

Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	MEC IIIb
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	G–21
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	09
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G–21–09
Název vzdělávacího materiálu:	Teplotní roztažnost a rozpínavost látek
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

Př.: Chladičem protéká za 1 hodinu 3000 kg oleje 80 °C teplého, který se má zchladit na 20°C . Kolik tepla je nutno odvést a kolik chladící vody musí chladičem protéct, ohřeje-li se voda z 12°C na 24°C ?

Měrné teplo oleje: $c_1 = 1,67 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

Měrné teplo vody: $c_2 = 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

Množství tepla odebraného oleji = množství tepla dodaného vodě.

Množství tepla odebraného oleji:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 3000 \cdot 1,67 \cdot (20 - 80) = -300600 \text{ kJ}$$

$$Q_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t_1) \rightarrow m_2 = \frac{Q_1}{c_2 \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{300600}{4,2 \cdot (24 - 12)} = 5963 \text{ kg/h}$$

Tepelný výkon chladiče:

$$Q_\tau = \frac{Q}{\tau} = \frac{300600}{3600} = 83,5 \text{ kW} \quad \left[\frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \text{kW} \right]$$

Př.: V nádobě je 10 kg vody teploty 10 °C . Jak se zvětší teplota vody na teplotu t , ochladíme-li v ní ocelovou součást hmotnosti 2 kg a teploty 400 °C ?

	Voda	Ocel	
m_1	10 kg	2 kg	m_2
t_1	10 °C	400 °C	t_2
c_1	4,2 kJ/kg · K	0,465 kJ/kg · K	c_2

$$Q_1 = Q_2$$

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

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

$$m_1 \cdot c_1 \cdot t + m_2 \cdot c_2 \cdot t = m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_1 \cdot c_1 \cdot t_1$$

$$t = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_1 \cdot c_1 \cdot t_1}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2} = \frac{2 \cdot 0,465 \cdot 400 + 10 \cdot 4,2 \cdot 10}{10 \cdot 4,2 + 2 \cdot 0,465} = 18,4^\circ\text{C}$$

Př.: Ložiskem turbíny se protlačuje za 1 s 15 kg oleje, který se vlivem tření ohřívá z teploty 23 °C na teplotu 68 °C. Teplý olej se ochlazuje ve vodním chladiči, ve kterém se voda ohřívá z teploty 18 °C na 22 °C. Jaký musí být objemový průtok vody chladičem? Měrné teplo oleje $c_o = 1,67 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$.

Olej: $Q_{mo} = 15 \text{ kg/s}$	Voda:
$t_{1o} = 23^\circ\text{C}$	$t_{1v} = 18^\circ\text{C}$
$t_{2o} = 68^\circ\text{C}$	$t_{2v} = 22^\circ\text{C}$
$c_o = 1,67 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$c_v = 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Množství tepla odebraného oleji:

$$Q_\tau = Q_{mo} \cdot c_o \cdot (t_{2o} - t_{1o}) = 15 \cdot 1,67 \cdot (68 - 23) = 1127,25 \text{ kJ/s} = 1127,25 \text{ kW}$$

Teplo, které musí voda odebrat:

$$Q_\tau = Q_m \cdot c_v \cdot (t_{2v} - t_{1v}) \rightarrow Q_m = \frac{Q_\tau}{c_v \cdot (t_{2v} - t_{1v})} = \frac{1127,25}{4,2 \cdot (22 - 18)} = 67,1 \text{ kg/s}$$

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho} = \frac{67,1}{1000} = 0,0671 \text{ m}^3/\text{s} = 67,1 \text{ l/s}$$

Př.: Ocelový předmět o hmotnosti $m_1 = 2,5 \text{ kg}$ ohřátý na teplotu 800°C byl zakalen do olejové lázně hmotnosti $m_2 = 10 \text{ kg}$ a teploty 20°C . Na jakou teplotu se ohřál olej?

Ocel:	Olej:
$m_1 = 2,5 \text{ kg}$	$m_2 = 10 \text{ kg}$
$t_1 = 800^\circ\text{C}$	$t_2 = 20^\circ\text{C}$
$c_1 = 0,465 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$	$c_2 = 1,67 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$
$t = ?$	

$$Q_1 = Q_2$$

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

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

$$t = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_1 \cdot c_1 \cdot t_1}{m_2 \cdot c_2 + m_1 \cdot c_1} = \frac{10 \cdot 1,67 \cdot 20 + 2,5 \cdot 0,465 \cdot 800}{1,67 \cdot 10 + 2,5 \cdot 0,465} = 70,77^\circ\text{C}$$

Teplotní roztažnost a rozpínavost látek

Kovová tyč, která má při teplotě t_o délku l_o , změní svoji délku na hodnotu l .

$$l = l_o + l_o \cdot \alpha \cdot \Delta t = l_o + l_o \cdot \alpha \cdot (t - t_o)$$

α – součinitel tepelné roztažnosti, $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} [\text{K}^{-1}]$

Pro $t_o = 0 [\text{K}]$:

$$l = l_o \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

$$\Delta l = l - l_o = l_o \cdot \alpha \cdot t$$

Podle daného vztahu se mění všechny rozměry tyče (nebo libovolné strojní součásti). Proto změna objemu vyvolaná změnou teploty je rovna:

$$V = a_o \cdot b_o \cdot c_o \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)^3$$

Podstatné změny objemu způsobené změnou teploty nastávají u plynů. Plyn jsou stlačitelné látky, změnu jejich objemu můžeme dosáhnout nejen změnou teploty, ale také změnou tlaku. Při sledování roztažnosti plynů musíme proto vymežit vliv změny tlaku tzn. sledovat jejich teplotní roztažnost při konst. tlaku. Proto hovoříme o **izobarické tepelné roztažnosti (p = konst.)**.

Pro všechny plyny platí:

$$\text{Součinitel tepelné objemové roztažnosti: } \gamma \doteq \frac{1}{273} \text{ [K}^{-1}\text{]}$$

Za předpokladu, že zvyšujeme teplotu plynu za stálého objemu (**V = konst.**), plyn se rozpíná. Jedná se o **izochorickou tepelnou roztažnost**.

Tlak při teplotě t:

$$p = p_o \cdot [1 + \beta \cdot (t - t_o)]$$

$$\text{Pro } t_o = 0 \text{ [K]}$$

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

$$\beta = \frac{1}{273} \text{ [K}^{-1}\text{]} - \text{součinitel izochorické tepelné roztažnosti (V = konst.)}$$

Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.