

УДК: 537.8 (07) (043)

Віктор Кульчицький, к.п.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ФОРМУВАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ У СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТУ КОМПТОНА

Viktor Kulchytskyi, Ph.D., Assoc. Prof.

FORMATION OF THE FUNDAMENTAL PHYSICAL NOTIONS DURING THE COMPTON EFFECT STUDY

Особливо чітко проявляються корпускулярні властивості світла у явищі, яке отримало назву ефект Комптона – пружне розсіяння електромагнітного випромінювання на вільних електронах, що супроводжується збільшенням довжини хвилі; спостерігається при розсіюванні випромінювання малих довжин хвиль – рентгенівського та гамма-випромінювання.

Для виведення співвідношення зміни довжини хвилі фотона припустимо, що взаємодія фотона і електрона відбувається за законами пружного зіткнення, і напишемо вирази законів збереження енергії та імпульсу. Так як швидкості електронів віддачі дуже великі, то скористаємось формулами механіки у спеціальній теорії відносності. Для кінетичної енергії та вектора імпульсу електрона маємо:

$$\varepsilon_e = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = mc^2, \quad \vec{p}_e = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\beta^2}} = m\vec{v}, \quad (1)$$

де $\beta = v/c$, c – швидкість світла у вакуумі, \vec{v} – швидкість електрона, та m_0 – маса спокою електрона, m – його маса при швидкості \vec{v} . Електрон, який перебуває у спокої, має енергію, рівну $m_0 c^2$. Звідси для закону збереження енергії маємо:

$$h\nu + m_0 c^2 = h\nu' + mc^2. \quad (2)$$

Імпульс електрона, який перебуває у спокої, дорівнює нулю. Тому для закону збереження імпульсу, отримуємо:

$$\vec{p}_\phi = \vec{p}'_\phi + m\vec{v} \quad (3)$$

Скориставшись математичними перетвореннями та співвідношенням між масою спокою m_0 і масою m : $m\sqrt{1-\beta^2} = m_0$ отримаємо:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\alpha \sin^2 \frac{\varphi}{2}, \quad (4)$$

де $\alpha = h/m_0 c = \lambda_C$ (комptonівська довжина хвилі λ_C), φ – кут розсіювання. Звідси для відношення енергії електрона віддачі ε_e до енергії первинного фотона ε знаходимо:

$$\frac{\varepsilon_e}{h\nu} = \frac{\nu - \nu'}{\nu} = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda'} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda}. \quad \text{Або} \quad \frac{\varepsilon_e}{h\nu} = \frac{2\alpha \sin^2 \frac{\varphi}{2}}{\lambda + 2\alpha \sin^2 \frac{\varphi}{2}}. \quad (5)$$

З рівності (5) випливає, що різним кутам розсіювання φ відповідають електрони віддачі із різними енергіями, а отже, і різними швидкостями. Розглянута нами спрощена теорія ефекту Комптона не дозволяє обчислити всі характеристики комptonівського розсіювання, зокрема інтенсивність розсіювання фотонів під різними кутами. Повну теорію цього явища дає квантова електродинаміка.