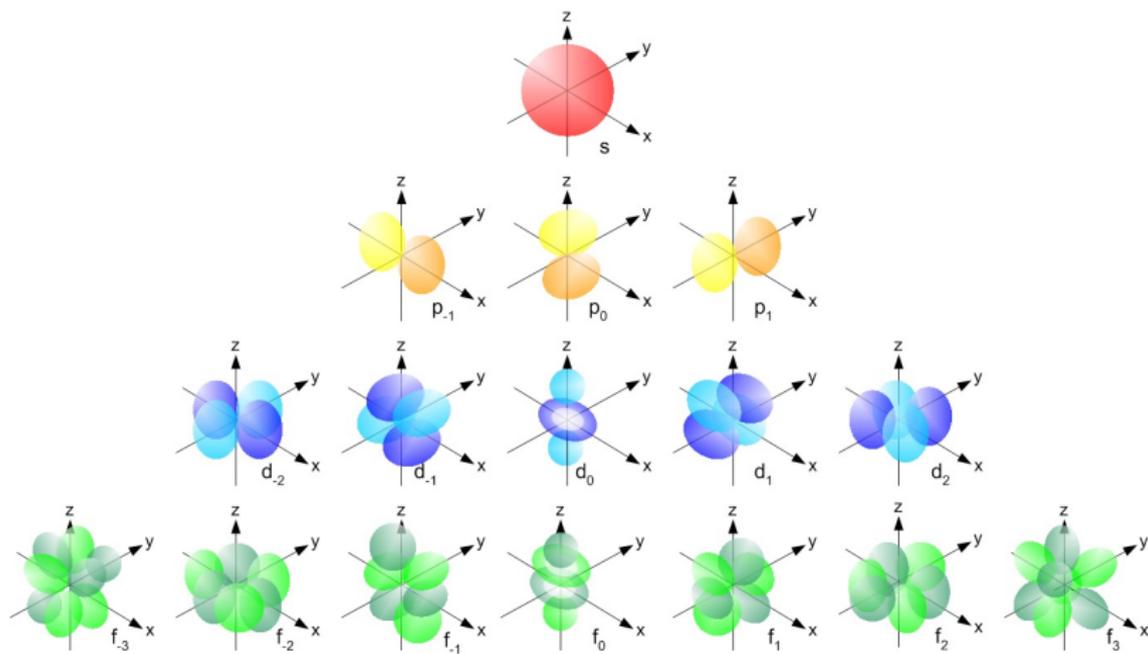
# Квантовые числа: продолжение

- Энергетические уровни и подуровни
  - **уровень**: АО с одинаковым  $n$
  - **подуровень**: АО с одинаковыми  $n$  и  $l$
  - АО с одинаковой энергией **вырождены**

$l$	Обозначение	Форма АО	Кол-во АО
0	$s$	сфера	1
1	$p$	гантель	3
2	$d$	розетка	5
3	$f$	сложная розетка	7

- Обозначения АО:  $2p_x$ ,  $4d_{xy}$ ,  $5f_{-1}$ 
  - 2, 4, 5 – значения  $n$
  - $p, d, f$  – значения  $l$
  - $x, xy, -1$  – информация о  $m$

# Граничные поверхности различных АО



Изображения взяты с Википедии

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- Принцип Паули: два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- **Принцип Паули:** два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- Принцип Паули: два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- Принцип Паули: два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- Принцип Паули: два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Последовательность заполнения АО

- Принцип минимума энергии: электрон занимает доступную АО с самой низкой энергией
- Принцип Паули: два электрона не могут иметь одинаковый набор  $n, l, m$  и  $s$ 
  - $N_e^{max}$  (ур.) =  $2n^2$  – ёмкость уровня
  - $N_e^{max}$  (подур.) =  $2(2l + 1)$  – ёмкость подуровня
  - пара электронов с одинаковыми  $n, l$  и  $m$ , но разными  $s$ , принадлежит одной ячейке
- Ёмкость некоторых уровней и подуровней:

$n$	$N_e^{max}$ (ур.)	$l$	$N_e^{max}$ (подур.)	$N$ ячеек
1	2	0( $s$ )	2	1
2	8	1( $p$ )	6	3
3	18	2( $d$ )	10	5
4	32	3( $f$ )	14	7

# Правило Клечковского и электронные формулы

- Правило Клечковского: **сумма  $n + l$  важнее  $n$**

- Реализация правила Клечковского

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \dots$$

подур.	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
$n + l$	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	4+0	3+2
$N_e^{max}$	2	2	6	2	6	2	10
подур.	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d
$n + l$	4+1	5+0	4+2	5+1	6+0	4+3	5+2
$N_e^{max}$	6	2	10	6	2	14	10

- Пример:  ${}_5\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^1$
- Пример:  ${}_{26}\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \rightarrow 3d^6 4s^2$
- 4 семейства элементов:  $s, p, d, f$ . Fe –  $d$ -семейство

# Правило Клечковского и электронные формулы

- Правило Клечковского: сумма  $n + l$  важнее  $n$
- Реализация правила Клечковского  
 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \dots$

подур.	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
$n + l$	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	4+0	3+2
$N_e^{max}$	2	2	6	2	6	2	10
подур.	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d
$n + l$	4+1	5+0	4+2	5+1	6+0	4+3	5+2
$N_e^{max}$	6	2	10	6	2	14	10

- Пример:  ${}_5\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^1$
- Пример:  ${}_{26}\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \rightarrow 3d^6 4s^2$
- 4 семейства элементов:  $s, p, d, f$ . Fe –  $d$ -семейство

# Правило Клечковского и электронные формулы

- Правило Клечковского: сумма  $n + l$  важнее  $n$

- Реализация правила Клечковского

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \dots$$

подур.	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
$n + l$	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	4+0	3+2
$N_e^{max}$	2	2	6	2	6	2	10
подур.	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d
$n + l$	4+1	5+0	4+2	5+1	6+0	4+3	5+2
$N_e^{max}$	6	2	10	6	2	14	10

- Пример:  ${}_5\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^1$
- Пример:  ${}_{26}\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \rightarrow 3d^6 4s^2$
- 4 семейства элементов:  $s, p, d, f$ . Fe –  $d$ -семейство

# Правило Клечковского и электронные формулы

- Правило Клечковского: сумма  $n + l$  важнее  $n$
- Реализация правила Клечковского  
 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \dots$

подур.	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
$n + l$	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	4+0	3+2
$N_e^{max}$	2	2	6	2	6	2	10
подур.	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d
$n + l$	4+1	5+0	4+2	5+1	6+0	4+3	5+2
$N_e^{max}$	6	2	10	6	2	14	10

- Пример:  ${}_5\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^1$
- Пример:  ${}_{26}\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \rightarrow 3d^6 4s^2$
- 4 семейства элементов:  $s, p, d, f$ . Fe –  $d$ -семейство

# Правило Клечковского и электронные формулы

- Правило Клечковского: сумма  $n + l$  важнее  $n$
- Реализация правила Клечковского  
 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \dots$

подур.	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d
$n + l$	1+0	2+0	2+1	3+0	3+1	4+0	3+2
$N_e^{max}$	2	2	6	2	6	2	10
подур.	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d
$n + l$	4+1	5+0	4+2	5+1	6+0	4+3	5+2
$N_e^{max}$	6	2	10	6	2	14	10

- Пример:  ${}_5\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^1$
- Пример:  ${}_{26}\text{Fe} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6 \rightarrow 3d^6 4s^2$
- 4 семейства элементов:  $s, p, d, f$ . Fe –  $d$ -семейство

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны **электронграфические формулы**:

- одна ячейка – место для пары электронов
- электроны обозначаются стрелками:
  - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
  - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )

- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы **валентные электроны**

- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

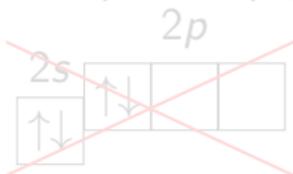


- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы валентные электроны
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

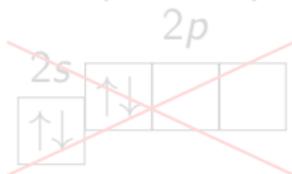


- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы валентные электроны
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

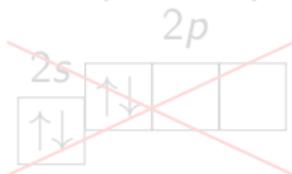


- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы валентные электроны
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы валентные электроны
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

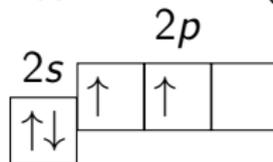
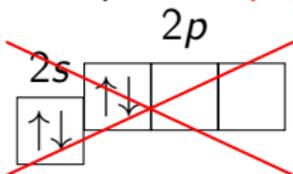


- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов **предпочтительно одинаковый** (Хунд)



- Химически значимы **валентные электроны**
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы **валентные электроны**
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



- Валентность Sc: 0, 2, 3

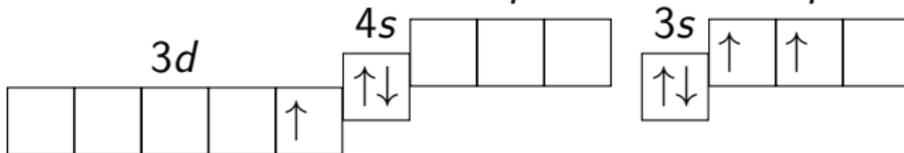
Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы **валентные электроны**
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



- Валентность Sc: 0, 2, 3

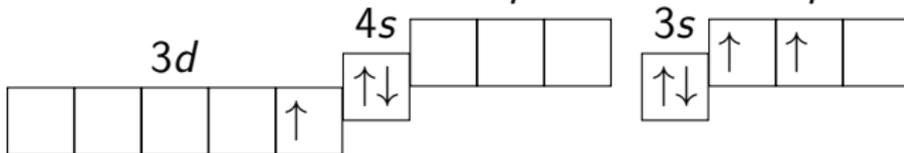
Валентность Si: 2, 4

# Построение электронграфических формул

- Иногда удобны электронографические формулы:
  - одна ячейка – место для пары электронов
  - электроны обозначаются стрелками:
    - $\uparrow$  – спин положительный ( $s = +1/2$ )
    - $\downarrow$  – спин отрицательный ( $s = -1/2$ )
- Спин электронов предпочтительно одинаковый (Хунд)



- Химически значимы **валентные электроны**
- ${}_{21}\text{Sc} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ,  ${}_{14}\text{Si} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



- Валентность Sc: 0, 2, 3

Валентность Si: 2, 4

# Особенности электронных формул

- Общее правило: повышенной устойчивостью обладают полностью и наполовину заполненные подуровни
- Поэтому атомы в соединениях принимают или отдают электроны:
  - металлы отдают электроны – образуются катионы
  - неметаллы образуют анионы
- **Изоэлектронные** частицы содержат одинаковое число электронов:

Элемент	Формула	Ион	Формула	Газ
Ca	$3s^2 3p^6 4s^2$	$Ca^{2+}$	$3s^2 3p^6 4s^0$	Ar ( $3s^2 3p^6$ )
F	$2s^2 2p^5$	$F^-$	$2s^2 2p^6$	Ne ( $2s^2 2p^6$ )

# Особенности электронных формул

- Общее правило: повышенной устойчивостью обладают полностью и наполовину заполненные подуровни
- Поэтому атомы в соединениях принимают или отдают электроны:
  - металлы отдают электроны – образуются катионы
  - неметаллы образуют анионы
- **Изоэлектронные** частицы содержат одинаковое число электронов:

Элемент	Формула	Ион	Формула	Газ
Ca	$3s^2 3p^6 4s^2$	$Ca^{2+}$	$3s^2 3p^6 4s^0$	Ar ( $3s^2 3p^6$ )
F	$2s^2 2p^5$	$F^-$	$2s^2 2p^6$	Ne ( $2s^2 2p^6$ )

# Особенности электронных формул

- Общее правило: повышенной устойчивостью обладают полностью и наполовину заполненные подуровни
- Поэтому атомы в соединениях принимают или отдают электроны:
  - металлы отдают электроны – образуются катионы
  - неметаллы образуют анионы
- **Изоэлектронные** частицы содержат одинаковое число электронов:

Элемент	Формула	Ион	Формула	Газ
Ca	$3s^2 3p^6 4s^2$	$Ca^{2+}$	$3s^2 3p^6 4s^0$	Ar ( $3s^2 3p^6$ )
F	$2s^2 2p^5$	$F^-$	$2s^2 2p^6$	Ne ( $2s^2 2p^6$ )

# Особенности электронных формул

- Общее правило: повышенной устойчивостью обладают полностью и наполовину заполненные подуровни
- Поэтому атомы в соединениях принимают или отдают электроны:
  - металлы отдают электроны – образуются катионы
  - неметаллы образуют анионы
- **Изоэлектронные** частицы содержат одинаковое число электронов:

Элемент	Формула	Ион	Формула	Газ
Ca	$3s^2 3p^6 4s^2$	$Ca^{2+}$	$3s^2 3p^6 4s^0$	Ar ( $3s^2 3p^6$ )
F	$2s^2 2p^5$	$F^-$	$2s^2 2p^6$	Ne ( $2s^2 2p^6$ )

# Особенности электронных формул

- Общее правило: повышенной устойчивостью обладают полностью и наполовину заполненные подуровни
- Поэтому атомы в соединениях принимают или отдают электроны:
  - металлы отдают электроны – образуются катионы
  - неметаллы образуют анионы
- **Изоэлектронные** частицы содержат одинаковое число электронов:

Элемент	Формула	Ион	Формула	Газ
Ca	$3s^2 3p^6 4s^2$	$Ca^{2+}$	$3s^2 3p^6 4s^0$	Ar ( $3s^2 3p^6$ )
F	$2s^2 2p^5$	$F^-$	$2s^2 2p^6$	Ne ( $2s^2 2p^6$ )

# Периодичный закон и система

Свойства элементов, простых веществ и соединений находятся в периодической зависимости от значений зарядов ядер атомов

Періодична система хімічних елементів (коротка форма)

Періоди	Групи елементів																		http://vkurok.ru/	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		VIII		VIII		VIII		VIII				
1	<b>H</b> 1 1,00794 Гідроген																	<b>He</b> 2 4,00 Гелій	Періодичний номер Назва елемента систематично	
2	<b>Li</b> 3 6,94 Літій	<b>Be</b> 4 9,01 Берилій	<b>B</b> 5 10,81 Бор	<b>C</b> 6 12,01 Карбон	<b>N</b> 7 14,01 Нітроген	<b>O</b> 8 15,99 Оксиген	<b>F</b> 9 18,99 Флуор	<b>Ne</b> 10 20,18 Неон											26 55,85 Fe Ферум	
3	<b>Na</b> 11 22,99 Натрій	<b>Mg</b> 12 24,30 Магній	<b>Al</b> 13 26,98 Алюміній	<b>Si</b> 14 28,08 Силіцій	<b>P</b> 15 30,97 Фосфор	<b>S</b> 16 32,06 Сульфур	<b>Cl</b> 17 34,45 Хлор	<b>Ar</b> 18 39,95 Аргон											Атомна маса Символ	
4	<b>K</b> 19 39,09 Калій	<b>Ca</b> 20 40,08 Кальцій	<b>Sc</b> 21 44,95 Скандій	<b>Ti</b> 22 47,88 Титан	<b>V</b> 23 50,94 Ванадій	<b>Cr</b> 24 51,99 Хром	<b>Mn</b> 25 54,94 Манган	<b>Fe</b> 26 55,85 Ферум	<b>Co</b> 27 58,93 Кобальт	<b>Ni</b> 28 58,69 Нікель										
5	<b>Rb</b> 37 85,46 Рубідій	<b>Sr</b> 38 87,62 Стронцій	<b>Y</b> 39 88,90 Ітрій	<b>Zr</b> 40 91,22 Цирконій	<b>Nb</b> 41 92,90 Ніобій	<b>Mo</b> 42 95,94 Молибден	<b>Tc</b> 43 98,90 Техонцій	<b>Ru</b> 44 101,07 Рутеній	<b>Rh</b> 45 102,90 Родій	<b>Pd</b> 46 106,42 Паладій										
6	<b>Cs</b> 55 132,90 Цезій	<b>Ba</b> 56 137,33 Барій	<b>La</b> 57 138,90 Лантан	<b>Hf</b> 72 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 73 180,95 Тантал	<b>W</b> 74 183,85 Вольфрам	<b>Re</b> 75 186,21 Рений	<b>Os</b> 76 190,21 Осмій	<b>Ir</b> 77 192,22 Ірідій	<b>Pt</b> 78 195,08 Платина										
7	<b>Au</b> 79 196,97 Аурум	<b>Hg</b> 80 200,59 Меркурій	<b>Tl</b> 81 204,38 Талій	<b>Pb</b> 82 207,20 Свинець	<b>Bi</b> 83 208,98 Висмут	<b>Po</b> 84 209 Полоній	<b>At</b> 85 210 Астат	<b>Rn</b> 86 222 Радон												
8	<b>Fr</b> 87 223 Францій	<b>Ra</b> 88 226,02 Радій	<b>Ac</b> 89 227 Актиній	<b>Rf</b> 104 261 Резерфордій	<b>Db</b> 105 262 Дубній	<b>Sg</b> 106 263 Сіборгій	<b>Bh</b> 107 264 Борій	<b>Hs</b> 108 265 Гасій	<b>Mt</b> 109 266 Майтнерій	<b>Uun</b> 110 267 Унуній										
Висщі оксиди	<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>										
Легкі водні сполуки				<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>3</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>HR</b>													
	* <b>Ce</b> 58 140,12 Церій	<b>Pr</b> 59 140,90 Прометій	<b>Nd</b> 60 144,24 Неодім	<b>Pm</b> 61 144,91 Прометій	<b>Sm</b> 62 150,36 Самарій	<b>Eu</b> 63 151,96 Європій	<b>Gd</b> 64 157,25 Гадоліній	<b>Tb</b> 65 158,92 Тербій	<b>Dy</b> 66 162,50 Диспроцій	<b>Ho</b> 67 164,93 Гольмій	<b>Er</b> 68 167,26 Ербій	<b>Tm</b> 69 168,93 Тиманій	<b>Yb</b> 70 173,04 Йттербий	<b>Lu</b> 71 174,96 Лютецій						
**	<b>Th</b> 90 232,04 Торій	<b>Pa</b> 91 231 Патагоній	<b>U</b> 92 238,03 Уран	<b>Np</b> 93 237 Нептуній	<b>Pu</b> 94 242 Плутоній	<b>Am</b> 95 243 Америцій	<b>Cm</b> 96 247 Курій	<b>Bk</b> 97 247 Беркелій	<b>Cf</b> 98 251 Каліфорній	<b>Es</b> 99 252 Ейнштейній	<b>Fm</b> 100 257 Фермій	<b>Md</b> 101 258 Менделєєв	<b>No</b> 102 259 Нобелій	<b>Lr</b> 103 260 Лоренцій						

Металлические свойства усиливаются в группе сверху вниз; неметаллические – в периоде слева направо. Семейства элементов отмечаются цветом.

# Задача 1

**Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?**

# Задача 1

**Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.

# Задача 1

**Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня известна: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.

# Задача 1

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: **11**, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня известна: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- **11** электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{11}\text{Na}$ .

# Задача 1

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня известна: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- 11 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{11}\text{Na}$ .
- Натрий относится к  **$s$ -семейству**.

# Задача 1

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня известна: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- 11 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{11}\text{Na}$ .
- Натрий относится к  $s$ -семейству.
- Электронографическая формула **для валентных электронов**:  
 $3s \begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline \end{array}$

# Задача 1

**Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется правилом Клечковского. Последовательность подуровней в порядке их заполнения электронами выглядит так  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня известна: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- 11 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{11}\text{Na}$ .
- Натрий относится к  $s$ -семейству.
- Электронографическая формула для валентных электронов:  
 $3s \uparrow \square$
- Возможная валентность единственная – 1. На валентном уровне есть единственный неспаренный электрон, который и отвечает за проявление единичной валентности.

## Задача 1 (продолжение)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

# Задача 1 (продолжение)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 29 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ . С учетом «провала электрона» формула будет несколько иной:  $\dots 4s^1 3d^{10}$  или  $3d^{10} 4s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{29}\text{Cu}$ .

# Задача 1 (продолжение)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 29 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ . С учетом «провала электрона» формула будет несколько иной:  $\dots 4s^1 3d^{10}$  или  $3d^{10} 4s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{29}\text{Cu}$ .
- Медь относится к **d-семейству**. ( $3d$  подуровень заполняется после  $4s$ !)

# Задача 1 (продолжение)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, **29**, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 29 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ . С учетом «провала электрона» формула будет несколько иной:  $\dots 4s^1 3d^{10}$  или  $3d^{10} 4s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{29}\text{Cu}$ .
- Медь относится к  $d$ -семейству. ( $3d$  подуровень заполняется после  $4s$ !)
- Электронографическая формула **для валентных электронов**:



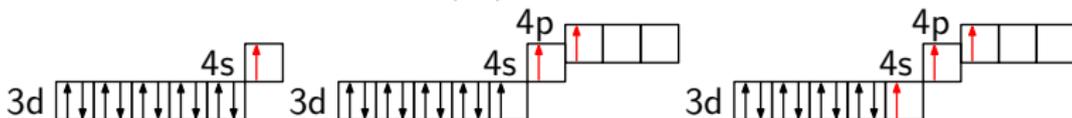
# Задача 1 (продолжение)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 29 электронов распределены по подуровням так:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ . С учетом «провала электрона» формула будет несколько иной:  $\dots 4s^1 3d^{10}$  или  $3d^{10} 4s^1$ . Это – электронная формула элемента  $^{29}\text{Cu}$ .
- Медь относится к *d*-семейству. (*3d* подуровень заполняется после *4s*!)
- Электронографическая формула для валентных электронов:



- Возможные валентности: 1, 2, 3.



# Задача 1 (окончание)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

# Задача 1 (окончание)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, 51. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 51 электронов распределены по подуровням так:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$ . Сокращенная формула:  
 $5s^2 5p^3$  (полностью заполненный 4d-подуровень принадлежит внутреннему 4-му уровню). Это – электронная формула элемента  $^{51}\text{Sb}$ .

# Задача 1 (окончание)

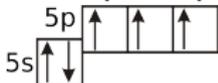
Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, **51**. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 51 электронов распределены по подуровням так:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$ . Сокращенная формула:  
 $5s^2 5p^3$  (полностью заполненный  $4d$ -подуровень принадлежит внутреннему 4-му уровню). Это – электронная формула элемента  $^{51}\text{Sb}$ .
- Сурьма (стибий) относится к  **$p$ -семейству**.

# Задача 1 (окончание)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, **51**. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

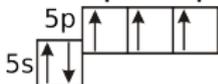
- 51 электронов распределены по подуровням так:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$ . Сокращенная формула:  
 $5s^2 5p^3$  (полностью заполненный  $4d$ -подуровень принадлежит внутреннему 4-му уровню). Это – электронная формула элемента  $^{51}\text{Sb}$ .
- Сурьма (стибий) относится к  $p$ -семейству.
- Электронографическая формула **для валентных электронов**:



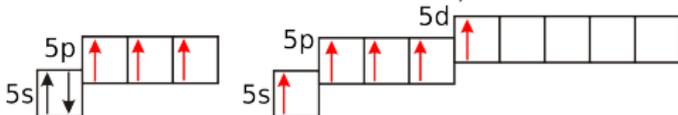
# Задача 1 (окончание)

Составьте электронные и электронографические формулы элементов с указанными порядковыми номерами: 11, 29, **51**. К какому семейству они относятся? Какие валентности могут проявлять эти элементы в соединениях?

- 51 электронов распределены по подуровням так:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$ . Сокращенная формула:  
 $5s^2 5p^3$  (полностью заполненный  $4d$ -подуровень принадлежит внутреннему 4-му уровню). Это – электронная формула элемента  $^{51}\text{Sb}$ .
- Сурьма (стибий) относится к  $p$ -семейству.
- Электронографическая формула для валентных электронов:



- Возможные валентности: 3, 5.



## Задача 2

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

## Задача 2

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  
 $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.

## Задача 2

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  
 $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.

## Задача 2

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 3$ . Значит, элемент находится в 3-м периоде.

## Задача 2

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 3$ . Значит, элемент находится в 3-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 3, поэтому номер группы элемента – 3.

## Задача 2

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 3$ . Значит, элемент находится в 3-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 3, поэтому номер группы элемента – 3.
- Элемент относится к  $p$ -семейству, поэтому он принадлежит к главной подгруппе.

## Задача 2

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3s^23p^1$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Порядок заполнения атомных орбиталей электронами:  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s$  и т.д.
- Ёмкость каждого подуровня: на  $s$ -подуровне может находиться до 2 электронов, на  $p$  – до 6, на  $d$  – до 10 и на  $f$  – до 14.
- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 3$ . Значит, элемент находится в 3-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 3, поэтому номер группы элемента – 3.
- Элемент относится к  $p$ -семейству, поэтому он принадлежит к главной подгруппе.
- Зная номер группы и периода, можно дать название элементу и указать его порядковый номер:  $^{13}\text{Al}$ . Иначе можно записать полную электронную формулу элемента и посчитать суммарное количество электронов:  $1s^22s^22p^63s^23p^1$ .

## Задача 2 (продолжение)

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3d^5 4s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

## Задача 2 (продолжение)

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3d^5 4s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 4$ . Значит, элемент находится в 4-м периоде.

## Задача 2 (продолжение)

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3d^5 4s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 4$ . Значит, элемент находится в 4-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно **7**, поэтому номер группы элемента – 7.

## Задача 2 (продолжение)

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3d^54s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 4$ . Значит, элемент находится в 4-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 7, поэтому номер группы элемента – 7.
- Элемент относится к  $d$ -семейству, поэтому он принадлежит к **побочной** подгруппе.

## Задача 2 (продолжение)

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $3d^54s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 4$ . Значит, элемент находится в 4-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 7, поэтому номер группы элемента – 7.
- Элемент относится к  $d$ -семейству, поэтому он принадлежит к побочной подгруппе.
- Зная номер группы и периода, можно дать название элементу и указать его порядковый номер:  $^{25}\text{Mn}$ . Иначе можно записать полную электронную формулу элемента и посчитать суммарное количество электронов:  $1s^22s^22p^63s^23p^64s^53d^5$ .

## Задача 2 (окончание)

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $5d^76s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

## Задача 2 (окончание)

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $5d^76s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 6$ . Значит, элемент находится в 6-м периоде.

## Задача 2 (окончание)

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $5d^76s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 6$ . Значит, элемент находится в 6-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 9, однако 9-й группы в короткопериодной форме Периодической системы нет. Поэтому достаточно просто найти 9-й элемент от начала 6-го периода.

## Задача 2 (окончание)

Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $5d^76s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 6$ . Значит, элемент находится в 6-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 9, однако 9-й группы в короткопериодной форме Периодической системы нет. Поэтому достаточно просто найти 9-й элемент от начала 6-го периода.
- Элемент относится к  $d$ -семейству, поэтому он принадлежит к **побочной** подгруппе.

## Задача 2 (окончание)

**Определите, в каких периодах, группах и подгруппах Периодической системы находится элемент, если известно строение внешних электронных оболочек его атома:  $5d^76s^2$ . Назовите элемент и его номер в Периодической системе.**

- Внешний электронный уровень данного элемента характеризуется главным квантовым числом  $n = 6$ . Значит, элемент находится в 6-м периоде.
- Суммарное количество валентных электронов равно 9, однако 9-й группы в короткопериодной форме Периодической системы нет. Поэтому достаточно просто найти 9-й элемент от начала 6-го периода.
- Элемент относится к  $d$ -семейству, поэтому он принадлежит к побочной подгруппе.
- Зная номер периода и **порядковый номер элемента в периоде**, можно дать название элементу и указать его порядковый номер:  $^{77}\text{Ir}$ .

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- $\text{Mg}(+2)$ .
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у Mg(+2) – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то Mg(+2) описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у Mg(+2) – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то Mg(+2) описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).

## Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у Mg(+2) – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то Mg(+2) описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у Cl(-1) – 18.

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у Mg(+2) – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то Mg(+2) описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у Cl(-1) – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то  $\text{Mg}(+2)$  описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у  $\text{Cl}(-1)$  – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- Ni(+2).

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то  $\text{Mg}(+2)$  описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у  $\text{Cl}(-1)$  – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- Ni(+2).
- У  $^{28}\text{Ni}$  имеется 28 электронов, а у  $\text{Ni}(+2)$  – 26.

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то  $\text{Mg}(+2)$  описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у Cl(-1) – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- Ni(+2).
- У  $^{28}\text{Ni}$  имеется 28 электронов, а у Ni(+2) – 26.
- Ni  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$      $3d^8 4s^2$
- Ni(+2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^8$      $3d^8 4s^0$

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то  $\text{Mg}(+2)$  описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у  $\text{Cl}(-1)$  – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- Ni(+2).
- У  $^{28}\text{Ni}$  имеется 28 электронов, а у  $\text{Ni}(+2)$  – 26.
- Ni  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$      $3d^8 4s^2$
- Ni(+2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^8$      $3d^8 4s^0$
- Электроны удаляются в первую очередь с внешнего уровня, хотя заполнение электронами подуровней происходит в другом порядке. Третий электрон из атома Ni удаляется уже с d-подуровня:

# Задача 3

Запишите электронные формулы атомов элементов, имеющих разные степени окисления.

- Mg(+2).
- Степень окисления показывает сколько электронов приобрел или потерял соответствующий нейтральный атом.
- У  $^{12}\text{Mg}$  имеется 12 электронов, тогда как у  $\text{Mg}(+2)$  – только 10.
- Если электронная формула Mg выглядит как  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ , то  $\text{Mg}(+2)$  описывается такой формулой:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- Cl(-1).
- У  $^{17}\text{Cl}$  имеется 17 электронов, а у Cl(-1) – 18.
- Cl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- Cl(-1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- Ni(+2).
- У  $^{28}\text{Ni}$  имеется 28 электронов, а у Ni(+2) – 26.
- Ni  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$      $3d^8 4s^2$
- Ni(+2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^8$      $3d^8 4s^0$
- Электроны удаляются в первую очередь с внешнего уровня, хотя заполнение электронами подуровней происходит в другом порядке. Третий электрон из атома Ni удаляется уже с d-подуровня:
- Ni(+2)  $3d^8 4s^0$
- Ni(+3)  $3d^7 4s^0$

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .
- Данная запись означает, что на  $p$ -подуровне ( $l = 1$ ) 3-го уровня ( $n = 3$ ) имеется 8 электронов.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .
- Данная запись означает, что на  $p$ -подуровне ( $l = 1$ ) 3-го уровня ( $n = 3$ ) имеется 8 электронов.
- Такая конфигурация не может существовать, т.к. несмотря на наличие у 3-го уровня  $p$ -подуровня, количество электронов на нем является недопустимым:  $p$ -подуровень может содержать лишь до 6 электронов.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .
- Данная запись означает, что на  $p$ -подуровне ( $l = 1$ ) 3-го уровня ( $n = 3$ ) имеется 8 электронов.
- Такая конфигурация не может существовать, т.к. несмотря на наличие у 3-го уровня  $p$ -подуровня, количество электронов на нем является недопустимым:  $p$ -подуровень может содержать лишь до 6 электронов.
- $2d^3$ .

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .
- Данная запись означает, что на  $p$ -подуровне ( $l = 1$ ) 3-го уровня ( $n = 3$ ) имеется 8 электронов.
- Такая конфигурация не может существовать, т.к. несмотря на наличие у 3-го уровня  $p$ -подуровня, количество электронов на нем является недопустимым:  $p$ -подуровень может содержать лишь до 6 электронов.
- $2d^3$ .
- Данная запись означает, что на  $d$ -подуровне ( $l = 2$ ) 2-го уровня ( $n = 2$ ) имеется 3 электронов.

# Задача 4

Существует ли данная электронная конфигурация? Если нет – укажите причину невозможности ее существования.

- $4f^5$ .
- Данная запись означает, что на  $f$ -подуровне ( $l = 3$ ) 4-го уровня ( $n = 4$ ) имеется 5 электронов.
- Для  $n = 4$  орбитальное квантовое число  $l$  может принимать значения 0, 1, 2, 3, т.е. значение 3 является допустимым (на 4-м уровне имеется  $f$ -подуровень).
- Максимальное количество электронов на подуровне равно  $2(2l + 1)$  и для  $l = 3$  оно составляет 14.
- Приведенная конфигурация предполагает наличие 5 электронов, что является допустимым. Вывод: данная конфигурация может существовать.
- $3p^8$ .
- Данная запись означает, что на  $p$ -подуровне ( $l = 1$ ) 3-го уровня ( $n = 3$ ) имеется 8 электронов.
- Такая конфигурация не может существовать, т.к. несмотря на наличие у 3-го уровня  $p$ -подуровня, количество электронов на нем является недопустимым:  $p$ -подуровень может содержать лишь до 6 электронов.
- $2d^3$ .
- Данная запись означает, что на  $d$ -подуровне ( $l = 2$ ) 2-го уровня ( $n = 2$ ) имеется 3 электронов.
- Невозможность такой конфигурации обусловлена тем, что на 2-м уровне отсутствует  $d$ -подуровень: для  $n = 2$   $l$  принимает значения 0 и 1, но не 2. Т.е. на 2-м уровне есть только  $s$  и  $p$ -подуровни.