

# Měření teploty

**Termometrií** se určuje **teplota** – objektivní míra tepelného stavu látky. Dle SI je základní veličinou **termodynamická teplota**, jejíž jednotkou je **Kelvin**.

K měření teploty se používaly či používají následující teplotní stupnice:

- termodynamická teplotní stupnice;
- Celsiova teplotní stupnice;
- Fahrenheitova teplotní stupnice;
- Réaumurova teplotní stupnice;
- Rankineho teplotní stupnice.

**Centrální tělesnou teplotu (TT)** měříme intrakavitálně, nejčastěji **per rectum**.

**Periferní TT** měříme nejčastěji **na dorsu nohy** a dále hodnotíme teplotní diferenci.

**Rozdíl** mezi centrální a periferní TT  $> 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  svědčí pro hypovolemii nebo zvýšenou  $\alpha$ -mimetickou aktivitu, rozdíl  $> 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  svědčí pro šokovou cirkulaci, těžkou hypovolemii.

**Indikací ke kontinuálnímu měření TT jsou:**

- intrakraniální hypertenze;
- thiopentalové kóma;
- pacienti s hemodynamickou nestabilitou;
- pacienti s náročným ventilačním režimem;
- pacienti s maligní hypertermií.

## Způsob měření

**Teplota** se dá měřit pouze nepřímo na základě známých fyzikálních jevů za různých teplot. **Termometrie** se proto provádí několika způsoby, založenými většinou na **objemové roztažnosti kapalin** nebo **délkové roztažnosti pevných látek za různé teploty**. Nejpresnější je **intrakavitální** měření, tj. **rektálně, vaginálně, orálně** (aurikulární měření nelze považovat za přesné).

Z praktického hlediska naměření vyšší axilární teploty s vysokou pravděpodobností predikuje vyšší hodnotu rektální, ale normální axilární teplota nevylučuje vyšší hodnotu rektální. Při pochybnostech o **axilární teplotě** je proto nutno pacienta přeměřit **rektálně**.

## Kapalinové teploměry

Jedná se o nejrozšířenější používané teploměry vůbec. Bývají většinou **rtuťové**, i když jsou postupně kvůli toxicitě **rtuti** vytlačovány. Skládají se z **rtuťového rezervoáru s kapilárou a stupnice**. S rostoucí teplotou rtuť mění svůj objem a šplhává v kapiláře. Používají se dvě základní modifikace:

- **maximální teploměr** – zaznamenává nejvyšší naměřenou hodnotu. Vlivem zúžení kapiláry nad rezervoárem zůstává po použití rtuť na maximálním bodě a je nutno ji do rezervoáru „sklepat“. Doba ustálení konečné teploty je několik minut.
- **rychloměřka** – měří okamžitou teplotu a její hodnota se ustálí rychleji

Dalším druhem kapalinového teploměru je **teploměr lihový**, měřící v rozsahu od  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Rtuťové teploměry

Citlivost těchto teploměrů roste s objemem rezervoáru a menším poloměrem kapiláry. Tyto teploměry měří s přesností na desetiny stupně.

## Bezdotykové teploměry

Každé těleso o určité teplotě podle Stefan-Boltzmannova zákona vyzařuje tepelné záření. **Infračervený bezdotykový teploměr' někdy též pyrometr je založen na principu měření množství takto vyzářené energie v infračerveném spektru. Protože Stefan-Boltzmannův zákon platí pro černá tělesa, zavádí se pro reálná tělesa veličina emisivity. Emisivita je poměr mezi vyzařováním reálného tělesa a černého tělesa při stejné teplotě. U reálných těles je navíc nutno přihlídnout k jejich průhlednosti a odrazivosti'. U průhledných materiálů se přesnosti dosahuje spektrální filtrací, např. sklo se chová neprůhledně pro vlnovou délku  $5\text{ }\mu\text{m}$ . U odrazivých materiálů dochází k měření nejen vlastního, ale i odraženého záření.**

Konstrukce se skládá z optické soustavy (čoček, optických vláken, spektrálních filtrů), která určuje průměr měřené oblasti v předepsané vzdálenosti. Pro zaměření měřené oblasti se používají světelné nebo laserové zaměřovače. Paprsky jsou soustředěny do detektoru, kterým bývá **fotovoltaický článek** nebo **fotorezistor**. Vzniká tak elektrický signál, který je zesílen a různě zobrazen.

Výhodou je **bezkontaktnost**, možnost měření na větší vzdálenosti, **rychlá odpověď** a zanedbatelné ovlivnění měřeného objektu.

## Kovové odporové teploměry

Tento teploměr je založený na změně elektrického odporu kovu se změnou teploty. Tato závislost může být vyjádřena vztahem:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t),$$

kde  $R_t$  je odpor při teplotě  $t$ ,  $R_0$  je odpor při nulové teplotě a  $\alpha$  ( $K^{-1}$ ) je teplotní součinitel odporu

Výhodou tohoto typu teploměru je **linearita měření ve velkém rozsahu teplot a lehké vyhodnocení**. Nejpoužívanější je **platinový** teploměr, který změří teplotu v rozsahu od  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $440\text{ }^{\circ}\text{C}$ , přičemž měří s přesností na tisíce stupňů. Tento typ teploměru je používán nejvíce v technické praxi a často bývá součástí složitějších měřících zařízení (např. jako snímač na měření referenční teploty termočlávkových sond).

## Termočlánek

Termoelektrické články měří teplotu na základě **termoelektrického jevu**. Ten funguje na principu, že v uzavřeném elektrickém obvodu dvou vodičů z různých kovů, kdy má každý různou teplotu, teče **elektrický proud**. Pokud tento obvod rozpojíme, jsme schopni měřit hodnoty **termonapětí**, které jsou dány rozdílem teploty mezi spoji. Pro praktické užití termočlátku se jeden vodič dá do prostředí s **referenční teplotou** (v praxi teplota místnosti, cca  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a druhý se vloží do prostředí, kde chceme teplotu změřit. Voltmetrem se poté měří hodnota termonapětí mezi spoji, s přesností na setiny stupňů Celsia.

Zmíněné **termonapětí** je kvadratickou funkcí teploty. V případě jeho využití v medicíně, kde je rozsah teplot jen od  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , můžeme danou lineární závislost vyjádřit pomocí vztahu:

$$U_{AB} = k \cdot (t_A - t_B)$$

kde  $U_{AB}$  je termonapětí mezi referenčním a měřícím bodem termočlátku,  $t_A$  a  $t_B$  jsou teploty těchto bodů;  $k$  je kalibrační konstanta závisící na typu termočlátku. V medicínských aplikacích jsou nejpoužívanější hlavně termočlánky **měď-konstantan** (kalibrační konstanta  $40\text{ }\mu\text{V/K}$ ) nebo **mangan-konstantan**. Přesnost měření teploty pomocí termočlátku závisí na citlivosti voltmetru měřícího termonapětí a na přesnosti měření teploty studeného konce termočlátku.

Výhodou termočlávků je **miniaturizace**, proto se v lékařství používají jako invazivní měřiče teploty, např. pro účely **hypertermie**.

## Termistor

Měření teploty **termistorem** je založeno na měření **elektrického odporu**, kdy s rostoucí teplotou hustota volných elektronů v polovodiči prudce stoupá. Tím klesá elektrický odpor.

Daná závislost může být vyjádřena rovnicí:

$$T = B \cdot (\ln R - \ln A)$$

kde  $B$  a  $A$  jsou materiálové konstanty,  $R$  je odpor a  $T$  je absolutní teplota polovodiče.

Měření je velmi přesné, řádově v mK. Čidla pro termistory jsou většinou invazivní jehly, kdy samotný termistor je ve špičce této jehly.

## Fosforová termometrie

**Fosforová termometrie** slouží k měření teploty povrchů pokrytých vrstvou fosforu. Fosfor po excitaci díky luminiscenci emituje světlo. Jeho jasnost, barva a doba dozívání jsou závislé na teplotě. Nejčastěji se využívá závislost **doby dozívání** po excitaci na **teplotě**. Využívá se ve **vláknových invazivních termometrech**.

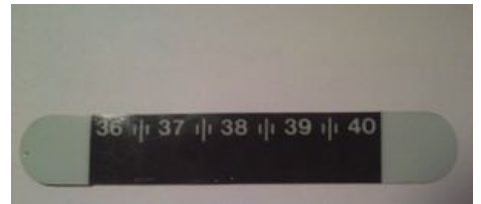
## LC teploměry

LC (liquid crystal) teploměry fungují na bázi tekutých krystalů, které mění barvu v závislosti na teplotě. Rozlišovací schopnost může být až  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V podobě **jednorázových teplotních proužků** je lze využít k měření tělesné teploty na čele.

## Odkazy

## Související články

- Článek o měření teploty v Katalogu metod v biofyzice
- Sledování fyziologických funkcí
- Termografie
- Měření a hodnocení tělesné teploty
- Chyby měření fyzikálních veličin, relativní chyba



Jednorázový teplotní proužek

## Externí odkazy

- Phosphor thermometry (anglická wikipedie) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphor\\_thermometry](https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphor_thermometry))
- Liquid crystal thermometer (anglická wikipedie) ([https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_crystal\\_thermometer](https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal_thermometer))

## Zdroj

- KUBATOVA, Senta. *Biofot* [online]. [cit. 2011-01-31]. <<https://uloz.to/!CM6zAi6z/biofot-doc>>.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. s. 68-72. ISBN 80-247-1152-4.
- HAVRÁNEK, Jiří: *Ostatní monitoring*.
- BARRON, W. R. *Principles of Infrared Thermometry* [online]. [cit. 2012-12-28]. <<https://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z059-062.pdf>>.