

**Otázka:** Vnitřní energie, práce a teplo, 1. Termodynamický zákon

**Předmět:** Fyzika

**Přidal(a):** Michaela H

## Celková energie soustavy

**Tvořena:**

- **kinetickou energií  $E_k$**  - jejího makroskopického pohybu celku (posun, otočení, kmit)
- **potenciální energií  $E_p$**  - vyplývající ze vzájemného silového působení těles (v tíhovém nebo elektrostatickém poli)
- **vnitřní energií  $U$**
- $E = E_k + E_p + U = E' + U$  kde  $E' = E_k + E_p \Rightarrow$  je celková mechanická energie soustavy

## Vnitřní energie soustavy

- **vnitřní energie  $U$**  je energie, která závisí pouze na **stavu tělesa** (soustavy těles) a nezávisí na tom, jak se do toho stavu těleso dostalo
- vnitřní energii tvoří:
  - **celková vnitřní kinetická energie  $U_k$**  tepelného pohybu částic
  - **celková vnitřní potenciální energie  $U_p$  částic**, která vyplývá ze vzájemného působení
  - **energie elektronů v elektronových obalech atomů a iontů**
  - **energie jader**
- *Vnitřní energii  $U$  tělesa (soustavy) tvoří především součet celkové kinetické energie tepelného pohybu částic tělesa (atomů, molekul, iontů) a celkové vnitřní potenciální energie vyplývající ze vzájemného působení těchto částic*
- vnitřní energie **není** obecně **konstantní** veličina

## Změna vnitřní energie

- **Změna vnitřní energie  $\Delta U$**  může nastat dvěma způsoby:
  - **konáním práce** (třením těles, stlačováním plynu ...)
  - **tepelnou výměnou** (radiátor a vzduch, varná konvice ...)
  - současně tepelnou výměnou a konáním práce

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$\Delta U > 0$  - vnitřní energie se zvětšila, **přírůstek vnitřní energie**

$\Delta U < 0$  - vnitřní energie se zmenšila, **úbytek vnitřní energie**

## Změna vnitřní energie konáním práce

- nastává např. při působení **vnější tlakové síly  $F$**  na píst válce s plynem, čímž dochází ke **stlačování plynu**. Protože částice plynu dopadají na pohybující se píst, **zvyšují po odrazu svou rychlost**. Tím dochází ke změně celkové **vnitřní kinetické energie  $U_k$**  částic. Zmenšování objemu plynu způsobuje **zmenšování vzdáleností** mezi částicemi, proto se mění i celková **vnitřní potenciální energie  $U_p$**  částic. Tato změna se projeví **zvýšením teploty nádoby a stlačovaného plynu** (př. hustilka na nafukování)
- $\Delta U = U_2 - U_1 = W$
- v případě, že by byla nádoba **adiabaticky (tepelně) izolována**  $\Delta U = W$
- **vykoná-li práci plyn** (=okolí)  $W'$  posunutím pístu, **zmenší** se jeho vnitřní energie. Proto změna vnitřní energie plnu bude záporná  $\Delta U = -W'$ .
- využívá se v tepelných motorech

## Změna vnitřní energie tepelnou

## výměnou

- **tepelná výměna**: děj, při kterém neuspořádaně pohybující se částice tělesa s vyšší teplotou naráží na částice tělesa s nižší teplotou
- vnitřní energie jednoho tělesa **se zvětšuje na úkor** vnitřní energie **druhého** tělesa, obě tělesa jsou vůči sobě v klidu
- může probíhat i mezi tělesy, které se **navzájem nedotýkají**, předávání energie se uskutečňuje **tepelným zářením**
- Při tepelné výměně mezi tělesy A a B říkáme, že těleso A **odevdalo teplo** tělesu B a těleso B **teplo přijalo**

## Teplo Q

- *Teplo Q je určeno energií, kterou odevzdá (nebo přijme) těleso při tepelné výměně.*
- Vyjadřuje **změnu stavu** tělesa
- Teplo je celkovou kinetickou energií neuspořádaného pohybu částic, z nichž se látka skládá
- **Jednotkou** tepla je **J** [joule]
- **$Q = m \times c \times \Delta t$** 
  - m - hmotnost tělesa
  - c - měrná tepelná kapacita
  - $\Delta t$  - teplotní rozdíl

## Měrná tepelná kapacita c

- *Je množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg látky o 1 °C (1 K)*
- **Měrná tepelná kapacita (látky) c**
  - je číselně rovna teplu potřebnému k zahřátí 1 kg látky o 1 °C (1 K)
  - je to tepelná kapacita **vztahovaná na 1 kg látky**
  - $C = C/m = Q/\Delta t = Q/\Delta T$  [J.K<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>] =>  $Q = m.c.\Delta t$
  - teplo, které přijme stejnorodé těleso je přímo úměrné hmotnosti a přírůstku teploty
  - uvedeny v MFChT

- **Tepelná kapacita  $C$**

- Množství tepla, jakým se **těleso** ohřeje za 1 teplotní rozdíl
- platí pro konkrétní tělesa
- $C = Q/\Delta t = Q/\Delta T$

## Kalorimetr

- Slouží k experimentálnímu určení **tepla  $Q$**  a **tepelné kapacity  $c$**
- **Směšovací kalorimetr** je tepelně izolovaná nádoba s míchačkou a teploměrem, naplněná kapalinou. Pro přesnější měření může mít dvojitou stěnu vyplněnou vakuem.
- Je-li  $c_k$  tepelná kapacita kalorimetru, můžeme vyjádřit:
  - teplo  $Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t)$ , které **těleso odevzdá**
  - teplo  $Q_2 = c_1 m_1 (t - t_2)$ , které **přijme kapalina**
  - teplo  $Q_k = C_k (t - t_2)$ , které **přijme soustava kalorimetru**

## Kalorimetrická rovnice

- Vyjadřuje **energetickou bilanci** při tepelné výměně mezi tělesy v kalorimetru.
- Neuvažujeme-li tepelnou kapacitu kalorimetru s příslušenstvím, má rovnice tvar:
  - $c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2) + C_k (t - t_2)$
  - teplo odevzdané = teplo přijaté studenějším tělesem a kalorimetrem

## První termodynamický zákon

- Je fyzikálním **zákonem zachování energie**
- Dodané teplo může **zvýšit vnitřní energii** systému nebo se **spotřebovat na práci** systému
- **Neexistuje** tepelný stroj, který by porušoval zákon zachování energie a vykonával trvale a cyklicky mechanickou práci bez přísunu energie. (**Perpetuum mobile prvního druhu**)
- **Změna vnitřní energie** termodynamické soustavy se rovná součtu tepla dodaného

soustavě a vykonané práce  $\Delta U = Q + W$

- $\Delta U$  = změna vnitřní energie
- $Q$  = teplo
- $W$  = práce
  
- Jestliže  $Q > 0$  a  $W > 0$ , pak  $\Delta U > 0$ 
  - **vnitřní energie roste** - soustava teplo přijímá, okolí vykonává práci na soustavě
- Jestliže  $Q < 0$  a  $W < 0$ , pak  $\Delta U < 0$ 
  - **vnitřní energie klesá** - soustava teplo odevzdává, soustava koná práci ne okolí
  
- Je-li soustava tepelně **izolována** ( $Q = 0$ ), pak  $\Delta U = W$ , vnitřní energie se mění **pouze konáním práce**. Jedná se o **adiabatický děj** - děj, při kterém neprobíhá tepelná výměna mezi soustavou a okolím.
- Jestliže se během termodynamického děje **nekoná žádná práce**  $W = 0$ , pak  $\Delta U = Q$ , vnitřní energie se mění pouze díky teplu. Jedná se o **tepelnou výměnu**.

## Formy přenosu vnitřní energie

### Vedením/kondukcí

- Tělesa musí být ve **vzájemném kontaktu**, nebo mezi různými částmi jednoho tělesa
- Částice teplejšího vzduchu narážejí do částic tělesa studenějšího
- Velkou tepelnou vodivost mají kovy, špatnou kapaliny a velmi špatnou plyny
- Probíhá **v každé látce**
- **Tepelné vodiče** (látky s dobrou tepelnou vodivostí)
- **Tepelné izolanty** (látky se špatnou tepelnou vodivostí)

### Prouděním/konvekcí

- **Teplejší tělesa stoupají** v látkovém prostředí **vzhůru**, chladnější klesají
- Probíhá **pouze v kapalinách a plynech**
- **Mnohem více energie** lze přenést prouděním, než pomalejším vedením (např. ústřední topení)

## Zářením/radiací

- Výměna tepla mezi 2 tělesy je uskutečněna **vyzářením** a **pohlcením elektromagnetického záření**
- Tepelné **záření** může být **odraženo**, **propuštěno** nebo **pohlčeno**
- **Přenos** energie může probíhat **i ve vakuu**