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/nižších než referenční teplota T0
		- Součást termostatů v žehličkách apod.
	+ Termistor – měří teplotu v obvodu
		- Odpor polovodiče s rostoucí teplotou klesán (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: °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: K
* **Daný jeden pevný bod (určující stupnici):**
* **trojný bod vody** (273, 16 K = 0,01 °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:

$$\left\{t\right\} =\left(\left\{T\right\} - 273,15\right)℃$$

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

**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: $\frac{J}{K}$
* **Množství tepla, které je nutné k ohřátí látky o 1 K** (nebo o 1$℃$)

$$C=\frac{Q}{∆t}$$

**Měrná tepelná kapacita**

* Značka: c
* Jednotka: $\frac{J}{kg · K} $
* **Množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg látky o 1 K** (nebo o 1℃)

$$Q=m · c · \left(t-t\_{0}\right)$$

$$c =\frac{Q}{m · \left(t-t\_{0}\right)}$$

**Přenos tepla**

* Přenos vnitřní E mezi dvěma termodynamickými soustavami
* Tepelný tok $Φ=\frac{ΔQ}{∆t} $ (množství přeneseného tepla za čas)
	+ Jednotka: J · s-1 = 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 zahřívané 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 ochlazování 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 $Q\_{1}=m\_{1} · c\_{1} · \left(t\_{1}-t\right)$, které odevzdá těleso
* Teplo $Q\_{2}=m\_{2} · c\_{2} · \left(t-t\_{2}\right)$, které přijme kapalina

**(zákon zachování energie)**

$$Q\_{1}=Q\_{2}$$

$$m\_{1} · c\_{1} ·  \left(t\_{1}-t\right) = m\_{2} · c\_{2} · \left(t-t\_{2}\right)$$

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

$$Q\_{1} = Q\_{2} + Q\_{K}$$

$$m\_{1} · c\_{1} · \left(t\_{1}-t\right)=m\_{2}  · c\_{2} · \left(t-t\_{2}\right) + C\_{K} · \left(t-t\_{2}\right)$$

Teplo $Q\_{K}=C\_{K} · \left(t-t\_{2}\right)$, 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 sestrojit perpetuum mobile prvního druhu (vykonává práci bez dodání potřebné E – „věčný motor“)
* Přírůstek vnitřní energie soustavy ΔU je rovný součtu:
* práce **W** vykonané okolními tělesy, které působí na soustavu silami
* tepla **Q** odevzdaného okolními tělesy v soustavě

$$ΔU=W+Q $$

ΔU 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
* $ΔU = U\_{2 }- U\_{1}$
* $W=-W´ $(práce **W** vykonaná vnějšími tělesy můžeme nahradit prací **W´** konanou soustavou)
* Pak platí:

$$ΔU=Q-W´ $$

$$Q=ΔU+W´ $$

* Výpočet energií:

$$E\_{p}=m · g · h$$

$$E\_{k}=\frac{1}{2}· m · v^{2}$$

$$E=E\_{k}+E\_{p}+U$$

**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**