

Úloha VI.E ... Izolace

7 bodů; průměr 5,87; řešilo 30 studentů

Změřte dobu tání kostky ledu položené na různých materiálech. Na základě měření srovnajte použité materiály podle toho, jak dobře vedou teplo. Správnost svého seřazení materiálů ověřte pomocí hodnot součinitele tepelné vodivosti (čím vyšší hodnota, tím lépe materiál vede teplo), které si dohledáte. U vyhledaných hodnot nezapomeňte uvést zdroje.



Teorie

K tepelné výměně mezi tělesy může docházet buďto pomocí infračerveného záření, nebo vzájemným dotykem mezi tělesy. My budeme zkoumat případ, kdy se teplo předává dotykem těles.

V místě dotyku přechází teplo z teplejšího tělesa na chladnější. V našem případě je chladnější těleso led, který přijaté teplo spotřebovává na skupenskou přeměnu, konkrétně tání.

Chladnější těleso přijaté teplo zároveň rozvádí do celého svého objemu, tedy se prohřívají všechny jeho části. Neprohřívají se však rovnoměrně, protože nějakou dobu trvá, než se teplo do vzdálenějších částí dostane. Jak rychle, resp. jak dobře se teplo tělesem šíří, udává veličina teplotní vodivost. Pro konkrétní látky je pak důležitý koeficient (součinitel) teplotní vodivosti. Čím je jeho hodnota vyšší, tím lépe látka teplo rozvádí.

My ale nesledujeme, jak dobře teplo rozvádí led sám o sobě, ale jak dobře mu ho přivádí podložka, na níž je led položen. Led přijme teplo z malého místa, na kterém leží, a toto místo na podložce se velmi rychle ochladí na teplotu ledu. Kdyby materiál podložky nevedl teplo vůbec, k další tepelné výměně by nedocházelo a soustava by se tepelně ustálila. Protože však materiál podložky teplo vede, prostupuje jím teplo z teplejších částí směrem k onomu vychlazenému místu,¹ kde se tedy teplo může „doplňovat“. Čím lépe materiál podložky teplo vede, tím rychleji se ledem chlazené místo zase ohřívá a tím více tepla může led za stejný čas přijmout. A čím více tepla za stejný čas led přijme, tím více ho může spotřebovat na skupenskou přeměnu a rychleji roztát.

Špatné tepelné vodivosti některých materiálů se v praxi využívá pro tepelné izolace, např. polystyren používaný pro izolování domů nebo na krabičky na jídla „s sebou“ z různých restaurací velmi špatně vedou teplo. Naopak dobré tepelné vodivosti se využívá třeba v kotlích na ohřev vody, kdy je vnitřkem kotle vedena kovová trubka, která přijímá teplo od ohně a velmi efektivně ho přivádí k vodě uvnitř trubky.

Měření

Měřit budeme dobu tání kostek ledu o hmotnosti $m = 5\text{ g}$. Jako podložku zvolíme sklo (zavařovací sklenici), nerezovou ocel (hrníček), plast (podložku na krájení). Abychom zabránili ovlivnění experimentu způsobenému vodou, která vzniká při tání ledu, budeme vodu při měření pravidelně odsávat. Měření pro všechny materiály několikrát zopakujeme a závěr experimentu tedy bude vycházet z průměrné hodnoty všech měření.

Chybu měření vzhledem k náročnosti odhadnutí okamžiku, kdy už led roztál, a nerovnoměrným podmínkám pro jednotlivé kostky ledu (například odstraňování vody neprobíhalo při všech opakováních stejně) odhadneme na 1 min. Pro jednotlivé materiály získáváme průměrný

¹ V tělese vzniká tzv. teplotní gradient, kdy teplota tělesa postupně klesá od nejteplejšího místa k nejméně teplejšímu.

nerez t min	sklo t min	plast t min
32	34	42
31	36	45
32	37	41
30	34	44
29	35	42

Tabulka 1: Naměřené časy tání pro jednotlivé materiály

čas tání ledu $t_1 = (31 \pm 1)$ min pro nerezovou ocel, $t_2 = (35 \pm 1)$ min pro sklo a $t_3 = (43 \pm 1)$ min pro plast.

Z naměřených hodnot tedy můžeme sestavit řadu od nejlépe tepelně vodivého materiálu (vlevo) po nejhůře tepelně vodivý (vpravo) takto:

nerezová ocel, sklo, plast.

Ze zvolených materiálů má nejvyšší koeficient tepelné vodivosti opravdu nerezová ocel $\lambda = 15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ². Následuje sklo s teplotní vodivostí okolo $\lambda = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ³ a nejmenší koeficient teplotní vodivosti má plast okolo $\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ⁴.

Závěr

Naměřili jsme průměrný čas tání pětigramové kostky ledu $t_1 = (31 \pm 1)$ min pro nerezovou ocel, $t_2 = (35 \pm 1)$ min pro sklo a $t_3 = (43 \pm 1)$ min pro plast.

Řazení materiálů podle tepelné vodivosti od nejvodivějšího po nejhůře vodivý na základě experimentu: nerezová ocel, sklo, plast, odpovídá řazení podle skutečných hodnot koeficientů tepelné vodivosti jednotlivých materiálů $\lambda = 15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ pro nerezovou ocel, $\lambda = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ pro sklo a pro plast $\lambda = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Soňa Husáková
sona@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

²<https://cz.china-stainless-steels.com/stainless-steel-plate/stainless-steel-316l-1-4404.html>

³<https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/merna-tepelna-kapacita-soucinitel-tepelne-vodivosti-latek>

⁴<https://builder.techinfus.com/cs/uteplenie/teploprovodnost-uteplitelej.html>