

2 Kalibrácia termočlánku s využitím multimetra

Potreby:

Digitálny milivoltmeter, 2 termočlánky, 1 Dewarova nádoba, varič, voda, kocky ľadu, nádoba na varenie vody.

Teória:

Voľné elektróny sa síce môžu vo vnútri kovu voľne pohybovať, ale uniknúť von nemôžu. Príčinou toho je tzv. potenciálová bariéra vytváraná na povrchu iónmi kovu, ktorá nedovolí, aby elektróny opustili kov, pokiaľ ich energia neprevyšuje energiu potenciálovej bariéry. Výška tejto potenciálovej bariéry je pre rôzne kovy rôzna. U jedného predstavuje väčšiu a u druhého menšiu energiu.

Ak dva kovy s rôznymi výškami potenciálovej bariéry dokonale vodivo spojíme, začnú elektróny z kovu s nižšou potenciálovou bariérou prenikať do kovu s vyššou potenciálovou bariérou, až sa vytvorí rovnovážny stav, pri ktorom za vzniku kladného potenciálu v kove s nižšou bariérou (úbytok elektrónov) sa potenciály na hrebeňoch obidvoch bariér vyrovnajú. Toto vzniknuté kladné "kontaktné" (stykové) napätie môžeme zmerať na druhých koncoch takto spojených kovov.

Ak spojíme aj druhé (opačné) konce obidvoch kovových vodičov, vznikne aj tu rovnako veľké napätie, ale opačného smeru. Vzhľadom k tomu, že obvod s oboma koncami vodivo spojených kovov je uzavretým obvodom, po čase dôjde k rovnovážnemu stavu, pri ktorom za predpokladu, že oba vodivo spojené konce kovov (vodičov) majú rovnakú teplotu, nebude obvodom prechádzať elektrický prúd. Ak však teploty spojov nie sú rovnaké, vytvára sa v ustálenom stave potenciálový rozdiel medzi spojmi a v obvode pôsobí určitá termoelektrická sila, resp. termonapätie, ktoré je príčinou vzniku termoelektrického prúdu.

Pritom termonapätie ε je úmerné práve rozdielu teplôt $t - t_0$ a je možné túto závislosť v prípade termočlánkov funkčne vyjadriť v tvare

$$\varepsilon = a + b \cdot (t - t_0) \quad (2.1)$$

kde a predstavuje napätie pri nulovom teplotnom rozdieli (má byť čo najbližšie k 0) a b je koeficient citlivosti použitého typu termočlánku (v prípade použitých termočlánkov typu K na meraní je b rovné $4 \cdot 10^{-5} \text{ V/}^\circ\text{C}$). V tejto úlohe je cieľom stanoviť závislosť termonapätia a následnom preložení regresnej krivky, danej rovnicou (2.1), diagramom nameraných hodnôt, kde t_0 predstavuje teplotu okolia vody v Dewarovej nádobe, ktorú možno zistiť z podmienky, že ak je teplota rovná teplote okolia, tak hodnota napätia na multimetri je rovná 0 V.

V laboratórnych úlohách na DF TU vo Zvolene gradujeme termočlánok typu K v rozsahu od izbovej teploty do 100°C . Pre potreby štatistického spracovania sa uvádzame závislosť (2.1) v tvare (2.2)

$$\varepsilon = a_0 + b_0 \cdot t \quad (2.2)$$

Na záver pre overenie správnosti nameraných hodnôt je potrebné určiť percentuálnu odchýlku medzi reálne nameranou hodnotou b_E získanou regresiou a tabuľkovou hodnotou b_T rovnou $4 \cdot 10^{-5} \text{ V/}^\circ\text{C}$, pomocou vzťahu (2.3)

$$PO = \frac{|b_E - b_T|}{b_T} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Určovanie smernice b_0

Pre určenie smernice b_0 možno použiť príkaz SLOPE kde za údaje y-ovej osi sa vyberajú hodnoty napätia a za údaje x-ovej osi sa vyberajú hodnoty teploty v °C. Hodnoty v milivoltoch sa v Exceli zapisujú takým spôsobom že číselnú hodnotu v mV – napríklad 1,20mV zapíšeme v Exceli ako 1,2e-3.

Cieľ:

Experimentálne overenie existencie termoelektrického javu a zmeranie termoelektrického napätia pre termočlánky typu K pri rôznych teplotách.

Pracovný postup:

1. Do hrnca nalejeme studenú vodu a necháme ju zohriať na variči až do varu.
2. Vlejeme do Dewarovej nádoby do 1/2 výšky zovriatu vodu a zmeriame prvú dvojicu napätie-teplota, hodnota napätia musí byť kladná. V prípade že multimeter ukazuje zápornú hodnotu treba v zdierkach multimetra otočiť koncovku termočlánku.
3. Súčasne do druhej nádoby vložíme zmes ľadu(12 kociek) a studenej vody z vodovodu. Do tejto nádoby nevkladáme ani 1 termočlánok.
4. Prilejeme do nádoby malý objem studenej vody a odmeriame druhú dvojicu napätie-teplota.
5. Taktok pokračujeme ďalej kým nezmeriame aspoň 20 hodnôt dvojice napätie – teplota s teplotným rozdielom aspoň 20°C.
6. Pripravíme si Excelovskú tabuľku do ktorej budeme zapisovať hodnoty napätia na multimetri(stĺpec C od riadku 3 dole) a hodnoty teplôt na termometri(stĺpec B od riadku 3 dole).
7. Po ukončení merania, s využitím metódy najmenších štvorcov, zistíme smernicu závislosti napätie od teploty v Exceli pomocou funkcie SLOPE kde za údaje pre y-ovú os berieme všetky hodnoty napätia a za údaje pre x-ovú os berieme namerané hodnoty teploty.
8. Následne vypočítame PO pomocou vzťahu (2.3).
9. Ako posledné určíme závislosť termonapätia od teploty pre použité druhy termočlánku. Os y pomenujeme Termonapätie(V) a os x Teplota(°C)
10. Vytvorený Excelovský zošit zapíšeme vo formáte Uloha2_PriezviskaAutorov.
11. Zároveň každý autor sám za seba odovzdá protokol v ktorom uvedie hodnoty napätia vs teploty spolu s hodnotou b_0 a PO aj so zdôvodnením odchýlky PO v prípade, že táto je väčšia ako 5%. Zároveň autor priloží odpoveď na 2.otázku typu B. Protokol sa chápe za odovzdaný v prípade, že študent odovzdá aj spoločný Excelovský súbor a rovnako aj protokol za seba.

Kontrolné otázky:

A.

1. Vysvetlite vznik termoelektrického napätia.
2. Čo je inverzným javom k termoelektrickému javu a k čomu sa používa?
3. Uvedte konkrétny praktický príklad použitia termočlánkov (okrem merania teploty).

B.

1. Porovnajme vami nájdenú hodnotu kalibračnej konštanty b_0 s teoretickou hodnotou $4 \cdot 10^{-5} \text{ V/}^\circ\text{C}$ podľa vzťahu (2.3)
2. Prečo by mala byť hodnota a vo vzťahu (2.1) rovná nule?