

Урок № 67-68

Тема уроку: Світлові кванти. Енергія та імпульс фотона.

Мета уроку:

навчальна – сформуванати знання учнів про фотони як кванти світла з певними властивостями; ввести формули для розрахунку маси, енергії та імпульсу фотона;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Корпускулярно-хвильовий дуалізм: Світло одночасно має і хвильові, і квантові властивості. При цьому в одних явищах більшою мірою виявляються хвильові властивості світла, а в інших — квантові.

Шукаючи вихід із суперечності між теорією і досвідом, німецький фізик Макс Планк зробив припущення, що атоми випромінюють електромагнітну енергію окремими порціями – квантами. Ці кванти інакше називають фотонами.

Енергія кожного кванта світла (фотона) дорівнює $E = h \cdot \nu$, де ν – частота коливань в електромагнітній світловій хвилі, h – коефіцієнт, який дістав назву сталої Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Таким чином, за квантовою теорією світло є потоком фотонів, які рухаються зі швидкістю світла c .

Маса фотона дорівнює:

$$m = \frac{h\nu}{c^2}.$$

Фотон — особлива елементарна частинка. Він не має маси спокою m_0 , тобто в стані спокою він не існує, народжуючись, відразу набуває швидкості c , тобто його не можна зупинити. Справді, якби була така система відліку, в якій він не рухався б, то в такій системі втрачає сенс саме поняття світла, адже не відбувається його поширення.

Таким чином, за квантовою теорією *світло є потоком фотонів, які рухаються зі швидкістю світла c .*

Згідно з гіпотезою світлових квантів, *світло випромінюється, поглинається і поширюється дискретними порціями – квантами (фотонами).*

Імпульс фотона:

$$p = m \cdot c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Задача 1. Знайдіть енергію фотона інфрачервоного випромінювання, довжина хвилі якого 10 мкм.

Дано:

$$\lambda = 10 \text{ мкм} \\ = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$E = ?$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \\ E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^{-6}} \approx 2 \cdot 10^{-20} \text{ (Дж)}$$

Задача 2. Обчислити масу фотона, яка відповідає довжинам хвиль $\lambda_1 = 6 \cdot 10^{-7}$ м (видиме світло), $\lambda_2 = 10^{-9}$ м (рентгенівське випромінювання) і $\lambda_3 = 10^{-14}$ м (гамма-випромінювання).

Дано:

$$\lambda_1 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 10^{-9} \text{ м,}$$

$$\lambda_3 = 10^{-14} \text{ м;}$$

$$m = ?$$

Розв'язування:

$$\text{Маса фотона } m_f = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

Підставимо значення $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ у цю формулу і дістанемо:

$$m_1 = 4,4 \cdot 10^{-36} \text{ кг; } m_2 = 2,2 \cdot 10^{-33} \text{ кг; } m_3 = 2,2 \cdot 10^{-28} \text{ кг.}$$

Порівняємо маси фотонів з масою електрона

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг:}$$

$$\frac{m_1}{m_e} \approx 4,8 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{m_2}{m_e} \approx 2,4 \cdot 10^{-3}; \quad \frac{m_3}{m_e} \approx 240 \cdot$$

Відповідь: $m_1 = 4,4 \cdot 10^{-36} \text{ кг; } m_2 = 2,2 \cdot 10^{-33} \text{ кг; } m_3 = 2,2 \cdot 10^{-28} \text{ кг.}$

Таким чином, маса фотона видимого світла в мільйони разів, а рентгенівського проміння в кілька разів менші за масу електрона; маса ж гамма-фотона приблизно в 240 раз більша за масу електрона.

Задача 3. Знайдіть довжину хвилі випромінювання, енергія фотонів якого відповідає енергії протона, що рухається зі швидкістю $4,6 \cdot 10^4$ м/с.

Дано:

$$v = 4,6 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\lambda = ?$$

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \qquad E = \frac{m_p v^2}{2}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{m_p v^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{2hc}{m_p v^2}$$

$$\lambda \approx 1,13 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Перевірте себе

1. Що таке фотон? Яку він має енергію?
2. Як знайти імпульс фотона?
3. Що таке корпускулярно-хвильовий дуалізм?

Домашнє завдання:

Опрацювати с.165, виконати задачі:

1. Обчисліть енергію, імпульс фотона, якому відповідає випромінювання з довжиною хвилі 400 нм.
2. Знайдіть частоту ультрафіолетового випромінювання, імпульс кванта якого дорівнює $3 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Зворотній зв'язок

Viber 0662728430

E-mail partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку