ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Электромагнитное излучение возникает за счет внутренней энергии излучающего тела, зависит от температуры и оптических свойств этого тела.

Это равновесное излучение, оно устанавливается в теплоизолированной системе, все тела которой имеют одинаковую температуру.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1.Объемная плотность энергии излучения

$$w = \frac{dW}{dV} \qquad \left[\frac{\mathcal{J}\mathcal{H}}{\mathcal{M}^3} \right].$$

2.Поток излучения

$$\Phi_{\rm e} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \left[\frac{\mathcal{J} \mathcal{K}}{\mathcal{C}} = \mathcal{B} \mathcal{T} \right].$$

3. Энергетическая светимость

$$R_e = \frac{d\Phi_e}{dS} \left[\frac{Bm}{M^2} \right].$$

4.Спектральная плотность энергетической светимости

$$r_{\lambda,T} = \frac{dR_e}{d\lambda} \left[\frac{Bm}{m^2 \cdot m} \right],$$

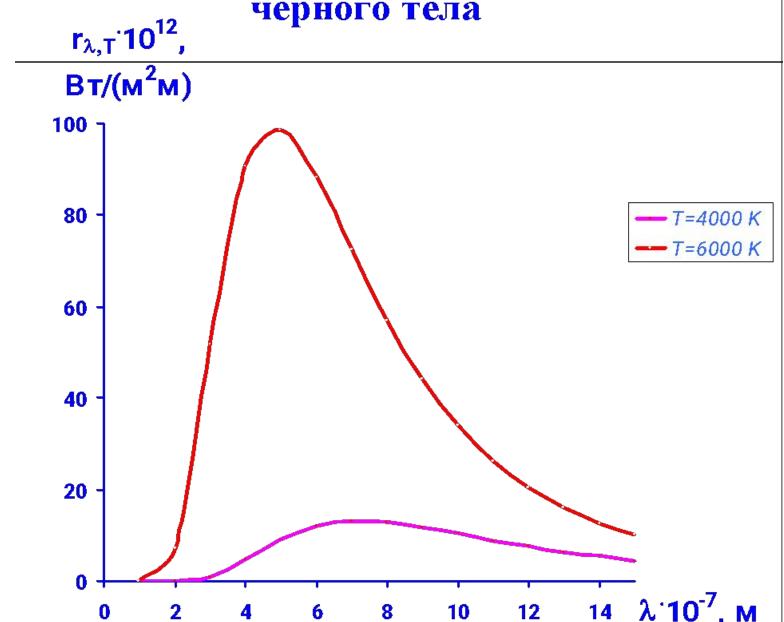
где dR_e — энергетическая светимость, приходящаяся на интервал длин волн от λ до λ + $d\lambda$.

5.Энергетическая светимость характеризует энергию, излучаемую единицей поверхности нагретого тела за единицу времени во всем интервале длин волн от 0 до ∞,

$$R_e = \int_0^\infty r_{\lambda,T} d\lambda,$$

где $\mathcal{V}_{\lambda,T}$ – спектральная плотность энергетической светимости.





ПОГЛОЩЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Характеризуется коэффициентом поглощения $\alpha_{\lambda,T}$, зависящим от длины волны и температуры,

$$lpha_{\lambda,T}=rac{arPhi_e^{noz\pi}}{arPhi_e}.$$

Различают тела: черное, серое, цветное.

1) $\alpha_T = 1$, не зависит от длины волны (черное тело); **2)** $\alpha_T < 1$, не зависит от длины з волны (серое тело); 3) $\alpha_{\lambda,T} < 1$, зависит от длины волны (цветное тело).

3 А К О Н Ы ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Закон Кирхгофа (1859г.)

$$\left(\frac{r_{\lambda,T}}{\alpha_{\lambda,T}}\right)_{1} = \left(\frac{r_{\lambda,T}}{\alpha_{\lambda,T}}\right)_{2} = \dots = r_{\lambda,T}^{0},$$

 $r_{\lambda,T}^{0}$ — спектральная плотность энергетической светимости черного тела.

Закон Стефана-Больцмана (1879г., 1884г.)

Энергетическая светимость черного тела пропорциональна четвертой степени его термо-динамической температуры

$$R_e = \sigma T^4$$

где
$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \, \frac{Bm}{m^2 K^4}$$
 - постоянная Стефана-Больцмана.

Энергетическая светимость серого тела при одинаковой температуре меньше энергетической светимости черного тела $R_{\rho}^{\ \ cep} = \mathbf{a}_{T} \ \sigma \ T^{\ 4},$

где $\alpha_T = \frac{\int\limits_0^\infty \alpha_{\lambda,T} \; r_{\lambda,T} \; d\lambda}{\int\limits_0^\infty r_{\lambda,T} \; d\lambda} < 1$

- СТЕПЕНЬ ЧЕРНОТЫ ТЕЛА, ЗАВИСИТ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, МАТЕРИАЛА И СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ.

Значения степени (коэффициента) черноты для некоторых веществ:

```
сажа - 0,953 при 400К;
уголь - 0,800 при 600К;
вольфрам - 0,334 при 3000К;
           - 0,260 при 2000К;
Земля – 0,260 при 280К.
```

Закон смещения Вина (1893г.)

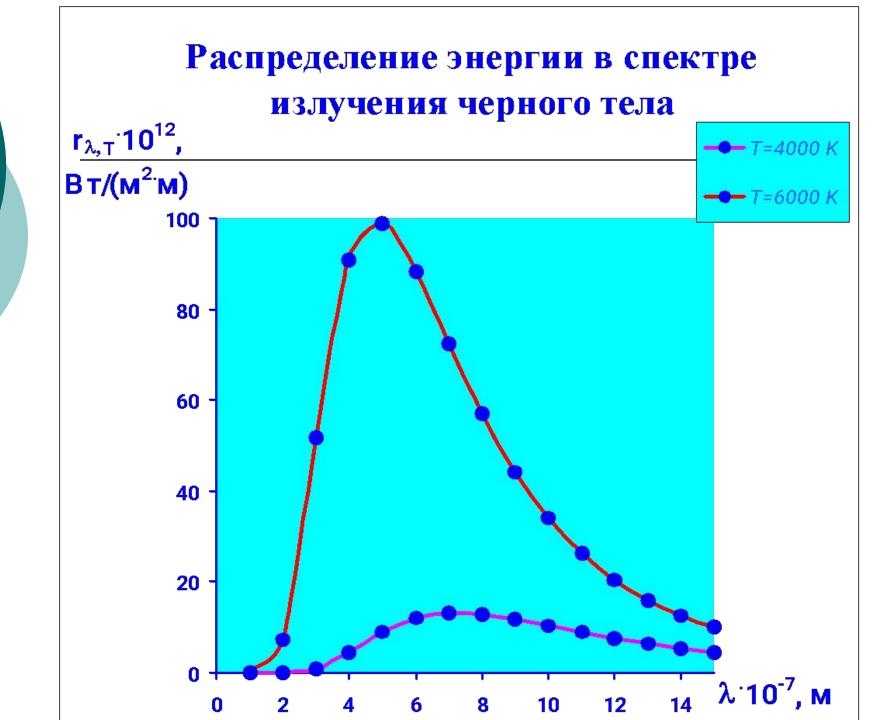
$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

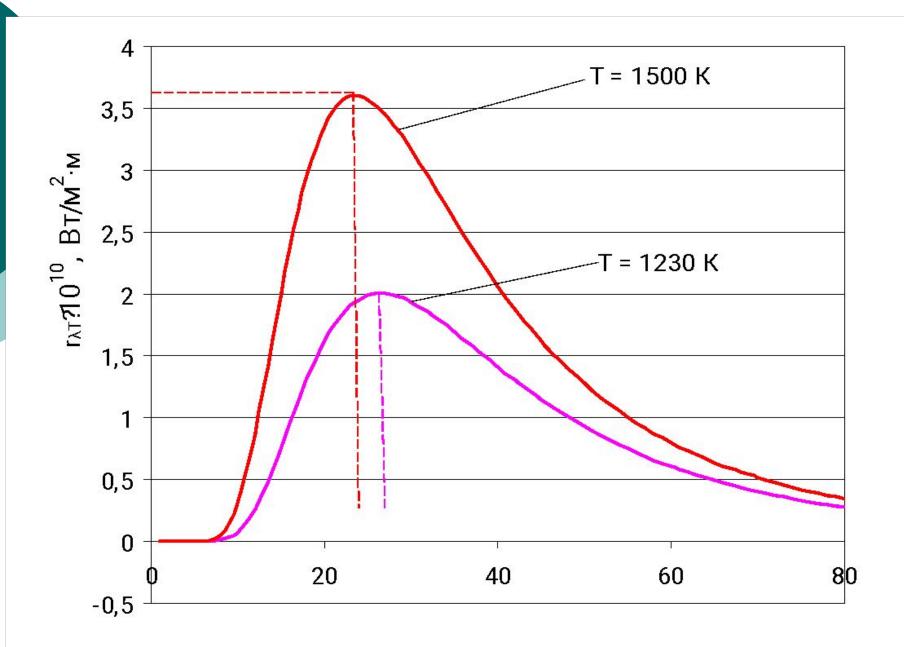
где $b = 2.9 \cdot 10^{-3} \ M \cdot K$ - постоянная Вина.

Закон Вина

$$r_{\lambda,T}^{\max} = b_1 \cdot T^5$$

где
$$b_1 = 1.3 \cdot 10^{-5} \frac{Bm}{m^3 \cdot K^5} -$$
постоянная Вина.





Планк Макс Карл Эрнест Людвиг КВАНТОВАЯ ГИПОТЕЗА Макса Планка (1900г.):

Энергия гармонического осциллятора может принимать лишь дискретные значения, равные целому числу элементарных порций – квантов энергии

$$\varepsilon_{v} = nhv$$
,

где n=1,2,3... - целое число, h - постоянная Планка, V - частота осциллятора.

ФОРМУЛА ПЛАНКА

Спектральная плотность энергетической светимости нагретого тела зависит от длины волны и температуры

$$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}.$$

В формулу входят постоянные:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$$
 Джс $\cdot c$

- постоянная Планка,

$$c=3\cdot 10^8\, rac{\mathcal{M}}{c}$$
 - скорость света в вакууме,

К ВЫВОДУ ФОРМУЛЫ ПЛАНКА

Средняя энергия гармонического осциллятора

$$\langle \varepsilon_{\nu} \rangle = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

определяет спектральную плотность энергетической светимости.

Спектральная плотность энергетической светимости $r_{v,T}$ ЧТ по частотам

$$r_{v,T} = \frac{2\pi v^2}{c^2} \langle \varepsilon_v \rangle,$$

$$r_{v,T} = \frac{2\pi v^2}{c^2} \cdot \frac{hv}{e^{hv/kT} - 1} =$$

$$=\frac{2\pi h v^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{hv/kT}-1}$$

Частота и длина волны связаны соотношением

$$v = \frac{c}{\lambda}$$
.

При одинаковой температуре нагретого тела

$$r_{\nu,T}d\nu = r_{\lambda,T}d\lambda.$$

Учитывая, что

$$\frac{dv}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2},$$

получим связь спектральной плотности энергетической светимости по частотам и по длинам волн

$$r_{\lambda,T} = \frac{c}{\lambda^2} r_{\nu,T}.$$

Формула Планка примет вид

$$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}.$$

ПИРОМЕТРЫ

служат для измерения высоких температур бесконтактным способом:

- 1) оптический пирометр измеряет яркостную температуру T_{g} ;
- 2) радиационный пирометр радиационную температуру T_p .

РАСЧЕТ ИСТИННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ **Т**:

по измеренной яркостной температуре

$$T = T_{_{\mathcal{A}}} + \Delta T$$
, $\varepsilon \partial e \ \Delta T = -\frac{6.6 \cdot 10^{-5} T_{_{\mathcal{A}}}^2 \ln 0.4}{1.438}$;

по измеренной радиационной температуре

$$T = \frac{T_p}{\sqrt[4]{\alpha_T}}$$