

# Popis fyzikálního chování látek

- ✦ pro vysvětlení mnoha fyzikálních jevů již nevystačíme s pouhým mechanickým popisem

## Termodynamika

- ✦ oblast fyziky, která kromě mechaniky **zkoumá vlastnosti makroskopických systémů**, zejména z **hlediska transformace různých forem energie**.
- ✦ **zabývá se tepelnými ději** probíhajícími v makroskopických systémech

Látky jsou složeny z **obrovského počtu částic** - 1 kg H<sub>2</sub> ~ 3·10<sup>26</sup> částic

- můžeme se pokusit popsat pohyb jednotlivých částic látky pomocí mechaniky
- určit jejich polohu a rychlost v čase

**mikroskopický  
přístup**

**molekulární  
dynamika**

# Popis fyzikálního chování látek

⊕ existují dva základní přístupy při zkoumání makroskopických fyzikálních procesů:

## A) Statistická metoda

- vychází z poznatků o částicové struktuře látek a používá teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky k popisu fyzikálních vlastností makroskopického systému

**statistická  
fyzika**

## B) Fenomenologická metoda

- makroskopický přístup, jenž nepřihlíží k částicové struktuře látek, vychází z empirického a experimentálního pozorování

**termodynamika**



**makroskopický  
přístup**

# Základní pojmy molekulové fyziky

## ATOM

– složen z jádra a elektronového obalu

## Klidová hmotnost

### Proton:

$$m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$Q = e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

### Neutron:

$$m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

### Elektron:

$$m_e = 9,10953 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

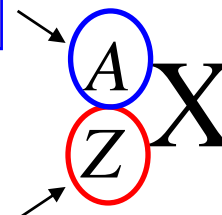
$$Q = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$A = Z + N$$

## nukleonové číslo

## Prvek X:

- látka složená z atomů o stejném protonovém čísle



## Nuklid prvku:

- prvek složený ze stejných atomů (protonové i nukleonové číslo)

## protonové číslo

## Izotopy:

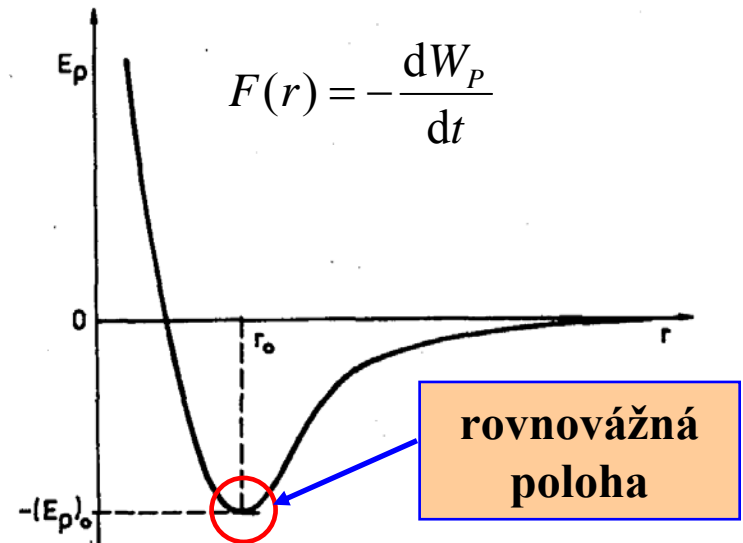
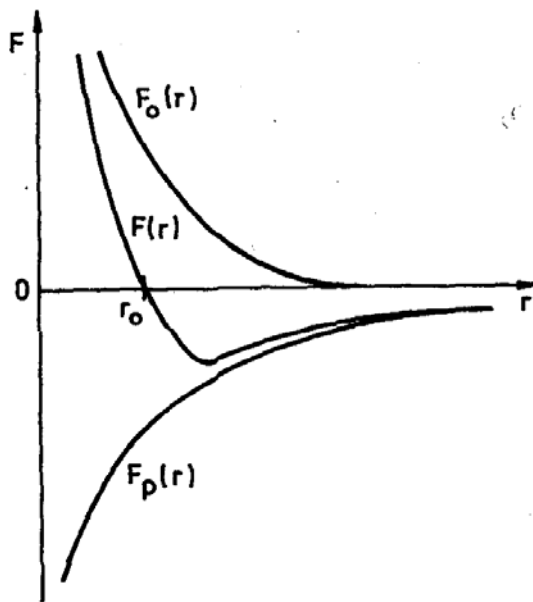
- různé druhy téhož prvku s různým nukleonovým číslem



# Základní pojmy molekulové fyziky

- ⊕ molekuly mezi sebou působí interakčními odpudivými a přitažlivými silami

velikost odpudivých sil se zmenšuje daleko výrazněji nežli velikost přitažlivých sil



potenciální energie  
2 částic

# Základní pojmy molekulové fyziky

Periodická tabulka prvků:



# Základní pojmy molekulové fyziky

## ATOM

## Srovnávání hmotnosti částic

ϕ klidová hmotnost atomů je velmi malá (cca.  $10^{-26}$  kg)

### Relativní atomová hmotnost $A_r$ :

$$A_r = \frac{m_a}{m_u} \quad A_r({}^{12}_6\text{C}) = 12$$

- 1/12 klidové hmotnosti nuklidu uhlíku  ${}^{12}_6\text{C}$

$$m_u \doteq 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

v tabulkách se uvádějí střední relativní hmotnosti všech izotopů prvku

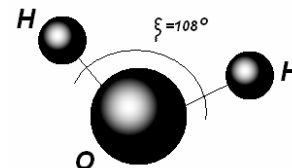
Atomová hmotnostní konstanta  $m_u$ :

## MOLEKULA

– stabilní soustava složená z více atomů pomocí vazebných sil

### Relativní molekulová hmotnost $M_r$ :

$$M_r = \frac{m_m}{m_u} = \frac{\sum m_a}{m_u}$$



# Základní pojmy molekulové fyziky

## Srovnávání počtu částic

- ⊕ byl zvolen srovnávací vzorek nuklidu uhlíku  $^{12}_6\text{C}$
- ⊕ počet částic ve vzorku o hmotnosti 0,012 kg je látkové množství 1 mol

$$N_A = \frac{m_v}{A_r(^{12}_6\text{C})m_u} \doteq 6,022 \cdot 10^{23}$$

## Avogadrova konstanta

**Látkové množství:**

$$n = \frac{N}{N_A} \quad [\text{mol}]$$

**Molární hmotnost:**

$$M_m = \frac{m}{n} \quad [\text{kg/mol}]$$

**Molární veličiny –**  
vztažené na  
jednotku látkového  
množství

$$M_m = \frac{m}{n} = \frac{mN_A}{N} = \frac{Nm_mN_A}{N} = M_r m_u N_A = M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

**Molární objem:**

$$V_m = \frac{V}{n} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{mol}^{-1}]$$

# Základní pojmy molekulové fyziky

Normální fyzikální podmínky:

Teplota 0°C, tlak 101,325 kPa



Normální molární objem:

$$V_{mn} = \frac{V_0}{n} = \frac{m}{\rho_0 n} = \frac{M_m}{\rho_0} \doteq \text{konst.} = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

## Avogadrův zákon

Plyn o látkovém množství 1 mol za normálních podmínek zaujímá objem 22,14 l



# Základní pojmy termodynamiky

## Termodynamická soustava:

- skupina makroskopických objektů, která je oddělena od okolí myšleným nebo skutečným rozhraním (např. plyn v nádobě,...)

## Druhy termodynamických soustav:

- 1) **izolovaná** – nedochází k výměně částic ani energie s okolím konáním práce nebo tepelnou výměnou
- 2) **uzavřená** – nedochází k výměně částic soustavy s okolím
- 3) **adiabaticky izolovaná** – nedochází k tepelné výměně částic s okolím
- 4) **termodynamicky homogenní** – všechny části soustavy mají stejné vlastnosti a jsou ve stejném stavu (stejná teplota, tlak, hustota, chemické složení, struktura, elektrické a magnetické vlastnosti, ...)
- 5) **termodynamicky heterogenní** – soustava složená z homogenních částí oddělených hraničními plochami

# Základní pojmy termodynamiky

## Stav soustavy:

- souhrn všech nezávislých vlastností a vnějších podmínek, ve kterých se termodynamická soustava nachází

## Parametry soustavy:

- popisují stav soustavy, jsou závislé na čase a poloze

## Vnější parametry



## Vnitřní parametry

charakterizují vnější podmínky soustavy

objem  $V$



## Stavové veličiny:

- soubor makroskopických parametrů, které jednoznačně určují stav soustavy

charakterizují danou soustavu při stejných vnějších parametrech

tlak  $p$

hustota  $\rho$

teplota  $T$

vnitřní energie  $U$

entropie  $S$



# Základní pojmy termodynamiky

## Termodynamický děj:

- každá změna stavu termodynamické soustavy

Vratný děj



Nevratný děj

může probíhat v obou směrech, přičemž soustava projde při obráceném ději všemi stavy jako při ději přímém (v obráceném pořadí) a okolí se vrátí do stejného stavu

nelze obrátit směr děje



každý děj je nevratný

vratné děje se v přírodě nevyskytují

model reálného děje, kdy rychlost děje je velmi malá ve srovnání s rychlostmi relaxačních procesů

# Základní pojmy termodynamiky

Každá termodynamická soustava při neměnných vnějších podmínkách dospěje po tzv. **relaxační době  $\tau$**  do **stavu termodynamické rovnováhy**

## Rovnovážný stav :

- soustava je v rovnovážném stavu, pokud všechny stavové veličiny této soustavy zůstávají konstantní v čase

**Rovnovážný  
(kvazistatický) děj**

spojitá posloupnost  
nekonečně blízkých  
rovnovážných dějů



**vratný děj**



**Nerovnovážný  
(nestatický) děj**

rychlost změny stavových  
parametrů je konečná



**nevratný děj**

# Základní pojmy termodynamiky

Nerovnovážné (nestatické) děje:

pomalé



rychlé (turbulentní)

-např. hoření

relaxační doba  $\tau$  velmi malých (makroskopických) dílčích částí soustavy je mnohem menší nežli relaxační doba celé soustavy

hypotéza lokální rovnováhy

předpokládáme rovnovážné procesy v dílčích částech soustavy, i když v celku probíhá nerovnovážný děj (např. vedení tepla)



neplatí hypotéza lokální rovnováhy

# Základní pojmy termodynamiky

## Termodynamický děj:

izobarický děj

tlak je konstantní:  $p = \text{konst.}$

izochorický děj

objem je konstantní:  $V = \text{konst.}$

izotermický děj

teplota je konstantní:  $T = \text{konst.}$

adiabatický děj

neprobíhá tepelná výměna s okolím

polytropický děj

tepelná kapacita soustavy je konstantní  $C = \text{konst.}$

# Základní pojmy termodynamiky

## Energie termodynamické soustavy

Kinetická  
energie  $W_K$

Potenciální  
energie  $W_P$

Vnitřní  
energie  $U$

Celková mechanická energie  
soustavy jako celku

1. Celková kinetická energie tepelného  
pohybu částic

2. Celková potenciální energie částic

3. Energie elektronů v atomech

4. Energie jader atomů částic

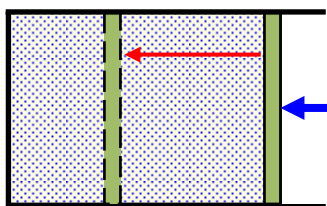
závisí pouze na  
termodynamickém stavu  
soustavy, neprojeví se  
změnou polohy ani rychlosti  
soustavy jako celku

závisí na charakteru  
pohybu a vzájemného  
působení částic

# Základní pojmy termodynamiky

Změna vnitřní energie soustavy  $\Delta U$

A) konáním práce:

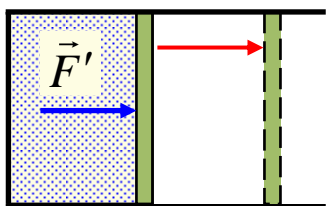


$\vec{F}$

$$\Delta U > 0$$

kompresa

$$A = U_2 - U_1 = \Delta U$$



$\vec{F}'$

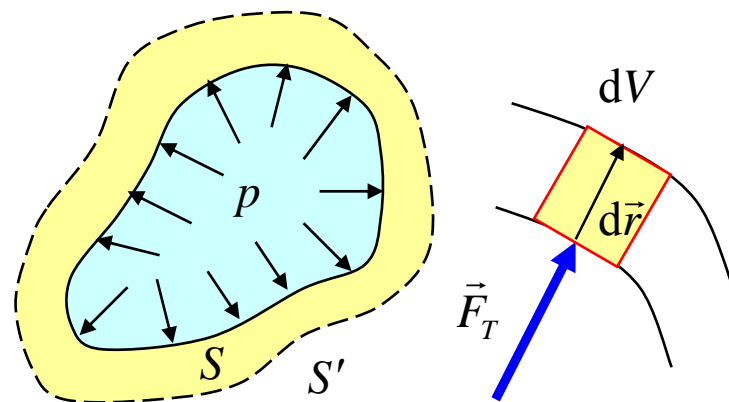
$$\Delta U < 0$$

expanze

$$A' = U_2 - U_1 = \Delta U$$

adiabaticky izolovaná  
uzavřená soustava

plyn v pružné bláně



Vnitřní tlaková síla:

$$\vec{F}_T = p d\vec{S} = p \vec{n} dS$$

Práce vnitřních sil:

$$dA' = \vec{F}_T d\vec{r} = p dS dr = p dV$$

$$dV > 0 \rightarrow A' > 0$$

$$dV < 0 \rightarrow A' < 0$$



# Základní pojmy termodynamiky

Změna vnitřní energie soustavy  $\Delta U$

**B) tepelnou výměnou:**

-tělesa si vyměňují energii

- pomocí vzájemných srážek částic v místě styku
- pomocí tepelného záření

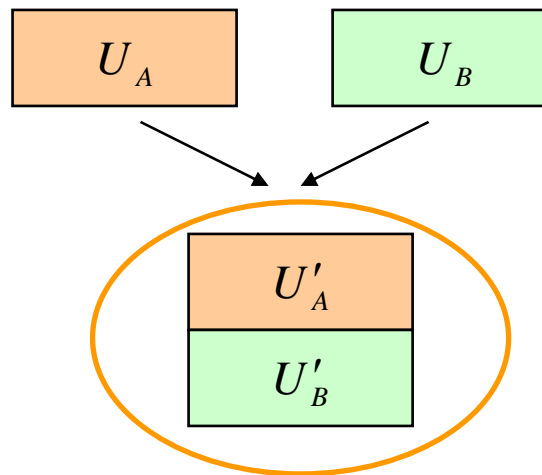
**Teplo  $Q$**  je mírou změny vnitřní energie při tepelné výměně mezi dvěma soustavami

$$Q = \Delta U > 0$$

**dodání tepla**

$$Q' = \Delta U < 0$$

**odebrání tepla**



**bilance tepelné výměny**

$$U_A + U_B = U'_A + U'_B$$

$$\Delta U_A + \Delta U_B = Q_A + Q_B = 0$$

$$Q_A = -Q_B$$