

20.10.2023

Група 35

Фізика і астрономія

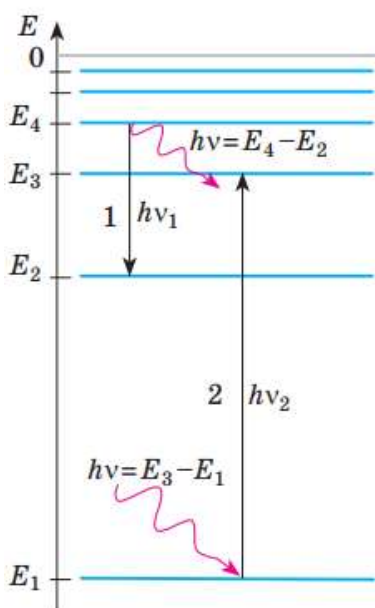
Урок 22

Тема: Постулати Н.Бора. Енергетичні рівні атома

Мета:

- Повторити теоретичний матеріал; узагальнити, систематизувати та поглибити знання учнів із теми; застосувати знання з фізики під час розв'язування прикладних задач; формувати уяву про процеси у природі;
- розвивати в учнів пізнавальний інтерес, уміння використовувати набуті знання, навички й уміння в нових ситуаціях; підвищити інтерес до вивчення фізики та астрономії; розвивати абстрактне та логічне мислення;
- виховувати у учнів повагу та зацікавленість до вивчення фізики та астрономії, старанність у навчанні; сприяти розширенню кругозору учнів.

### Матеріали до уроку:



**Рис. 36.6.** Схема переходів атома з одного енергетичного стану в інший (переходи показано стрілками): у разі переходу на нижчий енергетичний рівень атом випромінює квант електромагнітної енергії (перехід 1), а поглинувши квант, атом стрибком переходить на вищий енергетичний рівень (перехід 2)

*Зверніть увагу!*

- Енергія будь-якого

## 2 Постулати Н. Бора

Модифікацію планетарної моделі запропонував у 1913 р. данський фізик *Нільс Бор* (1885–1962), який був упевнений, що розглядати будову атома слід із точки зору квантових уявлень. Бор припустив існування особливих станів атомів і сформулював два постулати. Наведемо постулати Бора в сучасному формулюванні.

**Перший постулат Н. Бора (про стаціонарні стани):**

Атомна система може перебувати тільки в особливих стаціонарних (квантових) енергетичних станах, кожному з яких відповідає певне значення енергії; перебуваючи в стаціонарному стані, атом не випромінює енергію.

**Другий постулат Н. Бора (про квантові стрибки):**

При переході з одного стаціонарного енергетичного стану в інший атом випромінює або поглинає квант електромагнітної енергії:

$$h\nu = |E_k - E_m|,$$

де  $h\nu$  — енергія кванта;  $E_k$  — енергія початкового стану атома;  $E_m$  — енергія стану, в який перейшов атом.

*Випромінювання* кванта енергії (фотона) відбувається внаслідок переходу атома зі стану з більшою енергією у стан із меншою енергією ( $E_k > E_m$ ); у результаті *поглинання* кванта атом переходить зі стану з меншою енергією у стан із більшою енергією ( $E_k < E_m$ ) (рис. 36.6).

стаціонарного стану атома є від'ємною, оскільки зумовлена взаємодією електронної хмари і ядра атома, що мають заряди протилежних знаків.

• Енергію енергетичних станів атомів зазвичай подають в електрон-вольтах (eV), тому, розв'язуючи задачі, *сталу Планка* краще брати в електрон-вольт-секундах:

$$h \approx 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{c}$$

чином локалізовані в просторі: у Н. Бора йшлося про *орбіти електрона*, зараз ми говоримо про *орбітали*. При квантовому переході атома з одного енергетичного стану в інший змінюється форма електронної хмари.

### 3 Фізичні основи квантової механіки

Формулюючи свої постулати, Н. Бор, як і Е. Резерфорд, спирався на уявлення, що електрон усередині атома поводить себе як частинка, що рухається певною орбітою. І в цьому була його помилка. Кількісна теорія, побудована Бором, виявилася недостатньою, щоб пояснити випромінювання складних атомів і випромінювання молекул, — учений зміг побудувати лише теорію випромінювання атома Гідрогену.

Річ у тім, що поведінка електрона всередині атома скоріше нагадує хвилю. «Але ж електрон — це частинка», — скажете ви і будете й праві, й не праві, адже електрон, як і світло, одночасно має властивості хвилі й частинки.

У 1924 р. французький фізик *Луї де Бройль* (1892–1987) висунув гіпотезу, згідно з якою *корпускулярно-хвильовий дуалізм є характерним не лише для фотонів, а й для будь-яких інших мікрочастинок*.

**Корпускулярно-хвильовий дуалізм** — універсальна властивість матеріальних об'єктів, яка полягає в тому, що в поведінці того самого об'єкта можуть виявлятися і корпускулярні, і хвильові риси.

Уявлення про корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок лежить в основі *квантової механіки*, яка є одним із основних напрямів сучасної фізики.

За Луї де Бройлем, формули для розрахунку енергії ( $E = h\nu$ ) та імпульсу ( $p = \frac{h}{\lambda}$ ) слід вважати *універсальними* — такими, що справджуються як для фотонів, так і для будь-яких інших частинок.

Кожній рухомій частинці відповідає певна хвиля — хвиля де Бройля, довжину якої визначають за формулою:  $\lambda = \frac{h}{p}$ .

? Атом Гідрогену перейшов зі стану з енергією  $-13,6$  eV у стан з енергією  $-3,4$  eV. У цьому випадку атом поглинув фотон чи випромінив?

Для атома дійсно стійким є тільки *стаціонарний стан із найнижчим рівнем енергії* — **основний стан**, у якому атом може перебувати нескінченно довго. Щойно атом буде переведено у стан із вищим рівнем енергії, тобто щойно атом поглине фотон певної частоти, як цей атом довільно перейде в основний стан із випромінюванням фотона такої самої частоти або кількох фотонів менших частот. Саме тому всі стаціонарні стани атома, *крім основного*, називають **збудженими станами**.

*Зверніть увагу!* Стаціонарний стан атома означає, що його електрони певним (визначеним)

Хвилі чи частинки?  
І не хвилі,  
і не частинки!

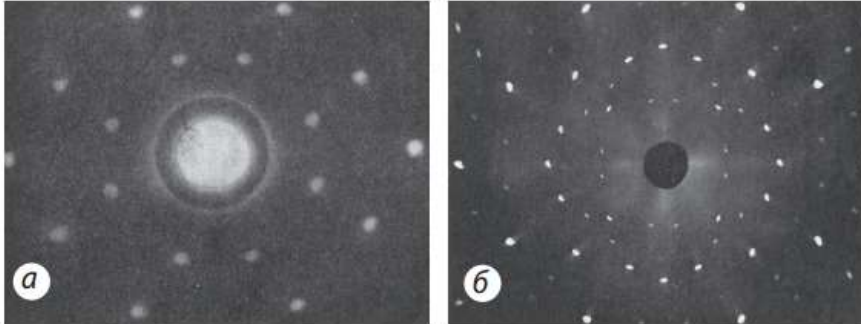


«Речовина і світло одночасно мають властивості хвиль і частинок, однак у цілому це не хвилі, й не частинки, і не суміш того й іншого. Наші механічні поняття не спроможні повністю охопити реальність, для цього недостатньо реальних образів».

*Сергій Вавилов*  
(1891–1951)  
радянський фізик,  
засновник школи  
фізичної оптики

Довжина хвилі де Бройля для всіх частинок виявляється дуже малою. Наприклад, для електронів, розігнаних до швидкості  $7,3 \cdot 10^6$  м/с, вона дорівнює  $1 \cdot 10^{-10}$  м (розмір атома), а для нейтронів, що вилітають з ядра Урану зі швидкістю  $4 \cdot 10^6$  м/с під час його поділу, — лише  $1 \cdot 10^{-13}$  м.

Разом із тим зараз експериментально виявлено хвильові властивості не тільки електронів та інших елементарних частинок (рис. 36.7), але й атомів і молекул.



**Рис. 36.7.** Дифракція нейтронів (а) і рентгенівських променів (б) на монокристалі NaCl, який виконує функцію дифракційної ґратки

Квантова механіка, на відміну від класичної, використовує інший метод опису стану системи. У будь-якій задачі класичної механіки матеріальна точка (або тіло) має визначені координати, які характеризують її положення в просторі, та визначену швидкість (або імпульс). У квантовій механіці й координата, й імпульс одночасно визначаються лише з деякою точністю ( $\Delta x$  — невизначеність координати;  $\Delta p$  — невизначеність імпульсу), тобто можна знайти лише ймовірність виявлення об'єкта в певній ділянці простору, ймовірність наявності в об'єкта певного імпульсу.

**Домашнє завдання:** дати відповіді на запитання (у зошиті):

- 1) «Речовина і світло одночасно мають властивості хвиль і частинок, однак у цілому це не хвилі, й не частинки, і не суміш того й іншого. Наші механічні поняття не спроможні повністю охопити реальність, для цього недостатньо реальних образів», - Сергій Вавилов (1891–1951) радянський фізик, засновник школи фізичної оптики. Поясніть, як Ви розумієте це твердження та чи у XXI столітті достатньо уявлень про природу атома, щоб пояснити природу світла.

**Зворотній зв'язок:**

**E-mail** t.anastasia.igorivna@gmail.com