



**Завдання на самостійну роботу до практичного заняття
„Теплове випромінювання і фотоефект”**

Питання, що виносяться на практичне заняття

1. Властивості і характеристики теплового випромінювання.
2. Гіпотеза і формула Планка. Закони теплового випромінювання.
3. Фотоелектричний ефект та рівняння Ейнштейна.
4. Хвилі де-Бройля і співвідношення невизначеностей Гейзенберга?

Література

1. Конспект лекцій 23,24.
2. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики.– Київ: Техніка, 1999.
т.3, §§ 9.1-9.4, 11.1-11.4.

Контрольні питання та вправи

1. Яке випромінювання є тепловим і які його властивості?
2. Дайте визначення основних кількісних характеристик теплового випромінювання: енергетичної світності і спектральної густини енергетичної світності. Який зв'язок між цими величинами.
3. Що розуміють під спектральною поглинальною здатністю? Які тіла називаються абсолютно чорними і сірими?
4. В чому полягає закон Кірхгофа для теплового випромінювання? Які наслідки з нього випливають?
5. На якій гіпотезі базується формула Планка для теплового випромінювання?
6. Сформулюйте закони Стефана – Больцмана та Віна для теплового випромінювання абсолютно чорного тіла.

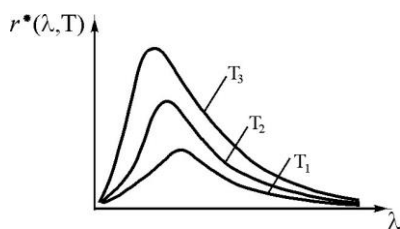


Рис. 1

7. Вкажіть, яка з залежностей для температур T_1, T_2, T_3 , зображених на рисунку, відповідає розподілу енергії в спектрі абсолютно чорного тіла за найбільш високої температури. Відповідь обґрунтуйте.
8. В чому полягає явище зовнішнього фотоефекту і які його основні закономірності?
9. Яке пояснення закономірностей зовнішнього фотоефекту запропоновано Ейнштейном?

10. Як і від чого залежить максимальна кінетична енергія фотоелектронів?
11. Як і від чого залежить червона границя зовнішнього фотоефекту?
12. Що розуміють під гальмівною напругою? Поясніть хід вольтамперної характеристики при зовнішньому фотоефекті.
13. Сформулюйте гіпотезу де-Бройля. Як і від чого залежить довжина хвилі де-Бройля? В яких випадках хвильовими властивостями частинки можна знехтувати?
14. Які експерименти підтверджують наявність хвильових властивостей мікрочастинок?
15. Поясніть сутність співвідношення невизначеностей Гейзенберга для координати і імпульсу; для енергії і часу. В яких випадках співвідношення невизначеностей можна не враховувати?

Приклади розв'язання типових задач

Задача 1. Знайти кількість енергії, що випромінюється з 1 см^2 поверхні абсолютно чорного тіла за 1с, якщо відомо, що максимум спектральної густини його енергетичної світності приходить на довжину хвилі 4840 \AA .

Розв'язання:

Згідно з законом Віна, довжина хвилі, яка відповідає максимуму густини енергетичної світності, знаходиться за законом Віна

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

де $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – стала Віна, T – температура абсолютно чорного тіла. Із закону Віна маємо

$$T = \frac{b}{\lambda_m}.$$

Визначивши температуру, можна знайти енергетичну світність випромінювання абсолютно чорного тіла R^* за законом Стефана –Больцмана

$$R^* = \sigma T^4,$$

де $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – стала Стефана - Больцмана.

З другого боку, за визначенням енергетична світність дорівнює

$$R^* = \frac{W}{S t}.$$

З останнього рівняння, використавши закон Стефана – Больцмана, знаходимо кількість енергії W , що випромінюється з площі S за час t

$$W = R^* S t = \sigma T^4 S t = \sigma \frac{b^4}{\lambda_m^4} S t = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{2,9^4 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-4}}{4,84^4 \cdot 10^{-28}} = 7,3 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Задача 2. Визначити сталу Планка h , якщо відомо, що фотоелектрони, вибиті з поверхні метала світлом з частотою $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$ Гц, повністю затримуються гальмівною напругою $U_1 = 6,6$ В, а вибиті світлом з частотою $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$ Гц – напругою $U_2 = 16,5$ В.

Розв'язання:

Струм у фотоелементі припиняється, коли фотоелектрони з максимальною кінетичною енергією не в змозі здолати гальмуюче їх електричне поле, що існує між катодом і анодом, тобто при умові

$$\frac{mv^2}{2} \leq eU_r$$

З урахуванням цього рівняння Ейнштейна для двох частот опромінювання можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= A + eU_1, \\ h\nu_2 &= A + eU_2. \end{aligned}$$

Віднявши від другого рівняння перше, одержимо

$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_2 - U_1),$$

звідки

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (16,5 - 6,6)}{(4,6 - 2,2) \cdot 10^{15}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Розв'язати задачі (на наступне практичне заняття)

1. При нагріванні абсолютно чорного тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності змінилась від 690 до 500 нм. В скільки разів збільшилась при цьому енергетична світність тіла? Відповідь: В 3,6 рази.

2. Знайти гальмівну напругу для фотоелектронів, що випромінюються при освітленні калію (робота виходу 2 еВ) світлом з довжиною хвилі 330 нм.

Відповідь: $U = 1,75$ В.