

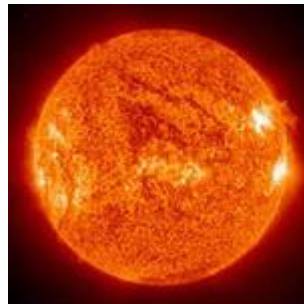
Презентация

На тему: тепловое излучение

Тепловое излучение:

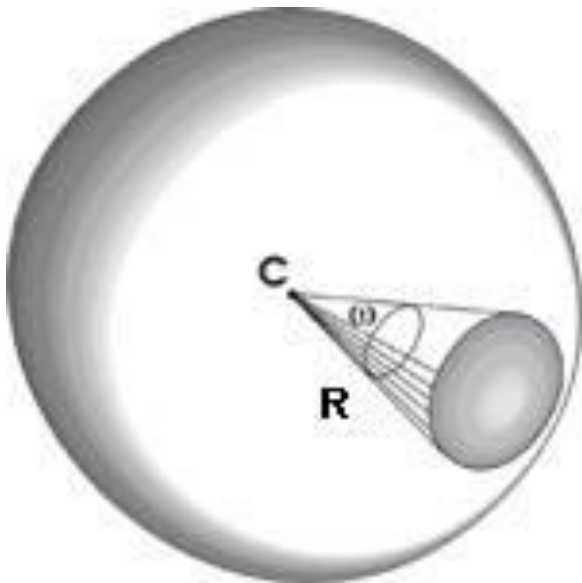
– это испускание электромагнитных волн телами за счет их внутренней энергии.

Тепловое излучение имеет место при любой температуре $T > 0 \text{ K}$, но при невысоких температурах излучаются практически длинные (инфракрасные) электромагнитные волны.



Основные характеристики теплового излучения

Энергетическая светимость – это энергия, испускаемая в единицу времени с единицы поверхности излучающего тела во всем интервале частот по всем направлениям (в пределах телесного угла $\omega=2\pi$)



$$R_{\omega T} = \frac{W}{St}$$



Основные характеристики теплового излучения

Спектральная плотность энергетической светимости (испускательная способность) — это энергия, испускаемая в единицу времени с единицы поверхности излучающего тела в узком интервале частот от ω до $\omega + d\omega$

$$r_{\omega T} = \frac{dR_{\omega T}}{d\omega}$$

Энергетическая светимость связана с испускательной способностью формулой

$$R_T = \int_0^{\infty} r_{\omega T} d\omega$$

Основные характеристики теплового излучения

Поглощательная способность – это отношение поглощенного телом потока лучистой энергии к падающему потоку этой энергии, заключенному в узком интервале частот от ω до $\omega + d\omega$

$$\alpha_{\omega T} = \frac{d\Phi_{\text{погл}}}{d\Phi_{\text{пад}}}$$

Абсолютно чёрное тело

АЧТ - это тело, поглощательная способность которого для всех частот и температур

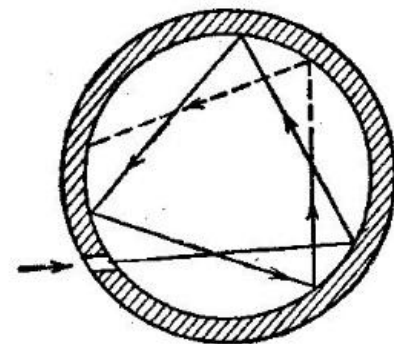
$$\alpha_{\omega T} = 1$$

Сажа, черный бархат и платиновая чернь имеют поглощательную способность близкую к 1 лишь в ограниченном интервале частот.



Абсолютно чёрное тело

Модель абсолютно черного тела – представляет собой почти замкнутую полость с малым отверстием.



Серое тело – это тело, для которого

$$\alpha_{\omega T} = \alpha_T = \text{const} < 1$$

Абсолютно белое тело – это тело, для которого

$$\alpha_{\omega T} = 0$$



Закон Кирхгофа

Кирхгоф Густав Роберт (1874 - 1887) – немецкий физик, член Берлинской академии наук

Закон Кирхгофа: отношение испускательной и поглотительной способностей не зависит от природы тела, оно является для всех тел одной и той же (универсальной) функцией частоты и температуры:

$$\left(\frac{r_{\omega T}}{\alpha_{\omega T}}\right)_1 = \left(\frac{r_{\omega T}}{\alpha_{\omega T}}\right)_2 = \dots = \left(\frac{r_{\omega T}}{\alpha_{\omega T}}\right)_n = f(\omega, T)$$

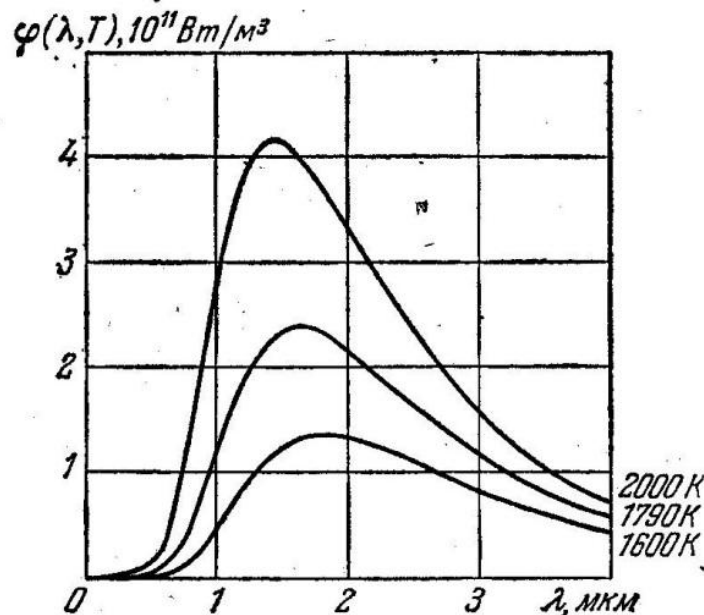
Закон Кирхгофа

Чем больше испускательная способность тела, тем больше и его поглощательная способность. Это означает, что тело сильнее поглощающее какие-либо лучи будет эти лучи сильнее и испускать.

Так как для абсолютно черного тела $\alpha_{\omega T}^{\text{ачт}} = 1$ то универсальная функция Кирхгофа есть испускательная способность абсолютно черного тела

$$r_{\omega T}^{\text{ачт}} = f(\omega, T)$$

Кривые зависимости испускательной способности абсолютно черного тела от длины волны, полученные для трех различных температур.



При теоретических исследованиях удобнее пользоваться функцией частоты $f(\omega, T)$, в экспериментальных работах – функцией длины волны $\varphi(\lambda, T)$

Обе функции связаны друг с другом формулой

$$f(\omega, T) = \frac{2\pi c}{\omega^2} \varphi(\lambda, T) = \frac{\lambda^2}{2\pi c} \varphi(\lambda, T)$$

Закон Стефана-Больцмана



СТЕФАН Йозеф (1835 -1893)
австрийский физик,
основатель австрийской
физической школы.

Стефан (1879), анализируя экспериментальные данные, пришел к выводу, что энергетическая светимость любого тела пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

Больцман (1884), исходя из термодинамических соображений, получил для энергетической светимости абсолютно черного тела



Больцман Людвиг (1844–1906)
австрийский физик-теоретик

$$R_T = \int_0^{\infty} r_{\omega T} d\omega = \int_0^{\infty} f(\omega, T) d\omega = \sigma T^4$$

Закон Стефана-Больцмана

Закон Стефана - Больцмана:

Энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры:

$$R_T = \sigma T^4$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)}$ - постоянная Стефана-Больцмана.

Внимание! К нечерным телам закон не применим.

Формула Рэля-Джинса и понятие об «ультрафиолетовой катастрофе»



Джон Уильям Стретт Рэлей (1842–1919), английский физик

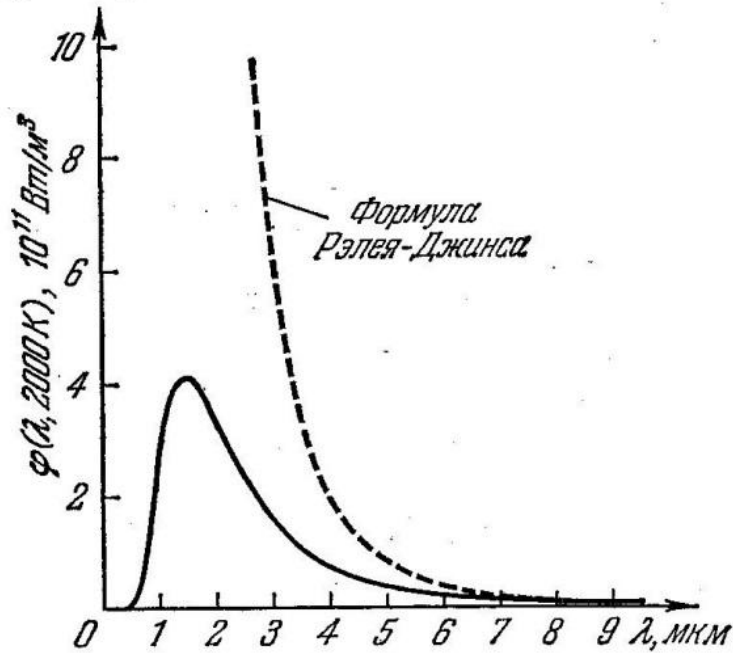


Джеймс Хопвуд Джинс (1877–1946), английский математик, физик и астроном

Рэлей и Джинс, исходя из теоремы классической статистики о равномерном распределении энергии по степеням свободы, приписали каждому электромагнитному колебанию энергию, равную kT и получили выражение для испускательной способности абсолютно черного тела, которое называют **формулой Рэля-Джинса**

$$f(\omega, T) = \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT$$

Формула Рэля-Джинса и понятие об «ультрафиолетовой катастрофе»



Формула удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными при больших длинах волн и резко расходится с опытом для малых длин волн (ультрафиолетовая часть спектра) (см. рис.) .

$$R_T = \int_0^{\infty} f(\omega, T) d\omega = \int_0^{\infty} \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT d\omega = \infty$$

Этот результат и получил название **ультрафиолетовой катастрофы**

Гипотеза и формула Планка

Гипотеза Планка:

Электромагнитное излучение испускается телами не непрерывно, а в виде отдельных порций энергии (квантов), величина которых

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \hbar\omega$$



Макс Карл Эрнст Людвиг
Планк (1858—1947),
немецкий физик

где $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с - постоянная Планка, а $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж · с - постоянная Планка с чертой

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!