

# **Záření absolutně černého tělesa**

## Tepelné záření

$$\alpha = \frac{W_{abs}}{W_{dop}}$$

koeficient pohltivosti  $\alpha$

těleso neprůhledné

$$W_{dop} = W_{abs} + W_{odr}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

těleso *absolutně černé*

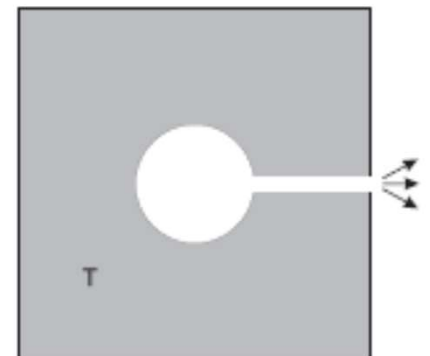
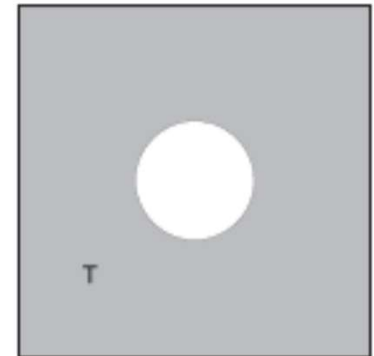
$$\alpha = 1$$

výkon vyzařovaný ve frekvenčním intervalu  $\nu$ ,  $\nu + d\nu$

$$dL_{\text{vyz}} = \varepsilon d\nu dS \quad \varepsilon \text{ emisivita}$$

$$\alpha = \alpha(\nu, T) \quad \varepsilon = \varepsilon(\nu, T)$$

Rovnovážné tepelné záření

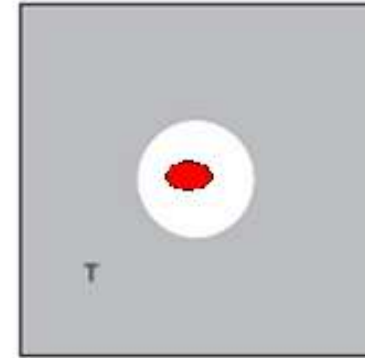


$$L_{abs} = L_{vyz}$$

$$L_{abs} = \alpha L_{dop}$$

$$L_{vyz} = \varepsilon d\nu S$$

$$\frac{\varepsilon}{\alpha} = \frac{L_{dop}}{d\nu S}$$

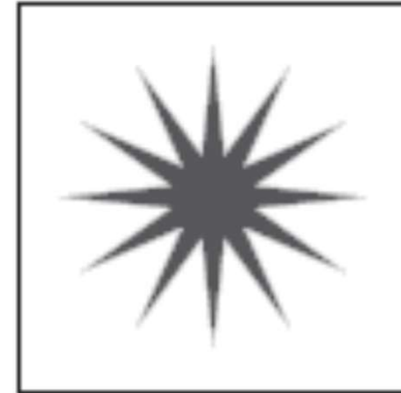


$$\frac{\varepsilon}{\alpha} = f(T, \nu)$$

*Kirchhoffův zákon (1859)*

Emisivita černého tělesa

$$\frac{\varepsilon}{\alpha} = f(T, \nu)$$



**Obr. 19.2** Ilustrace Kirchhoffova zákona. Nahoře: keramická deska s černě nakresleným vzorem. Dole: deska zahřátá na vysokou teplotu se ve tmě jeví tmavě oproti vzoru, který má větší emisivitu.

$$\Delta W = \rho(\nu, T) \Delta V d\nu \quad \text{energie}$$

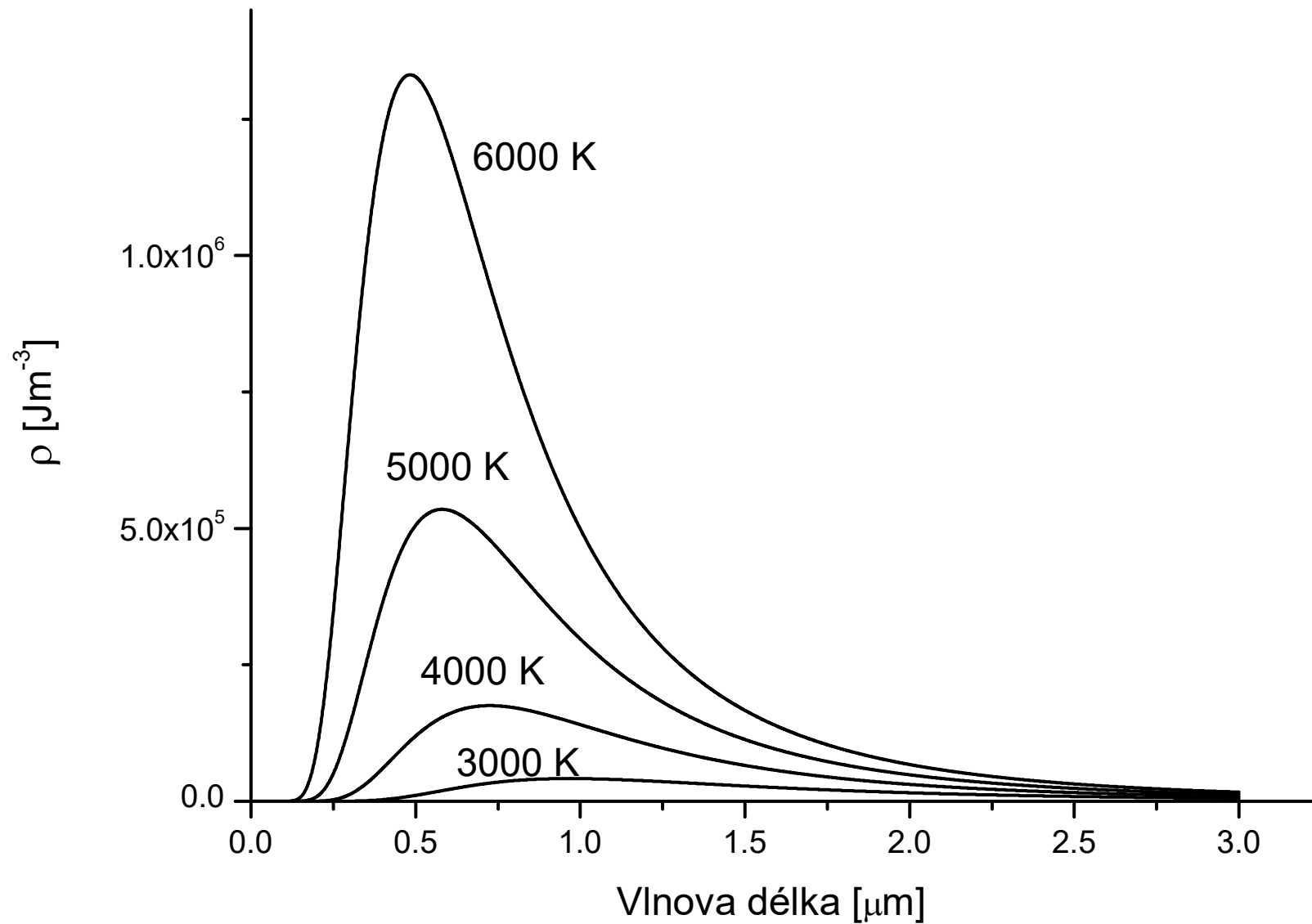
$$\rho(\nu, T) d\nu = \frac{8\pi\nu^2 d\nu}{c_0^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} h\nu \quad \text{Max Planck, 1900}$$

$$\rho(\nu, T) d\nu = p(\nu) d\nu g(h\nu) h\nu$$

$p(\nu) d\nu$  hustota stavů světla ve spektrálním intervalu  $\nu, \nu + d\nu$

$g$  Bose-Einsteinova rozdělovací funkce

$h\nu$  energie fotonu



$$v = \frac{c_0}{\lambda}$$

$$|dv| = \frac{c_0}{\lambda^2} |d\lambda|$$

$$\rho(\lambda, T) d\lambda = \frac{8\pi h c_0 d\lambda}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc_0}{\lambda k_B T}} - 1}$$

Maximum?

$$\frac{\partial \rho(\lambda, T)}{\partial \lambda} = 0$$

$$\rho(\lambda, T) d\lambda = \frac{8\pi h c_0 d\lambda}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc_0}{\lambda k_B T}} - 1}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{x^5}{e^x - 1} \right) = 0 \quad x = \frac{hc_0}{\lambda k_B T}$$

$$(5-x)e^x - 5 = 0$$

$$\lambda_{\max} = \frac{C_W}{T}$$

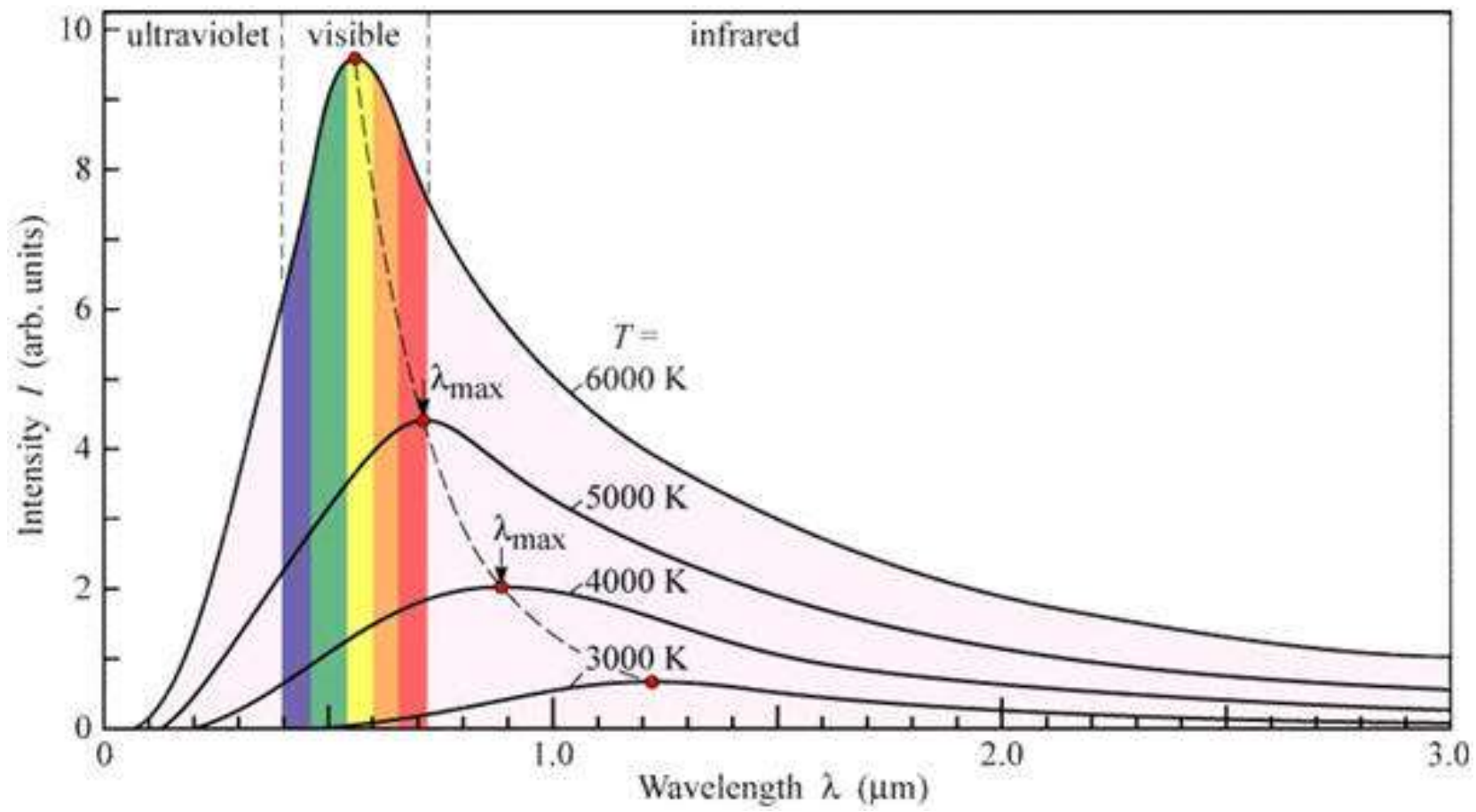
$$X_m = 4,9651$$

$$C_W = \frac{hc_0}{x_m k_B}$$

$$C_W \approx 0,2898 \text{ cm K} \approx 0,3 \text{ cm K}$$

*Wienův posunovací zákon*





Celková hustota energie ?

$$U = \int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu$$

$$U = \frac{8\pi k_B^4 T^4}{h^3 c_0^3} \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}$$

$$U = \sigma_{SB} T^4$$

Stefanův-Boltzmannův zákon

$$\rho(\nu, T) d\nu = \frac{8\pi \nu^2 d\nu}{c_0^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} h\nu$$
$$x = \frac{h\nu}{k_B T}$$

$$\sigma_{SB} = \frac{8\pi^5 k_B^4}{15h^3 c_0^3}$$

$$\sigma_{SB} = 7,56 \times 10^{-16} \text{ Jm}^{-3}\text{K}^{-4}$$

$$\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}$$

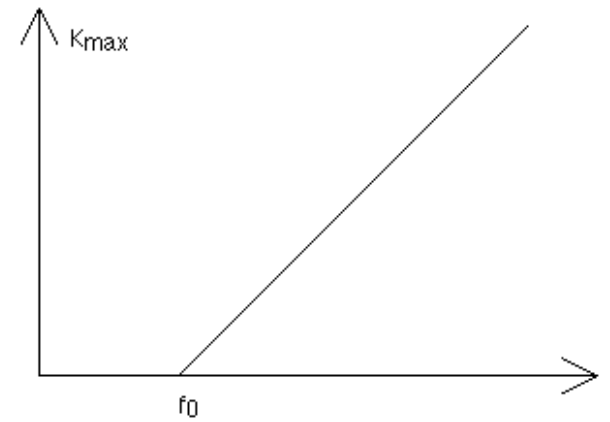
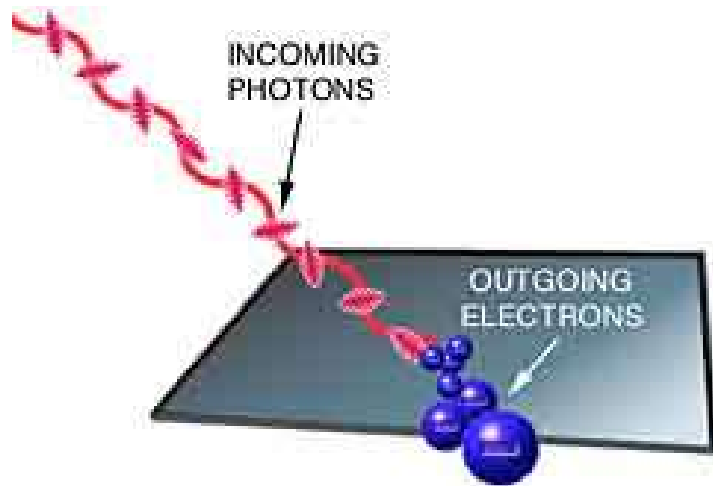
## Fotony

$$E = h \nu = \hbar \omega$$

$$\vec{p} = \hbar \vec{k}$$

# Fotoefekt (vnější)

Hertz 1887, Stoletov 1888, Lennard 1902, Einstein 1905, Millikan 1915



Dependence of maximal kinetic energy of electrons on the frequency of light

$$E_k = \hbar \omega - A_v$$