



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

Ing. Stanislav Jakoubek

Přehled studijních materiálů

Číslo DUMu	Název DUMu
<u>III/2-2-3-09</u>	<u>Měrná tepelná kapacita</u>
<u>III/2-2-3-10</u>	<u>Kalorimetr, kalorimetrická rovnice</u>
<u>III/2-2-3-11</u>	<u>Přenos vnitřní energie vedením</u>
<u>III/2-2-3-12</u>	<u>Přenos vnitřní energie tepelným zářením</u>
<u>III/2-2-3-13</u>	<u>Přenos vnitřní energie prouděním</u>



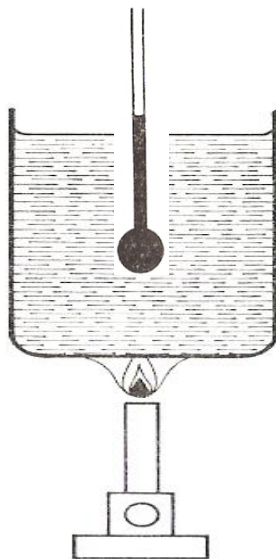
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měrná tepelná kapacita

Ing. Stanislav Jakoubek

Název školy	Střední škola technická AGC a.s.
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5 Název projektu: Výuka atraktivně a efektivně, č.p.: CZ.1.07/1.5.00/34.0057
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Fyzika
Název sady vzdělávacích materiálů	Molekulová fyzika a termodynamika
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Ing. Stanislav Jakoubek
Číslo sady	III/2-2-3
Číslo DUMu	III/2-2-3-09
Anotace	Proč se některé předměty zahřívají více a některé méně? Proč je hliníková lžička v horkém čaji vařící a plastová ne? Odpověď na tuto otázku zní: „měrná tepelná kapacita“. Ve studijním článku se s ní podrobně seznámíme.

Pokus



- ▶ Těleso přijme teplo $Q \Rightarrow$ vzroste vnitřní energie U
- ▶ Pokud nedojde ke změně skupenství, dojde ke zvýšení teploty

Tepelná kapacita tělesa

- Jaké teplo musí přijmout těleso, aby se zvýšila jeho teplota o 1°C (o 1K)

$$C = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta T}$$

Jednotka: $[C] = \text{J} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} = \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$

Závisí na druhu látky a na ději, kterým těleso přijalo teplo (např. při konstantním tlaku).

Měrná tepelná kapacita

- ▶ Malé těleso se dodáním tepla ohřeje.
- ▶ Větší těleso z téže látky se dodáním téhož tepla rovněž ohřeje, ale méně.
- ▶ Potřebujeme veličinu závislou jen na druhu látky, ne na jejím množství.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{\frac{Q}{\Delta t}}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

Jednotka: $[c] = J \cdot kg^{-1} K^{-1}$

Měrná tepelná kapacita (pokrač.)

- ▶ Látková konstanta, hledáme ji v tabulkách
- ▶ **Fyzikální význam:** množství tepla, které musí přijmout těleso o hmotnosti 1kg, aby se ohřálo o 1°C .
- ▶ Poznámka: Množství tepla, které musí těleso o hmotnosti 1kg odevzdat, aby se ochladilo o 1°C .
- ▶ Závisí na teplotě. Proto je tabelována pro určitou teplotu (např. pro 20°C).

Měrné tepelné kapacity některých látek

Látka	$c[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	Látka	$c[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	Látka	$c[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$
Voda	4180	Železo	450	Kyslík	917
Vzduch	1003	Měď	384	Cín	227
Etanol	2460	Zinek	385	Křemík	703
Led	2090	Hliník	896	Zlato	129
Olej	2000	Beton, cihly	880	Stříbro	235
Sklo	850-1000	Olovo	129	Oxid uhličitý	833

Měrné tepelné kapacity kovů

- ▶ Měrné tepelné kapacity kovů jsou malé. Na ohřátí stačí malá energie. Při ochlazování energii rychle vydávají.
- ▶ Hliníková lžička v čaji se rychle ohřeje.
- ▶ Radiátory jsou kovové – rychle odevzdávají teplo do místnosti.

Měrná tepelná kapacita vody

- ▶ Má velkou hodnotu.
 - ▶ Na zahřátí o malou teplotu potřebuje velkou energii. Při ochlazení ji odevzdá.
 - ▶ Chladicí kapalina – pojme hodně energie.
 - ▶ Voda v topení – odevzdá spoustu tepla.
 - ▶ Dlouho trvá, než se ohřeje voda v rybníce na koupání. Ještě dlouho na podzim může být teplá.
- 

Kalorie – jednotka energie

- ▶ Stále se používá jako jednotka energie. Setkáváme se s ní na obalech potravin.
- ▶ Je definována, jako množství tepla, které je potřeba dodat 1g vody, aby se ohřála o 1°C. (Přesně z 14,5°C na 15,5°C).
- ▶ Převod: $1cal \doteq 4,185J; 1kcal \doteq 4185J$

Důležitý vzorec

- ▶ Jaké teplo přijme látka při ohřátí?
- ▶ Jaké teplo odevzdá látka při ochlazení?

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t} = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow Q = mc\Delta t = mc\Delta T$$

Příklad

- V elektrické pračce se ohřívá voda o objemu 20l. Jaké teplo přijme, zvýší-li se teplota vody z 20°C na 90°C? Jak dlouho trvá ohřev, je-li příkon topného tělesa pračky 2kW?

$$V = 20l \Rightarrow m = 20kg, t_1 = 20^\circ C, t_2 = 90^\circ C, P = 2kW; Q = ?, \tau = ?$$

$$Q = mc\Delta t = 20 \cdot 4180 \cdot (90 - 20) J = 5852000 J = 5,852 MJ$$

$$P = \frac{W}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{W}{P} = \frac{5852000}{2000} s = 2926 s \doteq 48,8 \text{ min}$$

Příklad

- Ocelový předmět má tepelnou kapacitu 850 J.K^{-1} . O kolik stupňů se zvýší teplota předmětu, přijme-li teplo $3,4 \text{ kJ}$?

$$C = 850 \text{ J.K}^{-1}, Q = 3,4 \text{ kJ} = 3400 \text{ J}; \Delta t = ?, \Delta T = ?$$

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{C} = \frac{3400}{850} ^\circ\text{C} = 4 ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \Delta T \Rightarrow \Delta T = 4 \text{ K}$$

Příklad

- ▶ Vnitřní energie vody se zvětšila při konstantním tlaku o 346,5kJ. Její teplota se zvýšila o 41,2K. Určete tepelnou kapacitu vody. Z výsledku (a z hodnoty měrné tepelné kapacity) odhadněte (bez výpočtu) množství vody.

$$\Delta Q = 346,5kJ = 346500J, \Delta T = 41,2K; C = ?, m = ?$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{346500}{41,2} J.K^{-1} \doteq 8410 J.K^{-1} \quad m \doteq 2kg$$

Příklad

- V nádobě o tepelné kapacitě 90J.K^{-1} je voda o tepelné kapacitě $2,1\text{kJ.K}^{-1}$. Vypočítejte změnu vnitřní energie nádoby a změnu vnitřní energie vody, jestliže se teplota soustavy zvýšila z 280K na 320K . Obě veličiny porovnejte.

$$C_n = 90\text{J.K}^{-1}, C_v = 2,1\text{kJ.K}^{-1} = 2100\text{J.K}^{-1}, T_1 = 280\text{K}, T_2 = 320\text{K};$$

$$\Delta Q_n = ?, \Delta Q_v = ?$$

$$\Delta Q_n = C_n \cdot \Delta T = C_n \cdot (T_2 - T_1) = 90 \cdot (320 - 280)\text{J} = 3600\text{J}$$

$$\Delta Q_v = C_v \cdot \Delta T = C_v \cdot (T_2 - T_1) = 2100 \cdot (320 - 280)\text{J} = 84000\text{J}$$

Příklad

- Znázorněte graficky závislost změny teploty tělesa hmotnosti 2kg na dodaném teple. Těleso je z mědi.

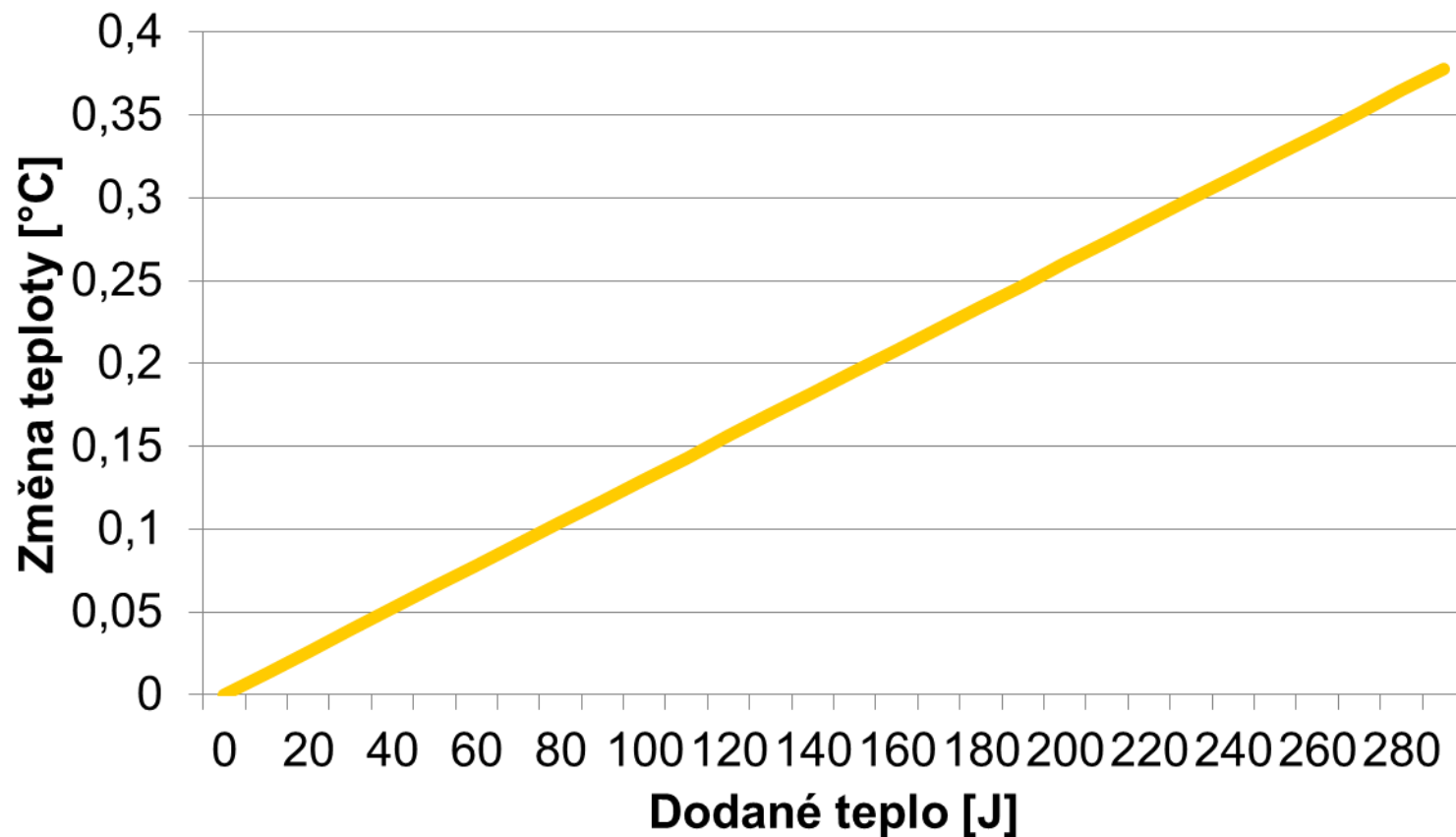
$$m = 2\text{kg}, c = 384\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$Q = mc\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{mc} = \frac{Q}{2.384} ^\circ\text{C} = \frac{Q}{768} ^\circ\text{C}$$

Je to lineární funkce. Grafem bude část přímky.

Řešení – graf

Závislost změny teploty na dodaném teple



Příklad

- Vypočtete teplo, které musí dodat kotel ústředního topení za 1 hodinu, jestliže za tuto dobu má protéct topnými tělesy 4000 litrů vody o teplotě 60°C a vrátí-li se zpět ochlazená na 35°C.

$$\tau = 1h, V = 4000l \Rightarrow m = 4000kg, t_1 = 60^\circ C, t_2 = 35^\circ C,$$

$$c = 4180J.kg^{-1}.K^{-1} Q = ?$$

$$Q = mc\Delta t = 4000.4180.(60 - 35)J = 418000000J = 418MJ$$

Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan; KUNZOVÁ, Vlasta; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika II pro studijní obory SOU*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1986, ISBN 14-209-86.
- ▶ [2] MIKULČÁK, Jiří a kol. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1988, ISBN 15 084/87-210.
- ▶ [3] AUTOR NEUVEDEN. *www.techmania.cz* [online]. [cit. 1.9.2012]. Dostupný na WWW:
<<http://www.techmania.cz/edutorium/clanky.php?key=323>>.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

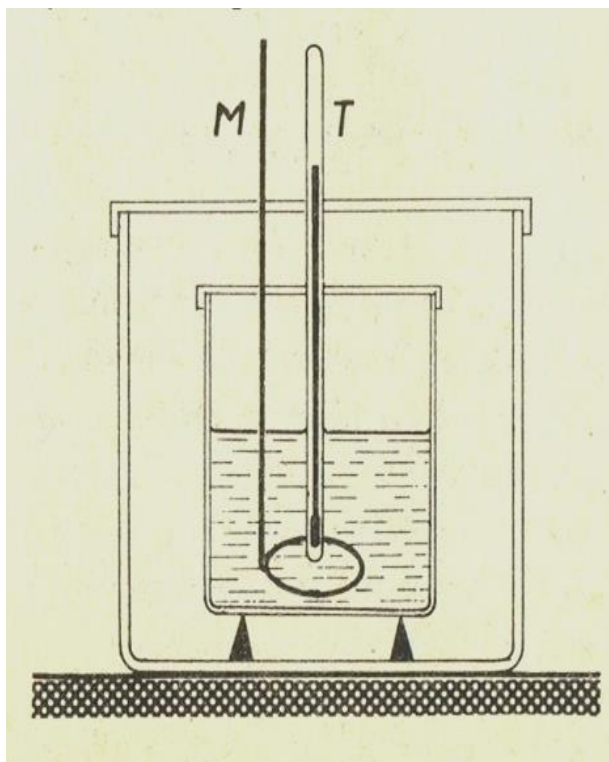
Kalorimetr, kalorimetrická rovnice

Ing. Stanislav Jakoubek

Název školy	Střední škola technická AGC a.s.
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5 Název projektu: Výuka atraktivně a efektivně, č.p.: CZ.1.07/1.5.00/34.0057
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Fyzika
Název sady vzdělávacích materiálů	Molekulová fyzika a termodynamika
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Ing. Stanislav Jakoubek
Číslo sady	III/2-2-3
Číslo DUMu	III/2-2-3-10
Anotace	Vhodíme studené těleso do horké vody. A nebo třeba smícháme teplou a studenou vodu. Víte, jaká bude výsledná teplota? Ne? Po prostudování tohoto DUMu to vědět budete.

Kalorimetr

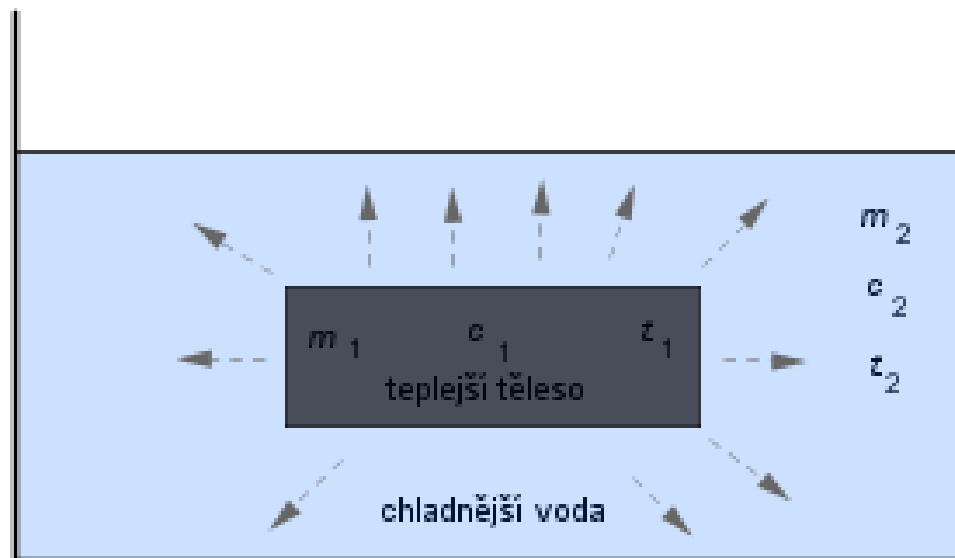
► Složení kalorimetru



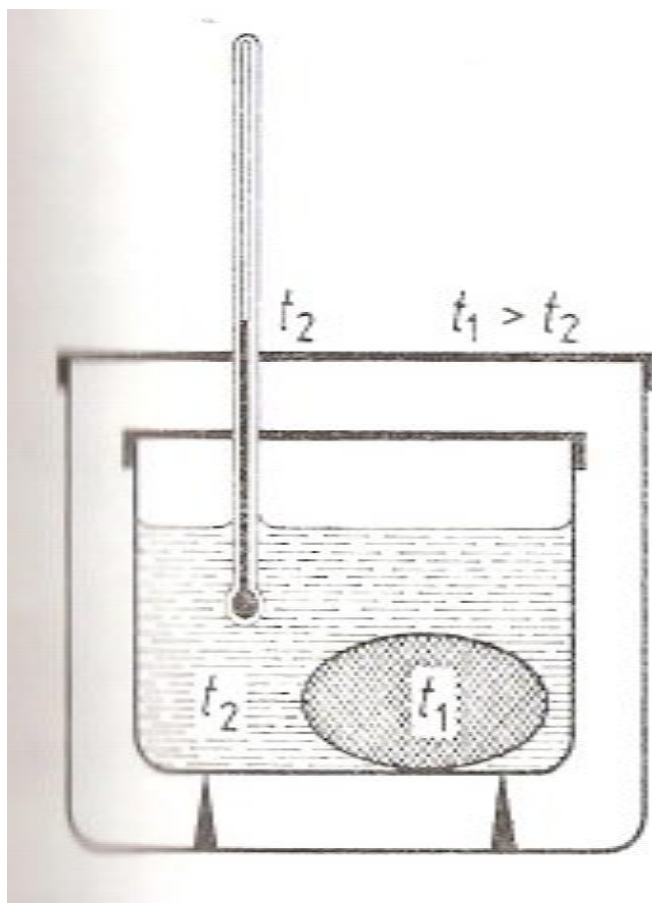
- Vnější nádoba
- Vnitřní izolovaná nádoba
- Míchadlo
- Teploměr

Kalorimetrická rovnice

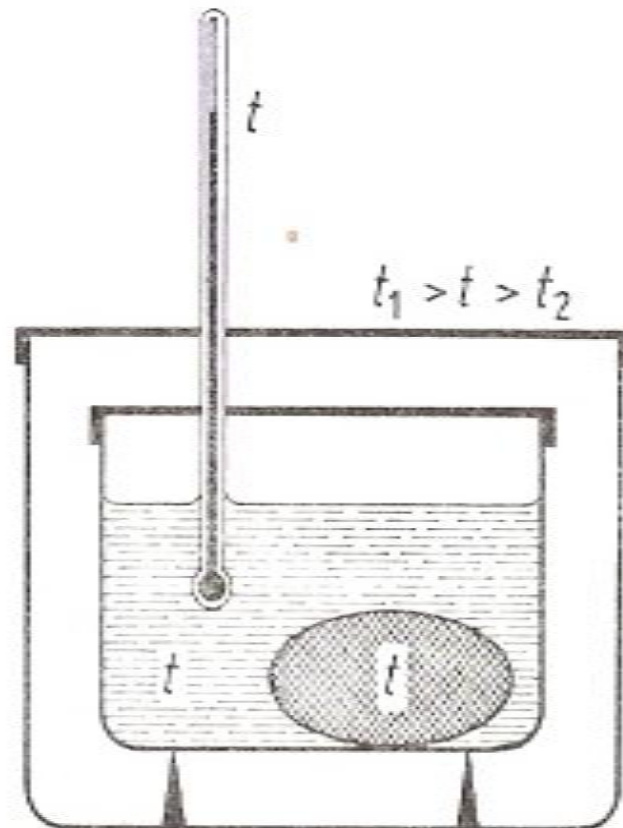
- ▶ Teplejší těleso do chladnější vody.
- ▶ Dochází k tepelné výměně.
- ▶ Po určitém čase se ustálí teplota na hodnotě t .



Kalorimetrická rovnice – pokrač.



Na počátku.



Rovnovážný stav.

Kalorimetrická rovnice – pokrač.

- ▶ Teplejší těleso odevzdá teplo: $Q_1 = m_1 c_1 (t_1 - t)$
- ▶ Studenější těleso přijme teplo: $Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2)$
- ▶ Zákon zachování energie: $Q_1 = Q_2$

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

Reálný kalorimetr

- ▶ Reálný kalorimetr se také zahřívá (nádoba, míchátko, teploměr).
- ▶ Na počátku má teplotu chladnější vody t_2 , na konci děje má teplotu soustavy t .
- ▶ Tepelná kapacita kalorimetru: C
- ▶ Kalorimetrická rovnice pro reálný kalorimetr:

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2) + C(t - t_2)$$

Teplo odevzdané
tělesem.

Teplo přijaté
vodou.

Teplo přijaté
kalorimetrem.

Příklad

- V kalorimetru o tepelné kapacitě 100J.K^{-1} je voda o hmotnosti 300g a teplotě 20°C . Do vody ponoříme těleso z mědi o hmotnosti 100g vyjmuté z vroucí vody za normálního tlaku. Určete výslednou teplotu této tepelně izolované soustavy po dosažení rovnovážného stavu.

Řešení

$$C = 100 J.K^{-1}, m_1 = 300 g = 0,3 kg, t_1 = 20^{\circ}C, c_1 = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1}$$
$$m_2 = 100 g = 0,1 kg, t_2 = 100^{\circ}C, c_2 = 383 J.kg^{-1}.K^{-1}; t = ?$$

Měděné těleso odevzdá: $Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - t)$

Voda přijme: $Q_1 = m_1 c_1 (t - t_1)$

Kalorimetr přijme: $Q_k = C(t - t_1)$

$$Q_2 = Q_1 + Q_k$$

$$m_2 c_2 (t_2 - t) = m_1 c_1 (t - t_1) + C(t - t_1)$$

Řešení (pokračování)

$$m_2 c_2 t_2 - m_2 c_2 t = m_1 c_1 t - m_1 c_1 t_1 + Ct - Ct_1$$

$$-m_2 c_2 t - m_1 c_1 t - Ct = -m_1 c_1 t_1 - Ct_1 - m_2 c_2 t_2$$

$$t(m_1 c_1 + m_2 c_2 + C) = m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 + Ct_1$$

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 + Ct_1}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + C}$$

$$t = \frac{0,3.4180.20 + 0,1.384.100 + 100.20}{0,3.4180 + 0,1.384 + 100} ^\circ\text{C} \doteq 22,2^\circ\text{C}$$

Příklad

- Kalorimetrickým měřením bylo zjištěno, že teplota tělesa z oceli o hmotnosti 500g se přijetím tepla 13,95kJ zvýšila z 300K na 360K. Určete měrnou tepelnou kapacitu oceli.

$$m = 500g = 0,5kg, Q = 13,95kJ = 13950J, T_1 = 300K, T_2 = 360K; c = ?$$

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}$$

$$c = \frac{13950}{0,5 \cdot (360 - 300)} J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1} = 465 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$$

Příklad

- ▶ Hliníkový předmět o hmotnosti 800g a teplotě 250°C byl vložen do kalorimetru s vodou o hmotnosti 1,5kg a teplotě 15°C. Jaká je teplota soustavy po vytvoření tepelné rovnováhy? Tepelnou kapacitu kalorimetru zanedbejte.

$$m_1 = 800g = 0,8kg, t_1 = 250^\circ C, c_1 = 896J.kg^{-1}.K^{-1}$$

$$m_2 = 1,5kg, t_2 = 15^\circ C, c_2 = 4180J.kg^{-1}.K^{-1}$$

$$t = ?$$

Řešení

- ▶ Hliníkové těleso odevzdá: $Q_1 = m_1 c_1 (t_1 - t)$
- ▶ Voda přijme: $Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2)$
- ▶ Zákon zachování energie $\Rightarrow Q_1 = Q_2$

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

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

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

$$t(m_1 c_1 + m_2 c_2) = m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 \Rightarrow t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$t = \frac{0,8.896.250 + 1,5.4180.15}{0,8.896 + 1,5.4180} ^\circ\text{C} \doteq 39^\circ\text{C}$$

Příklad

- ▶ V kalorimetru je voda o hmotnosti 2kg a teplotě 15°C. Do této vody nalejeme horkou vodu o hmotnosti 1kg. Po dosažení tepelné rovnováhy je výsledná teplota soustavy 30°C. Jakou teplotu měla horká voda? Uvažujte tepelnou výměnu jen mezi vodou.

$$m_1 = 2\text{kg}, t_1 = 15^\circ\text{C}, m_2 = 1\text{kg}, c = 4180\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}; t = 30^\circ\text{C}$$

$$t_2 = ?$$

Řešení

- ▶ Teplá voda odevzdá: $Q_2 = m_2 c(t_2 - t)$
- ▶ Studená voda přijme: $Q_1 = m_1 c(t - t_1)$
- ▶ Zákon zachování energie $\Rightarrow Q_2 = Q_1$

$$m_2 c(t_2 - t) = m_1 c(t - t_1)$$

$$m_2 t_2 - m_2 t = m_1 t - m_1 t_1$$

$$m_2 t_2 = m_1 t - m_1 t_1 + m_2 t \Rightarrow t_2 = \frac{m_1 t - m_1 t_1 + m_2 t}{m_2}$$

$$t_2 = \frac{2.30 - 2.15 + 1.30}{1} ^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}$$

Příklad

- V kalorimetru o tepelné kapacitě 63J.K^{-1} je olej o hmotnosti $0,25\text{kg}$ a teplotě 12°C . Do oleje ponoříme měděný předmět o hmotnosti $0,5\text{kg}$ a teplotě 100°C . Výsledná teplota soustavy po dosažení tepelné rovnováhy je 33°C . Určete měrnou tepelnou kapacitu oleje. Tepelnou výměnu mezi kalorimetrem a ovzduším neuvažujte.

Řešení

$$C = 63 J \cdot K^{-1}, m_1 = 0,25 kg, t_1 = 12^\circ C, m_2 = 0,5 kg, t_2 = 100^\circ C, t = 33^\circ C$$

$$c_2 = 383 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}; c_1 = ?$$

- Teplý měděný předmět odevzdá: $Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - t)$
- Studený olej přijme: $Q_1 = m_1 c_1 (t - t_1)$
- Kalorimetr přijme: $Q_3 = C(t - t_1)$
- Zákon zachování energie $\Rightarrow Q_2 = Q_1 + Q_3$

$$m_2 c_2 (t_2 - t) = m_1 c_1 (t - t_1) + C(t - t_1)$$

Řešení – pokračování

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

$$c_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - t) - C(t - t_1)}{m_1 (t - t_1)}$$

$$c_1 = \frac{0,5.383.(100 - 33) - 63.(33 - 12)}{0,25.(33 - 12)} J.kg^{-1}.K^{-1} \doteq 2552 J.kg^{-1}.K^{-1}$$

Literatura

- ▶ [1] AUTOR NEUVEDEN. *Kalorimetrická rovnice* [online]. [cit. 28.9.2012]. Dostupný na WWW: <http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456e6572676965h&key=313>.
- ▶ [2] BEDNAŘÍK, Milan; KUNZOVÁ, Vlasta; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika II pro studijní obory SOU*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1986, ISBN 14-209-86.
- ▶ [3] AUTOR NEUVEDEN. *www.pslib.cz* [online]. [cit. 29.9.2012]. Dostupný na WWW: <[www.pslib.cz/os/fyzika/Termika a termodynamika/Kalorimetrie.ppt](http://www.pslib.cz/os/fyzika/Termika%20a%20termodynamika/Kalorimetrie.ppt)>.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přenos vnitřní energie vedením

Ing. Stanislav Jakoubek

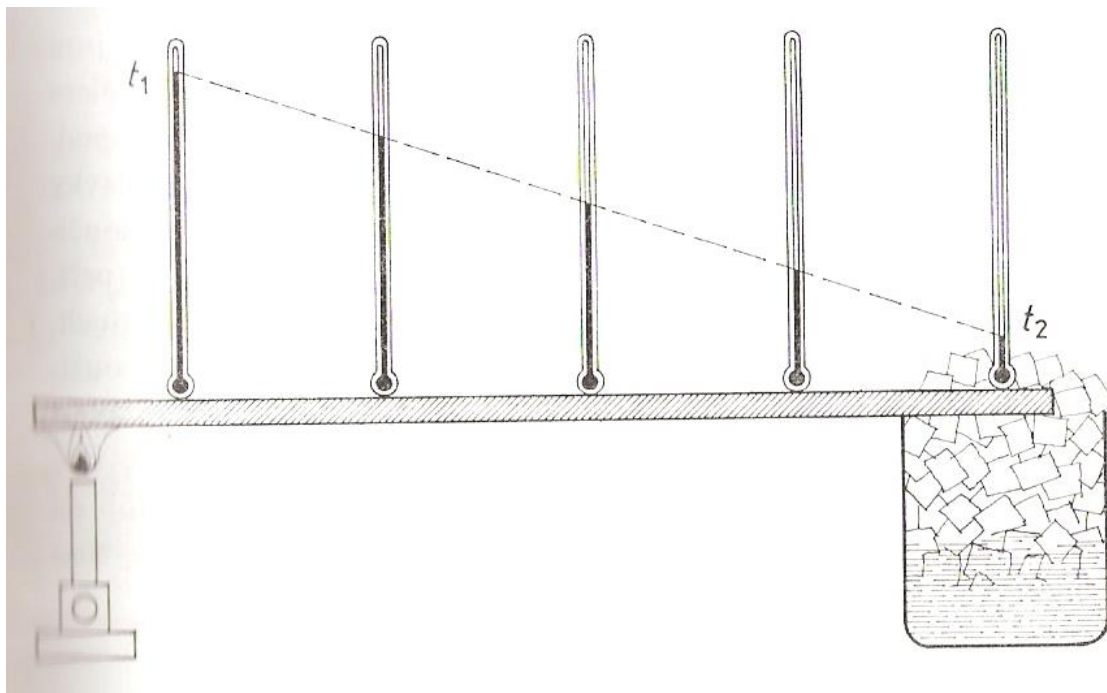
Název školy	Střední škola technická AGC a.s.
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5 Název projektu: Výuka atraktivně a efektivně, č.p.: CZ.1.07/1.5.00/34.0057
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Fyzika
Název sady vzdělávacích materiálů	Molekulová fyzika a termodynamika
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Ing. Stanislav Jakoubek
Číslo sady	III/2-2-3
Číslo DUMu	III/2-2-3-1 1
Anotace	Představme si tyč. Z jedné strany ji budeme ohřívat a z druhé chladit. Jak se teplo rozprostře uvnitř tyče? A nebo třeba tohle: Do čaje hodíme lžičku. Jak to, že za chvíli je horká i část, která se čaje nijak nedotýká? A nebo další: Víte, kolik tepla projde zdmi domu, aniž byste z něj měli užitek (a které přesto musíte zaplatit)? O tom všem je tento DUM.

Úvodní představa

- ▶ Zahříváme-li plamenem jeden konec kovové tyče, postupně se ohřívají i části, které nejsou přímo v plamenu.
 - ▶ Uskutečňuje se pomocí vzájemných srážek částic.
 - ▶ Tomuto způsobu přenosu vnitřní energie z teplejších na chladnější místa se říká **vedení tepla**.
- 

Tepelná vodivost

- Schopnost látky přenášet teplo vedením.



Konce tyče udržujeme ve stálých teplotách. Po určité době se ustaví teplota tak, že rovnoměrně klesá. Nastává **ustálený stav**.

Průchozí teplo

- Teplo, které projde materiálem za určitý čas.

$$Q = \lambda \frac{S \cdot \Delta t \cdot \tau}{d}$$

S – obsah průřezu

Δt – rozdíl teplot mezi opačnými konci

τ – doba, po kterou teplo procházelo

d – tloušťka materiálu

λ – součinitel tepelné vodivosti

Úloha

- Z definičního vztahu odvodte jednotku součinitele tepelné vodivosti.

$$Q = \lambda \frac{S \cdot \Delta T \cdot \tau}{d} \Rightarrow \lambda = \frac{Q \cdot d}{S \cdot \Delta T \cdot \tau}$$

$$[\lambda] = \frac{J \cdot m}{m^2 \cdot K \cdot s} = \frac{J}{s} m^{-1} K^{-1} = W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

Součinitel tepelné vodivosti

- ▶ Materiálová konstanta $\Rightarrow$ v tabulkách
 - ▶ Je závislý na teplotě $\Rightarrow$ tabelován pro konkrétní teploty, např. pro 20°C
 - ▶ Důležitý údaj například pro stavební materiály, pro okna atd.
 - ▶ Čím nižší hodnota, tím méně tepla projde (a tedy tím více ho udrží).
- 

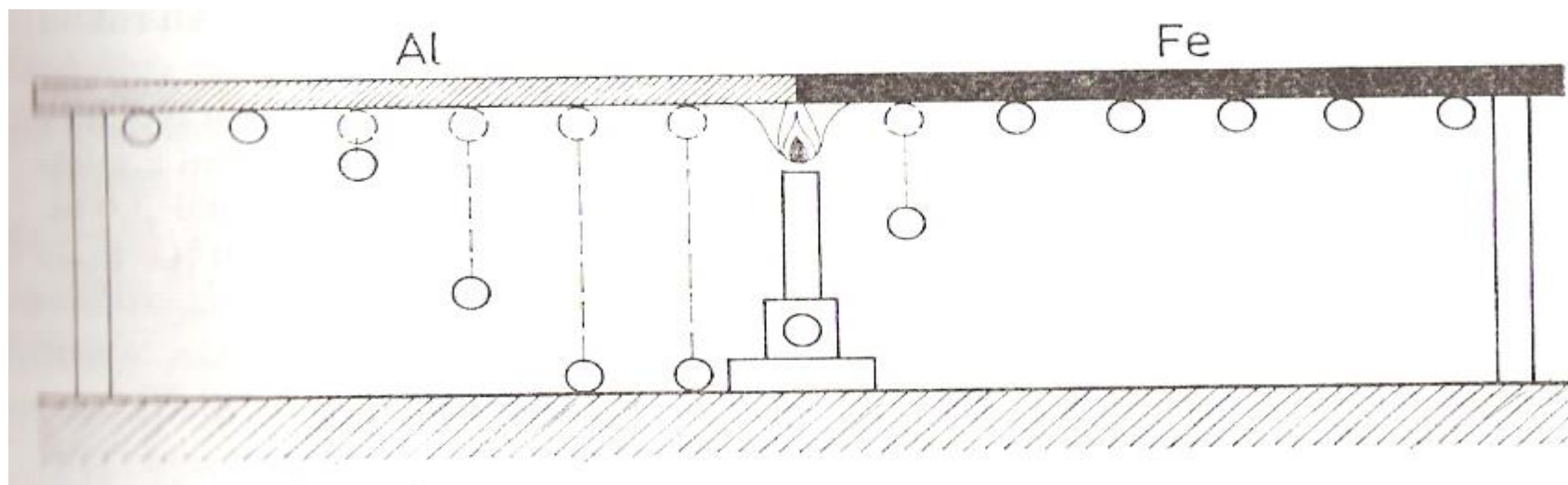
Součinitel tepelné vodivosti pro některé látky

Látka	Součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Látka	Součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Hliník	229	Betonový panel	0,46 – 0,74
Železo	73	Led (°C)	2,2
Beton armovaný	1,5	Skelná vata	0,03 – 0,05
Cihly	0,28 – 1,2	Voda	0,598
Tabulové sklo	0,6 - 1	Vzduch	0,02428

Poznámka: Součinitel tepelné prostupnosti (součinitel prostupu tepla)

- ▶ Výkon, který projde plochou 1m^2 při rozdílu teplot 1K .
- ▶ Označení: U
- ▶ Jednotka: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- ▶ Udává se například jako parametr v materiálech o plastových oknech

Různá vodivost kovů – pokus



Voskem upevněné kuličky.

Z hliníkové tyče odpadávají dřív než z ocelové tyče $\Rightarrow$ hliník má **větší tepelnou vodivost** než ocel.

Kovy – dobré tepelné vodiče

- ▶ Kovy jsou dobré tepelné vodiče.
- ▶ Dobrý elektrický vodič je i dobrým tepelným vodičem (za oběma vodivostmi stojí volné elektrony).
- ▶ Kovové radiátory ústředního topení, chladící tělesa u chladničky, pájka, chladiče elektronických prvků,...

Další látky

- ▶ Voda – špatný tepelný vodič
 - ▶ Plyny – nejmenší součinitele tepelné vodivosti $\Rightarrow$ nejhorší tepelné vodiče
 - ▶ Využití: sypké a pórovité látky, které obsahují vzduch, se používají jako tepelná izolace.
 - ▶ Peří, suché dřevo, textilie, písek, cihly, skelná vata,
- 

Úloha

- ▶ Mějme kov a dřevo o stejné teplotě, řekněme 15°C . Proč se při dotyku zdá být kov chladnější než dřevo?
- ▶ Kov je daleko lepší tepelný vodič, rychleji odvádí teplo z ruky.

Úloha

- ▶ Proč si v termosce udrží teplý nebo naopak studený nápoj dlouho svoji teplotu?
- ▶ Základem termosky je dvojitá vnitřní nádoba s lesklými dvojitými stěnami, z mezery mezi stěnami obou nádob je vyčerpán vzduch. Přes toto vakuum nemůže teplo pronikat vedením, tepelné záření se odráží zpět od lesklých stěn, u nádoby uzavřené zátkou je omezen i přenos prouděním.

Termoska



Příklad

- Vypočtete teplo, které projde za 24 hodin čtyřmi bočními cihlovými zdmi z místnosti do okolí. Tloušťka zdi je 0,5m, každá má délku 5m a výšku 3m. Teplota vzduchu uvnitř místnosti je 15°C, venkovní teplota je -15°C. Součinitel tepelné vodivosti cihel je přibližně 0,5W.m⁻¹.K⁻¹.

$$\tau = 24h, N = 4, d = 0,5m, a = 5m, b = 3m, \Delta t = 30^{\circ}C, \lambda = 0,5W.m^{-1}.K^{-1};$$

$$Q = ?$$

$$Q = N \cdot \frac{a \cdot b \cdot \Delta t \cdot \tau}{d} = 4 \cdot 0,5 \cdot \frac{5 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600}{0,5} J = 155520000 J$$

Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan; KUNZOVÁ, Vlasta; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika II pro studijní obory SOU*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1986, ISBN 14-209-86.
- ▶ [2] AUTOR NEUVEDEN. *Termoska* [online]. [cit. 17.10.2012]. Dostupný na WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Termoska>>.
- ▶ [3] JULO. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 17.10.2012]. Dostupný na WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Termosy-elementy.jpg>>.



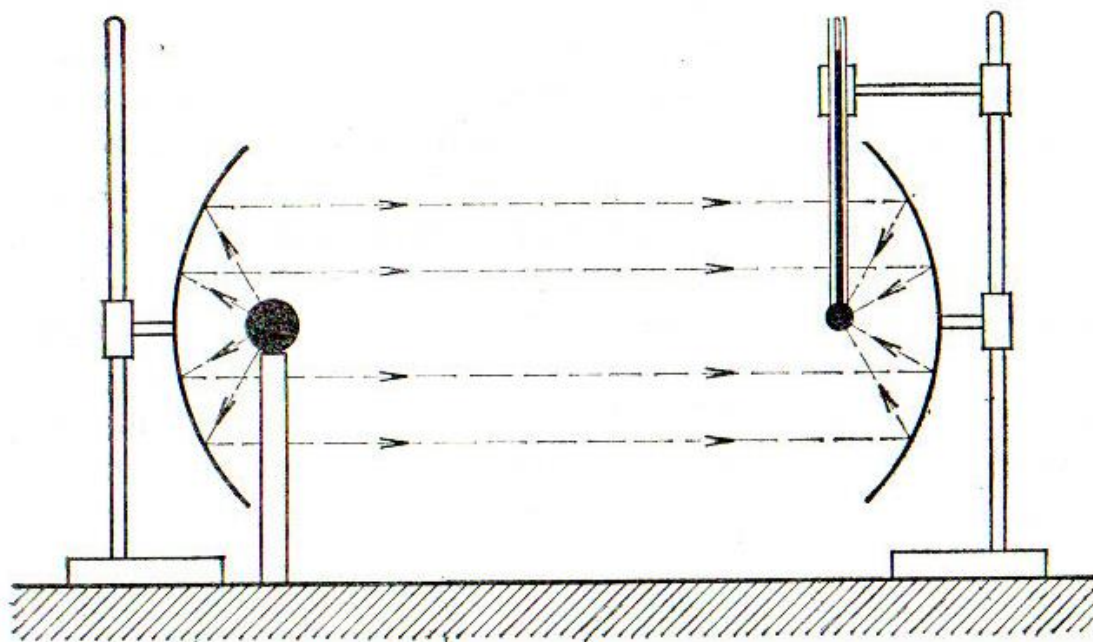
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přenos vnitřní energie tepelným zářením

Ing. Stanislav Jakoubek

Název školy	Střední škola technická AGC a.s.
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5 Název projektu: Výuka atraktivně a efektivně, č.p.: CZ.1.07/1.5.00/34.0057
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Fyzika
Název sady vzdělávacích materiálů	Molekulová fyzika a termodynamika
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Ing. Stanislav Jakoubek
Číslo sady	III/2-2-3
Číslo DUMu	III/2-2-3-12
Anotace	Je možné přenášet teplo bez vzájemného dotyku těles? A čím to je, že se teplo dostane ze Slunce na Zem, když jsou tato tělesa zhruba 150 milionů kilometrů od sebe a mezi nimi je vakuum? Odpověď zní: přenos vnitřní energie zářením. Pojdme se o něm dozvědět víc.

Úvodní pokus



Dvě dutá kovová zrcadla, vzdálenost cca 2 metry.
Do jednoho ohniska horkou kuličku, do druhého teploměr.
Teplota poměrně rychle stoupá

Vysvětlení

- ▶ Vzduch – velmi špatný vodič tepla. Rychlý růst teploty nemůže být způsoben vedením tepla.
- ▶ Jde o příklad přenosu vnitřní energie tepelným zářením.

Vlastnosti tepelného záření

- ▶ Je to druh elektromagnetického záření.
 - ▶ Šíří se tedy i ve vakuu. Tak například dopadá záření ze Slunce na Zemi.
 - ▶ Je podmíněno tepelným pohybem atomů a molekul, proto se nazývá **tepelné záření**.
 - ▶ Při tepelném záření se vnitřní energie tělesa zmenší o energii vyslaného záření.
- 

Tepelné záření dopadá na těleso:

- ▶ Část se odráží.
- ▶ Část tělesem prochází.
- ▶ Zbytek těleso pohlcuje. O energii pohlceného záření se zvětšuje vnitřní energie tělesa. Těleso se tedy zahřívá.

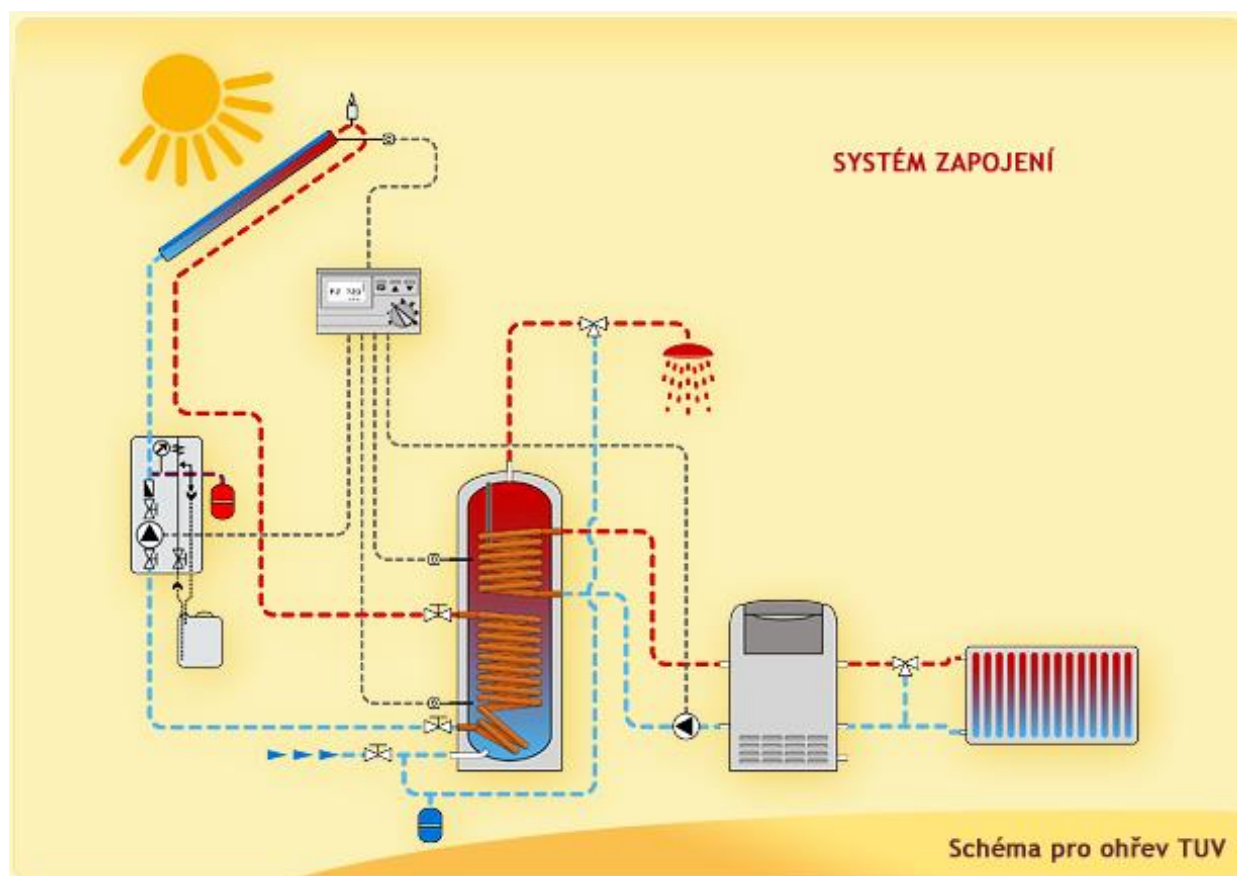
Využití tepelného záření

- Vytápění budov – Trombeho stěna



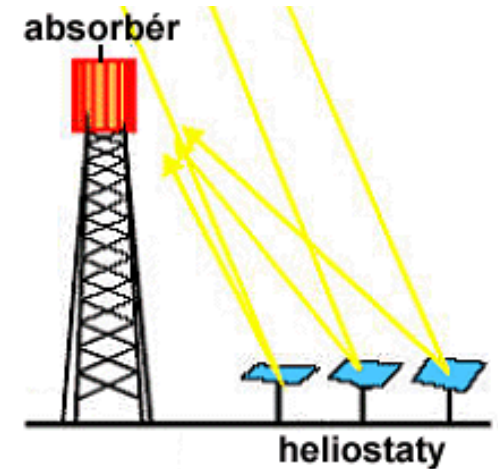
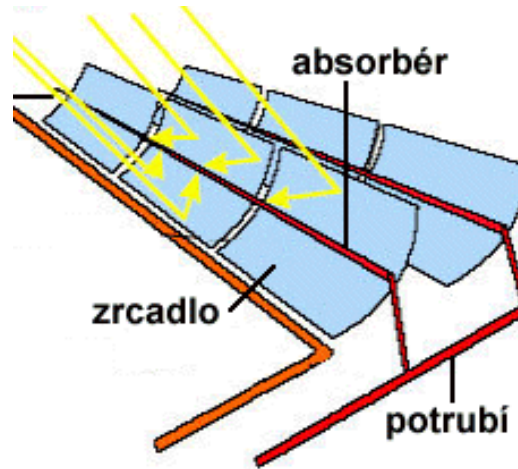
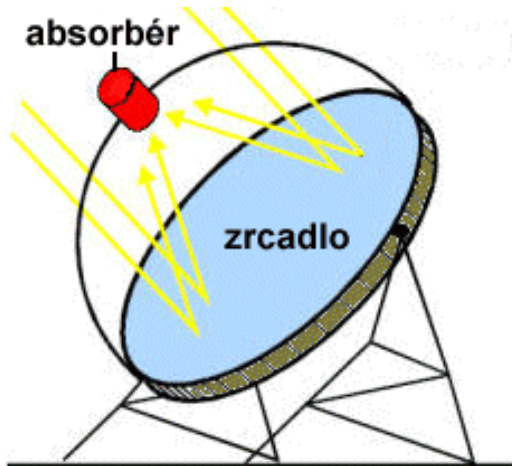
Využití tepelného záření (pokrač.)

- Ohřev teplé užitkové vody



Využití tepelného záření (pokrač.)

► Solární elektrárna



Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan; KUNZOVÁ, Vlasta; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika II pro studijní obory SOU*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1986, ISBN 14-209-86.
- ▶ [2] AUTOR NEUVEDEN. *nazeleno.cz* [online]. [cit. 1.11.2012]. Dostupný na WWW: <<http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/trombeho-stena-a-dalsi-chytre-napady-na-uspory-ve-vytapeni.aspx>>.
- ▶ [3] AUTOR NEUVEDEN. *ekimmoravia.cz* [online]. [cit. 1.11.2012]. Dostupný na WWW: <<http://www.ekimmoravia.cz/solarni-panely-schema-ohrev-tuv.html>>.
- ▶ [4] AUTOR NEUVEDEN. *www.cez.cz* [online]. [cit. 1.11.2012]. Dostupný na WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>>.



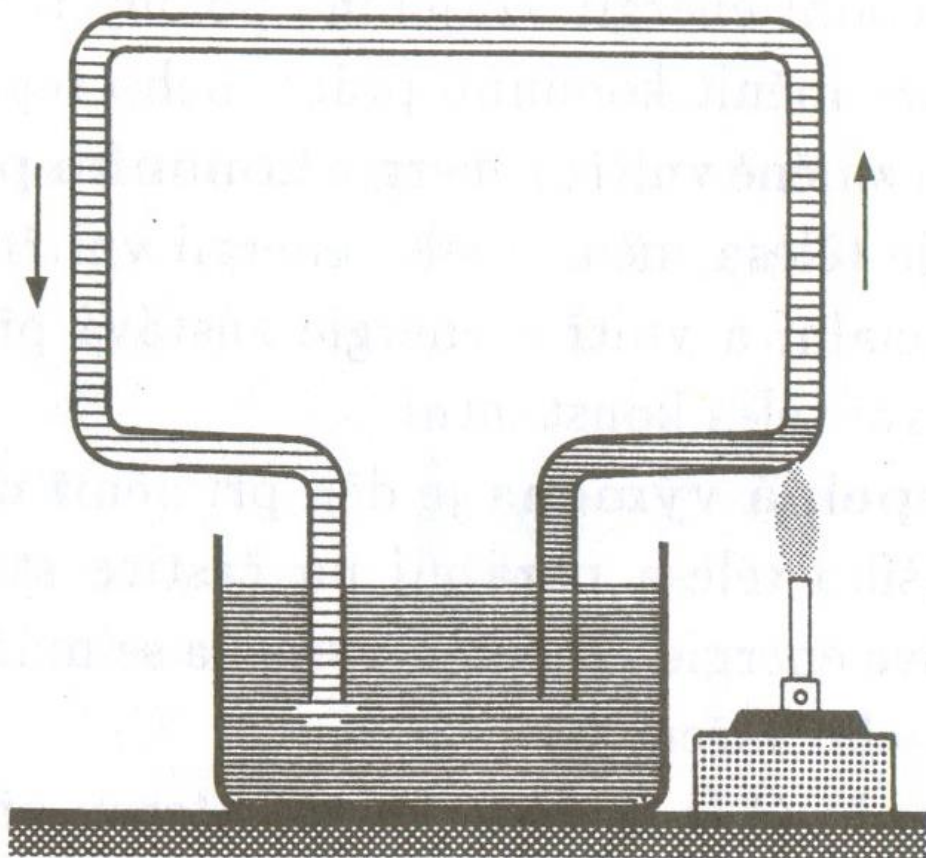
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přenos vnitřní energie prouděním

Ing. Stanislav Jakoubek

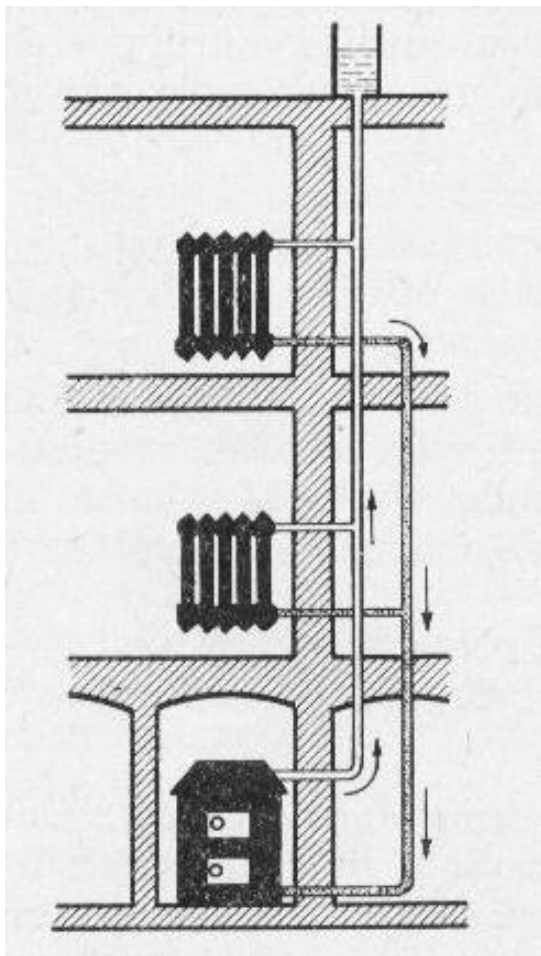
Název školy	Střední škola technická AGC a.s.
Název a číslo OP	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, CZ. 1.5 Název projektu: Výuka atraktivně a efektivně, č.p.: CZ.1.07/1.5.00/34.0057
Název šablony klíčové aktivity	III/2 Zvyšování kvality výuky prostřednictvím ICT
Tematická oblast (předmět)	Fyzika
Název sady vzdělávacích materiálů	Molekulová fyzika a termodynamika
Jméno tvůrce vzdělávací sady	Ing. Stanislav Jakoubek
Číslo sady	III/2-2-3
Číslo DUMu	III/2-2-3-13
Anotace	Jistě každý někdy viděl komín. Co pohání kouř vzhůru? A nebo – již ze základní školy (a hlavně z vlastní zkušenosti) známý fakt, že teplý vzduch stoupá vzhůru a chladný dolů. A co takové etážové ústřední topení? Proč se tomu tak děje a jak funguje? Předložený DUM nám na tyto otázky dá názornou a srozumitelnou odpověď.

Úvodní pokus



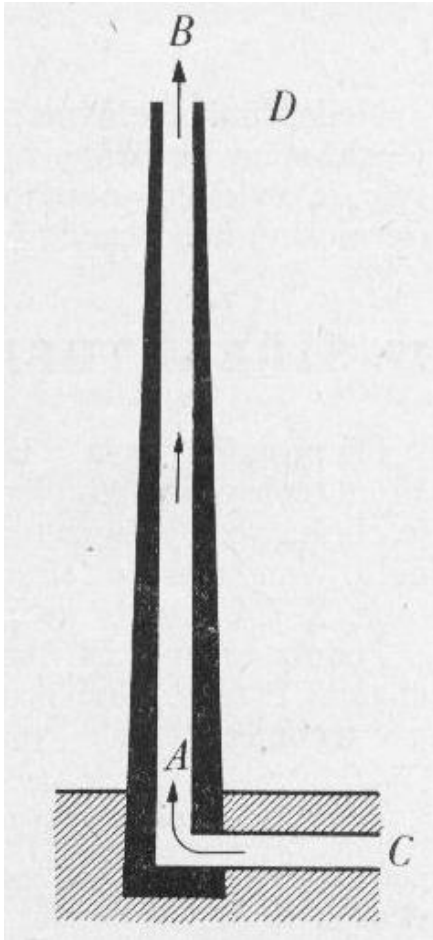
Teplesší voda má menší hustotu, proto stoupá vzhůru. Proudící tekutina přenáší energii z teplejších míst do studenějších.

Ústřední topení



Ohřátá voda s menší hustotou stoupá vzhůru. Na její místo se dostává chladnější voda, která odevdala část své vnitřní energie na ohřev domu.

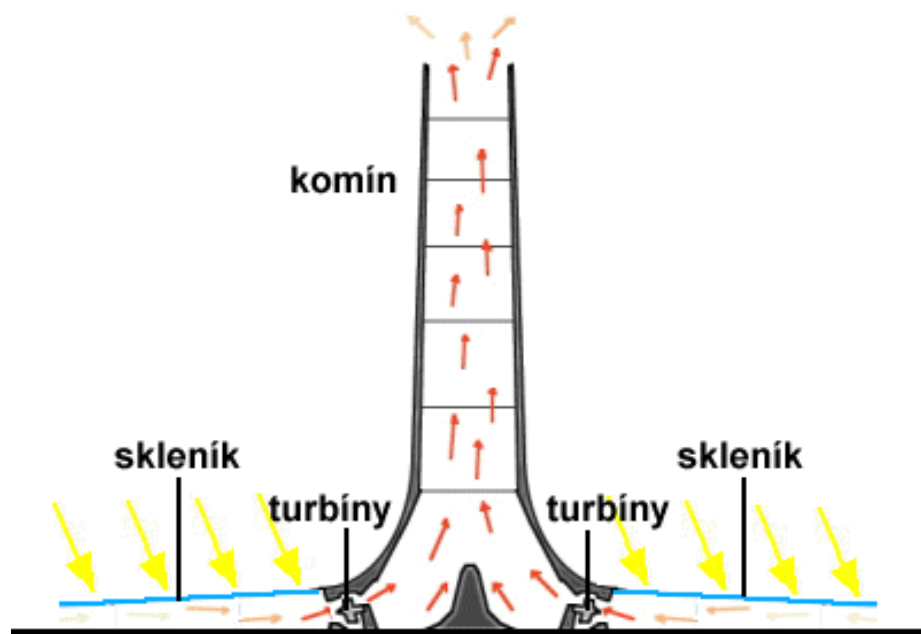
Tovární komín



$$p_B > p_D, p_C > p_A$$

- Tento rozdíl tlaků vyvolá tah komína. Čím je komín vyšší, tím má větší tah.
- Tah vzroste po zahřátí vnitřku komína.

Komínová solární elektrárna



Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan; KUNZOVÁ, Vlasta; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika II pro studijní obory SOU*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1986, ISBN 14-209-86.
- ▶ [2] AUTOR NEUVEDEN. www.cez.cz [online]. [cit. 1.11.2012]. Dostupný na WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k23.htm>>.
- ▶ [3] HLAVIČKA, Alois a kol. *Fyzika pro pedagogické fakulty 1*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1971, ISBN 14-446-71.
- ▶ [4] BARTUŠKA, Karel; SVOBODA, Emanuel. *Fyzika pro gymnázia - Molekulová fyzika a termika*. Praha: Prometheus, 1993, ISBN 80-7196-052-7.