

# Teplota a její měření

- 1 Teplota
  - 1.1 Celsiova teplota
  - 1.2 Fahrenheitova teplota
  - 1.3 Termodynamická teplota
    - Kelvin
- 2 Teplotní stupnice
  - 2.1 Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990
- 3 Teplotní rozdíl
- 4 Teploměr
  - Bolometr
  - Termograf
- 5 Teplotní roztažnost

## T0 Teplota a její měření

Teplota je stavová veličina charakterizující termodynamický stav jakékoliv makroskopické soustavy.

Teplotu lze kvantitativně vyjadřovat různými způsoby, které odlišujeme různými názvy. Nejznámější jsou:

- [Celsiova teplota](#),
- [Fahrenheitova teplota](#) a
- [termodynamická teplota](#).

Pro praktická měření teploty se používají [teplotní stupnice](#). Mezinárodně byla přijata [Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990](#), která je založena na 14 pevných bodech.

Teplotu měříme [teploměry](#). Tyto přístroje jsou založeny na závislosti některé fyzikální veličiny na teplotě. Nejznámější jsou teploměry založené na [teplotní roztažnosti](#).

## T1 Teplota

*Teplota* je [stavová veličina](#) charakterizující [termodynamický stav](#) jakékoliv [makroskopické soustavy](#).

Z [nultého termodynamického principu](#) plyne, že každému rovnovážnému stavu soustavy lze přiřadit určitou hodnotu teploty, která je v každém místě dané homogenní soustavy stejná a že tato hodnota je táž pro všechny soustavy, které jsou navzájem v [termodynamické rovnováze](#) s danou soustavou.

Nejrůznější stavové veličiny závisejí na teplotě, tj. mění se při její změně. Proto může být k definici teploty a k jejímu měření použita, obecně vzato, kterákoli z těchto závislostí, a to tak, že se předepíše její tvar u zvolené látky za přesně stanovených podmínek (viz též [teploměr](#), [teplotní stupnice](#)). Taková definice teploty je však založena na vlastnostech dané látky, tzv. *teploměrné látky*, popř. skupiny látek ([ideálních plynů](#)). Navíc je možná jen pro jistý omezený teplotní interval.

Nezávisle na vlastnostech vybraných látek je [definována termodynamická teplota](#), která je od roku 1960 také jednou ze základních fyzikálních veličin [Mezinárodní soustavy jednotek](#). Pro praktické měření teploty se používá [Mezinárodní teplotní stupnice](#) z roku 1990.

### T1.1 Celsiova teplota

**Celsiova teplota**, značka  $t$ , popř.  $\vartheta$ , je [teplota](#) definovaná vztahem

$$t = T - T_0,$$

kde  $T$  je odpovídající [termodynamická teplota](#) a termodynamická teplota  $T_0$  je podle definice přesně 0,01 K pod termodynamickou teplotou trojného bodu vody, tedy  $T_0 = 273,15$  K. Této teplotě přísluší hodnota nula Celsiovy teploty, tj. hodnota  $t = 0$  °C.

Jednotka Celsiovy teploty se nazývá **Celsiův stupeň**, značka °C, což je mezinárodně stanovený zvláštní název pro jednotku **kelvin** při vyjadřování hodnot Celsiovy teploty.

Uvedená mezinárodní definice Celsiovy teploty je stanovena tak, že se tato teplota v co nejvyšší míře shoduje s teplotou stanovenou dřívější **Celsiovou teplotní stupnicí**. Tato **empirická teplotní stupnice** byla původně založena na teplotní roztažnosti rtuti a na dvou **základních bodech**: teplotě tání ledu 0 °C a teplotě varu vody 100 °C, obou při tzv. **normálním tlaku** ( $1,013\,25 \cdot 10^5$  Pa). Používala se od 18. století.

Viz též [Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990](#), [teplotní rozdíl](#), [Celsius](#).

## T1.2 Fahrenheitova teplota

**Fahrenheitova teplota** je teplota vyjádřená v jednotce **Fahrenheitův stupeň**, značka °F, jejíž číselná hodnota vyjádřená v této jednotce,  $t_F / ^\circ\text{F}$ , souvisí s odpovídající číselnou hodnotou **Celsiovy teploty** vyjádřenou v jednotce **Celsiův stupeň**,  $t / ^\circ\text{C}$ , vztahem

$$\frac{t_F}{^\circ\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{t}{^\circ\text{C}} + 32.$$

Fahrenheitova teplota se dosud běžně používá zejména v USA a ve Velké Británii.

## 1.3 Termodynamická teplota

**Termodynamická teplota**, značka  $T$ , popř.  $\theta$ ; jedna ze základních veličin **Mezinárodní soustavy jednotek**, je definována na základě vztahu

$$T = \frac{Q}{Q_z} T_z$$

platného pro vratný **Carnotův cyklus**.  $Q$  je teplo, které přijme během jednoho cyklu látka, v níž tento vratný děj probíhá, od soustavy (**tepelné lázně**) s konstantní teplotou  $T$  a  $Q_z$  je teplo, které během jednoho cyklu tato látka odevzdá další soustavě (lázni) s konstantní teplotou  $T_z$ .

Jestliže teplotou  $T_z$  je zvolená základní termodynamická teplota, je uvedeným vztahem definována termodynamická teplota  $T$  (a to nezávisle na tom, v jaké látce tento cyklus pobíhal) a může být také určena měřením tepel  $Q$  a  $Q_z$ . **Základní teplotou je od roku 1954 stanovena mezinárodně termodynamická teplota trojného bodu vody, již se připisuje hodnota přesně 273,16 K.**

Jednotkou SI termodynamické teploty je **kelvin**, značka K. Měření termodynamické teploty prováděné s dostatečnou přesností přímo na základě její uvedené definice je však velmi obtížné, a proto se pro praktická měření používá [Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990](#).

## Kelvin

***Kelvin***, značka K, je jednotkou termodynamické teploty a jednou ze základních jednotek SI. Je roven  $1/273,16$  termodynamické teploty trojného bodu vody.

Do roku 1967 se tato jednotka nazývala stupeň Kelvinův a značila se °K.

## T2 Teplotní stupnice

**Teplotní stupnice** je posloupnost číselných hodnot teploty přiřazených různým stavům zvolené soustavy, tělesa, popř. látky.

Teplotní stupnice je zpravidla určena na základě závislosti zvolené stavové veličiny na teplotě (*empirická teplotní stupnice*).

Součástí každé teplotní stupnice jsou její *základní body* neboli *pevné body*. Každý z nich je určen hodnotou teploty přiřazenou zvolenému rovnovážnému stavu mezi fázemi vhodné chemicky čisté látky.

Viz též Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990.

### T2.1 Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990

**Mezinárodní teplotní stupnice z roku 1990**, mezinárodní zkratka *ITS – 90*, je teplotní stupnice přijatá mezinárodně pro praktická měření teploty od 0,65 K až do nejvyšších teplot prakticky měřitelných na základě Planckova zákona vyzařování.

Je založena na 14 pevných bodech, jimiž jsou hodnoty teplot zvolených rovnovážných stavů stanovené v mezích dosažitelné přesnosti ve shodě s hodnotami jejich termodynamické teploty. Těmito stavy jsou:

- trojné body a
  - rovnovážné stavy mezi pevnou a kapalnou fází určitých látek při stanoveném tlaku.
- Ostatní hodnoty teploty se určují na základě předepsaných interpolačních postupů pomocí určených měřicích přístrojů (teploměrů).

Tato stupnice nahrazuje *Mezinárodní praktickou stupnici z roku 1968, IPTS - 68* a *Prozatímní teplotní stupnici 0,5 K až 30 K z roku 1975*.

Veličiny odpovídající termodynamické teplotě  $T$  a Celsiově teplotě  $t$  definované v této stupnici z roku 1990 se označují  $T_{90}$  a  $t_{90}$ , kde

$$t_{90} = T_{90} - 273,15 \text{ K.}$$

$T_{90}$  se nazývá **mezinárodní Kelvinova teplota** a  $t_{90}$  **mezinárodní Celsiova teplota**.

Jednotka teploty  $T_{90}$  je kelvin, značka K, stejně jako pro teplotu  $T$ . Jednotka teploty  $t_{90}$  je Celsiův stupeň, značka °C, stejně jako pro teplotu  $t$ .

### T3 Teplotní rozdíl

***Teplotní rozdíl*** je rozdíl dvou hodnot [teploty](#). Rozdíly hodnot [termodynamické teploty](#) a odpovídajících hodnot [Celsiovy teploty](#) jsou si rovny a jednotky, v nichž se vyjadřují, [kelvin](#), značka K a Celsiův stupeň, značka °C, jsou totožné.

Dřívější jiné názvy a značky jednotky teplotního rozdílu, např. degré nebo degree (stupeň), deg, degree centigrade (stodílkový stupeň) se podle mezinárodně schválených doporučení již nemají používat.

Viz též [teplotní gradient](#).

## T4 Teploměr

**Teploměr** je přístroj pro měření [teploty](#). K měření se využívá závislosti některých veličin [charakterizujících rovnovážný termodynamický stav](#) různých látek na teplotě.

Teploměr, u něhož je určování teploty založeno na závislosti objemu určité látky nebo délky jistého pevného tělesa na teplotě, se nazývá **dilatační teploměr**. Teploměr, u něhož je touto látkou kapalina, se nazývá též **kapalinový teploměr**; nejběžnější je **rtuťový teploměr**, často se užívá též **lihový teploměr**.

U **plynových teploměrů**, např. u **vodíkových teploměrů**, se určuje teplota na základě závislosti objemu plynu na teplotě při stálém tlaku (**stejnotlakový plynový teploměr**) nebo závislosti tlaku plynu na teplotě při stálém objemu (**stejnoobjemový plynový teploměr**).

**Bimetalový teploměr** (**dvojkovový teploměr**) je tvořen páskem skládajícím se ze dvou pevně spojených vrstev kovů (dvojkov, bimetal) s různou teplotní roztažností. Při změně teploty se proto pásek ohýbá a podle velikosti této deformace se určuje teplota.

U **odporového teploměru** se využívá závislosti elektrického odporu vodiče nebo polovodiče na teplotě.

**Termistorový teploměr** obsahuje polovodičový element zvaný [termistor](#), jehož [elektrický odpor](#) prudce klesá s rostoucí teplotou.

**Termoelektrický teploměr** je založen na využití závislosti termoelektromotorického napětí [termoelektrického článku](#) na teplotě. Velkou výhodou těchto teploměrů jsou velmi malé rozměry jejich čidla, takže teplotu lze určovat téměř bodově.

**Radiační teploměr** (**pyrometr**) se používá k měření zpravidla vysokých teplot, přičemž se využívá zákonů platících pro [tepelné záření](#) vysílané z povrchu měřeného tělesa. Jedná se o bezkontaktní měření teplot například ve vysoké peci.

### Bolometr

**Bolometr** je tvořen tenkým drátkem nebo páskem (fólií) meandrovitého tvaru zpravidla z platiny, jehož povrch je začerněn. Záření dopadající na bolometr způsobuje, že jeho teplota se zvýší a v důsledku toho i jeho elektrický odpor.

Používá se k měření např. veličin charakterizujících [tepelné záření](#).

### Termograf

**Termograf** je přístroj, který graficky zaznamenává časový průběh [teploty](#) měřeného objektu. Často jde o [bimetalový teploměr](#). Termograf se například používá při kontinuálním měření teploty v [meteorologické budce](#).

## T5 Teplotní roztažnost

Teplotní roztažnost je jev projevující se tím, že při změně teploty látky se mění její objem (*objemová teplotní roztažnost*) a u pevných těles také jejich délkové rozměry (*délková teplotní roztažnost*).

Objemovou teplotní roztažnost charakterizuje její *teplotní součinitel objemové roztažnosti*  $\alpha_V$  definovaný vztahem

$$\alpha_V = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT},$$

kde  $dV$  je změna objemu  $V$  daného [látkového množství](#) látky při elementární změně  $dT$  její [termodynamické teploty](#).

Délkovou teplotní roztažnost pevné látky charakterizuje její *teplotní součinitel délkové roztažnosti*  $\alpha_l$  definovaný vztahem

$$\alpha_l = \frac{1}{l} \frac{dl}{dT},$$

kde  $dl$  je změna délky  $l$  tělesa z této látky při elementární změně  $dT$  termodynamické teploty.

Aby obě výše uvedené definice byly jednoznačné, je třeba u nich specifikovat (zejména u definice  $\alpha_V$  pro plyny), pro jaký typ změny jsou stanoveny. Zpravidla je to vratná změna při stálém tlaku (viz též [izobarický děj](#)).

Teplotní součinitel objemové roztažnosti všech [ideálních plynů](#) při stálém tlaku je stejný, nezávisí na hodnotě stálého tlaku a při teplotě  $0\text{ }^\circ\text{C} \approx 273,15\text{ K}$  se rovná  $1/(273,15\text{ K}) \approx 0,003\,661\text{ K}^{-1}$ .

Jednotkou SI teplotního součinitele objemové i délkové roztažnosti je reciproký kelvin, značka  $\text{K}^{-1}$ .