

## План уроку 117

**Тема:** Квантова фізика.

**Тема уроку:** Квантові властивості світла. Енергія і імпульс фотона.

**Мета уроку:** ознайомити учнів з історією зародження квантової теорії. Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

1. Суперечності між теорією й дослідом Однією з проблем, з якою фізики зіштовхнулися наприкінці XIX сторіччя, було встановлення закономірностей випромінювання абсолютно чорного тіла.  $\frac{3}{4}$  Абсолютно чорне тіло — це фізична модель тіла, що повністю поглинає будь-яке падаюче на нього випромінювання. Експериментально було отримано розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Однак аналітичний вид відповідної до цього графіка функції  $W_f(\lambda) = \dots$  нікому не був відомий. Більше того, всі спроби вчених одержати експериментально цю функцію закінчувалися невдачею. 2. Гіпотеза Планка Щоб досягти згоди між теорією й дослідом, треба було прийняти, що світло випромінюється й поглинається окремими порціями (квантами). Це означало, що світло має властивості не тільки хвиль, але й частинок. 14 грудня 1900 р. німецький фізик Макс Планк виступив на засіданні Німецького фізичного товариства з доповіддю, присвяченою проблемі розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. 362 Усі уроки фізики. 11 клас. Академічний рівень чорного тіла. Запропоноване ним розв'язання проблеми стало першим кроком у створенні сучасної фізики мікросвіту. Світло випромінюється й поглинається речовиною не безупинно, а окремими порціями — квантами. Причому енергія такого кванта визначалася величиною  $E = h\nu$ , де  $h$  — стала Планка. За сучасними даними  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. Однак у той час не було прямих експериментальних доказів існування квантів випромінювання. У результаті ідею Планка більшість фізиків сприйняли як «спритний фокус», що не мав серйозних наукових підстав. Після відкриття Планка почала розвиватися нова, найсучасніша й глибока фізична теорія — квантова теорія. Розвиток її не завершений і донині. 3. Фотони Планк спочатку вирішив, що світло тільки випромінюється квантами, а поширюється й поглинається безупинно. Ситуація змінилася докорінно, коли Альберт Ейнштейн дійшов висновку, що монохроматичне випромінювання поводить себе так, начебто складається з  $N$  незалежних один від одного квантів енергії величиною  $h\nu$  кожний. Ейнштейн припустив, що справа не просто у квантах енергії, а в реальних частинках, з яких складається будь-яке електромагнітне випромінювання. Пізніше частинки світла (кванти світла) почали називати фотонами. Фотони мають такі властивості: 1. Фотон є електрично нейтральною частинкою; його заряд дорівнює нулю. 2. Швидкість руху фотона не залежить від вибору системи відліку й завжди дорівнює швидкості світла у вакуумі. 3. Енергія фотона пропорційна частоті електромагнітного випромінювання,

квантом якого він є:  $E = h \nu$ . 4. Імпульс фотона дорівнює:  $p = \frac{E}{c} = \frac{h \nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ . 5. Маса фотона дорівнює нулю. Остання властивість стосується тільки окремого фотона, а світло в цілому (як потік фотонів) має масу. Наприклад, для системи із Електродинаміка. 5. Хвильова й квантова оптика 363 двох фотонів, які мають однакову енергію й летять під кутом  $\theta$  один до одного, масу визначають співвідношенням:  $M^2 E^2 c^2 = 2 E^2 c^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ . 6. Фотони випромінюються під час: переходів частинок речовини зі збудженого стану в стан з меншою енергією; прискорення заряджених частинок; розпаду деяких частинок; анігіляції. Під час поглинання світла речовиною фотон цілком передає всю енергію частинкам речовини.

#### ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Наведіть приклади абсолютно чорних тіл
2. Як пов'язана енергія кванта й частота випромінювання?
3. Яку мікрочастинку називають фотоном?