Fyzika I. KME 1 – 1. paralelka, přednášející Ilona Ali Bláhová

30. Absolutně černé těleso, Planckův vyzařovací zákon, Stefan-Boltzmannův zákon, Wienův posunovací zákon.

1 Absolutně černé těleso, Planckův vyzařovací zákon

zahřátá tělesa vyzařují energii, která závisí na vlnové délce λ
$H_{e\lambda}(\lambda, T)$ – spektrální hustota zářivosti
$\mathrm{d}E = H_{e\lambda}(\lambda, T)\,\mathrm{d}\lambda$ je energie vyzařovaná v intervalu vlnových délek $\mathrm{d}\lambda$
pokud na těleso dopadá energie zvenčí, pak se část této energie pohlcuje a část se odráží
zavedeme spektrální hustotu poměrné pohltivosti $a(\lambda, T) = \frac{\mathrm{d}E_{\text{pohlcená}}}{\mathrm{d}E_{\text{dopadající}}}$
absolutně černé těleso je těleso, které všechno dopadající záření pohlcuje $a(\lambda, T) = 1$ (model – dutina, která zcela pohlcuje dopadající záření, sama pak vyzařuje energii v závislosti na vlnové délce)
z termodynamiky bylo odvozeno (ne v našem kurzu), že pro různá tělesa existuje univerzální funkce $f(\lambda, T) = \frac{H_{e\lambda}(\lambda,T)}{a(\lambda,T)}$
z předchozích úvah vyplývá pro absolutně černé těleso rovnost $f(\lambda, T) = H_{e\lambda}(\lambda, T)$
analytické vyjádření funkce $f(\lambda, T)$ – Planck, na základě úvahy, že energie není vyzařována spojitě, ale v kvantech $\Delta E = h.\nu$, kde $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s je Planckova konstanta

Planckův vyzařovací zákon:

$$f(\lambda, T) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5 (e^{\frac{ch}{\lambda k T}} - 1)} \tag{1}$$

kde $c = 3.10^8\,\mathrm{m.s^{-1}}$ je rychlost světla, $k = 1{,}38.10^{-23}\mathrm{J.K^{-1}}$ je Boltzmanova konstanta, T je termodynamická teplota
pokud zavedeme konstanty c_1, c_2, můžeme zjednodušeně psát

$$f(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1)} \tag{2}$$

2 Stefan-Boltzmannův zákon

celková zářivost H_e (výkon vyzařovaný jednotkou plochy) je stanovena

$$H_e = \int_0^\infty f(\lambda, T)\,\mathrm{d}\lambda = \sigma T^4 \tag{3}$$

kde $\sigma = 5{,}6704.10^{-8}\,\mathrm{W.m^{-2}.K^{-4}}$ je Stefan-Boltzmannova konstanta

3 Wienův posunovací zákon

maximum funkce $f(\lambda, T)$ se se vzrůstající teplotou posouvá k nižším vlnovým délkám a platí

$$\lambda_m = \frac{b}{T} \tag{4}$$

kde $b = 2{,}898.10^{-3}\,\mathrm{m.K}$ je Wienova konstanta