KATEDRA FYZIKY VŠB-TU OSTRAVA		
Student	NÁZEV PRÁCE	Číslo práce
Skupina/Osob. číslo		Datum
Spolupracoval	Měření součinitele tepelné vodivosti kovové tyče	Podpis studenta:

Cíle měření
Seznámit se s přenosem tepla vedením. Změřit součinitele tepelné vodivosti hliníkové tyče.

Měřicí prostředky
stojan s držáky, topná spirála, dvě kalorimetrické nádoby, hliníková kovová tyč, dvě kádinky, magnetické míchadlo s magnetickou včelkou, gázový sáček na led, tři teplotní sondy, stopky, posuvka, pásový metr, váhy, forma na výrobu ledových kostek, mraznička, topná spirála, dva stojany s tyčemi a svěráky na stojany, digitální měřidlo teploty pro tři teplotní sondy

Kompendium teorie
Změna stavu soustavy je způsobena přenosem energie mezi soustavou a okolními tělesy. Přenos energie probíhá buď konáním mechanické práce W nebo přenosem tepla Q.

Tělesa studenější (s nižší teplotou) se při styku s tělesy teplejšími zahřívají. Mechanismus zahřívání lze vysvětlit předáním části energie z tělesa o vyšší teplotě (s vyšší energií) tělesu o nižší teplotě. Mění se přitom vnitřní energie těles.

Teplo je energie vyměněná mezi systémem a okolím jako důsledek teplotního rozdílu mezi nimi.

Teplo a mechanická práce spolu souvisí v tom smyslu, že se teplo může měnit v práci a naopak.

Přenos tepla se děje třemi způsoby:

- **vedením (kondukcí)** – prostředí, kterým se teplo šíří, zůstává z makroskopického hlediska v klidu (např. v pevných látkách)
- **prouděním (konvekcí)** – přenos tepla se děje v důsledku pohybu látky daného prostředí (v tekutinách)
- **vyzařováním (radiací)** – šíření tepla není vázáno na látkové prostředí, nositelem tepla je elektromagnetické vlnění

Vedení

Například, necháme-li jeden konec kovové tyče v ohni, druhý konec se zahřeje, přestože není v kontaktu s ohněm. Kinetická teorie vysvětluje tepelnou vodivost takto: rychleji se pohybující molekuly resp. atomy v oblasti s vyšší teplotou narážejí na sousední molekuly resp. atomy s menší střední hodnotou kinetické energie, která potom roste. Tento nárůst střední kinetické energie molekul resp. atomů se šíří tělesem, aniž by docházelo k přenosu částic z jedné části tělesa na druhou. U většiny kovů se setkáváme s mnohem účinnějším mechanismem vedení tepla. V krystalové struktuře kovů se vyskytují volné elektrony (jsou mimo mateřský atom) a tyto elektrony

mohou přenášet energii z horkého místa na studené.

Uvažujme nejprve idealizovaný průchod tepla tělesem. Nechť je horkou lázní udržována teplota T_H na jednom konci homogenní tyče o průřezu S a délky l a studenou lázní druhého konce teplota T_S. Po dostatečně dlouhé době se ustálí tepelný tok – při přenosu tepla z oblasti s vyšší teplotou do oblasti s teplotou nižší, zůstává teplota v libovolném místě tyče konstantní v čase (teplotní pole funkcí pouze prostorových souřadnic). Vznikne tzv. **ustálené (stacionární)** proudění tepla.

Je-li za dobu dτ přeneseno z jednoho konce tyče teplo dQ na druhý konec tyče, pak veličina

$$H=\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}\tau} \tag{1}$$

se nazývá **tepelný tok**. Z experimentů bylo zjištěno, že platí

$$H=\lambda S\frac{T_H-T_S}{l}, \tag{2}$$

kde λ je **součinitel tepelné vodivosti**.

$[k] = \mathrm{W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}}$

Hodnota součinitele tepelné vodivosti závisí na materiálu tyče. Materiály s velkou hodnotou λ jsou dobrými vodiči tepla, s malou hodnotou λ špatnými vodiči tepla, případně tepelné izolanty.

V experimentálním uspořádání pro měření součinitele tepelné vodivosti kovových tyčí se jeden konec tyče nachází ve studené vodě teploty t_3 a druhý je v tepelném kontaktu s vroucí vodou (obr. 1). Za předpokladu, že proudění tepla tyčí je ustálené alespoň v časovém intervalu velikosti τ a jsou zanedbatelné ztráty tepla do okolí tyče, bude platit, že se rovná teplo prošlé průřezem tyče Q_t a teplo přijaté studenou vodou Q_{voda} ve spodní kalorimetrické nádobě:

$$Q_t=Q_{voda}$$
$$H\tau=(K+cm)(t_{3,N}-t_{3,1})$$
$$\frac{\lambda S\tau}{l}\sum_{i=1}^{N}(t_{1,i}-t_{2,i})=(K+cm)(t_{3,N}-t_{3,1})$$
$$S=\frac{\pi d^2}{4},$$

kde K je tepelná kapacita kalorimetru, c měrná tepelná kapacita vody, m je hmotnost vody, N je počet měření, $t_{3,N}$ je konečná teplota studené vody, $t_{3,1}$ je počáteční teplota studené vody, l je vzdálenost otvorů s teplotními sondami v tyči, S je obsah průřezu tyče, $t_{1,i}$ a $t_{2,i}$ jsou i-té hodnoty teplot v tyči a d je průměr tyče. Nyní již snadno dostaneme vztah pro součinitel tepelné vodivosti:

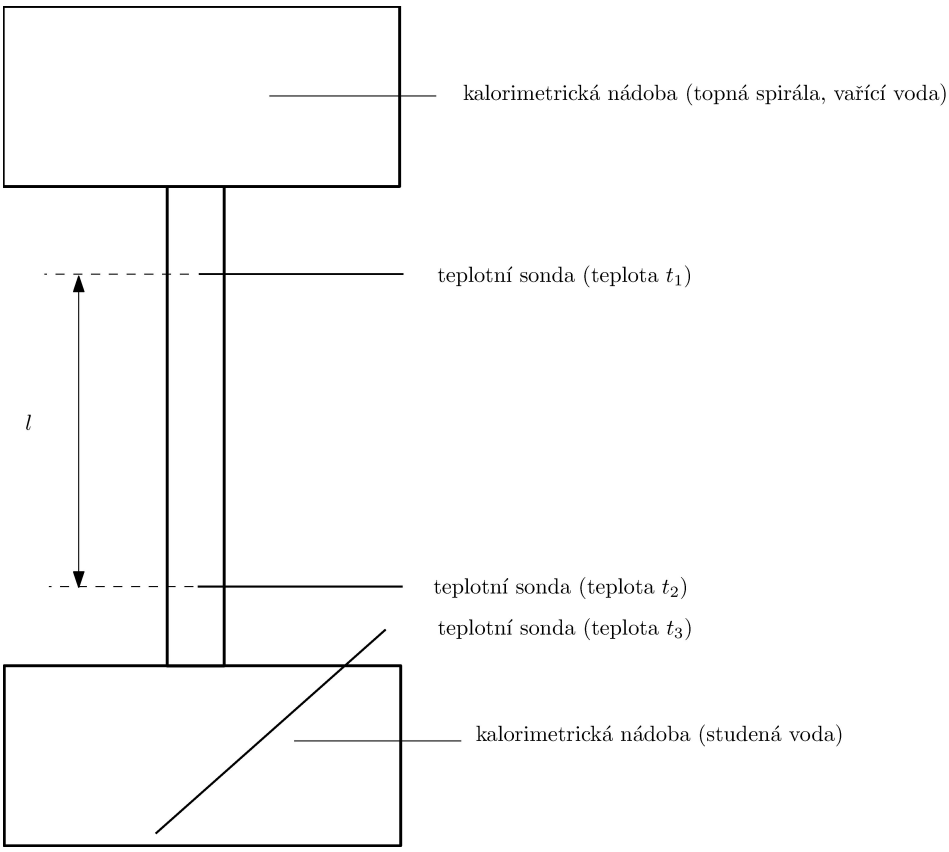
$$\lambda=\frac{4l(K+cm)(t_{3,N}-t_{3,1})}{\pi d^2\tau\sum_{i=1}^{N}(t_{1,i}-t_{2,i})}=\frac{4l(K+cm)(t_{3,N}-t_{3,1})}{\pi d^2\tau\sum_{i=1}^{N}\Delta t_i}. \tag{3}$$

Pokyny k vlastnímu měření

1) Změřte opakovaně (alespoň pětkrát) posuvkou průměr d tyče a pásovým metrem vzdálenost teplotních sond l na obou tyčích.

2) Nechte si vyučujícím zkontrolovat množství vody v horních kalorimetrických nádobách.
3) Zapněte topnou spirálu nad tyčí a po dosažení varu vody průběžně dolévejte teplou vodu tak, aby var nebyl přerušen.
4) Do spodního kalorimetru nalijte 150 ml studené vody a vložte tolik kostek ledu, aby hladina vody byla přibližně na úrovni konce izolace tyče. Současně si do kádinky připravte 300 ml studené vody, do které vložte alespoň čtyři kostky ledu. Bod 5 pokynů začněte v okamžiku, kdy se ustálí teplotní gradient $\Delta t = t_1 - t_2$ na hodnotě cca 30 °C.
5) Vyjměte led z kalorimetru pod tyčí a dolijte tolik studené vody z kádinky s ledem, aby hladina vody byla opět na úrovni konce izolace tyče. Do studené vody vložte jednu magnetickou včelku a zapněte magnetické míchadlo. Velmi pomalu zvyšujte rychlost míchání až do okamžiku, kdy začne magnetická včelka rotovat.
6) Po dobu nejméně dvaceti minut pak v minutových intervalech zaznamenávejte do tabulky hodnoty teplotního gradientu Δt_i a teploty t_3.
7) Zapněte váhy a spodní kalorimetr u tyče i s vodou položte na váhy. Zmáčkněte tlačítko TARA, sundejte kalorimetr, vytáhněte z vody magnetickou včelku a vodu vylijte. Papírovým ubrouskem vytřete kalorimetr do sucha a položte jej ihned na váhy. Zapište si z displeje hmotnost vody.
8) Součinitel tepelné vodivosti počítejte podle vztahu (3). Tepelná kapacita spodní kalorimetrické nádoby je 80 $J \cdot K^{-1}$.
9) Počítejte absolutní a relativní nejistoty všech přímo měřených veličin. Výsledné hodnoty součinitele tepelné vodivosti v jednotkách $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ zaokrouhlete na dvě platné cifry a určete jejich relativní odchylku od tabulkových hodnot.

Obr. 1


kalorimetrická nádoba (topná spirála, vařící voda)
teplotní sonda (teplota t_1)
l
teplotní sonda (teplota t_2)
teplotní sonda (teplota t_3)
kalorimetrická nádoba (studená voda)