

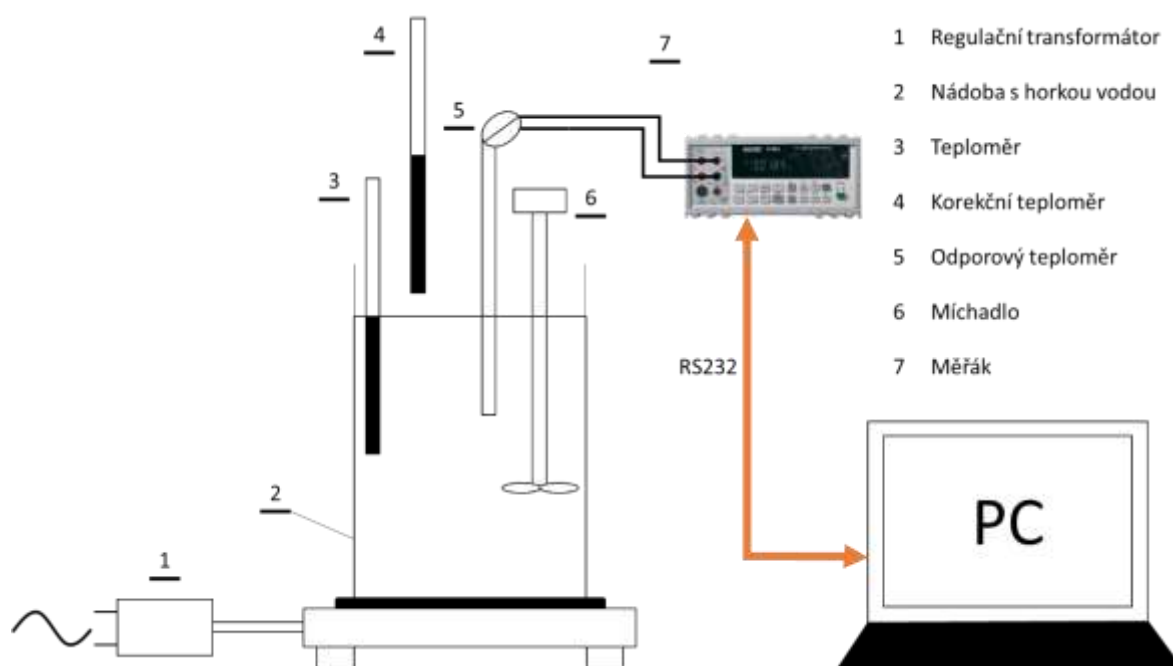
Součinitel odporu

Vyhodnocení součinitele alfa z dat naměřených v reálných podmínkách při teplotách 80°C a pokojové teplotě.

Zadání:

1. Vypočtete hodnotu součinitele α_s platinového odporového teploměru Pt-100 v rozmezí asi 20°C - 95°C .
2. Vypočtete výslednou náhodnou chybu σ_{α_s} (absolutní a relativní), a určete, která z měřených veličin nejvíce ovlivní výslednou chybu.

Schéma zapojení:



Obr. 1 Měření součinitele odporu.

Teoretický rozbor:

- a) Měření teploty odporovými teploměry je založeno na změně elektrického odporu vodiče při změně jeho teploty. Každé změně teploty v malém rozmezí

odpovídá změna odporu, kterou odvodíme ze známého vztahu mezi odporem kovu a teplotou:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha_S(t_2 - t_1)) \dots (1)$$

kde

R_1, R_2 - hodnoty odporů při teplotách t_1, t_2

t_1, t_2 - měřené teploty

α_S - součinitel odporu v rozmezí teplot $t_1 - t_2$

Z uvedené rovnice pak:

$$\alpha_S = \frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{t_2 - t_1} \dots (2)$$

Pro maximálně přesné zjištění součinitele odporu α_S je nutno vycházet z přesného měření jednotlivých odporů platinového odporového teploměru.

b) Při měření teploty rtuťovým teploměrem se většinou měří při úplně ponořeném teploměru, pokud na teploměru není stanoveno jinak. Pokud není proveden úplný ponor teploměru, je nutno provést přepočítání na ochlazení vyčnívajícího rtuťového plátka a kapiláry. Při korekci se bere v úvahu rozdíl měřené teploty a teploty okolí teploměru ($t_2 - t_0$), délka vyčnívajícího vlákna rtuti vyjádřená počtem "vyčnívajících" stupňů (n) a druh skla, který určuje součinitel roztažnosti rtuti ve skle α_0 .

Korekce se vypočte:

$$\Delta t = \alpha_0(\bar{t}_2 - \bar{t}_0)n \dots (3)$$

A správná hodnota teploty:

$$t_{2s} = t_2 + \Delta t \dots (4)$$

Součinitel α_0 se pro běžné případy volí $\alpha_0 = 1/6300$. Pro speciální druhy skla, mající zvláštní zabarvení nebo vtavený barevný pásek, jsou tyto součinitele předepsány. Při měření se okolní teplota zjišťuje asi uprostřed vyčnívajícího rtuťového vlákna.

c) Počítáme-li hodnotu součinitele odporu, který je funkcí více naměřených veličin (t_1, t_2, R_1, R_2), bude výsledná hodnota dána vztahem (2).

Jestliže je každá naměřená veličina (t_1, t_2, R_1, R_2) zatížena náhodnou chybou $\pm S_X(t_1), \pm S_X(t_2), \dots, \pm S_X(R_2)$, pak výsledná náhodná chyba absolutní je dána vztahem (5):

$$\delta\alpha_S = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_1} S_{\bar{X}}(t_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_2} S_{\bar{X}}(t_2)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_1} S_{\bar{X}}(R_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_2} S_{\bar{X}}(R_2)\right)^2} \dots (5)$$

Kde náhodné chyby aritmetických průměrů jsou dány vztahem (6) :

$$S_{\bar{X}}(t_1) = \pm 3 \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{t}_1 - t_1)^2}$$

.

.

.

$$S_{\bar{X}}(R_2) = \pm 3 \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{R}_2 - R_2)^2} \dots (6)$$

Při měření teploty rtuťovým teploměrem musíme uvažovat mimo náhodné chyby měření ($\pm S_X(t_1), \dots$) ještě systematickou chybu teploměru, která je dána jeho rozlišovací schopností $S_R(t_1)$ (polovina nejmenšího dílku na stupnici teploměru). Proto výsledná chyba měření teploty, jež bude dosazena do (5), bude mít tvar:

$$S_V(t_1) = \pm \sqrt{[S_{\bar{X}}(t_1)]^2 [S_{\bar{R}}(t_1)]^2} \dots (7)$$

a vztah pro výpočet výsledné náhodné chyby absolutní:

$$\delta\alpha_S = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_1} S_V(t_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_2} S_V(t_2)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_1} S_{\bar{X}}(R_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_2} S_{\bar{X}}(R_2)\right)^2} \dots (8)$$

Výsledná chyba relativní je dána vztahem:

$$\Delta\alpha_S^{\gamma} = \frac{\delta\alpha_S}{\alpha_S} \cdot 100[\%] \dots (9)$$

Postup měření:

1. Měřený teploměr je v chladné vodě. U nádoby s ohřívanou vodou zapnout topení, a udržovat teplotu vody co nejstabilnější. Tuto teplotu zvolte v rozmezí 70 - 95°C . Mezitím měřit 10x odpor teploměru v chladné vodě, měření provedeme za pomoci ohmmetru. Po této sérii měření přemístit odporový teploměr do horké vody, nechat ustálit a opět měřit 10x. Na rtuťových teploměrech odečíst teplotu měřených prostředí. Pro přesnější odečet je možno vždy jemně na teploměr poklepat. Zároveň je nutno brát v úvahu teplotu okolí a vyčnívající sloupec rtuti (výpočet korekce na vyčnívající sloupec rtuti dle vztahu 3).
2. Z jednotlivých měření se vypočte aritmetický průměr a jeho chyba, u skleněných teploměrů se uvede rozlišovací schopnost. Při měření odporu teploměru je nutno odečíst odpor vedení. ($R_v = 0,09 \text{ W}$). U skleněných teploměrů se bere pro další výpočet chyba výsledná dána vztahem (7).
3. Změřené a vypočtené výsledky se dosadí do vzorce pro součinitel odporu a vypočte se jeho výsledná náhodná chyba absolutní (8) a relativní (9). Do vzorců (2),(3),(4),(8) dosazujeme aritmetické průměry veličin $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{t}_0$.

Tab. 1 Tabulka pro záznam naměřených hodnot

i	t_{1i} [°C]	R_1 [Ω]	$(t_{1i}-\bar{t}_1)^2$ [°C ²]	$(R_{1i}-\bar{R}_1)^3$ [Ω ³]	t_{2i} [°C]	t_{0i} [°C]	R_{2i} [Ω]	$(t_{2i}-\bar{t}_2)^2$ [°C ²]	$(R_{2i}-\bar{R}_2)^2$ [Ω ²]
1									
2									
.									
.									
.									
10									
	\bar{t}_1	\bar{R}_1	Σ	Σ	\bar{t}_2	\bar{t}_0	\bar{R}_2	Σ	Σ

Kontrolní otázky:

1. Zpracování náhodných chyb.
2. Co je teplotní součinitel odporu?
3. Jak se správně měří rtuťovým teploměrem, vztah pro korekci.
4. Uveďte vztah závislosti odporu kovu na teplotě.

Odpovědi na otázky:

1. Jestliže je každá naměřená veličina (t_1, t_2, R_1, R_2) zatížena náhodnou chybou $\pm S_X(t_1), \pm S_X(t_2), \dots, \pm S_X(R_2)$, pak výsledná náhodná chyba absolutní je dána vztahem:
$$\delta\alpha_S = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_1} S_{\bar{X}}(t_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial t_2} S_{\bar{X}}(t_2)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_1} S_{\bar{X}}(R_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha_S}{\partial R_2} S_{\bar{X}}(R_2)\right)^2}$$
2. Teplotní součinitel odporu je jasně daná konstanta, vyjadřující závislost odporu vodiče na teplotě.
3. Při měření teploty rtuťovým teploměrem se většinou měří při úplně ponořeném teploměru, pokud na teploměru není stanoveno jinak. Korekce: $\Delta t = \alpha_0(\bar{t}_2 - \bar{t}_0)n$.
4. $R_2 = R_1(1 + \alpha_S(t_2 - t_1))$.