

3.2.4 Kolik tepla potřebujeme

Předpoklady: 030203

Pomůcky: tabulka s hodnotami měrných tepelných kapacit z minulé hodiny, LABQuest, teploměr (obojí víckrát)

	voda	vzduch	líh	DTD	olovo	cihla plná	dřevo	železo	olej	rtuť	polystyren
$c \text{ [J/kg}^\circ\text{C]}$	4200	1010	2450	1500	129	920	2500	450	1900	140	1300
$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$	1000	1,2	790	650	11300	2100	500	7800	900	13500	30

Pedagogická poznámka: U následujícího příkladu je třeba kontrolovat odhad ještě před tím, než žáci začnou počítat. Většina z nich odhad příliš neřeší a nedostane se ani k prvnímu pohledu v řešení, pouze si všimnou větší měrné tepelné kapacity oleje, čímž je pro ně problém vyřešený. Je velmi vhodné, aby na dotaz odpověděl někdo právě tímto způsobem. Bavíme se pak o tom, že v této situaci nehraje roli pouze jedno číslo (měrná tepelná kapacita), ale i druhé číslo (hustota). Přirozenou (a nesprávnou) lidskou reakcí je zabývat se pouze jedním číslem a tato tendence bývá často zneužívána.

Př. 1: Prohlédni si tabulku a odhadni, zda je třeba více tepla k ohřátí 1 litru železa nebo 1 litru oleje. Odhad zkontroluj výpočtem.

První pohled: Olej má větší tepelnou kapacitu, ale železo větší hustotu (budeme zahřívat větší hmotnost železa než oleje) $\Rightarrow$ není zcela zřejmé, u které látky bude třeba větší množství tepla.

Druhý pohled: Měrná tepelná kapacita železa je sice přibližně čtyřikrát menší než oleje, ale hustota je téměř osmkrát větší $\Rightarrow$ na zahřátí 1 litru železa bude třeba více tepla.

Výpočet:

$$Q = mc\Delta t, \text{ hmotnost určíme z objemu } \rho = \frac{m}{V} \quad / \cdot V \Rightarrow m = V\rho$$

$$Q = mc\Delta t = V\rho c\Delta t$$

- Olej: $Q = V\rho c\Delta t = 0,001 \cdot 900 \cdot 1900 \cdot 1 \text{ J} = 1710 \text{ J},$
- Železo: $Q = V\rho c\Delta t = 0,001 \cdot 7800 \cdot 450 \cdot 1 \text{ J} = 3510 \text{ J},$

Na ohřátí 1 litru železa je třeba přibližně dvakrát více tepla než na ohřátí 1 litru oleje.

Př. 2: Vysvětli, jaký je rozdíl mezi teplotou a teplem. Dokumentuj to na vlákně žárovky a vaně teplé vody.

Teplota: udává "horkost" nebo "studenost" předmětu, odpovídá rychlosti neuspořádaného pohybu částic látky.

úlb

Teplo: udává množství energie, které musíme předmětu dodat nebo odebrat, aby se změnila jeho teplota.

Vlákno žárovky: velká teplota, ale malé teplo (vlákno je velice malé a navíc z látky s malou měrnou tepelnou kapacitou).

Vana teplé vody: malá teplota, ale velké teplo (vody je hodně a má velkou měrnou tepelnou kapacitou).

Př. 3: Při přípravě vařící vody na čaj varná konvice o příkonu 1760 W ohřála za 220 sekund 1 litr vody z teploty 20°C na teplotu 98°C. Urči její účinnost.

$$\text{Pro účinnost platí: } \eta = \frac{W}{P\check{r}} = \frac{Q}{E} = \frac{mc(t_2 - t_1)}{Pt} = \frac{1 \cdot 4200 \cdot (98 - 20)}{1760 \cdot 220} = 0,846 \doteq 85 \% .$$

Varná konvice zahřívala vodu s účinností 85 %.

Př. 4: Urči teplo, které by bylo nutné dodat vzduchu v učebně, aby se ohřál z 18°C na 25°C.

$$Q = mc(t_2 - t_1) \Rightarrow \text{musíme zjistit hmotnost vzduchu ve třídě.}$$

$$\text{Objem třídy: } V = abc = 8,5 \cdot 6,5 \cdot 4 \text{ m}^3 = 221 \text{ m}^3 .$$

$$\text{Hmotnost vzduchu ve třídě: } \rho = \frac{m}{V} \quad / \cdot V$$

$$m = \rho V = 1,2 \cdot 221 \text{ kg} = 265 \text{ kg}$$

$$Q = mc(t_2 - t_1) = 265 \cdot 1010 \cdot (25 - 18) \text{ J} = 1875000 \text{ J} = 1,9 \text{ MJ}$$

Na ohřátí vzduchu ve třídě bude třeba 1,9 MJ tepla.

Př. 5: Na vytápění běžného bytu se v České republice spotřebuje ročně průměrně 50 GJ energie. Urči, kolik kg vody musí během sezóny protéct v radiátorech.

Musíme znát změnu teploty vody v radiátorech (v různých situacích se liší) $\Rightarrow$ měření na radiátorech ve škole průměrná hodnota pokles o 16°C.

$$Q = mc\Delta t \quad / : c\Delta t$$

$$m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{50\,000\,000\,000}{4200 \cdot 16} \text{ kg} = 744\,000 \text{ kg}$$

Za sezónu musí přes radiátory typického bytu protéct 744 tun vody.

Pedagogická poznámka: U předchozího příkladu je nejlepší, pokud žáky, kteří mají jasnou představu, jakou hodnotu potřebují, necháte přijít i na to, jak ji získat. Nejjednodušeji přímým měřením na radiátoru (tak jsme mimochodem získali údaje, ze kterých příklad vychází).

Př. 6: Jarda si ohřívá vodu na čaj v nerezovém hrnci o hmotnosti 0,7 kg. Urči množství tepla, které musí dodat vaříč hrnci, aby se v něm 0,5 litru vody ohřálo z 15°C na 98°C.

Pokud se má voda v hrnci ohřát, musí se nejdříve ohřát i hrnec $\Rightarrow$ dodáváme teplo nejen vodě ale i hrnci.

- Teplo dodané vodě: $Q_v = mc\Delta t = 0,5 \cdot 4200 \cdot (98 - 15) \text{ J} = 174\,300 \text{ J}$.
- Teplo dodané hrnci: $Q_z = mc\Delta t = 0,7 \cdot 4500 \cdot (98 - 15) \text{ J} = 26\,145 \text{ J}$.

Celkové teplo: $Q = Q_v + Q_z = 174\,300 + 26\,145 \text{ J} = 200\,445 \text{ J}$

Vaříč musí hrnci během ohřívání dodat teplo 200 kJ.

Př. 7: Urči teplo, které naakumuluje zeď o délce 4 m a výšce 2,5 během zahřátí z 5°C na 22°C, pokud je postavena:

- a) z plných cihel a má tloušťku 24 cm,
- b) z dřevotřískových desek o tloušťce 2 cm přibitých na čtyři svislé trámy 10 x 10 cm (vnitřní prostor zdi je vyplněn vzduchem).

V obou případech musí spočítat hmotnost materiálů, ze kterých se zeď postavena, a pak spočítat naakumulované teplo.

a) cihlová zeď

Objem zdi: $V = 4 \cdot 2,5 \cdot 0,24 \text{ m}^3 = 2,4 \text{ m}^3$

Hmotnost zdi: $m = V\rho = 2,4 \cdot 2100 \text{ kg} = 5040 \text{ kg}$

Teplo naakumulované ve zdi: $Q = mc\Delta t = 5040 \cdot 920 \cdot (22 - 5) \text{ J} = 78\,900\,000 \text{ J} \doteq 79 \text{ MJ}$

b) dřevotřísková deska a trámy

Objem trámů (čtyři kusy): $V = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 2,5 \cdot 4 \text{ m}^3 = 0,1 \text{ m}^3$

Hmotnost trámů: $m = V\rho = 0,1 \cdot 500 \text{ kg} = 50 \text{ kg}$

Teplo naakumulované v trámech: $Q = mc\Delta t = 50 \cdot 2500 \cdot (22 - 5) \text{ J} = 2\,125\,000 \text{ J} \doteq 2 \text{ MJ}$

Objem desek (dvě stěny): $V = 4 \cdot 2,5 \cdot 0,02 \cdot 2 \text{ m}^3 = 0,4 \text{ m}^3$

Hmotnost trámů: $m = V\rho = 0,4 \cdot 650 \text{ kg} = 260 \text{ kg}$

Teplo naakumulované v trámech: $Q = mc\Delta t = 260 \cdot 1500 \cdot (22 - 5) \text{ J} = 6\,630\,000 \text{ J} \doteq 6,6 \text{ MJ}$

Celkově teplo: $2 + 6,6 \text{ MJ} = 8,6 \text{ MJ}$.

Množství tepla naakumulovaného ve zdi z klasických cihel je téměř desetkrát větší než množství tepla naakumulovaného ve zdi z dřevotřísky.

Př. 8: Najdi hypotetické využití pro látku:

- a) s extrémně malou (například milionkrát menší než voda) měrnou tepelnou kapacitou,
- b) extrémně velkou (například milionkrát větší než voda) měrnou tepelnou kapacitou.

a) využití látky s extrémně malou měrnou tepelnou kapacitou

- náplň teploměrů (neovlivňují měřený předmět),

- výroba hrnců (nespotřebovávají teplo na vlastní ohřívání).

b) extrémně velkou (například milionkrát větší než voda) měrnou tepelnou kapacitou

- skladování tepelné energie: v létě se látka zahřívá a tím ochlazuje okolí, v zimě zahřívá své okolí a tím šetří vytápění,
- výroba oblečení, které nashromáždí energii uvnitř místnosti a pak hřeje z nashromážděné energie,
- chlazení motorů a zařízení (látkou obložíme motor a po nashromáždění energie ji vyměníme a umístíme někde na místo, které potřebujeme zahřát).

Shrnutí: