

Лекція I

Вступ до квантової фізики.
Фотони та їх властивості.
Корпускулярні властивості
фотонів:
Фотоефект, ефект Комптона,

Що вивчає атомна фізика?

Мікрооб'єкти: атоми, молекули, конденсовані стани (тверде тіло)

Характерні розміри:

- атоми – 10^{-8} см
- атомні ядра - 10^{-13} см
- електрон (класичний радіус) – $2.8 \cdot 10^{-13}$ см

Спектральний діапазон атомних та молекулярних процесів:

- радіохвилі та мікрохвилі ($\lambda = 10^4 - 0.1$ см),
- інфрачервона область ($\lambda = 0.1 - 0.76 \cdot 10^{-4}$ см),
- видимий та ультрафіолетовий діапазон ($\lambda = 0.76 \cdot 10^{-4} - 10^{-6}$ см),
- рентгенівські промені ($\lambda = 10^{-6} - 10^{-9}$ см)

Основне положення квантової теорії - *корпускулярно-хвильовий дуалізм*

Шкала електромагнітних хвиль

Частота ν , Гц	Довжина хвилі λ , м	Назва діапазону	Джерела. Основні методи збудження
10^3	$3 \cdot 10^5$	радіохвилі	Змінні струми у провідниках та електронних потоках (генератори радіочастот, генератори НВЧ)
10^{12} $3,75 \cdot 10^{14}$	$30 \cdot 10^{-4}$ $8 \cdot 10^{-7}$	ІЧ - випромінювання	Випромінювання молекул при теплових та електричних збудженнях
$7,5 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-7}$	Видиме світло	Випромінювання атомів при теплових та електричних збудженнях
$3 \cdot 10^{17}$ $3 \cdot 10^{20}$	10^{-9} 10^{-12}	Рентген, γ - випромінювання	Атомні процеси під впливом прискорених заряджених частинок
10^{23}	$3 \cdot 10^{-15}$	γ - випромінювання	Ядерні процеси, радіоактивний розпад, космічні процеси

Квантові (корпускулярні) властивості випромінювання

Гіпотеза Планка (1896 р.):

Випромінювання та поглинання світла речовиною відбувається порціями, або **квантами** з енергією $E=h\nu$
стала Планка:

$$h=6.62 \cdot 10^{-27} \text{ ерг}\cdot\text{с} \quad \hbar=1.05 \cdot 10^{-27} \text{ ерг}\cdot\text{с}$$

Гіпотеза Ейнштейна (1905 р.):

Світло в просторі поширюється подібно до сукупності частинок (**фотонів** або **квантів**)

Властивості фотонів:

- енергія $E=h\nu$
- маса $m= h\nu/c^2$
- імпульс $p= h\nu/c$ $\mathbf{M} = \boxtimes$
- момент імпульсу

Фотоефект

Фотоелектричним ефектом називаються електричні явища, які супроводжують поглинання світлового випромінювання в речовині.

- **зовнішній фотоефект** – виривання електронів з речовини під дією світла
- **внутрішній фотоефект**, при якому відбувається лише збільшення кількості вільних електронів всередині речовини, але вони не виходять назовні
- **фотогальванічний ефект**, при якому на границі поділу напівпровідника і металу або на границі поділу двох напівпровідників під впливом опромінювання виникає електрорушійна сила (за відсутності зовнішнього електричного поля);
- **фотоефект в газоподібному середовищі**, який полягає у фотоіонізації окремих молекул або атомів.

Дослід Столетова (зовнішній фотоефект)

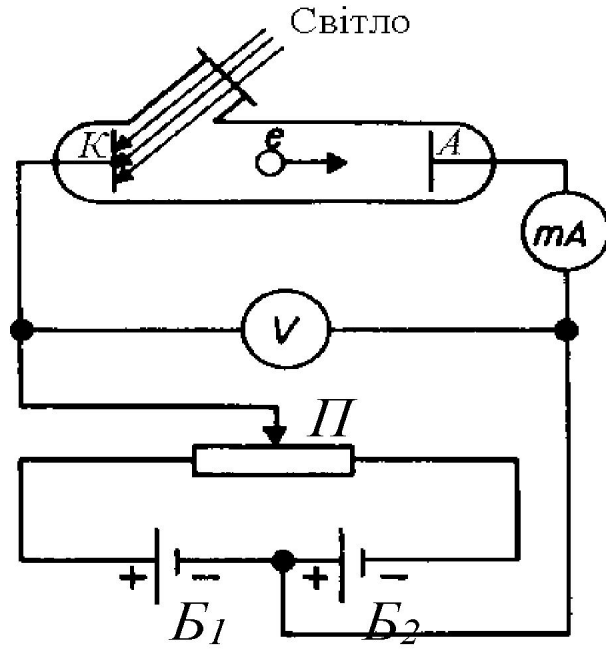
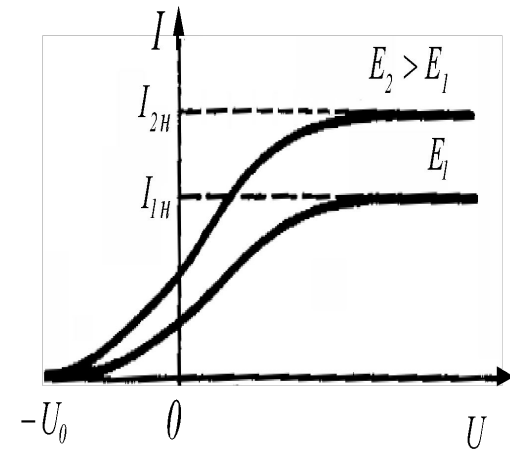


Схема експерименту



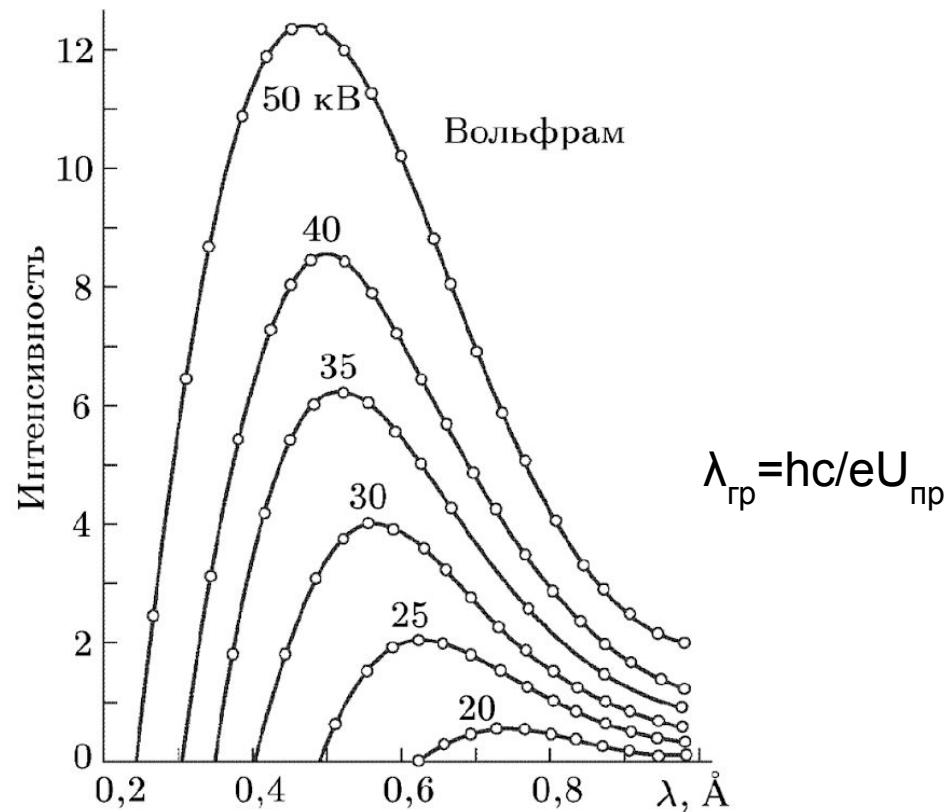
Вольт-амперна характеристика фотоелемента

Катод K , який покритий досліджуваним металом, освітлювався монохроматичним світлом, що проходить у трубку через кварцеве вікно. Напругу між катодом і анодом регулюють за допомогою потенціометра Π і вимірюють вольтметром V . Дві акумуляторні батареї B_1 і B_2 , увімкнуті „назустріч одна одній”, дають можливість за допомогою потенціометра змінювати не лише абсолютну величину, а й знак напруги U .

Закони зовнішнього фотоефекту

- **Закон Столетова:** при фіксованій частоті падаючого світла кількість фотоелектронів, що вириваються з катода за одиницю часу, пропорційне до інтенсивності світла.
- **Максимальна початкова швидкість фотоелектронів** визначається лише **частотою світла** і не залежить від його інтенсивності. Величина швидкості зростає із збільшенням частоти світла.
- Для кожної речовини існує „ **червона межа** ” фотоефекту, тобто максимальна довжина хвилі , при якій спостерігається фотоефект. Величина її залежить від хімічної природи матеріалу і стану його поверхні.

Зворотній фотоефект (гальмівне рентгенівське випромінювання)



Спектр гальмівного
рентгенівського випромінювання
вольфраму

Дослід Комптона

Пружне зіткнення рентгенівських фотонів з вільними електронами речовини.

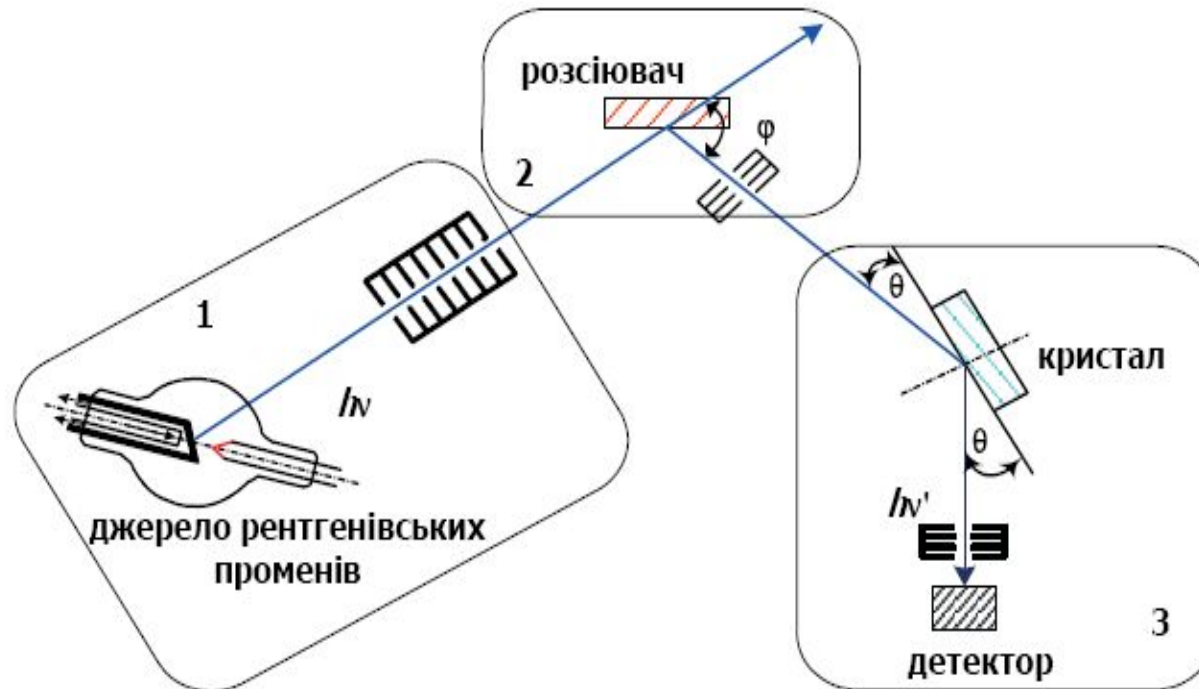


Рис. 5.3. Схема апаратури для спостереження ефекту Комптона:

1 – джерело рентгенівських променів; 2 – розсіювач і діафрагми; що виділяють розсіяні промені під кутом φ ; 3 – система для спектрального аналізу та детектування розсіяних рентгенівських променів



kompton4.swf



kompton_a21.swf

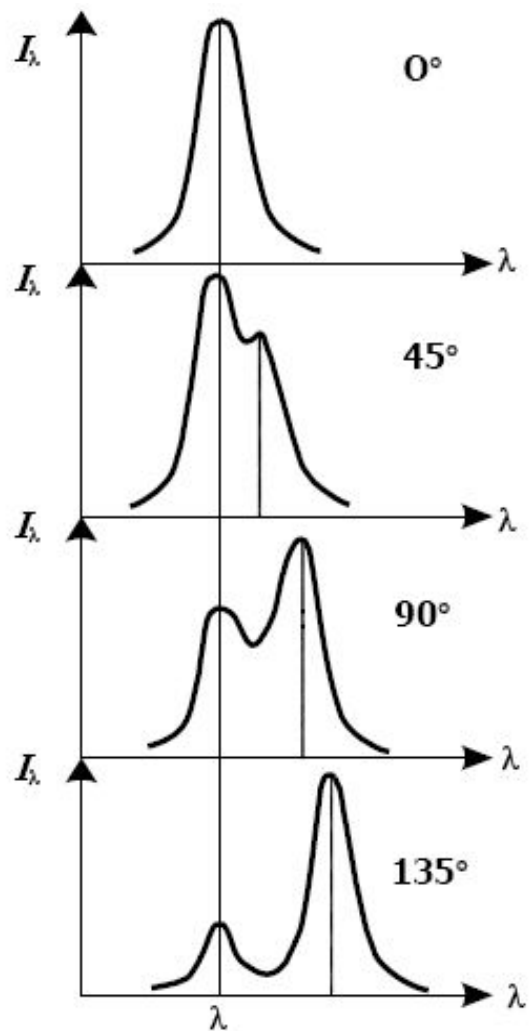


Рис. 5.4. Спектральний розподіл розсіяних рентгенівських променів за різних кутів розсіяння φ

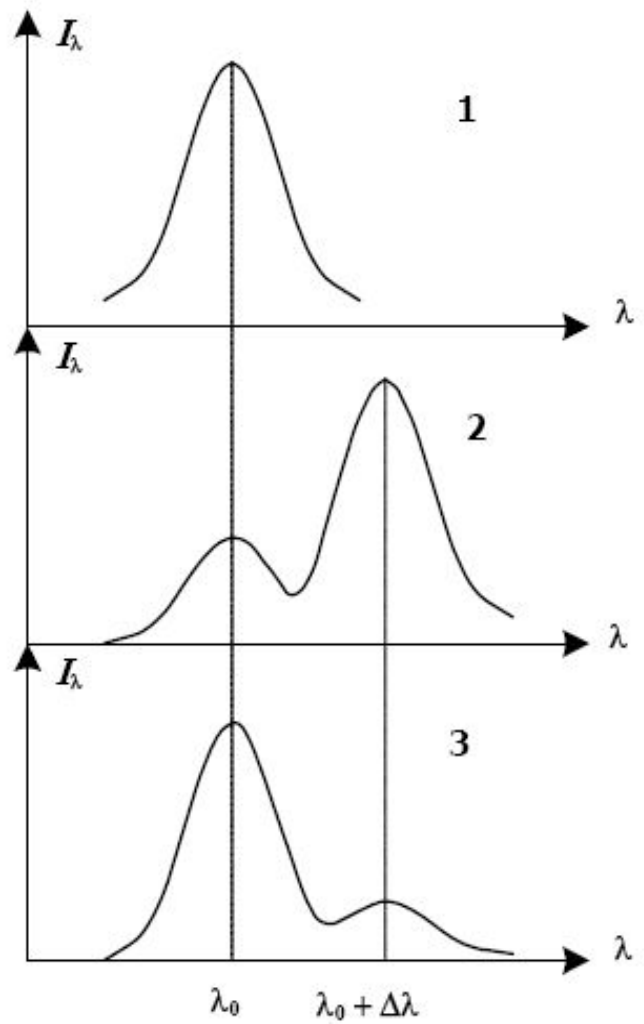


Рис. 5.5. Лінія нерозсіяних рентгенівських променів (1) та ефект Комптона для двох речовин, що розсіюють: 2 – Si й 3 – Cu ; $\varphi = 135^\circ$

Фотон у гравітаційному полі Землі

Дослід Паунда та Ребки (1959)

- Дослід з вимірювання зміни частоти фотонів у гравітаційному полі Землі на відстані 19,6 м у вежі Гарвардського університету було проведено у 1959 р;
- Вимірювання проводились з використанням техніки Мессбауера (ефект випромінювання та поглинання квантів ядрами без віддачі імпульсу);
- В якості джерела та поглинача γ -квантів було використано ізотоп заліза ^{59}Fe , охолоджений до гелієвих температур;
- Відносна зміна енергії фотона становила $\Delta E/E = gh/c^2 = 2,46 \cdot 10^{-15}$, для компенсації цієї зміни енергії за рахунок ефекту Доплера швидкість джерела має становити 0,75 мкм/с.