

# Úvod do měření teploty těla

Škorpíková

# Základní pojmy

Teplota

Teplo

- Teplotní stupnice – definice na základě účinnosti vratného Carnotova cyklu

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

$\eta$  účinnost cyklu

T termodynamická teplota

$Q_2$  odebrané teplo teploměrné lázni z lázně s teplotou  $T_2$

$Q_1$  odebrané teplo teploměrné lázni z lázně s teplotou  $T_1$

přičemž platí  $T_2 > T_1$

V případě ideálního stavu  $\gamma = 1$  potom platí

$$T_2/T_1 = Q_2/Q_1$$

Teploměrnou látkou může být plyn pro který platí v souladu s Carnotovým cyklem stav. rovnice

$$pV = R_m T$$

$R_m$  molární plynová konstanta,  $V$  objem plynu

pro konstantní objem vyplývá z rovnice pro plynový teploměr

$$T = T_0 p/p_0 \quad (p_0 = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}, T_0 = 273,15 \text{ K})$$

V praxi se využívají různé teplotní stupnice

# Teplota lidského těla

## 1/ Stálá tělesná teplota

- teplotu tělesného jádra, povrchovou
- tělesná teplota vykazuje určité kolísání během dne

## 2/ Tvorba tepla

- jako produkt metabolismu
- vytváří se v organismu v orgánech v různé míře

### 3/ Ztráty tepla

- Kondukcí ( vedením)
- Radiací ( sáláním)
- Konvekcí ( prouděním)
- Evaporací ( odpařováním)

### 4/ Regulace tělesné teploty

( přítomnost detektorů teploty – termoreceptory)

- Snižování tělesné teploty ( vazodilatace, pocení, zvýšení dýchací frekvence, snížení tepelné produkce)

## - Zvyšování tělesné teploty

vazokonstrikce, svalový třes, zvyšování metabolických procesů, chemická termogeneze

Přehřátí organismu (hypertermie)

Horečka

Podchlazení organismu

# Měření tělesné teploty

- Rozdělení lékařských teploměrů

- Invazní a neinvazní

- A/ Kontaktní

- Dilatační

- Digitální

- Chemické

- B/ Bezkontaktní

- Infračervený teploměr

teploměry

Infračervený ušní teploměr

Infračervený čelní teploměr

Kalibrace IR teploměru

Teorie bezkontaktního měření teploty

- v roce 1800 objevil William Herschel
- -využívá se při bezkontaktním měření teploty vlnové délky jen úzký svazek infračerveného záření 0,75  $\mu\text{m}$  až 1 mm.

Černé těleso, emisivita

- absolutně černé těleso ( $\epsilon = 1$ )



zákon

Šedá tělesa ( $\epsilon < 1$  pro konstantní vlnové délky)

Selektivní zářiče ( $\epsilon$  se mění v závislosti na vlnové délce)

## **Zákony záření**

### *Stefan-Bolzmannův zákon*

Udává intenzitu vyzařování pro danou teplotu v celém rozsahu vlnových délek

$$M_0 = \sigma T^4$$

kde  $\sigma$  je Stef.Bolzmannova konstanta

Pro nedokonalé zářiče ( označují jako šedé povrchy) platí

$$M_0 = \sigma T^4$$

# zákon

## *Planckův vyzařovací zákon*

*záření o frekvenci  $f$  může být vyzařováno nebo pohlcováno pouze po kvantech energie o velikosti  $E = hf$ , kde  $h$  je Planckova konstanta.*

$$E_{0\lambda} = c_1 \cdot \lambda^{-5} / e^{(c_2/\lambda T - 1)}$$

*kde  $E_{0\lambda}$  je spektrální hustota zářivého toku černých objektů do poloprostoru*

*$T$  je teplota objektu  $\lambda$  je vlnová délka záření*

$$c_1 = 3,74 \cdot 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_2 = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{m}$$

*(se zvětšující se teplotou zdroje se zvětšuje spektrální hustota zářivého toku dokonale černého tělesa )*

zákony

## *Wienův zákon posunu*

*Maximální hodnota spektrální hustoty zářivého toku se s rostoucí teplotou posouvá ke kratším vlnovým délkám*

$$\lambda_{max} \cdot T = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$$

*kde  $\lambda_{max}$  je maximální vlnová délka pro vyzařování*

## *První Kirchhoffův zákon*

*Zabývá se interakcí záření s objektem a udává, že součet reflektance  $r$ , absorpance  $a$  a transmitance  $t$  daného objektu je vždy roven jedné*

$$r + a + t = 1$$

Zákon

## *Druhý Kirchhoffův zákon*

*Objekt je tak dokonalým zářičem, jak dovede záření pohlcovat*

$$\epsilon = a$$

## ***Infračervené záření vyzařované lidským tělem***

*Suchý neochlupený rovinný povrch těla v oblasti nad 6  $\mu\text{m}$  chová téměř jako černé těleso. Pro přesná měření jej považujeme za šedý zářič s  $\epsilon = 0,98$  až  $0,99$ . Jako sselektivní zářič se tělo chová ve spektrální intrvalu 3 – 6  $\mu\text{m}$ .*

### *Vnitřní faktory*

*Základem je látková a energetická výměna. Regulace ztrát tepla je tvořena*

*fyzikální termoregulací a regulací tvorby tepla chemickou termoregulací.*

## Infračervené záření vyzařované

### *Vnější faktory*

*Pro vlastnosti snímaného povrchu – kůži platí, že v tomto spektrálním intervalu nad  $6 \mu\text{m}$  ( $\epsilon = 0,98 - 0,99$ ) není pro infračervené záření transparentní, lze ji považovat za matný materiál s koeficientem reflexe 1 až 2% a může částečně ovlivnit obraz teplotního reliéfu kůže.*

*Značný význam má teplota vnějšího prostředí*

- neutrální prostředí*
- -chladné prostředí*
- -teplé prostředí*

*/ proudění vzduchu, vlhkost/*

# Detektory infračerveného záření

Detektory rozdělujeme z hlediska principů detekce na dva základní typy:

*Tepelné detektory - nejpoužívanější bolometrické detektory, kdy se elektrický odpor bolometru mění v závislosti na zvýšení teploty materiálu. Vlastnost určuje teplotní součinitel odporu- vysoká tepelná vodivost a nejmenší tepelná kapacita.*

*Fotonové detektory - pracují na principu vnitřního fotoelektrického jevu (polovodičový materiál - PbS, PbSe, Si/Ga, Si/In ). Vyhoda – jsou citlivější, než tepelné. Nevýhoda- vyžadují chlazení.*

## Pyrometrie

*Pyrometry jsou veškeré bezdotykové přístroje, které zachycují a měří termální radiaci emitovanou zkoumaným objektem za účelem zjištění teploty jeho povrchu.*

*Skládá se z optické soustavy, detektoru a elektronických obvodů. Výstupní hodnota detektoruje použita k vypočítání teploty objektu. Infračervené termometry (pyrometry) měří energii na vlnové délce 0,7 – 20  $\mu\text{m}$ .*

## Pyrometry

- *Úhrnné pyrometry*

jsou to radiační pyrometry vyhodnocující tepelné záření v celém spektru vlnových délek ( optický systém je tvořen soustavou čoček z materiálů se širokým spektrem prostupnosti nebo zrcadlem se širokým spektrem odrazivosti).

### *Monochromatické pyrometry*

je spektrálně selektivní pro velmi úzkou šíři vlnového pásma ( $\Delta\lambda$ ).

### *Pásmové pyrometry*

jsou spektrálně selektivní , které měří teplotu prostřednictvím záření ve stanoveném pásmu vlnových délek. Používají se tepelné i kvantové detektory.

### *Poměrové pyrometry*

Měří energii vyzářenou objektem ve dvou úzkých pásmech vlnových délek a počítají poměr těchto dvou energií ( dvoubarevné radiační pyrometry

Termovize

Přednáška ve studijních materiálech v IS.