

Cvičení 6 - Přenos tepla

Podle fyzikální podstaty dějů, jimiž jsou realizovány, se rozlišují tři druhy přenosu tepla, a to:

vedením (kondukcí) v látkách

prouděním (konvekci) látek

zářením (radiací).

Přenos tepla vedením probíhá ve spojitém látkovém prostředí. Stavební částice látky si předávají kinetickou energii neuspořádaných tepelných pohybů, která se tím přenáší z míst vyšší teploty do míst o nižší teplotě látky. Vedení tepla probíhá v látkách pevných, kapalných i plynných.

Přenos tepla prouděním látky je vázáno taktéž na spojitě látkové prostředí. Probíhá ale pouze v tekutinách, tj. v kapalinách a plynech. Samovolné proudění je vyvoláno tím, že se ohříváním v důsledku roztažnosti zmenšuje hustota látek. Pokud vznikne mezi místem ohřevu a místem ochlazení v tekutině teplotní rozdíl, ohřívána část tekutiny stoupá při vytlačování ochlazené těžší části. V kapalinách a zvláště v plynech přenos tepla prouděním převažuje nad přenosem tepla vedením.

Přenos tepla zářením nevyžaduje látkové prostředí. Teplo se přenáší elektromagnetickým zářením. Pokud je tento přenos zprostředkován převážně infračerveným zářením, nazývá se tento přenos sálání.

Při **přenosu tepla vedením** částice prostředí s vyšší kinetickou energií předávají část energie částicím s nižší energií. Rychlost přenosu tepla se vyjadřuje veličinou zvanou tepelný tok nebo tepelný výkon definovanou

$$I_q = \frac{dQ}{d\tau},$$

kde Q značí množství přenášeného tepla a τ příslušný čas. Plošná hustota tepelného toku J_Q je definována jako

$$q = \frac{dI_Q}{dS_n}.$$

Hnací silou vedení tepla je teplotní spád vyjádřený gradientem teploty. Fourier našel roku 1811 na základě experimentů lineární závislost mezi hustotou tepelného toku a gradientem teploty

$$q = -\lambda \text{grad}T,$$

kde q je vektor hustoty tepelného toku, T je teplota.

Součinitel tepelné vodivosti λ ($\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$), charakterizující proces vedení tepla, vyjadřuje schopnost látky vést teplo a má číselnou hodnotu jako hustota tepelného toku při gradientu teploty 1 K m^{-1} v dané látce. Součinitel tepelné vodivosti není pro žádný materiál stálou hodnotou, neboť závisí na struktuře látky, pórovitosti, teplotě, tlaku a vlhkosti.

Vysokou tepelnou vodivostí se vyznačují kovy, např. měď $402 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$, nižší mají kapaliny, např. voda $0,56 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$, nejhůře vedou teplo plyny, např. suchý vzduch $0,0258 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Součinitel teplotní vodivosti a ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) je definován pomocí součinitele tepelné vodivosti λ , měrné tepelné kapacity c a hustoty látky ρ

$$a = \frac{\lambda}{\rho c},$$

kde c je měrná tepelná kapacita ($\text{J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), vyjadřující množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg látky o 1°C .

Součinitel tepelné vodivosti různých materiálů lze měřit metodou stacionární či nestacionární.

ISOMET 2104 je přenosné měřicí přístroje určené k přímému měření součinitele tepelné vodivosti, měrné objemové tepelné kapacity a teplotní vodivosti. Pro měření lze použít výměnné jehlové (syké a měkké materiály) a plošné sondy se zabudovanou pamětí a se známými kalibračními konstantami. ISOMET je řízený mikroprocesorem, který umožňuje optimalizaci podmínek měřicího procesu. Měření je založené na analýze časové závislosti teplotní odezvy zkoušeného materiálu na impulsy tepelného toku. Tepelný tok je vyvolán elektrickým vyhříváním odporového ohříváče v sondě, která je v přímém kontaktu s testovaným vzorkem. Vyčíslení Rozsahy přístroje pro měřené veličiny jsou shrnuty v Tabulce 2.

Tab. 2 Rozsah přístroje pro měřené veličiny

Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}]$	0,015 - 6
Měrná objemová tepelná kapacita	$[\text{J m}^{-3}\text{K}^{-1}]$	$4,0 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^6$
Teplota	$[^\circ\text{C}]$	-20 - +70

Shotherm QTM japonské firmy Showa-Denko pracuje na základě nestacionární metody. Využívá nestacionárního tepelného režimu, tzv. *metody horkého drátu*. Vzhledem k tomu, že vzorek je podroben ohřevu jen krátkodobě, je možné stanovit i součinitel tepelné vodivosti vlhkých materiálů. Přístroj je přenosný, měřený materiál nevyžaduje předem žádnou úpravu. Přístrojem lze měřit různé homogenní materiály, není však možné měřit izolační a konstrukční materiály se vzduchovými dutinami, např. dutinové cihly apod. Pro sypké materiály je vybaven zvláštní sondou. Displej přístroje zároveň ukazuje teplotu vzorku před a po měření (zvýšení teploty během měření bývá asi 20 K) a průměrnou teplotu vzorku při měření. Shotherm QTM pracuje spolehlivě v teplotním rozsahu -10 až +200 °C.

Úkol: 1. Pomocí přístroje ISOMET změřte termofyzikální parametry daných materiálů a stanovte jejich závislost na nárůstu vlhkosti.

2. Určete množství tepla, které předá povrch kamen okolnímu vzduchu za 24 hodin. Teplota kamen je 120°C, teplota vzduch je 20°C, povrch kamen 3 m². Součinitel přestupu tepla pro povrch kamen závisí na teplotě podle vztahu $\alpha = A + Bt$, kde $A=9,8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ a $B=0,07 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-2}$.

3. Určete, kolik tepla přejde za hodinu přes $S=0,5 \text{ m}^2$ cihlové stěny, tloušťky $d=45 \text{ cm}$. Vnitřní povrch stěny má teplotu t_1 =vaše naměřená hodnota a vnější $t_2=5^\circ\text{C}$. Tepelné ztráty do okolí zanedbejte. Součinitel tepelné vodivosti cihlové stěny λ =vaše naměřená hodnota.