

2.2.6 První termodynamický zákon

Předpoklady: 2201

Shrneme obsah této kapitoly:

Neuspořádaný pohyb částic látek způsobuje, že tělesa mají **vnitřní energii** U , která roste s teplotou.

Vnitřní energii tělesa můžeme měnit dvěma způsoby:

konáním práce W

- $W > 0$, když okolí koná práci na tělesu
- $W < 0$, když těleso koná práci na okolí

tepelnou výměnou Q

- $Q > 0$, když těleso teplo přijímá (zvyšuje se energie neuspořádaného pohybu částic tělesa, okolí tělesa má vyšší teplotu)
- $Q < 0$, když těleso teplo odevzdává (snižuje se energie neuspořádaného pohybu částic tělesa, okolí tělesa má nižší teplotu)

Př. 1: Při pumpování vzduchu do pneumatiky stlačujeme v pístu pumpičky vzduch. Popiš, jak se při stlačování mění vnitřní energie vzduchu v pumpičce. Koná se při stlačování vzduchu práce? Dochází k tepelné výměně? Urči znaménka veličin ΔU , W , Q (pokud nejsou nulové).

Vzduch v pumpičce se zahřívá (můžeme si ověřit dotekem) \Rightarrow zvyšuje se jeho vnitřní energie $\Rightarrow \Delta U > 0$

Na píst pumpičky musíme tlačít silou \Rightarrow konáme práci \Rightarrow práce vykonaná na plynu okolím je kladná $W > 0$.

Vzduch je po stlačení (a zahřátí) teplejší než okolí \Rightarrow vzduch v pumpičce odevzdává teplo okolí $\Rightarrow Q < 0$

Pedagogická poznámka: Do třídy si беру stříkačku, na které si příklad modelujeme.

Zkoumáme změny energie vzduchu v pumpičce. Stlačení jsme jeho vnitřní energii zvětšili, tepelnou výměnou se studenějším okolím se jeho vnitřní energie zmenšuje. Čím víc energie dodané stlačení uteče ve formě tepla z pumpičky, tím méně její vnitřní energie vzroste \Rightarrow mezi veličinami ΔU , W a Q existuje vztah.

Př. 2: Najdi vztah mezi veličinami ΔU , W a Q .

Na zvýšení vnitřní energie zbude ta část energie dodané prací, které neunikne tepelnou výměnou $\Rightarrow \Delta U = W + Q$ (v našem případě platí $Q < 0 \Rightarrow$ ve vzorci nemusíme odečítat, protože hodnota přičítaného tepla je záporná).

Rovnici $\Delta U = W + Q$ nazýváme **první termodynamický zákon**.

Přírůstek vnitřní energie soustavy ΔU se rovná součtu práce W vykonané okolními tělesy působícími na soustavu silami a tepla Q odevzdaného okolními tělesy soustavě.

Dva speciální případy dějů:

- $Q = 0$ (adiabatický děj). Nedochází k výměně tepla s okolím $\Rightarrow \Delta U = W$ (změna vnitřní energie se rovná práci)
- $W = 0$. Při ději se nekoná práce $\Rightarrow \Delta U = Q$ (změna vnitřní energie se rovná teple předanému tepelnou výměnou).

Př. 3: Plyn vykonal práci 400 J a přijal od svého okolí teplo 600 J. Jak se při tomto ději změnil jeho objem? Jak se změnila jeho vnitřní energie? Jak se změnila jeho teplota? Zkus najít příklad podobného děje v praxi.

Práci konal plyn $\Rightarrow W = -400 \text{ J}$.

Plyn přijal teplo od okolí $\Rightarrow Q = 600 \text{ J}$

Dosadíme do 1. termodynamického zákona: $\Delta U = W + Q = -400 + 600 \text{ J} = 200 \text{ J} \Rightarrow$ Vnitřní energie plynu se zvýšila o 200 J \Rightarrow zvýšila se i jeho teplota.

Tímto způsobem pracují elektrárny. Vodní pára získává v kotli tepelnou výměnou energii, část této energie se mění v generátoru na práci (výroba elektrické energie), část energie zvýší vnitřní energii páry, které se pak zbavujeme pomocí chlazení (chladící věže).

Př. 4: Urči pro následující děje znaménka termodynamických veličin:

- a) Stlačený vzduch v pístu pumpičky (jeho teplota se rovná teplotě místnosti) nadzvedne píst.
- b) Do ledničky dáme skleněnou láhev s plynem a necháme ji chladnout.
- c) Z ledničky vynadáme balónek a necháme ho v místnosti ohřát. Balónek se rozpíná.
- d) Balónek s vodíkem letí vzhůru, ochlazuje se a rozpíná se.
- e) Rozžhavené spaliny v pístu motoru velmi rychle roztlačují píst.
- f) Vodní pára získává v parogenerátoru energii a roztáčí turbínu.

a) Stlačený vzduch v pístu pumpičky (jeho teplota se rovná teplotě místnosti) nadzvedne píst. $W < 0$ (práci koná vzduch v pístu), $Q > 0$ (vzduch se při nadzvedávání ochlazuje a tak začne probíhat tepelná výměna od teplejšího okolí), $\Delta U < 0$ (tepelná výměna se snaží udržet teplotu vzduchu na teplotě místnosti, ale zřejmě nebude mít dostatek času)

b) Do ledničky dáme skleněnou láhev s plynem a necháme ji chladnout. $W = 0$ (práce se nekoná), $Q < 0$ (plyn se v ledničce ochlazuje), $\Delta U < 0$

c) Z ledničky vynadáme balónek a necháme ho v místnosti ohřát. Balónek se rozpíná. $W < 0$ (balónek zvětšuje objem \Rightarrow koná práci odtlačováním okolí), $Q > 0$ (vzduch se při ohřívání od teplejšího okolí), $\Delta U > 0$ (teplota plynu se zvýší)

d) Balónek s vodíkem letí vzhůru, ochlazuje se a rozpíná se. $W < 0$ (balónek zvětšuje objem \Rightarrow vodík koná práci odtlačováním okolí), $Q < 0$ (vodík se ochlazuje od studenějšího okolí), $\Delta U < 0$ (teplota vodíku se snižuje)

e) Rozžhavené spaliny v pístu motoru velmi rychle roztlačují píst. $W < 0$ (práci konají spaliny v pístu), $Q < 0$ (spaliny jsou teplejší než okolí a tak teplo odevzdávají), $\Delta U < 0$ (spaliny se ochlazují)

f) Vodní pára získává v parogenerátoru energii a roztáčí turbínu.

$W < 0$ (pára roztáčí turbínu a koná tak práci), $Q > 0$ (parogenerátor dodává teplo), $\Delta U > 0$ (i po průchodu turbínou je pára teplejší než před zahříváním)

Poslední případ rozebereme z trochu jiné strany.

Místo práce, kterou vykonají okolní tělesa na našem tělese, použijeme práci W' , kterou vykoná naše těleso. Platí $W = -W'$. Dosadíme do prvního termodynamického zákona:

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

$Q = \Delta U + W'$ - teplo dodané tělesu se spotřebuje na vykonání práce a zvýšení vnitřní energie (tato věta velmi dobře popisuje o co jde v tepelných elektrárnách).

Shrnutí: