

2.2.6 Tepelné izolace

Předpoklady: 2205

Pomůcky: led, talířek, dva mikrotenové pytlíky,

Opakování z minulé hodiny:

Vnitřní energie se přenáší třemi způsoby:

- vedení
- proudění
- záření

Př. 1: Máme dva stejné kousky ledu. Jeden položíme volně na talířek, druhý zabalíme do teplého svetrů. Který z obou kousků ledu roztají dříve?

Řešení prozradíme na konci hodiny.

Vrátíme se přenosu vnitřní energie vedením tepla. Pokusíme se určit tepelné ztráty třídy.

Př. 2: Sledujeme množství tepla, které projde stěnou budovy (pro jednoduchost předpokládáme, že stěna je bez oken). Na kterých veličinách závisí množství tepla, které stěnou projde?

množství tepla, které projde stěnou závisí na:

- ploše stěny S
- tloušťce stěny d
- rozdílu teplot Δt
- čase τ (řecké písmenko se používá místo standardního označení kvůli možné záměně s teplotou)
- druhu materiálu

materiálová konstanta, která popisuje vedení tepla, se nazývá **součinitel tepelné vodivosti** a značí se λ

Př. 3: Navrhni vztah, který udává množství tepla, které projde stěnou. Urči jednotku součinitele teplotní vodivosti.

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

Vypočteme ze vztahu λ : $Qd = \lambda S \Delta t \cdot \tau$

$$\lambda = \frac{Qd}{S \Delta t \cdot \tau}. \text{ Dosadíme jednotky: } \lambda = \frac{1\text{J} \cdot 1\text{m}}{1\text{m}^2 \cdot 1\text{K} \cdot 1\text{s}} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}} \cdot \frac{1}{1\text{m} \cdot 1\text{K}} = \frac{1\text{W}}{1\text{m} \cdot 1\text{K}} = 1\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Množství tepla, které projde stejnorodou stěnou je dáno vztahem $Q = \frac{\lambda S \Delta t}{d} \tau$.

Materiálovou konstantu λ nazýváme **součinitel tepelné vodivosti**, udáváme v jednotkách $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Hodnota λ závisí na teplotě (proto se v tabulkách udává například jako λ_{20} - součinitel tepelné vodivosti při teplotě 20°C).

Hodnoty λ pro některé látky $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$:

diamant	$\lambda_{25} = 895 - 2300$	led 0°C	$\lambda_0 = 2,2$	dřevo	$\lambda_{20} = 0,04 - 0,35$
stříbro	$\lambda_{25} = 429$ $\lambda_{20} = 418$	beton	$\lambda_{20} = 1,5$	polystyren	$\lambda_{20} = 0,16$
měď	$\lambda_{20} = 395$	sklo	$\lambda_{20} = 0,6 - 1,4$	sníh prašan	$\lambda_0 = 0,12$
železo	$\lambda_{20} = 73$	voda	$\lambda_{20} = 0,6$	skelná vata	$\lambda_{20} = 0,04$
žula	$\lambda_{20} = 2,9 - 4,0$	cihly	$\lambda_{20} = 0,3 - 1,2$	vzduch	$\lambda_{20} = 0,024$

nejvyšší hodnotu tepelné vodivosti má diamant – nejtvrďší látka s nejsilnějšími vzájemnými vazbami

hodnoty tepelné vodivosti kovů odpovídají jejich elektrické vodivosti (stříbro je nejlepší vodič, měď druhá nejlepší) \Rightarrow tepelná vodivost kovů zřejmě velmi souvisí s pohyblivostí elektronů v látce

látky s nejnižší tepelnou vodivostí obsahují značné množství vzduchu

Př. 4: Vysvětli, proč hodnoty tepelné vodivosti pevných látek rostou s jejich teplotou.

Vyšší teplota \Rightarrow silnější neuspořádaný kmitavý pohyb kolem rovnovážné polohy \Rightarrow větší výchylky \Rightarrow větší přiblížení k sousedním molekulám \Rightarrow silnější vzájemné silové působení \Rightarrow rychlejší předávání kinetické energie

Př. 5: Vhod' do vody kousek cihly. Na základě pokusu vysvětli její nízkou tepelnou vodivost.

Z cihly stoupají malé bublinky vzduchu \Rightarrow nízkou tepelnou vodivost způsobuje vysoký obsah vzduchu v materiálu cihly (proto jsou cihly „poměrně“ lehké).

Různý obsah vzduchu v cihle také vysvětluje velký rozsah hodnot.

Množství vzduchu, které může cihla obsahovat je na druhé straně omezeno požadavky na její pevnost.

Př. 6: Tepelná vodivost sněhu silně závisí na jeho hustotě. Jaká bude tato závislost? Proč?

Tepelná vodivost sněhu s hustotou poroste, protože se s rostoucí hustotou zvětšuje podíl vody a klesá podíl vzduchu.

Vrátíme se k tepelným ztrátám naší třídy.

Př. 7: Urči tepelné ztráty třídy způsobené průchodem tepla obvodovým zdívkem při vnitřní teplotě 20°C a vnější teplotě -16°C za 1 sekundu. Vnější zeď tvoří 60 cm tlustá vrstva cihel.

Potřebujeme znát rozměry třídy: délka 10 m, výška 4 m, ve stěně jsou tři okna o rozměrech 1,5 x 2m.

Celková plocha stěny: $10 \cdot 4 \text{ m}^2 = 40 \text{ m}^2$.

Plocha oken: $3 \cdot 1,5 \cdot 2 \text{ m}^2 = 9 \text{ m}^2$.

Plocha zdiva: $40 - 9 \text{ m}^2 = 31 \text{ m}^2$.

Součinitel tepelné vodivosti volíme: $\lambda_{20} = 0,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$Q = \frac{\lambda S \Delta t}{d} \tau = \frac{0,5 \cdot 31 \cdot (20 - [-16])}{0,6} \cdot 1 \text{ s} = 930 \text{ J}$$

Průchod tepla stěnou je 930 J za sekundu.

Značnou část tepelných ztrát způsobují okna.

Nejjednodušší konstrukce: **skleněná tabulka** (jednoduchá vrstva skla)

Tepelné ztráty určené výpočtem jsou vyšší než ve skutečnosti. Z vnitřní strany okna se tvoří vrstva studenějšího vzduchu, z vnější strany vrstva teplejšího vzduchu, čímž se snižuje teplotní rozdíl na vrstvě skla a tak i tepelné ztráty. Přesto jsou ztráty při jedné vrstvě skla příliš vysoké.

Nejčastější typ okna: **dvojsklo**

Dvě vrstvy skla oddělené vzduchovou vrstvou \Rightarrow vzduch mezi skly funguje jako tepelná izolace.

Př. 8: Vysvětli, proč se při konstrukci dvojskel nevyplatí vytvářet větší vzduchovou mezeru než přibližně 4 cm.

Větší vzduchová mezeru \Rightarrow větší vrstva vzduchu, který má malou tepelnou vodivost, ale zároveň více prostoru pro to, aby začal proudit a přenášel teplo prouděním

Úspornější typ oken: **trojsklo**

Tři vrstvy skla, oddělené dvěma vzduchovými vrstvami \Rightarrow dvě vrstvy vzduchové izolace

Nejúspornější typ oken: **vakuová okna**

Dvě (tři) vrstvy skla, mezery mezi nimi jsou vzduchotěsně izolovány a místo vzduchu obsahují speciální plynou náplň s malou tepelnou vodivostí.

Př. 9: Vysvětli, proč není možné, aby vakuová okna měla místo vzduchu mezi skly vakuum.

Pokud by mezi skly v oknu bylo vakuum, nepůsobil by zevnitř mezery tlak vzduchu \Rightarrow atmosférický tlak by ohromnou silou tlačil skla k sobě.

Odhad síly pro okno o ploše 1 m^2 : $F = pS = 100000 \cdot 1 \text{ N} = 100000 \text{ N} \Rightarrow$ síla, kterou Země na povrchu přitahuje předmět o hmotnosti 10 tun (malé nákladní auto).

U všech druhů oken se při výpočtu ztrát nepoužívají vzorce pro tepelnou vodivost (okno tvoří více různých vrstev, uplatňuje se i proudění vzduchu, atd.) \Rightarrow používá se **součinitel**

prostupu tepla k $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$, který udává kolik Wattů projde konstrukcí o ploše 1 m^2 při teplotním rozdílu 1K. Pro okna se pohybuje od 1 do $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Př. 10: Urči tepelné ztráty třídy způsobené průchodem tepla okny při vnitřní teplotě 20°C a vnější teplotě -16°C za 1 sekundu. Součinitel prostupu tepla $k = 2\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Ve vzorci $Q = \frac{\lambda S \Delta t}{d} \tau$ vypustíme pouze tloušťku (je započítána v koeficientu k)

$$Q = kS \Delta t \tau$$

$$\text{Plocha oken: } 3 \cdot 1,5 \cdot 2 \text{ m}^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$Q = kS \Delta t \tau = 2 \cdot 9 \cdot (20 - [-16]) \cdot 1 \text{ J} = 648 \text{ J}$$

Okno projde za 1 sekundu 648 J tepla.

Podobným způsobem se počítá také tepelná ztráta střechou.

Dalším zdrojem tepelných ztrát je výměna vzduchu mezi vnitřkem domu a vnějším prostředím (okna větrají). Dům nemůže být zcela utěsněn:

- obyvatelé by vydýchali kyslík a udusili se,
- uvnitř by příliš vzrostla vlhkost vzduchu, voda by se srážela na vnitřních stěnách, začala by růst plíseň

Pasivní domy: spotřeba energie se snižuje využitím rekuperace (vydýchaný vzduch odsáváme a v rekuperátoru ho před vypuštěním do okolí necháme ohřát čerstvý vzduch určený k vyvětrání).

Opustíme stavby domů.

Př. 11: Navrhni konstrukci kalorimetru.

Kalorimetr musí:

- omezit tepelné ztráty,
- mít malou tepelnou kapacitu,

⇒ kalorimetr se skládá ze dvou nádob, vnitřní nádoba je z látky s malou kapacitou (u školních kalorimetrů slabý hliníkový plech), vnější nádoba může být z libovolného materiálu.

Mezi nádobami je vrstva vzduchu, která funguje jako tepelná izolace

Př. 12: Vysvětli konstrukci termosky.

klasická termoska se skládá z vnější nádoby (plast) a vnitřní nádoby. Vnitřní nádoba je dvojitá skleněná nádoba z prostoru mezi skly je vyčerpán vzduch. Skla jsou potažena stříbrnou vrstvou:

- vakuum – zabraňuje přenosu tepla vedením a prouděním,
- stříbrné vrstvy – zabraňují přenosu tepla zářením.

Př. 13: Vysvětli, jaké vlastnosti by měl mít dobrý spací pytel (pytel, ve kterém je možné spát i při teplotách pod bodem mrazu).

spací pytel (podobně jako všechny ostatní druhy oblečení) snižuje tepelné ztráty pomocí vzduchové izolace (malé objemy vzduchu uzavřené v tkanině nebo jiném materiálu) ⇒ kvalitní materiál (více dutá vlákna, jemné peří)

střih musí zabránit únikům tepla v místech, kde není izolace ⇒

- zateplení zipů (nejlépe střih zcela bez zipů),

- vícekomorový systém (materiál se musí připevňovat k tělu spacího pytle \Rightarrow švy \Rightarrow velké úniky tepla \Rightarrow izolační materiál se neupevňuje mezi dvě vrstvy obalu, ale do dvou vrstev mezi tři vrstvy obalu. V místech, kde prošívá šev jednu z vrstev izolace, musí být druhá vrstva neporušená).

Rozluštění hádanky z úvodu hodiny: Rychleji roztaje samozřejmě led volně položený na stole. Nic nebrání výměně tepla s okolím. Svetr je sice teplý, ale pouze díky tomu, že si ho zahřejeme a on brání úniku tepla do okolí. Stejně dobře pak brání i průniku tepla z okolí dovnitř a tak zpomaluje tání ledu.

Shrnutí: Úniku tepla bráníme tím, že přerušujeme všechny možnosti pro přenos tepla (vedení, proudění, záření).