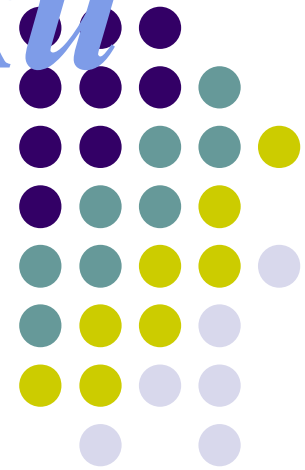


Элементы квантовой физики



ЛЕКЦИИ №9

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



- **Содержание лекции:**
 - Тепловое излучение и люминесценция.
 - Абсолютно черное тело.
 - Законы теплового излучения.
 - Правило Прево.
 - Закон Кирхгофа.
 - Законы излучения абсолютно черного тела.
 - Закон Стефана –Больцмана. Законы Вина.
 - Формула Рэля –Джинса. «Ультрафиолетовая катастрофа».
 - Гипотеза Планка. Распределение Планка.

Тепловое излучение среди других видов излучения



Виды излучений:

1. фотолюминесценция
2. электролюминесценция
3. хемилюминесценция
4. катодолюминесценция
5. радикало-рекомбинационная
люминесценция

Тепловое излучение – равновесное
излучение

Характеристики теплового излучения



- 1) Спектральная плотность энергетической светимости (излучательная способность)

$$E_{\nu, T} = \frac{dW_{\nu, \nu+d\nu}}{d\nu}$$

2. Спектральная поглощательная способность

$$A_{\nu, T} = \frac{dW_{\nu, \nu+d\nu}^{\text{ПОГЛ}}}{dW_{\nu, \nu+d\nu}^{\text{ПАД}}}$$

3. Интегральная энергетическая светимость

$$E_T = \int_0^{\infty} E_{\nu, T} d\nu; \quad R_T = \int_0^{\infty} \varepsilon_{\nu, T} d\nu$$

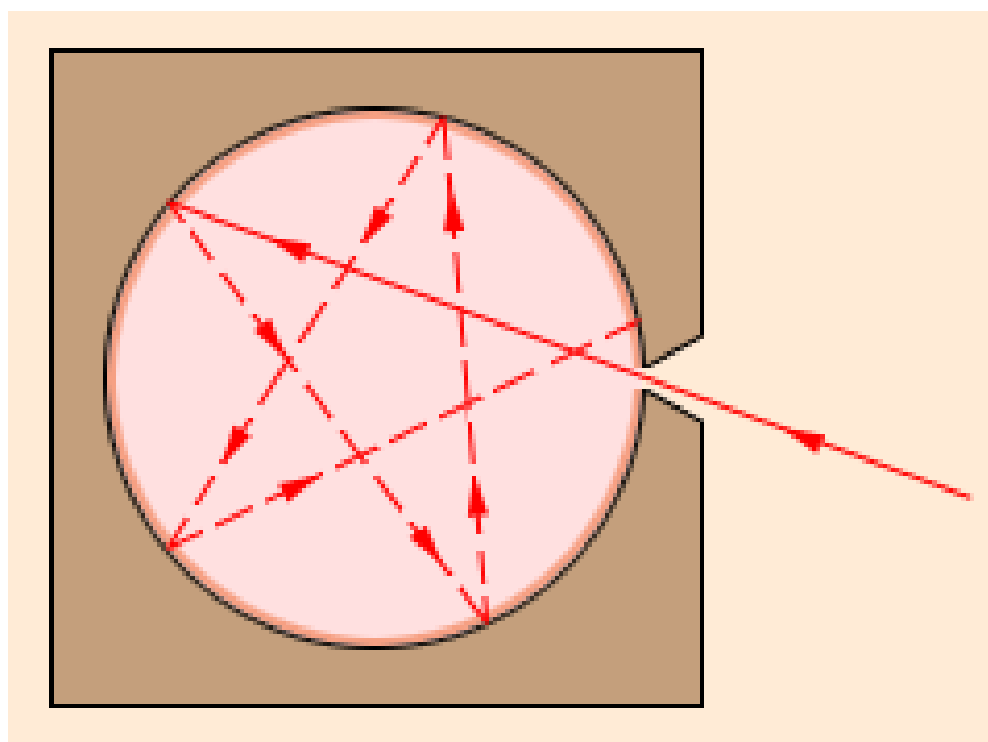


4. Спектральная плотность
энергетической светимости
(излучательная способность)

$E_{\nu, T}$ связана с объемной $u(\nu, T)$
плотностью излучения
соотношением

$$E_{\nu, T} = \frac{c}{4} u(\nu, T)$$

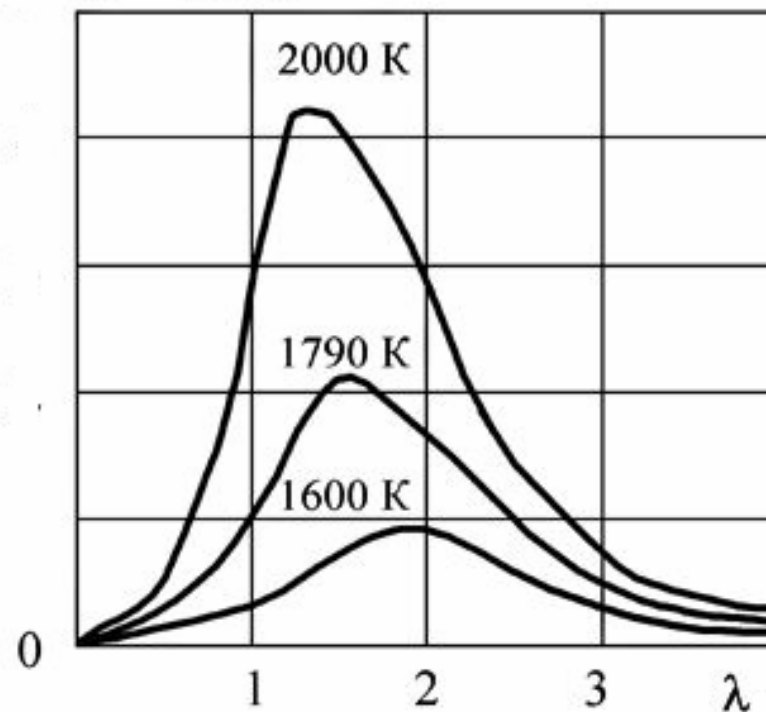
Модель абсолютно черного тела



Спектр абсолютно черного тела



$\mathcal{E}_{\nu,T}$



Свойства спектра АЧТ



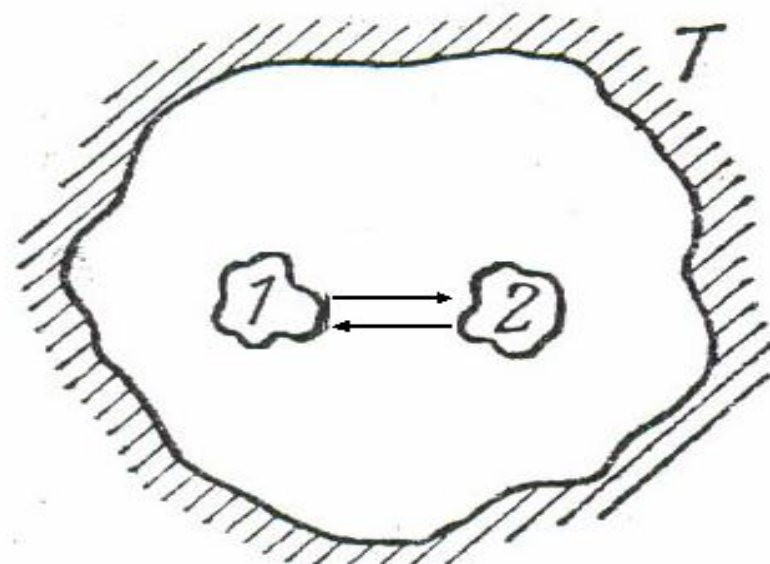
- 1) Спектр АЧТ имеет сплошной непрерывный характер .
- 2) Существует отчетливо выраженный максимум излучательной способности .
- 3) Излучение АЧТ смещается в сторону коротких волн более резко, чем в сторону длинных волн .

Законы теплового излучения



- 1) Правило Прево (1809 г.)
- 2) Закон Кирхгофа

$$\varepsilon_{\nu, T} = \frac{E_{\nu, T}}{A_{\nu, T}}$$



Законы теплового излучения абсолютно черного тела



- 1) Закон Стефана-Больцмана

$$R_T = \sigma T^4$$

- 2) Первый закон Вина

$$\lambda_m T = b. \quad 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \times \text{К}$$

- 3) Второй закон Вина

$$\varepsilon_{\max} = a T^5. \quad a = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} \times \text{м}^{-3} \text{ К}^{-5}$$

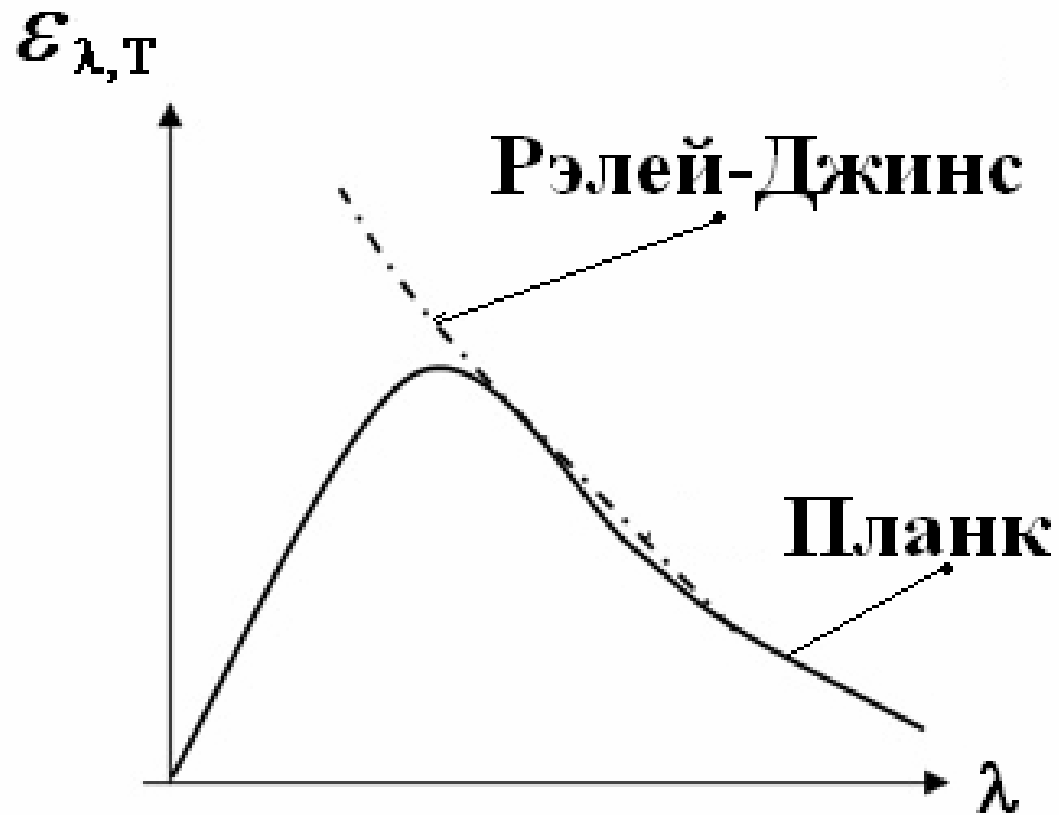
Формула Рэля-Джинса. «Ультрафиолетовая катастрофа»



$$\varepsilon_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \bar{\varepsilon} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT.$$

$$R_T = \int_0^{\infty} \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT d\nu = \frac{2\pi kT}{c^2} \nu^3 \Big|_0^{\infty} = \infty.$$

«Ультрафиолетовая катастрофа»-график





Гипотеза Планка (1900 г.)

- *Энергия осциллятора может принимать не любые, а только вполне определенные дискретные значения ε_n , пропорциональные некоторой элементарной порции –кванту энергии ε_0 . Поэтому испускание излучения осциллятором осуществляется не непрерывно, а дискретно в виде отдельных квантов, величина которых пропорциональна частоте излучения:*

$$\varepsilon = h\nu$$

$h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка.

Гипотеза Планка. Распределение Планка



Средняя энергия осциллятора:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Излучательная способность (спектральная плотность энергетической светимости)

$$\varepsilon_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Объемная спектральная плотность энергетической светимости

$$u_{\nu,T} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$