

Густав Кірхгоф і поняття абсолютно чорного тіла. Експериментальне вивчення спектру випромінювання АЧТ. «Ультрафіолетова катастрофа».

Німецький фізик Густав Роберт Кірхгоф народився 12 березня 1824 в Кенігсберзі. У 1846 закінчив Кенігсберзький університет. Професор університетів в Бреслау (нині Вроцлав, Польща) (1850), Гейдельберзі (з 1854) і Берліні (з 1875). Помер Кірхгоф в Берліні 17 жовтня 1887 року.

Наукову роботу Кірхгоф почав, ще будучи студентом. У 1845-1847, займаючись дослідженням електричного кола, він відкрив закономірності протікання струму в розгалуженому електричному колі (правила Кірхгофа), в 1857 опублікував статтю про поширення змінного струму, результати якої багато в чому передбачили ідеї Максвелла, що стосуються електромагнітного поля.

У 1859 р на засіданні Пруської академії наук Кірхгоф повідомив про відкриття закону теплового випромінювання (стаття «Про зв'язок між випромінюванням і поглинанням світла і теплоти»), згідно статті «Що для променів однієї і тієї ж довжини хвилі, при одній і тій же температурі, відношення випромінювальної здатності до поглинання для всіх тіл однаково» (закон Кірхгофа $E(\lambda, T) / A(\lambda, T) = e(\lambda, T)$).

У 1862 р він ввів поняття «абсолютно чорного тіла» і запропонував його модель - порожнина з невеликим отвором. Абсолютно чорне тіло - фізична абстракція, що застосовується в термодинаміці, тіло, що поглинає все падаюче на нього електромагнітне випромінювання у всіх діапазонах і нічого не відбиває. Незважаючи на назву, абсолютно чорне тіло саме може випускати електромагнітне випромінювання будь-якої частоти і візуально мати колір. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла визначається тільки його температурою.

Найбільш чорні реальні речовини, наприклад, сажа, поглинають до 99% падаючого випромінювання (мають альбедо, рівне 0,01) у видимому діапазоні довжин хвиль, однак інфрачервоне випромінювання поглинається ними значно гірше. Серед тіл Сонячної системи властивостями абсолютно чорного тіла найбільше володіє Сонце.

Абсолютно чорних тіл в природі не існує, тому у фізиці для експериментів використовується модель. Вона представляє із себе замкнуту порожнину з невеликим отвором. Світло, що потрапляє всередину крізь цей отвір, після багаторазових відбивань повністю поглинеться, а отвір зовні буде виглядати

зовсім чорним. Але при нагріванні цієї порожнини у неї з'явиться власне видиме випромінювання.

За допомогою описаної моделі абсолютно чорного тіла можна експериментальним шляхом досліджувати залежність його випромінювальних властивостей від довжини хвилі і температури.

Практична модель абсолютно чорного тіла виготовляється у вигляді довгої та вузької трубки із тугоплавкого матеріалу (рис 1.2).

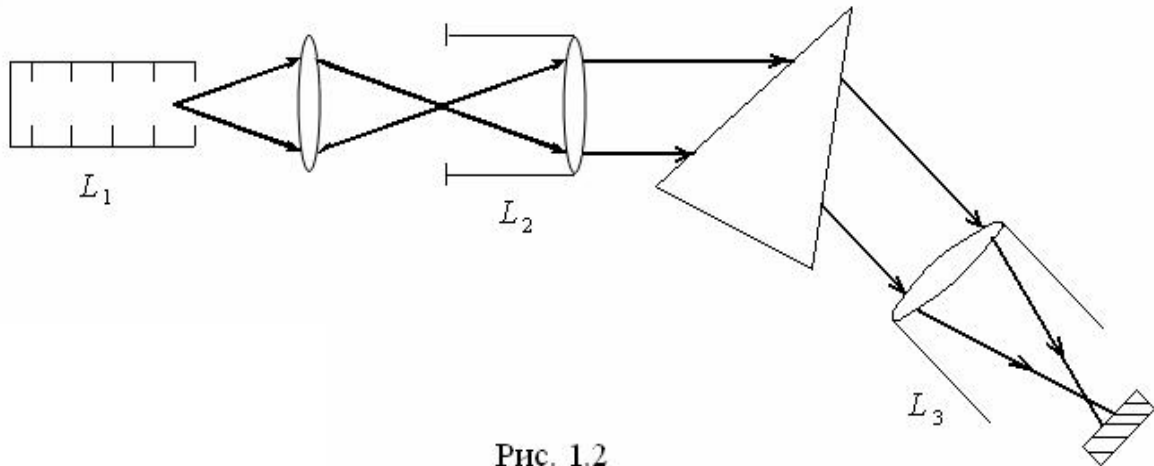


Рис. 1.2

В середині трубки L_1 для збереження однократних відбивань при косих падіннях світла робиться ряд перегородок з отворами. Трубка в середині електричної печі за допомогою якої стінки трубки можуть нагріватись до заданої температури. Із отвору трубки виходить електромагнітне випромінювання, яке має спектральний склад, як і випромінювання абсолютно чорного тіла при такій самій температурі. Воно проходить через систему лінз L_2 , падає на призму і розкладається на спектр. За допомогою трубки L_3 виділяється вузька частина спектру та вимірюється густина потоку випромінювальної енергії, при інтервалі довжини хвилі від λ до $\lambda + d\lambda$. Криві розподілу енергії в спектрі абсолютно чорного тіла показані на рис 1.3

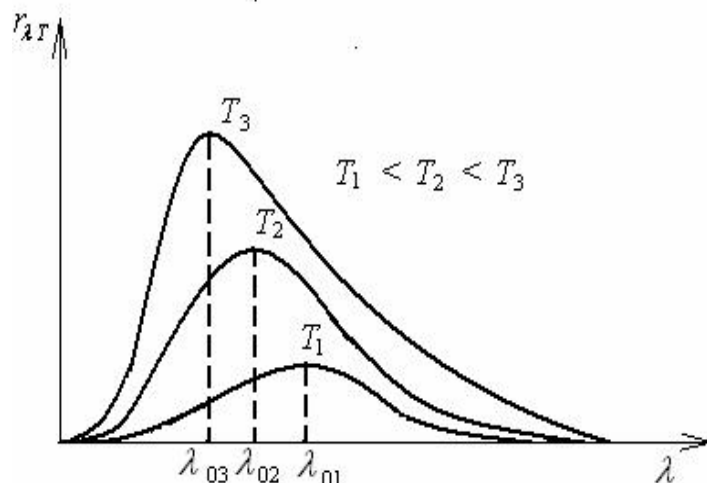


Рис. 1.3

Аналіз цих кривих приводить до наступних висновків:

- 1) Залежність випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла від довжини хвилі відображається нескінченною кривою, яка зводиться до нуля при малих і великих значеннях λ і які проходять через максимум при деякому значенню λ_0
- 2) Площа, яку охоплює крива, дає енергетичну світимість абсолютно чорного тіла при даній температурі. З ростом температури площа під кривою розподілення енергії різко росте. Це означає, що з збільшенням температури швидко збільшується енергетична світимість абсолютно чорного тіла.
- 3) Зі збільшенням температури максимум випромінювальної властивості зміщається в сторону більш коротких хвиль і стає більш гострим.

Спроба описати випромінювання абсолютно чорного тіла виходячи з класичних принципів термодинаміки і електродинаміки призводить до закону Релея - Джінса: $E(\nu, T) = 2 \pi k T \nu^2 / c^2$

Ця формула передбачає квадратичне зростання спектральної щільності випромінювання в залежності від його частоти. На практиці такий закон означав би неможливість термодинамічної рівноваги між речовиною і випромінюванням, оскільки згідно з ним вся теплова енергія повинна була б перейти в енергію випромінювання короткохвильової області спектра. Таке гіпотетичне явище було названо «Ультрафіолетовою катастрофою».

Проте закон випромінювання Релея - Джінса справедливий для довгохвильової області спектра і добре описує характер випромінювання. Пояснити факт такої відповідності можна лише при використанні квантово-механічного підходу, згідно з яким випромінювання відбувається дискретно. Виходячи з квантових законів можна отримати формулу Планка, яка буде збігатися з формулою Релея - Джінса при $\nu \rightarrow 0$

Цей факт є прекрасною ілюстрацією дії принципу відповідності, згідно з яким нова фізична теорія повинна пояснювати все те, що була в змозі пояснити стара.