

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název školy	Střední průmyslová škola strojnická Vsetín
Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0483
Autor	Ing. Jan Martinů
Název šablony	III/2
Název DUMu	9.6 Stavová rovnice ideálního plynu, základní vratné změny plynu
Tematická oblast	Termomechanika
Předmět	Mechanika
Druh učebního materiálu	<i>prezentace</i>
Anotace	Prezentace se zabývá stavovou rovnicí
Vybavení, pomůcky	
Ověřeno ve výuce dne, třída	15.3.2013 ve 3.A



Střední průmyslová škola strojnická Vsetín



www.zlinskedumy.cz

Výukové cíle

- Vysvětlení stavové rovnice ideálního plynu
- Objasnění vratných změn ideálního plynu

Klíčová slova

- Izobara
- Izochora
- Izoterma
- Adiabata
- Polytropa

Stavová rovnice ideálního plynu

Termodynamický stav plynu je určen stavovými veličinami, kterými jsou teplota plynu T [K], tlak plynu p [Pa] a objem plynu V [m³].

Stavová rovnice ideálního plynu udává závislosti mezi stavovými veličinami ideálního plynu, to je teplotou, tlakem a objemem plynu.

Stavová rovnice ideálního plynu má základní tvar $\frac{p \cdot V}{T} = m \cdot r = \text{konst.}$, kde m [kg] je hmotnost plynu, r [J.kg⁻¹.K⁻¹] je měrná plynová konstanta pro daný plyn, V [m³] je objem plynu, p [Pa] je tlak plynu a T [K] je teplota plynu.

Měrná plynová konstanta pro daný plyn se stanovuje z univerzální plynové konstanty, která je stejná pro všechny plyny a je $R_m = 8314 \text{ [J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}]$.

Měrná plynová konstanta plynu se vypočte ze vztahu $r = \frac{R_m}{M}$, kde R_m je univerzální plynová konstanta $M \text{ [kg.mol}^{-1}]$ je molová hmotnost plynu.

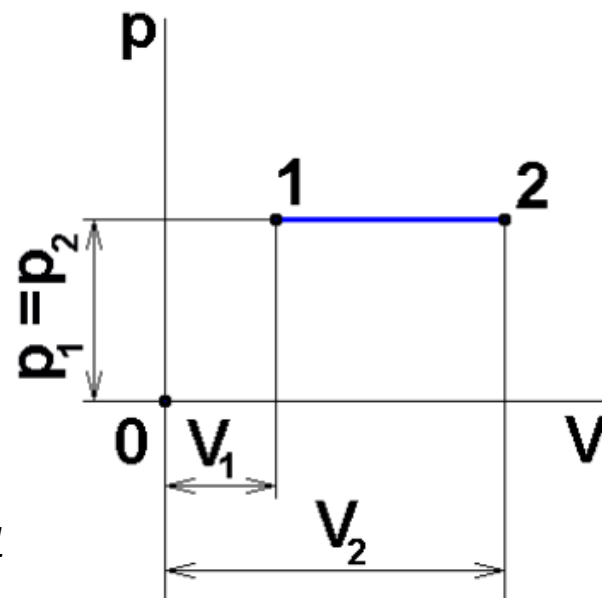
Například kysličník uhličitý CO_2 , jehož molekula se skládá z atomu uhlíku s $M_C = 12 \text{ [kg.mol}^{-1}]$ a dvou atomů kyslíku s $M_O = 16 \text{ [kg.mol}^{-1}]$ má celkovou molovou hmotnost $M_{\text{CO}_2} = M_C + 2.M_O = 44 \text{ [kg.mol}^{-1}]$, pak $r = \frac{R_m}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{8314}{44} = 188,95 \text{ [J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$.

Vratné změny ideálního plynu

Změna izobarická je vratná změna stavu plynu při stálém tlaku, pak platí $p_1 = p_2 = p = \text{konst.}$ a grafickým znázorněním změny v tlakovém p-V diagramu je izobara.

Rovnice izobary má tvar $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T} = \text{konst.}$

Gay - Lussacův zákon pro izobarickou změnu zní: „Objem plynu je přímo úměrný jeho teplotě.“ a matematické vyjádření zákona má tvar $V = \frac{V_1}{T_1} \cdot T$.



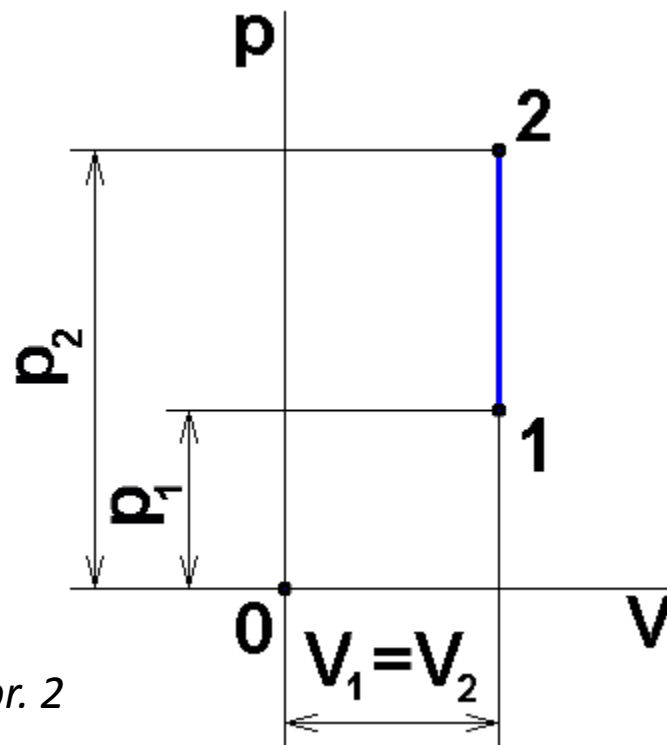
Obr. 1

Změna izochorická je vratná změna stavu plynu při stálém objemu, pak platí $V_1 = V_2 = V = \text{konst.}$ a grafickým znázorněním změny v tlakovém p-V diagramu je izochora.

Rovnice izochory má tvar $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p}{T} = \text{konst.}$

Charlesův zákon pro izochorickou změnu zní „Tlak plynu je přímo úměrný jeho teplotě.“ a matematické vyjádření zákona

má tvar $p = \frac{p_1}{T_1} \cdot T$.



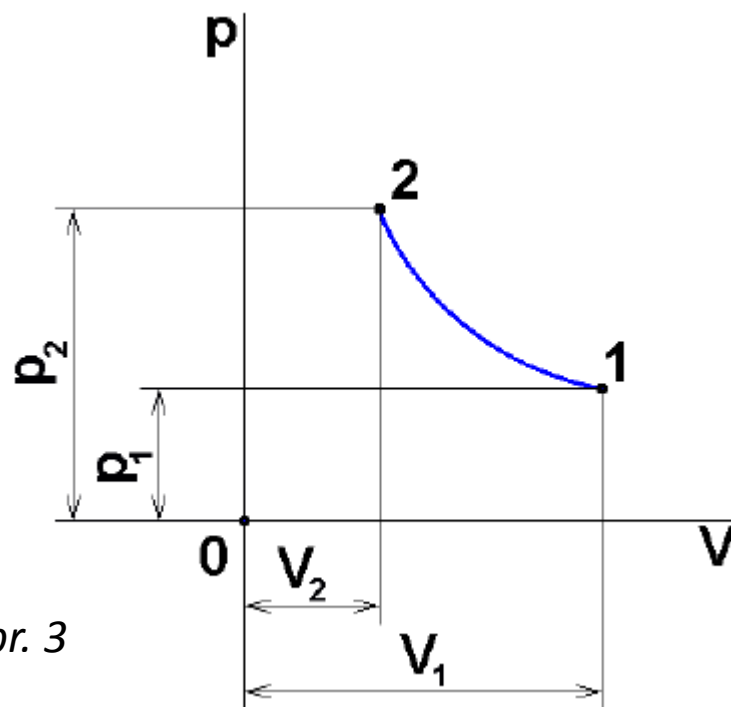
Obr. 2

Změna izotermická je vratná změna stavu plynu při stálé teplotě, pak platí $T_1 = T_2 = T = \text{konst.}$ a grafickým znázorněním změny v tlakovém p-V diagramu je izoterma.

Rovnice izotermy má tvar $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p \cdot V = \text{konst.}$

Boyleův-Mariottenův zákon pro izotermickou změnu zní: „Tlak plynu je nepřímo úměrný jeho objemu.“ a matema-

tické vyjádření zákona má tvar $p = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1}{V}$.



Obr. 3

Změna adiabatická je vratná změna stavu plynu bez sdílení tepla (sdělené teplo $Q = 0$).

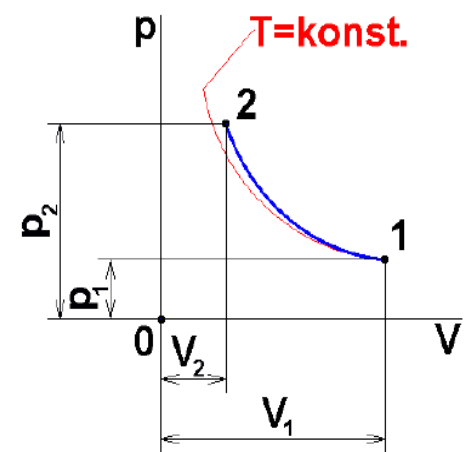
Grafickým znázorněním adiabatické změny v tlakovém p - V diagramu je adiabata, což je hyperbola vyššího řádu).

Rovnice adiabaty má tvar

$$p_1 \cdot V_1^\chi = p_2 \cdot V_2^\chi = p \cdot V^\chi = \text{konst.}$$

Další tvary rovnice adiabaty jsou $T_1 \cdot V_1^{\chi-1} = T_2 \cdot V_2^{\chi-1}$ a

$$T_1 \cdot p_1^{\frac{1-\chi}{\chi}} = T_2 \cdot p_2^{\frac{1-\chi}{\chi}}.$$



Obr. 4

Změna polytropická je vratná změna stavu plynu se sdílením tepla.

Rovnice polytropické změny má tvar $p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n = p \cdot V^n = \text{konst.}$

Polytropický exponent n je větší než 1 a menší než adiabatický exponent, neboli $n \in (1; \chi)$.

Druhý tvar rovnice polytropické změny je $T_1 \cdot V_1^{n-1} = T_2 \cdot V_2^{n-1}$ a třetí tvar rovnice

$$\text{polytropické změny je } T_1 \cdot p_1^{\frac{1-n}{n}} = T_2 \cdot p_2^{\frac{1-n}{n}}.$$

Otázky

- Jaký je rozdíl mezi adiabatou a polytropou?

Literatura, použité zdroje textu a obrázků

- Střední průmyslová škola Kolín: Podklady pro studenty. [online]. Apache/2.2.14 (Ubuntu) Server at www.sps-ko.cz Port 80. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/MEC_kratochvil/TERMOMECHANIKA_INTERNET_DOC/
- Střední průmyslová škola strojnická a Střední odborná škola profesora Švejcara, Plzeň: osobní stránky. [online]. Apache/2.2.22 (Debian) Server at www.spstr.pilsedu.cz Port 80. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/mec_uceb/mec6_txt.pdf
- Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace: osobní stránky. [online]. Apache/2.2.8 (Ubuntu) PHP/5.2.4-2ubuntu5.27 with Suhosin-Patch Server at www.strojka.opava.cz Port 8. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: http://www.strojka.opava.cz/~dolezi/MEC/III/Mechanika_III.pdf
- Wikipedie: Hydromechanika. [online]. Text je dostupný pod licencí Creative Commons Uveďte autora – Zachovejte licenci 3.0 Unported. 5. 4. 2013 v 14:54. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydromechanika>
- Wikipedie: Termomechanika. [online]. Text je dostupný pod licencí Creative Commons Uveďte autora – Zachovejte licenci 3.0 Unported. 5. 4. 2013 v 14:54. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?search=termomechanika&title=Speci%C3%A1ln%C3%AD%D3AHled%C3%A1n%C3%AD>
- Wikipedie: dynamika. [online]. Text je dostupný pod licencí Creative Commons Uveďte autora – Zachovejte licenci 3.0 Unported, 2. 5. 2013 v 10:11. [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dynamika>
- Obr. 1 – 4 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/MEC_kratochvil/TERMOMECHANIKA_INTERNET_DOC/