



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KATEDRA
ENERGETICKÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

KKE/CE - Člověk a energie

ZS 2020/2021
2. cvičení

Nové důležité informace

2

- celkem 5 testů
- započítány 4 bodově nejlepší testy
- každý test 5 otázek - 5 bodů
- max. počet je 20 bodů
- hranice:
 - 18 bodů a více (90%) - plus 5 bodů k zápočtovému testu
 - 8 bodů a méně (40%) - minus 5 bodů k zápočtovému testu

Mentimeter

3

www.menti.com

Plán cvičení

4

- Termika a molekulová fyzika
- Ideální plyn
- Zákony ideálního plynu
- Stavová rovnice
- Adiabatický děj
- Vnitřní energie
- 1. věta termodynamiky
- Měrná tepelná kapacita
- Kalorimetrická rovnice
- Příklady

Termika a molekulová fyzika

5

- Zabývá se studiem vlastností látek a jejich změn v závislosti na teplotě
- Využívá nástroje teorie matematické pravděpodobnosti a statistiky
- Základem molekulové fyziky je kinetická teorie látek
- Pohyb molekul má souvislost s makroskopickým stavem látky

Dělení termiky

6

- Termometrie - Zabývá se měřením teploty a používanými měřicími metodami.
- Kalorimetrie - Zabývá se určováním tepelného obsahu (tepla) látek z makroskopického hlediska.
- Kinetická teorie látek - Zabývá se vztahem mezi strukturou látky na molekulární úrovni a jejím tepelným chováním.
- Termodynamika - Zabývá se zákony, kterým podléhá přeměna tepelné energie v jiné druhy energie (a naopak).
- Šíření tepla (termokinetika) - Zabývá se způsoby, kterými se teplo šíří prostředím.

Ideální plyn

7

- Plyn - soustava velkého počtu nepatrných hmotných částic
- Ideální plyn - soubor velkého množství zanedbatelně malých částic
 - Lze zanedbat rotační pohyb molekul, a tudíž i energii tohoto pohybu
 - Celková mechanická energie je tvořena pouze energií kinetickou → vnitřní energie plynu je součet kinetických energií všech molekul (potenciální energie je nulová, jelikož molekuly vzájemně neinteragují)

Zákony ideálního plynu

8

- Zákonitosti chování plynů se zkoumají už od konce 17. století
- Platnost zákonů byla určena až díky kinetické teorii plynů
- Planí pouze pro ideální plyn
- Zkoumají závislosti základních stavových parametrů

Boyle - Mariottův zákon

9

- Izotermický děj $T = konst.$

$$p_1 \cdot V_1 = p_0 \cdot V_0$$

$$p \cdot V = konst.$$

Guy - Lussacův zákon

10

- Izobarický děj $p = konst.$

$$V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot t)$$

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

- V_0 objem při $t = 0^\circ C$ [m^3]
- γ izobarický součinitel objemové roztažnosti $\gamma = \frac{1}{273,15} \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$
- t teplota [$^\circ C$]

Charlesův zákon

11

- Izochorický děj $V = konst.$

$$p = p_0 \cdot (1 + \beta \cdot t)$$

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

- p_0 tlak při $t = 0$ [Pa]
- β izochorický součinitel tlakové rozpínivosti $\beta = \gamma = \frac{1}{273,15} \left[\frac{1}{^\circ C} \right]$
- t teplota [$^\circ C$]

Daltonův zákon

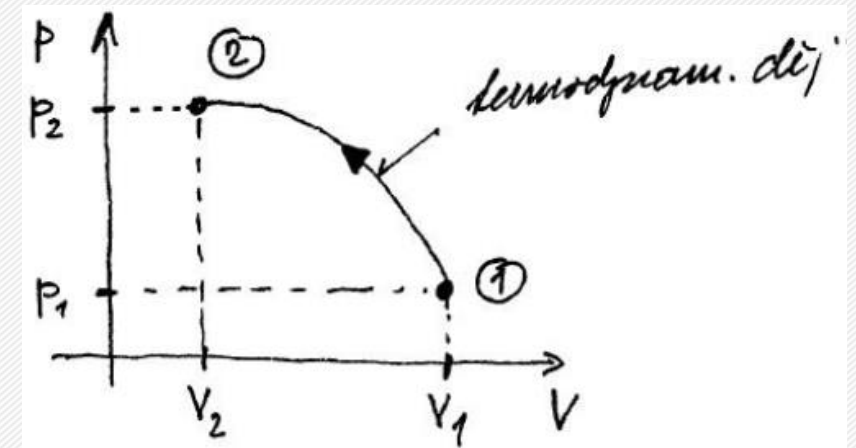
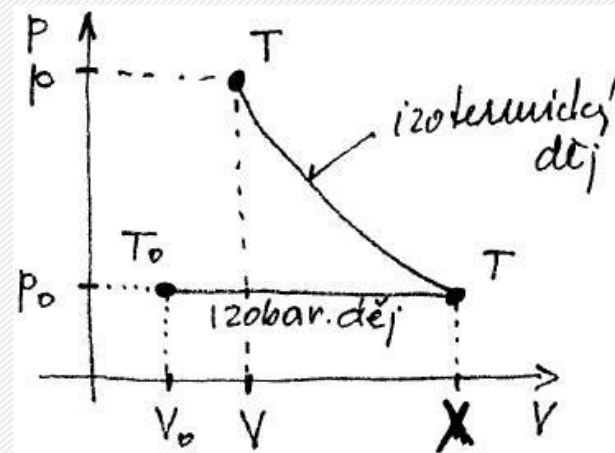
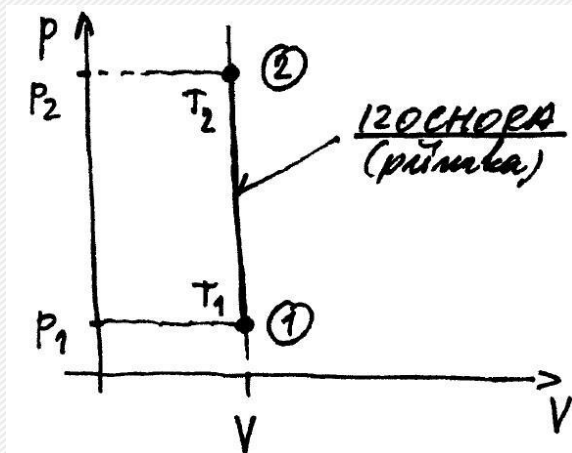
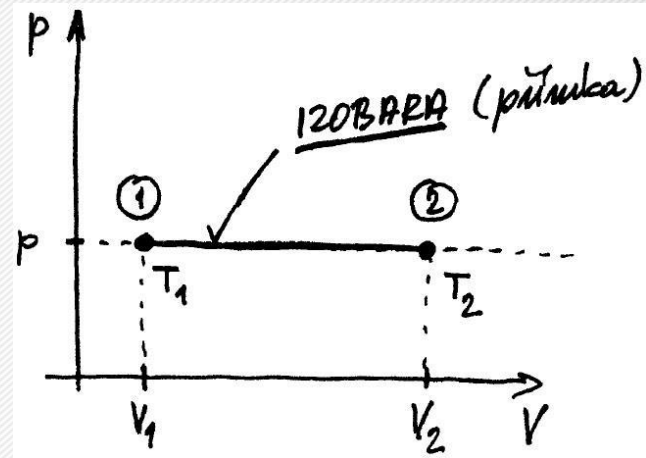
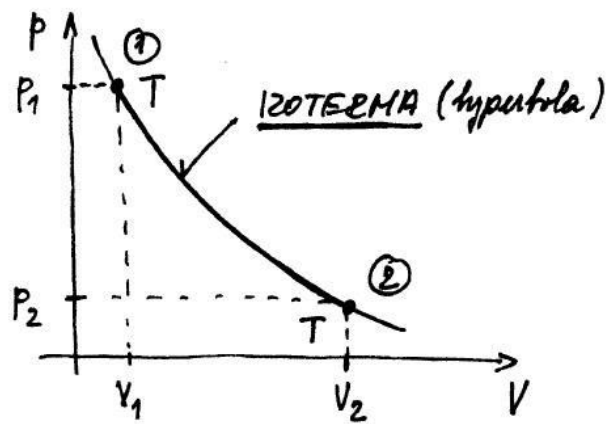
12

- Výsledný (celkový, totální) tlak plynu tvořeného směsí několika vzájemně nereagujících plyných složek je roven součtu všech parciálních (částečných) tlaků jednotlivých složek

$$p = p_1 + p_2 + \dots = \sum p_i \text{ [Pa]}$$

Stavová rovnice

13



Stavová rovnice

14

- Látkové množství n

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

- Molární hmotnost M_{mol}

$$M_{mol} = \frac{m}{n} \left[\frac{kg}{mol} \right]$$

- Molární objem V_{mol}

$$V_{mol} = 22,414 \left[\frac{l}{mol} \right]$$

Při $p_0 = 101325 [Pa]$, $T_0 = 273,15 [K]$

Stavová rovnice

15

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M_{mol}} = \frac{V_0}{V_{mol}} \quad V_0 = n \cdot V_{mol}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{1,01325 \cdot 10^5 [Pa] \cdot n \cdot 22,414 \cdot 10^{-3} [m^3]}{273,15 [K]}$$

- Molární (univerzální) plynová konstanta R :

$$R = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 22,414 \cdot 10^{-3}}{273,15} \cong 8,314 [J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}]$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R \quad \Rightarrow \quad p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Stavová rovnice

16

- Boltzmanova konstanta k

$$k = \frac{R}{N_A} \cong 1,38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{J}{K} \right]$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \Rightarrow \quad p \cdot V = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T \quad \Rightarrow \quad p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

- Objemová koncentrace částic (molekul)

$$\nu = \frac{N}{V} \left[\frac{\text{částic}}{m^3} \right]$$

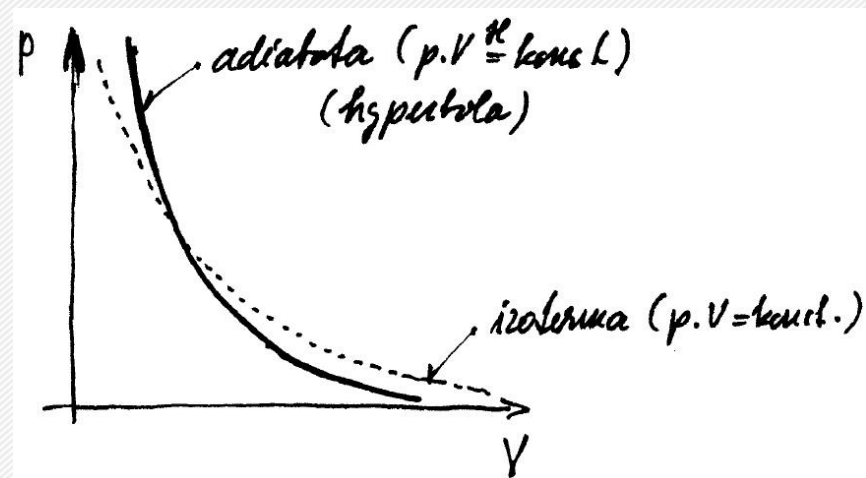
$$p = \nu \cdot k \cdot T$$

Adiabatický děj

17

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$p_1 \cdot V_1^{\kappa} = p_2 \cdot V_2^{\kappa}$$



Vnitřní energie

18

- Vnitřní energie tělesa je veličina představující souhrn energií všech částic, z nichž se těleso skládá.
- Vnitřní energie ovlivňuje vlastnosti a stav látky. (např. kinetická energie částic se projevuje jako teplota tělesa)
- Vnitřní energie se značí „ U “, jednotky jakožto energie jsou Jouly [J].

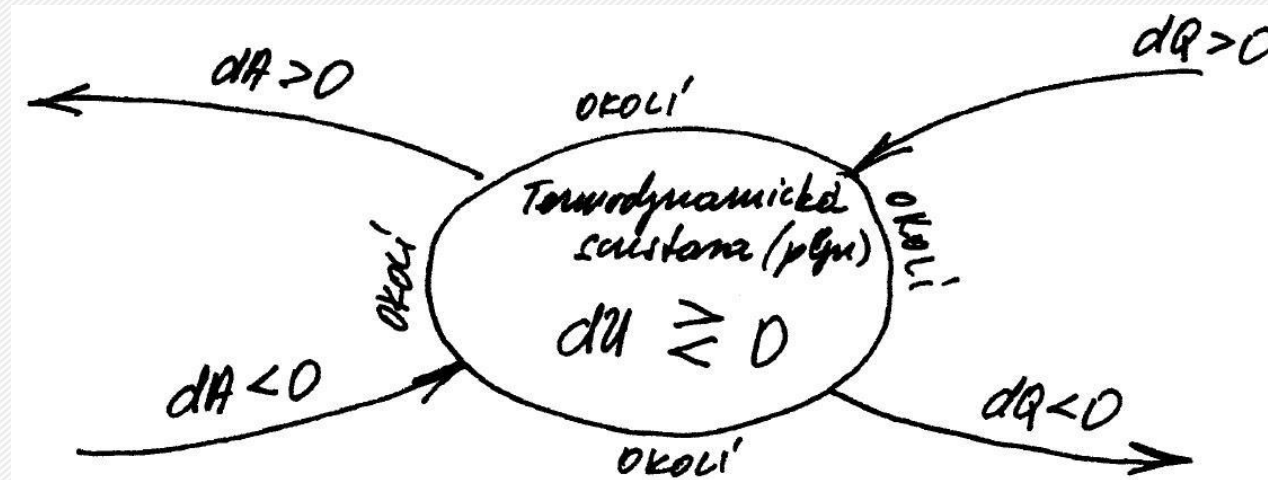
1. věta termodynamiky

- Látka při vyšší teplotě obsahuje částice pohybující se většími rychlostmi, než látka o nižší teplotě, tj. látka má nižší vnitřní energii
- Teplo i práce ovlivňují vnitřní energii soustavy (plynu)
- Vztah mezi předaným teplem, vykonanou/dodanou prací a vnitřní energií popisuje první zákon termodynamiky:

$$dU = dQ - dA$$

1. věta termodynamiky

- 1. věta termodynamická tak vlastně představuje zákon zachování energie termodynamické soustavy (plynu)



1. věta termodynamiky

21

$$\int_1^2 dU = \int_1^2 dQ - \int_1^2 dA \quad \Rightarrow \quad \Delta U = Q - A$$

$$\Delta U = Q + (-A)$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$A = Q - \Delta U$$

- Termodynamická soustava může konat mechanickou práci pouze přeměnou z jiných forem energie

Měrná tepelná kapacita

22

- Měrná tepelná kapacita (ve starší literatuře též měrné teplo nebo specifické teplo) udává množství tepla potřebného k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň ($[^{\circ}\text{C}]$ nebo $[\text{K}]$).
- K určování hodnot měrného tepla se využívá kalorimetrická rovnice.
- U plynů se rozlišuje měrná tepelná kapacita při stálém tlaku, která se označuje „ c_p “, a měrná tepelná kapacita při stálém objemu, která se označuje „ c_v “ (c_v). Vztah mezi těmito měrnými tepelnými kapacitami udává Poissonova konstanta a Mayerův vztah.

Měrná tepelná kapacita

23

- **Poissonovu konstantu „ κ “** používáme i u Adiabatického děje, a lze ji vypočítat následovně:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} [-]$$

- **Mayerův vztah** udává vazbu mezi specifickou plynovou konstantu „ r “, měrnou tepelnou kapacitu za konstantního tlaku „ c_p “ a měrnou tepelnou kapacitu za konstantního objemu „ c_v “ následovně:

$$c_p = r + c_v$$

Kalorimetrická rovnice

24

- Kalorimetrická rovnice popisuje tepelnou výměnu těles tvořících izolovanou soustavu, pro kterou platí zákon zachování energie - veškeré teplo, které při výměně jedno těleso odevzdá, druhé těleso přijme.
- Navíc se předpokládá, že nedochází ke změně druhu energie, tzn. tepelná energie se nemůže změnit např. v mechanickou energii.

$$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t)$$
$$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_{konc} - t_{počáteční})$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$$

Příklad č.1

25

- Zjistěte, kolik molekul obsahuje 1 cm^3 libovolného plynu za normálních podmínek.

Příklad č.2

26

- V nádobě s vnitřním objemem $8,3 \text{ m}^3$ je vodík H_2 s hmotností 200 g a teplotou $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Určete jeho tlak.

Příklad č.3

27

- Pára je napuštěna do válce parního stroje při stálém tlaku 3 MPa . Zdvih pístu je $0,3 \text{ m}$ a příslušná změna objemu je $9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Jakou práci vykoná pára při jednom zdvihu? Jakou tlakovou silou působí pára na píst?

Příklad č.4

28

- Kolik *ml* vody o teplotě $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nutno přidat do 300 ml vody o teplotě $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby její teplota poklesla na $70\text{ }^{\circ}\text{C}$?
Uvažujte $c = 4200\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a
 $\rho = 1000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Příklad č.5

29

- Určete výstupní teplotu ohřátého vzduchu o průtoku 30 kg/s , a počáteční teplotě $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, jestliže je ohříván ve výměníku tepla pomocí spalin o vstupní teplotě $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$, výstupní teplotě $120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a průtoku 5 kg/s .
- Uvažujte $c_{\text{vzduchu}} = c_{\text{spalin}} = c = 1006 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Kahoot!

30

www.kahoot.it

Děkuji za pozornost