

# Měření tělesné teploty

---

BAM31LET Lékařská technika

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | [xhavlikj@fel.cvut.cz](mailto:xhavlikj@fel.cvut.cz)

# Měření tělesné teploty

---

- jedna z nejstarších diagnostických metod
  - teploměr – Galileo Galilei (1592)
  - první měření tělesné teploty – Richard Lower (1631 – 1691)
  - rtuťový teploměr – Daniel Gabriel Fahrenheit (1714)
  - Celsiova stupnice – Anders Celsius (1744)
  - první využití v lékařství – James Currie (1756 – 1805)

# Měření tělesné teploty

---

- kontaktní měření
  - rtuťový (dnes již pouze bezrtuťový) nebo elektronický teploměr v podpaží, dutině ústní nebo konečníku
- bezkontaktní měření
  - detekce infračerveného záření
- lékařská termografie

# Tělesná teplota

---

- normální teplota
  - v podpaží 34,7 – 37,3 °C
  - v ústech 35,5 – 37,5 °C
  - v konečníku 36,6 – 38,0 °C
  - v uchu 35,8 – 38,0 °C
- denní cyklus
  - nejvyšší obvykle kolem 17. hodiny
  - u dětí se mění až o 2 °C, v dospělosti méně
- dlouhodobé cykly

# Kontaktní měření

---

- rtuťový teploměr
  - rozsah obvykle 35 – 42 °C
  - dělení po 0,1 °C
  - nevýhodou pomalé měření
- elektronický teploměr
  - určené k orientačnímu měření v podpaží
  - kovová špička s teplotním senzorem, LCD display, bateriové napájení
  - automaticky ukončí měření při malém  $dT/dt$

# Termistory

---

- nelineární polovodičové sensory s velkou závislostí odporu na teplotě
- v úzkém rozsahu teplot můžeme linearizovat

$$R = R_0 (1 + \alpha_0 (T - T_0))$$

- chyba způsobená linearizací v rozsahu  $\pm 15$  °C je maximálně  $\pm 0,1$  °C
- zapojujeme buďto do obvodu s referenčním proudovým napájením nebo do Wheatsonova můstku

# Bezkontaktní měření

---

- infračervené teploměry nebo lékařské termografy
  - termografy pro měření rozložení teploty na povrchu tkání
  - čelní infrateploměry
  - ušní infrateploměry pro měření teploty ušního bubínku

# Tepelné záření

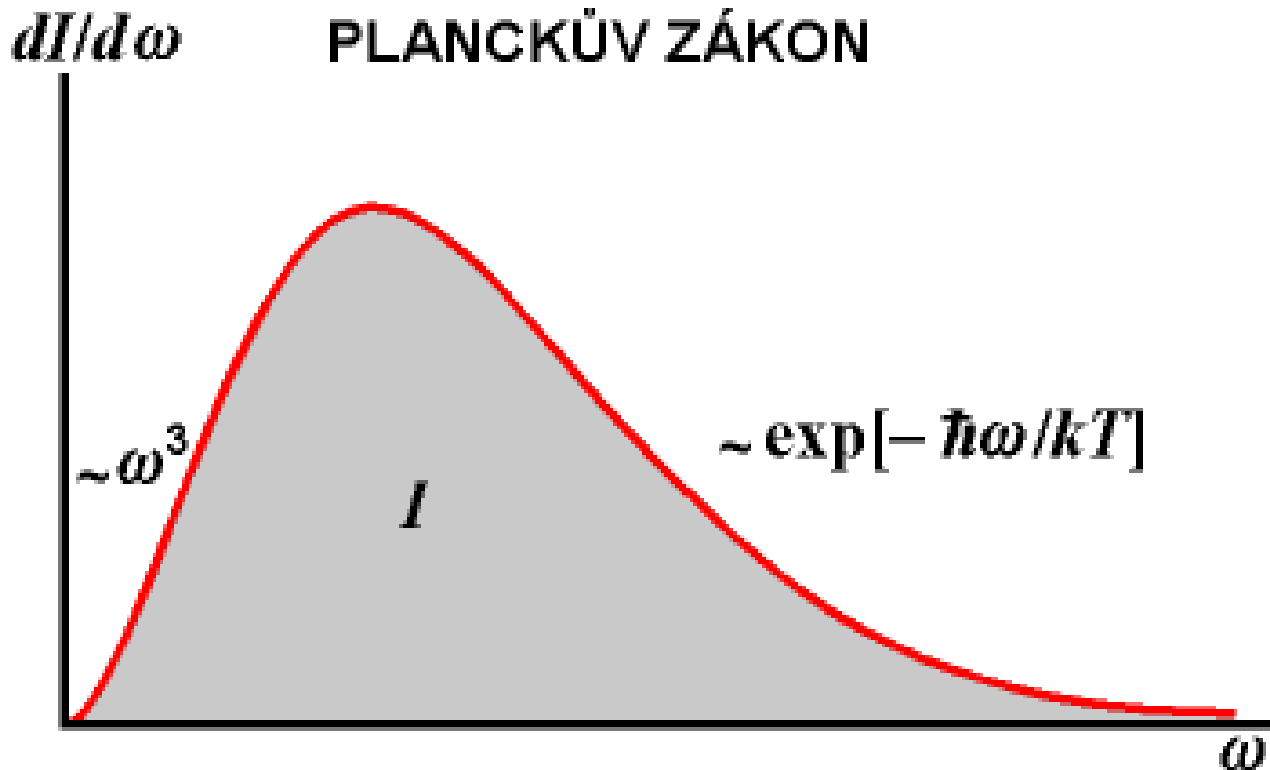
---

- každé těleso s teplotou větší než 0 K vyzařuje tepelné záření, při teplotách nižších než asi 500 °C se jedná o infračervené záření
- absolutně černé těleso má pohltivost  $\alpha = 1$
- v přírodě pohltivost  $\alpha$  vždy menší než 1



# Záření absolutně černého tělesa

$$\frac{dI}{d\omega} = \frac{\hbar}{\pi^2 c^2} \frac{\omega^3}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT}\right) - 1}$$



# Záření skutečného tělesa

---

- emisivita absolutně černého tělesa  $\varepsilon = 1$
- emisivita skutečného tělesa  $\varepsilon < 1$
- platí

emisivita  $\varepsilon$  + propustnost  $\tau$  + odrazivost  $\rho = 1$

# Záření lidského těla

---

- typická emisivita  $\varepsilon = 0,93 - 0,96$
- z Wienova zákona  $\lambda_{MAX} = 9 \mu\text{m}$
- většina energie v rozsahu vlnových délek  $5 - 15 \mu\text{m}$

# Bezkontaktní teplotní snímače

---

- tepelné, tzv. bolometry
  - reagují změnou vlastností na ohřátí dopadajícím IR zářením
  - materiály s vysokým tepelným součinitelem odporu, např.  $\text{VO}_2$
  - plošné matice až  $640 \times 480$  prvků na společné masivní destičce + regulační termistor

# Bezkontaktní teplotní snímače

---

- kvantové
  - využívají vnitřní fotoelektrický jev intrinzického polovodiče
  - při dopadu fotonu s dostatečnou energií dojde k vyražení elektronu z valenční do vodivostní vrstvy, důsledkem zvýšení vodivosti materiálu

# Bezkontaktní teplotní snímače

---

- energie fotonu

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

- $E = 0,14$  eV pro  $\lambda = 9 \mu\text{m}$ 
  - šířky zakázaného pásma běžných polovodičů –
    - Ge 0,67 eV; Si 1,14 eV
- používány MCT materiály (Mercury Cadmium Tellurid)  
 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$
- MCT materiály je třeba chladit, obvykle Peltiérovými články

# Literatura

---

1. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje –  
– učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
2. Chmelař, M: Lékařská přístrojová technika.  
CERM s. r. o., Brno, 1995.