

**Molekulová fyzika** zkoumá vlastnosti látek na základě jejich vnitřní struktury, pohybu a vzájemného působení částic, ze kterých se látky skládají.

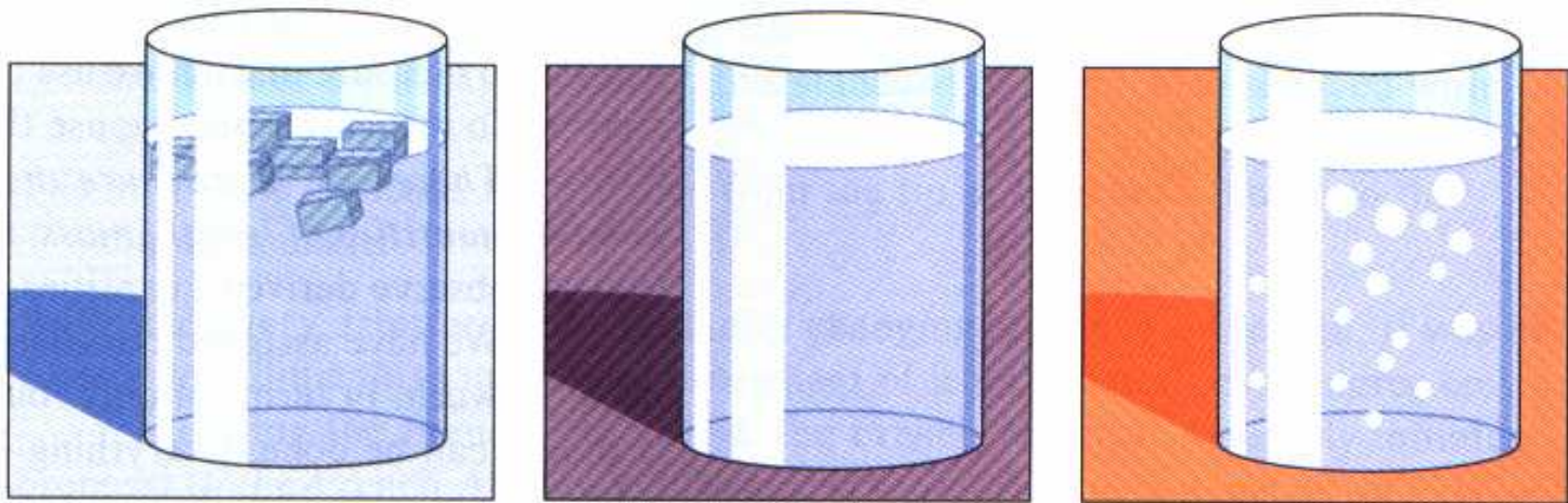
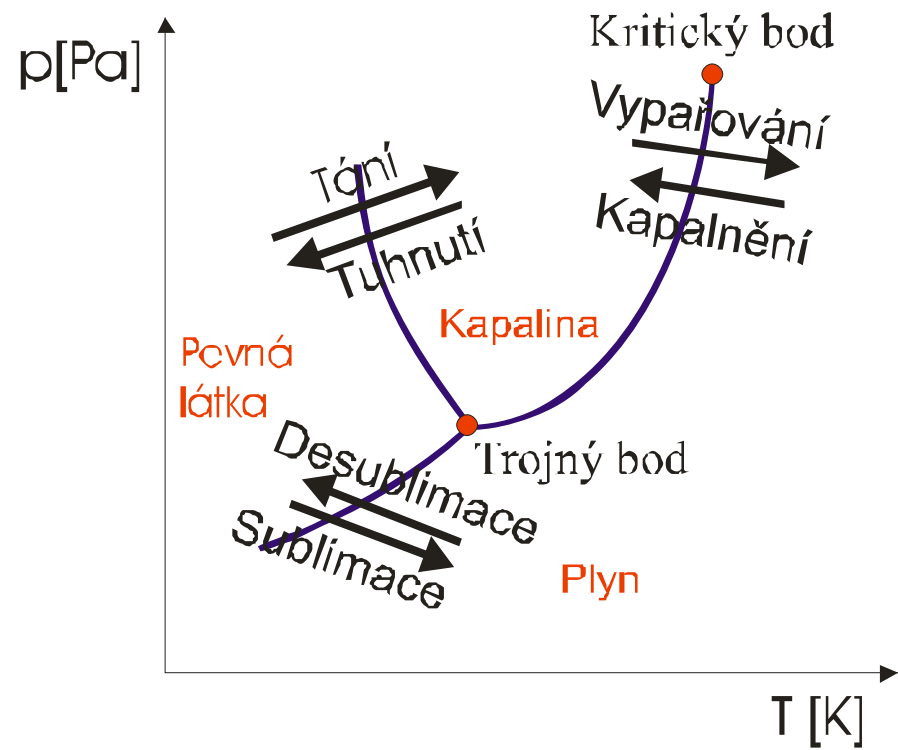
**Termodynamika** se zabývá zákony přeměny různých forem energie na energii vnitřní a naopak a důsledky, které z těchto přeměn vyplývají.

Základem molekulové fyziky je **kinetická teorie látek**. Vychází ze tří pouček:

- *Látka kteréhokoli skupenství se skládá z částic (atomů, molekul nebo iontů).*
- *Atomy, molekuly i ionty se neustále chaoticky (neuspořádaně) pohybují. Tento druh pohybu se nazývá **tepelný pohyb**.*
- *Částice libovolné látky na sebe vzájemně působí přitažlivými a odpuzivými silami, které závisí na vzdálenosti mezi částicemi.*

**Potenciální energie částic**. Pro rovnovážnou polohu částic se tato energie nazývá **vazebná energie**. Uvažujeme-li střední kinetickou energii jedné částice  $E_k$  a  $E_0$  vazebnou energii dvou částic, potom porovnáním těchto energií je možno rozlišit tři skupenství látek:

<b>plyn</b>	$E_k \gg E_0$
<b>pevná látka</b>	$E_k < E_0$
<b>kapalina</b>	$E_k \approx E_0$



Změny skupenství vody

# VNITŘNÍ ENERGIE, TEPLLO, TEPLOTA

**Celkovou energii soustavy**  $E$  tvoří **celková mechanická energie soustavy**  $E'$ , která je dána součtem kinetické energie  $E_k$  a potenciální energie  $E_p$  a vnitřní energie  $U$ .

**Vnitřní energie tělesa (soustavy)  $U$**

$$E' = E_k + E_o \qquad U = U_k + U_p$$
$$E = E' + U$$

vnitřní energie soustavy  $U_1$  na počátku děje a na konci děje  $U_2$ ,  
změna vnitřní energie  $\Delta U$

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Je-li  $\Delta U > 0$  dochází k přírůstku vnitřní energie, pro  $\Delta U < 0$  dojde k úbytku vnitřní energie.

**Změna vnitřní energie konáním práce** (např. při působení vnější tlakové síly na píst, při drcení a mletí těles, obrábění kovů atd.)

**Změna vnitřní energie tepelnou výměnou** (ohřívání pokrmů na vařiči, ochlazování potravin, tání kostek ledu v kapalinách, tavení kovů apod.)

**Teplo**  $Q$ , jehož hlavní jednotkou je **joule** [ J ]

**První termodynamický zákon** změna vnitřní energie soustavy  $\Delta U$  je rovna součtu práce  $W$  vykonané okolními tělesy působícími na soustavu a tepla  $Q$  odevzdaného okolními tělesy soustavě

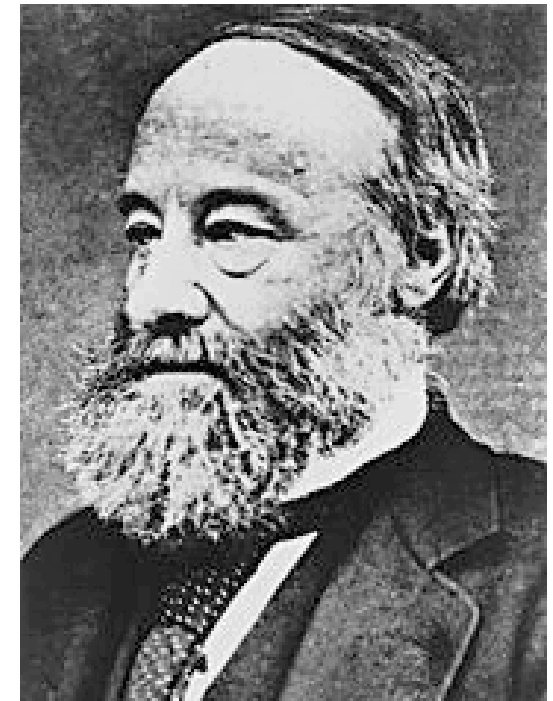
$$\Delta U = W + Q$$

**Teplo dodané soustavě je rovno součtu změny vnitřní energie soustavy a práce, kterou soustava vykonala.**

**adiabatický děj**, kdy neprobíhá tepelná výměna mezi plynem a okolím je  $Q = 0$ ,

takže z prvního termodynamického zákona vyplývá

$$\Delta U = W$$



Základní bod **termodynamické teplotní stupnice** -trojný bod vody (rovnovážný stav soustavy led-voda-sytá pára)

$$T = 273,16 \text{ K (Kelvin)}$$

**Celsiova teplota**  $t$  se v současné době definuje pomocí termodynamické teploty  $T$  definičním vztahem

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

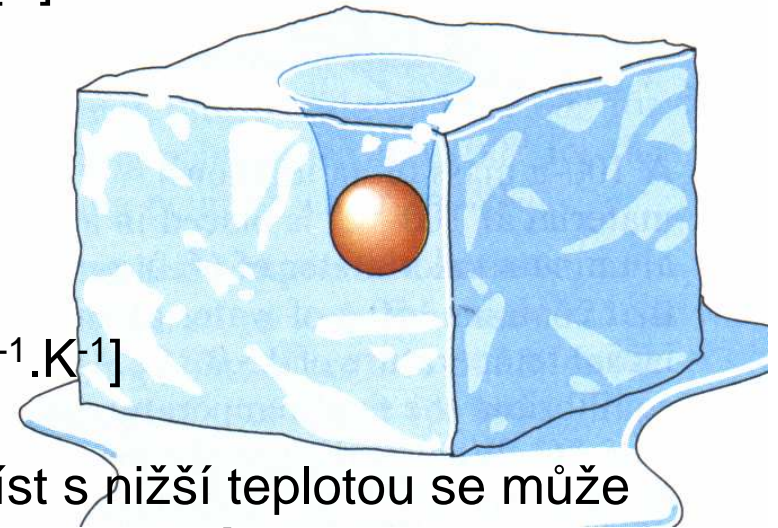
kde  $T$  je číselná hodnota termodynamické teploty [K]

**Tepelná kapacita (tělesa, soustavy)**

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

**měrnou tepelnou kapacitu (látky)**

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



**Přenos vnitřní energie** z míst s vyšší teplotou do míst s nižší teplotou se může uskutečnit **vedením tepla, tepelným zářením nebo prouděním**

$$\Phi = \frac{Q}{\tau} \text{ [ W ]} \quad \text{se nazývá } \textbf{tepelný tok}$$

# STRUKTURA A VLASTNOSTI PLYNU

**střední kinetická energie**, která je přímo úměrná termodynamické teplotě

$$E_k = \frac{3}{2} kT \quad [\text{J}], \text{ kde } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1} \text{ je Boltzmannova konstanta.}$$

Stavové veličiny: **termodynamická teplota**  $T$ , **tlak**  $p$ , **objem**  $V$ , počet molekul  $N$ , **hmotnost** plynu  $m$  nebo **látkové množství**  $n$ .

Vztah mezi těmito veličinami vyjadřuje **stavová rovnice**.

Pro ideální plyn

$$\frac{pV}{T} = \text{konst.}$$

Stavová rovnice platná pro libovolné množství plynu

$$pV = \frac{m}{M_m} R_m T,$$

$R_m$  - molární plynová konstanta, která je pro všechny plyny stejná.

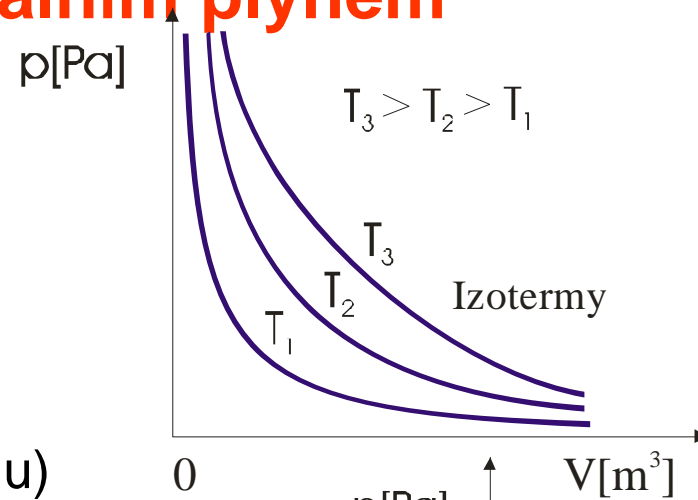
$$R_m = kN_A = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

( $k$  je Boltzmannova konstanta a  $N_A$  je Avogadrova konstanta).

# Jednoduché tepelné děje s ideálním plynem

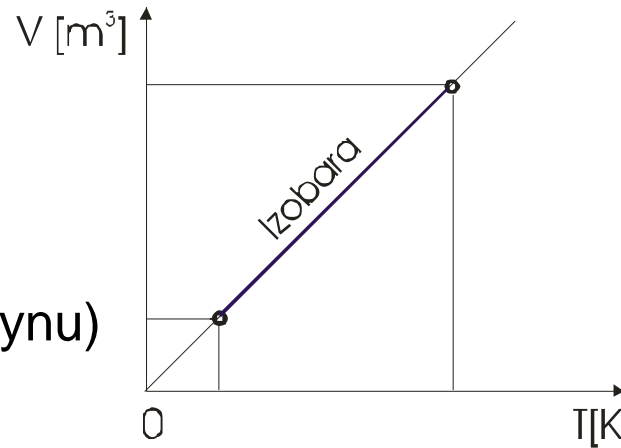
**Izotermický děj** (děj při stálé teplotě plynu)  
(zákon Boyleův- Mariottův)

$$pV = \text{konst.}$$



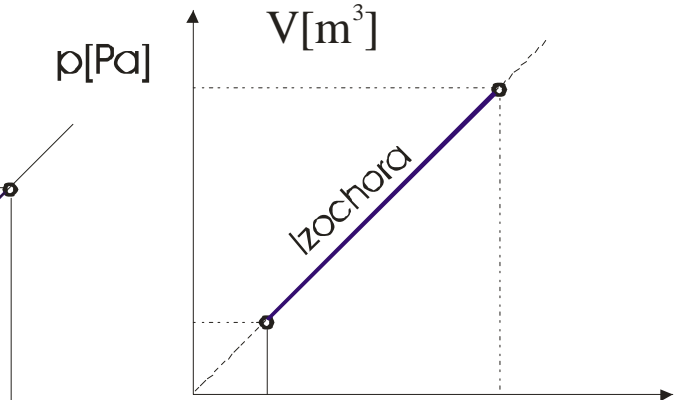
**Izochorický děj** (děj při stálém objemu plynu)  
(Charlesův zákon)

$$\frac{p}{T} = \text{konst.}$$



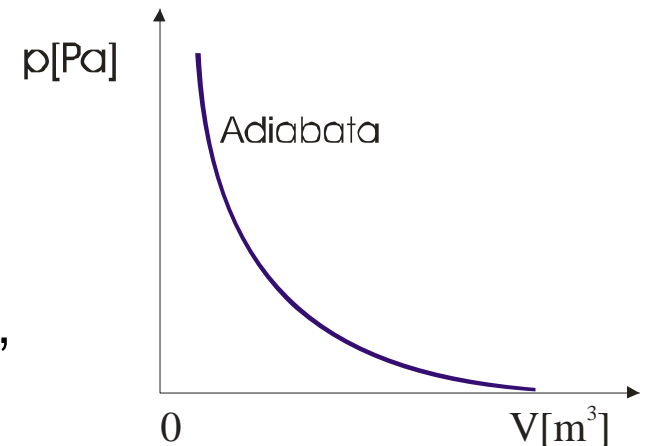
**Izobarický děj** (děj při stálém tlaku plynu)  
(zákon Gay-Lussacův)

$$\frac{V}{T} = \text{konst.}$$



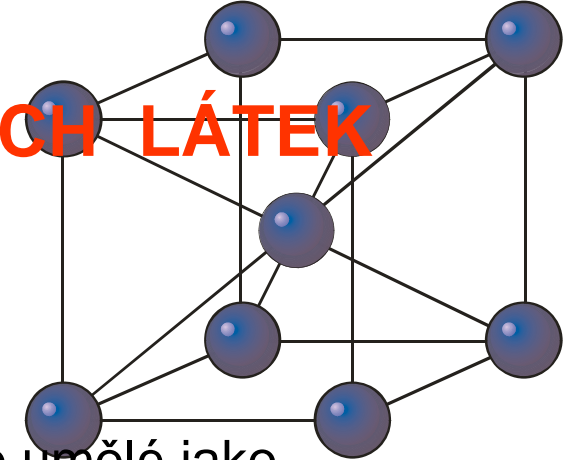
**Adiabatický děj**

$pV^c = \text{konst.}$ , kde  $c = \frac{c_p}{c_v}$  je Poissonova konstanta,  
 $c_p$  a  $c_v$  jsou měrná tepla



# STRUKTURA A VLASTNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

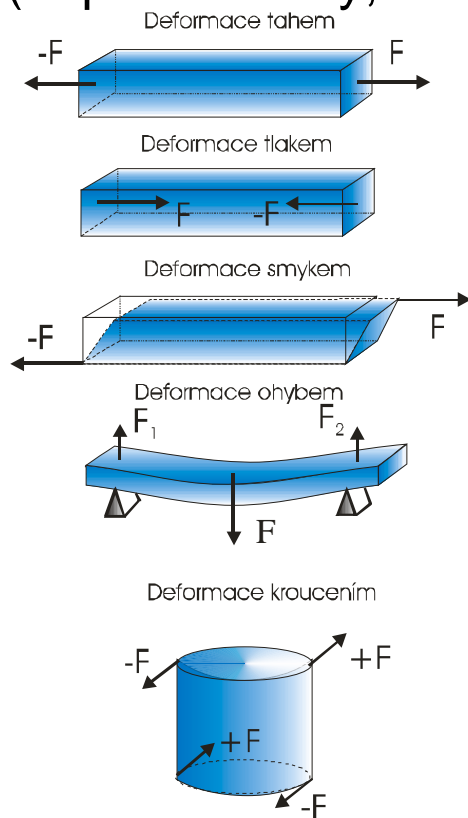
Pevné látky - **látky krystalické** a **látky amorfnní**  
Krystalické látky jsou tvořeny **krystalovou mřížku**



Většina krystalických látek jsou **polykrystaly**,  
**Monokrystaly** - přírodní (kamenná sůl, křemen atd.) nebo umělé jako monokrystaly z různých kovů (Cu, Pb, Zn), polovodičů (Ge, Si) či umělých drahokamů (rubín, safír)

**Amorfnní látky** (např. vosk, pryskyřice, plasty, asfalt apod.)

**Polymery** (např. bílkoviny, celofán, kůže, bavlna, dřevo atd.)



**Deformace:**  
**pružná (elastická)**

**trvalá deformace**  
**(tvárná nebo plastická)**



V deformovaném pevném tělese vznikají síly pružnosti  $F_p$

V libovolném příčném řezu deformovaného tělesa vzniká **stav napjatosti**, který je charakterizován veličinou **normálové napětí**

$$\sigma_n = \frac{F_p}{S} \quad [ \text{N.m}^{-2} ], [ \text{Pa} ]$$

Pro pružnou deformaci tahem (tlakem) platí **Hookův zákon**. Podle něj je normálové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení (zkrácení)

$$\sigma_n = \varepsilon E$$

kde  $E$  je **modul pružnosti v tahu (tlaku)**

Na základě Hookova zákona můžeme pro celkové pružné prodloužení  $\Delta l$  napsat vztah

$$\Delta l = \frac{F_p l_1}{ES} \quad [ \text{m} ]$$

kde  $l_1$  je původní délka

## Teplotní délková roztažnost

Teplotní délkovou roztažnost charakterizujeme **součinitelem teplotní délkové roztažnosti**  $\alpha$  [K<sup>-1</sup>] v daném intervalu teplot

$$l = l_0 ( 1 + \alpha \Delta t )$$

## Teplotní objemová roztažnost

Ta je charakterizovaná **součinitelem objemové roztažnosti**  $\beta$ .

$$V = V_0 ( 1 + \beta \Delta t )$$

Pro izotropní tělesa (vlastnosti látek, z nichž jsou tělesa zhotovena, jsou ve všech směrech uvnitř látek stejné) je

$$\beta = 3\alpha$$

# STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

Rozdíl těchto energií je **povrchová energie**  $E$

$$\Delta E = \sigma \Delta S$$

$\sigma$  [ N.m<sup>-1</sup> ] - **povrchové napětí**

povrchové napětí vyjádříme **povrchovou silou**,

$$\sigma = \frac{F}{l} \text{ [ N.m}^{-1}\text{ ]}$$



**Kapilární elevace** - kapilární tlak (podtlak) je kompenzován hydrostatickým tlakem  $h\rho g$

$$p_k = \frac{2\sigma}{R} = h\rho g$$

**Kapilární deprese** - V tomto případě je nesmáčivá kapalina v kapiláře stlačena do hloubky  $h$  pod hladinu okolní kapaliny.

Výška  $h$  volné hladiny kapaliny v kapiláře o poloměru  $R$  ve smyslu zvýšení nebo snížení je na základě rovnováhy obou tlaků:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g \cdot R} \text{ [ m ]}$$

## teplotní objemová roztažnost kapalin.

Objem  $V$  kapaliny při teplotě  $t$  je dán přibližným vztahem

$$V \cong V_0 ( 1 + \beta \Delta t ),$$

kde  $\beta$  je součinitel teplotní objemové roztažnosti kapaliny.  
Je-li  $\rho_0$  hustota kapaliny při teplotě  $t_0$ ,

$$\rho \cong \rho_0 ( 1 - \beta \Delta t ).$$

U běžných látek všech skupenství se při zvyšování teploty objem zvětšuje, při ochlazování zmenšuje. Voda však má výjimečnou vlastnost. Při zahřívání od 0 °C do 3,98 °C se její objem zmenšuje (hustota roste) a teprve nad 3,98 °C se začíná objem zvětšovat (hustota klesá).

Tento jev se nazývá **anomálie vody**