

# Teplo a teplota

Teplo – druh energie !!! Teplota – vlastnost vyjadřující stav látky

*Tělesům, která jsou při vzájemném dotyku v rovnovážném stavu, přiřazujeme stejnou teplotu.* Tento poznatek bývá někdy označován jako **0. termodynamický zákon**.

Pokud tělesa při uvedení do vzájemného dotyku mění své původní rovnovážné stavy, pak měla tělesa na počátku děje různé teploty. K určení teploty je třeba zvolit vhodné srovnávací těleso - **teploměr**, u něhož stanovíme fyzikální veličinu, pomocí které budeme teplotu měřit (objem kapaliny, tlak plynu, ...). Dále je nutno stanovit **teplotní stupnici a jednotku teploty**.

**Celsiova teplotní stupnice** má dvě základní teploty: **0°C** (rovnovážný stav vody a jejího ledu za normálního tlaku **1,01325.10<sup>5</sup> Pa**) a **100°C** (rovnovážný stav vody a její syté páry za normálního tlaku), mezi nimiž je rozdělena na 100 stejných dílků. Jeden dílek odpovídá jednomu **Celsiovu stupni** (°C). Celsiova teplota se značí *t*.

## Termodynamická teplota

Vědci i technici se snažili vytvořit takovou teplotní stupnici, která by byla nezávislá na teploměrné látce. Tuto stupnici zavedl skotský fyzik W. Thomson (lord Kelvin). Na základě poznatků termodynamiky o účinnosti tepelných strojů zavedl tzv. **termodynamickou teplotní stupnici**, která se stala základní teplotní stupnicí. Teplota vyjádřená v termodynamické teplotní stupnici se nazývá **termodynamická teplota**, značí se *T*, [K] (= kelvin).

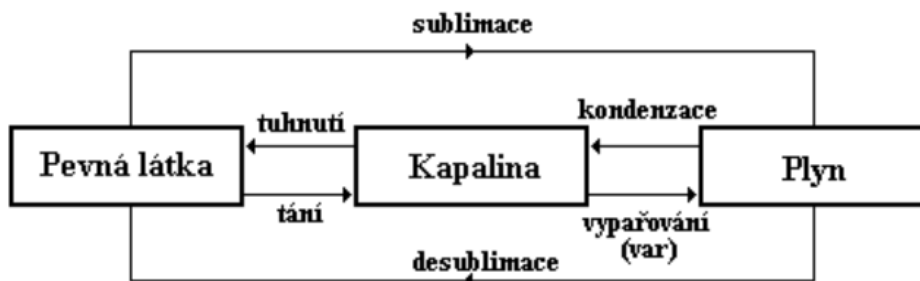
Termodynamická teplotní stupnice má jen jednu základní teplotu - teplotu rovnovážného stavu vody, její syté páry a ledu (tzv. **trojný bod**). Trojnému bodu vody byla přiřazena teplota **T<sub>γ</sub> = 273,16 K**. Z této volby vyplývá i definice kelvinu - teplotní rozdíl Celsiovy a termodynamické teplotní stupnice je stejný.

Termodynamická teplotní stupnice a Celsiova stupnice (na rozdíl od Fahrenheitovy teplotní stupnice či Réaumurovy teplotní stupnice) jsou vůči sobě jenom posunuté o „**273 dílků**“!

Termodynamická teplota libovolné soustavy se může přiblížit hodnotě 0 K, ale nemůže jí nikdy dosáhnout, jak vyplývá z třetího termodynamického zákona. Při této teplotě, která je počátkem termodynamické teplotní stupnice, nabývá kinetická energie částic soustavy minimální hodnoty, ale není nulová. V blízkosti teploty 0 K se značně mění vlastnosti látek např. elektrická vodivost (nastává supravodivost), viskozita kapalin (supratekutost), ... V současné době se podařilo dosáhnout teplot menších než 1μK.

## Změny skupenství látek

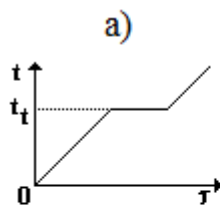
Jedna látka se může vyskytovat jako plynná, kapalná nebo pevná. Tyto tři stavy téže látky nazýváme skupenství plynné, kapalná a pevné. Změnou skupenství rozumíme fyzikální děj, při němž se mění skupenství látky. Přehled skupenských změn ukazuje obrázek.



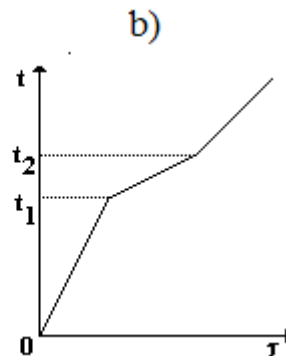
Teplo, které přijme pevné těleso již zahřáté na teplotu tání, aby se změnilo na kapalinu téže teploty, se nazývá **skupenské teplo tání *L<sub>t</sub>***. Přitom předpokládáme, že nenastávají jiné přeměny energie a vnější tlak nad tající látkou je stálý. Skupenské teplo tání závisí nejen na látce, ale také na jejím množství. Proto se zavádí **měrné skupenské teplo tání**, kde *m* je hmotnost tělesa z dané látky.

$$l_t = \frac{L_t}{m} \quad [l_t] = \text{J.kg}^{-1}$$

Zahříváme-li těleso z krystalické látky (led, krystalky sody, kov, ...) zvyšuje se jeho teplota a po dosažení teploty tání  $t_t$  se pevná látka mění na kapalinu téže teploty (viz. obr. a).



Pevné amorfní látky (vosk, sádlo, sklo, plasty, ...) při zahřívání postupně měknou, až se přemění v kapalinu, tj. tání probíhá mezi dvěma teplotami  $t_1$  a  $t_2$ . (viz. obr. b).



Ochlazujeme-li kapalinu vzniklou táním krystalické látky, mění se při **teplotě tuhnutí** v pevné těleso téže teploty. Hovoříme o **tuhnutí** látky. Pro chemicky čisté látky je teplota tuhnutí látky rovna teplotě tání za téhož vnějšího tlaku. Při tuhnutí odevzdává kapalina svému okolí **skupenské teplo tuhnutí**, které je stejné jako **skupenské teplo tání** pevného tělesa z téže látky a stejné hmotnosti. Samozřejmě, že také **měrné skupenské teplo tuhnutí** je u téže látky stejné jako **měrné skupenské teplo tání**.

Přeměna látky z pevného skupenství přímo ve skupenství plynné se nazývá **sublimace**. Za běžného atmosférického tlaku sublimuje např. jód, kafr, pevný CO<sub>2</sub> (suchý led), led, sníh, ..., stejně jako vonící či páchnoucí látky. **Měrné skupenské teplo sublimace**  $l_s$  je definováno takto:

$$l_s = \frac{L_s}{m}$$

$L_s$  je skupenské teplo sublimace přijaté látkou o hmotnosti  $m$  při její sublimaci za dané teploty. Měrné skupenské teplo sublimace závisí na teplotě, za níž látka sublimuje.

Přeměna látky ze skupenství plynného přímo ve skupenství pevné se nazývá **desublimace** (např. vytváření jinovatky z vodní páry za teploty menší než je 0 °C).

Ze zkušeností víme, že objem kapaliny v otevřené nádobě se s časem zmenšuje, neboť část kapaliny se mění v páru. Tento děj se nazývá **vypařování**. Chceme-li kapalinu hmotnosti  $m$  přeměnit v páru téže teploty, musí kapalina přijmout **skupenské teplo vypařování**  $L_v$ . **Měrné skupenské teplo vypařování**  $l_v$  se definuje vztahem

$$l_v = \frac{L_v}{m}$$

S rostoucí teplotou kapaliny klesá měrné skupenské teplo vypařování. **Měrné skupenské teplo varu** se rovná měrnému skupenskému teplu vypařování při teplotě varu kapaliny.

Děj opačný k vypařování, se nazývá **kapalnění (kondenzace)**, při němž pára v důsledku zmenšování svého objemu nebo snížením teploty kapalní. Při tomto ději se uvolňuje **skupenské teplo kondenzační**. **Měrné skupenské teplo kondenzační** je rovno měrnému skupenskému teplu vypařování téže látky při stejné teplotě.

## Měrná tepelná kapacita

Přijme-li těleso teplo  $Q$  tepelnou výměnou, vzroste jeho vnitřní energie o hodnotu  $\Delta U$  a zvýší se teplota tělesa o  $\Delta t$  (nenastane-li změna skupenství látky). Tepelnou kapacitu definujeme vztahem

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \quad [C] = \text{J.K}^{-1}$$

Měrná tepelná kapacita se pak definuje vztahem

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta t} \quad [c] = \text{J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

kde  $m$  je hmotnost tělesa. Z tohoto vztahu pro teplo dodané tělesu vyplývá:

$$Q = cm\Delta t$$

Měrná tepelná kapacita udává, jaké množství tepla je třeba dodat jednomu kilogramu látky, aby se její teplota zvýšila o jeden stupeň Celsia (resp. o jeden kelvin). [Např. voda  $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .]

## Kalorimetrická rovnice

- vyjadřuje **zákon zachování energie** při tepelné výměně. Tělesa na konci děje dosáhnou rovnovážného stavu, tzn. mají **stejnou teplotu**

$$Q_{\text{přijaté}} = Q_{\text{odebrané}}$$
$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$$

$t_2 > t_1$ ;  $t$  je **výsledná teplota**; ztráty se zanedbávají.

## Kalorimetrická rovnice se změnou skupenství

- led, který vložíme do teplé vody:

$$Q_{\text{přijaté}} = Q_{\text{odebrané}}$$
$$Q_{\text{ohřívání ledu na } 0^\circ\text{C}} + L_t + Q_{\text{ohřívání vzniklé vody}} = Q_{\text{ochlazení teplé vody}}$$
$$m_1 \cdot c_{\text{ledu}} \cdot (0 - t_1) + l_t \cdot m_1 + m_1 \cdot c_{\text{vody}} \cdot (t - 0) = m_2 \cdot c_{\text{vody}} \cdot (t_2 - t)$$

K tepelné výměně může dojít:

- Vedením** – dojde k němu např., když zahříváme kovovou tyč na jednu konci a na druhém nás brzy začne pálit. Různé látky vedou teplo různě. Výbornou tepelnou vodivost mají kovy, proto když se dotkneme kovového tělesa, jeví se nám studené – teplo, které mu dodáme, je rychle odvedeno od celého tělesa; naproti tomu při doteku špatně vodivé látky se teplo nahromadí v okolí plochy, kde se dotýkáme. Proto se nám brzy nezdá studená např. dřevěná židle. Velmi špatnou tepelnou vodivost má voda a plyny (také sypké a pórovité látky, které mají uvnitř vzduch – peří, tkaniny, suché dřevo, cihly, skelná vata). Látky špatně vodivé teplo se nazývají **tepelné izolanty** → použití ve stavebnictví.
- Prouděním** – Dojde k němu, zahříváme-li kapalinu nebo plyn zdola. Teplejší kapalina má menší hustotu, proto stoupá vzhůru a přenáší teplo do chladnějších míst. Tohoto se využívá nejvíce u vaření.
- Zářením** – tepelná výměna pomocí tepelného elektromagnetického záření – **infračervené záření**.

## Vnitřní energie

Vnitřní energie tělesa (soustavy) je součet **celkové kinetické energie** všech neuspořádaně se pohybujících částic tělesa a **celkové potenciální energie** vzájemné polohy těchto částic.

**Celková energie** tělesa (soustavy) je **součet její mechanické a vnitřní energie**. Celková energie soustavy se nemění. Ztráty způsobené třením jsou způsobeny přeměnou mechanické energie na vnitřní energii.

Těleso nebo termodynamická soustava se může nacházet v různých **stavech** – jiná struktura, skupenství, tlak, objem, teplota. Stav soustavy charakterizují **stavové veličiny**:

- **teplota  $T$ ,**
- **tlak  $p$ ,**
- **objem  $V$ .**

Při nějaké interakci (silovém působení, výměně energie) soustavy s okolím dochází ke **stavové změně soustavy, ději**.

Když mezi soustavou a okolím nedochází k výměně energie ani výměně částic, je tato soustava **izolovaná soustava**.

Každá soustava, která je od určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, přejde samovolně po určité době do **rovnovážného stavu**. V tomto stavu setrvává, pokud zůstanou tyto podmínky zachovány. Při rovnovážném stavu se nemění hodnoty stavových veličin.

## První termodynamický zákon

Celková změna vnitřní energie soustavy  $\Delta U$  se rovná součtu práce  $W$  vykonané okolními tělesy nebo soustavou silovým působením a tepla  $Q$  přijatého z okolních těles nebo odevzdaného okolním tělesům.

$$\Delta U = W + Q$$