

УДК 535.231.2

О.П. Онуфрик

## Роль вільних електронів у тепловому випромінюванні твердих тіл

*Прикарпатський університет імені Василя Стефаника,  
Україна, 76025, М. Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57. Тел.: 59-61-09. E-mail: [kre@pu.if.ua](mailto:kre@pu.if.ua)*

Розглядається явище теплового електромагнітного випромінювання твердого тіла вільними електронами при їх гальмуванні під час зіткнення з атомами.

**Ключові слова:** абсолютно чорне тіло, вільні електрони, гальмівне випромінювання.

*Стаття постуила до редакції 27.08.2002; прийнята до друку 23.09.2002*

Теплове випромінювання в твердих тілах, згідно квантової теорії, відбувається за рахунок переходів електронів в атомах з вищих рівнів на нижчі [1]. В дійсності енергія електронних переходів знаходиться в межах  $(2,77...10,4)10^{-19}$  Дж і електронні спектри поглинання і випромінювання розміщені в видимій і ультрафіолетовій областях спектру [3]. Теплове випромінювання здійснюється при частотах  $3-400 \cdot 10^{12}$  Гц і знаходиться в інфрачервоній області спектру. Відповідно, максимальний квант енергії теплового випромінювання рівний  $2,65 \cdot 10^{-19}$  Дж. Таким чином теплове випромінювання, квант енергії якого менший за квант випромінювання орбітальних електронів, не може здійснюватись з допомогою орбітальних електронів атомів. Проведемо аналіз теплового випромінювання на основі розподілу енергії випромінювання абсолютно чорного тіла (АЧТ), згідно даних Луммера і Прингсгейма при абсолютній температурі 1646 К [2].

Характерною ознакою розподілу є наявність мінімальної довжини хвилі випромінювання біля 10000А і максимального значення випромінювання біля 20000А, при різних значеннях температур в межах 998-1646К. Різке закінчення кривих випромінювання при довжині хвилі 10000А для різних абсолютних температур, можна пояснити припущенням, що для електронів існує граничне значення енергії, яке не може бути більшим від відповідного довжині хвилі 10000А кванта енергії рівного  $1,99 \cdot 10^{-19}$  Дж. Виходячи з того, що електрони в твердому тілі ведуть себе як газ з максвелівськими розподілами по енергіях і швидкостях [1], то таким параметром може бути максимальна швидкість електронів, яка спричинить максимальну кінетичну енергію. Зіткнувшись з

атомом, електрон різко зменшує швидкість, а разом з тим і кінетичну енергію до нуля. Така різка зміна швидкості, тобто прискорення, приводить до випромінювання електромагнітної енергії [1].

Для підтвердження нашого припущення розрахуємо максимальне значення кінетичної енергії електрона в твердому тілі.

Згідно максвелівського розподілу електронів по швидкостях [2], максимальне значення швидкості по осі X рівне :

$$V = 2 \left( \frac{2KT}{m} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

де K – постійна Больцмана, m – маса електрона, T – абсолютна температура.

Якщо прийняти, що розподіл електронів для складових швидкостей по осях X, Y, Z буде однаковий, то максимальна швидкість електронів в трьохмірному просторі буде визначатись за формулою:

$$V_R = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = 3,46 \sqrt{\frac{2KT}{m}}. \quad (2)$$

При абсолютній температурі T=1646К максимальна швидкість електрона буде рівна:

$$V_R = 7,7 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Максимальна кінетична енергія, а отже і енергія випромінювання, буде рівна  $2,698 \cdot 10^{-19}$  Дж.

Таким чином, при тепловому випромінюванні вільними електронами, енергія випромінювання знаходиться в області меншій  $2,698 \cdot 10^{-19}$  Дж. Такий результат повністю узгоджується з фактичним максимальним квантом енергії теплового випромінювання рівним  $2,65 \cdot 10^{-19}$  Дж і експериментальними даними випромінювання АЧТ,

де енергія випромінювання знаходиться в області меншій  $1,99 \cdot 10^{-19}$  Дж..

Використовуючи результати приведенного дослідження, можна прийняти гальмування електронів при зіткненні з атомами, як механізм теплового випромінювання твердих тіл, внаслідок чого вся кінетична енергія переходить в енергію випромінювання. Максимальна енергія випромінювання АЧТ визначається максимальною швидкістю вільного пробігу електронів в твердому тілі. Враховуючи той факт, що всі тверді тіла, в тому

числі і абсолютно чорне тіло, нагріті до однакової температури, випромінюють майже однаковий безперервний спектр [2], можна припустити, що у всіх твердих тілах теплове випромінювання здійснюється з допомогою вільних електронів. А це дає підстави припустити, що у всіх твердих тілах, поряд з атомами, існують вільні електрони, які здійснюють хаотичний рух, випромінюючи теплову енергію, при зіткненні з атомами.

[1] А.А.Соколов и др. *Квантовая механика*. Учпедгиз, М. сс. 160,162,15 (1962).

[2] Р.С. Спроул. *Современная физика*. Физматгиз, М. сс. 122, 47, 121,55 (1961).

[3] В.Н. Черняев. *Технология производства ИС и микропроцессоров*. Радио и связь, М., сс. 199, 201 (1961).

О.Р. Onufryk

## **The Role of Mobil Electrons in Heat Radiation of Solid bodies**

*Precarpathian University named by V. Stefanyk*

The phenomenon of thermal electromagnetic radiation of a solid by mobile electrons is esteemed at their inhibition during interference from atoms.