

1) Měřicí potřeby:

Přístroje a potřeby	Typ	Inventární číslo	Použité rozsahy
Regulační autotrans.	RA 08		0-30 V
V-metr	UNI11e	17254	0-30 V
A-metr	Metra blansko		0-1 A
Digitální V-metr	Merotronic TYPE V553		-50-50 mV
Magnetická míchačka			
Převodník			
Digitální teploměr	PHYWE temp.meter 4-2		0-40 °C
Termočlánek			

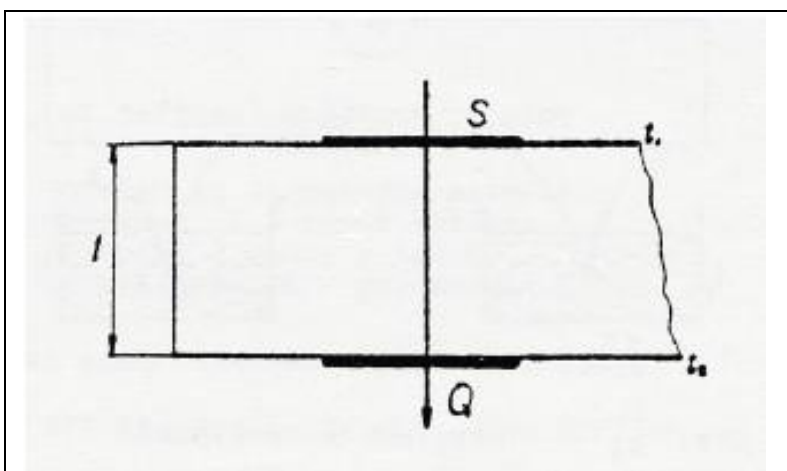
2) Obecná část:

Pokud jsou dvě části tělesa trvale udržovány na nestatejných teplotách, např. mezi dvěma laněmi, pak mají molekuly, ionty a volné elektrony v teplejších částech trvale větší kinetickou energii než částice v chladnějších místech. Energie z teplejší části tělesa se trvale přenáší na chladnější část a v tělese vzniká časově stálý teplotní spád. Tento přenos tepelné energie se nazývá ustáleně vedení tepla.

Jestliže udržujeme povrchy rovinné desky (obr.1), jež jsou velké proti její tloušťce l , na stálých teplotách t_1 a t_2 ($t_1 > t_2$), vznikne po jisté době rovnovážný stav, při němž postupuje teplo deskou od povrchu s vyšší teplotou t_1 k povrchu s nižší teplotou t_2 . Teplo Q , jež projde za dobu τ malou plochou S , je přímo úměrně Obr. 1 Vedení tepla v rovinné desce velikosti plochy S , teplotnímu rozdílu $t_1 - t_2$, době τ a nepřímo úměrně tloušťce desky l : $Q = \lambda \cdot S \cdot \tau \cdot \frac{t_1 - t_2}{l}$

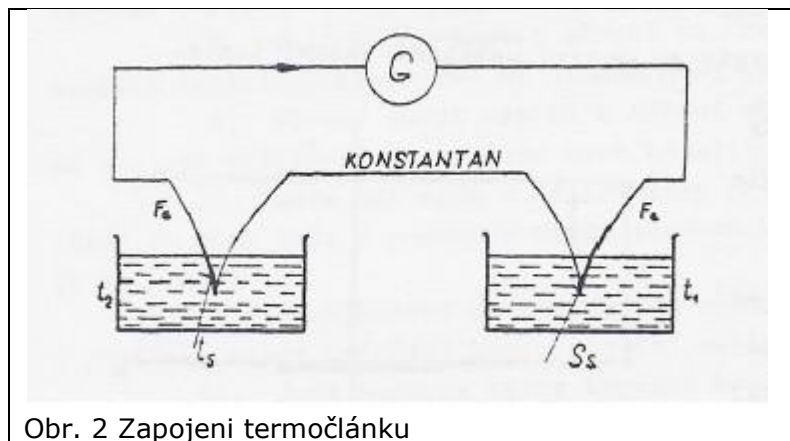
Konstantu úměrnosti λ nazýváme tepelnou vodivostí materiálu desky. Udává množství tepla, které projde za jednotku doby krychli o jednotkové hraně mezi dvěma protilehlými stěnami, mezi nimiž je teplotní rozdíl 1°C , jsou-li ostatní stěny krychle dokonale tepelně izolovány. Jednotkou tepelné vodivosti v soustavě SI je: $[\lambda]_{SI} = \text{Jm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{Wm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

K měření rozdílů teplot využijeme termočlánek. Termočlánek je nejčastěji vytvořen pevným spojením (svařením, sletováním, apod.) drátů ze dvou druhů kovů v kombinaci: $\text{KOV}_1 - \text{KOV}_2 - \text{KOV}_1$. Pokud zapojíme volné konce drátů z kovu 1 na citlivý galvanoměr, pak začne v tomto uzavřeném obvodu procházet proud, pokud ovšem budou mít spoje kovů rozdílnou teplotu (obr.2). Tento proud je způsoben termoelektrickými silami, vznikajícím ze dvou důvodů. Prvním důvodem je difúze volných elektronů v drátu jestliže má drát své konce na rozdílných teplotách $t_2 > t_1$. Díky difúzi volných elektronů vznikne spád el.potenciálu. Vznikly potenciální rozdíl



Obr. 1 Vedení tepla v rovinné desce

je pro každý materiál jiný. Druhým důvodem je závislost kontaktního rozdílu na teplotě. Kontaktní rozdíl potenciálů vzniká pokud se spojí dva kovy, které mají různé vstupní práce elektronů, protože elektrony kovu, který má menší vstupní práci než druhý, mohou přecházet snadněji do druhého kovu. Pokud umístíme dva spoje termočláнку do lázni o různých teplotách $t_2 > t_1$, pak konstantní rozdíl potenciálů např. železa a konstantanu v teplem spoji T_s se bude lišit od kontaktního



Obr. 2 Zapojení termočláunku

rozdílu potenciálů ve studeném spoji S_s a vzniklá termoel.síla bude daná jejich rozdílem. Z této souvislosti vyplývá, že termoel.síla je úměrná rozdílu teplot t_2 a t_1 . Jestliže ji budeme měřit citlivým milivoltmetrem, můžeme ze změn el.napětí usuzovat za změnu teploty.

3) Postup měření:

K absolutnímu měření tepelné vodivosti kovů jsme použili zařízení na obr. 3. Do horního konce valečku ze zkoumaného materiálu

- 1 je našroubován hliníkový nástavec
- 2, do něhož je vsunuto el.topné tělísko
3. Dolní konec valečku je opatřen chladícími žebry a je ponořen do termoizolační nádoby naplněné vodou s ledem
4. Ve dvou různých místech vzorku se měří rozdíl teplot termočlánekem železe-konstantan
5. Vzniklé termonapětí je měřeno milivoltmetrem
6. Tepelná vodivost našeho měřeného vzorku se vypočte ze vztahu:

4) Pracovní úkol:

- 1) Okalibrujte termočlánek v rozmezí teplotních rozdílů $0 - 15^\circ \text{C}$.
- 2) Sestrojte (doma) závislost termoelektrického napětí na rozdílu teplot. Závislosti proložte přímkou pomocí lineární regrese. (viz kap. "Chyby měření", odst. D)
- 3) Změřte a vypočítejte tepelnou vodivost dvou vzorků z různých materiálů.
- 4) Stanovte směrodatné chyby naměřených hodnot a konečných výsledků. Výsledky uveďte ve standardním tvaru $\lambda = \dots \square \dots [\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}]$. (Potřebné informace najdete v kapitolách "Chyby měření" a "Příklad na výpočet chyb měření" v úvodní části skript).

Kalibrace:

5) Naměřené hodnoty:

Tab. 1: Kalibrační křivka

Δt	U[mV]
1	-0,1
2	-0,05
3	0,01
4	0,08
5	0,15
6	0,2
7	0,28
8	0,33
9	0,38
10	0,43
11	0,49
12	0,54
13	0,6
14	0,65
15	0,7

Tab. 2: Měď, Mosaz

Čas[min]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U[mV]	-0,29	-0,32	-0,34	-0,37	-0,32	-0,3	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29

Čas[min]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U[mV]	-0,47	-0,43	-0,39	-0,37	-0,36	-0,35	-0,34	-0,34	-0,34	-0,33

6) Zpracování výsledků:

Výpočty:

Měď $(t_a - t_b) = \Delta U / k = 0,31 / 0,054 = \mathbf{5,74^\circ C}$

Mosaz $(t_a - t_b) = \Delta U / k = 0,372 / 0,054 = \mathbf{6,88^\circ C}$

ΔU = Aritmetický průměr z naměřených napětí

K = Parametr z dané přímky

Tepelná vodivost mědi $\lambda = \frac{I \cdot U \cdot l}{S \cdot (t_a - t_b)} = \frac{I \cdot U \cdot l}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (t_a - t_b)} = \frac{0,44 \cdot 4 \cdot 0,1}{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \cdot (5,74)} = \mathbf{390,40 W m^{-1} K^{-1}}$

Tepelná vodivost mosazi $\lambda = \frac{I \cdot U \cdot l}{S \cdot (t_a - t_b)} = \frac{I \cdot U \cdot l}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (t_a - t_b)} = \frac{0,31 \cdot 3 \cdot 0,1}{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \cdot (6,88)} = \mathbf{172,10 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}}$

Přístroje:

Voltmetr: TP = ; Rozsah 10 V

Ampérmetr TP = ; Rozsah 1 A

Teploměr: TP = 0,3;

Chyby jednotlivých měření:

Výpočty jsou v pořadí: Měď-mosaz

Naměřené hodnoty napětí: U = (3;4) V

Maximální absolutní chyba: $\sigma U = \frac{TP}{100} \cdot rozsah$

$$\sigma U = \frac{2,5}{100} \cdot 10 = \mathbf{0,25 \text{ V}}$$

Směrodatná chyba: $\delta U = 0,25 \cdot 0,6 = \mathbf{0,15 \text{ V}}$

Relativní chyba: $\zeta U = \frac{\delta U}{U} = \left(\frac{0,15}{4}; \frac{0,15}{3} \right) = \mathbf{(0,038; 0,05) \text{ V}}$

Naměření hodnoty proudu: I = (0,44;0,31) A

Maximální absolutní chyba: $\sigma I = \frac{TP}{100} \cdot rozsah$

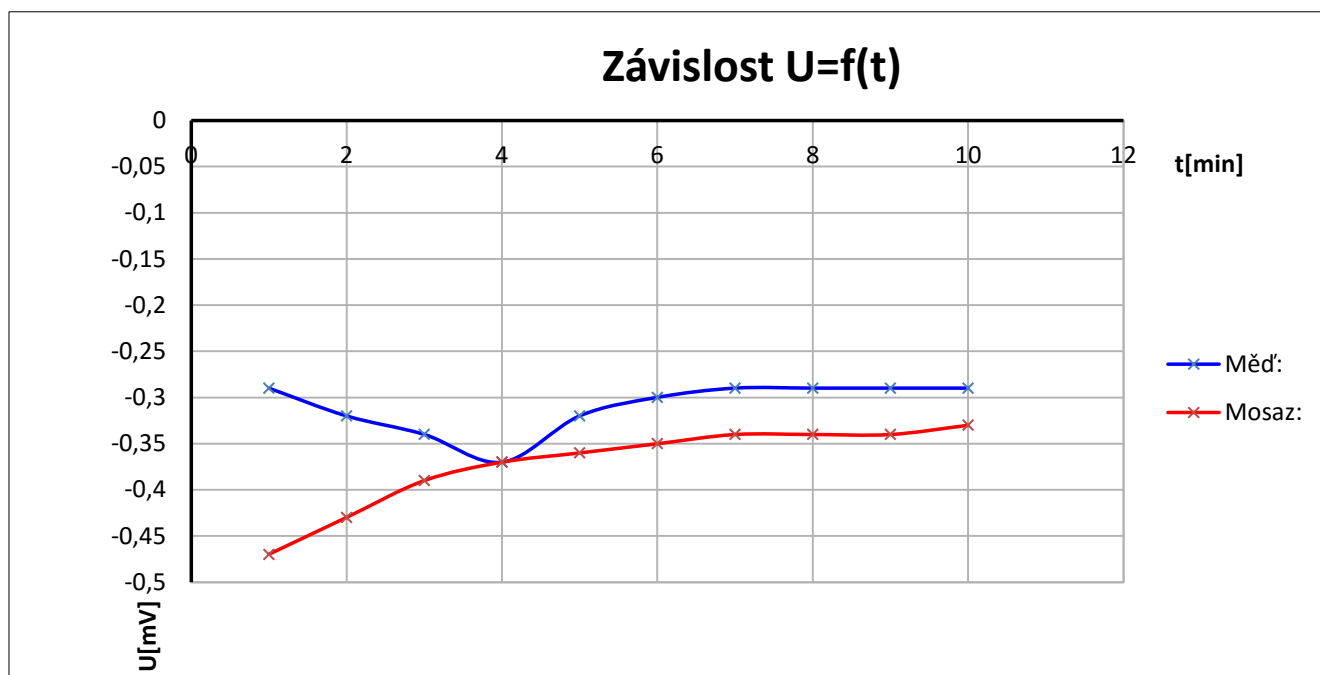
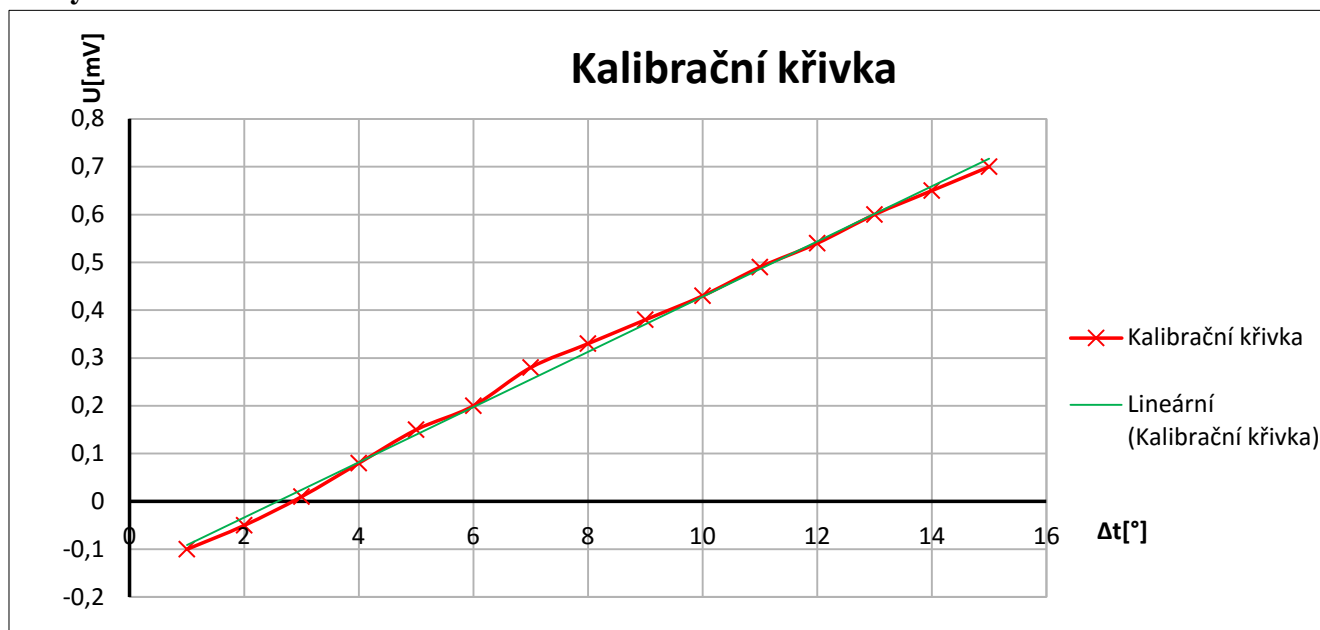
$$\sigma I = \frac{0,5}{100} \cdot 1 = \mathbf{0,005 \text{ A}}$$

Směrodatná chyba: $\delta I = 0,005 \cdot 0,6 = \mathbf{0,003 \text{ A}}$

Relativní chyba $\zeta I = \frac{\delta I}{I} = \left(\frac{0,003}{0,44}; \frac{0,003}{0,31} \right) \text{ A}$

$$\mathbf{\zeta I = (0,0068; 0,0096) \text{ V}}$$

Grafy:



7) Diskuze výsledků a závěr: