

# 6) Teplota, teplo, vnitřní energie tělesa

## Teplota

- Popisuje **tepelný stav hmoty** (stavová veličina)
- **Měření teploty** – užíváme vlastností, které se mění s teplotou
  - Kapalinový teploměr – využívá zvětšování objemu rtuti nebo lihu s rostoucí teplotou
  - Plynový teploměr – využívá změny tlaku plynu v závislosti na teplotě
  - Odporový teploměr – využívá zvětšování el. odporu s rostoucí teplotou
  - Další teploměry:
    - Bimetalový (různá délková roztažnost)
      - pásek složený ze dvou kovů, které jsou k sobě svařené a mají různou teplotní roztažnost → díky tomu se ohýbá na jednu nebo na druhou stranu při teplotách vyšších/nížších než referenční teplota  $T_0$
      - Součást termostatů v žehličkách apod.
    - Termistor – měří teplotu v obvodu
      - Odpor polovodiče s rostoucí teplotou klesá (uvolňují se další nosiče náboje)
      - U kovů odpor s rostoucí teplotou roste (atomy mříže více kmitají a tudíž se více srážejí s elektrony a tím je brzdí)
    - Žároměrka – měří teplotu v keramické peci
    - Pyrometr – měří záření zahřátého tělesa
  - Při měření musí být teploměr a těleso, jehož teplotu měříme, v tepelné rovnováze
- Dvě tělesa, která jsou vůči sobě v rovnovážném stavu → přiřazujeme stejnou teplotu

## Celsiova teplotní stupnice

- Značka:  $t$
- Jednotka:  $^{\circ}\text{C}$
- **Dva pevné body (určující stupnici):**
  - **varu** – rovnoměrný stav vody a syté páry (→ pára v rovnoměrném stavu se svou kapalinou)
  - **tání** – rovnoměrný stav vody a ledu

## Termodynamická teplotní stupnice (Kelvinova stupnice)

- Značka:  $T$
- Jednotka:  $\text{K}$
- **Daný jeden pevný bod (určující stupnici):**
  - **trojný bod vody** ( $273,16 \text{ K} = 0,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) – udává teplotu a tlak, kde v jednosložkovém systému jsou v rovnováze současně tři fáze (např. pevná, kapalná a plynná) a jejich množství se nemění
- Vztah mezi termodynamickou teplotou  $T$  a Celsiovou teplotou:

$$\{t\} = (\{T\} - 273,15)^\circ\text{C}$$

$$\{T\} = (\{t\} + 273,15)\text{K}$$

### Jiné teplotní stupnice

- Fahrenheitova
- Réaumurova
- Atd.

### Teplo

- Dějová veličina (popisuje konkrétní děj – výměna E)
- Značka: Q
- Jednotka: J
- **Energie přenesená mezi termodynamickou soustavou a okolím nebo mezi dvěma termodynamickými soustavami při tepelné výměně**
- Teplo kladné – dodáno do soustavy z okolí
- Teplo záporné – přešlo ze soustavy do okolí

### Tepelná kapacita

- Značka: C
- Jednotka:  $\frac{\text{J}}{\text{K}}$
- **Množství tepla, které je nutné k ohřátí látky o 1 K (nebo o 1°C)**

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

### Měrná tepelná kapacita

- Značka: c
- Jednotka:  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
- **Množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg látky o 1 K (nebo o 1°C)**

$$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot (t - t_0)}$$

### Přenos tepla

- Přenos vnitřní E mezi dvěma termodynamickými soustavami
- Tepelný tok  $\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$  (množství přeneseného tepla za čas)
  - Jednotka:  $\text{J} \cdot \text{s}^{-1} = \text{W}$
  - **Vyzařováním, radiací (sáláním)**

- Přenos elektromagnetickým vlněním (nejlépe vakuem)
- Př. infračervené záření
- Na dálku, ohřev planety od Slunce
- **Vedením (kondukcí)**
  - Molekuly na místech o vyšší teplotě větší kinetickou E, částečně ji předávají sousedním molekulám (tím dochází k přenosu E)
  - Např. lžička v čaji
  - Různé látky se liší tepelnou vodivostí
    - ❖ Největší mají kovy (elektrický vařič, pájka...)
    - ❖ V kovových vodičích je tepelná výměna vedením zprostředkována především volnými elektrony
    - ❖ V pevných elektricky nevodivých látkách částice zahříváné části tělesa se více rozkmitají a předávají část své energie sousedním částicím
    - ❖ Naopak velmi malou má voda
    - ❖ Nejnižší mají plyny (používají se jako tepelná izolace – vrstva vzduchu mezi dvojitými okny, ...)
    - ❖ Nejlepší izolant = vakuum
    - ❖ (spacák, bunda – izolují teplo člověka)
- **Prouděním (konvekcí)**
  - V kapalinách nebo plynech
  - Zahřátím látky dochází ke zmenšení hustoty → zahřátá látka stoupá nahoru X studenější látka má větší hustotu a klesá
  - Tvorba vzdušných a mořských proudů
  - Přenos tepla od ústředního topení
    - Kotel slouží k ohřevu vody
    - Ohřátá voda následně stoupá potrubním rozvodem k radiátorům
    - Zde dochází k postupnému ochlazení vody přestupem tepla do okolního vzduchu ve vytápěných místnostech
    - Ochlazená voda klesá zpět ke kotli

### Směšovací kalorimetr

- Tepelně izolovaná nádoba s míchačkou a teploměrem, naplněná vodou
- Izolaci zabezpečuje vakuum mezi dvojitými stěnami nádoby
- Slouží k měření  $Q$ ,  $C$ ,  $c$

### Kalorimetrická rovnice

- **Vyjadřuje zákon zachování energie pro tepelnou výměnu v kalorimetru**
  - Podmínka: lze zanedbat tepelnou kapacitu kalorimetru
  - Teplo přijaté = teplo odevzdané
  - Teplo  $Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t)$ , které odevzdá těleso
  - Teplo  $Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$ , které přijme kapalina
- (zákon zachování energie)**

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$$

m1, m2	hmotnosti tělesa
c1, c2	měrné tepelné kapacity
t1, t2	počáteční teploty
t	výsledná teplota
Index 1	teplejší těleso
Index 2	chladnější těleso

### Kalorimetrická rovnice pro reálný kalorimetr

- **Tepelná výměna bude probíhat tak dlouho, až nastane rovnovážný stav, přičemž se teploty tělesa a kapaliny vyrovnají na výslednou teplotu**
- Nezanedbáváme tepelnou kapacitu kalorimetru

$$Q_1 = Q_2 + Q_K$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2) + C_K \cdot (t - t_2)$$

Teplo  $Q_K = C_K \cdot (t - t_2)$ , které přijme soustava kalorimetru

### Vnitřní energie tělesa

- Stavová veličina
- **zákon zachování energie aplikovaný na termodynamický děj**
- součet celkové kinetické energie neuspořádaně se pohybujících částic a celkové potenciální energie těchto částic, která závisí na jejich poloze
- při dějích není vnitřní energie konstantní, **značíme jí U**
- **děje**, kde se **mění vnitřní energie**:
  - konání práce (tření dvou těles)
  - změna U tepelnou výměnou (ohřívání vody)

### První termodynamický zákon

- **Fyzikální zákon o zachování energie pro děje mechanické a tepelné**
- Nelze sestavit perpetuum mobile prvního druhu (vykonává práci bez dodání potřebné E – „věčný motor“)
- Přírůstek vnitřní energie soustavy  $\Delta U$  je rovný součtu:
  - práce **W** vykonané okolními tělesy, které působí na soustavu silami
  - tepla **Q** odevzdaného okolními tělesy v soustavě

$$\Delta U = W + Q$$

$\Delta U$  změna vnitřní energie – vyvolána tepelnou změnou a prací

W	práce okolních těles na soustavu
Q	celkové teplo odevzdané okolím soustavě

- Je-li soustava izolovaná:

$$U_1 = U_2$$

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

- Změna U je kladná – nastane přírůstek E, jestliže se jedná:
  - O práci, která byla soustavě dodána (vykonanou vnějšími silami)
  - O teplo, které bylo soustavě dodáno okolními tělesy
- Změna U je záporná – nastane úbytek E, jestliže se jedná:
  - O práci, kterou termodynamická soustava sama vykonává
  - O teplo, které bylo soustavě odebráno
- $\Delta U = U_2 - U_1$
- $W = -W'$  (práce **W** vykonaná vnějšími tělesy můžeme nahradit prací **W'** konanou soustavou)
- Pak platí:

$$\Delta U = Q - W'$$

$$Q = \Delta U + W'$$

- Výpočet energií:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E = E_k + E_p + U$$

## Druhy soustav

- Otevřená – možná výměna částic i energie s okolím
- Uzavřená – nemožná výměna částic s okolím, ale energie ano
- Izolovaná – nemožná výměna částic s okolím, ani energie
- Adiabaticky izolovaná – nemožná tepelná výměna s okolím

## Kinetická teorie látek

- **Základem teorie:**
  - Látky kteréhokoliv skupenství se skládá z částic
  - Částice se v látce neustále a neuspořádaně pohybují (difuze, Brownův pohyb)
  - Částice na sebe navzájem působí přitažlivými a odpudivými silami

- Stav soustavy můžeme měnit například zahříváním, ochlazováním, stlačováním → **po určité době přejde soustava do tzv. rovnovážného stavu a její stavové veličiny se už již nemění**