



# Основи квантової механіки та атомної фізики (частина 2)



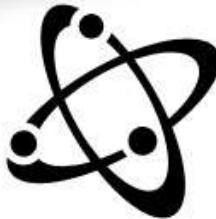
# Досліди Штерна і Герлаха. Спін електрона. Хвильова функція частинок зі спіном. Спінове квантове число.



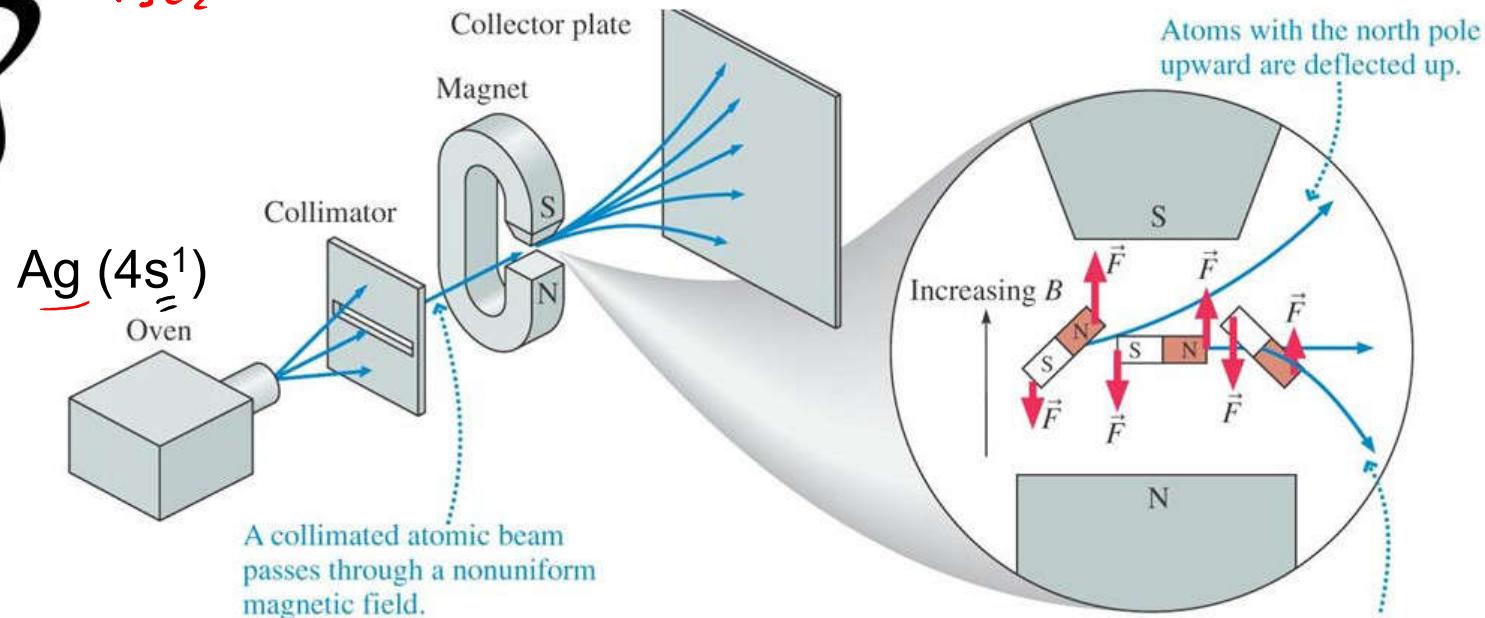
Óтто  
Штерн



Вальтер  
Герлах



1922



магн. момент

$$W = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} W = \vec{\mu} \cdot \vec{\nabla}_{\vec{B}} \vec{B}$$

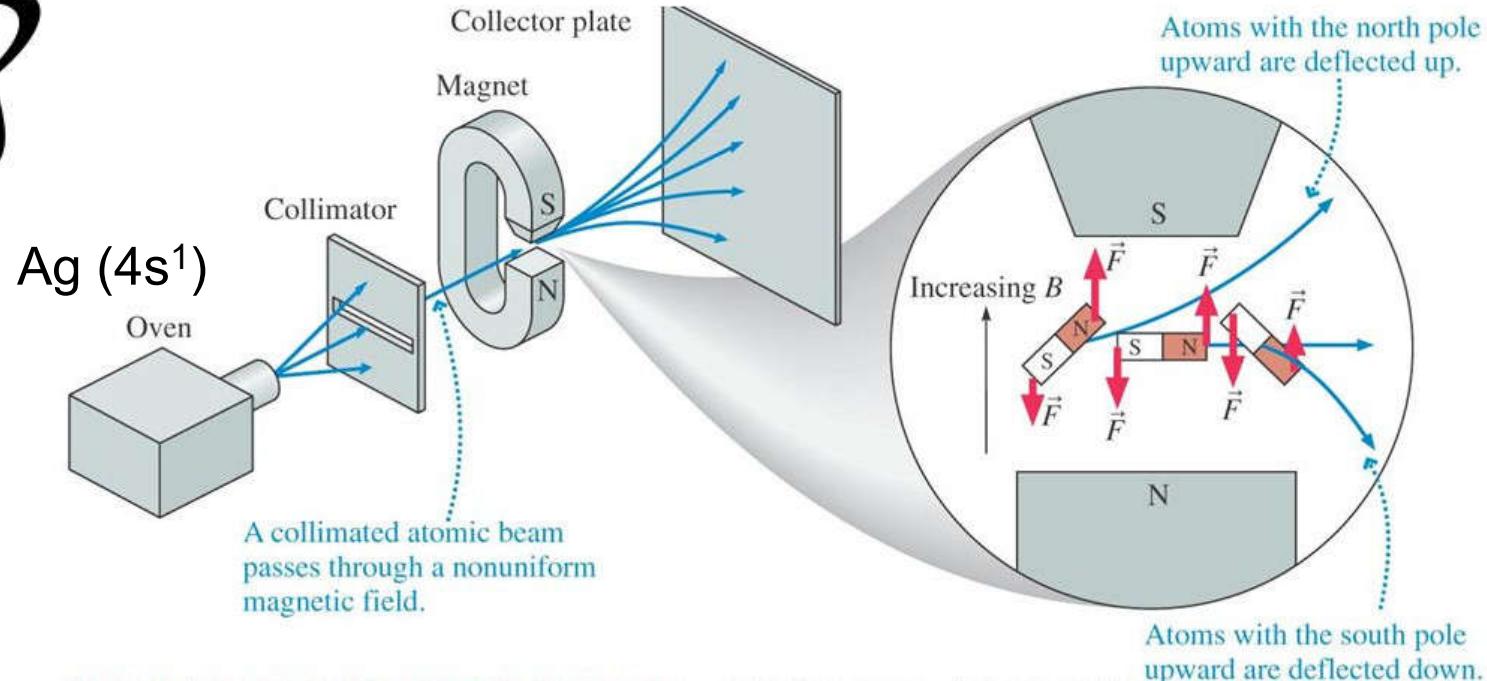
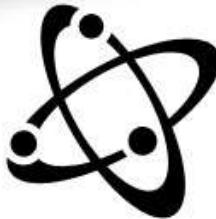
$$\vec{B} \parallel OZ \quad F = \mu_z \underbrace{\frac{\partial B}{\partial z}}$$

класична фізика

квантова фізика

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2m_0} \vec{L}$$

$$\hat{\mu} = -\frac{e}{2m_0} \hat{L}$$



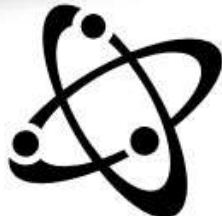
$$F = \mu_z \frac{\partial B}{\partial z}$$

$$\hat{\mu} = -\frac{e}{2m_0} \hat{L}$$

$$L = \hbar \sqrt{l(l+1)}$$

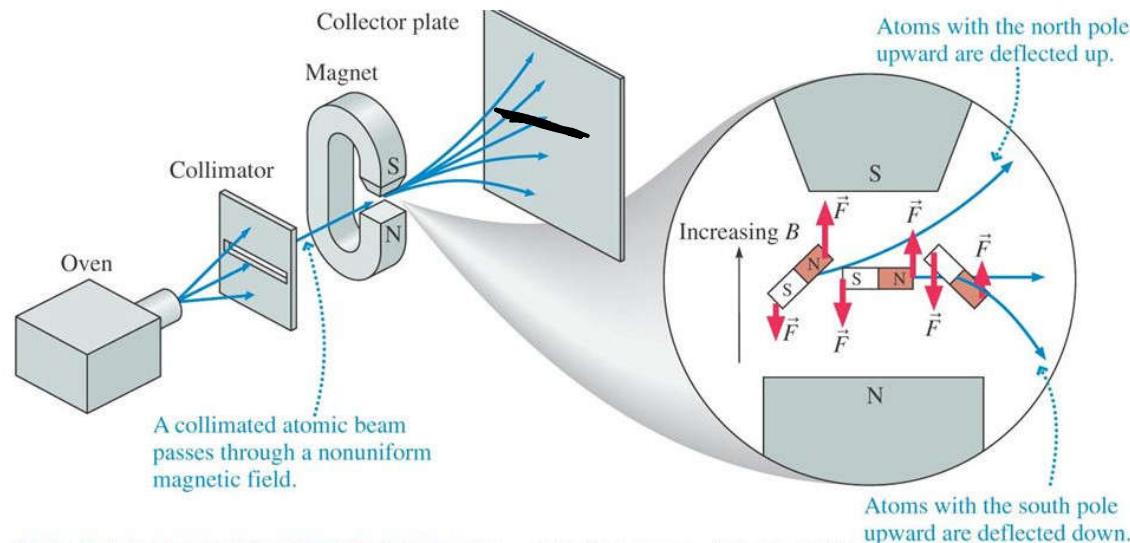
$$\mu = \frac{e}{2m_0} \hbar \sqrt{l(l+1)} = \underbrace{\mu_B}_{? \text{ same?}} \sqrt{l(l+1)}$$

$$L_z = \hbar m_l \quad \mu_z = -\frac{e\hbar}{2m_0} m_l = -\mu_B m_l$$



$$F = \mu_z \frac{\partial B}{\partial z}$$

$$\mu_z = -\mu_B m_l$$



$$\vec{B} = 0$$

$$\vec{B} \neq 0 \quad \text{класична фізика}$$



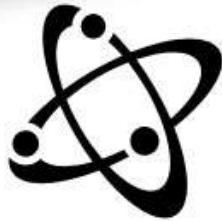
$$\begin{aligned} &\text{Бор} \\ &n=1 \quad \mu_2 = 0 \\ &\mu_2 \pm \mu_3 \end{aligned}$$

Шрьодингер

$$l = 0, m = 0$$

$$\mu_2 = 0$$

експеримент



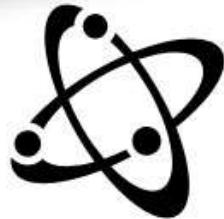
1925, Д.Ю.Уленбек, С.А.Гаудсміт – гіпотеза про існування у електрона **спіну** (*моменту імпульсу, не пов'язаного з рухом у просторі*)

екваторіальна швидкість  
обертання кульки більше  
швидкості світла **????!!!**

$$\vec{\mu}_S = -\frac{e}{m_0} \vec{L}_S$$



спін є внутрішньою властивістю частинки  
подібно заряду, масі тощо



орбітальний механічний момент

$$L_l^2 = \hbar^2 l(l+1)$$

$$L_{l,z} = \hbar m_l$$

$$m_l = -\ell, -\ell+1, \dots, \ell$$

орбітальний магнітний момент

$$\mu_l = \frac{e}{2m_0} \hbar \sqrt{l(l+1)} = \mu_B \sqrt{l(l+1)}$$

$$\mu_{l,z} = -\frac{\mu_B}{\downarrow} m_l$$

власний механічний момент

$$L_s^2 = \hbar^2 s(s+1)$$

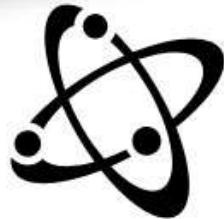
$$L_{s,z} = \hbar m_s$$

$$m_s = -s, -s+1, \dots, s$$

власний магнітний момент

$$\mu_s = \frac{e}{m_0} \hbar \sqrt{s(s+1)} = 2\mu_B \sqrt{s(s+1)}$$

$$\mu_{s,z} = -2\mu_B \not m_s$$



власний механічний момент

$$L_s^2 = \hbar^2 s(s+1)$$

$$L_{s,z} = \hbar m_s$$

$$m_s = \underbrace{-s, -s+1, \dots, s}_{2s+1}$$

власний магнітний момент

$$\mu_s = \frac{e}{m_0} \hbar \sqrt{s(s+1)} = 2\mu_B \sqrt{s(s+1)}$$

$$\mu_{s,z} = -2\mu_B m_s$$

Штерн та Герлах

$$2s+1 = 2$$

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

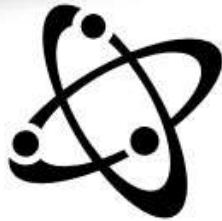
$$\underline{m_s} = \pm \frac{1}{2}$$

$$L_s = \hbar \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2}} = \frac{\hbar}{2} \sqrt{3}$$

$$L_{s,z} = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

$$\mu_s = \mu_B \sqrt{3}$$

$$\mu_{s,z} = \pm \mu_B$$



хвильова функція в загальному випадку

$$\Phi(\vec{r}, \underbrace{m_s}_{\substack{\uparrow \\ \text{}}}) = \Phi_{n_l m_l m_s} (\vec{r}, m_s)$$

хвильова функція в спрощеному випадку

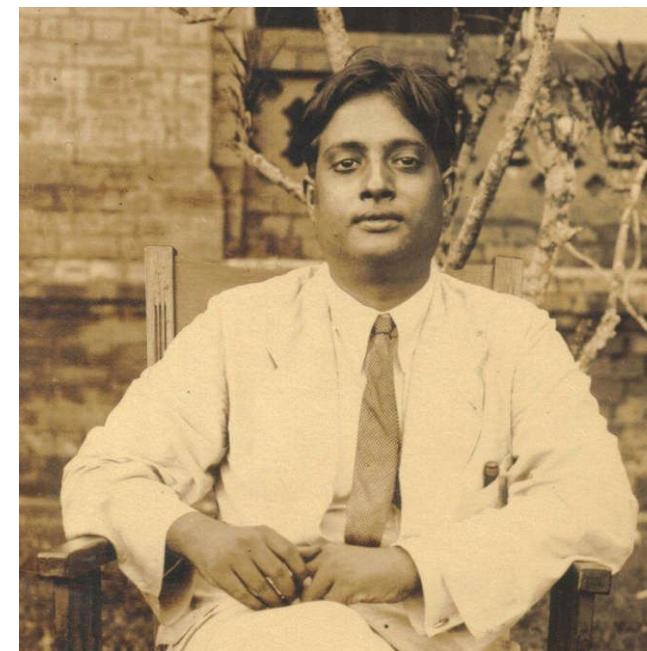
$$\Phi(\vec{r}, m_s) = \underbrace{\psi(\vec{r})}_{\substack{\text{}}}\underbrace{\phi(m_s)}_{\substack{\text{}}}$$

рівняння Паулі

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\psi = \left[ \frac{1}{2m}(\hat{\mathbf{p}} - \frac{e}{c}\mathbf{A})^2 \hat{I} + e\varphi \hat{I} - \frac{e\hbar}{2mc}(\hat{\boldsymbol{\sigma}} \cdot \mathbf{B}) \right] \psi$$



# Принцип нерозрізненості однакових частинок. Симетрія хвильових функцій



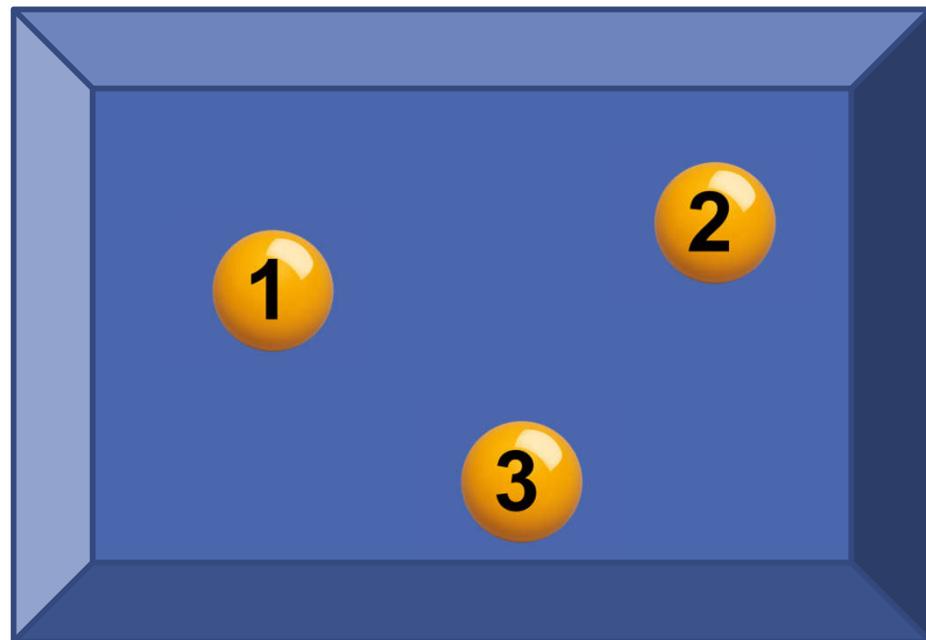
Шательнранат  
Бозе



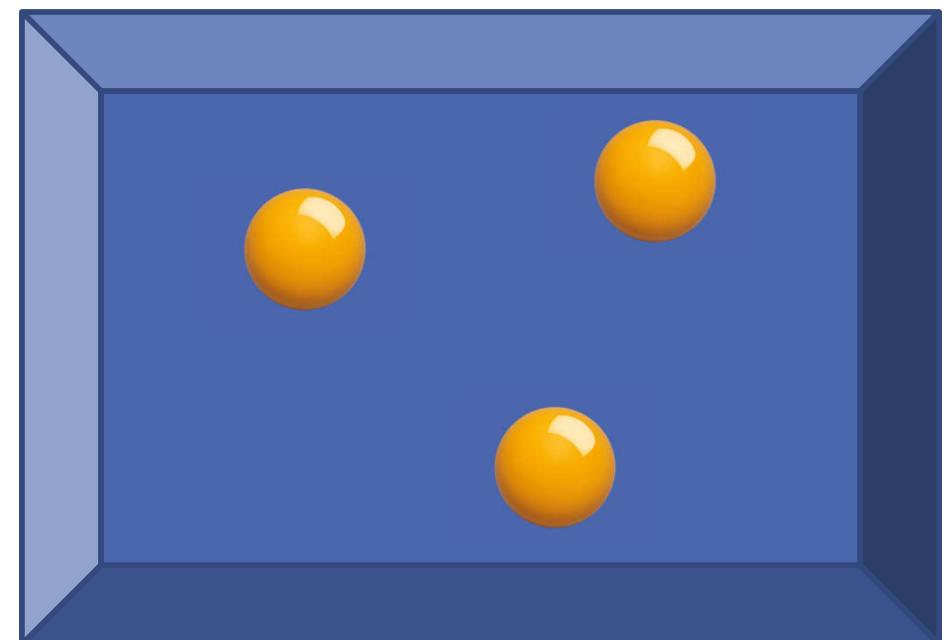
Енріко  
Фермі



класична система



квантова система



негозрізгненні



координати частинки

$$\underline{\chi} = \left( \begin{array}{c} \vec{r}, m_s \\ \downarrow \quad \uparrow \end{array} \right)$$

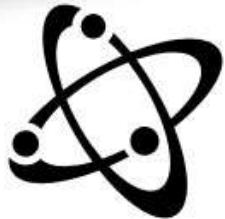
1



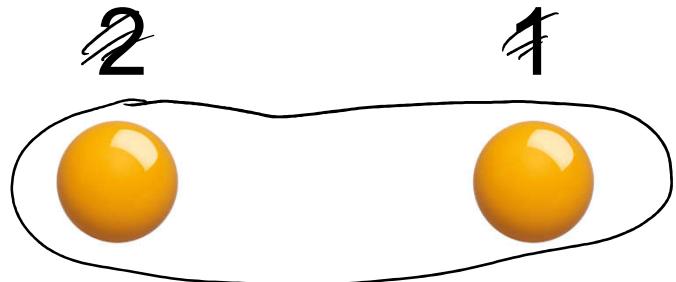
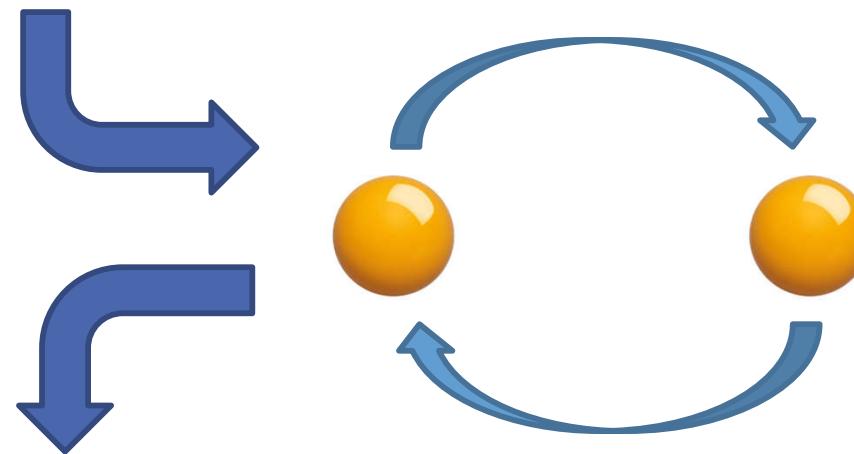
2



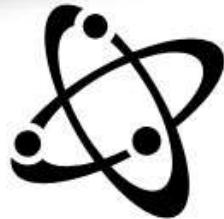
$$\psi = \psi(\chi_1, \chi_2)$$



$$\Psi(\chi_1, \chi_2) \vee$$



$$\Psi(\chi_2, \chi_1) \vee$$



1



2



$$\Psi(\chi_1, \chi_2) \quad \vee$$

2



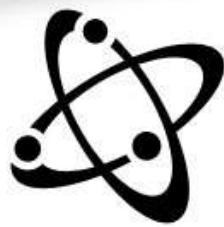
1



$$\Psi(\chi_2, \chi_1) \quad \vee$$

$$|\Psi(\chi_1, \chi_2)|^2 = |\Psi(\chi_2, \chi_1)|^2$$

$$\Psi(\chi_2, \chi_1) = \Psi(\chi_1, \chi_2) e^{i\beta}$$



1



2



2



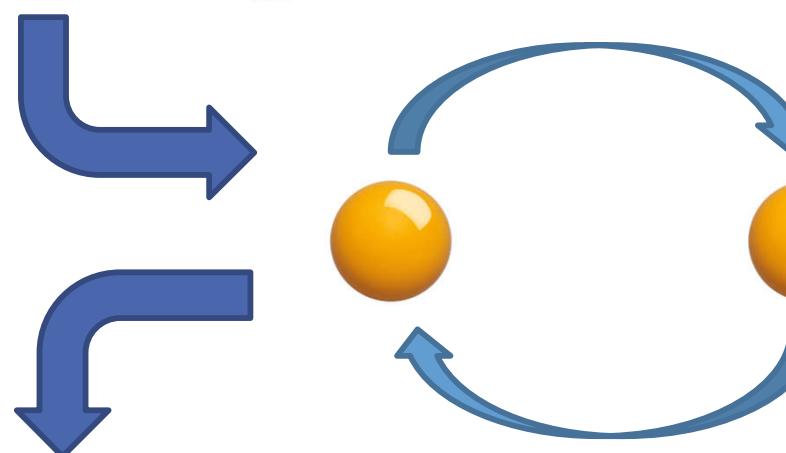
1



1



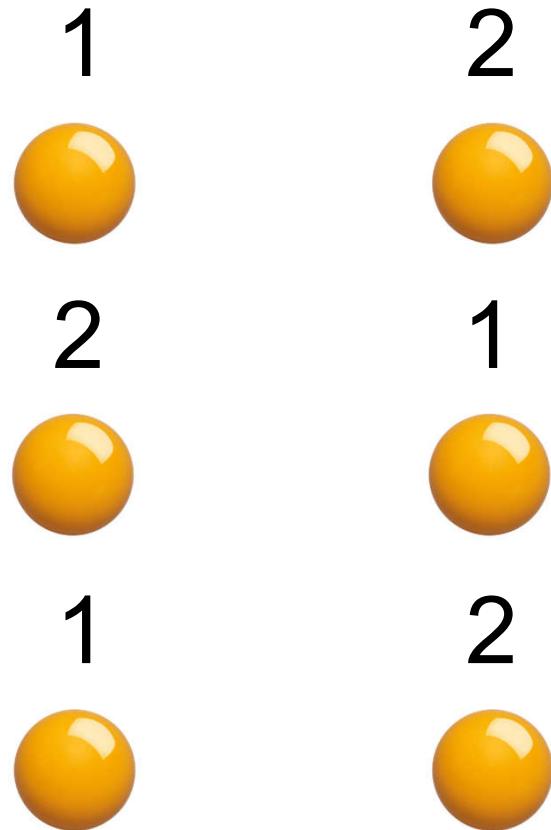
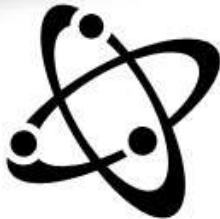
2



$\psi(\chi_1, \chi_2)$

$\psi(\chi_2, \chi_1)$

$\psi(\chi_1, \chi_2)$   
↑ ↑



$$\Psi(\chi_1, \chi_2)$$

↑

$$\Psi(\chi_2, \chi_1)$$

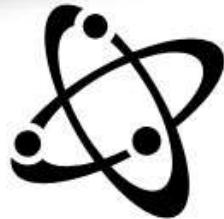
↖

$$\Psi(\chi_1, \chi_2)$$

$$\Psi(\chi_1, \chi_2) = \Psi(\chi_2, \chi_1) e^{i\beta} = \underbrace{\Psi(\chi_1, \chi_2)}_{e^{i\beta}} e^{i\beta} = \underbrace{\Psi(\chi_1, \chi_2)}_{e^{i2\beta}}$$

$$e^{i2\beta} = 1$$

$$e^{i\beta} = \pm 1$$



1



2



$$\Psi(\chi_1, \chi_2)$$

2



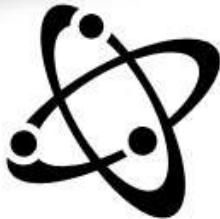
1



$$\Psi(\chi_2, \chi_1)$$

$$\Psi(\chi_1, \chi_2) = \pm \Psi(\chi_2, \chi_1)$$

↑  
symmetry  
↓  
antisymmetry.



бозони (фотони):

S – ціле,  $S = 0, 1, 2 \dots$

статистика Бозе-Ейнштейна

$$\Psi_s(\chi_1, \chi_2 \dots \cancel{\chi_i} \dots \cancel{\chi_j} \dots \chi_N) = \Psi_s(\chi_1, \chi_2 \dots \cancel{\chi_j} \dots \cancel{\chi_i} \dots \chi_N)$$

ферміони (електрони, протони):

S – напівціле,  $S = \frac{1}{2}; \frac{3}{2}; \frac{5}{2} \dots$

$$L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}$$

статистика Фермі-Дірака

$$\Psi_a(\chi_1, \chi_2 \dots \cancel{\chi_i} \dots \cancel{\chi_j} \dots \chi_N) = -\Psi_a(\chi_1, \chi_2 \dots \cancel{\chi_j} \dots \cancel{\chi_i} \dots \chi_N)$$



Хвильова функція системи  
невзаємодіючих бозонів.

Хвильова функція системи  
невзаємодіючих ферміонів.  
Принцип Паулі



Джон Кларк  
Слейтер



Вольфганг  
Ернст Паялі



$N$  тодіжних невзаємодіючих  
частинок



координати частинки

$$\underline{\chi}_i = \left( \vec{r}_i, m_{s,i} \right)$$

$$i = \overline{1, N}$$

одночастинкові стани

$$\left\{ \Psi_p(\chi) \right\}$$

$$p = \overline{1, M}$$

номери станів, в яких  
перебувають частинки

$$p_1, p_2, \dots p_N$$

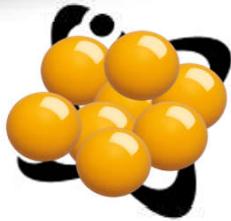
!!! не обов'язково

$$p_i \neq p_j \text{ при } i \neq j$$

кількість частинок, які  
перебувають в стані  $\Psi_p$

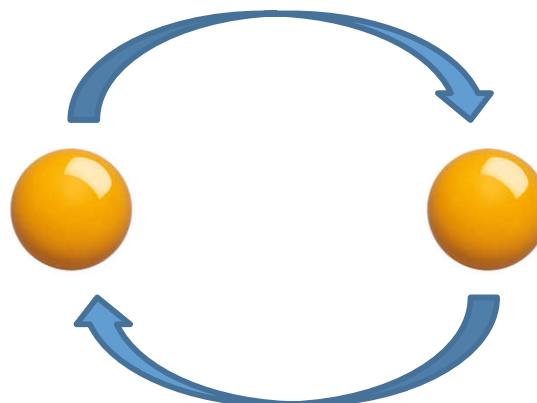
$$N_p$$

$$\left( \sum_{p=1}^M N_p = \underline{N} \right)$$



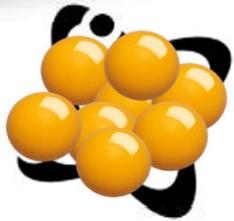
хвильова функція системи незалежних частинок

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = \Psi_{\underline{p}_1}(\overset{\leftarrow}{\chi_1}) \cdot \Psi_{\underline{p}_2}(\overset{\leftarrow}{\chi_2}) \cdot \dots \cdot \Psi_{\underline{p}_N}(\chi_N)$$



і є хвильова функція цієї самої системи

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = \Psi_{\underline{p}_1}(\overset{\leftarrow}{\chi_2}) \cdot \Psi_{\underline{p}_2}(\overset{\leftarrow}{\chi_1}) \cdot \dots \cdot \Psi_{\underline{p}_N}(\chi_N)$$



загальний вигляд

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) =$$

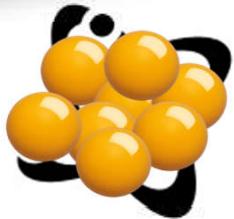
$$= \sum_{[p_1 \dots p_N]} C_{p_1 \dots p_N} \Psi_{\underline{p_1}}(\chi_1) \cdot \Psi_{\underline{p_2}}(\chi_2) \cdot \dots \cdot \Psi_{\underline{p_N}}(\chi_N)$$

кількість доданків

$$\sum_{p=1}^M N_p = N$$

$$\frac{N!}{\underbrace{N_1! \cdot N_2! \cdot \dots}_{}}$$

$$\frac{45!}{6! (45-6)!}$$

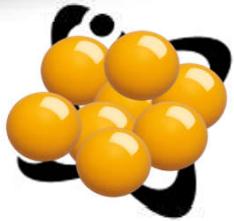


*умова нормування*

$$\int |\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N)|^2 d\chi_1 d\chi_2 \dots d\chi_N = 1$$

*нормувальний множник*

$$\sqrt{\frac{N_1! \cdot N_2! \cdot \dots}{N!}}$$



## бозони

N=2

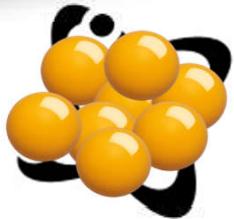
$\chi \leftrightarrow \bar{\chi}$

$$\Phi(\chi_1, \chi_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \psi_{p_1}(\chi_1) \psi_{p_2}(\chi_2) + \psi_{p_1}(\chi_2) \psi_{p_2}(\chi_1) \right]$$

*загальний випадок*

$$\Phi(\chi_1, \dots, \chi_N) =$$

$$= \sqrt{\frac{N_1! \cdot N_2! \cdot \dots}{N!}} \sum_{[p_1 \dots p_N]} \psi_{p_1}(\chi_1) \cdot \psi_{p_2}(\chi_2) \cdot \dots \cdot \psi_{p_N}(\chi_N)$$



## ферміони

N=2

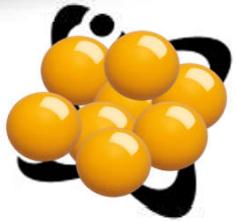
$\chi_1 \leftrightarrow \chi_2$

$$\Phi(\chi_1, \chi_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_{p_1}(\chi_1)\psi_{p_2}(\chi_2) - \psi_{p_1}(\chi_2)\psi_{p_2}(\chi_1)]$$

$$\Phi(\chi_1, \chi_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \psi_{p_1}(\chi_1) & \psi_{p_1}(\chi_2) \\ \psi_{p_2}(\chi_1) & \psi_{p_2}(\chi_2) \end{vmatrix}$$



*перестановка частинок*



## ферміони

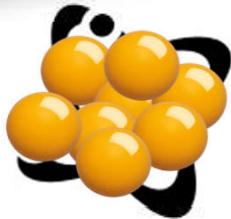
*загальний випадок*

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}}$$

$$\begin{vmatrix} \psi_{p_1}^{\downarrow}(\chi_1) & \psi_{p_1}^{\downarrow}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_1}(\chi_N) \\ \psi_{p_2}(\chi_1) & \psi_{p_2}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_2}(\chi_N) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \psi_{p_N}(\chi_1) & \psi_{p_N}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_N}(\chi_N) \end{vmatrix}$$

A curved arrow originates from the top-left corner of the matrix and points towards the bottom-right corner, indicating the flow of indices.

*детермінант Слете́ра*



## ферміони

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \Psi_{p_1}(\chi_1) & \Psi_{p_1}(\chi_2) & \dots & \Psi_{p_1}(\chi_N) \\ \Psi_{p_2}(\chi_1) & \Psi_{p_2}(\chi_2) & \dots & \Psi_{p_2}(\chi_N) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \Psi_{p_N}(\chi_1) & \Psi_{p_N}(\chi_2) & \dots & \Psi_{p_N}(\chi_N) \end{vmatrix}$$

$N_1! = 1$

$N_2! = 1$

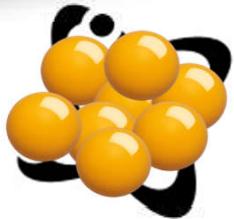
*npu*

$$\underbrace{\Psi_{p_i}}_{\substack{\curvearrowleft \\ \vdots \\ N_p! = 1}} = \underbrace{\Psi_{p_j}}_{\substack{\curvearrowright \\ \vdots \\ N_p! = 1}}$$

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = 0$$

$$|\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N)|^2 = 0$$

$$\underbrace{N_1}_{} = 1, \quad \underbrace{N_2}_{} = 1, \dots$$



## ферміони

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{p_1}(\chi_1) & \psi_{p_1}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_1}(\chi_N) \\ \psi_{p_2}(\chi_1) & \psi_{p_2}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_2}(\chi_N) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \psi_{p_N}(\chi_1) & \psi_{p_N}(\chi_2) & \dots & \psi_{p_N}(\chi_N) \end{vmatrix}$$

принцип Паулі: у системі однакових невзаємодіючих ферміонів у кожному одночастинковому стані може перебувати не більше однієї частинки



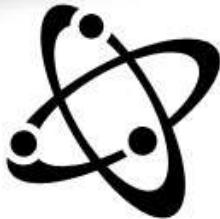
# Стани електронів у багатоелектронному атомі. Самоузгоджене поле



Дуглас Рейнер  
Гартрі



Володимир  
Олександрович Фок



«Основні фізичні закони, необхідні для побудови математичної теорії більшої частини фізики та всієї хімії, повністю відомі; складність лише в тому, що точне застосування цих законів призводить до занадто складних рівнянь»

П.Дірак, 1929 р.

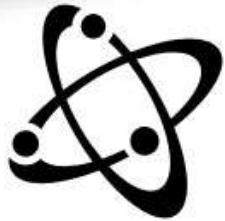
атом з порядковим номером Z

$$\hat{H}\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_Z) = E\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_Z)$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \sum_{i=1}^Z \Delta_i - \sum_{i=1}^Z \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r_i} + \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^Z \sum_{j=1}^Z \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$$

Z > 1

міні-електронона  
взаємодія



ЦСП:

$$[\hat{H}, \hat{L}^2] = 0 \quad [\hat{H}, \hat{L}_z] = 0$$

$$\psi(r, \theta, \phi) = R(r)Y_{lm_l}(\theta, \phi)$$

$$E = E(n, l)$$

*атом – система невзаємодіючих електронів, які рухаються у деякому центрально-симетричному полі*



електрони незалежні, кожен описується власною одноелектронною функцією

$$\Psi_k = \Psi_k(\vec{r}_k), \quad k = \overline{1, Z}$$

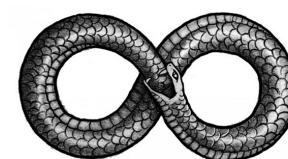
$$\hat{H}_k \Psi_k(\vec{r}_k) = \left[ -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta_k - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_k} + V_k(r_k) \right] \Psi_k(\vec{r}_k) = E_k \Psi_k(\vec{r}_k)$$

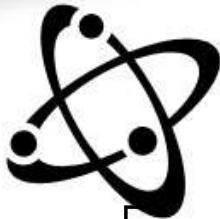
самоуважене.

$$\hat{H}_k = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta_k + U_k(r_k)$$

- 1) для кожного електрона своє
- 2) залежить від стану інших електронів, які, в свою чергу, залежать від стану даного

$$E = \sum_k E_k$$





метод Гартрі

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta_k - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_k} + \sum_{j \neq k} \int \left| \overset{\swarrow}{\psi}_j(\vec{r}_j) \right|^2 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{jk}} d\tau_j \right] \psi_k(\vec{r}) = E_k \psi_k(\vec{r})$$

$\nabla_k$

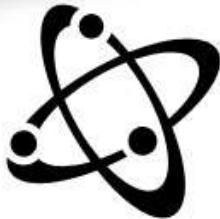
2  
↓  
 $\epsilon_r, \Psi \psi_r^{(1)}$

початкове наближення – воднеподібні функції

$$\underset{=}{\Psi}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_Z) = \psi_1(\vec{r}_1) \cdot \psi_2(\vec{r}_2) \cdot \dots \cdot \psi_Z(\vec{r}_Z)$$

метод Гартрі-Фока

$\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_Z)$  - детермінант Слетера



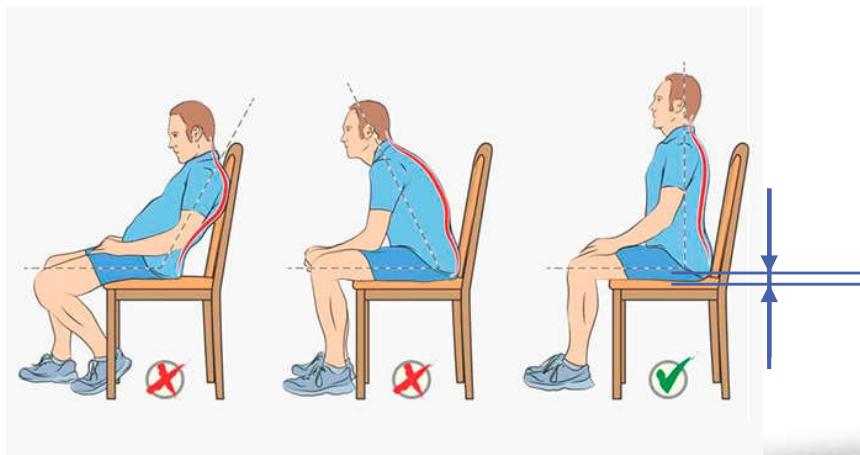
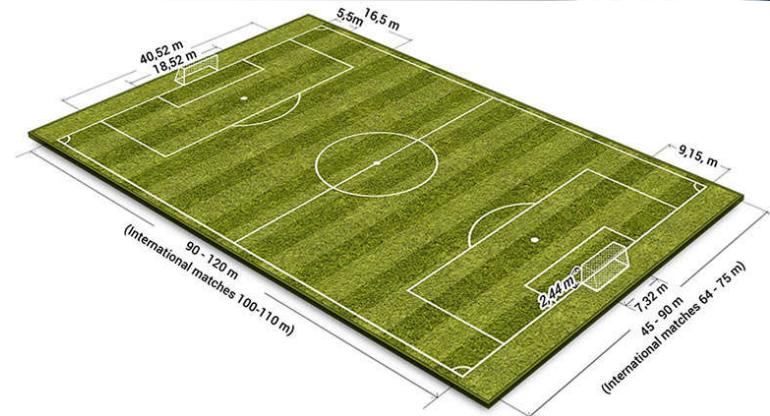
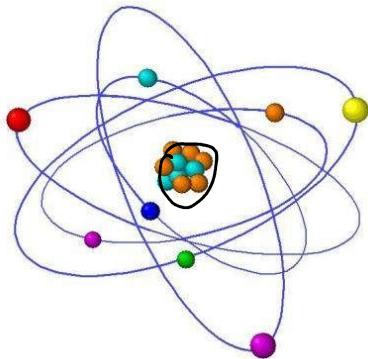
стан кожного електрона можна описувати одночастинковою хвильовою функцією, яка визначається одночастинковими квантовими числами

$$\Psi_k = \Psi_{\substack{n l m_l m_s \\ \uparrow \downarrow \uparrow \uparrow}} (\vec{r}_k)$$

$$(n, l, m_l, m_s) = p$$

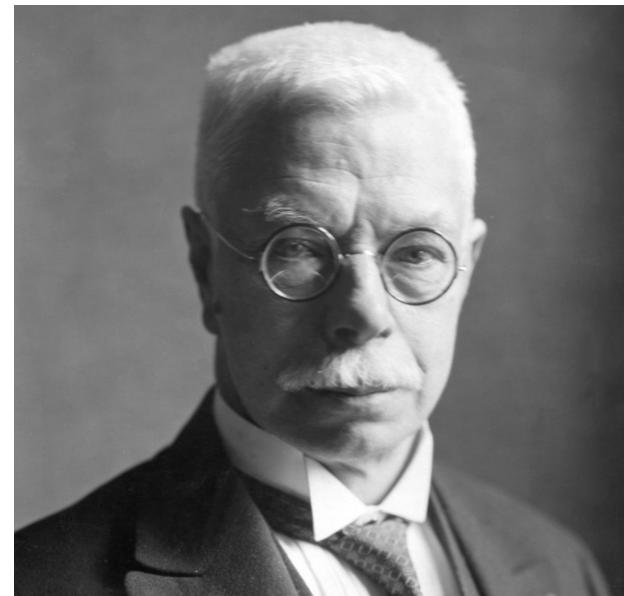
$$\Psi_p (\chi_k^\ell) = \Psi_{\substack{n l m_l m_s \\ \text{---}}} (\vec{r}_k)$$

принцип Пауля: в атомі не може існувати двох або більше електронів з однаковою четвіркою одноелектронних квантових чисел

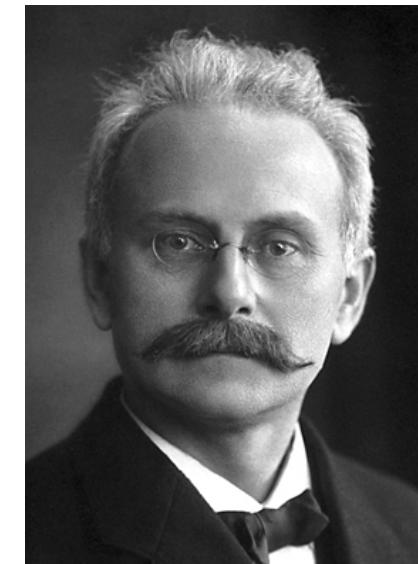




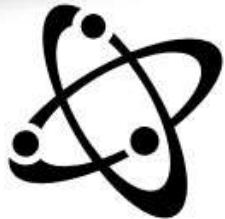
# Розподіл електронів по станам з одноелектронними квантовими числами



Пітер  
Зееман



Йоганнес  
Штарк



$$(n, l, m_l, m_s) = p$$

1.  фіксоване

$$l = 0, 1, \dots, n - 1$$

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

$$m_s = -1/2, +1/2$$

$$N_{ob} = 2 \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = 2\overline{n^2}$$

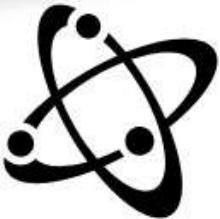
*електронна оболонка (шар)*



## електронна оболонка (шар)

$$N_{об} = 2n^2$$

<u><i>n</i></u>	1	2	3	4	5	6
позначення	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>P</i>
<i>N</i> <sub>об</sub>	2	8	18	32	50	72



2.  $n$  – фіксоване  
 $l$  – фіксоване

$$N_{n\text{ідобр}} = 2(2l+1)$$
$$\frac{m_s}{2 \cdot 4 + 1} \frac{m_e}{}$$

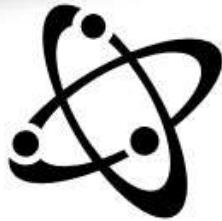
*електронна підоболонка  
(складається з еквівалентних електронів)*

$l = 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5\dots$

$s \quad p \quad d \quad f \quad g \quad h\dots$

$\cancel{ns}$     $\cancel{np}$     $\cancel{nd}$     $nf$     $ng$

$N_{n\text{ідобр}}$    2   6   10   14   18



$n = 1$     *K*-оболонка

$\underline{1s}^2$

$n = 2$     *L*-оболонка

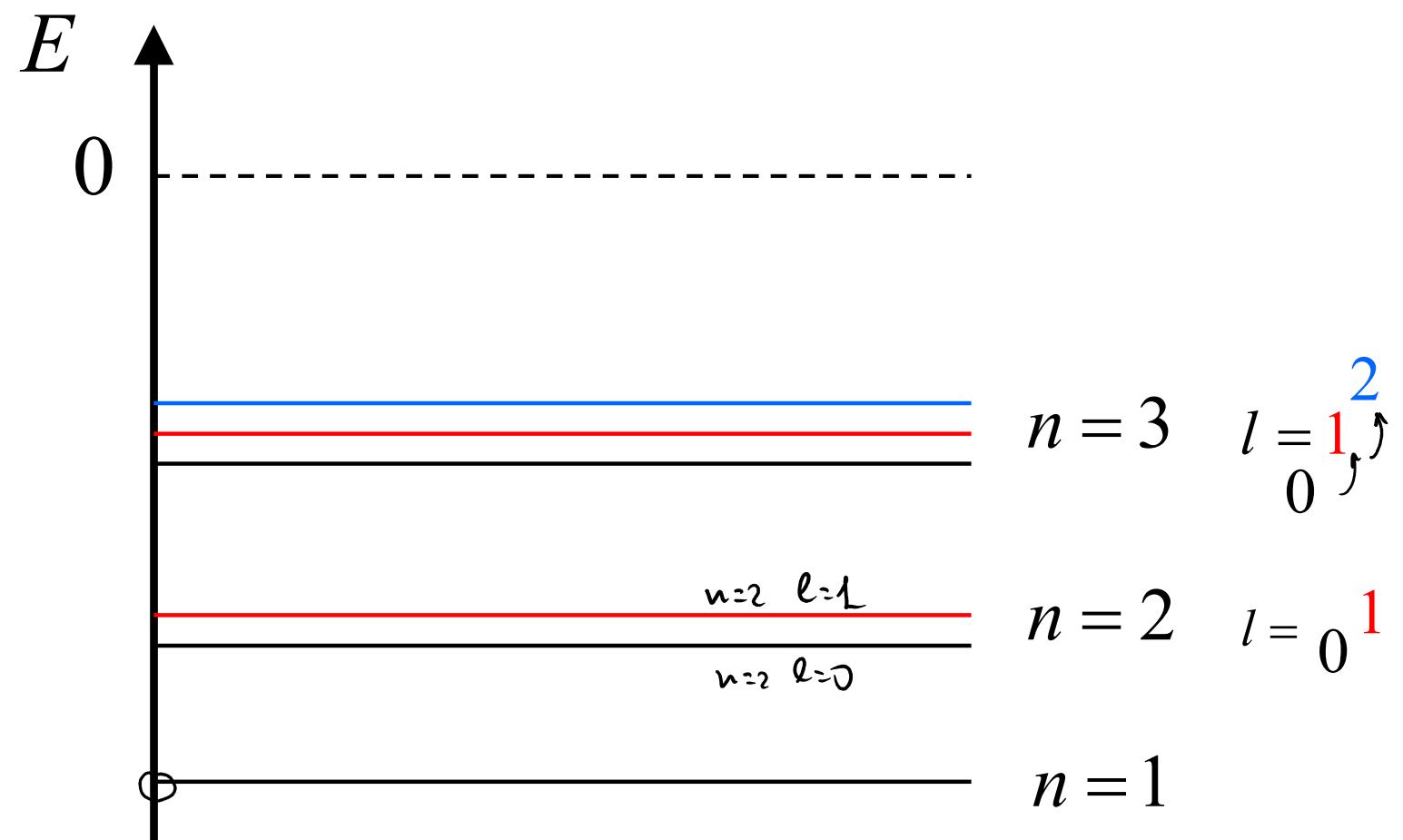
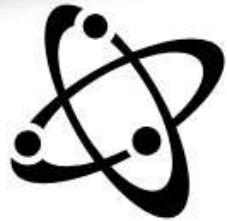
$\begin{matrix} \underline{2s}^2 \\ L_1 \end{matrix}$      $\begin{matrix} \underline{2p}^6 \\ L_{2,3} \end{matrix}$      $\begin{matrix} \downarrow z \\ \downarrow z \\ \downarrow z \end{matrix}$

$n = 3$     *M*-оболонка

$3s^2$      $3p^6$      $3d^{10}$   
 $M_1$      $M_{2,3}$      $M_{4,5}$

$n = 4$     *N*-оболонка

$4s^2$      $4p^6$      $4d^{10}$      $4f^{14}$   
 $N_1$      $N_{2,3}$      $N_{4,5}$      $N_{6,7}$

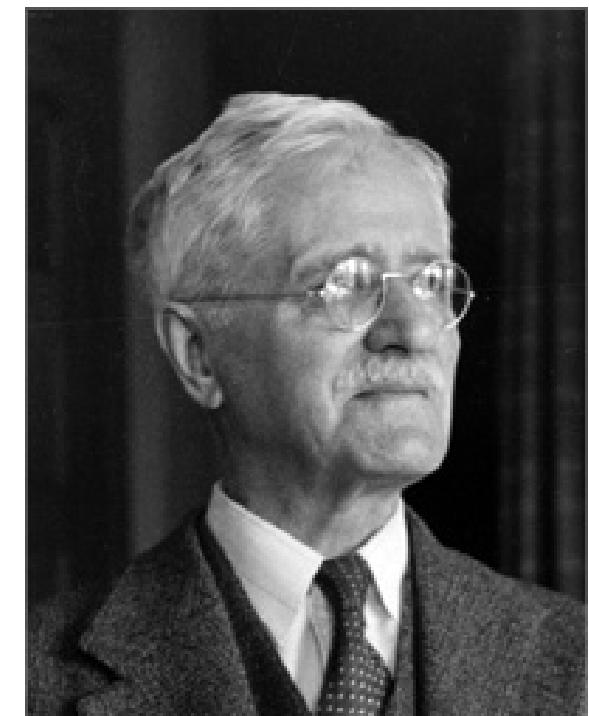




# Механічний момент атому. LS- та jj- зв'язки.



Генрі Норрис  
Расселл



Фредерік Альберт  
Сондерс



*в один і той же момент часу кожен з електронів має певне значення орбітального та власного моментів*

$$L_{l_k}^2 = \hbar^2 l_k^{\downarrow} (l_k + 1)$$

$$L_{l_k, z} = \hbar m_{l_k}$$

$$m_{l_k} = -l_k, -l_k + 1, \dots, l_k$$

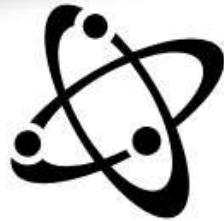
$$L_{s_k}^2 = \hbar^2 s_k^{\downarrow} (s_k + 1)$$

$$L_{s_k, z} = \hbar m_{s_k}$$

$$m_{s_k} = -s_k, -s_k + 1, \dots, s_k$$

$$k = \overline{1, Z}$$

*але...*



беск  
ечн

$$[\hat{H}, \hat{L}_{l_k}^2] \neq 0$$

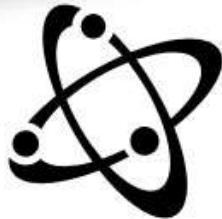


$$[\hat{H}, \hat{L}_{l_k,z}] \neq 0$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_{s_k}^2] \neq 0$$

не зде  
рживаем

$$[\hat{H}, \hat{L}_{s_k,z}] \neq 0$$



Оператор  
північного  
згід. моменту

$$\hat{L}_L = \sum_{k=1}^Z \hat{L}_{l_k}$$

$$\hat{L}_S = \sum_{k=1}^Z \hat{L}_{s_k}$$

новий  
момент

$$\hat{L}_J = \hat{L}_L + \hat{L}_S$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_L^2] = 0$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_S^2] = 0$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_J^2] = 0$$

$$\hat{L}_{L,z} = \sum_{k=1}^Z \hat{L}_{l_k,z}$$

$$\hat{L}_{S,z} = \sum_{k=1}^Z \hat{L}_{s_k,z}$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_{L,z}] = 0$$

$$[\hat{H}, \hat{L}_{S,z}] = 0$$

задача: з одноелектронних моментів побудувати повні моменти атому



$\stackrel{2}{=} елекtronа$

$$L_{l_1} = \hbar \sqrt{l_1(l_1 + 1)}$$

$$L_{l_1,z} = m_{l_1} \hbar$$

$$m_{l_1} = -l_1, -l_1 + 1, \dots, l_1$$

$$\Psi_{l_1, m_{l_1}}$$

$$L_{l_2} = \hbar \sqrt{l_2(l_2 + 1)}$$

$$L_{l_2,z} = m_{l_2} \hbar$$

$$m_{l_2} = -l_2, -l_2 + 1, \dots, l_2$$

$$\Psi_{l_2, m_{l_2}}$$

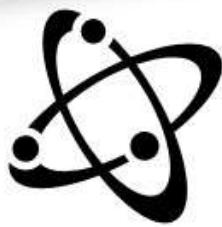
$$\hat{L}_L^2 = (\hat{L}_{l_1} + \hat{L}_{l_2})^2$$

$$L_L^2 = \hbar^2 L(L+1)$$

$$m_L = -L, -L+1, \dots, L$$

$$\hat{L}_{L,z} = \hat{L}_{l_1,z} + \hat{L}_{l_2,z}$$

$$L_{L,z} = \hbar \tilde{m}_L$$

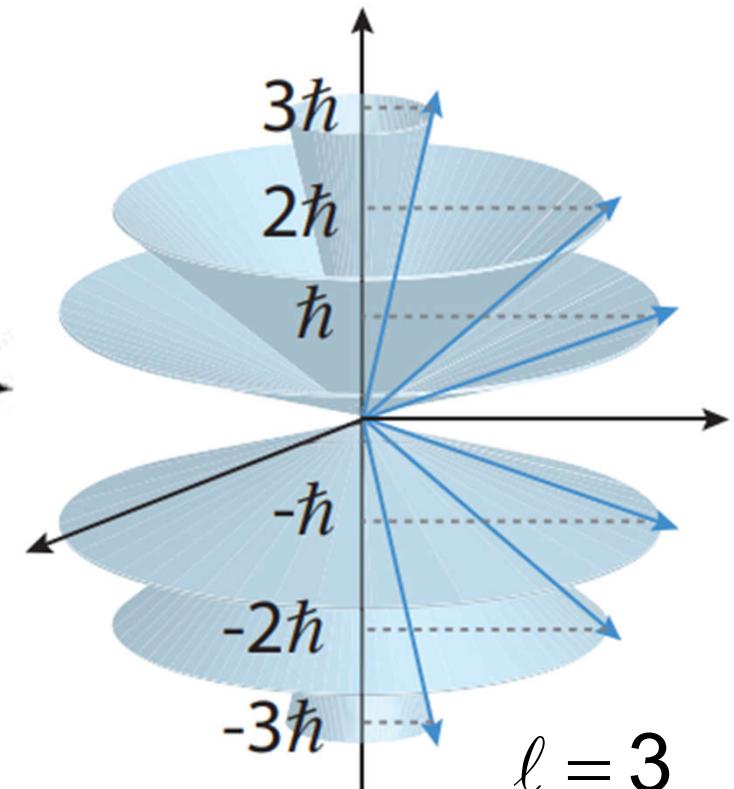
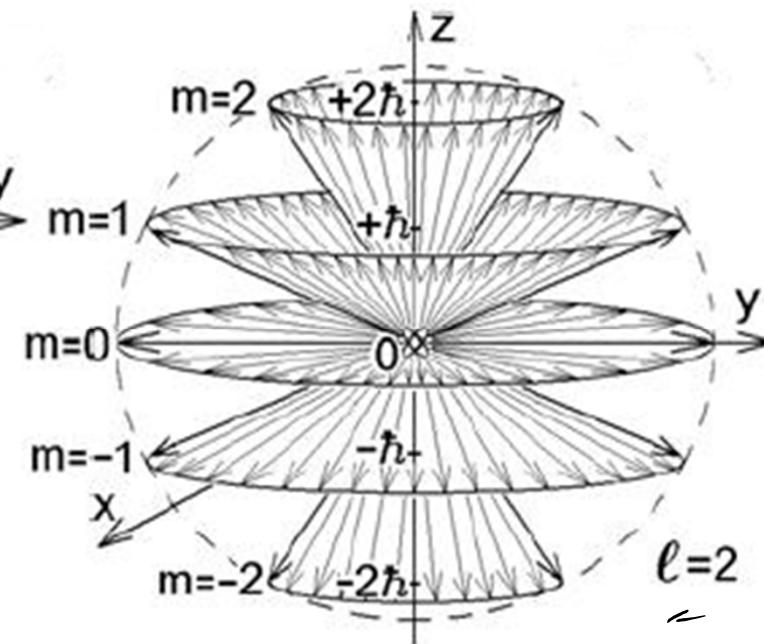
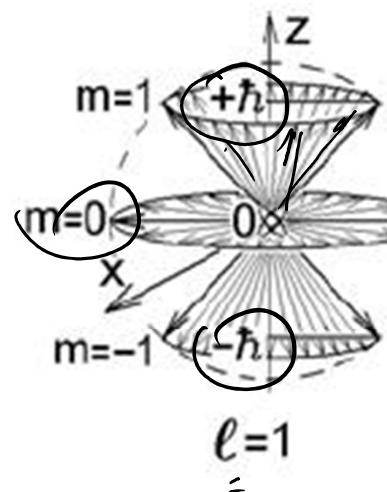


почему  $z L_{L,z}$ :

$$L_{l_1,z} = m_{l_1} \hbar$$

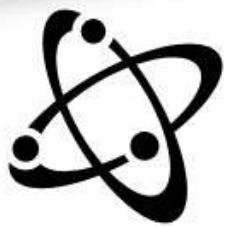
$$L_{l_2,z} = m_{l_2} \hbar$$

$\ell_1$



$$L_{l_1,z} = -\underbrace{\hbar l_1}_{\text{...}} \dots \underbrace{\hbar l_1}_{\text{...}}$$

$$L_{l_2,z} = -\hbar l_2 \dots \hbar l_2$$



$$L_{l_1,z} = m_{l_1} \hbar$$

$$L_{l_2,z} = \underline{m_{l_2} \hbar}$$

$$L_{L,z} = \cancel{\hbar m_{l_1}} + \cancel{\hbar m_{l_2}} =$$

$$= \hbar(m_{l_1} + m_{l_2})$$

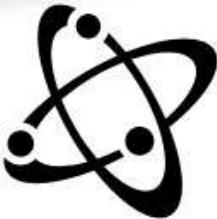
$$L_{L,z} = \hbar \underbrace{m_L}_{\downarrow}$$

$$m_L = m_{l_1} + m_{l_2}$$

$$m_L = -L, -L+1 \dots + L$$

$$\underbrace{|m_{l_1} + m_{l_2}|}_{MAX} = l_1 + l_2$$

$$|m_L|_{MAX} = L_{MAX} = l_1 + l_2$$



$$m_L = m_{l_1} + m_{l_2}$$

$m_{l_2}$	$m_{l_1}$	$\underline{l_1}$	$l_1-1$	...	0	...	$-l_1$
$\underline{l_2}$		$\underline{l_1+l_2}$	$l_1+l_2-1$	...	$l_2$	...	$l_2-l_1$
$l_2-1$		$\underline{\underline{l_1+l_2-1}}$	$l_1+l_2-2$	...	$l_2-1$	...	$l_2-l_1-1$
...							...
0		$l_1$	$l_1-1$		0		$-l_1$
...							...
$-l_2$		$l_1-l_2$	$l_1-l_2-1$		$-l_2$		$-l_2+l_1$

$$m_L = l_1 + l_2, l_1 + l_2 - 1, \dots - (l_1 + l_2)$$

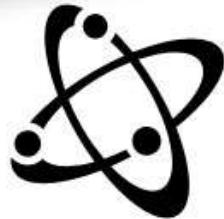
$$m_L = (l_1 + l_2 - 1), (l_1 + l_2 - 2), \dots - (l_1 + l_2 - 1)$$

.....

$$m_L = |l_1 - l_2|, |l_1 - l_2| - 1, \dots - |l_1 - l_2|$$

$l_1$   
 $l_2$

$$\begin{aligned} \underline{\underline{L}} &= l_1 + l_2 \\ L &= l_1 + l_2 - 1 \\ &\dots \dots \\ L &= |l_1 - l_2| \end{aligned}$$



$$L = l_1 + l_2, \quad l_1 + l_2 - 1, \dots |l_1 - l_2|$$

$m_L = -L, -L+1, \dots L$

$L_{Lz} = \hbar m_L$

$L^2 = \hbar^2 L(L+1)$

$$\Psi_{L,m_L} = \sum_{m_{l_1}, m_{l_2}} C_{l_1, m_{l_1}, l_2, m_{l_2}}^{L, m_L} \Psi_{l_1, m_{l_1}} \cdot \Psi_{l_2, m_{l_2}}$$

коэф. Клебша-Гордона

$$C_{l_1, m_{l_1}, l_2, m_{l_2}}^{L, m_L}$$

$$= (-1)^{l_1 - l_2 + m_L} \sqrt{(2L+1)}$$

$$\left( \begin{array}{ccc} l_1 & l_2 & L \\ m_{l_1} & m_{l_2} & -m_L \end{array} \right)$$

3-j символ

## Обчислення [ред. | ред. код]

Явний вираз для обчислення Зj-символу є досить громіздким й може бути записаний так:<sup>[1]</sup>

$$\begin{pmatrix} j_1 & j_2 & j_3 \\ -m_1 & -m_2 & -m_3 \end{pmatrix} = \frac{(j_1+j_2-j_3)!(j_1-j_2+j_3)!(-j_1+j_2+j_3)!}{(j_1+j_2+j_3+1)!} \times \\ [(j_1+m_1)!(j_1-m_1)!(j_2+m_2)!(j_2-m_2)!(j_3+m_3)!(j_3-m_3)!]^{1/2} \times \\ \sum_{z=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^{z+j_1+j_2-m_3}}{z!(j_1+j_2-j_3-z)!(j_1-m_1-z)!(j_2-m_2-z)!(j_3-j_2+m_1+z)!(j_3-j_1-m_2+z)!}$$

де знак ! вказує на **факторіал** числа, а сумування проводиться по всім цілим  $z$ . Але оскільки факторіал **від'ємного числа** дорівнює  $-\infty$ , то маємо скінченне число членів суми.

## Формули для Зj-символів для простих випадків<sup>[1]</sup> [ред. | ред. код]

Випадок

$$\begin{pmatrix} j + \frac{1}{2} & j & \frac{1}{2} \\ m & -m - \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} = (-1)^{j-m-\frac{1}{2}} \underbrace{\left[ \frac{j-m-\frac{1}{2}}{(2j+1)(2j+2)} \right]}_{\text{green underline}}^{\frac{1}{2}}.$$

Випадок

$$(-1)^{j-m} \begin{pmatrix} j_1 & j & 1 \\ m & -m - m_2 & m_2 \end{pmatrix}$$

3j символы - Поиск Google    W 3j-символы — Вікіпедія    Wigner coefficient calculator

https://uk.wikipedia.org/wiki/3j-символи

150% 3j символы

Формули для 3j-символів для простих випадків [1] [ред. | ред. код]

Випадок

$$\begin{pmatrix} j + \frac{1}{2} & j & \frac{1}{2} \\ m & -m - \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} = (-1)^{j-m-\frac{1}{2}} \left[ \frac{j-m-\frac{1}{2}}{(2j+1)(2j+2)} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Випадок

$$(-1)^{j-m} \begin{pmatrix} j_1 & j & 1 \\ m & -m - m_3 & m_3 \end{pmatrix}$$

$j_1 =$	$m_3 = 0$
$j$	$\frac{2m}{[2j(2j+1)(2j+2)]^{\frac{1}{2}}}$
$j + 1$	$-[\frac{2(j+m+1)(j-m+1)}{(2j+1)(2j+2)(2j+3)}]^{\frac{1}{2}}$
$j_1 =$	$m_3 = 1$
$j$	$[\frac{2(j-m)(j+m+1)}{[2j(2j+1)(2j+2)]}]^{\frac{1}{2}}$
$j + 1$	$-[\frac{(j-m)(j-m+1)}{(2j+1)(2j+2)(2j+3)}]^{\frac{1}{2}}$

Випадок

Часто посещаемые Начальная страница Mail.Ru

[Home](#)

[Personal information](#)

[Computer programs](#)

[Research details](#)

[The Theory of Intermolecular Forces](#)

[Publications](#)

[Supplementary material for published papers](#)

## Anthony Stone's Wigner coefficient calculator

machine. However, if you only need occasional values, you can use this calculator, which uses the RRF program to evaluate individual coefficients. Just fill in the appropriate set of boxes below and push the button for the 3-j, 6-j or 9-j symbol that you need.

All entries take the form "n" or "n/2" where n is an integer.

The program has been tested extensively and used in a number of applications without any errors becoming apparent. However no guarantee can be given that the results are correct.

### 3j symbol

The sum of the m values should be zero. The j values should all be positive or zero, and they should satisfy the triangle rule -- i.e. their sum should be an integer, and the sum of any two should be not less than the third.

$$\begin{pmatrix} j_1 & j_2 & j_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \end{pmatrix} \quad j_1 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_2 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_3 = \boxed{\phantom{00}} \\ m_1 = \boxed{\phantom{00}} \quad m_2 = \boxed{\phantom{00}} \quad m_3 = \boxed{\phantom{00}}$$

### 6j symbol

The triples  $(j_1, j_2, j_3)$ ,  $(j_1, j_5, j_6)$ ,  $(j_4, j_2, j_6)$  and  $(j_4, j_5, j_3)$  should all satisfy the triangle rule.

$$\left\{ \begin{array}{l} j_1 \quad j_2 \quad j_3 \\ j_4 \quad j_5 \quad j_6 \end{array} \right\} \quad j_1 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_2 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_3 = \boxed{\phantom{00}} \\ j_4 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_5 = \boxed{\phantom{00}} \quad j_6 = \boxed{\phantom{00}}$$

### 9j symbol

This page is maintained by Anthony Stone (ajs1 at cam dot ac dot uk), and was last updated on 13 March, 2018.





результатуючий спін:

$$L_S = \hbar \sqrt{S(S+1)}$$

$$s_1 = \frac{1}{2}; s_2 = \frac{1}{2}$$

$$S = s_1 + s_2, s_1 + s_2 - 1, \dots |s_1 - s_2|$$

$$S = \underline{\underline{1}}, 0$$

$$L_{S,z} = \hbar m_S$$

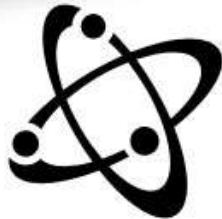
$$m_S = -S, (-S+1), \dots S$$

$$m_S = \underline{\underline{-1, 0, 1}}$$

$$m_S = 0$$

$$\Psi_{S,m_S} = \sum_{m_{s1}, m_{s2}} C_{s_1, m_{s1}, s_2, m_{s1}}^{S, m_S} \Psi_{=s_1, m_{s2}} \cdot \Psi_{=s_2, m_{s2}}$$

$\downarrow_{\gamma_1} \quad \uparrow_{\gamma_2}$



повний механічний момент:

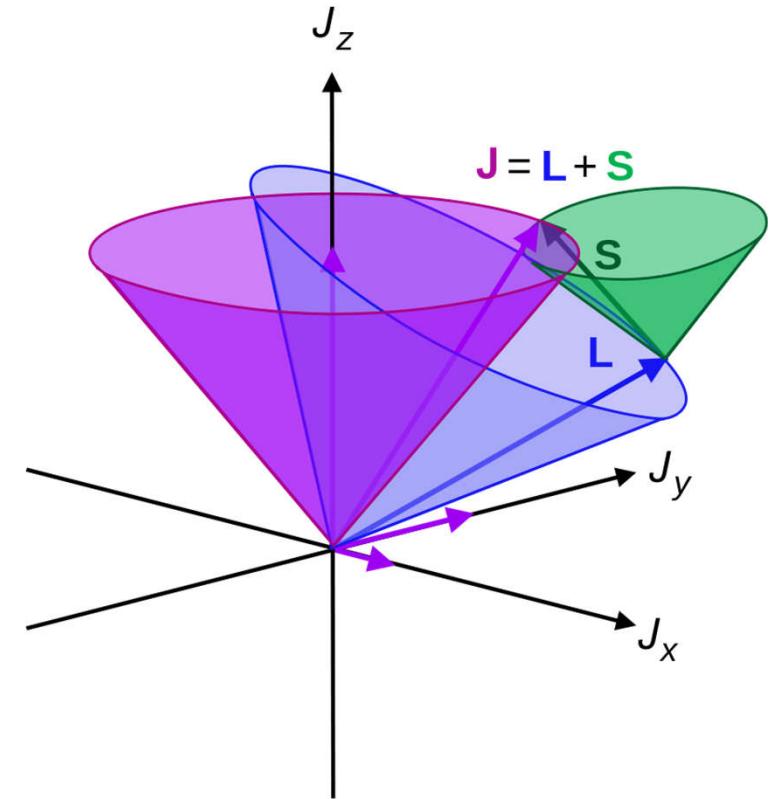
$$L_J = \hbar \sqrt{J(J+1)}$$

$$J = L + S, L + S - 1, \dots |L - S|$$

$$L_{J,z} = \hbar m_J$$

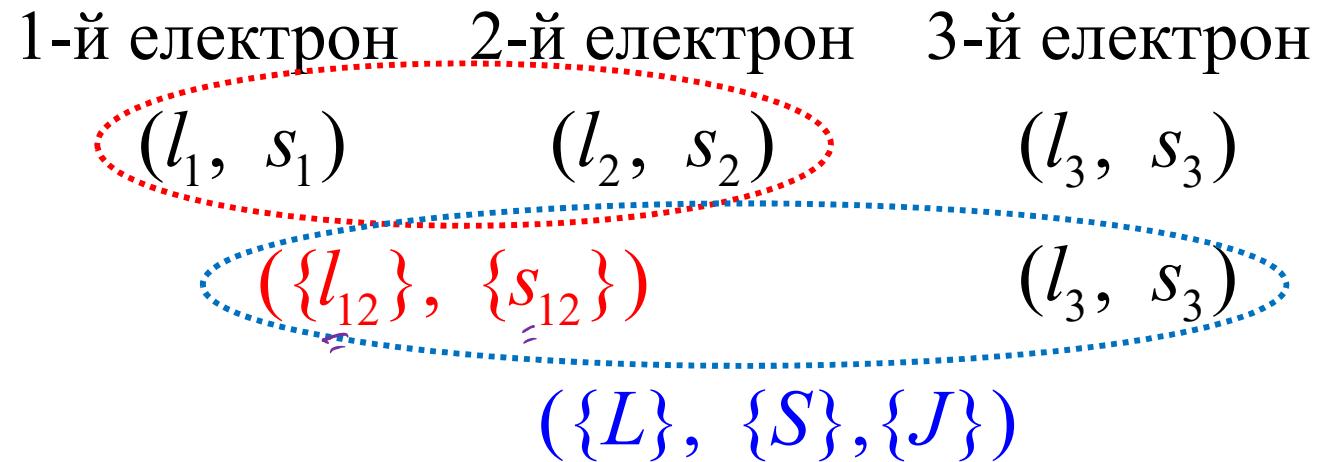
$$m_J = -J, -J + 1, \dots J$$

$$\Psi_{\tilde{J},m_J} = \sum_{m_L, m_S} C_{L,m_L, S, m_S}^{J, m_J} \Psi_{\tilde{L}, m_L} \cdot \Psi_{\tilde{S}, m_S}$$





*три електрони:*

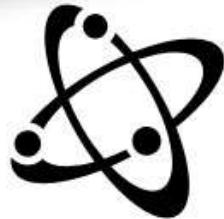


*підоболонка заповнена:*

$$L = 0$$

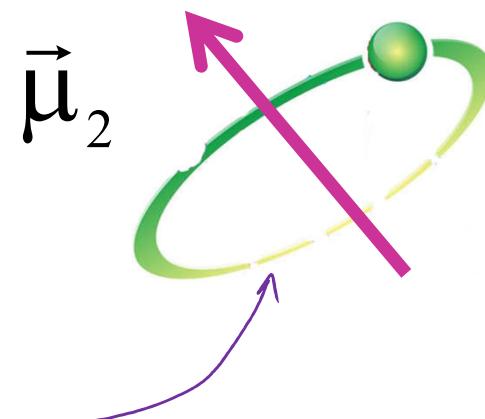
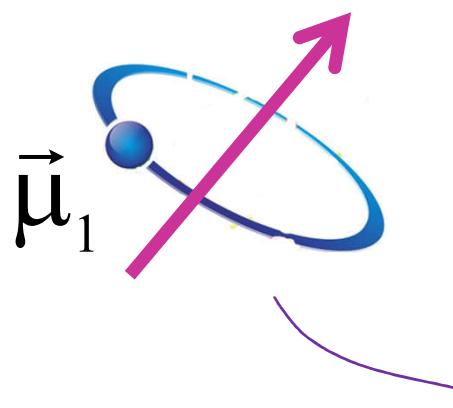
$$S = 0$$

$$J = 0$$



$$\vec{\mu}_{l_k} = -\frac{e}{2m_0} \vec{L}_{l_k}$$

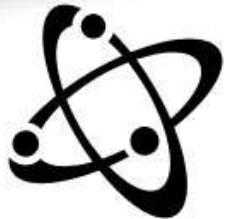
$$\vec{\mu}_{s_k} = -\frac{e}{m_0} \vec{L}_{s_k}$$



$$\vec{B} \sim \vec{\mu}$$

$$W = -(\vec{\mu}_2 \cdot \vec{B}_1)$$

$$W \sim \vec{\mu}_1 \vec{\mu}_2$$

 $W_{l_k, s_k}$ 

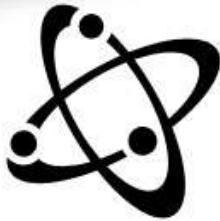
*енергія взаємодії орбітального  
та власного моментів  $k$ -го  
електрона*

 $W_{l_i, l_j}$ 

*енергія взаємодії орбітальних  
моментів двох електронів*

 $W_{s_i, s_j}$ 

*енергія взаємодії власних  
моментів двох електронів*



□ зв'язок Рассела-Сондерса ( $L-S$  зв'язок, нормальний зв'язок)

$$|W_{l_i, l_j}|, |W_{s_i, s_j}| \gg |W_{l_k, s_k}|$$

$$\vec{L}_J = \sum_{i=1}^Z \vec{L}_{l_i} + \sum_{i=1}^Z \vec{L}_{s_i} = \vec{L}_L + \vec{L}_S \quad Z < 20$$

□  $j-j$  зв'язок  $s=\frac{1}{2}; l=2$   
 $j=\frac{5}{2}, \frac{3}{2}$

$$|W_{l_i, s_i}|, |W_{l_j, s_j}| \gg |W_{l_i, l_j}|, |W_{s_i, s_j}|$$

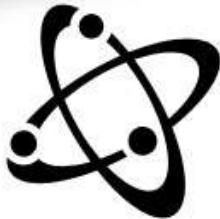
$$\vec{L}_J = \sum_{i=1}^Z \left( \overbrace{\vec{L}_{l_i} + \vec{L}_{s_i}}^{\downarrow} \right) = \sum_{i=1}^Z \vec{L}_{j_i} \quad Z > 60$$



# Магнітний момент атому. Множник Ланде



Альфред  
Ланде



повний орбітальний момент атома

$$\hat{L}_L^2$$

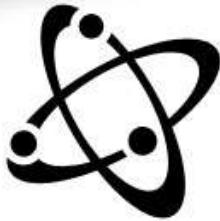
$$\hat{L}_{L_z}$$

$$L_L = \hbar \sqrt{L(L+1)}$$

повний орбітальний магнітний момент атома

$$\hat{\mu}_L = -\frac{e}{2m_0} \hat{L}_L$$

$$\mu_L = \frac{e\hbar}{2m_0} \sqrt{L(L+1)}$$



ПОВНИЙ ВЛАСНИЙ МОМЕНТ АТОМА

$$\hat{L}_S^2$$

$$\hat{L}_{S_z}$$

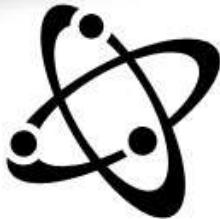
$$L_S = \hbar \sqrt{S(S+1)}$$



ПОВНИЙ ВЛАСНИЙ МАГНІТНИЙ МОМЕНТ АТОМА

$$\hat{\mu}_S = -\frac{e}{m_0} \hat{L}_S$$

$$\mu_S = \frac{e\hbar}{m_0} \sqrt{S(S+1)}$$



## повний механічний момент атома

$$\hat{L}_J = \hat{L}_L + \hat{L}_S$$

$$L_J = \hbar \sqrt{J(J+1)}$$

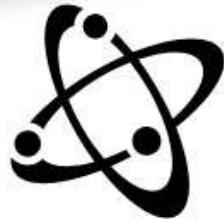
## повний магнітний момент атома

$$\hat{\mu}_J = \hat{\mu}_L + \hat{\mu}_S = -\frac{e}{2m_0} (\hat{L}_L + 2\hat{L}_S)$$

$$\hat{\mu}_J \neq -\frac{e}{2m_0} \hat{L}_J$$

$$\mu_J \neq \frac{e\hbar}{2m_0} \sqrt{J(J+1)}$$

$$\hat{\mu}_J = -\frac{e}{2m_0} \hat{G} \hat{L}_J$$



$$\hat{\mu}_J = -\frac{e}{2m_0} \left( \hat{L}_L + 2\hat{L}_S \right)$$

$$\hat{\mu}_J = -\frac{e}{2m_0} \hat{G} \hat{L}_J$$

$$\begin{aligned}\hat{G} \hat{L}_J &= \hat{L}_L + 2\hat{L}_S = \hat{L}_J + \hat{L}_S \\ \hat{L}_J &= \hat{L}_L + \hat{L}_S\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{G} \hat{L}_J^2 &= \hat{L}_J^2 + \hat{L}_S \hat{L}_J \\ \hat{G} &= 1 + \frac{\hat{L}_S \hat{L}_J}{\hat{L}_J^2}.\end{aligned}$$

$$[\hat{L}_J \hat{L}_L] = 0$$

$$[\hat{L}_S \hat{L}_L] = 0$$

$$[\hat{L}_J \hat{L}_S] = 0$$



$$\hat{G} = 1 + \frac{\hat{L}_S \hat{L}_J}{\hat{L}_J^2}$$

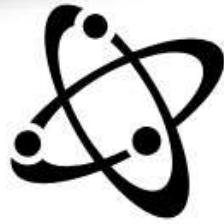
$$\hat{L}_L = \hat{L}_J - \hat{L}_S$$

$$\hat{L}_L^2 = (\hat{L}_J - \hat{L}_S)(\hat{L}_J - \hat{L}_S) = \hat{L}_J^2 - 2\hat{L}_J \hat{L}_S + \hat{L}_S^2$$

$$\hat{L}_J \hat{L}_S = \hat{L}_S \hat{L}_J = \frac{1}{2} (\hat{L}_J^2 - \hat{L}_L^2 + \hat{L}_S^2)$$

$$\hat{G} = 1 + \frac{\hat{L}_J^2 - \hat{L}_L^2 + \hat{L}_S^2}{2\hat{L}_J^2}$$

$$[\hat{L}_J \hat{G}] = 0$$

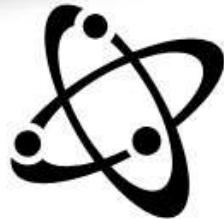


$$\hat{G} = 1 + \frac{\hat{L}_J^2 - \hat{L}_L^2 + \hat{L}_S^2}{2\hat{L}_J^2}$$

власні значення

$$G = 1 + \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)} = g_J$$

множник  
Ланде



$$\hat{\mu}_J = -\frac{e}{2m_0} \hat{G} \hat{L}_J$$

$$L_J = \hbar \sqrt{J(J+1)}$$

$$\mu_J = \underbrace{\frac{e\hbar}{2m_0}}_{= \mu_B} g_J \sqrt{J(J+1)}$$

$$\hat{\mu}_{J_z} = -\frac{e}{2m_0} \hat{G} \hat{L}_{J_z}$$

$$L_{J_z} = \hbar m_J$$

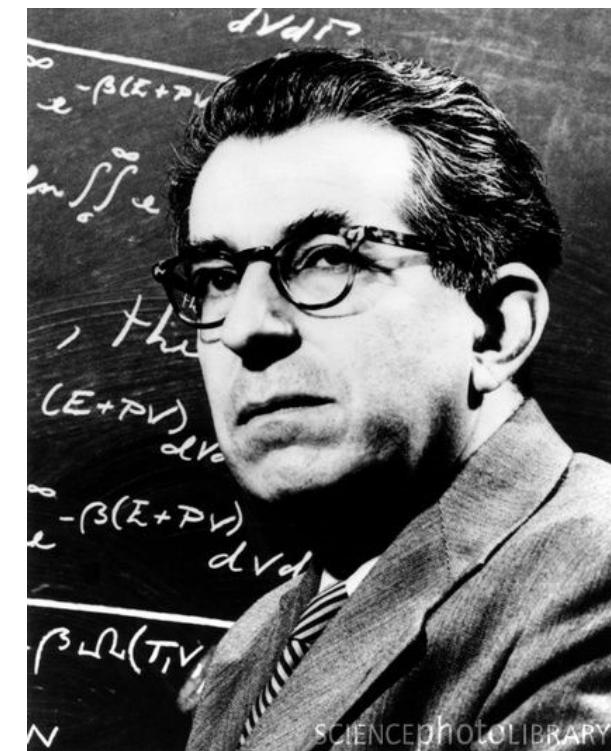
$$\mu_{J_z} = -\underbrace{\frac{e\hbar}{2m_0}}_{\mu_B} g_J m_J$$



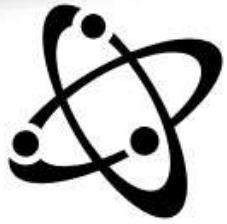
# Обмінна взаємодія



Вальтер Генріх  
Гайтлер

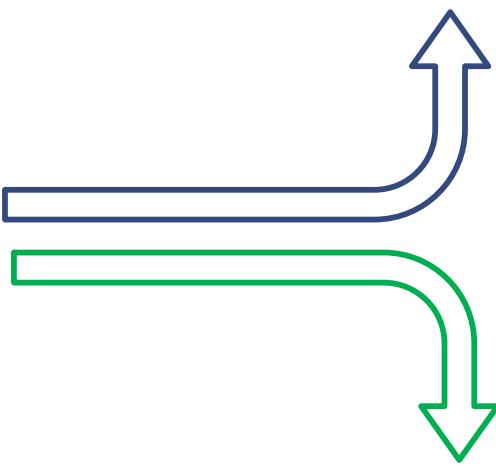


Фріц Вольфганг  
Лондон



## 2 частиинки

$$\Phi(\chi_1, \chi_2, t) = \psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t) \cdot \phi(m_{s_1}, m_{s_2})$$

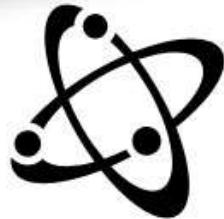
$$\hat{H}\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$$


$$(E_1^{(s)}, E_2^{(s)} \dots)$$

$$\left\{ \psi^{(s)}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t) \right\}$$

$$(E_1^{(a)}, E_2^{(a)} \dots)$$

$$\left\{ \psi^{(a)}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t) \right\}$$



2 ферміони

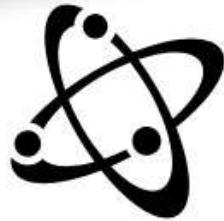
$\Phi(\chi_1, \chi_2)$  антисиметрична

a)  $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$  симетрична

$\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  антисиметрична

б)  $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$  антисиметрична

$\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  симетрична



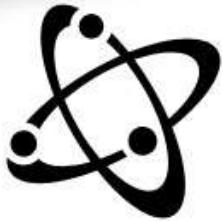
$$m_{s_1} = \pm \frac{1}{2}; m_{s_2} = \pm \frac{1}{2}$$

a)  $\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  симетрична

$$m_{s_1} = m_{s_2} = \pm 1/2 \quad S = 1 \quad m_S = -1, 0, 1$$

б)  $\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  антисиметрична

$$m_{s_1} = -m_{s_2} = \pm 1/2 \quad \underset{\uparrow}{S} = 0 \quad m_S = 0$$



a)  $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$  симетрична

$(E_1^{(s)}, E_2^{(s)} \dots)$

$\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  антисиметрична

$S = 0$

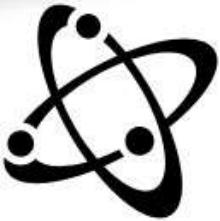
$E = f(S)$

б)  $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$  антисиметрична

$(E_1^{(a)}, E_2^{(a)} \dots)$

$\phi(m_{s_1}, m_{s_1})$  симетрична

$S = 1$



## теорія збурень

*розв'язана задача*

$$\hat{H}_0 \Psi_0 = E_0 \Psi_0$$

*нова задача*

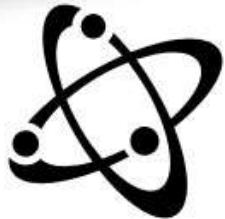
$$\hat{H} \Psi = E \Psi$$

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{V}$$

$$\hat{V} \ll \hat{H}_0$$

$$E = E_0 + \underbrace{\Delta E^{(1)}}_{\Delta E^{(1)} = \langle \hat{V} \rangle = \langle \Psi_0 | \hat{V} | \Psi_0 \rangle} + \underbrace{\Delta E^{(2)}}_{\dots} \dots$$

$$\Delta E^{(1)} = \langle \hat{V} \rangle = \langle \Psi_0 | \hat{V} | \Psi_0 \rangle$$



2 ферміони

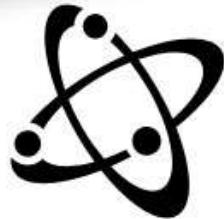
$$\psi_1(r_1) \equiv \psi_1(1)$$

$$\psi_2(r_2) \equiv \psi_2(2)$$

$\hat{V}(r_{12})$  описує взаємодію (слабку, не пов'язану зі спінами)

згідно з теорією збурень

$$\underbrace{\Delta E^{(1)}}_{\sim} = \langle \hat{V} \rangle = \langle \Phi | \hat{V} | \Phi \rangle$$



2 ферміони

$$\psi_1(r_1) \equiv \psi_1(1)$$

$$\psi_2(r_2) \equiv \psi_2(2)$$

$$\Delta E^{(1)} = \langle \hat{V} \rangle = \langle \Phi | \hat{V} | \Phi \rangle$$

$$\Phi(1,2) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_1(1)\psi_2(2) \pm \psi_1(2)\psi_2(1)]$$

$$\begin{array}{ll} "+" & S=0 \\ "-" & S=1 \end{array}$$

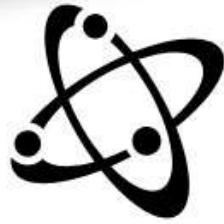
$$\Delta E^{(1)} = \frac{1}{2} \iint [\psi_1^*(1) \underbrace{\psi_2^*(2)}_{\text{purple}} \pm \psi_1^*(2) \underbrace{\psi_2^*(1)}_{\text{green}}] \hat{V} [\psi_1(1) \underbrace{\psi_2(2)}_{\text{purple}} \pm \psi_1(2) \underbrace{\psi_2(1)}_{\text{green}}] d\tau_1 d\tau_2 =$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ \iint [\psi_1^*(1) \underbrace{\psi_2^*(2)}_{\text{purple}} \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) + \psi_1^*(2) \underbrace{\psi_2^*(1)}_{\text{green}} \hat{V} \psi_1(2) \psi_2(1)] d\tau_1 d\tau_2 \pm \right.$$

$$\left. \pm \iint [\underbrace{\psi_1^*(2) \psi_2^*(1)}_{\text{blue}} \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) + \underbrace{\psi_1^*(1) \psi_2^*(2)}_{\text{blue}} \hat{V} \psi_1(2) \psi_2(1)] d\tau_1 d\tau_2 \right\} =$$

$$= \iint \psi_1^*(1) \psi_2^*(2) \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) d\tau_1 d\tau_2 \pm \iint \psi_1^*(2) \psi_2^*(1) \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) d\tau_1 d\tau_2$$

$$\Delta E^{(1)} = Q \pm A$$



$$\Delta E^{(1)} = Q \pm A$$

=  
сдвиг  
интервал.

$$Q = \iint \psi_1^*(1) \psi_2^*(2) \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) d\tau_1 d\tau_2$$

$$A = \iint \psi_1^*(2) \psi_2^*(1) \hat{V} \psi_1(1) \psi_2(2) d\tau_1 d\tau_2$$

$$Q > 0, \quad A > 0$$

$$Q + A > Q - A$$

$$S = 0$$

парастан

$$S = \underline{\underline{1}}$$

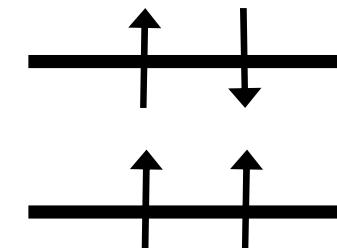
ортостан

$$Q > 0, \quad A \underset{\text{red}}{<} 0$$

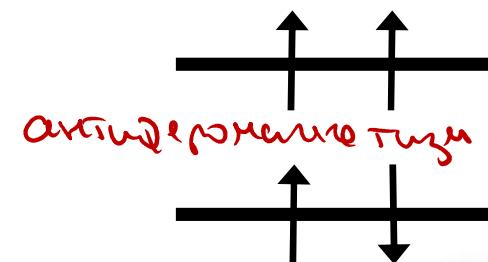
$$Q + A < Q - A$$

$$S=0$$

$$S=1$$



Деформационный



антагонистический



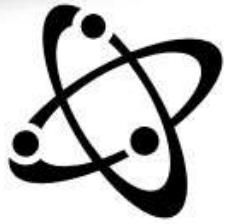
# Міжелектронна та спін-орбітальна взаємодії. Мультиплетне розщеплення рівнів. Правило Ланде.



Самуель Аврам  
Гоудсміт



Джордж Юджин  
Уленбек



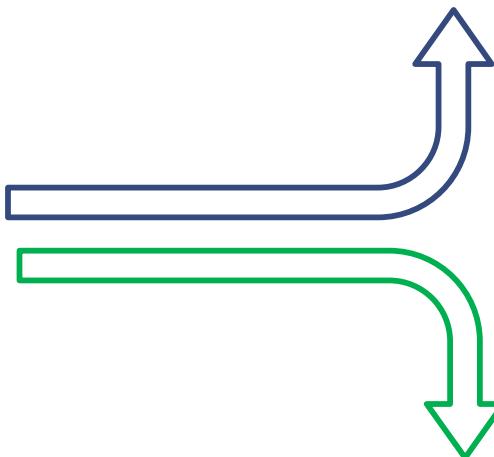
{ СУП  
non

ЦСП

$$E = \sum_{k=1}^z E_k$$

$$E_k = E_k(n, l)$$

$(n_1, l_1)$     $(n_2, l_2)$



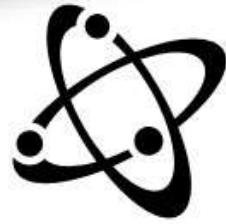
$$\Psi_{L,m_L} = \sum_{m_{l_1}, m_{l_2}} C_{l_1, m_{l_1}, l_2, m_{l_2}}^{L, m_L} \Psi_{l_1, m_{l_1}} \cdot \Psi_{l_2, m_{l_2}}$$

$$\Psi_{S,m_S} = \sum_{m_{s_1}, m_{s_2}} C_{s_1, m_{s_1}, s_2, m_{s_2}}^{S, m_S} \Psi_{s_1, m_{s_1}} \cdot \Psi_{s_2, m_{s_2}}$$

$$L = l_1 + l_2, l_1 + l_2 - 1, \dots |l_1 - l_2|$$

$$S = 0, 1$$

*виродження*



$$\hat{H}_{ee} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^Z \sum_{j=1}^Z \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$$

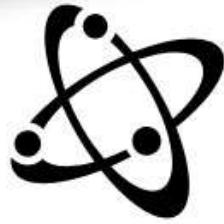
μανα

оператор  
межелектромаги-  
ческой энергии

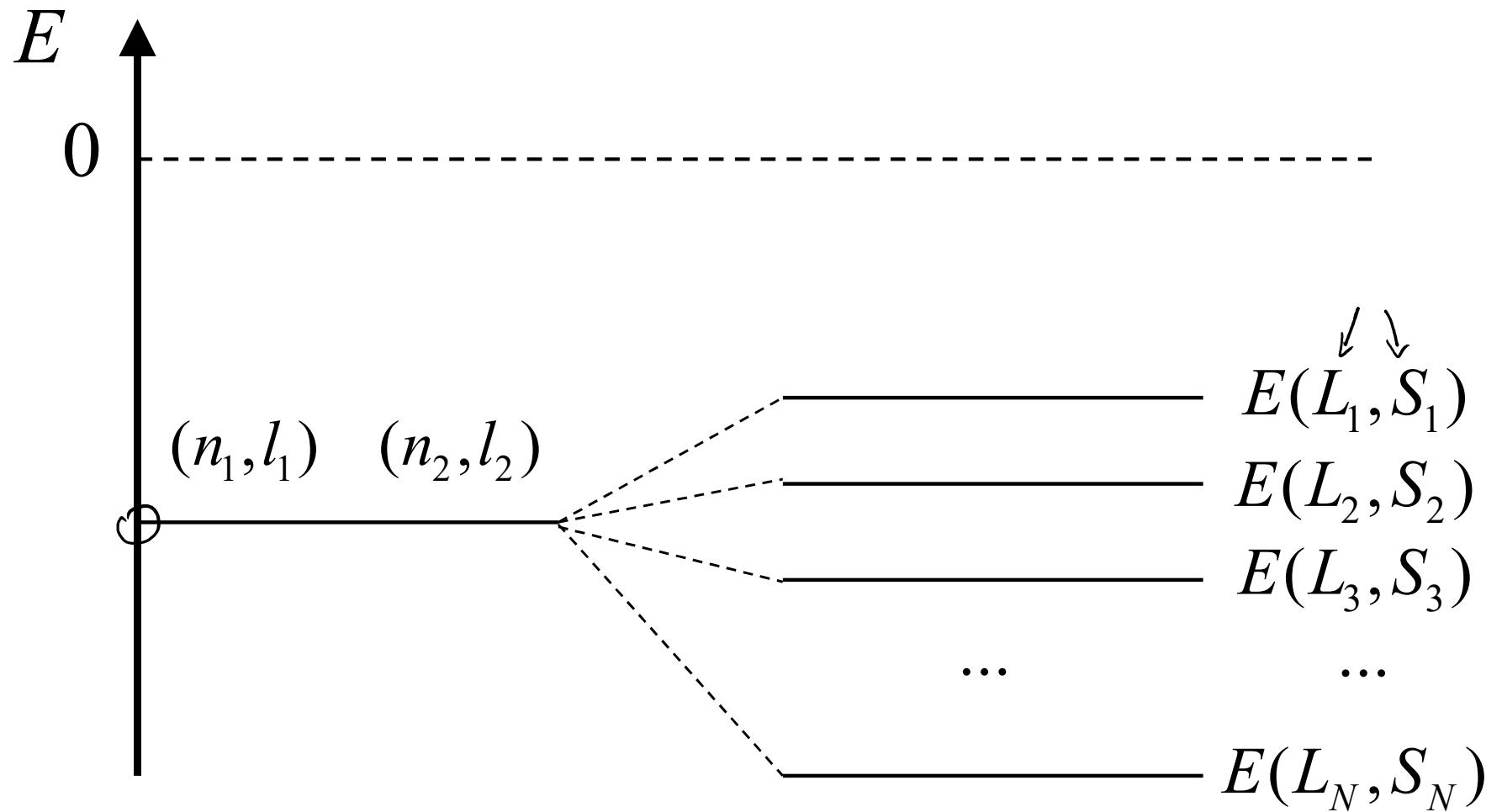
$$\Delta E = \langle \Psi_{LS m_L m_S} | \hat{H}_{ee} | \Psi_{LS m_L m_S} \rangle$$

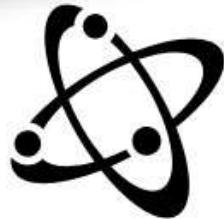
$$E = E_0 + \delta E$$

$$\Delta E = \Delta E_{LS}$$



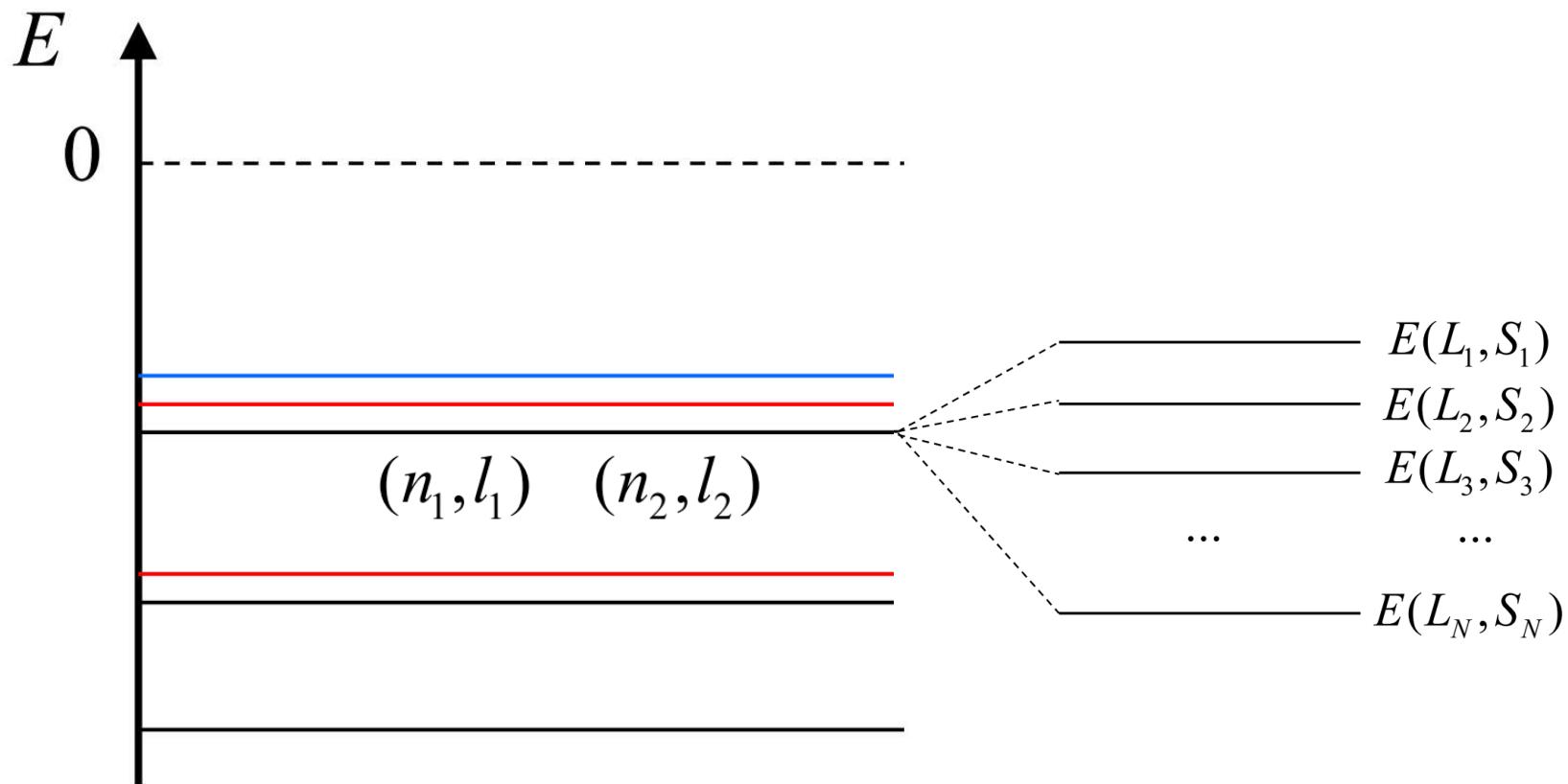
$$\Delta E = \Delta E_{LS}$$

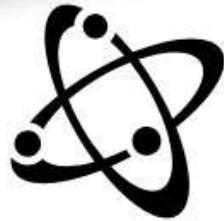


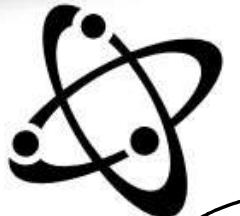


$$E = \sum E_k$$

$$\hat{H}_{ee} = \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^Z \sum_{j=1}^Z \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$$







$$J = L + S, L + S - 1, \dots |L - S|$$

$$\Psi_{J,m_J} = \sum_{m_L, m_S} C_{L,m_L, S, m_S}^{J, m_J} \Psi_{L, m_L} \cdot \Psi_{S, m_S}$$

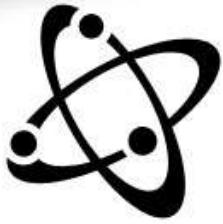
виродження

$$W \sim -\underbrace{\vec{\mu}_L}_{\text{}} \underbrace{\vec{\mu}_S}_{\text{}} \sim -\vec{L}_L \vec{L}_S$$

**спін-орбітальна взаємодія:** взаємодія власного магнітного моменту електрона з магнітним полем, створюваним внаслідок орбітального руху електрона

$$\hat{W}_{sl,i} = a_i \hat{L}_{l_i} \hat{L}_{s_i} \quad \begin{matrix} \text{- оператор спін-орбітальної взаємодії} \\ \text{одного електрона} \end{matrix}$$

$$\hat{W}_{SL} = \sum_{i=1}^Z \hat{W}_{sl,i} \approx A_{LS} \hat{L}_L \cdot \hat{L}_S \quad \begin{matrix} \text{- атома} \\ \text{з } Z \text{ електронами} \end{matrix}$$



$$\hat{W}_{SL} \approx A_{LS} \hat{L}_L \hat{L}_S$$

$$\Delta E_J = \langle \Psi_{LSJm_J} | \hat{W}_{SL} | \Psi_{LSJm_J} \rangle$$

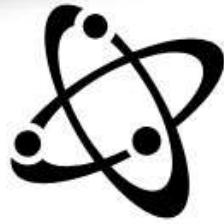
стала спін-  
орбітальної взаємодії

$$\Delta E_J = \frac{1}{2} A_{LS}(L, S) [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)]$$

✓ мультиплет

$$\left\{ \begin{array}{c} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{array} \right\} \uparrow \epsilon$$

✓ тонка структура

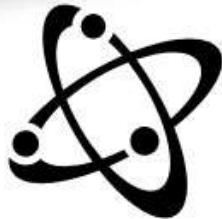


$$\Delta E_J = \frac{1}{2} A_{LS} (L, S) [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)]$$

*розщеплення між сусідніми компонентами  
тонкої структури*

$$\begin{aligned}\Delta E_J - \Delta E_{J-1} &= \Delta E_{J,J-1} = \frac{1}{2} A_{LS} [J(J+1) - (J-1)J] = \\ &\quad \swarrow \quad \searrow \\ (\mathbb{L}, \mathbb{S}) &= \frac{1}{2} A_{LS} [\mathbb{J}^2 + J - \mathbb{J}^2 + J]\end{aligned}$$

$\Delta E_{J,J-1} = A_{LS} \cdot J$       *правило інтервалів  
Ланде*



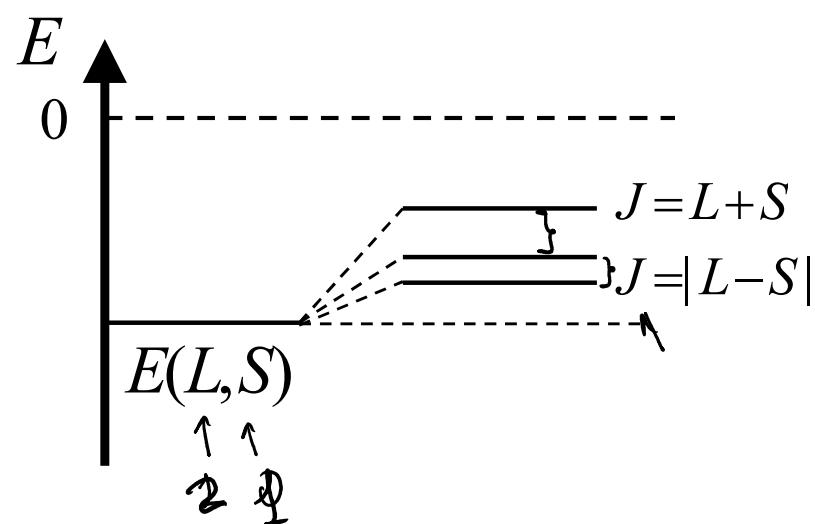
$A_{LS} = A_{LS}(L, S, \text{заповненість оболонки})$

$$n_e \leq \frac{N_{об}}{2}$$

на оболонці

$A_{LS} > 0$  *нормальний мультиплет*

$$\Delta E_J > 0$$

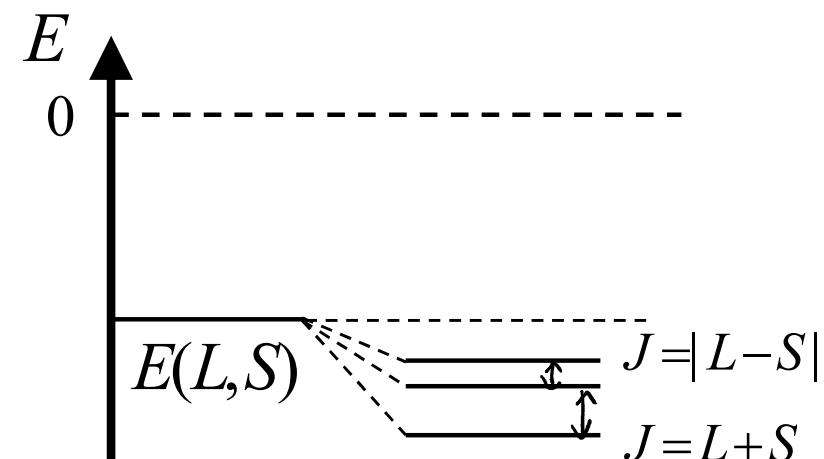


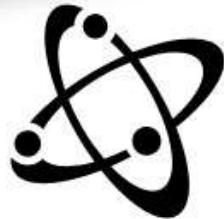
$$\Delta E_J = \frac{1}{2} A_{LS}(L, S) [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)]$$

$$n_e > \frac{N_{об}}{2}$$

$A_{LS} < 0$  *обернений мультиплет*

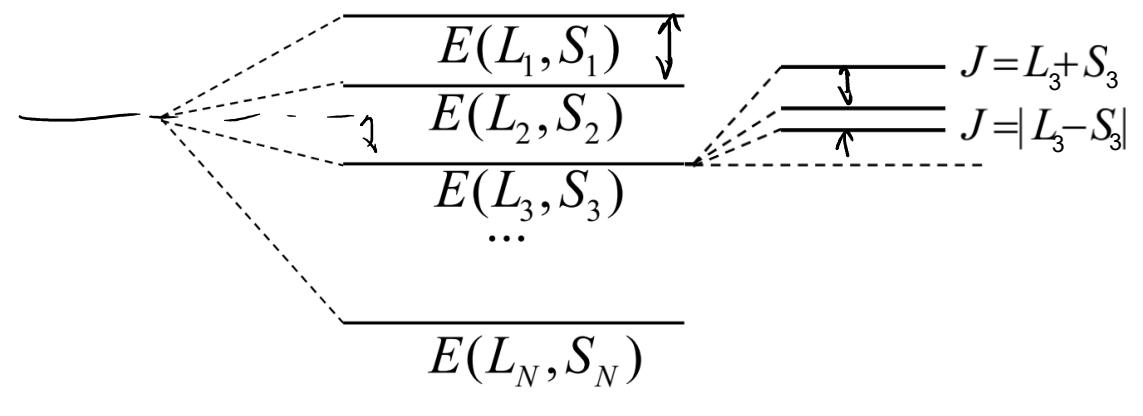
$$\Delta E_J < 0$$





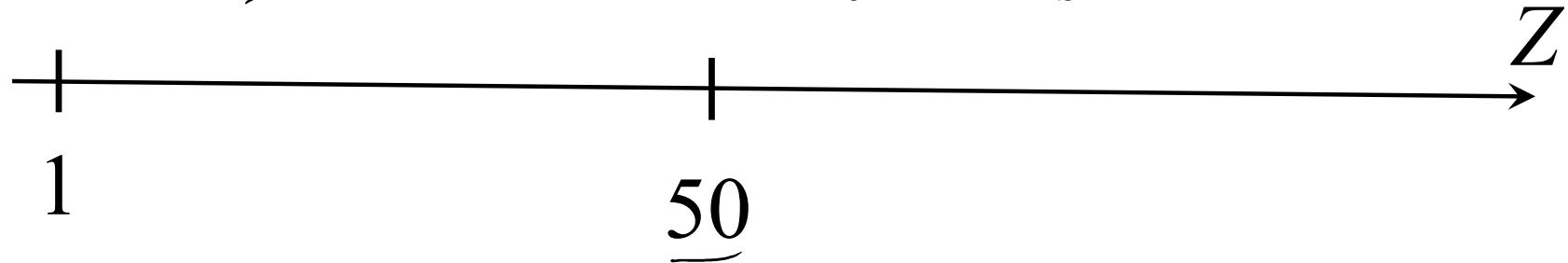
$$\Delta E_{LS} \sim Z^2$$

$$\Delta E_J \sim Z^4$$



$$\Delta E_{LS} \gg \Delta E_J$$

$$\Delta E_J > \Delta E_{LS}$$

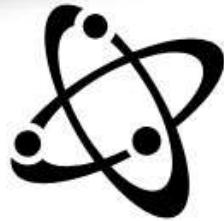




# Терми. Правило Гунда



Фрідріх  
Гунд



$$E = E(\text{електронна конфігурація}, L, S, J)$$

найдріжші енергетичні  
важкі числа

терм

рівень енергії атома з певними значеннями  $L$ ,  $S$  та  $J$

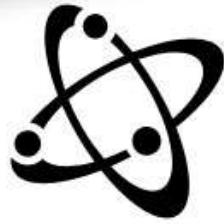
$L$	0	1	2	3	4	5
(L)	S	P	D	F	G	H

$K(L)J$

$^3P_1$

$\ell = 0, 1, 2, 3$   
 $s, p, d, f \dots$

$\kappa = 2S + 1$  мультиплепність



$$np^1 \quad nd^1$$

$p: l_1 = 1, s_1 = 1/2$

$d: l_2 = 2, s_2 = 1/2$

$L = 3 \quad S = 1 \quad J = 4, 3, 2$

$L = 3 \quad S = 0 \quad J = 3$

$L = 2 \quad S = 1 \quad J = 3, 2, 1$

$L = 2 \quad S = 0 \quad J = 2$

$L = 1 \quad S = 1 \quad J = 2, 1, 0$

$L = 1 \quad S = 0 \quad J = 1$

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2, l_1 + l_2 - 1, \dots |l_1 - l_2| \\ S &= s_1 + s_2, s_1 + s_2 - 1, \dots |s_1 - s_2| \\ J &= L + S, L + S - 1, \dots |L - S| \end{aligned}$$

$L = 3, 2, 1 \quad (F, D, P)$   
 $S = 1, 0 \quad (\kappa = 3, 1)$

$^3F_4, \quad ^3F_3, \quad ^3F_2$   
 $^1F_3$

$^3D_3, \quad ^3D_2, \quad ^3D_1$   
 $^1D_2$

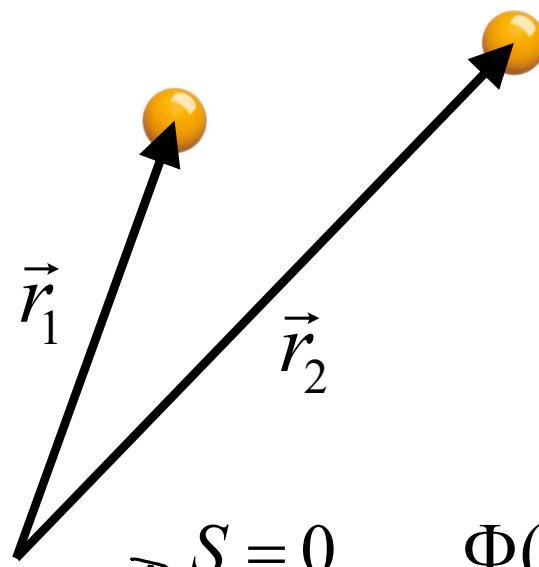
$^3P_2, \quad ^3P_1, \quad ^3P_0$   
 $^1P_1$



## правило Гунда

мінімальну енергію має терм, у якого

1) найбільше значення  $S$



$$\Phi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_1(\vec{r}_1)\psi_2(\vec{r}_2) \pm \psi_1(\vec{r}_2)\psi_2(\vec{r}_1)]$$

$$\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2$$

$$\begin{aligned}\psi_1(\vec{r}_1) &\rightarrow \psi_1(\vec{r}_2) \\ \psi_2(\vec{r}_1) &\rightarrow \psi_2(\vec{r}_2)\end{aligned}$$

$$S=0$$

$$\Phi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \rightarrow const$$

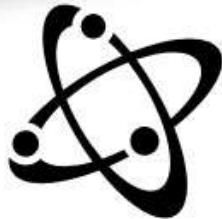
$$S=1$$

$$\Phi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \rightarrow 0$$

$$|\Phi(\vec{r}_1, \vec{r}_2)|^2 \rightarrow 0$$

частинки в середньому знаходяться на  
більшій відстані

"+"  $S=0$   
"-"  $S=1$



правило Гунда

$p^1 d^1$

~~${}^3F_4, {}^3F_3, {}^3F_2, {}^1F_3,$~~   
 ~~${}^3D_3, {}^3D_2, {}^3D_1, {}^1D_2,$~~   
 ~~${}^3P_2, {}^3P_1, {}^3P_0, {}^1P$~~

мінімальну енергію має терм, у якого

- 1) найбільше значення  $S$
- 2) при даному  $S$  максимальне значення  $L$
- 3) якщо підоболонка заповнена
  - не більше ніж на половину, то  $J=|L-S|$
  - більше ніж на половину, то  $J=L+S$



Ti

 $\ell=2, s=\frac{1}{2}$  $3d^2 4s^2$  $L=0 \quad S=0 \quad J=0$  $m_s = 1/2$  $m_s = -1/2$ 

$m_l$	2	1	0	-1	-2
$m_s$	↑	↑			

$S = 1/2 + 1/2 = 1$

$L = 2 + 1 = 3$

 $3F_2$ 

$J = |L - S|$

 $d^5 \quad m_e = \ell, -\ell+1, \dots, -\ell$  $m_e = \pm 2, \pm 1, 0$  $3d^7 4s^2$  $m_e = \pm 1, 0$ 

$m_l$	2	1	0	-1	-2
$m_s$	↑↓	↑↓	↑	↑	↑

$J = L + S$

 $L-S$ 

$S = 5 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \left( -\frac{1}{2} \right) = \frac{3}{2}$

$L = 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1 + 0 -$

$-1 - 2 = 3$

 $4F_{9/2}$



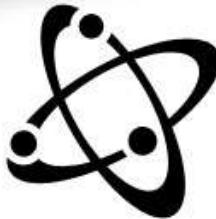
# Періодична система елементів. Валентність.



Дмитро Іванович  
Менделеєв

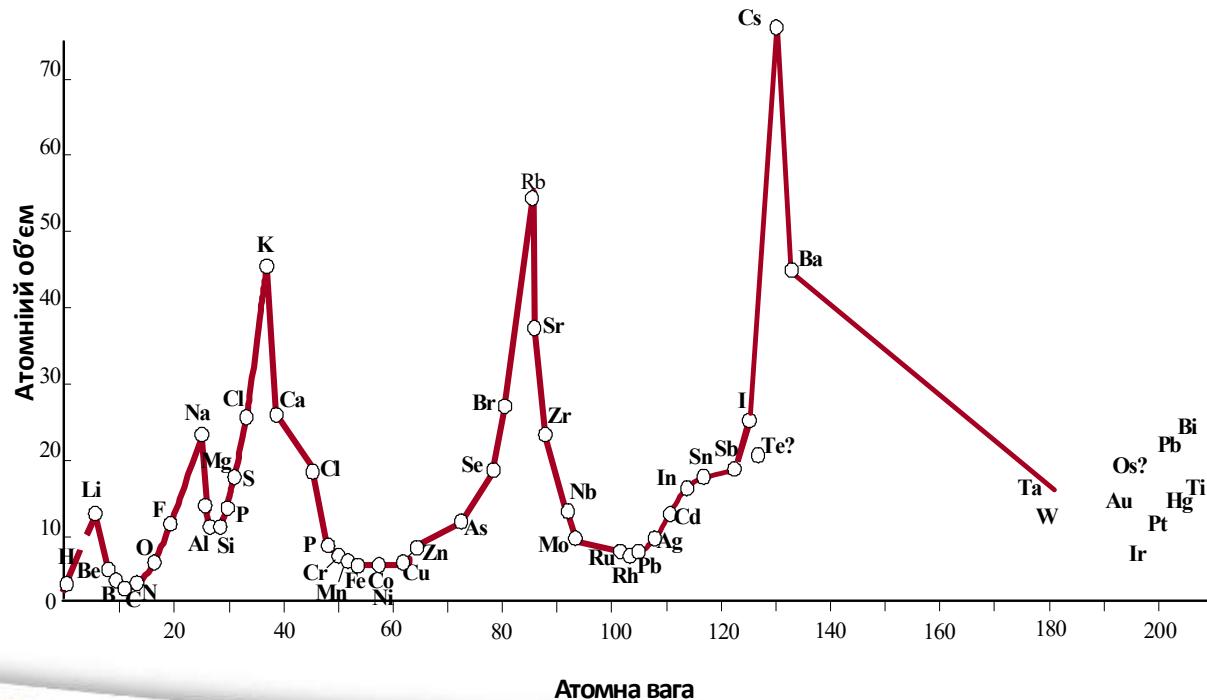


Лотар Юліус  
Мáер

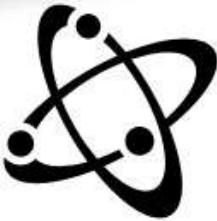


## «Закон октав» Н'юлендса (1864 р.)

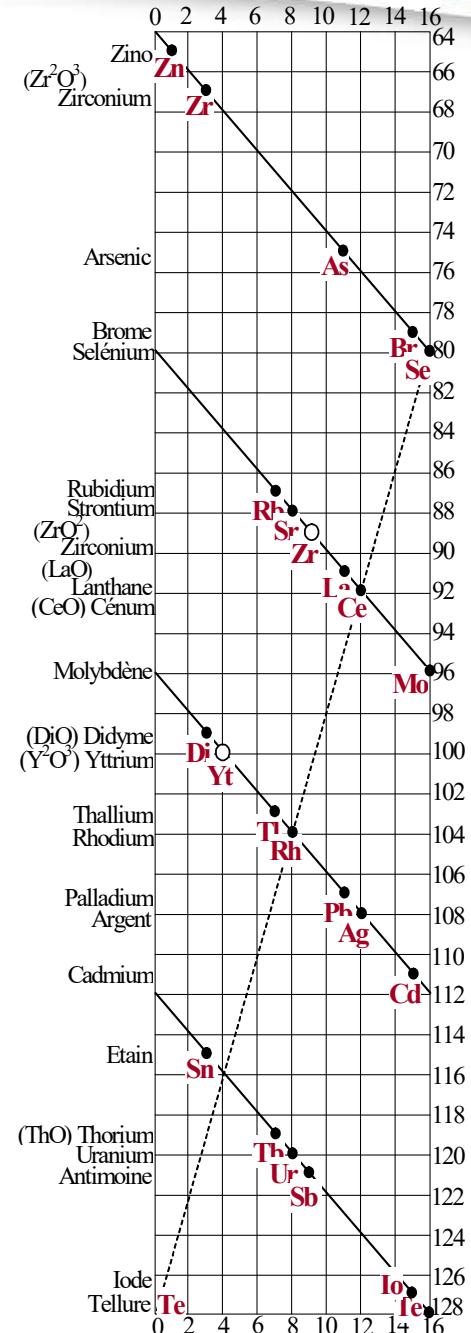
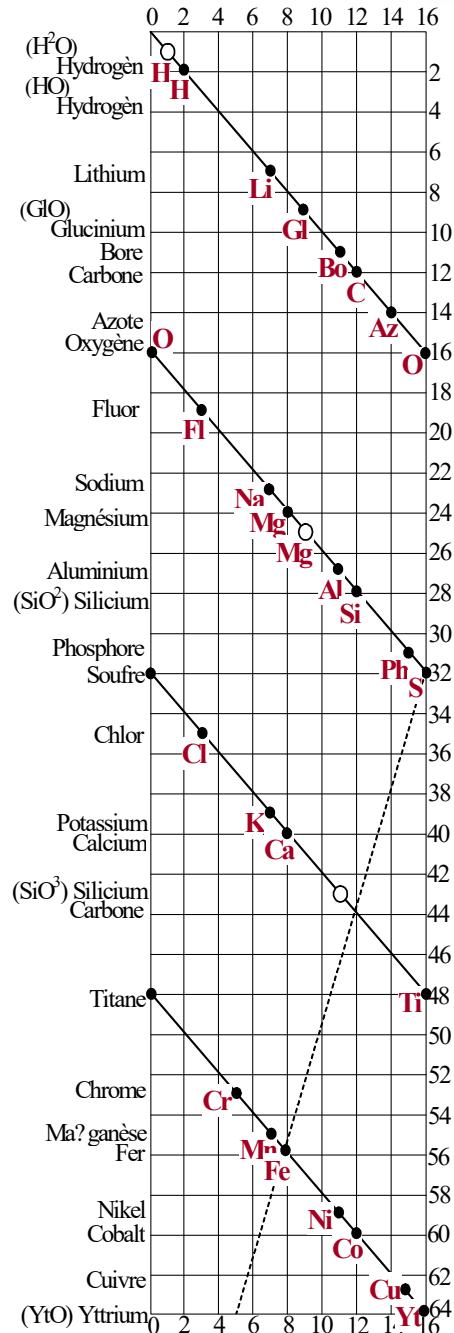
	№		№		№		№		№		№		№		№		№		№		№		№	
H	1	F	8	Cl	15	Co Ni	22	Br	29	Pd	36	I	42	Pt Ir	50									
Li	2	Na	9	K	16	Cu	23	Rh	30	Ag	37	Cs	44	Tl	53									
Ga	3	Mg	10	Ca	17	Zn	25	Sr	31	Cd	38	Ba V	45	Pb	54									
B	4	Al	11	Cr	19	Y	24	Ce La	33	U	40	Ta	46	Th	56									
C	5	Si	12	Ti	18	In	26	Zr	32	Sn	39	W	47	Hg	52									
N	6	P	13	Mn	20	As	27	Di Mo	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55									
O	7	S	14	Fe	21	Sc	28	Ro Ru	35	Te	43	Au	49	Cs	51									



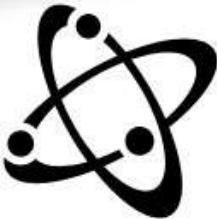
Графік Майєра  
(1870 р.)



# «Гвинтовий графік» Бегуйє де Шанкуртуа (1864 р.)

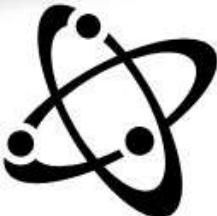


*Nota.-On a entouré d'un cercle les points correspondant aux caractères numéiques dits secondaires.*



**Д.І. Менделєєв**  
**підручник**  
**«Основи Хімії»**  
**(1869 р.)**

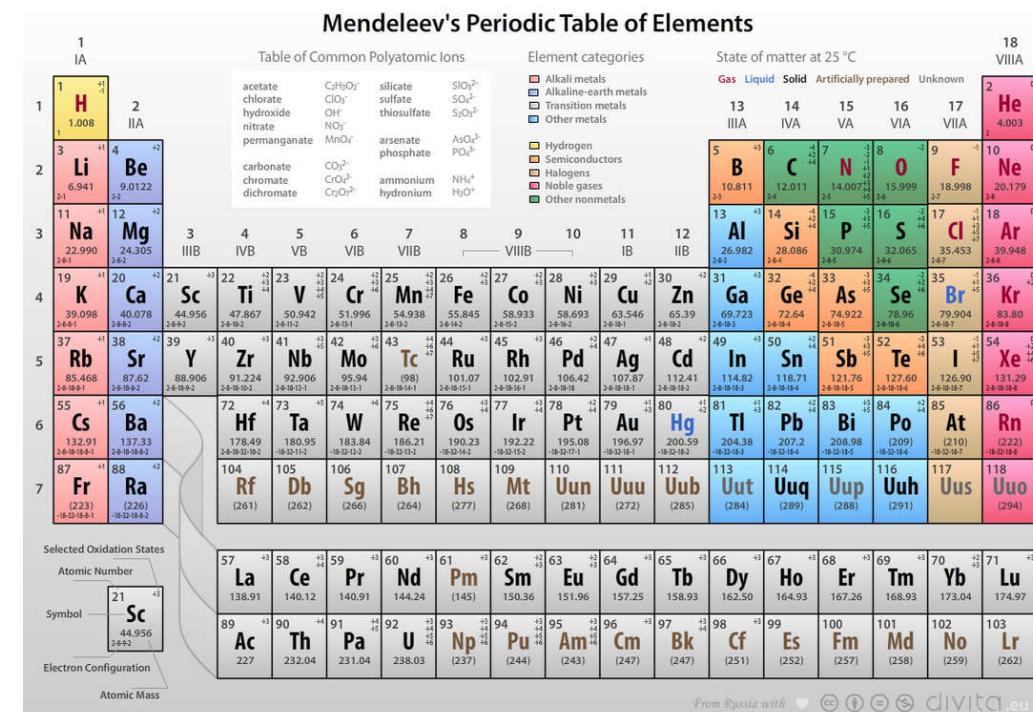
		Ti=50	Zr=90	?=180.
		V=51	Nb=94	Ta=182.
	H=1	Cr=52	Mo=96	W=186.
		Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
		Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.
		Ni=Co=59	Pl=106	Os=199.
		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200.
		Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2
		B=11	Al=27,4	?=68
		C=12	Si=28	?=70
		N=14	P=31	As=75
		O=16	S=32	Se=79,4
		F=19	Cl=35,5	Br=80
	Li=7	Na=23	K=39	I=127
			Rb=85,4	Cs=133
			Sr=87,6	Ba=137
			?=45	Ce=92
			?Er=56	La=94
			?Yt=60	Di=95
			?In=75,4	Th=118?

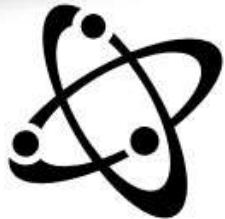


1871 p.

REIHEN	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III	Gruppe IV	Gruppe V	Gruppe VI	Gruppe VII	Gruppe VIII
	-	-	-	RH <sup>4</sup> RO <sup>2</sup>	RH <sup>3</sup> R <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	RH <sup>2</sup> RO <sup>3</sup>	RH <sup>1</sup> R <sup>2</sup> O <sup>7</sup>	-
1	H = I							
2	Li = 7	Be = 94	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27.3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35.5	
4	K = 39	Ca = 40	- = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59 Ni = 59
5	(Cu = 63)	Zn = 65	- = 68	- = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	Cu = 63
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	- = 100	Ru = 104, Rh = 104 Pd = 106, Ag = 108
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	-	-	-	-
9	(-)	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	-	Os = 195, Ir = 197 Pt = 198, Au = 199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	-	-	
12	-	-	Th = 231	-	U = 240	-	-	-

2021 p.





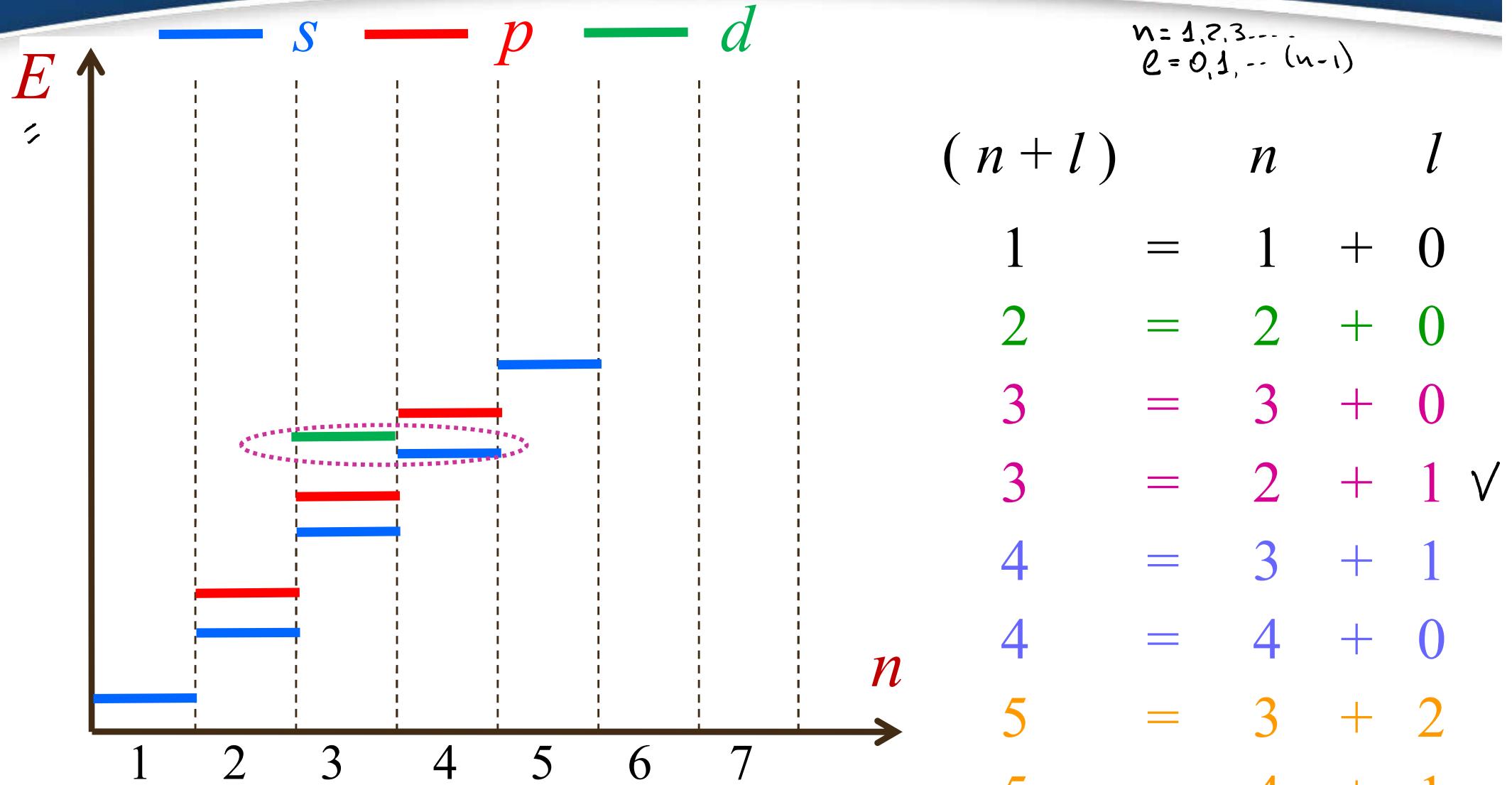
ЦСП

$$E_k = E_k(n, l)$$

*стійкі стани – стани з мінімальною енергією, тому при збільшенні кількості електронів ( $Z \rightarrow Z+1$ ) відбувається послідовне заповнення оболонок*

### ***Правила Клечковського***

- 1) заповнення електронних оболонок  
відбувається у порядку зростання суми  $(n+l)$***
- 2) за умови сталої величини суми заповнення  
відбувається в порядку зростання числа  $n$***

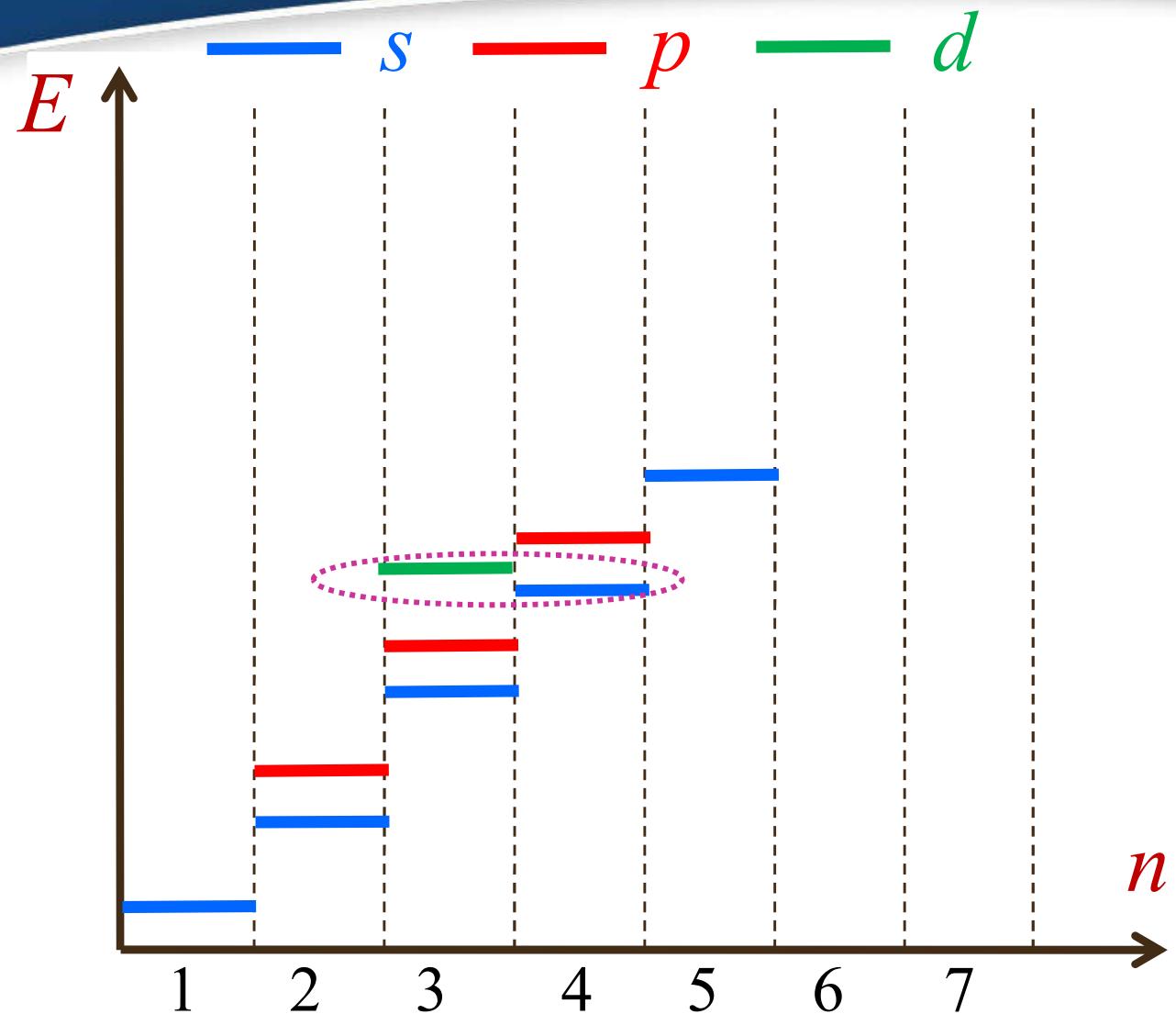


1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p

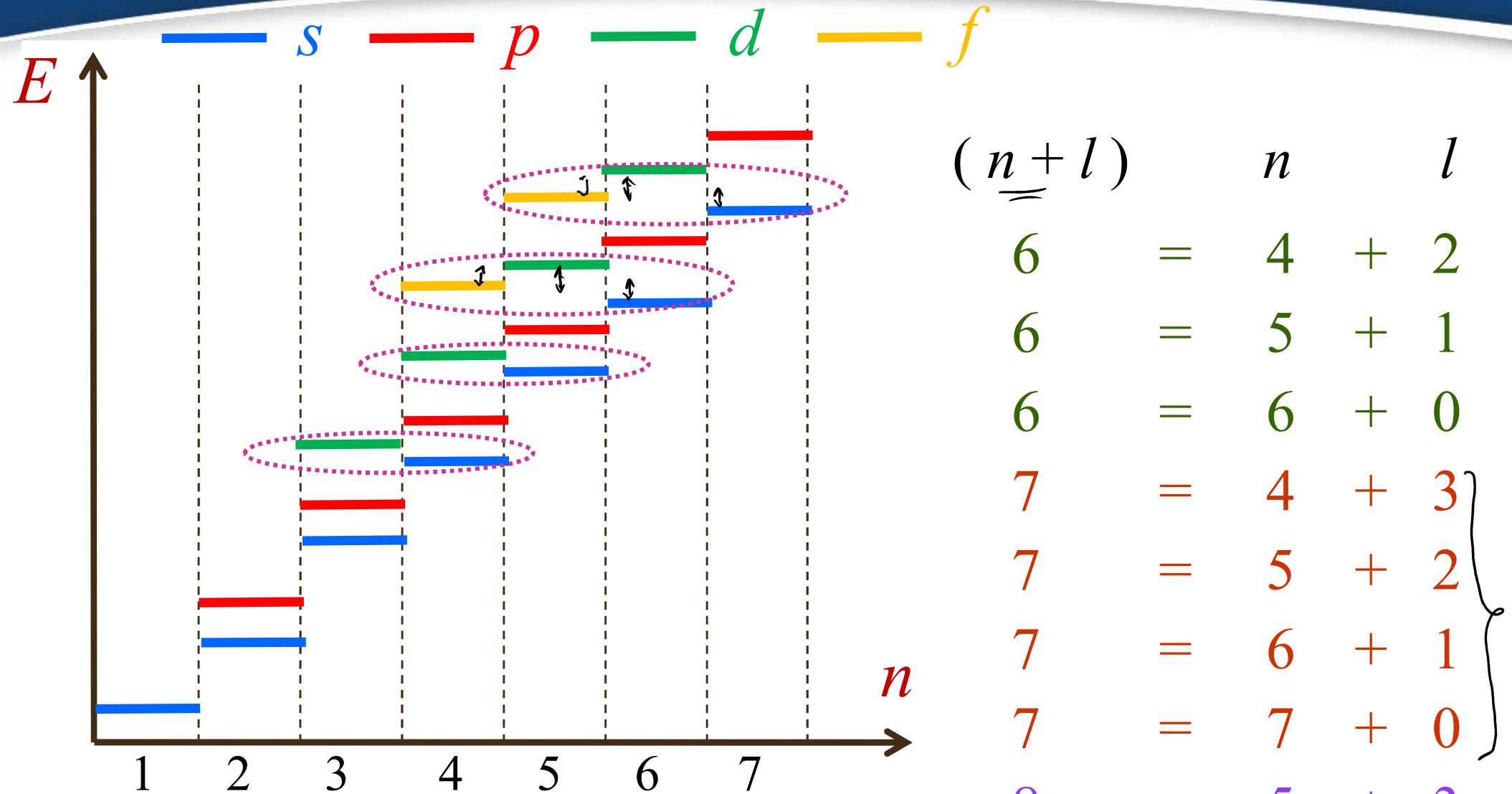
-5s

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

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



$1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p$   
 $-5s$



$(n \underline{+} l)$	$n$	$l$
6	= 4	+ 2
6	= 5	+ 1
6	= 6	+ 0
7	= 4	+ 3
7	= 5	+ 2
7	= 6	+ 1
7	= 7	+ 0
8	= 5	+ 3
8	= 6	+ 2
8	= 7	+ 1

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p  
- 5s - 4d - 5p - 6s - 4f - 5d - 6p - 7s  
- 5f - 6d - 7p

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f

- 5d - 6p - 7s - 5f - 6d - 7p

# I період

**Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва**

The table includes several annotations:

- Symbol of element**: Shows the symbol for each element.
- Period number**: The period number is indicated by a red dashed box around the first column.
- Atomic mass**: The atomic mass is listed below each element symbol.
- Electron configuration**: Electron configurations are shown in brackets below each element symbol.
- Name of element**: The name of each element is written in parentheses next to its symbol.
- Group number**: The group number is indicated by a red dashed box around the last column.
- Group symbol**: The group symbol is shown above the last column.
- Legend**: A legend at the bottom right identifies element types:
  - s-елементи** (s-elements): represented by pink squares.
  - p-елементи** (p-elements): represented by yellow squares.
  - d-елементи** (d-elements): represented by light blue squares.
  - f-елементи** (f-elements): represented by light green squares.

**\* АКТИНОЇДИ**

**\* ЛАНТАНОЇДИ**

<sup>59</sup> <sub>140,12</sub> Ce <sup>*</sup> <sup>59</sup> <sub>140,12</sub> Ce <sup>*</sup> Pr <sup>59</sup> <sub>140,12</sub> Pr <sup>*</sup> Nd <sup>60</sup> <sub>140,12</sub> Nd <sup>*</sup> Pm <sup>61</sup> <sub>140,12</sub> Pm <sup>*</sup> Sm <sup>62</sup> <sub>140,12</sub> Sm <sup>*</sup> Eu <sup>64</sup> <sub>140,12</sub> Eu <sup>*</sup> Gd <sup>64</sup> <sub>140,12</sub> Gd <sup>*</sup> Tb <sup>66</sup> <sub>140,12</sub> Tb <sup>*</sup> Dy <sup>67</sup> <sub>140,12</sub> Dy <sup>*</sup> Ho <sup>68</sup> <sub>140,12</sub> Ho <sup>*</sup> Er <sup>69</sup> <sub>140,12</sub> Er <sup>*</sup> Tm <sup>70</sup> <sub>140,12</sub> Tm <sup>*</sup> Yb <sup>70</sup> <sub>140,12</sub> Yb <sup>*</sup> Lu <sup>71</sup> <sub>140,12</sub> Lu <sup>*</sup>
Th <sup>91</sup> <sub>232,081</sub> Th <sup>*</sup> Th <sup>91</sup> <sub>232,081</sub> Th <sup>*</sup> Pa <sup>92</sup> <sub>232,089</sub> Pa <sup>*</sup> Pa <sup>92</sup> <sub>232,089</sub> Pa <sup>*</sup> U <sup>93</sup> <sub>232,076</sub> U <sup>*</sup> U <sup>93</sup> <sub>232,076</sub> U <sup>*</sup> Np <sup>94</sup> <sub>232,076</sub> Np <sup>*</sup> Np <sup>94</sup> <sub>232,076</sub> Np <sup>*</sup> Pu <sup>95</sup> <sub>232,076</sub> Pu <sup>*</sup> Pu <sup>95</sup> <sub>232,076</sub> Pu <sup>*</sup> Am <sup>96</sup> <sub>232,076</sub> Am <sup>*</sup> Am <sup>96</sup> <sub>232,076</sub> Am <sup>*</sup> Cm <sup>97</sup> <sub>232,076</sub> Cm <sup>*</sup> Cm <sup>97</sup> <sub>232,076</sub> Cm <sup>*</sup> Cf <sup>99</sup> <sub>232,076</sub> Cf <sup>*</sup> Cf <sup>99</sup> <sub>232,076</sub> Cf <sup>*</sup> Es <sup>100</sup> <sub>232,076</sub> Es <sup>*</sup> Es <sup>100</sup> <sub>232,076</sub> Es <sup>*</sup> Fm <sup>101</sup> <sub>232,076</sub> Fm <sup>*</sup> Fm <sup>101</sup> <sub>232,076</sub> Fm <sup>*</sup> Md <sup>102</sup> <sub>232,076</sub> Md <sup>*</sup> Md <sup>102</sup> <sub>232,076</sub> Md <sup>*</sup> No <sup>103</sup> <sub>232,076</sub> No <sup>*</sup> No <sup>103</sup> <sub>232,076</sub> No <sup>*</sup> Lr <sup>103</sup> <sub>232,076</sub> Lr <sup>*</sup> Lr <sup>103</sup> <sub>232,076</sub> Lr <sup>*</sup>

1s - [2s - 2p] - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f

- 5d - 6p - 7s - 5f - 6d - 7p

## II період

**Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва**

ПЕРІОД	РЯД	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
I	1	H 1 1,0079 ВОДЕНЬ					(H)	He 2 4,002602 ГЕЛІЙ							
II	2	Li 2 6,941 Літій	Be 4 9,012 Берилій	B 5 10,81 Ворон БОР	C 6 12,01 Вуглець	N 7 14,0067 Азот	O 8 15,994 Оксигеній КІСЕНЬ	F 9 18,998 Фтор	Ne 10 20,180 Неон НЕОН						
III	3	Na 3 22,990 Натріум НАТРИЙ	Mg 12 24,309 Магнезіум МАГНІЙ	Al 13 26,982 Алюміній	Si 14 28,086 Сілікун КРЕМЕНІЙ	P 15 30,974 Фосфор ФОСФОР	S 16 32,066 Сіль СІРКА	Cl 17 35,453 Хлор СІРХІДІЙ	Ar 18 39,948 Аргон АРГОН						
IV	4	K 19 39,998 Калій КАЛІЙ	Ca 20 40,08 Кальций КАЛЬЦІЙ	Sc 21 44,956 Скандій СКАНДІЙ	Ti 22 47,87 Титан ТІТАН	V 23 50,941 Ванадій ВАНДІЙ	Cr 24 51,9961 Хромон ХРОМ	Mn 25 54,938 Мангандій МАНГАНІДІЙ	Fe 26 55,847 Ірон ІЗІДІЙ						
5		Cu 31 63,546 Сирій МІЛЬ	Zn 32 65,41 Зінкун ЦИНКІЙ	Ga 33 69,74 Галій ГАЛІЙ	Ge 34 72,64 Германій ГЕРМАНІЙ	As 35 74,9216 Арсеній АРСЕНІЙ	Se 36 78,96 Селен СЕЛЕНІЙ	Br 37 79,904 Бромій БРОМІЙ	Kr 38 83,80 Кріpton КРІПТОН						
6	6	Rb 37 85,468 Рубідій РУБІДІЙ	Sr 38 87,62 Стронтій СТРОНЦІЙ	Y 39 88,906 Ютtrій ІТРІЙ	Zr 40 91,241 Цирконій ЦІРКОНІЙ	Nb 41 92,906 Ніобій НІОБІЙ	Mo 42 95,94 Молбідій МОЛІДІЙ	Tc 43 101,07 Технетій ТЕХНЕЙІЙ	Ru 44 101,07 Рутеній РУТЕНІЙ						
7	7	Ag 48 107,868 Аргентін СРІБЛО	Cd 49 112,41 Кадмій КАДМІЙ	In 50 114,82 Індій ІНДІЙ	Sn 51 118,76 Станілій ОЛОВО (ШИНА)	Sb 52 121,76 Сібітун СІБІЙ	Tl 53 127,60 Телур ТЕЛУР	I 54 126,9045 Іодін ЙОДІЙ	Xe 55 131,29 Хелон КСЕНОН						
8	8	Cs 55 132,91 Цезій ЦЕЗІЙ	Ba 56 137,33 Барій БАРІЙ	La* 57 138,905 Лантанум ЛАНТАН	Hf 58 178,49 Хафній ГАФНІЙ	Ta 59 180,948 Танталум ТАНТАЛ	W 60 183,84 Вольфрам ВОЛЬФРАМ	Re 61 186,207 Реній РЕНІЙ	Ir 62 190,2 Іридій ОСМІЙ						
9	9	Au 58 196,967 Ауріум ЗОЛОТО	Hg 80 200,55 Нуадалгум РУТЬ	Tl 81 204,38 Таллій ТАЛІЙ	Pb 82 207,2 Пілбумін ОЛІВІА	Bi 83 208,980 Бісмітум БІСМІТУМ	Po 84 [209] Родон ПОЛОНІЙ	At 85 [210] Астатин АСТАТИН	Rn 86 [222] Радон РАДОН						
10	10	Fr 87 [223] Франціс ФРАНЦІЙ	Ra 88 [226] Радій РАДІЙ	Ac** 89 [227] Актин АКТИНІЙ	Unq 90 [261] Уніквадій УНІКВАДІЙ	Unpr 91 [262] Уніліпентій УНІЛІПЕНТИЙ	Unp 92 [263] Унілікесітій УНІЛІКЕСІТІЙ	Unh 93 [264] Унілікадіум УНІЛІКАДІУМ	Uns 94 [265] Унілікоктій УНІЛІКОКІЙ						
	ВІЩІ ОКСИДИ	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>						
	ЛЕТКІ СПОЛУКИ З ГІДРОГЕНОМ				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR							
	* ЛАНТАНОЇДИ														
	Sn 140,12 Се* 140,9077 Hydrogum шершні ПРАЗІОДІЙ	Pr 169 164,94 Протактін шершні	Nd 145 160,96 Неодім шершні	Pm 146 162,96 Прометій шершні	Sm 151 161,96 Самарій шершні	Eu 152 162,96 Европій шершні	Gd 159,96 Гадоліній шершні	Tb 166 164,96 Терберій шершні	Dy 167 169,96 Дідрозіт шершні	Ho 168 170,96 Гольмій шершні	Er 169 170,96 Ербій шершні	Tm 170 173,96 Тулій шершні	Yb 171 174,96 Іттерен шершні	Lu 174 175,96 Лютецій шершні	
	* * АКТИНОЇДИ														
	Th* 232,0381 Титан ТОРІЙ	Pa 93 235,0289 Протактін ПРОТАКТИНІЙ	U 94 238,0376 Уран УРАН	№ 94 244, 95 245 Рутоній ПЛЮТОНІЙ	Pu 96 244, 97 245 Рутоній ПЛЮТОНІЙ	Am 95 247 Амілон АМЕРІКІЙ	Cm 96 247 Сіліон КОРІЙ	Gd 97 248 Гадоліній БЕРКІТІЙ	Tb 98 249 Терберій БЕРКІТІЙ	Dy 99 250 Дідрозіт БЕРКІТІЙ	Ho 100 251 Гольмій БЕРКІТІЙ	Er 101 252 Ербій БЕРКІТІЙ	Tm 102 253 Тулій БЕРКІТІЙ	Yb 103 254 Іттерен БЕРКІТІЙ	Lu 104 255 Лютецій БЕРКІТІЙ

Символ елемента  
порядковий номер  
атомна маса  
назва елемента  
Електронна формула

— s-елементи  
— p-елементи

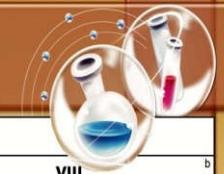
— d-елементи  
— f-елементи

1s - 2s - 2p - **3s - 3p** - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f

- 5d - 6p - 7s - 5f - 6d - 7p

### III період

**Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва**



**ПЕРІОД РЯД**

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
I	1	H 1 1,079 Hydrogenium ВОДЕНЬ						(H)	He 2 4,002602 Helium ГЕЛІЙ	
II	2	Li 3 6,941 Lithium ЛІТИЙ	Be 4 9,012 Berillium БЕРИЛІЙ	B 5 10,81 Boron БОР	C 6 12,01 Carbonium КАРБОНІЙ	N 7 14,0067 Nitrogenium НИТРОГЕНІЙ	O 8 15,994 Oxygenium ОКСИДЕНІЙ	F 9 18,998 Fluorium ФТОР	Ne 10 20,180 Neonium НЕОН	
III	3	Na 11 22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg 12 24,305 Magnesium МАГНЕЗІЙ	Al 13 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si 14 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P 15 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S 16 32,056 Sulfurum СІРКА	Cl 17 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar 18 39,948 Argonum АРГОН	
IV	4	K 19 39,98 Kalium КАЛЬЦІЙ	Ca 20 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc 21 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti 22 47,87 Titanium ТИТАН	V 23 50,941 Vanadium ВАНДАМІЙ	Cr 24 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn 25 54,938 Manganese МАНГАНІЙ	Fe 26 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	
5		Cu 31 63,546 Cuprum МІДЬ	Zn 32 65,41 Zinkum ЦИНК	Ga 33 69,74 Gallium ГАЛІЙ	Ge 34 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As 35 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se 36 78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	Br 37 79,904 Bromutum БРОМ	Kr 38 83,80 Kryptonum КРІТОН	
6		Rb 37 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr 38 87,62 Strontium СТРОНІЙ	Y 39 88,906 Utrrium ІТРІЙ	Zr 40 91,24 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb 41 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo 42 95,94 Molybdenum МОЛІБДЕНІЙ	Tc 43 101,07 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru 44 126,9045 Ruthenium РУТЕНІЙ	
7		Ag 47 107,868 Argentum СРІБЛО	Cd 48 112,41 Cadmium КАДМИЙ	In 49 114,82 Indium ІНДІЙ	Sn 50 118,71 Stannum ОЛОВО (ШИНА)	Sb 51 121,76 Sibutium СІБІЙ	Tl 52 127,60 Tellurium ТЕЛУР	I 53 128,9045 Iodium ІОД	I 54 131,29 Iodum ХЕЛОП	
8		Cs 55 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba 56 137,33 Barium БАРІЙ	La* 57 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf 58 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta 59 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W 60 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re 61 186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os 62 190,2 Osmium ОСМІЙ	
9		Au 79 196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg 80 200,55 Hydrogallum РУТЬ	Tl 81 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb 82 207,2 Plumbium СІМІЧЕСЬ (ОЛІВІА)	Bi 83 208,980 Bismuthum БІСМІТУ	Po 84 209 Polonium ПОЛОНИЙ	At 85 210 Astatum АСТАТ	Rn 86 222 Radon РАДОН	
10		Fr 87 223 Francium ФРАНЦІЙ	Ra 88 226 Radium РАДІЙ	Ac** 89 227 Actinium АКТИНІЙ	Unq 90 261 Unnilquadium УНІЛІКВІДІЙ	Unpr 91 262 Unnilperadium УНІЛІПЕРІДІЙ	Unh 92 263 Unnilhafnium УНІЛІГАНІЙ	Unh 93 264 Unnilhafnium УНІЛІГАНІЙ	Uno 94 265 Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	
		ВІЩІ ОКСИДИ	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>
		ЛЕТКІ СПОЛУКИ З ГІДРОГЕНОМ				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR	

\* ЛАНТАНОЇДИ

\*\* АКТИНОЇДИ

Символ елемента  
порядковий номер  
атомна маса  
назва елемента  
Електронна формула

— s-елементи  
— p-елементи

— d-елементи  
— f-елементи

SN 140,12 Ce\* 59 Hydrogenium 90,977 Pr 59 Rhenium 164,94 Nd 61 Promethium 145,949 Pm 62 Neodim 150,36 Sm 63 Samarium 151,96 Eu 64 Gadolinium 152,945 Tb 66 Terbium 158,945 Dy 67 Dysprosium 161,9304 Ho 68 Holmium 167,936 Er 69 Erbium 169,934 Tm 70 Thulium 173,934 Yb 71 Lutetium 174,967 Lu 72 Поташ

Th\* 91 Thorium 232,0381 Pa 92 Protactinium 235,0289 U 93 Уран 238,0289 Nr 94 Нептун 234,944 Pu 95 Плутоній 239,9504 Am 96 Амерікій 247,9509 Cm 97 Сірій 247,9523 Bk 98 Беркії 249,9539 Es 99 Ештейній 252,9547 Fm 100 Фермі 257,9557 Md 101 Менделєвій 259,9569 No 103 Нобелікій 260,9570 Sr 104 Сардіній 280,9570

fppt.com

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f

- 5d - 6p - 7s - 5f - 6d - 7p

## IV період

$4s^23d^1\dots 4s^23d^{10}$   
проміжна група заліза

		Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва									
ПЕРІОД	РЯД	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1	H 1,0079 Hydrogenium ВОДЕНЬ						(H)	He 4,002602 Helium ГЕЛІЙ		
II	2	Li 6,941 Lithium БІЛІЙ	Be 9,012 Berillium БЕРІЛІЙ	B 10,81 Бор БОР	C 12,01 Вуглець ВУГЛЕЦЬ	N 14,0067 Nitrogenium АЗОТ	O 15,994 Оксигеніум КІСЕНЬ	F 18,998 Flor ФТОР	Ne 20,180 Neon НЕОН		
III	3	Na 22,990 Natrium МАТІЇЙ	Mg 24,305 Magnesium МАГНЕЗІЙ	Al 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P 30,974 Phosphorium ФОСФОР	S 32,065 Sulfur СІРКА	Cl 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar 39,948 Argon АРГОН		
IV	4	K 39,998 Kalium КАЛЬІЙ	Ca 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti 47,87 Titanium ТИТАН	V 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn 54,938 Manganum МАНГАН	Fe 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co 56,9332 Cobaltum КОВАЛЬТ	Ni 58,69 Nickolum НИКОЛ
V	5	Sc 63,546 Cuprum МІДЬ	Zn 65,41 Zinkum ЦИНК	Ga 69,72 Gallium ГАЛІЙ	Ge 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se 78,96 Selenium СЕЛЕН	Br 79,904 Bromum БРОМ	Kr 83,80 Krypton КРІТОН	Ru 102,9055 Ruthenium РУТЕІЙ	Pd 106,42 Rhodium РОДІЙ
VI	6	Rb 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr 87,62 Strontium СТРОНІЙ	Y 88,906 Yttrium ІТРИЙ	Zr 91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo 95,94 Molybdenum МОЛІБДЕН	Tc 98,1 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	I 101,07 Iodium ІОД	Rh 126,9045 Ruthenium РУТЕІЙ	Pt 192,22 Osmium ОСМІЙ
7	7	Ag 107,868 Argentum СРІБЛО	Cd 112,41 Cadmium КАДМИЙ	In 114,82 Indium ІНДІЙ	Sn 118,72 Stannum ОЛОВО (ШИНА)	Sb 121,76 Sibutium СІБІУМ	Te 127,60 Tellurium ТЕЛУР	I 126,9045 Iodium ІОД	Xe 131,29 Хелон КСЕНОН	Ir 195,08 Iridium ІRIDІЙ	Pt 195,08 Platinum ПЛАТИНА
8	8	Cs 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba 137,33 Barium БАРИЙ	La 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re 186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os 190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir 192,22 Iridium ІRIDІЙ	Pt 195,08 Platinum ПЛАТИНА
	9	At 196,967 Astatine АСТАТИН	Hg 200,59 Mercurium МЕРКУРІЙ	Tl 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb 207,2 Plumbum ПЛУБІЙ	Bi 208,980 Bismuthum БІСМІТУМ	Po 209 [209] Polonium ПОЛІОНИЙ	At 210 [210] Atmosferum АТМОСФЕРА	Rn [222] Rhenium РЕНІЙ	Une [266] Ununnilium УННІЛІЙ	Uun [110] Ununnilium УННІЛІЙ
	10									RO <sub>4</sub>	
	11									m <sup>79</sup> [79] Thorium ТУПІК	Yb <sup>174</sup> [174] Lutetium ІТЕРІЙ
	12									Lu <sup>175</sup> [175] Lutetium ІТЕРІЙ	
	13									Id <sup>183</sup> [183] Einsteinium ЕІЗЕНІЙ	No <sup>183</sup> [183] Nobelium НОБЕЛІЙ
	14										Lr <sup>183</sup> [183] Lawrencium ЛОРЕНСІЙ

КРЕМНІЙ	ФОСФОР	СІРКА	ХЛОР
22 47,87 [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> ~ Titanium ТИТАН	23 50,941 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> ~ Vanadium ВАНДІЙ	24 51,9961 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>1</sup> ~ Chromium ХРОМ	25 54,938 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> ~ Manganese МАНГАН

СІРКА	ХЛОР
24 51,9961 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>1</sup> ~ Chromium ХРОМ	25 54,938 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> ~ Manganese МАНГАН

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f

- 5d - 6p - 7s - 5f - 6d - 7p

V період

4d - проміжна група  
паладію

		Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва										
ПЕРІОД	РЯД	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	b		
I	1	H <sup>1</sup> 1,079 Hydrogenium ВОДЕНЬ						(H)	He <sup>2</sup> 4,002602 Helium ГЕЛІЙ			
II	2	Li <sup>3</sup> 6,941 Lithium БОРІЙ	Be <sup>4</sup> 9,012 Berillium БЕРИЛІЙ	B <sup>5</sup> 10,81 Ворон БОР	C <sup>6</sup> 12,01 Carboneum ВУГЛЕЦЬ	N <sup>7</sup> 14,0067 Nitrogenum АЗОТ	O <sup>8</sup> 15,994 Oxidum КІСИЕН	F <sup>9</sup> 18,998 Flor ФТОР	Ne <sup>10</sup> 20,180 Neon НОЕОН			
III	3	Na <sup>11</sup> 22,990 Natrum НАТРИЙ	Mg <sup>12</sup> 24,305 Magnesium МАГНЕЙ	Al <sup>13</sup> 26,982 Aluminumum АЛЮМІНІЙ	Si <sup>14</sup> 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P <sup>15</sup> 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S <sup>16</sup> 32,066 Sulfur СІРКА	Cl <sup>17</sup> 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar <sup>18</sup> 39,948 Argon АРГОН			
IV	4	K <sup>19</sup> 39,998 Kalium КАЛЬCIЙ	Ca <sup>20</sup> 40,08 Calcium КАЛЬCIЙ	Sc <sup>21</sup> 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti <sup>22</sup> 47,87 Titanium ТИТАН	V <sup>23</sup> 50,944 Vanadium ВАНДАМ	Cr <sup>24</sup> 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn <sup>25</sup> 55,847 Manganum МАГНАН	Fe <sup>26</sup> 56,9332 Ferrum ІРІДІЙ	Co <sup>27</sup> 58,69 Cobaltum КОВАЛЬЦІЙ	Ni <sup>28</sup> 58,69 Nickelum НИКОЛ	
	5	Sc <sup>31</sup> 63,546 Сцинк ЦИНК	Zn <sup>32</sup> 65,41 Zincum ЦИНК	Ga <sup>33</sup> 69,72 Gallium ГАЛІЙ	Ge <sup>34</sup> 72,99 Germanium ГЕРМАНІЙ	As <sup>33</sup> 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se <sup>34</sup> 78,96 Selenum СЕЛЕНІЙ	Br <sup>35</sup> 79,904 Bromum БРОМ	Kr <sup>36</sup> 83,80 Kripton КРІПТОН			
V	6	Rb <sup>37</sup> 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr <sup>38</sup> 87,62 Strontium СТРОНІЙ	Y <sup>39</sup> 91,22 Yttrium ІТРІЙ	Zr <sup>40</sup> 92,906 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb <sup>41</sup> 92,906 Niobium НІОВІЙ	Mo <sup>42</sup> 95,94 Molybdenum МОЛІБДЕН	Tc <sup>43</sup> 98 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru <sup>44</sup> 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	Rh <sup>45</sup> 102,9055 Rhodium РОДІЙ	Pd <sup>46</sup> 106,42 Palladium ПАЛАДІЙ	
	7	Ag <sup>48</sup> 107,868 Argentum Срібло	Cd <sup>48</sup> 112,41 Cadmium КАДMIЙ	In <sup>49</sup> 114,82 Indium ІНДІЙ	Sn <sup>50</sup> 118,71 Stannum ОЛОВО (ІНІВА)	Sb <sup>51</sup> 121,78 Sibutium СТИБІЙ	Te <sup>52</sup> 127,60 Tellurium ТЕЛУР	I <sup>53</sup> 128,9045 Iodium ІОД	Xe <sup>54</sup> 131,29 Хелон КСЕНОН			
VI	8	Cs <sup>55</sup> 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba <sup>56</sup> 137,33 Barium БАРІЙ	L <sup>57</sup> 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf <sup>58</sup> 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta <sup>59</sup> 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W <sup>60</sup> 183,84 Wolframum ВОЛЬФРАМ	Re <sup>61</sup> 186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os <sup>62</sup> 190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir <sup>63</sup> 192,22 Iridium ІRIDІЙ	Pt <sup>64</sup> 195,08 Platinum ПЛАТИНА	
	9	Au <sup>79</sup> 196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg <sup>80</sup> 200,55 Hydrogallum РУТЬ	Tl <sup>81</sup> 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb <sup>82</sup> 207,2 Plumbum СВИНІЧА (ОЛІВА)	Bi <sup>83</sup> 208,980 Bismuthum БІСМУТ	Po <sup>84</sup> [209] Polonium ПОЛОНІЙ	At <sup>85</sup> [210] Astatum АСТАТ	Rn <sup>86</sup> [222] Radon РАДОН			
VII	10	Fr <sup>87</sup> 223 Francium ФРАНЦІЙ	Ra <sup>88</sup> [226] Radium РАДІЙ	Ac <sup>89</sup> [227] Actinium АКТИНІЙ	Unq <sup>90</sup> [261] Unnilquadrivium УНІЛІКВАДІЙ	Unp <sup>91</sup> [262] Unnilpentium УНІЛІПЕНТИЙ	Unpr <sup>92</sup> [263] Unnilpentium УНІЛІПЕНТИЙ	Unh <sup>93</sup> [264] Unnilhexium УНІЛІХЕКСІЙ	Uns <sup>94</sup> [265] Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	Uno <sup>95</sup> [266] Unniloctium УНІЛІОКТИЙ	Une <sup>96</sup> [267] Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	Uun <sup>97</sup> [272] Unnilennium УНІЛІЕНІЙ
	ВІЩІ ОКСИДИ	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>		
	ЛЕТКІ СПОЛУКИ З ГІДРОГЕНОМ				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR				
* ЛАНТАНОЇДИ												
** АКТИНОЇДИ												
Sn <sup>102</sup> 140,12 Се <sup>*</sup> Hydrogenum ЦЕРІЙ	Pr <sup>103</sup> 144,94 Протріюм ПРАЗІОДІЙ	Nd <sup>104</sup> 145,94 Недій НЕДІЙ	Pm <sup>105</sup> 146,94 Прометій ПРОМЕТИЙ	Sm <sup>106</sup> 151,96 Самарій САМАРІЙ	Eu <sup>107</sup> 152,96 Европій ЕВРОПІЙ	Gd <sup>108</sup> 158,9254 Гадоліній ГАДОЛІНІЙ	Tb <sup>109</sup> 159,9254 Тербій ТЕРБІЙ	Dy <sup>110</sup> 161,9304 Дідрозій ДІДРОЗІЙ	No <sup>111</sup> 169,936 Ноглій ГОЛЬМІЙ	Er <sup>112</sup> 169,936 Ербій ЕРБІЙ	Tm <sup>113</sup> 173,944 Тулій ІТТЕРІЙ	
Th <sup>91</sup> 232,0381 Thorium ТОРІЙ	Pa <sup>92</sup> 235,0289 Protactinium ПРОТАКТИНІЙ	U <sup>93</sup> 238,0786 Уран УРАН	№ <sup>94</sup> Неодій НЕДІЙ	Pu <sup>95</sup> 243,9587 Рутоній ПЛЮТОНІЙ	Am <sup>96</sup> 247 Америцій АМЕРІЦІЙ	Cm <sup>97</sup> 247 Сірій КОРІЙ	Bk <sup>98</sup> 249 Беркіній БЕРКІНІЙ	Cf <sup>99</sup> 252 Каліфорній КАЛІФОРНІЙ	Es <sup>100</sup> 253 Ештейній ЕШТЕЙНІЙ	Fm <sup>101</sup> 259 Фермій ФЕРМІЙ	Md <sup>102</sup> 259 Менделєвій МЕНДЕЛЕВІЙ	

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - **4f** - 5d - 6p

- 7s - 5f - 6d - 7p

## VI період

5d - проміжна група

ІІІ		ІІІІ	
Kadmii		Іпдii	
<b>Ba</b> Barium БАРИЙ	56 137,33 [Xe] 6s <sup>2</sup>	57 138,905 [Xe] 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	<b>La*</b> Lantanum ЛАНТАН

		Г Р У П И																									
ПЕРІОД	РЯД	a	I	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b		
I	1	H	1 1,079 Hydrogenium ВОДЕНЬ												(H)			He	2 4,002602 Helium ГЕЛІЙ								
II	2	Li	3 6,941 Lithium БЕРІЛІЙ	Be	4 9,012 Berillium БЕРИЛІЙ	B	5 10,81 Ворон БОР		C	6 12,01 Carboneum ВУГЛЕЦЬ	N	7 14,0067 Nitrogenum АЗОТ	O	8 15,994 Oxogenium КІСИЕН	F	9 18,998 Flor ФТОР	Ne	10 20,180 Neon НОЕОН									
III	3	Na	11 22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg	12 24,305 Magnesium МАГНЕЗІЙ	Al	13 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si	14 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P	15 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S	16 32,066 Sulfur СІРКА	Cl	17 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar	18 39,948 Argon АРГОН										
IV	4	K	19 39,998 Kalium КАЛЬCIЙ	Ca	20 40,08 Calcium КАЛЬCIЙ	Sc	21 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti	22 47,87 Titanium ТИТАН	V	23 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr	24 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn	25 54,938 Manganese МАНГАН	Fe	26 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co	27 56,9332 Cobaltum КОВАЛЬТ								
V	5	Ca	31 69,546 Cuprum МІДЬ	Zn	32 65,41 Zinkum ЦИНК	Ga	33 69,76 Gallium ГАЛІЙ	Ge	32 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As	33 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se	34 78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	Br	35 79,904 Bromut БРОМ	Kr	36 83,80 Krypton КРІТОПОН										
VI	6	Rb	37 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr	38 87,62 Strontium СТРОНІЙ	Y	39 88,906 Utrrium ІТРІЙ	Zr	40 91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb	42 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo	43 95,94 Molybodium МОЛІБДЕН	Tc	44 981 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru	45 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	Rh	46 106,42 Rhodium РОДІЙ	Pd	47 102,9055 Palladium ПАЛАДІЙ						
VII	7	Ag	48 107,868 Argentum СРІБЛО	Cd	49 112,41 Cadmium КАДMIЙ	In	49 114,82 Селен ІНДІЙ	Sn	50 118,71 Stannum ОЛОВО (ЧИНА)	Sb	51 121,76 Selenitum ІСТИВІЙ	Te	52 127,60 Tellurum ТЕЛЛУР	I	53 128,9045 Iodum ІОД	Xe	54 131,29 Krypton КСЕНОН										
VI	8	Cs	55 132,904 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba	56 137,33 Barium БАРИЙ	La*	57 138,905 Lantanum ЛАНТАН	Hf	58 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta	59 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W	60 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re	61 186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os	62 190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir	63 192,22 Iridium ІRIDІЙ	Pt	64 195,08 Platinum ПЛАТИНА						
VII	9	Au	80 196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg	81 200,59 Hydrargyrum ЦЕРІЙ	Tl	81 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb	82 207,2 Plumbium СВИНЦІЙ (ОЛИВА)	Bi	83 208,980 Bismuthum СІМІСУМІТ	Po	84 209 [209] Polonium ПОЛОНІЙ	At	85 210 [210] Astathium АСТАТ	Rn	86 212 [222] Radon РАДОН										
10	10	Fr	87 223 Fr	Ra	88 227 Ra	Ac*	89 227 Actinium ЦЕРІЙ	Unq	90 261 Hydrargyrum ЦЕРІЙ	Unp	91 263 Praseodymium ПРАЗІОДІМ	Unh	92 264 Neodymium НЕОДІМ	Uns	93 265 Ununpentium УННУНПЕТИУМ	Une	94 266 Ununhexium УННУНХЕКСІУМ	Uun	95 272 Ununnilium УННУННІЛІУМ								

58 140,12 4f <sup>15</sup> d <sup>16</sup> s <sup>2</sup>	Ce*	59 140,9077 4f <sup>3</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	Pr	60 144,24 4f <sup>4</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	Nd	RO <sub>4</sub>
Hydrargyrum ЦЕРІЙ		—	Praseodymium ПРАЗІОДІМ		Neodymium НЕОДІМ	

1s - 2s - 2p - 3s - 3p - 4s - 3d - 4p - 5s - 4d - 5p - 6s - 4f - 5d - 6p

- 7s - 5f - 6d - 7p

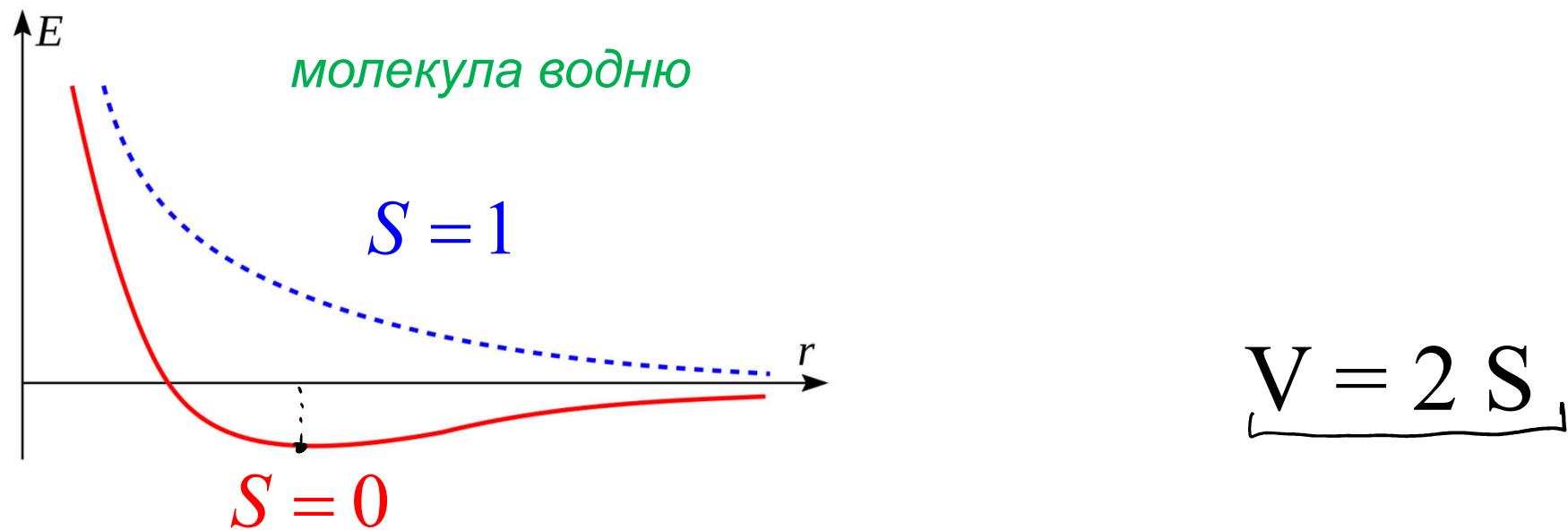
## VII період

6d - проміжна група

5f – актиноїди

		Г Р У П И																											
ПЕРІОД	РЯД	a	I	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b				
I	1	H	1 1,079 Hydrogenium ВОДЕНЬ													(H)		He	2 4,002602 Helium ГЕЛІЙ										
II	2	Li	3 6,941 Lithium БУРІЛІЙ	Be	4 9,012 Berillium БЕРІЛІЙ	B	5 10,81 Ворон БОР	C	6 12,01 Carboneum ВУГЛЕЦЬ	N	7 14,0067 Nitrogenum АЗОТ	O	8 15,994 Oxygenum КІСЕНЬ	F	9 18,998 Flor ФТОР	Ne	10 20,180 Neon НОЕОН												
III	3	Na	11 22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg	12 24,305 Magnesium МАГНЕЗІЙ	Al	13 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si	14 28,086 Silicium КРЕМЕНЬ	P	15 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S	16 32,066 Sulfur СІРКА	Cl	17 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar	18 39,948 Argon АРГОН												
IV	4	K	19 39,998 Kalium КАЛЬІЙ	Ca	20 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc	21 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti	23 47,87 Titanium ТИТАН	V	24 50,941 Vanadium ВАНДАН	Cr	25 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn	26 55,847 Manganese МАНГАН	Fe	27 56,9332 Ferrum ІРІДІУМ												
	5		29 63,546 Cuprum СІРУМ МІЛЬ	Cu	30 65,41 Cuprum СІРУМ ЦИНК	Zn	31 69,71 Zinkum ЦИНК	Ge	32 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As	33 92,916 Arsenicum АСЕРЕН	Se	34 78,96 Selenium СЕЛЕН	Br	35 79,904 Bromut БРОМ	Kr	36 83,80 Krypton КРІТОН												
V	6	Rb	37 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr	38 87,62 Strontium СТРОНІЙ	Y	39 89,906 Utrrium ІТРІЙ	Zr	40 91,22 Zirconium ЦІРКОНИЙ	Nb	42 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo	43 95,94 Molybdenum МОЛІБДЕН	Tc	44 98,96 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru	45 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ												
	7		47 107,868 Argentum СРІБЛО	Ag	48 112,41 Argentum СРІБЛО	Cd	49 114,82 Cadmium КАДМИЙ	In	50 118,71 Indium ІНДІЙ	Sn	50 118,71 Stannium ОЛОВО (ШИНА)	Sb	51 121,76 Sibium СІБІЙ	Tl	52 127,60 Tellurium ТЕЛУР	I	53 126,9045 Iodium ІОД	Xe	54 131,29 Хелон КСЕНОН										
VI	8	Cs	55 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba	56 137,33 Barium БАРІЙ	La*	57 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf	58 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta	59 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W	60 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re	61 186,207 Rhenium РЕНІЙ														
	9		79 196,967 Aurum ЗОЛОТЬ	Au	80 200,55 Aurum ЗОЛОТЬ	Hg	81 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Tl	82 207,2 ...63,63 Plumbium ПЛУМБІЙ	Pb	83 208,980 Bismuthum БІСМІТУМ	Bi	84 209 Polonium ПОЛОМІЙ	Po	84 210 Astatinum АСТАТИН	At	85 210 Radon РАДОН	Rn	86 210 Osmium ОСМІЙ										
VII	10	Fr	87 223 Francium ФРАНЦІЙ	Ra	88 226 Radium РАДІЙ	Ac**	89 [227] Actinium АКТИНІЙ	Unq	104 [261] Actinium АКТИНІЙ	Unp	105 [262] Unnilquadium УНІЛІКВАДІЙ	Unp	106 [263] Unnilpentium УНІЛІПЕНТИЙ	Unh	107 [264] Unnilhexium УНІЛІХЕКСІЙ	Uns	108 [265] Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	Uno	109 [266] Unniloctium УНІЛІОКТИЙ	Une	110 [272] Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	Uun							
		ВИЩІ ОКСИДИ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>										RO <sub>4</sub>									
		ЛЕТКІ СЛОПУКИ З ГІДРОГЕНОМ									RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR															
* ЛАНТАНОЇДИ																													
АКТИНОЇДИ																													
І ПОЛІТОЦІДИ																													
ІІ ПОЛІТОЦІДИ																													

*Валентність – властивість, завдяки якій атоми вступають у хімічну взаємодію*



1 група  $ns^1$

$$S = 1/2$$

$$V = 1$$

**ГРУПИ**

Символ елемента  
порядковий номер  
атомна маса

назва елемента  
Електронна формула

**ПЕРІОД РЯД**

**I** 1 **H** 1,0079 **Hydrogenium** **ВОДЕЛЬ**

**II** 2 **Li** 6,941 **Lithium** **ЛІТИЙ** **Be** 9,012 **Berillium** **БЕРИЛІЙ** **B** 10,81 **Boron** **БОР** **C** 12,011 **Carboneum** **ВУГЛЕЦЬ** **N** 14,0067 **Nitrogenium** **АЗОТ** **O** 15,994 **Oxygenum** **КІСЕНЬ** **F** 18,998 **Fluor** **ФТОР** **(H)** **He** 4,02602 **Helium** **ГЕЛІЙ**

**III** 3 **Na** 22,990 **Natrium** **НАТРІЙ** **Mg** 24,305 **Magnesium** **МАГНІЙ** **Al** 26,982 **Aluminum** **АЛЮМІНІЙ** **Si** 28,086 **Silicium** **КРЕМЕНІЙ** **P** 30,974 **Phosphorum** **ФОСФОР** **S** 32,066 **Sulfur** **СІРКА** **Cl** 35,453 **Chlorum** **ХЛОР** **Ar** 39,948 **Argon** **АРГОН**

**IV** 4 **K** 39,098 **Kalium** **КАЛІЙ** **Ca** 40,08 **Calcium** **КАЛЬЦІЙ** **Sc** 44,956 **Scandium** **СКАНДІЙ** **Ti** 47,87 **Titanium** **ТІТАН** **V** 50,941 **Vanadium** **ВАНДІЙ** **Cr** 51,9961 **Chromium** **ХРОМ** **Mn** 54,938 **Manganum** **МАНГАН** **Fe** 55,847 **Ferrum** **ЗАЛІЗО** **Co** 58,9332 **Cobaltum** **КОБАЛЬТ** **Ni** 58,69 **Nickolum** **НИКОЛІЙ**

**V** 5 **29** 63,546 **Cu** 65,41 **Cuprum** **Мідь** **Zn** 69,72 **Zinkum** **ЦИНК** **Ga** 72,64 **Gallium** **ГАЛІЙ** **Ge** 72,64 **Germanium** **ГЕРМАНІЙ** **As** 74,9216 **Arsenicum** **АРСЕНІЙ** **Se** 78,96 **Selenium** **СЕЛЕН** **Br** 79,904 **Bromum** **БРОМ** **Kr** 83,80 **Krypton** **КРИТОН**

**VI** 6 **Rb** 85,468 **Rubidium** **РУБІДІЙ** **Sr** 87,62 **Strontium** **СТРОНЦІЙ** **Y** 88,906 **Yttrium** **ІТРІЙ** **Zr** 91,22 **Zirconium** **ЦІРКОНІЙ** **Nb** 95,94 **Niobium** **НІОБІЙ** **Mo** 95 [98] **Molibdanium** **МОЛІБДЕН** **Tc** 95,94 **Technetium** **ТЕХНЕЦІЙ** **Ru** 101,07 **Ruthenium** **РУТЕНІЙ** **Rh** 102,9055 **Rhodium** **РОДІЙ** **Pd** 106,42 **Palladium** **ПАЛАДІЙ**

**VII** 7 **47** 107,868 **Ag** 112,41 **Argentum** **Срібло** **Cd** 114,82 **Cadmium** **КАДМИЙ** **In** 118,71 **Indium** **ІНДІЙ** **Sn** 118,71 **Stannum** **ОЛОВО (ЦИНА)** **Sb** 121,76 **Stibium** **СІБІЙ** **Te** 127,60 **Tellurium** **ТЕЛУР** **I** 126,9045 **Iodium** **ЙОД** **Xe** 131,29 **Xenon** **КСЕНОН**

**VIII** 8 **Cs** 132,91 **Cesium** **ЦЕЗІЙ** **Ba** 137,33 **Barium** **БАРИЙ** **La\*** 138,905 **Lanthanum** **ЛАНТАНА** **Hf** 178,49 **Hafnium** **ГАФНІЙ** **Ta** 180,948 **Tantalum** **ТАНТАЛ** **W** 183,84 **Wolframum** **ВОЛЬФРАМ** **Re** 186,207 **Rhenium** **РЕНІЙ** **Os** 190,2 **Osmium** **ОСМІЙ** **Ir** 192,22 **Iridium** **ІРІДІЙ** **Pt** 195,08 **Platinum** **ПЛАТИНА**

**IX** 9 **79** 196,967 **Au** 200,59 **Aurum** **ЗОЛОТО** **Hg** 204,38 **Hydrogrom** **РТУТЬ** **Tl** 204,38 **Thallium** **ТАЛІЙ** **Pb** 207,2 **Plumbum** **СВИНЦЬ (ОЛИВА)** **Bi** 208,980 **Bismuthum** **БІСМУТ** **Po** 209 [209] **Polonium** **ПОЛОНИЙ** **At** 210 [210] **Astatinum** **АСТАТ** **Rn** 222 **Radon** **РАДОН**

**X** 10 **Fr** 223 **Francium** **ФРАНЦІЙ** **Ra** 226 **Radium** **РАДІЙ** **Ac\*\*** 227 **Actinium** **АКТИНІЙ** **Unq** 261 **Unnilquadium** **УНІЛІКВАДІЙ** **Unp** 262 **Unnilpentium** **УНІЛІПЕНТИЙ** **Unh** 263 **Unnilhexium** **УНІЛІХЕКСІЙ** **Uns** 264 **Unnilseptium** **УНІЛІСЕПТИЙ** **Uno** 265 **Unniloctium** **УНІЛІОКТИЙ** **Une** 266 **Unnilennium** **УНІЛІЕНІЙ** **Uun** 272 **Ununnilium** **УНІНУНІЛІЙ**

2 група  $ns^2$

$$S = 0$$

$$V = 0$$

$ns^1p^1$

$$S = \frac{1}{2}$$

$$V = \frac{2}{2}$$

$Z \uparrow$   $V \downarrow$

ПЕРІОД РЯД		ГРУПИ																									
a	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b					
I	1	H 1,0079 Hydrogenium ВОДЕЛЬ										(H)			He 4,002602 Helium ГЕЛІЙ												
II	2	Li 6,941 Lithium ЛІТИЙ	3	Be 9,012 Berillium БЕРІЛІЙ	4	B 10,81 Boron БОР	5	C 12,011 Carbonium ВУГЛЕЦЬ	6	N 14,0067 Nitrogenium АЗОТ	7	O 15,994 Oxygenium КІСЕНЬ	8	F 18,998 Fluor ФТОР	9	Ne 20,180 Neon НЕОН	10										
III	3	Na 22,990 Natrium НАТРИЙ	11	Mg 24,305 Magnesium МАГНІЙ	12	Al 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	13	Si 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	14	P 30,974 Phosphorum ФОСФОР	15	S 32,066 Sulfur СІРКА	16	Cl 35,453 Chlorum ХЛОР	17	Ar 39,948 Argon АРГОН	18										
IV	4	K 39,098 Kalium КАЛІЙ	19	Ca 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	20	Sc 44,956 Scandium СКАНДІЙ	21	Ti 47,87 Titanium ТІТАН	22	V 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	23	Cr 51,9961 Chromium ХРОМ	24	Mn 54,938 Manganese МАНГАН	25	Fe 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	26	Co 58,9332 Cobaltum КОВАЛЬТ	27	Ni 58,69 Nickolum НИКОЛІЙ							
	5	Cu 63,546 Cuprum МІДЬ	30	Zn 65,41 Zinkum ЦИНК	31	Ga 69,72 Gallium ГАЛІЙ	32	Ge 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	33	As 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	34	Se 78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	35	Br 79,904 Bromum БРОМ	36	Kr 83,80 Krypton КРІТОН											
V	6	Rb 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	37	Sr 87,62 Strontium СТРОНЦІЙ	38	Y 88,906 Yttrium ІТРІЙ	39	Zr 91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	40	Nb 92,906 Niobium НІОБІЙ	41	Mo 95,94 Molibdanium МОЛІБДЕН	43	Tc 98 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	44	Ru 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	45	Rh 102,9055 Rhodium РОДІЙ	46	Pd 106,42 Palladium ПАЛАДІЙ							
	7	Ag 107,868 Argentum СРІБЛО	47	Ag 112,41 Argentum СРІБЛО	48	Cd 114,82 Cadmium КАДМИЙ	49	In 114,82 Indium ІНДІЙ	50	Sn 118,71 Stannum ОЛОВО (ЦИНА)	51	Sb 121,76 Stibium СІБІЙ	52	Te 127,60 Tellurium ТЕЛЮР	53	I 126,9045 Iodium ЙОД	54	Xe 131,29 Xenon КСЕНОН									
VI	8	Cs 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	55	Ba 137,33 Barium БАРИЙ	56	La*	57	Hf 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	58	Ta 178,49 Taftium ГАФІЙ	59	W 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	60	Re 183,84 Rhenium РЕНІЙ	61	Os 190,2 Osmium ОСМІЙ	62	Ir 192,22 Iridium ІРІДІЙ	63	Pt 195,08 Platinum ПЛАТИНА							
	9	Au 196,967 Aurum ЗОЛОТО	80	200,59 Hydrogrysium РУТЬ	81	Hg 204,38 Thallium ТАЛІЙ	82	Pb 207,2 Plumbum СВИНІЧЬ	83	Bi 208,980 Bismuthum БІСМУТ	84	Po 209 Polonium ПОЛОНИЙ	85	At 210 Astatinum АСТАТ	86	Rn 222 Radon РАДОН											
VII	10	Fr [223] Francium ФРАНЦІЙ	87	Ra [226] Radium РАДІЙ	88	Ac** [227] Actinium АКТИНІЙ	89	[261] Unq Unnilquadium УНІЛІКВАДІЙ	90	[262] Unp Unnilpentium УНІЛІПЕНТИЙ	91	[263] Unh Unnilhexium УНІЛІХЕКСІЙ	92	[264] Uns Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	93	[265] Uno Unniloktium УНІЛІОКТОІЙ	94	[266] Une Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	95	[272] Uun Unnnunnilum УНІННУНІЛІЙ							

3 група



$$S = 1/2$$

$$V = \underline{1}$$

↑↑↑



$$S = 3/2$$

$$V = \underline{3}$$

ПЕРІОД РЯД		Г Р У П И																							
		a	I	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b
I	1	H	1 1,0079 Hydrogenium ВОДЕЛЬ												(H)			He	2 4,002602 Helium ГЕЛІЙ						
II	2	Li	3 6,941 Lithium ЛІТИЙ	Be	4 9,012 Berillium БЕРИЛІЙ	B	5 10,81 Boron БОР	C	6 12,011 Carboneum ВУГЛЕЦЬ	N	7 14,0067 Nitrogenium АЗОТ	O	8 15,994 Oxogenium КИСЕНЬ	F	9 18,998 Fluor ФТОР	Ne	10 20,180 Neon НЕОН								
III	3	Na	11 22,990 Natrium НАТРІЙ	Mg	12 24,305 Magnesium МАГНІЙ	Al	13 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si	14 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P	15 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S	16 32,066 Sulfur СІРКА	Cl	17 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar	18 39,948 Argon АРГОН								
IV	4	K	19 39,098 Kalium КАЛІЙ	Ca	20 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc	21 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti	22 47,87 Titanium ТІТАН	V	23 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr	24 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn	25 54,938 Manganum МАНГАН	Fe	26 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co	27 58,9332 Cobaltum КОБАЛЬТ	Ni	28 58,69 Nickelum НІКОЛ				
	5	Cu	30 65,41 Cuprum МІДЬ	Zn	31 69,72 Zinkum ЦИНК	Ga	32 72,64 Gallium ГАЛІЙ	Ge	33 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As	34 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se	35 78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	Br	36 79,904 Bromum БРОМ	Kr	37 83,80 Куронтон КРІПТОН								
V	6	Rb	37 85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr	38 87,62 Strontium СТРОНЦІЙ	Y	39 88,906 Yttrium ІТРІЙ	Zr	40 91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb	41 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo	42 95,94 Molibdanium МОЛІБДЕН	Tc	43 98 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru	44 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	Rh	45 102,9055 Rhodium РОДІЙ	Pd	46 106,42 Palladium ПАЛАДІЙ				
	7	Ag	47 107,868 Argentum СРІБЛО	Cd	48 112,41 Cadmium КАДМИЙ	In	49 114,82 Indium ІНДІЙ	Sn	50 118,71 Stannum ОЛОВО (ЦИНА)	Sb	51 121,76 Stibium СТИБІЙ	Te	52 127,60 Tellurium ТЕЛУРУМ	I	53 126,9045 Iodium ЙОД	Xe	54 131,29 Хелон КСЕНОН								
VI	8	Cs	55 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba	56 137,33 Barium БАРИЙ	La*	57 138,905 Lantanum ЛАНТАН	Hf	72 178,49 Hafnium ГАФІЙ	Ta	74 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W	75 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re	76 186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os	77 190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir	78 192,22 Iridium ІРІДІЙ	Pt	78 195,08 Platinum ПЛАТИНА				
	9	Au	79 196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg	80 200,59 Hydrogustum РТУТЬ	Tl	81 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb	82 207,2 Plumbum СВИНЦЬ	Bi	83 208,980 Bismuthum БІСМУТ	Po	84 [209] Polonium ПОЛОНИЙ	At	85 [210] Astatium АСТАТ	Rn	86 [222] Radon РАДОН								
VII	10	Fr	87 [223] Francium ФРАНЦІЙ	Ra	88 [226] Radium РАДІЙ	Ac**	104 [261] Actinium АКТИНІЙ	Unq	105 [262] Unnilquadium УНІЛІКВАДІЙ	Unp	106 [263] Unnilpentium УНІЛІПЕНТІЙ	Unh	107 [264] Unnilhexium УНІЛІКСІЙ	Uns	108 [265] Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	Uno	109 [266] Unnilоктій УНІЛІОКТІЙ	Une	110 [272] Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	Uun	110 [273] Unnnnium УНІННІЛІЙ				



Al, B  
V = 3

Tl  
V = 1, 3

4 група



$$S = 1$$

$$V = 2 = 2 \cdot 1$$



$$S = 2$$

$$V = 4$$

ПЕРІОД	РЯД	Г Р У П И												Символ елемента	порядковий номер	атомна маса												
		a	I	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b			
I	1	H	1 1,0079 Hydrogenium ВОДЕЛЬ											(H)			He	2 4,002602 Helium ГЕЛІЙ										
II	2	Li	3 6,941 Lithium ЛІТИЙ	Be	4 9,012 Berillium БЕРИЛІЙ	B	5 10,8 Boron БОР	C	6 12,011 Carboneum ВУГЛЕЦЬ	N	7 14,0067 Nitrogenium АЗОТ	O	8 15,994 Oxygenum КИСЕНЬ	F	9 18,998 Fluorum ФТОР	Ne	10 20,180 Neon НЕОН											
III	3	Na	11 22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg	12 24,305 Magnesium МАГНІЙ	Al	13 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si	14 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P	15 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S	16 32,066 Sulfur СІРКА	Cl	17 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar	18 39,948 Argon АРГОН											
IV	4	K	19 39,098 Kalium КАЛІЙ	Ca	20 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc	22 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti	23 47,87 Titanium ТІТАН	V	24 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr	25 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn	26 54,938 Manganese МАНГАН	Fe	27 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co	28 58,9332 Cobaltum КОБАЛЬТ	Ni	28 58,69 Nickelum НІКОЛ							
	5	Cu	30 65,41 Cuprum МІДЬ	Zn	31 69,72 Zinkum ЦИНК	Ga	32 72,64 Gallium ГАЛІЙ	Ge	33 72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As	34 74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se	34 78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	Br	35 79,904 Bromum БРОМ	Kr	36 83,80 Кріpton КРІПТОН											
V	6	Rb	37 80,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr	38 87,62 Strontium СТРОНЦІЙ	Y	39 88,906 Yttrium ІТРІЙ	Zr	40 91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb	41 92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo	42 95,94 Molibdanium МОЛІБДЕН	Tc	43 98 Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru	44 101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	Rh	45 102,9055 Rhodium РОДІЙ	Pd	46 106,42 Palladium ПАЛАДІЙ							
	7	Ag	47 107,868 Argentum СРІБЛО	Cd	48 112,41 Cadmium КАДМИЙ	In	49 114,82 Indium ІНДІЙ	Sn	50 118,71 Stannum ОЛОВО (ЦИНА)	Sb	51 121,76 Stibium СІБІЙ	Te	52 127,60 Tellurium ТЕЛУРУМ	I	53 126,9045 Iodum ЙОД	Xe	54 131,29 Хелон КСЕНОН											
VI	8	Cs	55 132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba	56 137,33 Barium БАРИЙ	La*	57 138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf	72 178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta	74 180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W	75 183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re	76 186,207 Rhenium РЕНИЙ	Os	76 190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir	77 192,22 Iridium ІРІДІЙ	Pt	78 195,08 Platinum ПЛАТИНА							
	9	Au	79 196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg	80 200,59 Hydrogustum РТУТЬ	Tl	81 204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb	82 207,2 Plumbum СВИНЦЬ (ОЛИВА)	Bi	83 208,98 Bismuthum БІСМУТ	Po	84 209 Polonium ПОЛОНИЙ	At	85 210 Astatium АСТАТ	Rn	86 222 Radon РАДОН											
VII	10	Fr	87 [223] Francium ФРАНЦІЙ	Ra	88 [226] Radium РАДІЙ	Ac**	104 [261] Actinium АКТИНІЙ	Unq	105 [262] Unnilquadium УНІЛІКВАДІЙ	Unp	106 [263] Unnilpentium УНІЛПЕНТЕЙ	Unh	107 [264] Unnilhexium УНІЛГЕКСІЙ	Uns	108 [265] Unnilseptium УНІЛСЕПТИЙ	Uno	109 [266] Unnilоктій УНІЛОКТІЙ	Une	110 [272] Unnilеніум УНІЛЕНІЙ	Uun	110 [273] Unnilніліум УНІЛНІЛІЙ							

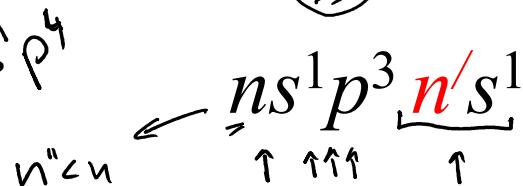
5 група



$$S = 3/2$$

$$V = 3$$

$\uparrow \downarrow \uparrow \downarrow \uparrow \times \quad s^1 p^4$



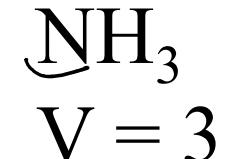
$$S = 5/2$$

$$V = 5$$

ПЕРІОД РЯД		Г РУПИ									
a	b	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	b	
I	1	H 1,0079 Hydrogenium ВОДЕЛЬ						(H)	He 4,002602 Helium ГЕЛІЙ		
II	2	Li 6,941 Lithium ЛІТИЙ	Be 9,012 Berillium БЕРІЛІЙ	B 10,81 Boron БОР	C 12,011 Carbonium ВУГЛЕЦЬ	N 14,0067 Nitrogenium АЗОТ	O 15,994 Oxygenium КІСЕНЬ	F 18,998 Fluor ФТОР	Ne 20,180 Neon НЕОН		
III	3	Na 22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg 24,305 Magnesium МАГНІЙ	Al 26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si 28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P 30,974 Phosphorum ФОСФОР	S 32,066 Sulfur СІРКА	Cl 35,453 Chlorum ХЛОР	Ar 39,948 Argon АРГОН		
IV	4	K 39,098 Kalium КАЛІЙ	Ca 40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc 44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti 47,87 Titanium ТІТАН	V 50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr 51,9961 Chromium ХРОМ	Mn 54,938 Manganum МАНГАН	Fe 55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co 58,9332 Cobaltum КОВАЛЬТ	Ni 58,69 Nickolum НИКОЛ
	5	Cu 65,41 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Cuprum МІДЬ	Zn 69,72 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Zinkum ЦИНК	Ga 72,64 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Gallium ГАЛІЙ	Ge 72,64 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Germanium ГЕРМАНІЙ	As 74,9216 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Arsenicum АРСЕНІЙ	Se 78,96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> Selenium СЕЛЕНІЙ	Br 79,904 Bromum БРОМ	Kr 83,80 Krypton КРИПТОН		
V	6	Rb 85,468 [Kr]5s <sup>1</sup> Rubidium РУБІДІЙ	Sr 87,62 [Kr]5s <sup>2</sup> Strontium СТРОНЦІЙ	Y 88,906 [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Yttrium ІТРІЙ	Zr 91,22 [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Zirconium ЦИРКОНІЙ	Nb 92,906 [Kr]4d <sup>3</sup> 5s <sup>2</sup> Niobium НІОБІЙ	Mo 95,94 [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>2</sup> Molibdanium МОЛІБДЕН	Tc 98 [98] [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru 101,07 [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> Ruthenium РУТЕНІЙ	Rh 102,9055 [Kr]4d <sup>9</sup> 5s <sup>1</sup> Rhodium РОДІЙ	Pd 106,42 [Kr]4d <sup>9</sup> 5s <sup>2</sup> Palladium ПАЛАДІЙ
	7	Ag 107,868 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Argentum Срібло	Cd 112,41 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Cadmium КАДМИЙ	In 114,82 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Indium ІНДІЙ	Sn 118,71 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Stannum ОЛОВО (ЦИНА)	Sb 121,76 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Stibium СТИБІЙ	Te 127,60 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> Tellurium ТЕЛЮР	I 126,9045 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> Iodum ЙОД	Xe 131,29 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> Хелон КСЕНОН		
VI	8	Cs 132,91 [Xe]6s <sup>1</sup> Cesium ЦЕЗІЙ	Ba 137,33 [Xe]6s <sup>2</sup> Barium БАРИЙ	La* 138,905 [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Lanthanum ЛАНТАН	Hf 178,49 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Hafnium ГАФНІЙ	Ta 180,948 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>3</sup> Tantalum ТАНТАЛ	W 183,84 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re 186,207 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>3</sup> Rhenium РЕНІЙ	Os 190,2 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Osmium ОСМІЙ	Ir 192,22 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>1</sup> Iridium ІРІДІЙ	Pt 195,08 [Xe]5d <sup>6</sup> Platinum ПЛАТИНА
	9	Au 196,967 [Xe]6s <sup>1</sup> Aurum ЗОЛОТО	Hg 200,59 [Xe]6s <sup>2</sup> Hydrogrom РТУТЬ	Tl 204,38 [Xe]6s <sup>2</sup> Thallium ТАЛІЙ	Pb 207,2 [Xe]6s <sup>2</sup> Plumbum СВІНЕЦЬ (ОЛИВА)	Bi 208,908 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Bismuthum БІСМУТ	Po 208,908 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>3</sup> Polonium ПОЛОНИЙ	At 210 [210] [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>4</sup> Astatium АСТАТ	Rn 212 [222] [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>5</sup> Radon РАДОН		
VII	10	Fr [223] Francium ФРАНЦІЙ	Ra [226] Radium РАДІЙ	Ac** [228] Actinium АКТИНІЙ	Unq [261] Unnilquadrium УНІЛІКВАДІЙ	Unp [263] Unnilpentium УНІЛІПЕНТІЙ	Unh [265] Unnilhexium УНІЛІХЕКСІЙ	Uns [264] Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ	Uno [265] Unniloctium УНІЛІОКТИЙ	Une [266] Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	Uun [272] Unnnunilium УНІННІЛІЙ



Символ  
елемента  
порядковий  
номер  
атомна  
маса  
назва  
елемента  
Електронна  
формула



6 група

$ns^2 p^4 \downarrow \uparrow \uparrow \uparrow$

$S = 1$

$V = 2$

$\boxed{ns^1 p^3 n^1 s^2}$

$ns^2 p^3 n^1 s^1$

$S = 2$

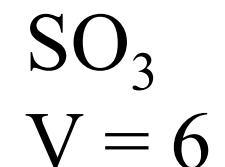
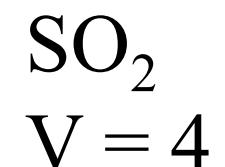
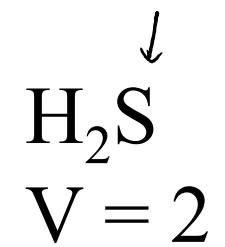
$V = 4$

$ns^1 p^3 n^1 s^1 p^1$   
 $\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \quad \uparrow \uparrow$

$S = 3$

$V = 6$

ПЕРІОД	РЯД	Г Р У П И								Символ елемента порядковий номер атомна маса											
		a	I	b	II	b	III	b	IV	b	V	b	VI	b	VII	b	VIII				
I	1	H	1,0079 Hydrogenium ВОДЕЛЬ								(H)		He	4,002602 Helium ГЕЛІЙ							
II	2	Li	6,941 Lithium ЛІТИЙ	Be	9,012 Berillium БЕРІЛІЙ	B	10,81 Boron БОР	C	12,011 Carbonium ВУГЛЕЦЬ	N	14,0067 Nitrogenium АЗОТ	O	15,994 Oxygenium КИСЕНЬ	F	18,998 Fluor ФТОР	Ne	20,180 Neon НЕОН				
III	3	Na	22,990 Natrium НАТРИЙ	Mg	24,305 Magnesium МАГНІЙ	Al	26,982 Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si	28,086 Silicium КРЕМЕНІЙ	P	30,974 Phosphorum ФОСФОР	S	32,066 Sulfur СІРКА	Cl	35,453 Chlorum ХЛОР	Ar	39,948 Argon АРГОН				
IV	4	K	39,098 Kalium КАЛІЙ	Ca	40,08 Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc	44,956 Scandium СКАНДІЙ	Ti	47,87 Titanium ТІТАН	V	50,941 Vanadium ВАНДІЙ	Cr	51,9961 Chromium ХРОМ	Mn	54,938 Manganum МАНГАН	Fe	55,847 Ferrum ЗАЛІЗО	Co	58,9332 Cobaltum КОБАЛЬТ	Ni	58,69 Nickolum НИКОЛІЙ
	5	Cu	63,546 Cuprum МІДЬ	Zn	65,41 Zinkum ЦИНК	Ga	69,72 Gallium ГАЛІЙ	Ge	72,64 Germanium ГЕРМАНІЙ	As	74,9216 Arsenicum АРСЕНІЙ	Se	78,96 Selenium СЕЛЕНІЙ	Br	79,904 Bromum БРОМ	Kr	83,80 Krypton КРІТОН	Rh	102,9055 Rhodium РОДІЙ	Pd	106,42 Palladum ПАЛАДІЙ
V	6	Rb	85,468 Rubidium РУБІДІЙ	Sr	87,62 Strontium СТРОНЦІЙ	Y	88,906 Yttrium ІТРІЙ	Zr	91,22 Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb	92,906 Niobium НІОБІЙ	Mo	95,94 Molibdanium МОЛІБДЕН	Tc	[98] Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Ru	101,07 Ruthenium РУТЕНІЙ	Xe	131,29 Xenon КСЕНОН		
	7	Ag	107,868 Argentum Срібло	Cd	112,41 Cadmium КАДМИЙ	In	114,82 Indium ІНДІЙ	Sn	118,71 Stannum ОЛОВО (ЦИНА)	Sb	121,76 Stibium СІБІЙ	Te	127,60 Tellurium ТЕЛУР	I	126,9045 Iodium ЙОД						
VI	8	Cs	132,91 Cesium ЦЕЗІЙ	Ba	137,33 Barium БАРИЙ	La*	138,905 Lanthanum ЛАНТАН	Hf	178,49 Hafnium ГАФНІЙ	Ta	180,948 Tantalum ТАНТАЛ	W	183,84 Wolframium ВОЛЬФРАМ	Re	186,207 Rhenium РЕНІЙ	Os	190,2 Osmium ОСМІЙ	Ir	192,22 Iridium ІРІДІЙ	Pt	195,08 Platinum ПЛАТИНА
	9	Au	196,967 Aurum ЗОЛОТО	Hg	200,59 Hydrogrom РТУТЬ	Tl	204,38 Thallium ТАЛІЙ	Pb	207,2 Plumbum СВИНЦЬ	Bi	208,980 Bismuthum БІСМУТ	Po	[209] Polonium ПОЛОНИЙ	At	[210] Astatinum АСТАТ	Rn	[222] Radon РАДОН				
VII	10	Fr	223 Francium ФРАНЦІЙ	Ra	226 Radium РАДІЙ	Ac**	[227] Actinium АКТИНІЙ	Unq	[261] Unnilquadium УНІЛІКВАДІЙ	Unp	[263] Unnilpentium УНІЛПЕНТЕЙ	Unh	[265] Unnilhexium УНІЛГЕКСІЙ	Uns	[264] Unnilseptium УНІЛСЕПТИЙ	Uno	[265] Unniloctium УНІЛОКТИЙ	Une	[266] Unnilennium УНІЛЕНІЙ	Uun	[272] Unnnunnilum УНІНУННІЛІЙ



# 7 група

$$ns^2 p^5$$

$$ns^2 p^4 \textcolor{red}{n'} s^1$$

$$ns^2 p^3 \textcolor{red}{n'} s^1 p^1$$

$$ns^1 p^3 \textcolor{red}{n'} s^1 p^2$$

$$S = \underline{\underline{1}}/2$$

$$S = \underline{\underline{3}}/2$$

$$S = \underline{\underline{5}}/2$$

$$S = \underline{\underline{7}}/2$$

$$V = 1$$

$$V = 3$$

$$V = 5$$

$$V = 7$$

ПЕРІОД	РЯД	Г Р У П								VIII												
		a	I	b	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a
I	1	H 1,0079 <small>Hydrogenium ВОДЕЛЬ</small>												(H)			He 4,002602 <small>Helium ГЕЛІЙ</small>					
II	2	Li 6,941 <small>Lithium ЛІТИЙ</small>	Be 9,012 <small>Berillium БЕРІЛІЙ</small>		B 10,81 <small>Boron БОР</small>	C 12,011 <small>Carbonium ВУГЛЕЦЬ</small>	N 14,0067 <small>Nitrogenium АЗОТ</small>	O 15,994 <small>Oxygenium КИСЕНЬ</small>	F 18,998 <small>Fluor ФТОР</small>		Ne 20,180 <small>Neon НЕОН</small>											
III	3	Na 22,990 <small>Natrium НАТРИЙ</small>	Mg 24,305 <small>Magnesium МАГНІЙ</small>	Al 26,982 <small>Aluminum АЛЮМІНІЙ</small>	Si 28,086 <small>Silicium КРЕМЕНІЙ</small>	P 30,974 <small>Phosphorum ФОСФОР</small>	S 32,066 <small>Sulfur СІРКА</small>	Cl 35,453 <small>Chlorum ХЛОР</small>		Ar 39,948 <small>Argon АРГОН</small>												
IV	4	K 39,098 <small>Kalium КАЛІЙ</small>	Ca 40,08 <small>Calcium КАЛЬЦІЙ</small>	Sc 44,956 <small>Scandium СКАНДІЙ</small>	Ti 47,87 <small>Titanium ТИТАН</small>	V 50,941 <small>Vanadium ВАНДІЙ</small>	Cr 51,9961 <small>Chromium ХРОМ</small>	Mn 54,938 <small>Manganese МАНГАН</small>	Fe 55,847 <small>Ferrum ЗАЛІЗО</small>		Co 58,9332 <small>Cobaltum КОБАЛЬТ</small>											
	5	Cu 63,546 <small>Cuprum МІДЬ</small>	Zn 65,41 <small>Zinkum ЦИНК</small>	Ga 69,72 <small>Gallium ГАЛІЙ</small>	Ge 72,64 <small>Germanium ГЕРМАНІЙ</small>	As 74,9216 <small>Arsenicum АРСЕНІЙ</small>	Se 78,96 <small>Selenium СЕЛЕН</small>	Br 79,904 <small>Bromum БРОМ</small>	Kr 83,80 <small>Krutoptum КРИТОН</small>													
V	6	Rb 85,668 <small>Rubidium РУБІДІЙ</small>	Sr 87,62 <small>Strontium СТРОНІЙ</small>	Y 88,906 <small>Yttrium ІТРИЙ</small>	Zr 91,22 <small>Zirconium ЦИРКОНІЙ</small>	Nb 92,906 <small>Niobium НІОБІЙ</small>	Mo 95,94 <small>Molibdanium МОЛІБДЕН</small>	Tc 98 <small>Technetium ТЕХНЕЦІЙ</small>	Ru 101,07 <small>Ruthenium РУТЕНІЙ</small>													
	7	Ag 107,868 <small>Argentum Срібло</small>	Cd 112,41 <small>Cadmium КАДМИЙ</small>	In 114,82 <small>Indium ІНДІЙ</small>	Sn 118,71 <small>Stannum ОЛОВО (ЦІНА)</small>	Sb 121,76 <small>Stibium СТИБІЙ</small>	Te 127,60 <small>Tellurium ТЕЛЮР</small>	Iodum 126,9045 <small>Iod ІОД</small>	Xe 131,29 <small>Xenon КСЕНОН</small>													
VI	8	Cs 132,91 <small>Cesium ЦЕЗІЙ</small>	Ba 137,33 <small>Barium БАРИЙ</small>	La <sup>*</sup> 138,905 <small>Lanthanum ЛАНТАН</small>	Hf 178,49 <small>Hafnium ГАФНІЙ</small>	Ta 180,948 <small>Tantalum ТАНТАЛ</small>	W 183,84 <small>Wolframium ВОЛЬФРАМ</small>	Re 186,207 <small>Rhenium РЕНІЙ</small>														
	9	Au 196,967 <small>Aurum ЗОЛОТО</small>	Hg 200,59 <small>Hydrogrom РТУТЬ</small>	Tl 204,38 <small>Thallium ТАЛІЙ</small>	Pb 207,2 <small>Plumbum Свинець (ОЛИВА)</small>	Bi 208,980 <small>Bismuthum БІСМУТ</small>	Po 209 <small>Polonium ПОЛОНИЙ</small>	At 210 <small>Astatinum АСТАТ</small>	Rn 212 <small>Radon РАДОН</small>													
VII	10	Fr [223] <small>Francium ФРАНЦІЙ</small>	Ra [226] <small>Radium РАДІЙ</small>	Ac <sup>*</sup> [227] <small>Actinium АКТИНІЙ</small>	Unq [261] <small>Unnilquadrium УНІЛІКВАДІЙ</small>	Unp [262] <small>Unnilpentium УНІЛІПЕНТІЙ</small>	Unh [263] <small>Unnilhexium УНІЛІКСІЙ</small>	Uns [264] <small>Unnilseptium УНІЛІСЕПТИЙ</small>	Uno [265] <small>Unniloktium УНІЛІОКТІЙ</small>	Une [266] <small>Unnilienium УНІЛІЕНІЙ</small>	Uun [272] <small>Ununnilium УНІННІЛІЙ</small>											



$$V = 1$$



$$V = 3$$



$$V = 5$$



$$V = 7$$

# ГОЛОВНІ ГРУПИ

$$\Delta V = 2$$

# ПРОМОЖНІ ГРУПИ

$$\delta \rightarrow \Delta V = 1,2$$

лантаноїди,  
актиноїди

$$\zeta \rightarrow s,p$$

		ГРУПИ																						
ПЕРІОД	РЯД	a	b	a	II	b	a	III	b	a	IV	b	a	V	b	a	VI	b	a	VII	b	a	VIII	b
I	1	H <sup>1</sup> Hydrogenium ВОДЕНЬ													(H)						He <sup>2</sup> Helium ГЕЛІЙ			
II	2	Li <sup>3</sup> Lithium ЛІТИЙ	Be <sup>4</sup> Berillium БЕРИЛІЙ	B <sup>5</sup> Boron БОР	C <sup>6</sup> Carbonium ВУГЛЕЦЬ	N <sup>7</sup> Nitrogenium АЗОТ	O <sup>8</sup> Oxygenium КІСЕНЬ	F <sup>9</sup> Fluor ФТОР	Ne <sup>10</sup> Neon НЕОН															
III	3	Na <sup>11</sup> Natrium НАТРІЙ	Mg <sup>12</sup> Magnesium МАГНЕЙ	Al <sup>13</sup> Aluminum АЛЮМІНІЙ	Si <sup>14</sup> Silicium ФОСФОР	P <sup>15</sup> Phosphorum ФОСФОР	S <sup>16</sup> Silicium СІРКА	Cl <sup>17</sup> Chlorum ХЛОР	Ar <sup>18</sup> Argon АРГОН															
IV	4	K <sup>19</sup> Kalium КАЛЬІЙ	Ca <sup>20</sup> Calcium КАЛЬЦІЙ	Sc <sup>21</sup> Scandium СКАНДІЙ	Ti <sup>22</sup> Titanium ТИТАН	V <sup>23</sup> Vanadium ВАНДІЙ	Cr <sup>24</sup> Chromium ХРОМ	Mn <sup>25</sup> Manganese МАНГАНИЙ	Fe <sup>26</sup> Ferrum ЗАЛІЗО	Co <sup>28</sup> Cobaltum КОВАЛЬТ	Ni <sup>29</sup> Nickelum НИКОЛ													
IV	5	Cu <sup>30</sup> Cuprum СУРІЙ	Zn <sup>31</sup> Zinkum ЦИНК	Ga <sup>32</sup> Gallium ГАЛІЙ	Ge <sup>33</sup> Germanium ГЕРМАНІЙ	As <sup>34</sup> Arsenium АРСЕН	Se <sup>35</sup> Selenium СЕЛЕНІЙ	Br <sup>36</sup> Bromum БРОМ	Kr <sup>36</sup> Krypton КІРТОПОН	Ru <sup>44</sup> Ruthenium РЕТЕНІЙ	Rh <sup>46</sup> Rhodium Родій	Pd <sup>46</sup> Palladium ПАЛАДІЙ												
V	6	Rb <sup>37</sup> Rubidium РУБІДІЙ	Sr <sup>38</sup> Strontium СТРОНІЙ	Y <sup>39</sup> Utrrium УТРІЙ	Zr <sup>40</sup> Zirconium ЦІРКОНІЙ	Nb <sup>41</sup> Niobium НОІБІЙ	Mo <sup>42</sup> Molibdanium МОЛІБДЕЙ	Tc <sup>43</sup> Technetium ТЕХНЕЦІЙ	T <sup>44</sup> Technetium ТЕХНЕЦІЙ	Xe <sup>54</sup> Xenon ХЕНОН														
V	7	Ag <sup>48</sup> Argentum СРІБЛО	Cd <sup>49</sup> Cadmium КАДІЙ	In <sup>50</sup> Indium ІНДІЙ	Sn <sup>51</sup> Stannum СТАННІЙ	Sb <sup>52</sup> Sibnum СТІБІЙ	Te <sup>53</sup> Tellurium ТЕЛУР	I <sup>54</sup> Iodium ІОД	Xe <sup>54</sup> Xenon ХЕНОН															
VI	8	Cs <sup>55</sup> Cesium ЦЕЗІЙ	Ba <sup>56</sup> Barium БАРІЙ	La <sup>57</sup> Lanthanum ЛАНТАН	Hf <sup>72</sup> Hafnium ГАФІЙ	Ta <sup>73</sup> Tantalum ТАНТАЛ	W <sup>74</sup> Wolframum ВОЛЬФРАМ	Ru <sup>75</sup> Rhenium РЕНІЙ	Os <sup>76</sup> Osmium ОСІМІЙ	Ir <sup>77</sup> Iridium ІRIDІЙ	Pt <sup>78</sup> Platinum ПЛАТИНА													
VI	9	Au <sup>79</sup> Aurum ЗОЛОТО	Hg <sup>80</sup> Hydragauum РУТЬ	Tl <sup>81</sup> Thallium ТАЛІЙ	Pb <sup>82</sup> Plumbum СВИНІЙ	Bi <sup>83</sup> Bismuthum ВІСМУТ	Po <sup>84</sup> Polonium ПОЛОНІЙ	At <sup>85</sup> Astatum АСТАТ	Rn <sup>86</sup> Radon РАДОН															
VII	10	Fr <sup>87</sup> Francium ФРАНЦІЙ	Ra <sup>88</sup> Radium РАДІЙ	Ac <sup>89</sup> Actinium АКТИНІЙ	Unq <sup>104</sup> Unnilquadrivium УНІЛІКВІДІЙ	Unp <sup>105</sup> Unnilpentium УНІЛІПЕНТІЙ	Unh <sup>106</sup> Unnilhexium УНІЛІКСІЙ	Uns <sup>107</sup> Unnilseptium УНІЛІСЕПТІЙ	Uno <sup>108</sup> Unniloctium УНІЛІОКТІЙ	Une <sup>109</sup> Unnilennium УНІЛІЕНІЙ	Uun <sup>110</sup> Unnilunium УНІЛІУНІЛІЙ													

* ЛАНТАНОЇДИ																						
* АКТИНОЇДИ																						
58 140,12 140,9077 Hydrygium ЦЕРІЙ	Ce <sup>*</sup> 144,24 Praseodymium ПРАЗІОДІЙ	59 140,9077 Thorium ТОРИЙ	60 144,24 Neodymium НЕОДІЙМ	61 145 Promethium ПРОМЕТІЙ	62 150,36 Samarium САМАРІЙ	63 151,96 Europium ЕВРОПІЙ	64 157,25 Gadolinium ГАДОЛІЙІНІЙ	65 158,9254 Terbium ТЕРБІЙ	66 162,5 Dysprosium ДІСПРОЗІЙ	67 164,9304 Holmium ГОЛЬМИЙ	68 167,26 Erbium ЕРБІЙ	69 168,9342 Thulium ТУЛІЙ	70 173,04 Ytterbium ІТТЕРІЙ	71 174,967 Lutetium ЛЮТЕЦІЙ								
90 232,0381 Thorium ТОРИЙ	Th <sup>*</sup> 231 Protactinium ПРОТАКТИНІЙ	91 238,0289 Pa Ураній УРАН	92 237 Neptunium НЕПТУНІЙ	93 244 Rutherfordium РУФІДІЙ	94 243 Plutonium ПЛУТОНІЙ	95 243 Americium АМЕРІЦІЯ	96 247 Curium КЮРІЙ	97 247 Berkrium БЕРКІЙ	98 251 Californium КАЛІФОРІЙ	99 252 Einsteinium ЕІНСТЕЙНІЙ	100 256 Fermium ФЕРMIЙ	101 261 Mendelevium МЕНДЕЛЕВІЙ	102 269,1009 Nobelium НОБЕЛІЙ	103 269,1054 Lawrencium ЛОУРЕНСІЙ								

$$\Delta V = 1,2$$