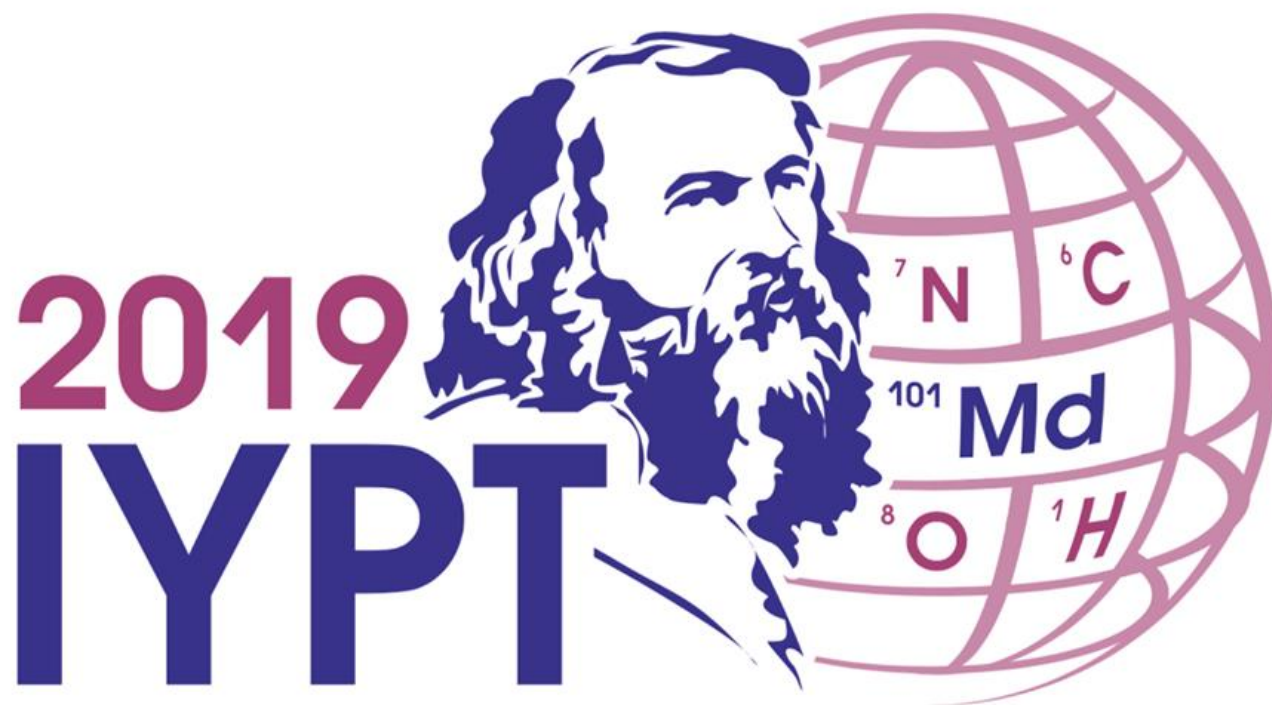


ЛЕКЦИЯ № 2
“Строение атомов”



Международный год
Периодической
таблицы химических
элементов



ПЛАН:

1. Основные понятия.
2. Квантовые числа
3. Правила заполнения атомных орбиталей и подуровней

**Атом — это
мельчайшая частица
химического элемента,
сохраняющая его
химические свойства.**

1. Основные понятия.

Строение вещества – учение о том, какие силы определяют его состав и структуру.

В случае химии состав и структура определяются на уровне атомов и молекул,

а действующие между ними силы определяются взаимодействием заряженных элементарных частиц – электронов и протонов.



Dalton, 1808

First to describe atoms in a modern, scientific sense

- Doesn't explain electricity
- + Idea of "atoms"



Thomson, 1897

Thomson's Plum Pudding Model

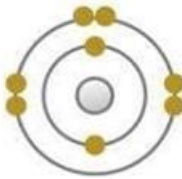
- Doesn't explain why some of Rutherford's α -particles bounced back
- + Protons & electrons



Rutherford, 1911

Rutherford shot α -particles through gold foil; some bounced back!

- Why don't the electrons lose energy and crash into the nucleus?
- + the Nucleus



Bohr, 1913

Basis for our modern atomic model

- Doesn't explain quantum mechanics
- + Electron Shells



Schrödinger, 1926

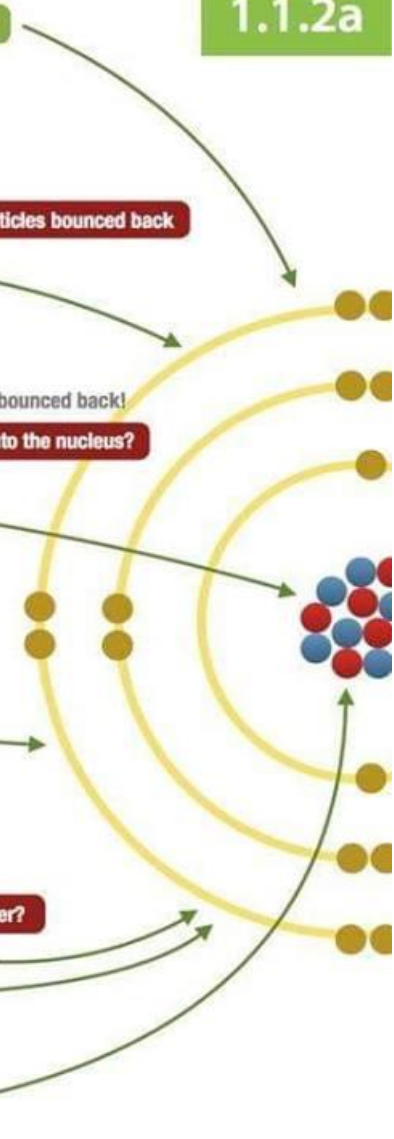
Quantum mechanics

- Why are some atoms of the same element heavier?
- + Subshells
- + 'Shells' are actually 'orbitals'



Chadwick, 1932

- + Neutrons!



**Атом – это
электронейтральная
микросистема, состоящая из
положительно заряженного
ядра и отрицательно
заряженной электронной
оболочки.**

**ЯДРО АТОМА – ЭТО
ПОЛОЖИТЕЛЬНО
ЗАРЯЖЕННАЯ ЧАСТИЦА,
СОСТОЯЩАЯ ИЗ ПРОТОНОВ,
НЕЙТРОНОВ И НЕКОТОРЫХ
ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
ЧАСТИЦ**

В ядре сосредоточено 99,95 % массы атома

СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

| Частица (символ) | Местоположение в атоме | Относительный заряд | Относительная масса (а.е.м.) |
|---------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Протон (p) | в ядре | +1 | 1,00728 |
| Нейтрон (n) | в ядре | 0 | 1,00867 |
| Электрон(e) | в оболочке | -1 | 0,00055 |

ЭЛЕКТРОН В АТОМЕ

ЭЛЕКТРОН

КОРПУСКУЛА
И
ВОЛНА

МАССА ПОКОЯ $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
ЗАРЯД $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ
ДИФРАКЦИЯ

Характеристики состояния электрона в атоме

ЭНЕРГИЯ

ОРБИТАЛЬНЫЙ МОМЕНТ
КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ

ВЕЛИЧИНА

НАПРАВЛЕНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ
СОБСТВЕННОГО
МОМЕНТА
КОЛИЧЕСТВА
ДВИЖЕНИЯ

Квантовые числа

n

- ЭНЕРГИЯ УРОВНЯ
- РАДИУС АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ УРОВНЯ
- НОМЕР УРОВНЯ
- ЧИСЛО ПОДУРОВНЕЙ

$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$

l

- ЭНЕРГИЯ ПОДУРОВНЯ
- ТИП ПОДУРОВНЯ
- ФОРМА АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ ПОДУРОВНЯ

$l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$

m_l

- ОРИЕНТАЦИЯ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ
- ЧИСЛО АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ В ПОДУРОВНЕ

$m_l = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$

m_s

- НАПРАВЛЕНИЕ СОБСТВЕННОГО МОМЕНТА КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНА
↑ ИЛИ ↓

$(m_s = \pm 1/2)$

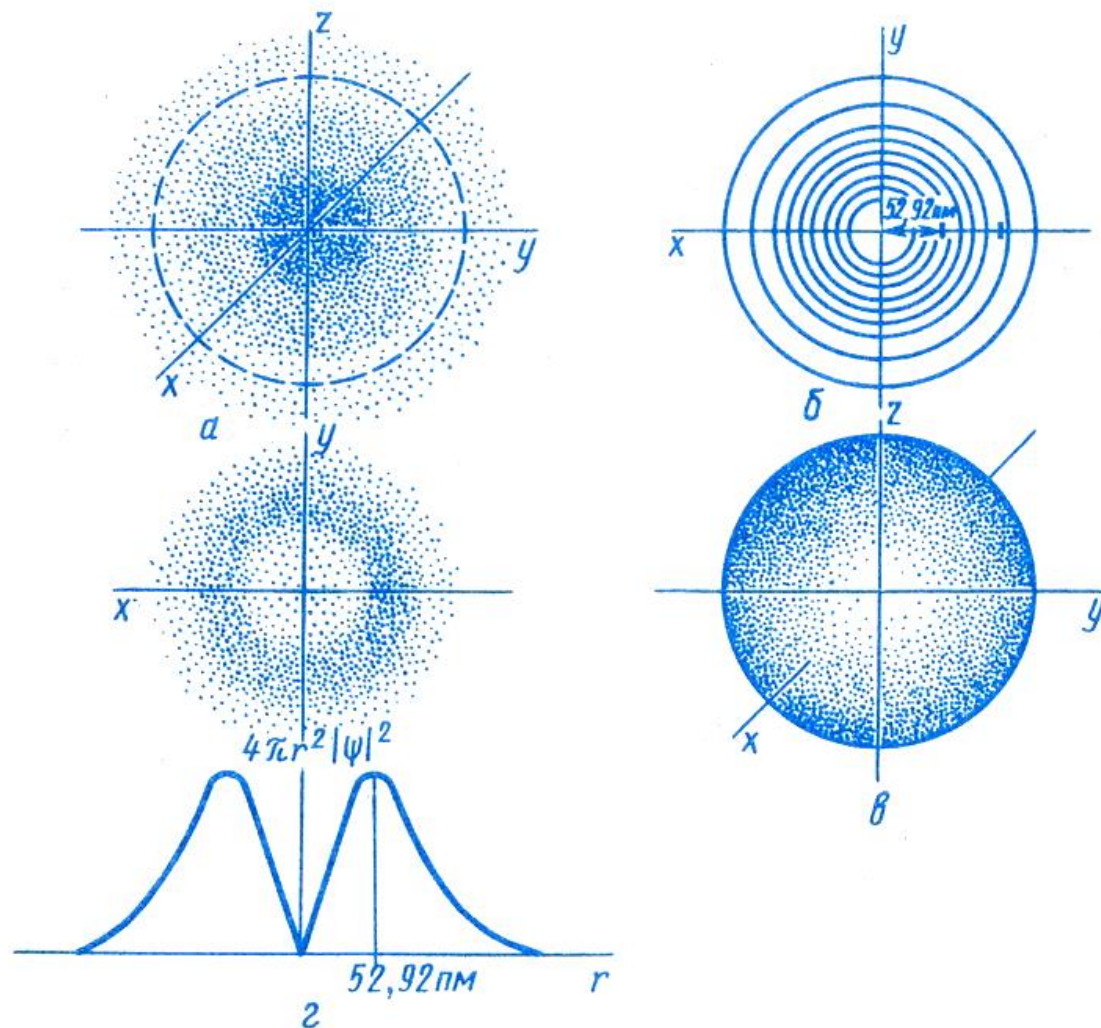
Согласно *принципу неопределенности В. Гейзенберга* невозможно в данный момент времени точно определить местонахождение частицы и ее импульс $P = mv$:

$$\Delta X \cdot \Delta P_x \geq \frac{h}{2\pi},$$

Современная теория строения атома была впервые предложена австрийским физиком Э. Шредингером (1925–1926), который объединил в едином волновом уравнении описание движения электрона как частицы с его описанием в виде волны. Уравнение Шредингера – фундаментальное уравнение квантовой механики. Оно описывает движение электронов в атоме с учетом их двойственной природы:

$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + U\psi = E\psi$$

Различные способы изображения электронного облака атома водорода в основном состоянии

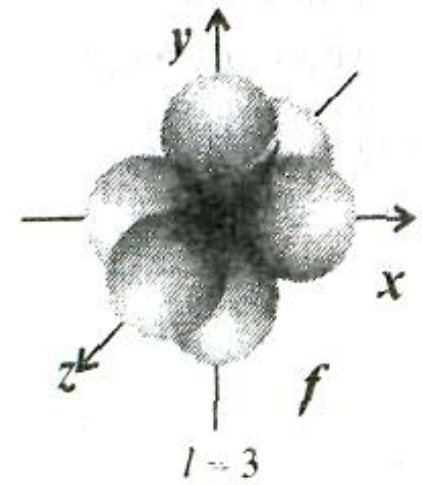
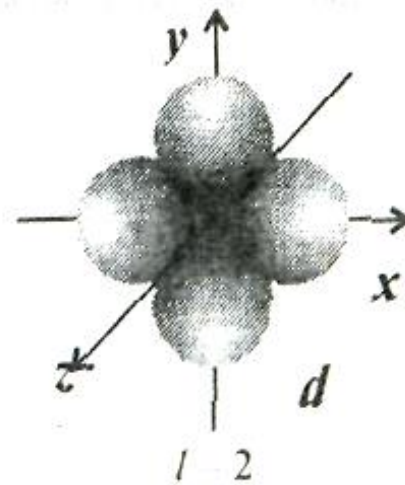
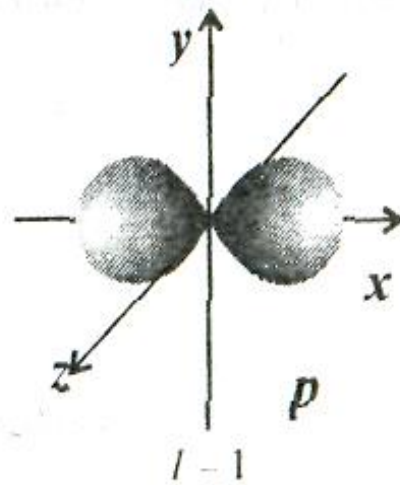
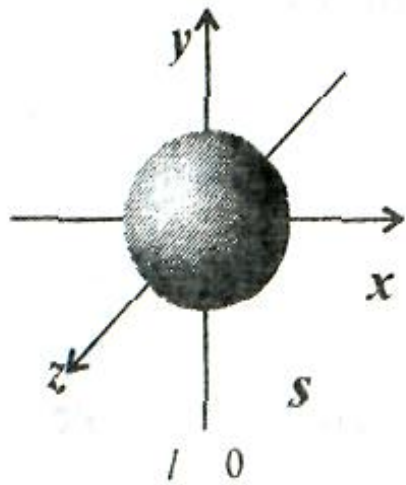


Атомная орбиталь (АО) – область атомного пространства, в которой движется электрон; область наиболее вероятного нахождения электрона. Форму АО определяет траектория движения электрона.

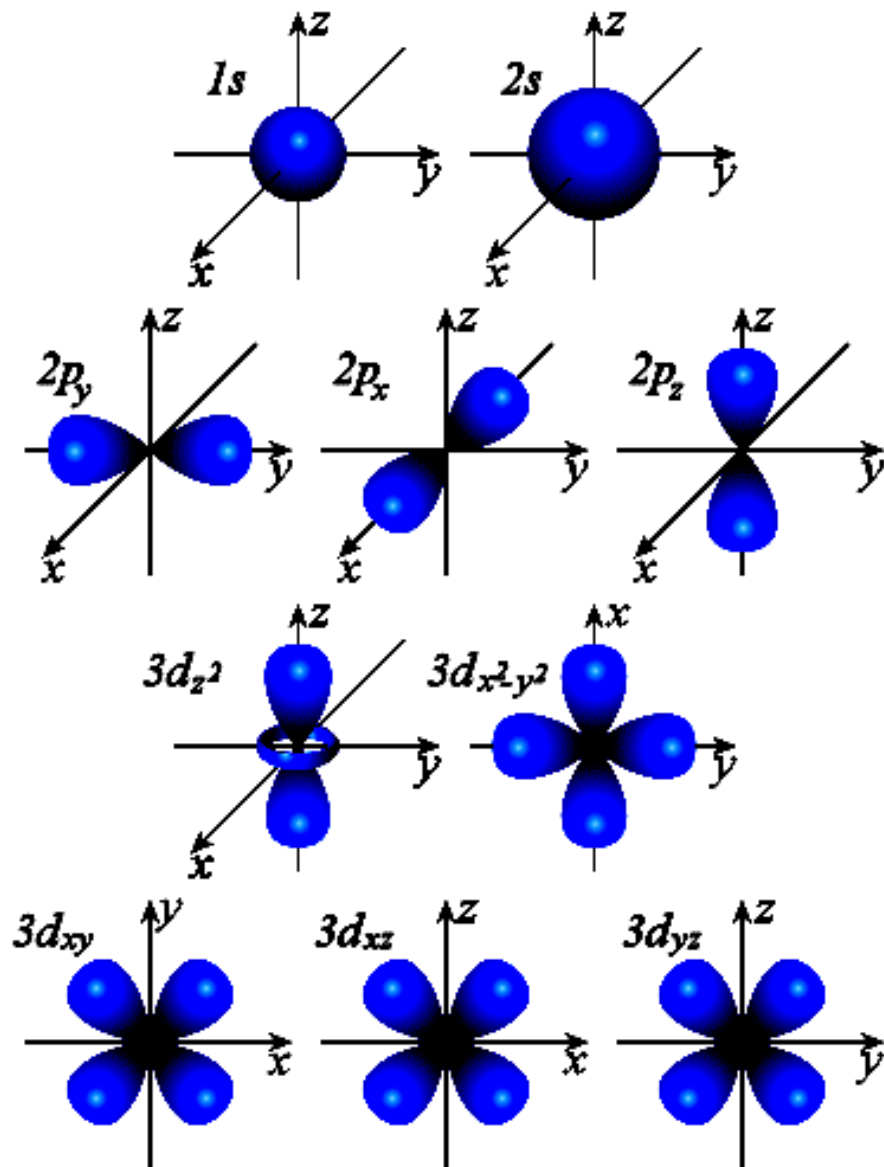
Атомная орбиталь характеризуется энергией, формой и направлением в пространстве.

Все эти характеристики квантованы (изменяются скачками), они описываются с помощью квантовых чисел.

Пространственная форма s -, p -, d - и f -атомных орбиталей



ФОРМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛАКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ В АТОМАХ



**ПОДУРОВЕНЬ – ЭТО СОВОКУПНОСТЬ АО
ОДИНАКОВОЙ ФОРМЫ И ЭНЕРГИИ.**

**Уровень состоит из подуровней и
соответствует номеру периода.**

2.КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА

Главное квантовое число (n)

характеризует энергию электрона на данном энергетическом уровне.

Главное квантовое число имеет значения от 1 до ∞ ($n = 1, 2, 3, 4... \infty$). Иногда энергетические уровни обозначают буквами K, L, M, N..., которые соответствуют численным значениям 1, 2, 3, 4....

Чем меньше n , тем больше энергия взаимодействия электрона с ядром.

Орбитальное квантовое число (l)

определяет форму атомной орбитали,
характеризует энергетический подуровень и
принимает значения от 0 до $(n-1)$.

Орбитальное квантовое число принято
обозначать буквенными символами:

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| l | = | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | s | p | d | f | g |

Электроны с одинаковым значением l образуют в
атоме энергетический подуровень.

Если $n = 1$, то $l = 0$

Данное орбитальное число

соответствует

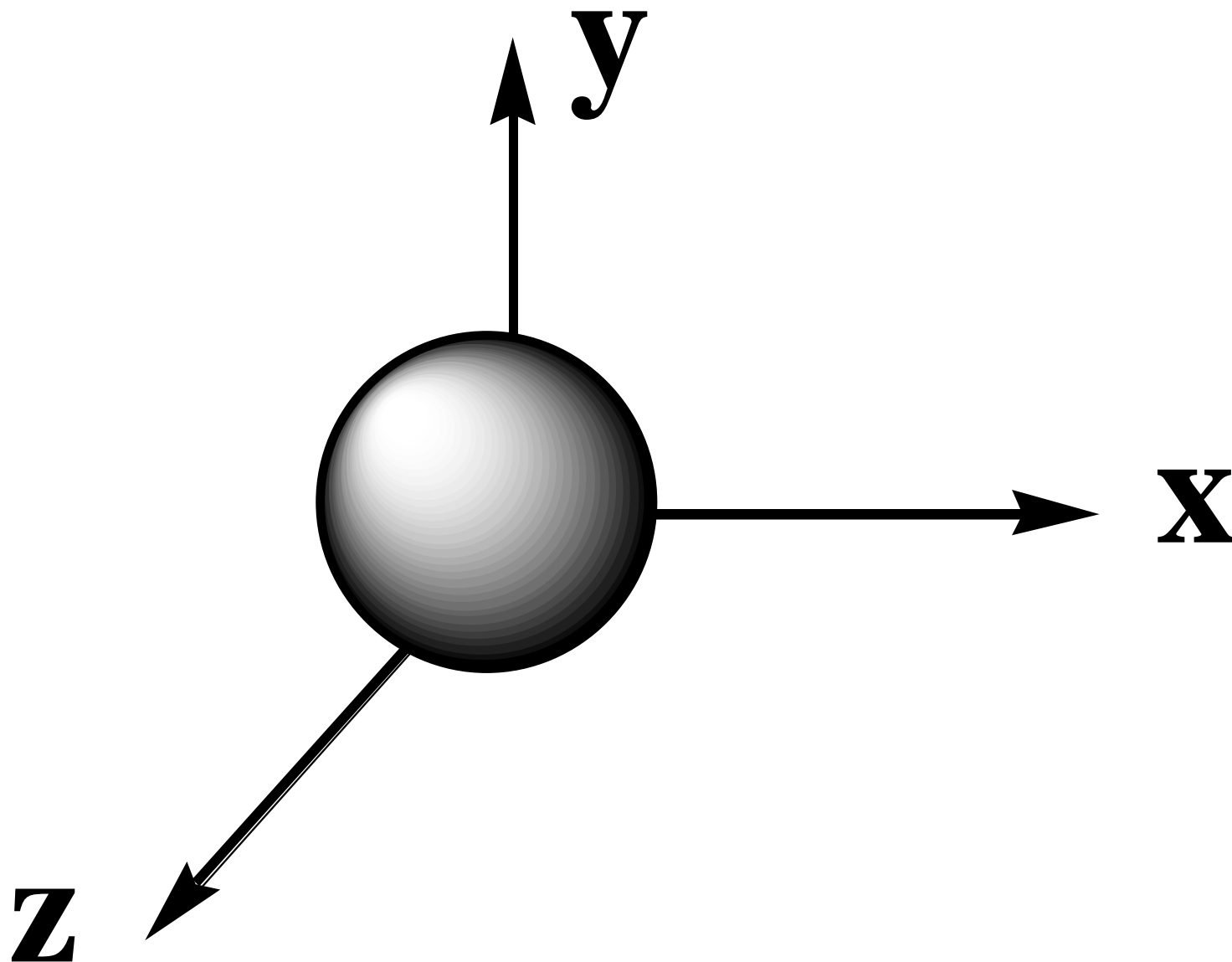
s-подуровню, на котором

располагается

s-орбиталь, имеющая

сферическую симметрию

s-Орбиталь



Если $n = 2$, то $l = 0, 1$.

$l = 1$ соответствует

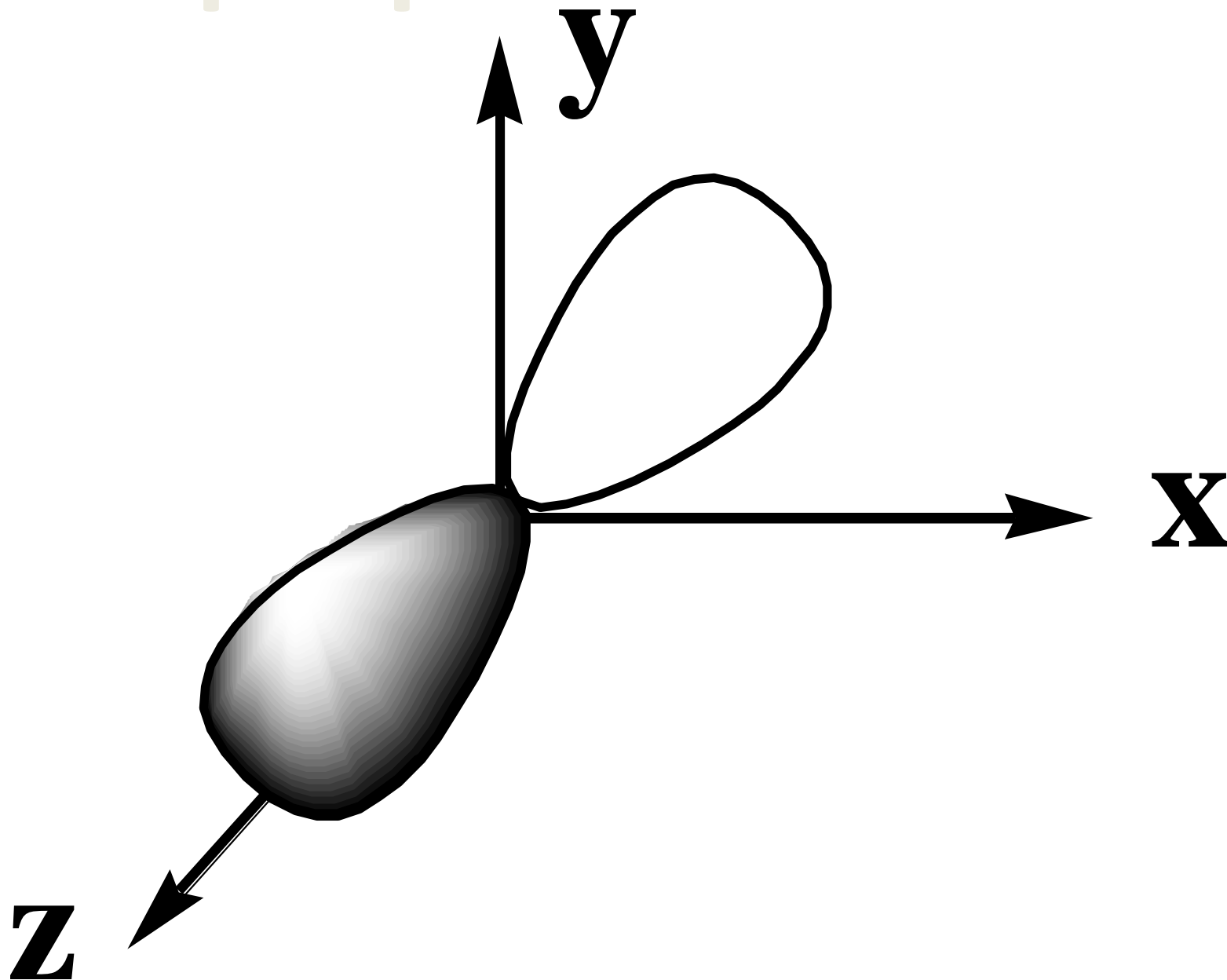
p-подуровню, на котором

располагаются

p-орбитали, имеющие форму

объемной восьмерки.

p-Орбиталь

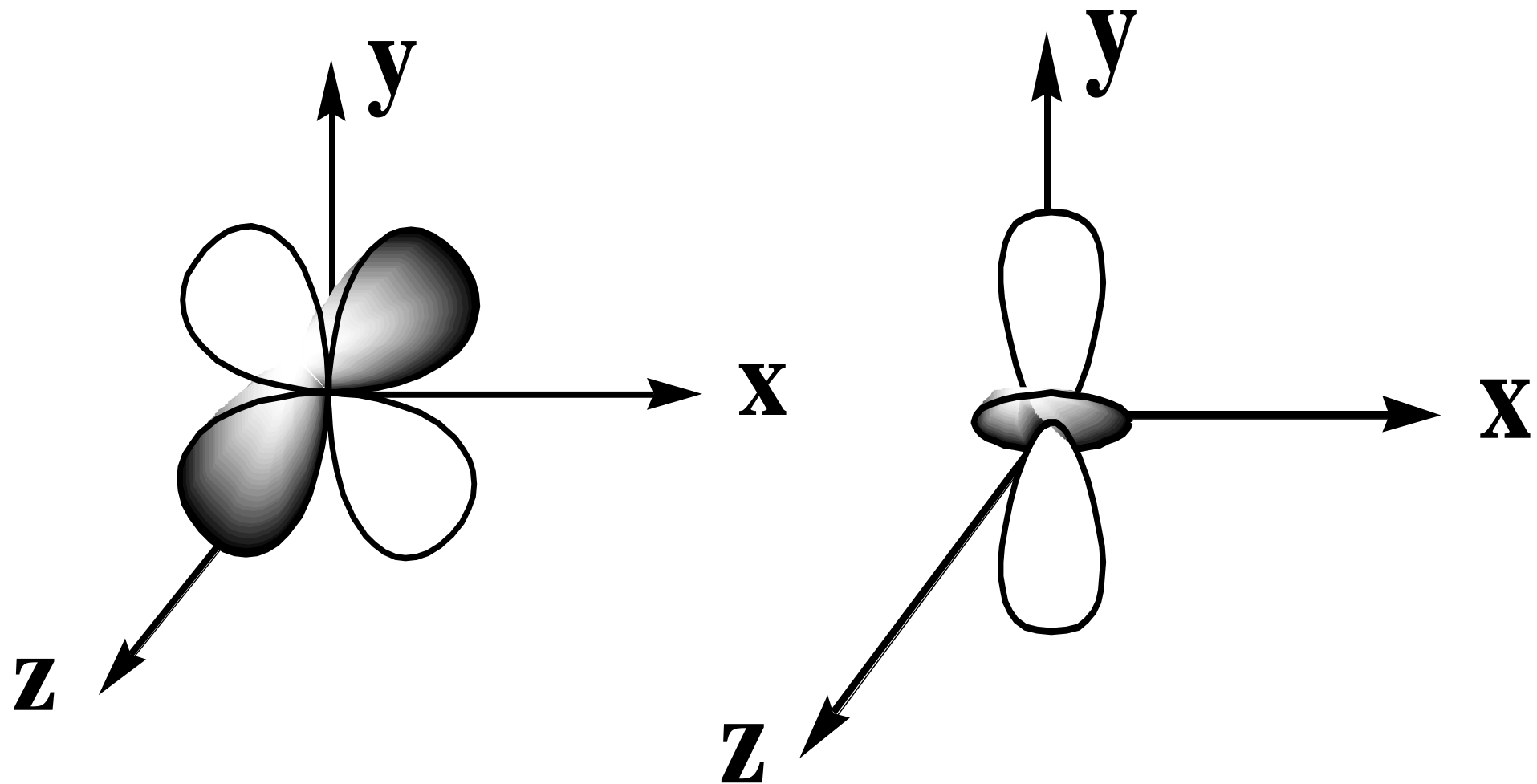


Если $n = 3$, то $l = 0, 1, 2$

$l = 2$ соответствует

**d -подуровню, на котором
располагаются d -орбитали.**

d-Орбитали



Если $n = 4$, то $l = 0, 1, 2, 3$.

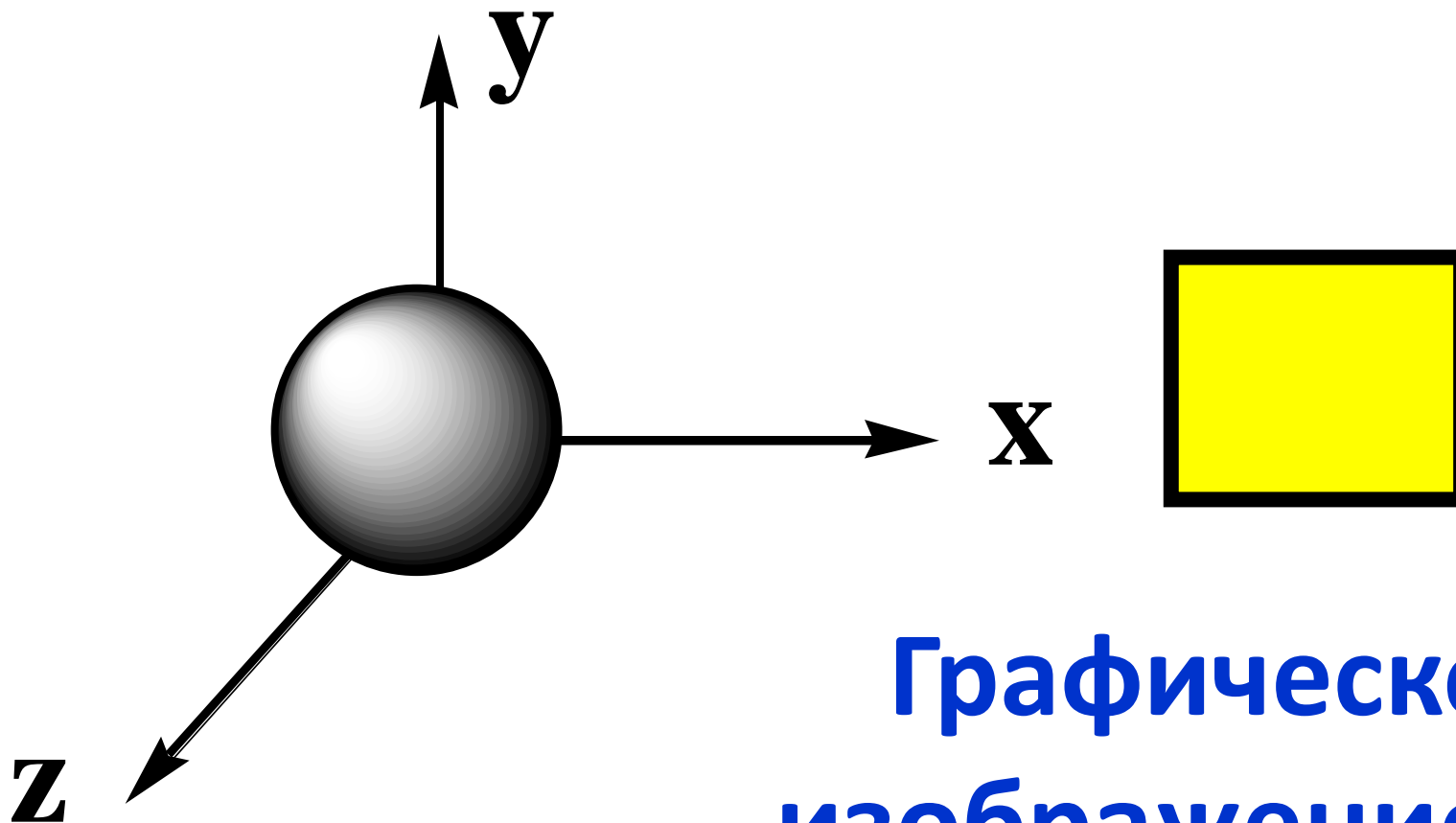
$l=3$ соответствует

**f-подуровню, на котором
располагаются f-орбитали.**

Магнитное квантовое число (m) –
характеризует ориентацию АО в
пространстве, а так же количество АО на
подуровне.

$$***$m = 2l + 1$***$$

Оно зависит от орбитального квантового
числа и принимает значения от $-l$, 0 , $+l$.

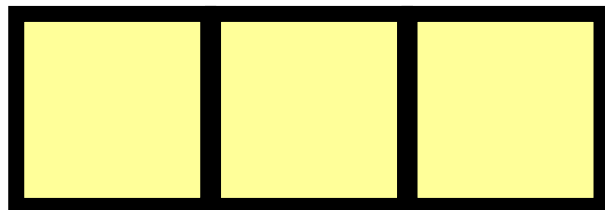


**Графическое
изображение АО**

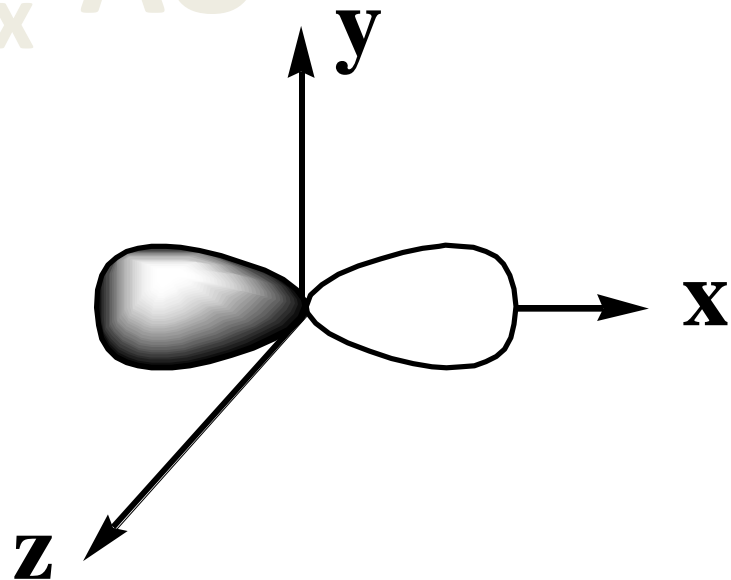
Для р-подуровня
($l = 1$) $m_l = -1, 0, +1$,

следовательно на

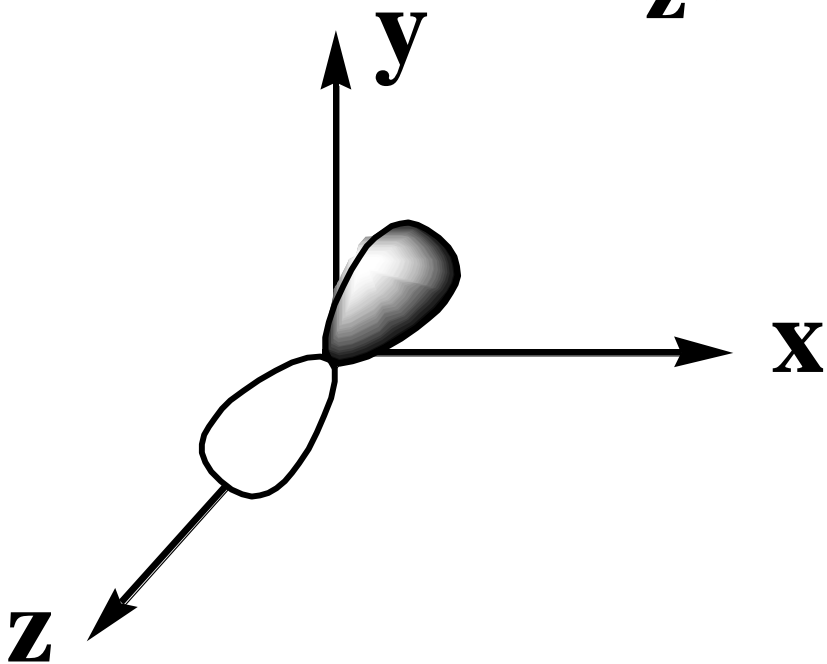
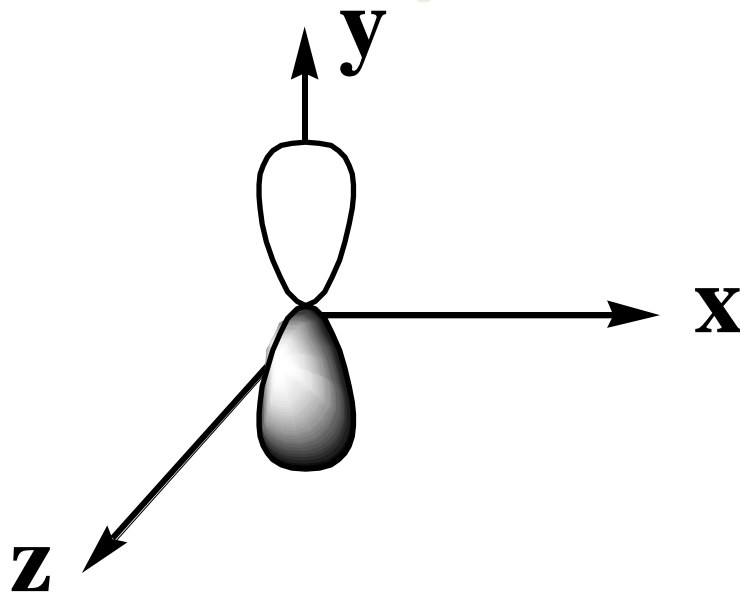
р-подуровне находятся три
орбитали: p_x, p_y, p_z



P_x -AO



P_y -AO



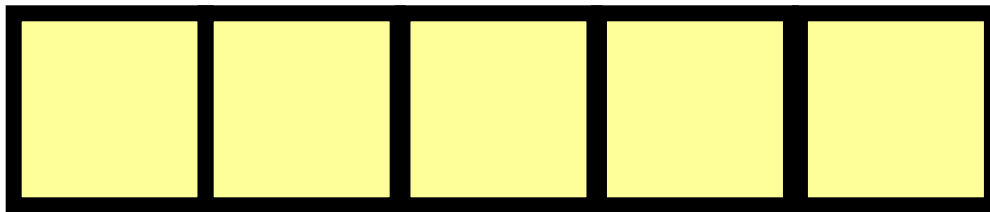
P_z -AO

Для d-подуровня ($l = 2$)

$$m_d = -2, -1, 0, 1, 2,$$

следовательно на

**d-подуровне находятся пять
орбиталей:**

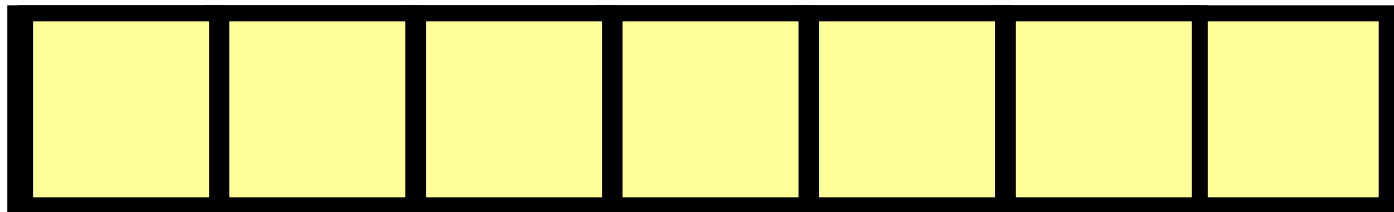


Для f-подуровня ($l = 3$)

$m_f = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$

следовательно на

f-подуровне находятся семь
орбиталей:



Спиновое квантовое число(s)
характеризует момент вращения
электрона вокруг собственной оси (по или
против часовой стрелки)

$$s = \pm 1/2$$

3. ПРАВИЛА ЗАПОЛНЕНИЯ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ И ПОДУРОВНЕЙ

Принцип наименьшей энергии.

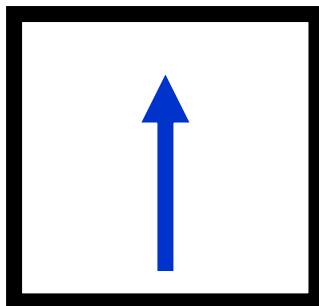
Электроны в атоме распределяются по орбиталям таким образом, что энергия атома оказывается наименьшей.

Принцип Паули определяет емкость АО:
в атоме не может быть двух электронов
с одинаковым набором всех четырех
квантовых чисел.

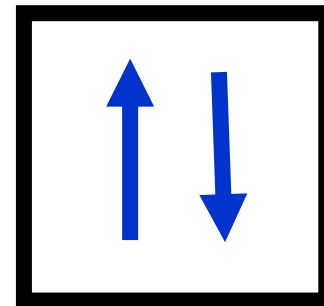
- на одной АО – 2 электрона;
- на подуровне l – $2(2l+1)$ электрона;
- на уровне n – $2n^2$ электронов.



**Вакантная
орбиталь**



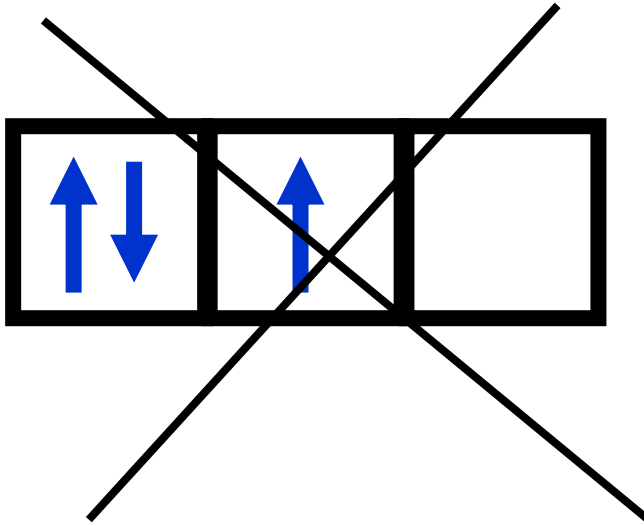
**Неспаренный
электрон**



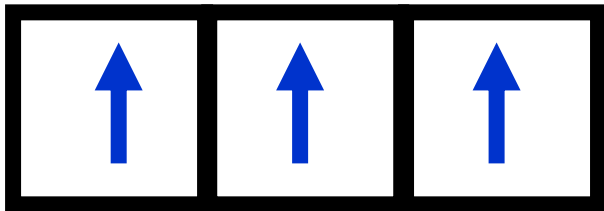
**Электронная
пара**

Правило Хунда (Гунда) описывают порядок заполнения электронами АО одного подуровня:

в данном подуровне электроны стремятся заполнять энергетические состояния (АО) таким образом, чтобы сумма их спинов по абсолютной величине была максимальна. При этом энергия системы минимальна.



$$\sum s = \frac{1}{2}$$

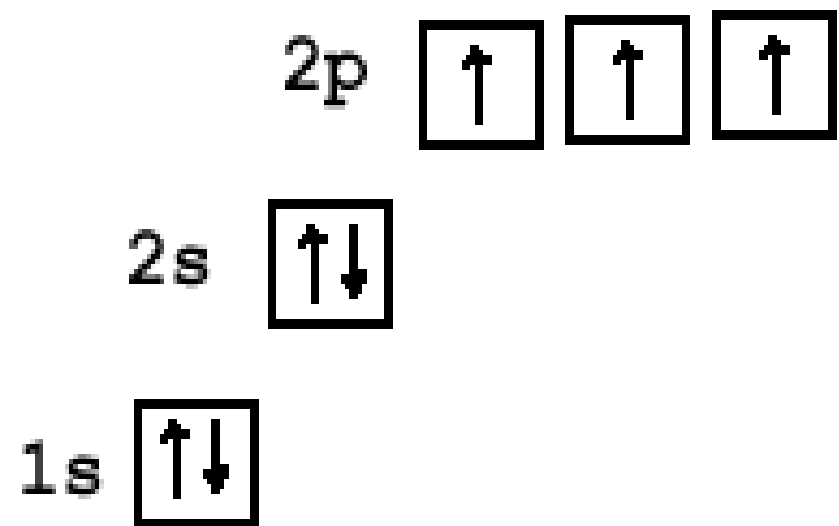


$$\sum s = \frac{3}{2}$$

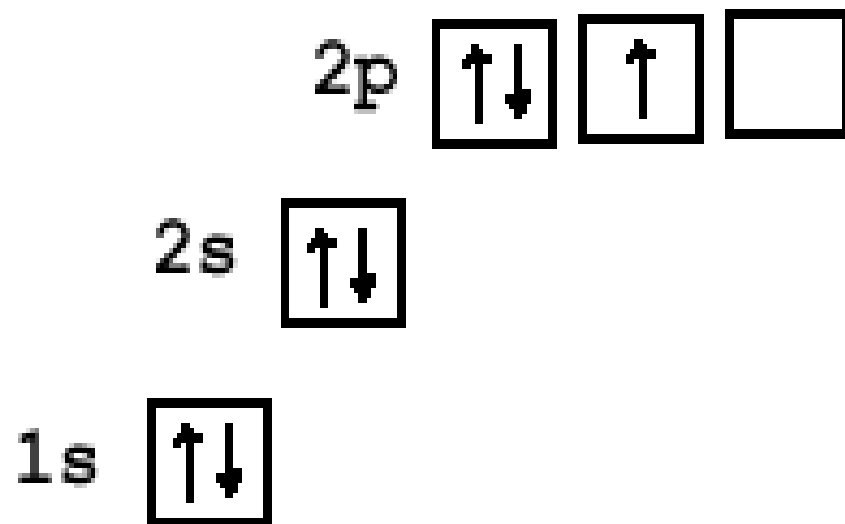
**ПРАВИЛЬНАЯ (А) И НЕПРАВИЛЬНАЯ (Б)
ОРБИТАЛЬНАЯ ДИАГРАММА АЗОТА.**

правильно

неправильно



а



б

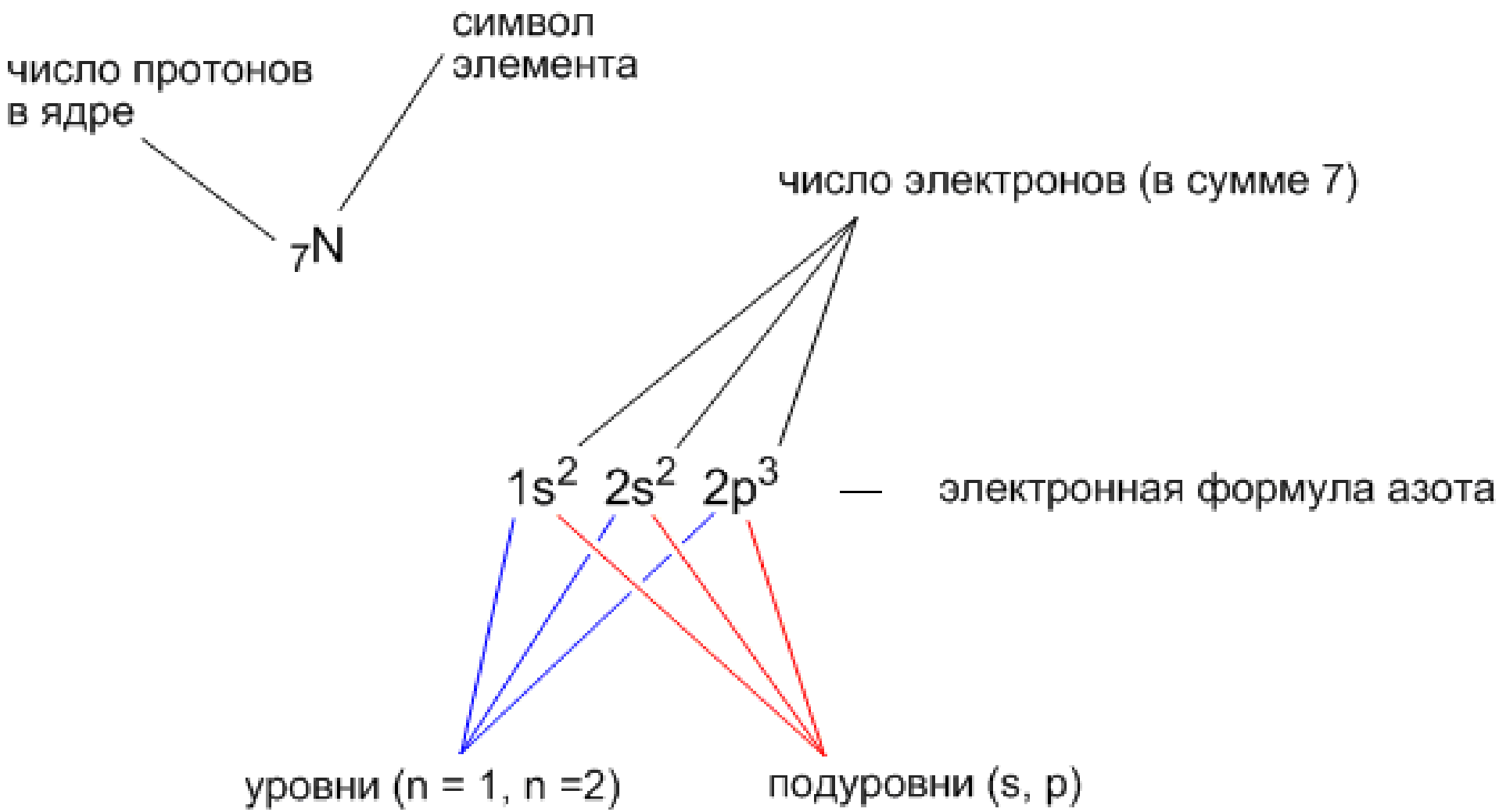
**ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ АО ПО ЭНЕРГИИ
ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ
ДВУМЯ ПРАВИЛАМИ КЛЕЧКОВОГО:**

энергия электрона в основном определяется значениями главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел:

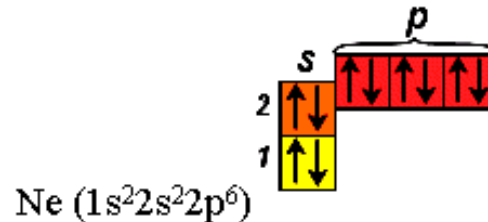
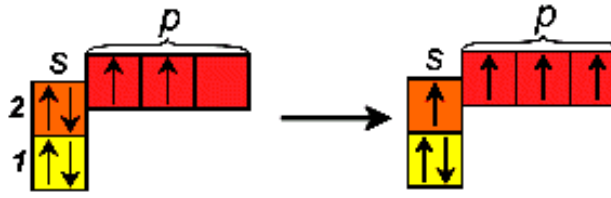
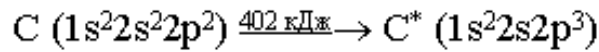
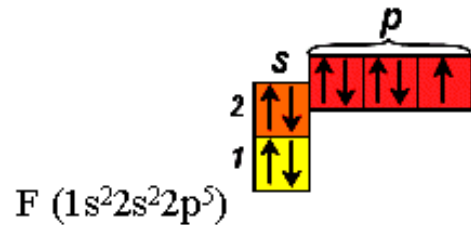
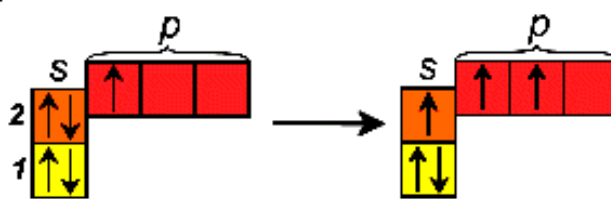
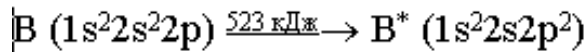
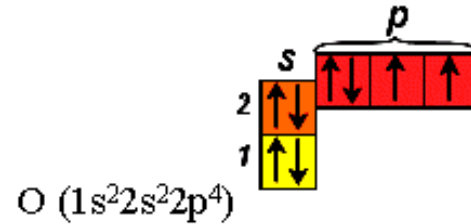
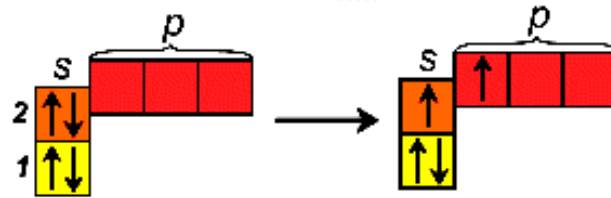
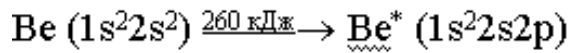
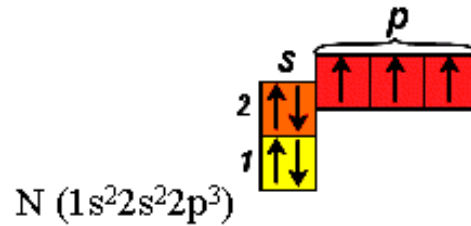
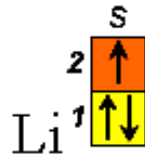
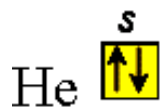
- 1) сначала электронами заполняются те подуровни, для которых сумма ($n + l$) меньше.**
- 2) в случае, если сумма ($n + l$) для двух подуровней одинакова заполняется электронами уровень с меньшим n .**

Порядок заполнения АО по энергии

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



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ОРБИТАЛЯМ В АТОМАХ ГЕЛИЯ И ЭЛЕМЕНТОВ ВТОРОГО ПЕРИОДА



| | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| H 1, 00794 Водород | He 4, 002602 Гелий |
| Li 6, 941 Литий | Be 9, 012182 Бериллий |
| Na 22, 98977 Натрий | Mg 24, 3046 Магний |

Bk 97 [247]
5f⁹6d⁰7s²
Берклий

バークリウム
 Berkelium
 Berkelium
 Berkelium
 Беркелий

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|---|--|---|---|--|--|---|---|--|--|--|--|--|
| K 19 39,0983 4s ¹ Калий | Ca 20 40,078 4s ² Кальций | Sc 21 44,95591 3d ¹ 4s ² Скандий | Ti 22 47,882 3d ² 4s ² Титан | V 23 50,9415 3d ³ 4s ² Ванадий | Cr 24 51,9961 3d ⁵ 4s ¹ Хром | Mn 25 54,938044 3d ⁵ 4s ² Марганец | Fe 26 55,845 3d ⁶ 4s ² Железо | Co 27 58,9332 3d ⁷ 4s ² Кобальт | Ni 28 58,6934 3d ⁸ 4s ² Никель | Cu 29 63,546 3d ¹⁰ 4s ¹ Медь | Zn 30 65,38 3d ¹⁰ 4s ² Цинк | Ga 31 69,723 4s ² 4p ¹ Галлий | Ge 32 72,61 4s ² 4p ² Германий | As 33 74,9216 4s ² 4p ³ Арсен | Se 34 78,96 4s ² 4p ⁴ Селен | Br 35 79,904 4s ² 4p ⁵ Бром | Kr 36 83,80 4s ² 4p ⁶ Криптон |
| Rb 37 85,4678 5s ¹ Рубидий | Sr 38 87,62 5s ² Стронций | Y 39 88,90584 4d ¹ 5s ² Иттрий | Zr 40 91,224 4d ² 5s ² Цирконий | Nb 41 92,90638 4d ⁴ 5s ¹ Нйобий | Mo 42 95,94 4d ⁵ 5s ¹ Молибден | Tc 43 [98] 4d ⁵ 5s ² Технеций | Ru 44 101,07 4d ⁷ 5s ¹ Рутений | Rh 45 101,0705 4d ⁸ 5s ¹ Родий | Pd 46 106,42 4d ¹⁰ 5s ⁰ Палладий | Ag 47 107,8682 4d ¹⁰ 5s ¹ Серебро | Cd 48 112,411 4d ¹⁰ 5s ² Кадмий | In 49 114,818 5s ² 5p ¹ Индий | Sn 50 118,710 5s ² 5p ² Олово | Sb 51 121,76 5s ² 5p ³ Мышьяк | Te 52 127,60 5s ² 5p ⁴ Теллур | I 53 126,90447 5s ² 5p ⁵ Йод | Xe 54 131,29 5s ² 5p ⁶ Ксенон |
| Cs 55 132,90545 6s ¹ Цезий | Ba 56 137,327 6s ² Барий | La 57 138,9049 5d ¹ 6s ² Лантан | Hf 72 178,49 5d ² 6s ² Гафний | Ta 73 180,9479 5d ⁵ 6s ² Тантал | W 74 183,84 5d ⁴ 6s ² Вольфрам | Re 75 186,207 5d ⁵ 6s ² Рений | Os 76 190,23 5d ⁶ 6s ² Осий | Ir 77 192,222 5d ⁷ 6s ² Иридий | Pt 78 195,084 5d ⁹ 6s ¹ Платина | Au 79 196,96655 5d ¹⁰ 6s ¹ Золото | Hg 80 200,59 5d ¹⁰ 6s ² Ртуть | Tl 81 204,3833 6s ² 6p ¹ Таллий | Pb 82 207,2 6s ² 6p ² Свинец | Bi 83 208,98038 6s ² 6p ³ Висмут | Po 84 [209] 6s ² 6p ⁴ Полоний | At 85 [210] 6s ² 6p ⁵ Астат | Rn 86 [222] 6s ² 6p ⁶ Радон |
| Fr 87 [223] 7s ¹ Франций | Ra 88 [226] 7s ² Радий | Ac 89 [227] 6d ¹ 7s ² Актиний | Rf 104 [261] 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Резерфордий | Db 105 [262] 5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² Дубний | Sg 106 [263] 5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² Сибборгий | Bh 107 [264] 5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² Борий | Hs 108 [265] 5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² Хассий | Mt 109 [266] 5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² Мейтнерий | Ds 110 [267] 5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ² Дарнштадт | Rg 111 [268] 5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ² Рентгий | Uub 112 [269] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² Унбивий | Uut 113 [270] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹ Унунвий | Uuq 114 [271] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ² Унунквадий | Uup 115 [272] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³ Унунпентий | Uuh 116 [273] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴ Унунгексий | Uus 117 [274] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵ Унунсептий | Uuo 118 [275] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ Унуноксий |
| Uue 119 [276] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ Унуневий | Ubn 120 [277] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ Унунбий | Ubu 121 [278] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунбуий | Uqj 122 [279] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунквоний | Upp 123 [280] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунпексий | Uph 124 [281] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунфемий | Ups 125 [282] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунсептемий | Upo 126 [283] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унуноктавий | Upe 127 [284] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унуневмий | Uhn 128 [285] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгекмий | Uhu 129 [286] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгепмий | Uhb 130 [287] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uht 131 [288] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектетмий | Uhq 132 [289] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгекпентмий | Uhp 133 [290] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгекшестмий | Uhh 134 [291] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгексептмий | Uhs 135 [292] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгексептмий | Uho 136 [293] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектобий |
| Uhe 169 [466.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ush 170 [468.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Usu 171 [471.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Bng 204 [564.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bnp 205 [566.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bnh 206 [568.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bns 207 [571.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bno 208 [574.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bne 209 [577.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bun 210 [580.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Buu 211 [583.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bub 212 [586.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | But 213 [589.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Buq 214 [592.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bup 215 [595.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Buh 216 [598.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bus 217 [601.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Buo 218 [604.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| Ce 58 140,116 4f ¹ 5d ¹ 6s ² Церий | Pr 59 140,90768 4f ³ 5d ⁰ 6s ² Прометий | Nd 60 144,24 4f ⁴ 5d ⁰ 6s ² Неодим | Pm 61 [145] 4f ⁵ 5d ⁰ 6s ² Прометий | Sm 62 150,36 4f ⁶ 5d ⁰ 6s ² Самарий | Eu 63 151,964 4f ⁷ 5d ⁰ 6s ² Европий | Gd 64 157,25 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² Гадолиний | Tb 65 158,92534 4f ⁹ 5d ⁰ 6s ² Тербий | Dy 66 162,50 4f ¹⁰ 5d ⁰ 6s ² Диспрозий | Ho 67 164,93032 4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ² Гольмий | Er 68 167,26 4f ¹² 5d ⁰ 6s ² Эрбий | Tm 69 168,93402 4f ¹³ 5d ⁰ 6s ² Иттербий | Yb 70 173,04 4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² Йтбий | Lu 71 174,967 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² Лютеций |
| Th 90 232,0381 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Торий | Pa 91 [231] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Протактиний | U 92 238,02891 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Уран | Np 93 [237] 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Нептуний | Pu 94 [244] 5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² Плутоний | Am 95 [243] 5f ⁷ 6d ³ 7s ² Америций | Cm 96 [247] 5f ⁷ 6d ⁴ 7s ² Кюрий | Bk 97 [247] 5f ⁷ 6d ⁵ 7s ² Берклий | Cf 98 [251] 5f ⁷ 6d ⁶ 7s ² Калифорний | Es 99 [252] 5f ⁷ 6d ⁷ 7s ² Эйнштейний | Fm 100 [257] 5f ⁷ 6d ⁸ 7s ² Фермий | Md 101 [258] 5f ⁷ 6d ⁹ 7s ² Менделеев | No 102 [259] 5f ⁷ 6d ¹⁰ 7s ² Нобелий | Lr 103 [260] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Лоуренсий |
| Ubb 122 [324.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунбуий | Uqu 141 [374.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqb 142 [378.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqt 143 [380.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqq 144 [382.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqh 145 [384.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqs 146 [386.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqo 147 [388.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqe 148 [390.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqn 149 [392.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqu 150 [394.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Upr 151 [396.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Upp 152 [398.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Upt 153 [400.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний |
| Ush 172 [474.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ueu 191 [522.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ueb 192 [524.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uet 193 [526.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ueq 194 [528.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uep 195 [530.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ueh 196 [532.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ues 197 [534.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ueo 198 [536.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uee 199 [538.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Bnn 200 [540.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bnu 201 [542.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bnb 202 [544.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий | Bnt 203 [546.7] 5g ¹ 7f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Бернгий |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Ubt 123 [326.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунбуий | Ubq 124 [328.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ubp 125 [330.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ubh 126 [332.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ubs 127 [334.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ubo 128 [336.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ube 129 [338.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utn 130 [340.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utu 131 [342.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utb 132 [344.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utt 133 [346.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utg 134 [348.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Utp 135 [350.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uth 136 [352.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uts 137 [354.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uto 138 [356.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Ute 139 [358.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний | Uqn 140 [360.7] 5g ¹ 5f ¹⁴ 6s ² 7p ⁶ Унунквоний |
| Ust 173 [477.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Usq 174 [480.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Usp 175 [482.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Ush 176 [484.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uss 177 [486.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uso 178 [488.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Use 179 [490.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uon 180 [492.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uou 181 [494.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uob 182 [496.7] 5g ¹ 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶ Унунгектмий | Uot 183 [49 | | | | | | | |

Спасибо за внимание!