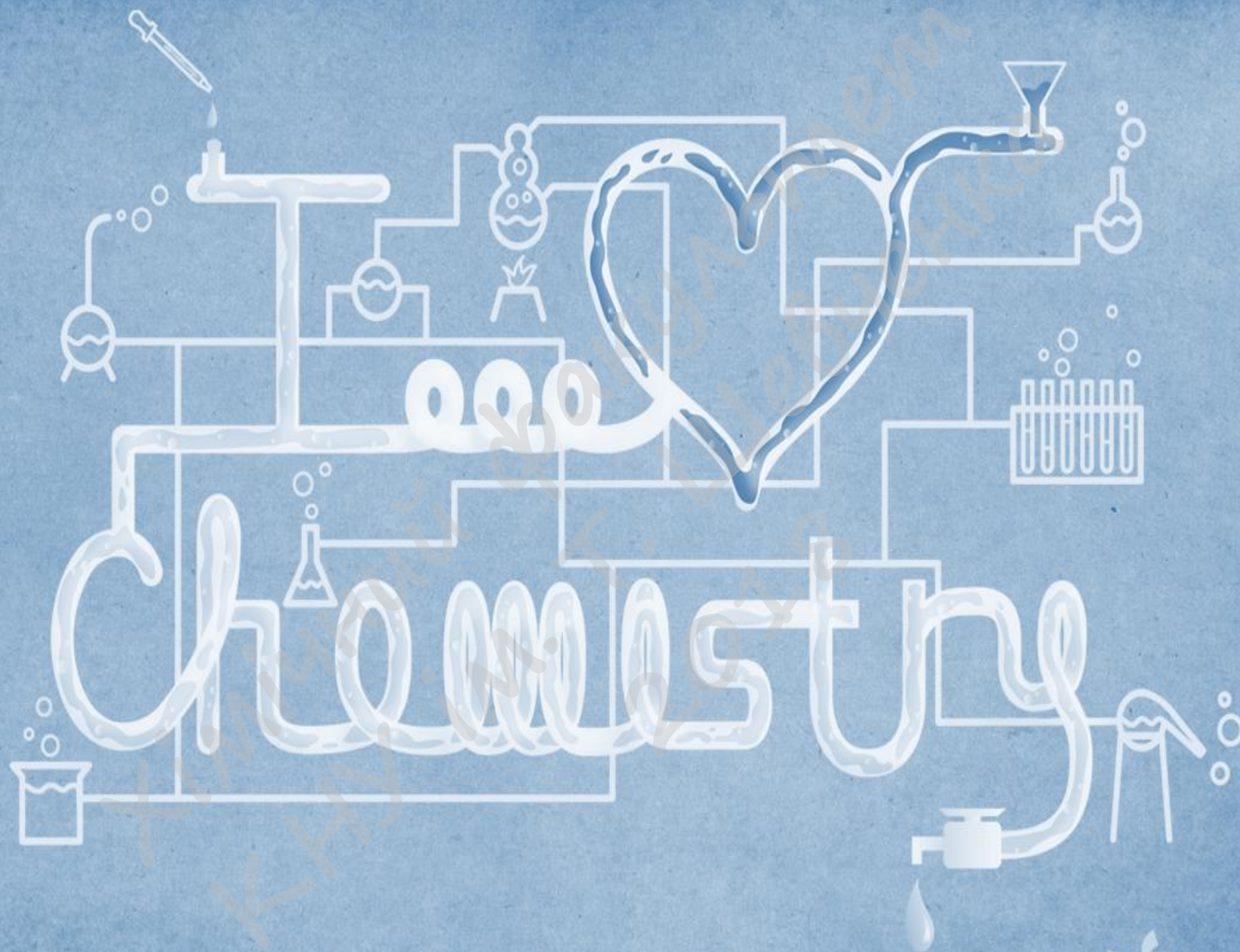
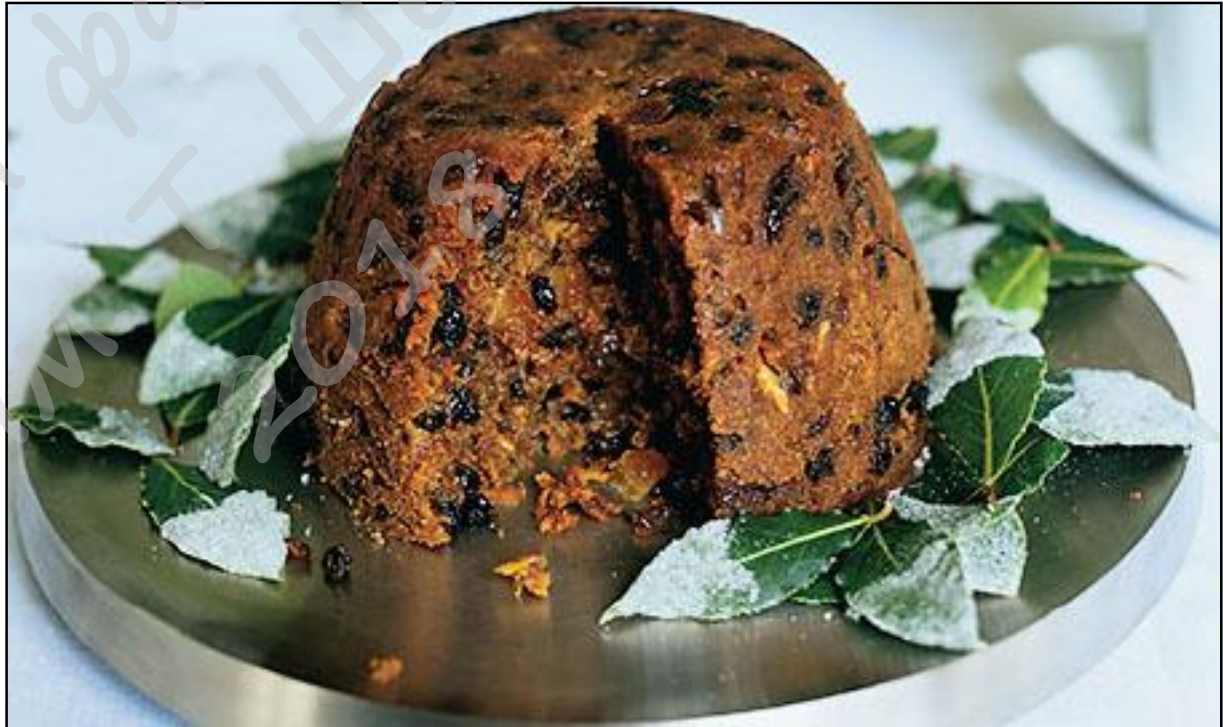
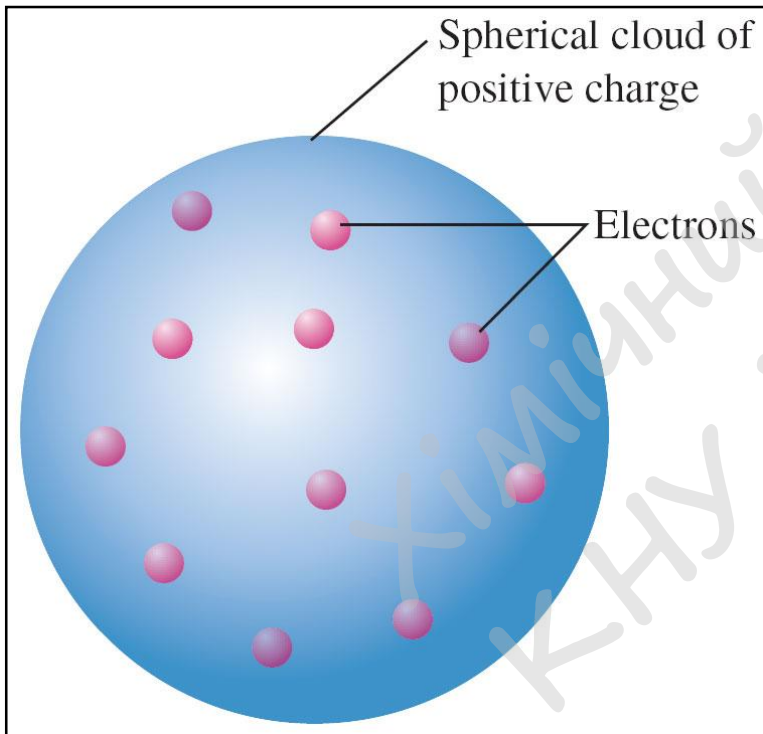




## Лекція 2

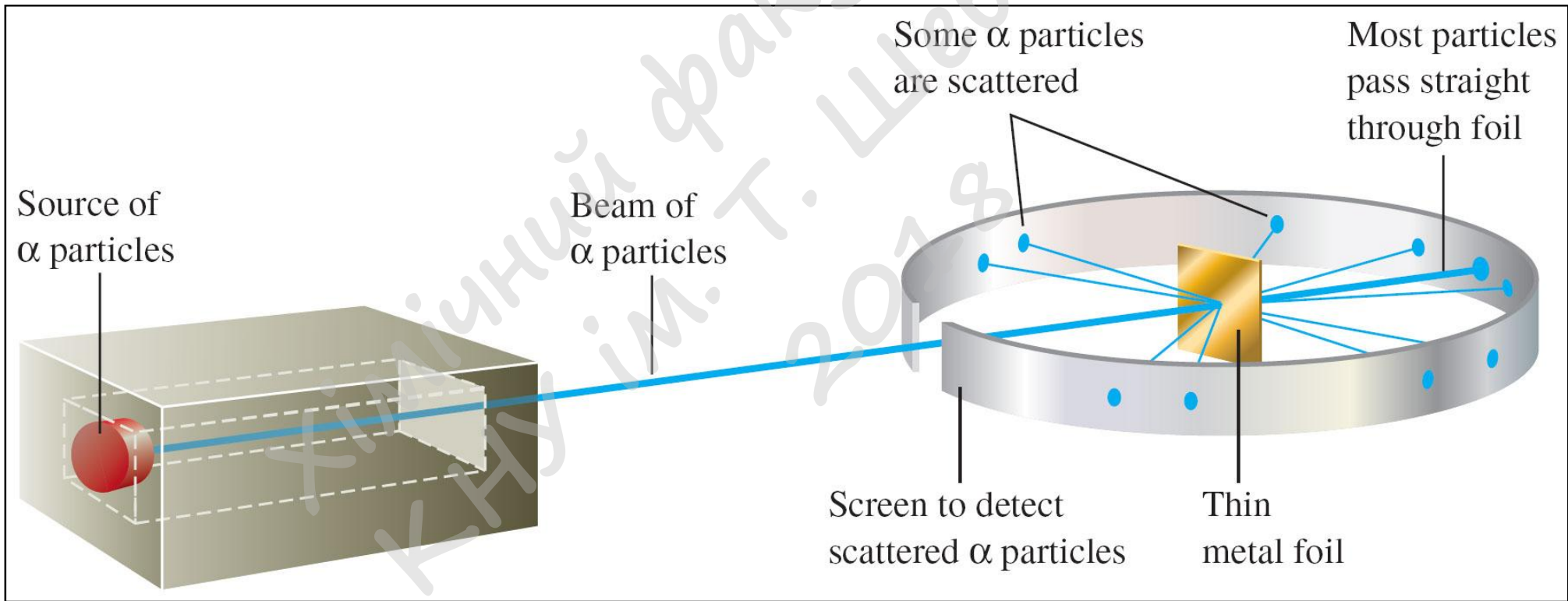
# Моделі атому

Класичний англійський «сливовий пудинг», в якому родзинки представляють розподіл електронів на атомі.



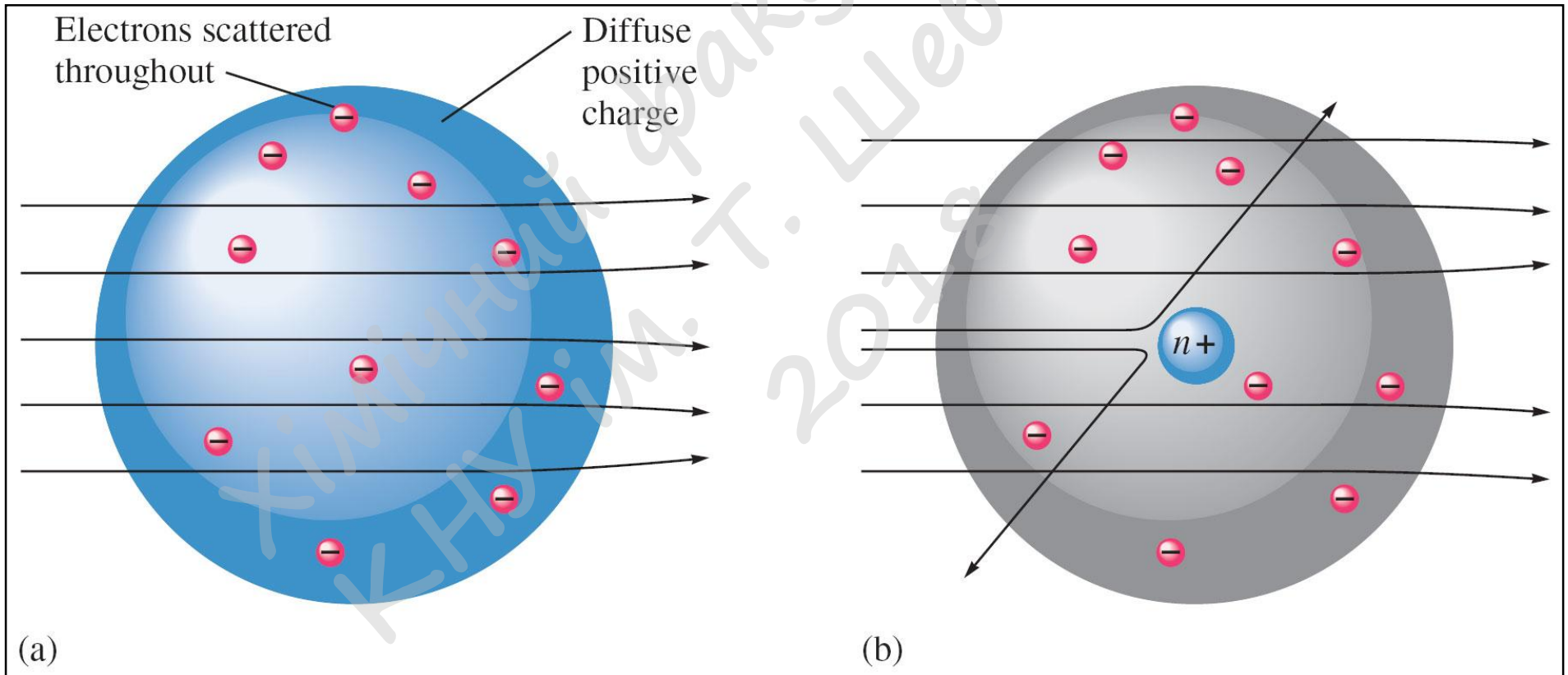
# Моделі атому

## Експеримент Резерфорда



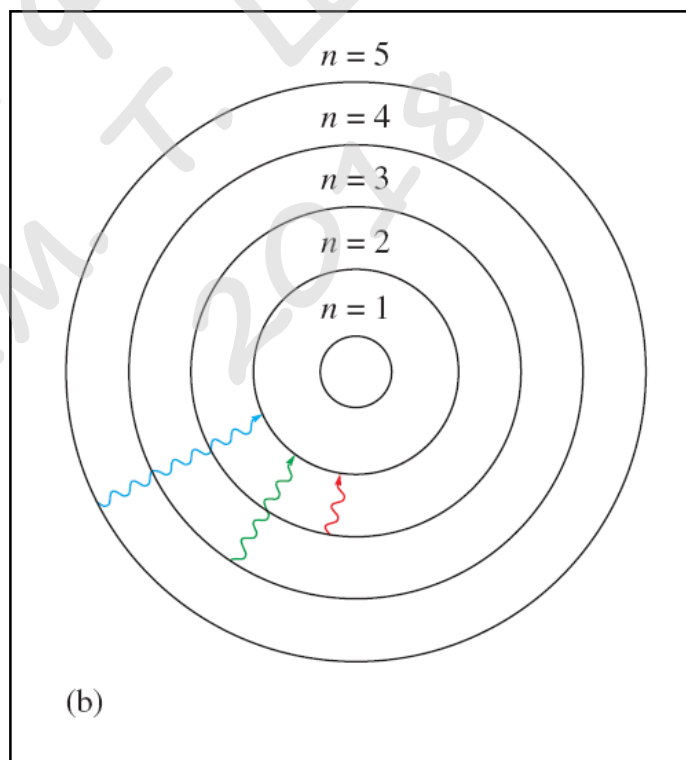
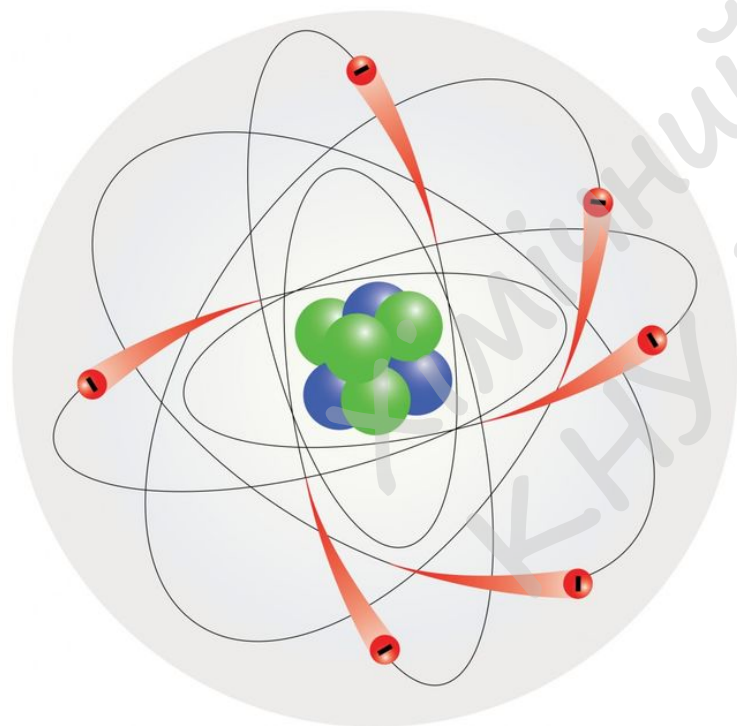
# Моделі атому

## Експеримент з металевої фольгою



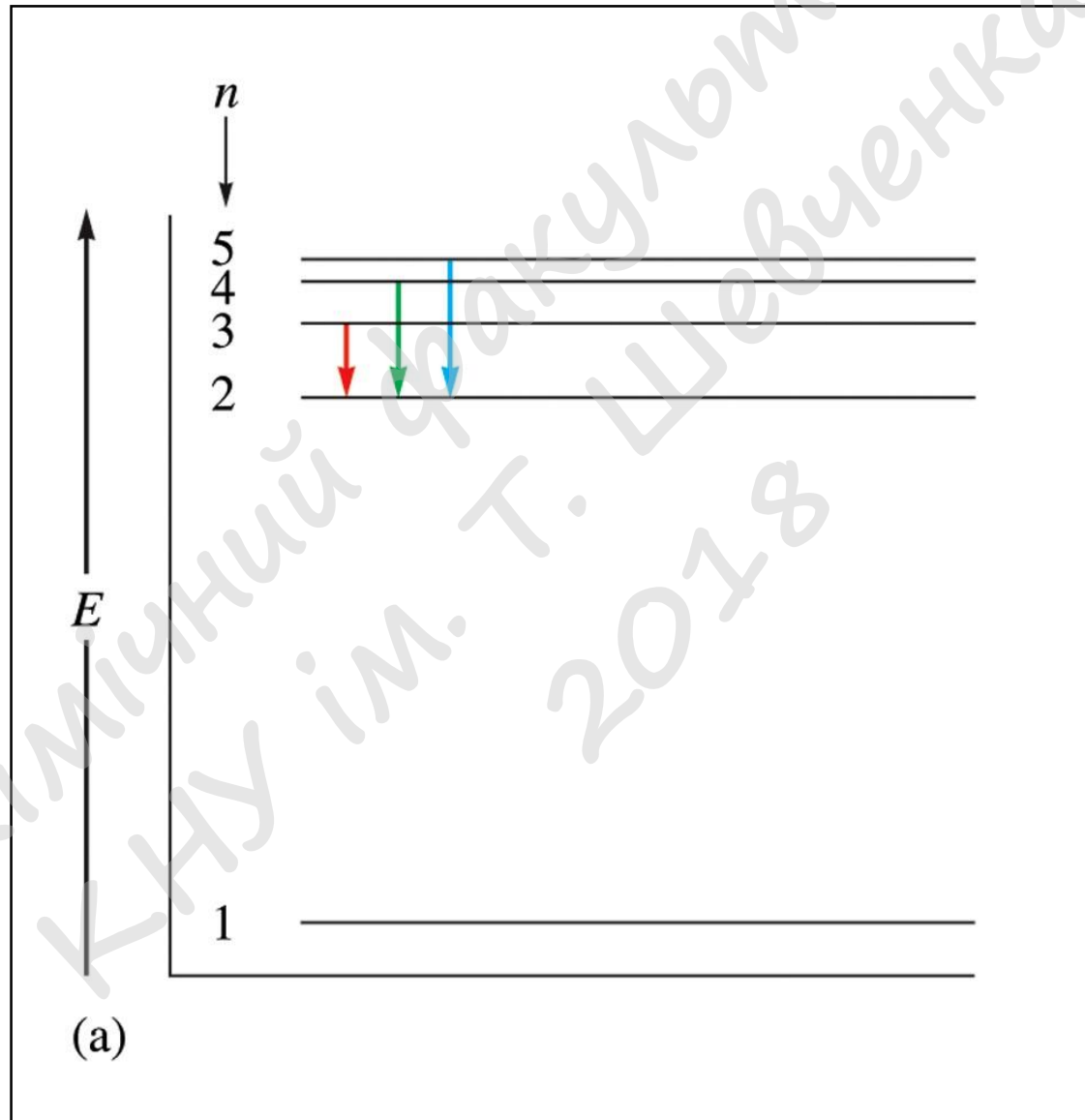
## Електронні переходи в моделі Бора для атому водню

Діаграму орбітальних переходів було використано для розрахунку експериментального спектру



Нильс Бор  
Данський фізик  
(1885-1862)

# Електронні переходи в моделі Бора для атому водню

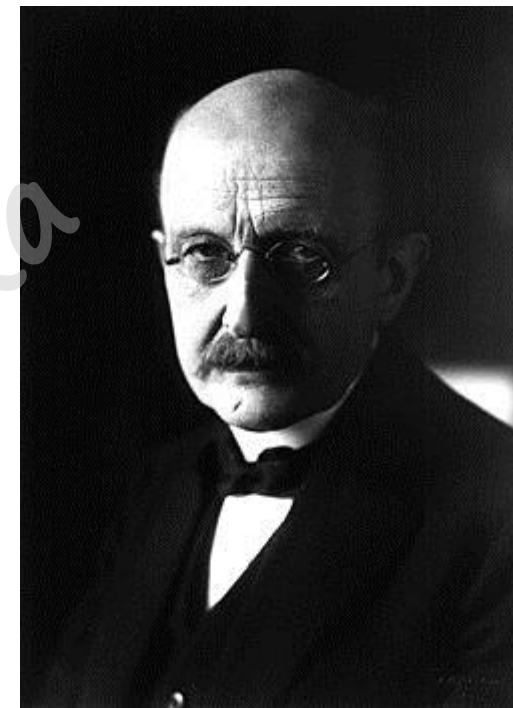
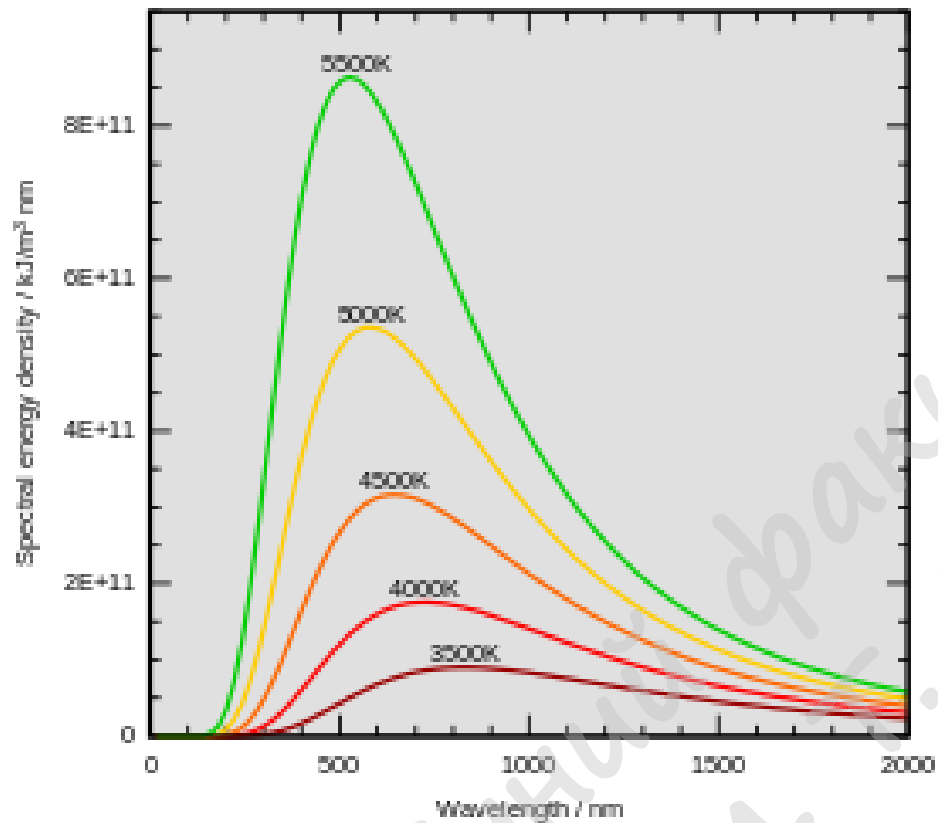


**Модель Бора правильно описує квантування енергетичних рівнів атому водню і постулює лише певні дозволені кругові орбіти для електрона.**

**При переході електрону ближче до ядра, енергія звільняється від системи – відбувається випромінювання.**

**На жаль модель Бора є невірною.  
Ця модель працює тільки для водню.**

**Насправді, електрони не рухаються навколо ядра на кругових орбітах!!!**



**Макс Карл Ернст Планк  
(1858-1947)**

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Хвилі де Бройля — основний компонент корпускулярно-хвильового дуалізму Луї де Бройля, який у середині 20-х років 20-го століття запропонував аксіоматичну квантову теорію, яка лягла в основу хвильової механіки, зокрема рівняння Шредінгера.



Луї де Бройль  
Французький фізик  
(1892-1987)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mV}$$

# Дифракція електронів на кристалічній ґратці



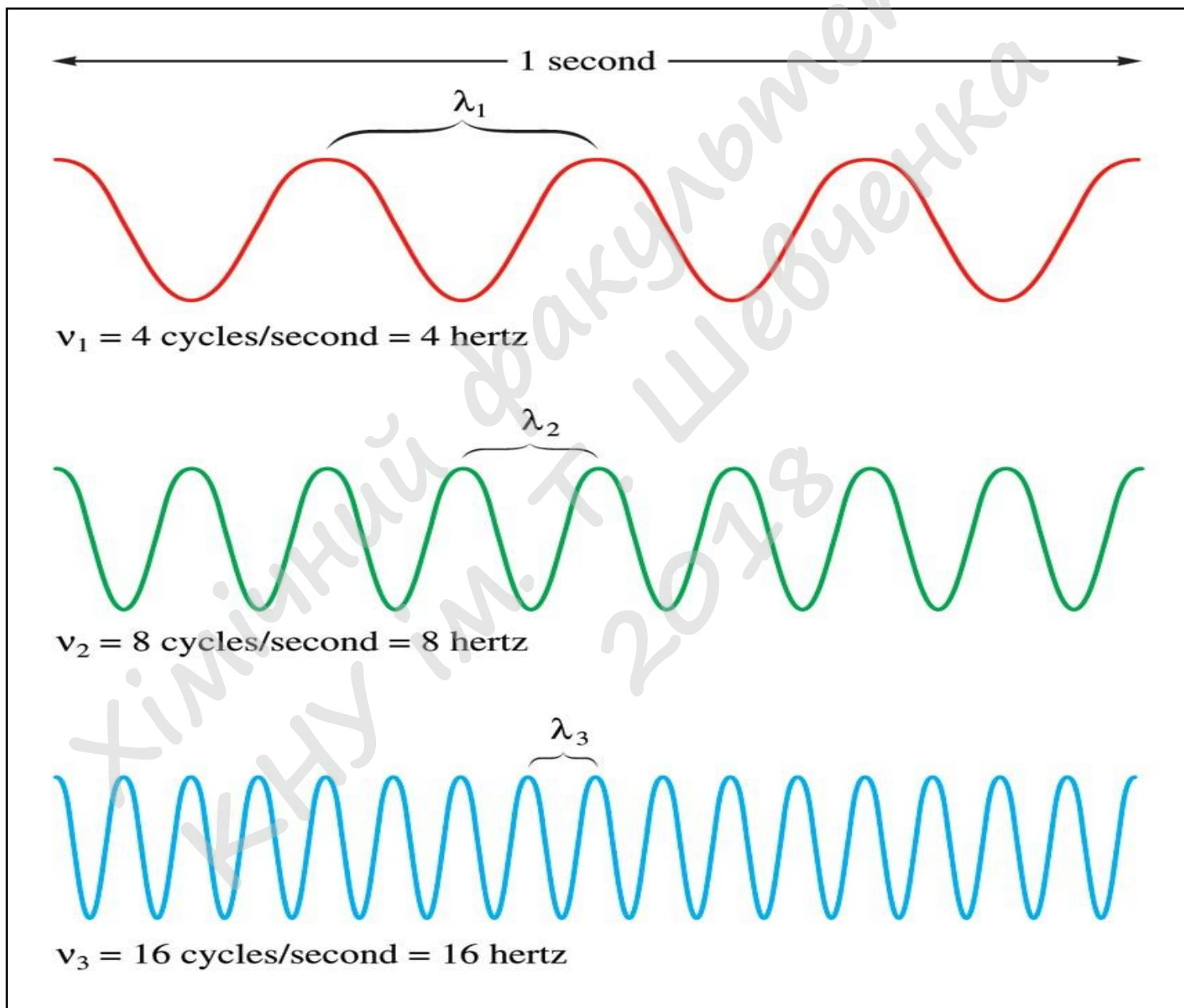
## Електромагнітне випромінювання – єдиний спосіб передати енергію через простір

### Основні характеристики:

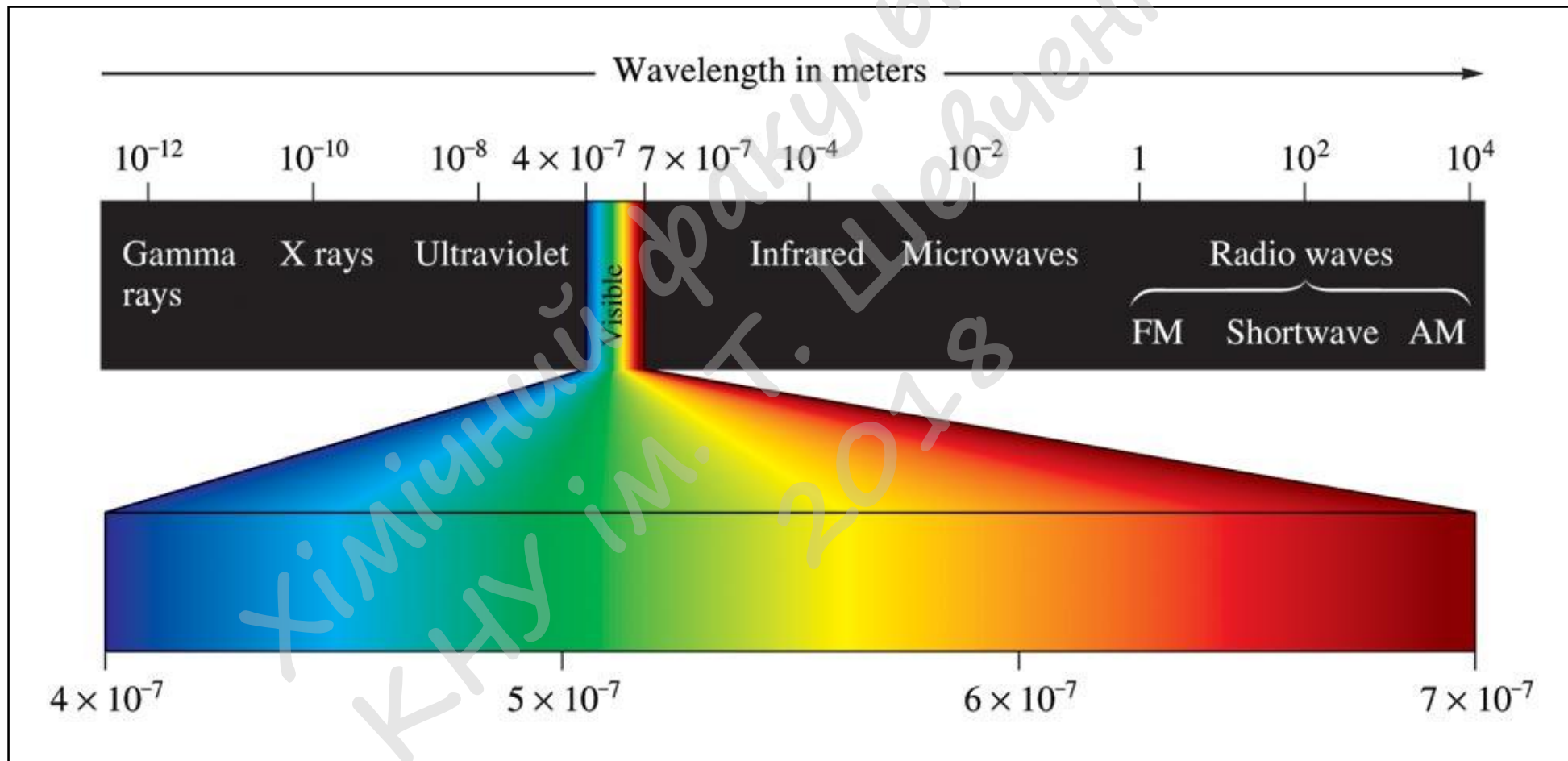
- **Довжина хвилі (  $\lambda$  )** – відстань між двома сусідніми максимумами або мінімумами хвилі.
- **Частота (  $\nu$  )** – число хвиль (хвильових циклів) у секунду, які перетинають певну крапку у просторі
- **Швидкість (  $c$  )** – швидкість світла ( $2.9979 \times 10^8$  м/с)

$$c = \lambda \nu$$

# Природа випромінювання



# Класифікація електромагнітного випромінювання



## Світло з марінованого огірка 😊



**Енергія може бути отримана або втрачена тільки в цілих кількостях  $h\nu$**

**Система може передавати енергію лише у цілих квантах (або "пакетах")**

**Енергія, схоже, має властивості частинок**

**Енергія квантована**

**Електромагнітне випромінювання - це потік "частинок", що називаються фотонами**

$$E_{\text{photon}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

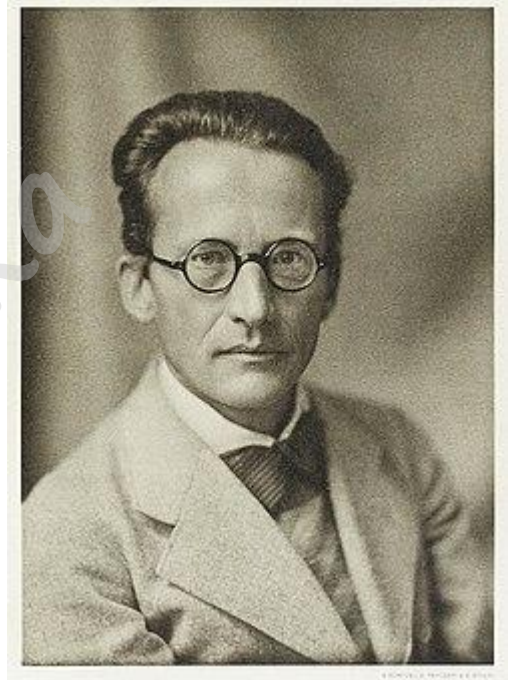
**Головне рівняння нерелятивістської квантової механіки** було сформульоване в 1926 році Е. Шредінгером. Воно має такий вигляд:

$$-\frac{\hbar^2}{2m\Delta}\Delta\Psi + U(x, y, z, t) = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}$$

де  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

$m$  – маса частинки;

$$\left[ \Delta\Psi = \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2} \right] \text{ – оператор Лапласа,}$$

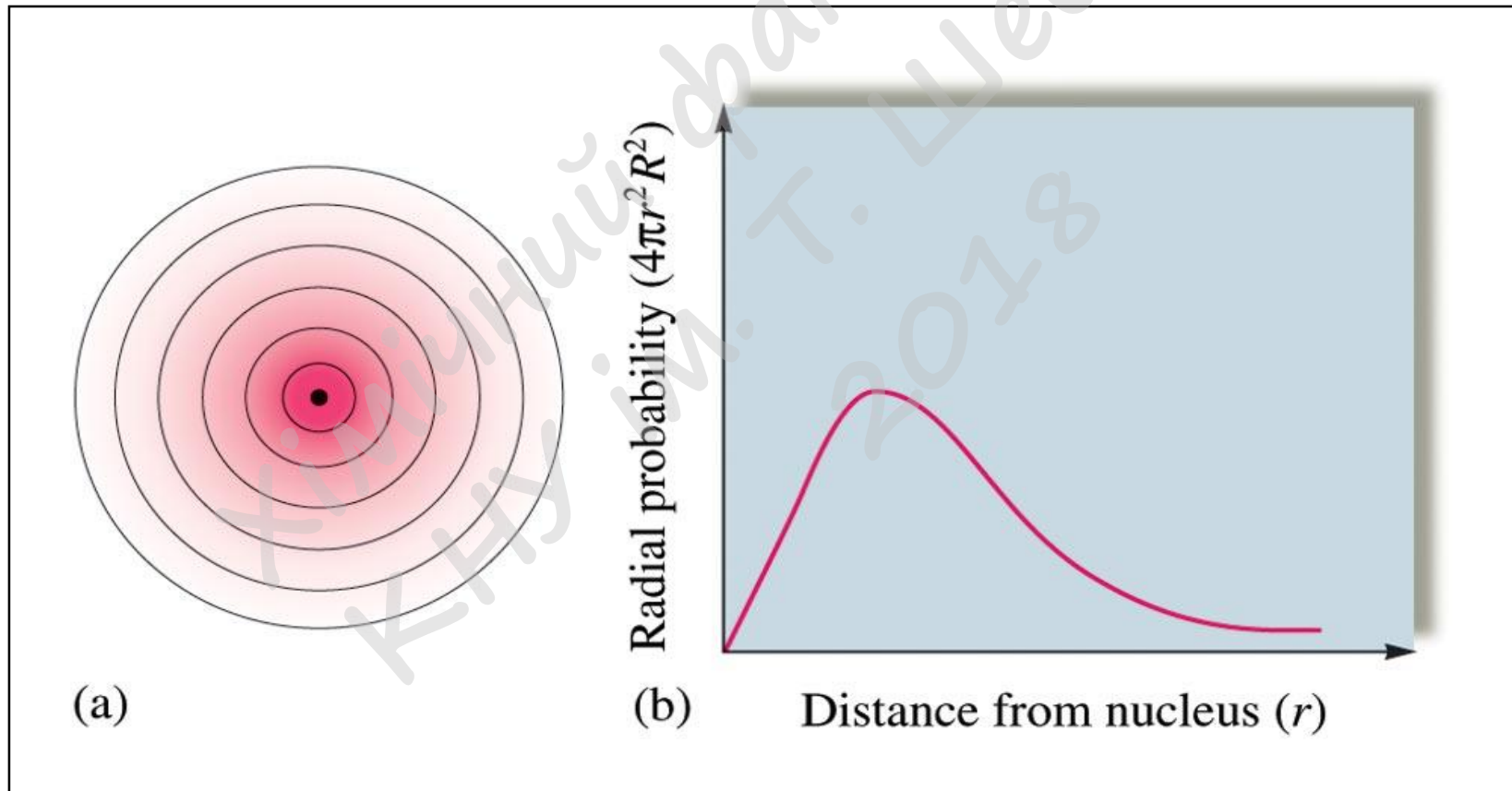


**Ервін Шредінгер**  
**Австрійський фізик**  
**(1887-1961)**

# Квантово-механічна модель атома

Квадрат хвильової функції показує ймовірність знаходження електрона поблизу певної точки в просторі.

Розподіл ймовірностей - інтенсивність кольору використовується для позначення значення ймовірності біля заданої точки в просторі



Головне квантове число (  $n$  ) визначає розмір та енергію електронного шару.

Побічне (або орбітальне) квантове число (  $l$  ) - форму атомних орбіталей (іноді їх називають підрівнем).

Магнітне квантове число (  $m_l$  ) – відображує орієнтацію орбіталі в просторі відносно інших орбіталей в атомі.

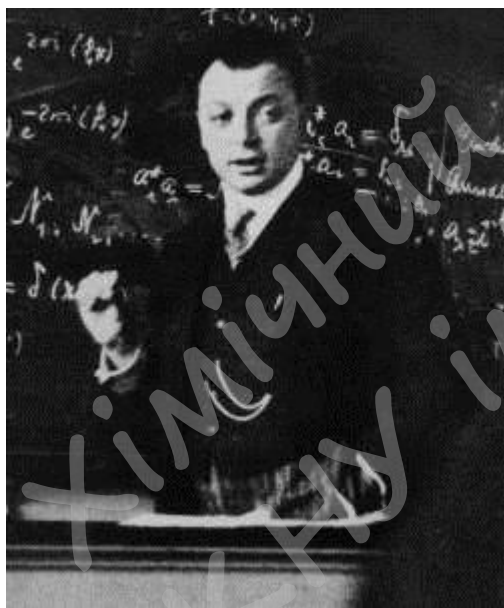
Спінове квантове число електрона (  $m_s$  ) - може мати значення  $+1/2$  або  $-1/2$ .

Принцип Паулі: в даному атомі не можуть бути два електрона, що характеризуються чотирьма однаковими квантовими числами.

На одній орбіталі можуть бути лише два електрони, і вони повинні мати протилежні спіни.

**Найменша енергія у такої конфігурації атома, що має максимальну кількість неспарених електронів, дозволених принципом Паулі в певному наборі орбіталей з однаковою енергією.**

**Найменша енергія у такої конфігурації атома, що має максимальну кількість неспарених електронів, дозволених принципом Паулі в певному наборі орбіталей з однаковою енергією.**



## Вольфганг Ернст Паулі (1900-1958)

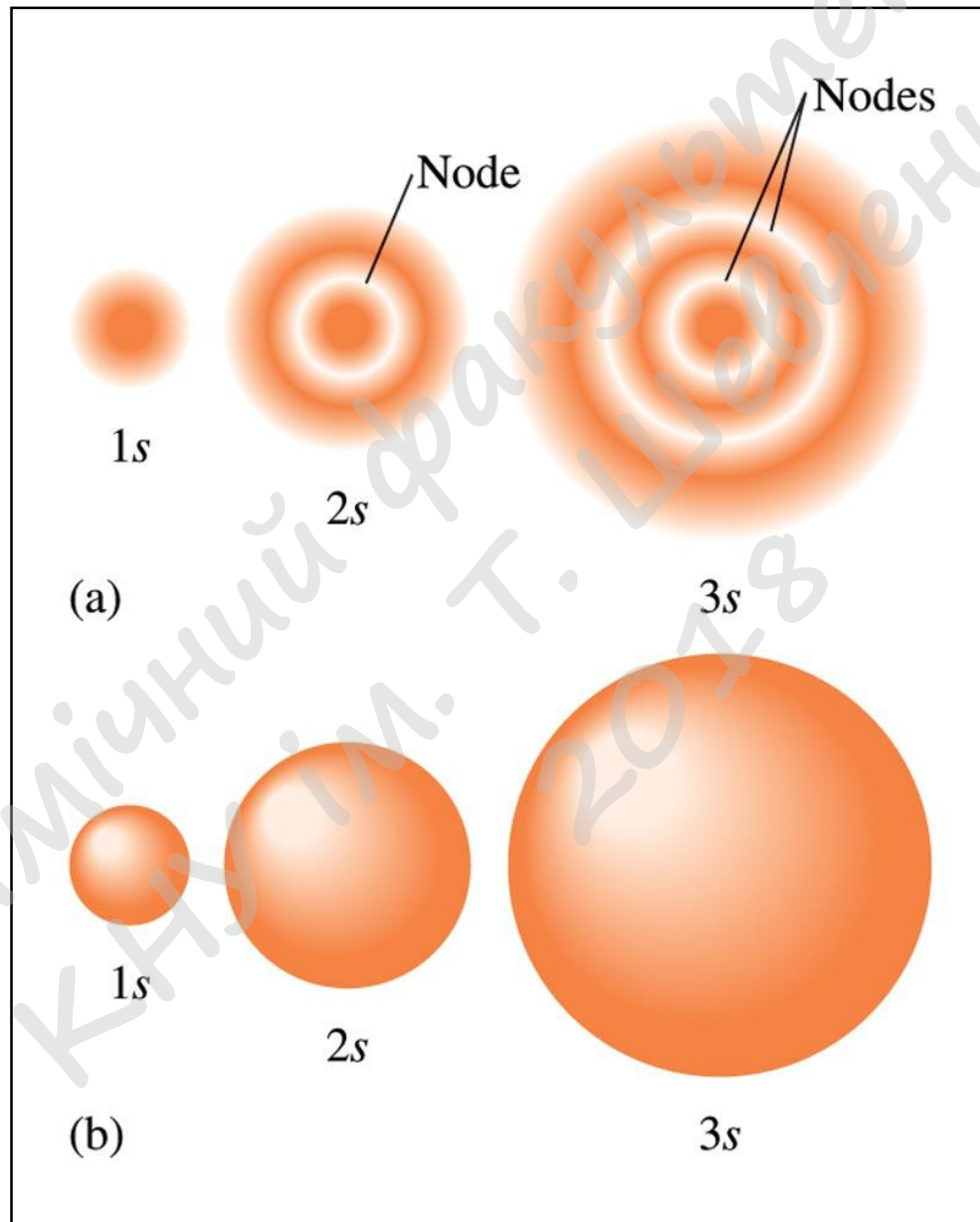


## Фрідріх Гунд (1895-1997)

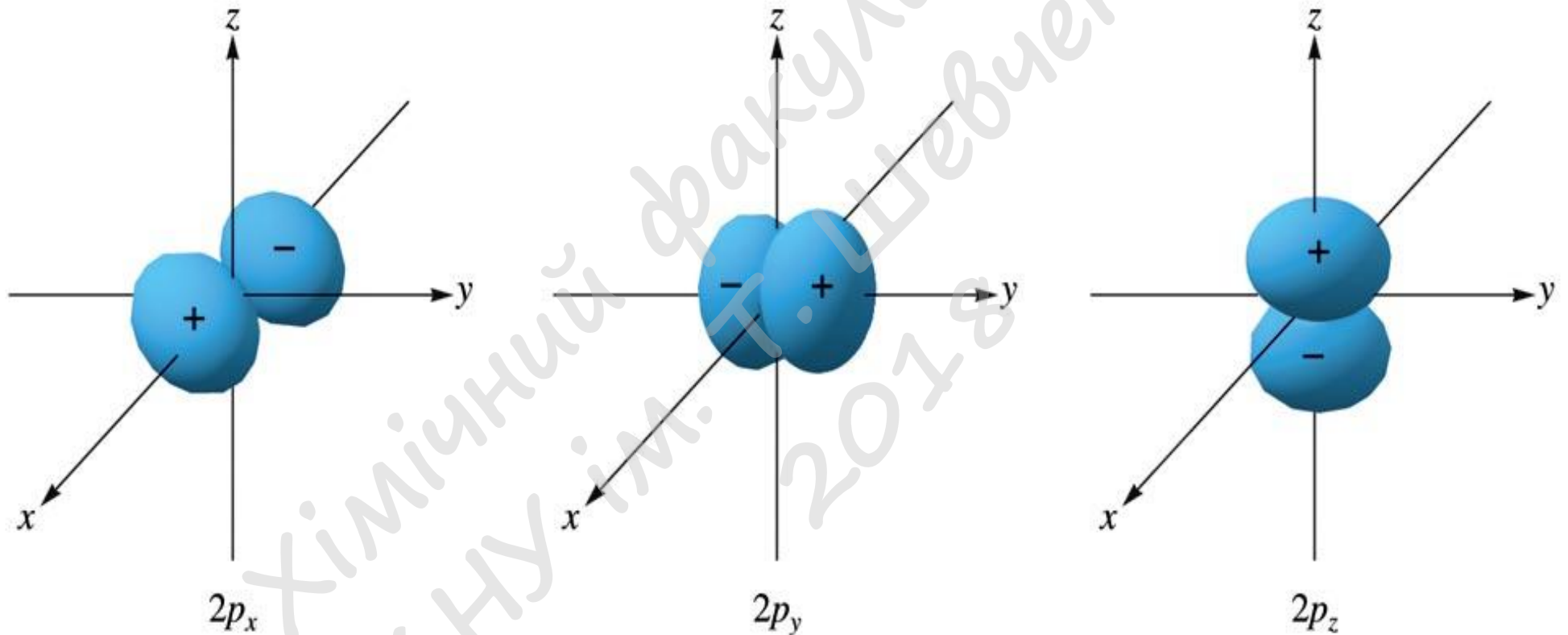
# Квантові числа для електронів перших чотирьох електронних рівнів атому

| $n$ | $\ell$ | Orbital Designation | $m_\ell$               | Number of Orbitals |
|-----|--------|---------------------|------------------------|--------------------|
| 1   | 0      | 1s                  | 0                      | 1                  |
| 2   | 0      | 2s                  | 0                      | 1                  |
|     | 1      | 2p                  | -1, 0, +1              | 3                  |
| 3   | 0      | 3s                  | 0                      | 1                  |
|     | 1      | 3p                  | -1, 0, 1               | 3                  |
|     | 2      | 3d                  | -2, -1, 0, 1, 2        | 5                  |
| 4   | 0      | 4s                  | 0                      | 1                  |
|     | 1      | 4p                  | -1, 0, 1               | 3                  |
|     | 2      | 4d                  | -2, -1, 0, 1, 2        | 5                  |
|     | 3      | 4f                  | -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 | 7                  |

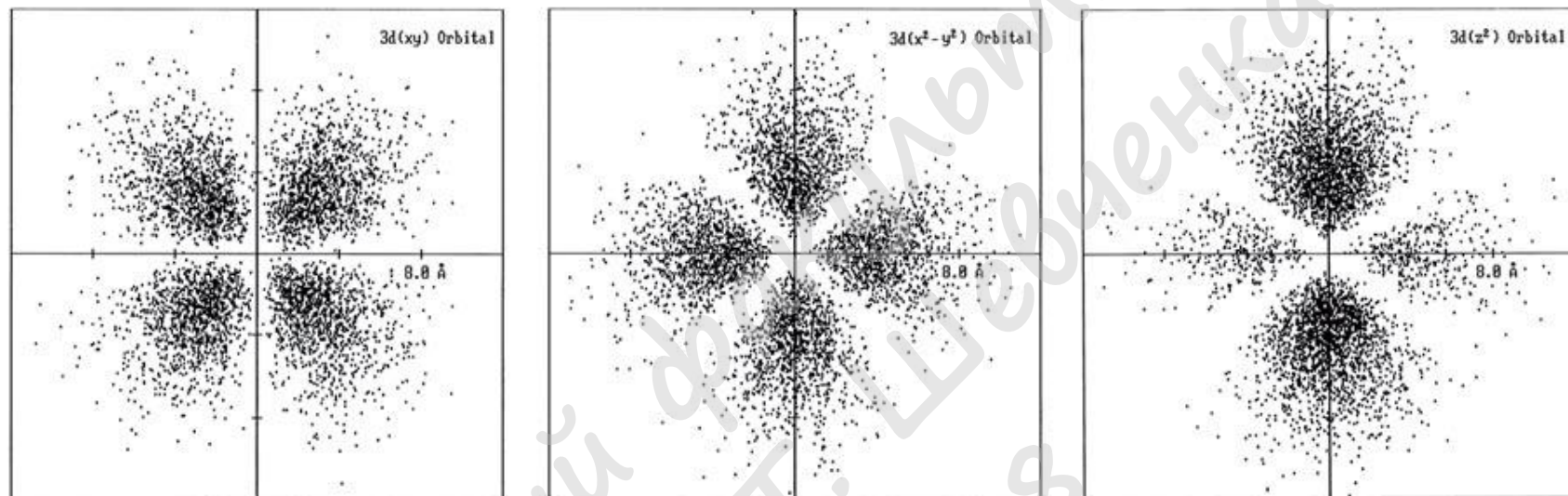
# Варіанти представлення 1s, 2s та 3s орбіталей



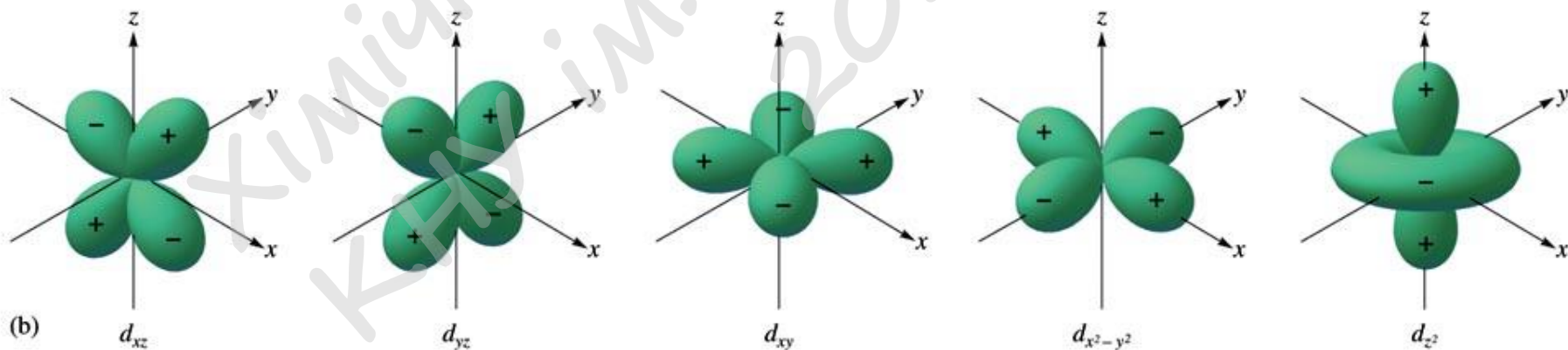
## Представлення граничної поверхні всіх трьох $2p$ орбіталей



# Представлення граничної поверхні всіх 3d орбіталей

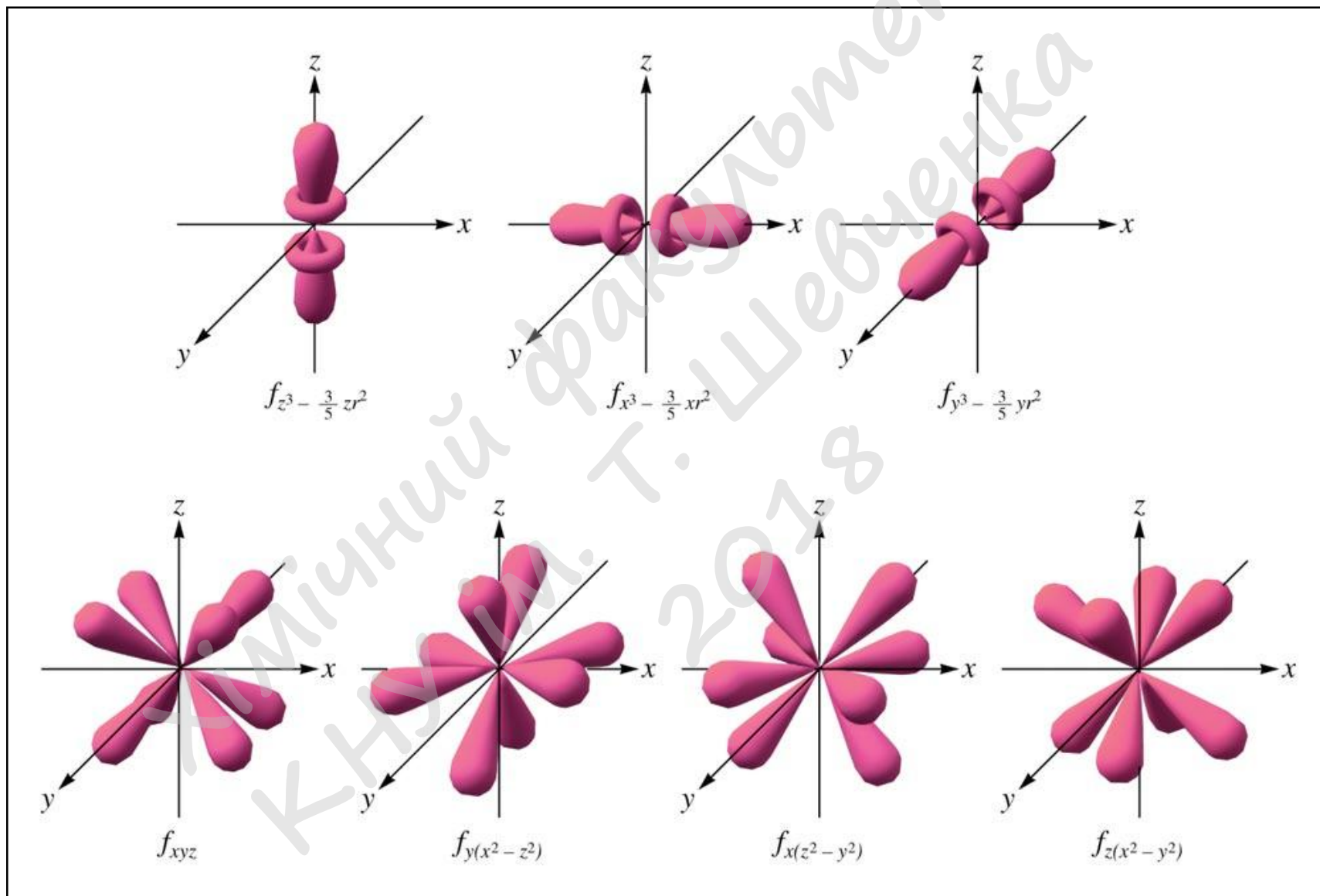


(a)



(b)

# Представлення граничної поверхні всіх 4f орбіталей

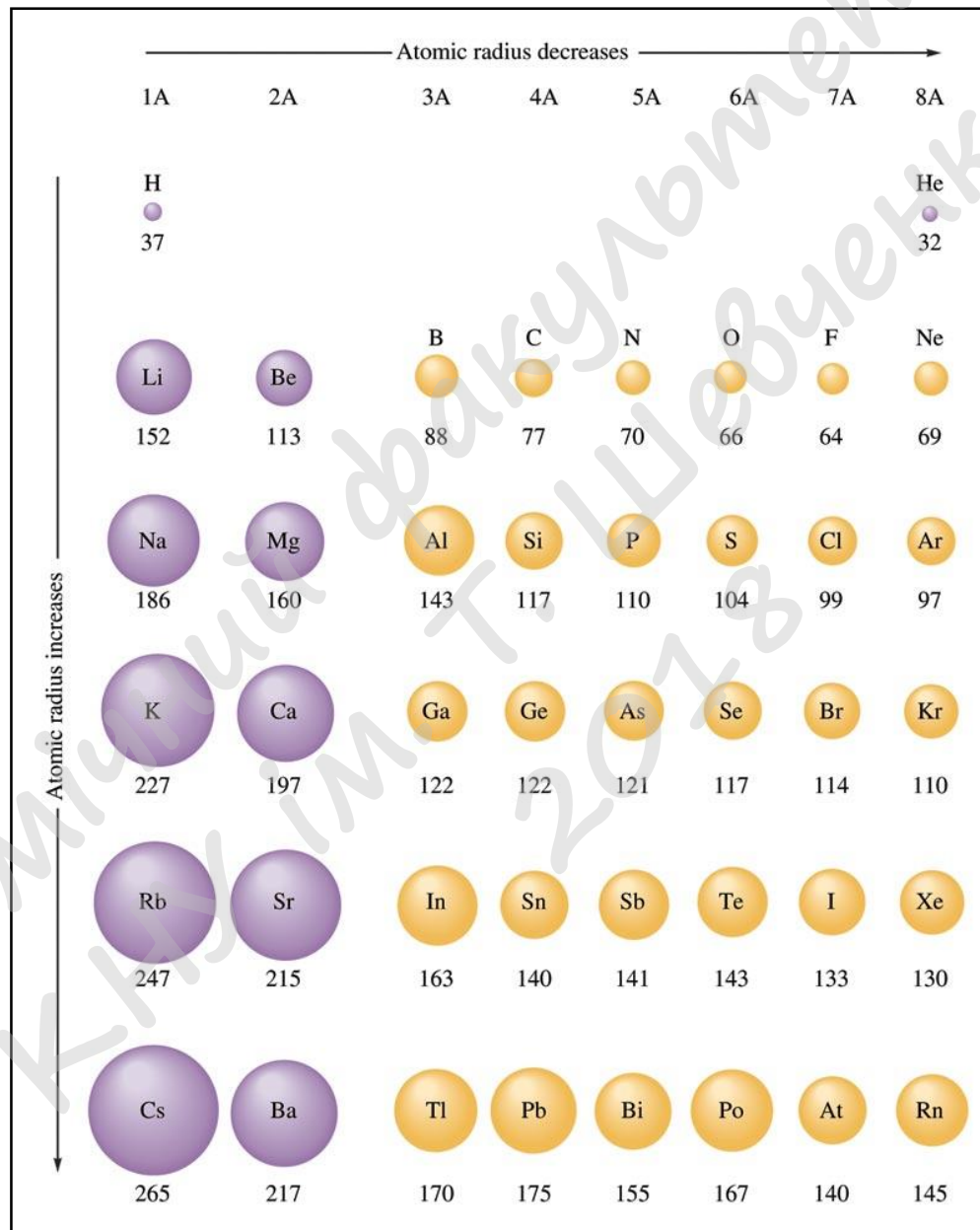


# Періодична таблиця

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



# Атомні радіуси деяких атомів періодичної системи



## Радіус атома

В межах періоду атомний радіус зменшується зліва направо. Ефективний заряд ядра зростає, тому валентні електрони наближаються до ядра, зменшуючи розмір атома.

Із збільшення атомного номеру в межах групи радіус атому збільшується, бо збільшуються розміри орбіталей при збільшенні головного квантового числа.

**Кількість і тип валентних (зовнішніх) електронів в першу чергу визначають хімічні властивості атома.**

**Електронну конфігурацію атому можна визначити з його положення в періодичній таблиці.**

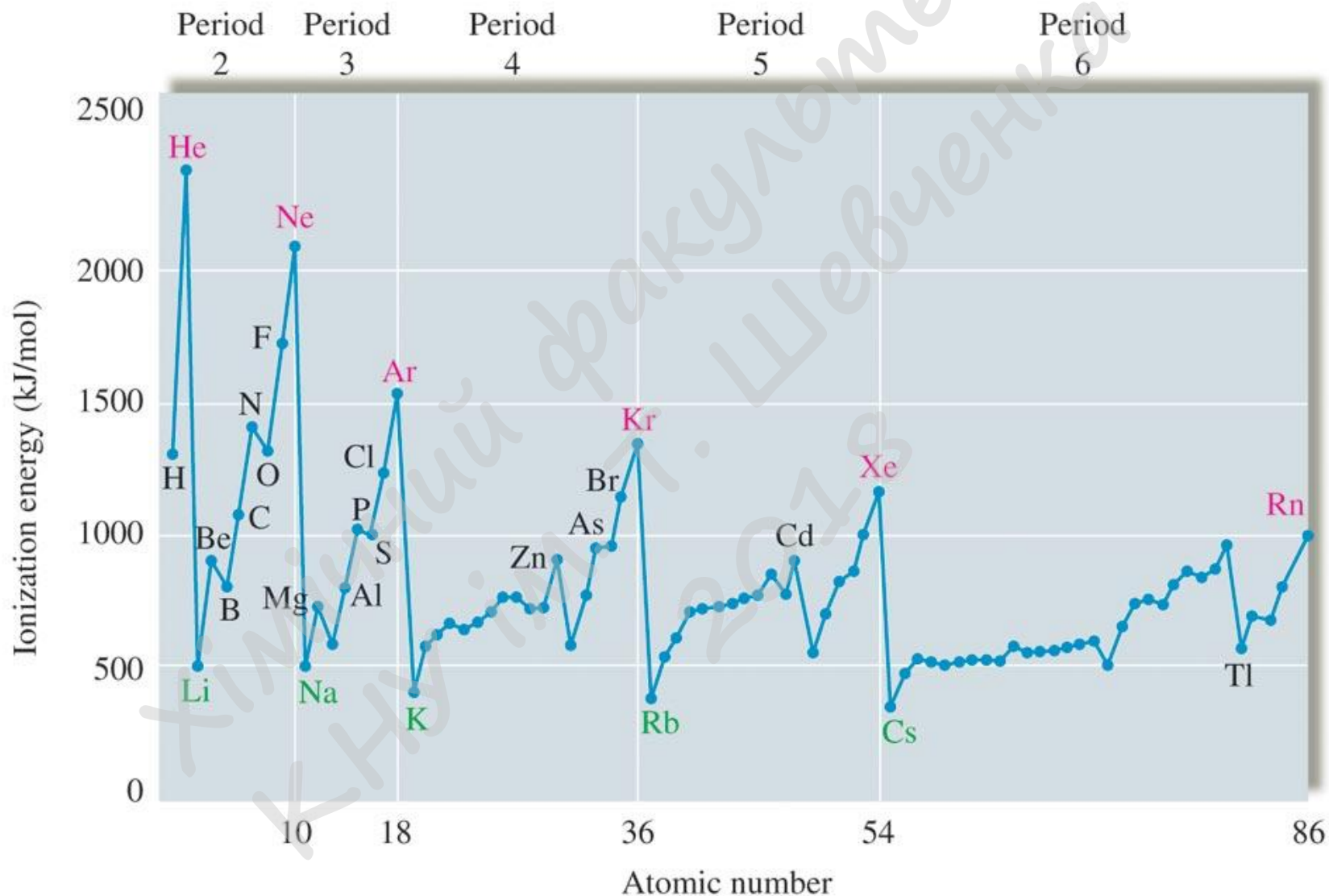
**Деякі групи в періодичній таблиці мають спеціальні (тривіальні) назви.**

Хімічний факультет  
КНУ ім. Т. Шевченка  
2018



|        |   | Group |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|--------|---|-------|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|----|----|----|----|----|----|
|        |   | 1A    |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  | 3A |  | 4A | 5A | 6A | 7A | 8A |    |
| Period | 1 | 1s    | 2A |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    | 1s |
|        | 2 | 2s    |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    | 2p |    |    |    |
|        | 3 | 3s    |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    | 3p |    |    |    |
|        | 4 | 4s    |    |  |  |  |  | 3d |  |  |  |  |  |    |  | 4p |    |    |    |    |    |
|        | 5 | 5s    |    |  |  |  |  | 4d |  |  |  |  |  |    |  | 5p |    |    |    |    |    |
|        | 6 | 6s    | La |  |  |  |  | 5d |  |  |  |  |  |    |  | 6p |    |    |    |    |    |
|        | 7 | 7s    | Ac |  |  |  |  | 6d |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |
|        |   |       |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |    |    |    |    |    |    |

# Значення першої енергії іонізації для перших шістьох періодів



## Послідовні енергії іонізації (кДж/моль) для елементів 3 періоду

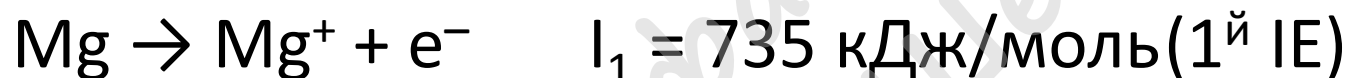
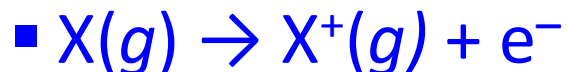
| Element | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_4$           | $I_5$  | $I_6$  | $I_7$  |
|---------|-------|-------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| Na      | 495   | 4560  |       |                 |        |        |        |
| Mg      | 735   | 1445  | 7730  | Core electrons* |        |        |        |
| Al      | 580   | 1815  | 2740  | 11,600          |        |        |        |
| Si      | 780   | 1575  | 3220  | 4350            | 16,100 |        |        |
| P       | 1060  | 1890  | 2905  | 4950            | 6270   | 21,200 |        |
| S       | 1005  | 2260  | 3375  | 4565            | 6950   | 8490   | 27,000 |
| Cl      | 1255  | 2295  | 3850  | 5160            | 6560   | 9360   | 11,000 |
| Ar      | 1527  | 2665  | 3945  | 5770            | 7230   | 8780   | 12,000 |

\*Note the large jump in ionization energy in going from removal of valence electrons to removal of core electrons.

General increase

# Енергія іонізації

- Енергія необхідна для відриву електрону від атому або іону



\* Внутрішні електрони зв'язані набагато міцніше ніж зовнішні (валентні) електрони

# Спорідненість до електрону

- Спорідненість до електрону - це зміна енергії, пов'язана з приєднанням додаткового електрону до газоподібного атому
  - $X(g) + e^- \rightarrow X^-(g)$
- В цілому спорідненість до електрону стає більш негативною, якщо рухатися по періоду зліва направо
- В цілому спорідненість до електрону стає більш позитивною, якщо рухатися по групі зверху вниз

# Електронегативність

- Електронегативність – це здатність атому у складу молекули відтягувати на себе електронну густину

- В періодичній системі елементів електронегативність в цілому збільшується в межах періоду зліва направо, та зменшується в межах групи зверху вниз
- Електронегативність змінюється в межах від 4.0 для флуора (найбільш електронегативний елемент) до 0.7 для цезію (найменш електронегативний елемент) періодичної системи

# Значення електронегативності елементів за Полінгом

|                                |           |           |                  |           |           |           |                  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |  |  |
|--------------------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| Increasing electronegativity → |           |           |                  |           |           |           |                  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |  |  |
| Decreasing electronegativity ↓ | Li<br>1.0 |           | Be<br>1.5        |           |           |           |                  |           |           |           |           |           |           | H<br>2.1  |           |           |           |           |  |  |
|                                | Na<br>0.9 | Mg<br>1.2 |                  |           |           |           |                  |           |           |           |           |           | B<br>2.0  |           | C<br>2.5  | N<br>3.0  | O<br>3.5  | F<br>4.0  |  |  |
|                                | K<br>0.8  | Ca<br>1.0 | Sc<br>1.3        | Ti<br>1.5 | V<br>1.6  | Cr<br>1.6 | Mn<br>1.5        | Fe<br>1.8 | Co<br>1.9 | Ni<br>1.9 | Cu<br>1.9 | Zn<br>1.6 | Al<br>1.5 | Si<br>1.8 | P<br>2.1  | S<br>2.5  | Cl<br>3.0 |           |  |  |
|                                | Rb<br>0.8 | Sr<br>1.0 | Y<br>1.2         | Zr<br>1.4 | Nb<br>1.6 | Mo<br>1.8 | Tc<br>1.9        | Ru<br>2.2 | Rh<br>2.2 | Pd<br>2.2 | Ag<br>1.9 | Cd<br>1.7 | Ga<br>1.6 | Ge<br>1.8 | As<br>2.0 | Se<br>2.4 | Br<br>2.8 |           |  |  |
|                                | Cs<br>0.7 | Ba<br>0.9 | La-Lu<br>1.0-1.2 | Hf<br>1.3 | Ta<br>1.5 | W<br>1.7  | Re<br>1.9        | Os<br>2.2 | Ir<br>2.2 | Pt<br>2.2 | Au<br>2.4 | Hg<br>1.9 | In<br>1.7 | Sn<br>1.8 | Sb<br>1.9 | Te<br>2.1 | I<br>2.5  |           |  |  |
|                                | Fr<br>0.7 | Ra<br>0.9 | Ac<br>1.1        | Th<br>1.3 | Pa<br>1.4 | U<br>1.4  | Np-No<br>1.4-1.3 |           |           |           |           |           |           | Tl<br>1.8 | Pb<br>1.9 | Bi<br>1.9 | Po<br>2.0 | At<br>2.2 |  |  |

Хімічний факультет  
КНУ ім. Т. Шевченка  
2018

Хімічний факультет  
КНУ ім. Т. Шевченка  
2018