



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA FYZIKY

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno Ondřej Hlaváček		Datum měření 20. 11. 2024
Semestr Zimní 2024	Ročník 2.	Datum odevzdání 15. 12. 2024
Studijní skupina 3	Laboratorní skupina 2011L	Klasifikace
Číslo úlohy 6	Název úlohy Měření na Peltierově článku	

1. Obsah:

2.	Úkol měření	3
3.	Seznam použitých přístrojů a pomůcek	3
4.	Tabulky naměřených hodnot, zpracování	4
4.1.	Tabulky naměřených hodnot	4
4.2.	Příklady výpočtu	5
5.	Graf(y).....	6
6.	Zhodnocení výsledku měření	8
7.	Seznam použité literatury	8
8.	Kopie záznamu s naměřenými hodnotami	9

2. Úkol měření

Úkolem měření je seznámit se s chováním Peltierova článku ve funkci termoelektrického generátoru (TEG – thermoelectric generator) a chladičového prvku (TEC – thermoelectric cooler). V režimu TEG:

- změřte závislost termoelektrického napětí na teplotě a vynesete ji do grafu,
- z naměřené závislosti vypočtete Seebeckův koeficient,
- vypočítejte účinnost Peltierova článku v režimu TEG a vypočtenou hodnotu porovnejte s účinností vratně pracujícího tepelného stroje.

V režimu TEC:

- změřte časovou závislost teploty na obou stranách Peltierova článku a vynesete ji do grafu.

3. Seznam použitých přístrojů a pomůcek

- Multimetr Mastech MY65 – použit jako DC voltmetr
 - Použitý rozsah: $U_{\text{range}} = 20 \text{ V}$
 - Rozlišení: $U_{\text{resolution}} = 1 \text{ mV}$
 - Přesnost: $\delta U_{\text{value}} = \pm 0,1 \text{ \%, } N_U = \pm 3 \text{ digity}$
- Multimetr Mastech – DC Ampérmetr Mastech MY65
 - Použitý rozsah: $I_{\text{range}} = 200 \text{ mA}$
 - Rozlišení: $I_{\text{resolution}} = 1 \text{ mA}$
 - Přesnost: $\delta I_{\text{value}} = \pm 0,8 \text{ \%, } N_I = \pm 3 \text{ digity}$
- Teploměr GMH1170
 - Typ sondy: K
 - Použitý rozsah ΔT_{range} : $-65 - 199^\circ\text{C}$
 - Přesnost ($T \geq -60^\circ\text{C}$): $\delta T_{\text{value}} = \pm 0,05\text{\%, } \delta T_{\text{range}} = \pm 1 \text{ digit}$
 - Rozlišení: $T_{\text{resolution}} = 0,1^\circ\text{C}$
- Peltierův článek
 - Maximální proud $I_{\text{max}} = 4 \text{ A}$
 - Maximální teplota $T_{\text{max}} = 100^\circ\text{C}$

4. Tabulky naměřených hodnot, zpracování

4.1. Tabulky naměřených hodnot

Níže je uvedena tabulka č. 1 s naměřenými hodnotami času t , napětí U_0 , teploty teplého konce T_H , teploty studeného konce T_S a proudu I_K . V tabulce č. 2 jsou naměřené hodnoty času t , teploty studeného konce T_S a teploty teplého konce T_H pro měření, kdy peltierův článek pracoval jako chladicí stroj.

Peltier jako termoelektrický generátor					
t (min)	U_0 (V)	T_H (°C)	T_S (°C)	I_K (A)	ΔT (°C)
0	1.322	50.2	22.7	0.440	27.5
1	1.125	46.4	22.9	0.384	23.5
2	1.057	44.4	22.7	0.360	21.7
3	0.981	42.7	22.6	0.332	20.1
4	0.916	41.3	22.6	0.312	18.7
5	0.854	39.9	22.4	0.292	17.5
6	0.802	38.8	22.4	0.281	16.4
7	0.749	37.7	22.3	0.258	15.4
8	0.705	36.4	22.4	0.250	14.0
9	0.659	35.7	22.2	0.231	13.5
10	0.620	34.8	22.2	0.214	12.6
11	0.588	34.1	22.1	0.205	12.0
12	0.546	33.2	22.1	0.195	11.1
13	0.520	32.6	22.1	0.181	10.5
14	0.490	31.9	21.9	0.175	10.0
15	0.465	31.4	21.9	0.162	9.5

Tabulka 1 - Naměřené hodnoty peltierova čl. jako termoelektrického generátoru

Peltier jako chladicí stroj		
t (min)	T_S (°C)	T_H (°C)
0	-	-
1	17,2	27,8
2	16,2	27,8
3	15,3	27,7
4	14,7	27,6
5	13,9	27,6
6	13,3	27,5
7	12,6	27,5
8	11,9	27,4
9	11,2	27,4
10	10,9	27,3

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty peltierova čl jako chladicího stroje

Peltier jako topící stroj		
t (min)	T _S (°C)	T _H (°C)
0	21,2	21,2
1	18,2	30,4
2	18,3	33,9
3	18,5	35,9
4	18,6	36,5
5	18,8	38,4
6	18,9	39,1
7	19,0	40,4
8	19,2	41,6
9	19,3	42,7
10	19,4	43,7

Tabulka 3 - Naměřené hodnoty peltierova čl. jako topícího stroje

4.2. Příklady výpočtu

a) Peltierův článek jako termoelektrický generátor

Níže jsou výpočty výkonů P_E a P_H a účinnosti peltierova článku η_{TEG} a účinnosti tepelného stroje s vratným teplem η'_{TEG} .

$$P_E = \frac{1}{4} U_0 I_K = \frac{1}{4} \cdot 1,322 \cdot 0,440 = 0,145 \text{ W}$$

$$P_H = \frac{C_{celk}(T_{H1} - T_{H2})}{t_1 - t_2} = \frac{1121 \cdot (50,2 - 46,4)}{0-60} = 71 \text{ W}$$

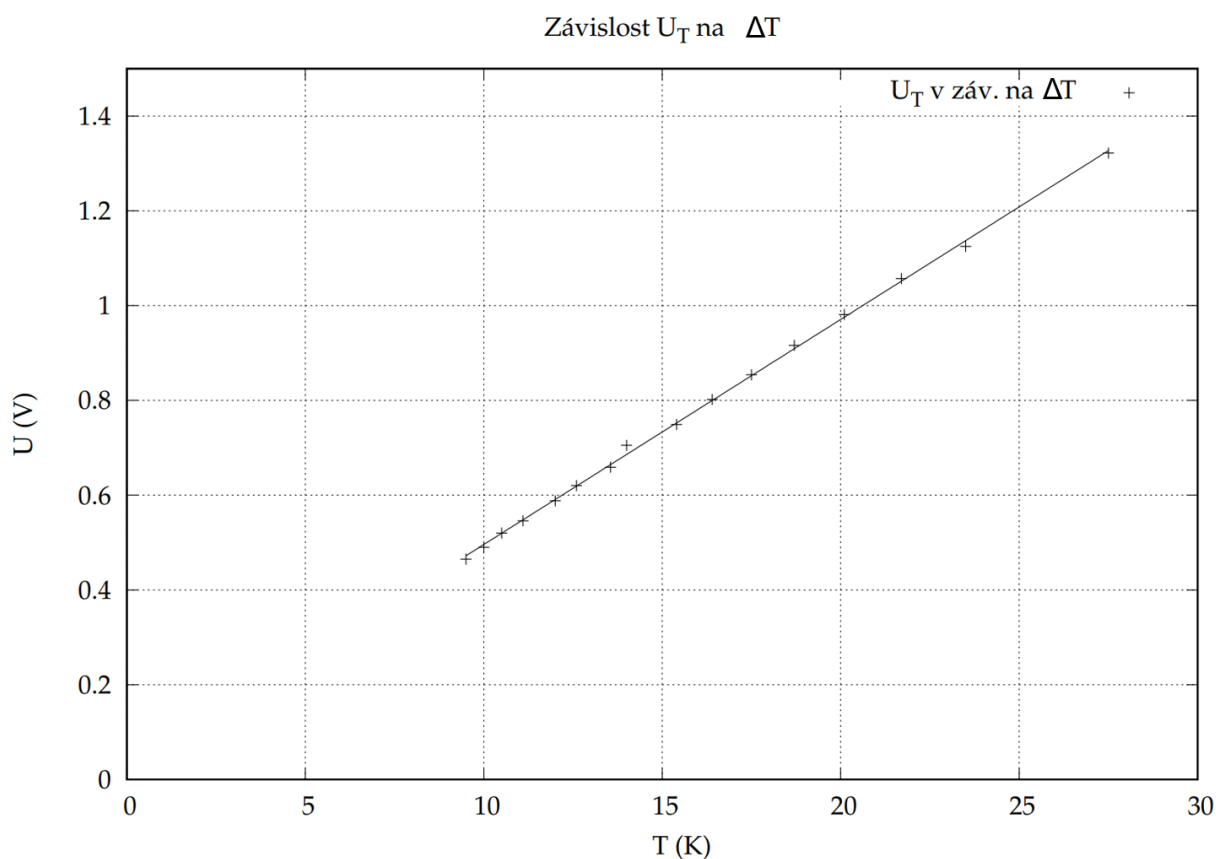
$$\eta_{TEG} = \frac{P_E}{P_H} = \frac{0,145}{71} = 0,002 = 0,2 \%$$

$$\eta'_{TEG} = \frac{T_H - T_S}{T_H} = \frac{50,2-22,7}{273,15 + 50,2} = 0,096 = 9,6 \%$$

5. Graf(y)

a) Peltierův článek v režimu TEG

Níže je uveden graf Závislosti napětí U_T na teplotě ΔT .



Graf 1 – Závislost napětí U_T na ΔT

$$a_0 = 0.020678 \text{ K}$$

$$a_1 = \alpha = 0.047503 \text{ V/K}$$

$$\sigma_{a0} = 0.006139$$

$$\sigma_{a1} = 0.000368$$

Výpočet nejistoty seebeckova koeficientu

Z nástroje na tvorbu grafů ze serveru planck byla získána směrnice z $\alpha = 0.047503 \text{ VK}^{-1}$. Hodnota z nástroje $\sqrt{\frac{\chi^2}{v}} = 0.0075$ byla použita pro vstupní odchylky, tak jak říká návod k nástroji. Poté byla odečtena standardní odchylka

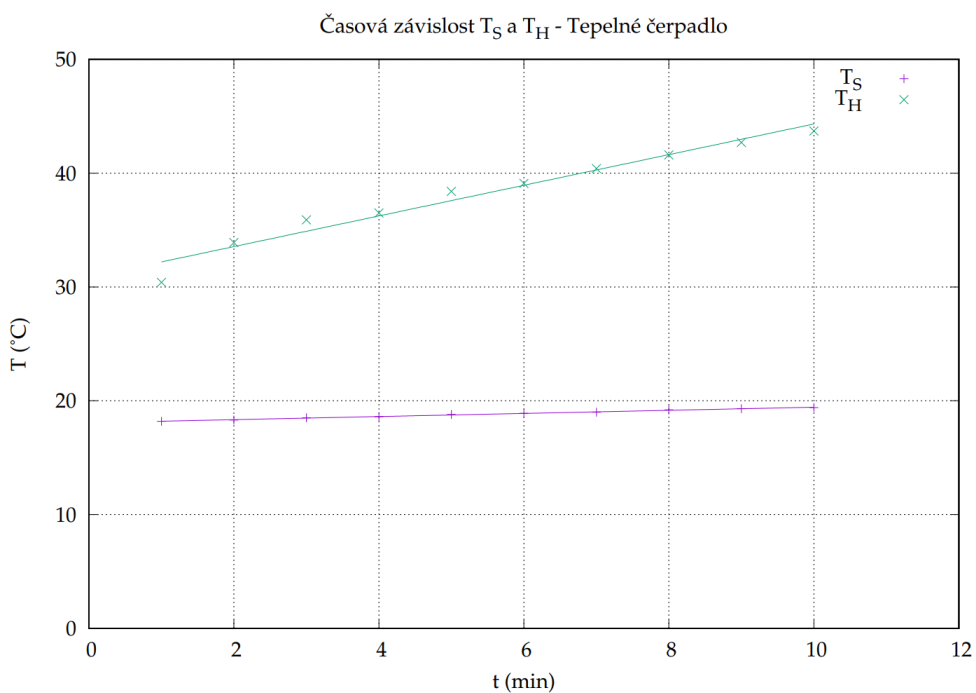
$$\sigma_{a1} = 0.000368 \text{ VK}^{-1}$$

Z té spočteme nejistotu hodnot:

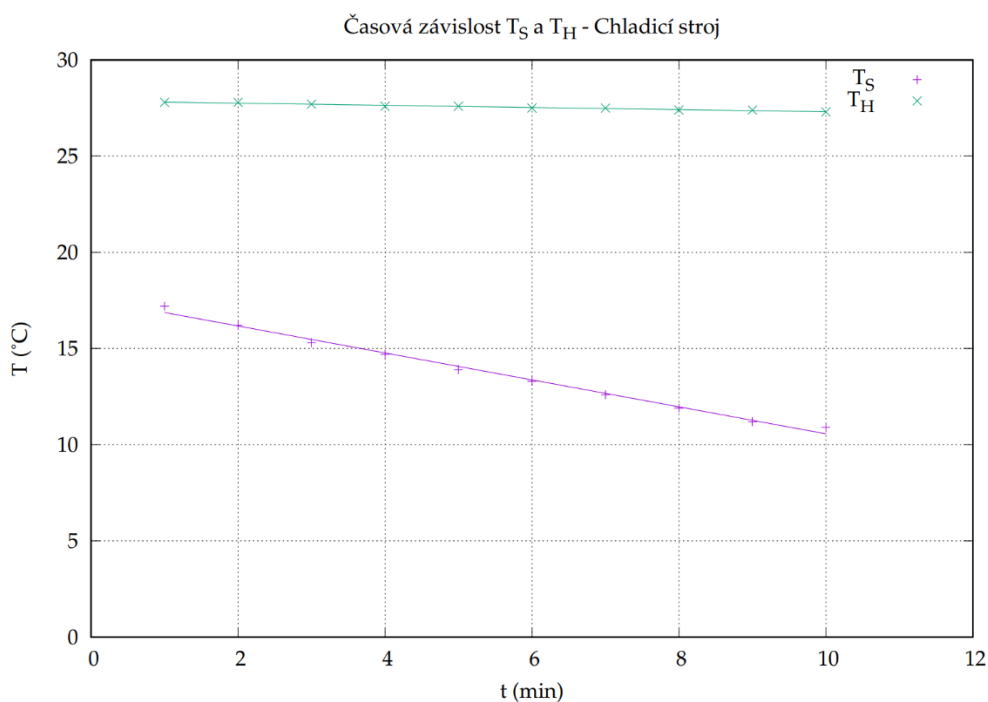
$$u = 3 \cdot \sigma_{a1} = 0.001104 \text{ VK}^{-1}$$

b) Peltierův článek jako tepelné čerpadlo (Chladí, nebo topí do malé nádoby)

Níže je uveden graf časové závislosti teploty studeného konce T_S a teploty teplého konce T_H . Totožná závislost je uvedena pro měření, kde byl peltierův článek zapojen jako tepelné čerpadlo (Vyhříval izolovanou nádržku)



Graf 2 - Časová závislost T_S a T_H



Graf 3 - Časová závislost T_S a T_H

6. Zhodnocení výsledku měření

a) Peltierův článek jako TEG

Seebeckův koeficient byl zjištěn:

$$\alpha = (47.503 \pm 1.104) \text{ mVK}^{-1}$$

Účinnost peltierova článku a účinnost vratného tepelného stroje:

$$\eta_{TEG} = \frac{P_E}{P_H} = \frac{0,145}{71} = 0,002 = 0,2 \%$$

$$\eta'_{TEG} = \frac{T_H - T_S}{T_H} = \frac{50,2 - 22,7}{273,15 + 50,2} = 0,096 = 9,6 \%$$

b) Peltierův článek jako tepelné čerpadlo

Nejmenší teplota byla naměřena 10,9 °C.

7. Seznam použité literatury

1. Zadání laboratorní úlohy Stanovení součinitele tepelné vodivosti kovů:
<https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/peltier.pdf>
2. Webový nástroj na kreslení grafů:
<https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/grafy/grafy.php>
3. Zpracování fyzikálních měření (26. prosince 2020, Milan Červenka) -
<https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/zpracdat.pdf>

8. Kopie záznamu s naměřenými hodnotami

Hodnoty byly zadávány přímo do tabulkového editoru MS Excel:

Peltier:
Votlmetr:
Ampérmetr
Peltier:

Peltier jako termoelektrický generátor

t (min)	U ₀ (V)	T _H (°C)	T _S (°C)	I _K (A)	dT (°C)	PE
0	-1.322	50.2	22.7	-0.440	27.5	0.145
1	-1.125	46.4	22.9	0.384	23.5	-0.108
2	1.057	44.4	22.7	0.360	21.7	0.095
3	0.981	42.7	22.6	0.332	20.1	0.081
4	0.916	41.3	22.6	0.312	18.7	0.071
5	0.854	39.9	22.4	0.292	17.5	0.062
6	0.802	38.8	22.4	0.281	16.4	0.056
7	0.749	37.7	22.3	0.258	15.4	0.048
8	0.705	36.4	22.4	0.250	14.0	0.044
9	0.659	35.7	22.2	0.231	13.5	0.038
10	0.620	34.8	22.2	0.214	12.6	0.033
11	0.588	34.1	22.1	0.205	12.0	0.030
12	0.546	33.2	22.1	0.195	11.1	0.027
13	0.520	32.6	22.1	0.181	10.5	0.024
14	0.490	31.9	21.9	0.175	10.0	0.021
15	0.465	31.4	21.9	0.162	9.5	0.019

U = 8.807 V
I = 2.969 A

Peltier jako chladicí stroj

t (min)	T _S (°C)	T _H (°C)	dT
0			0
1	17.2	27.8	10.6
2	16.2	27.8	11.6
3	15.3	27.7	12.4
4	14.7	27.6	12.9
5	13.9	27.6	13.7
6	13.3	27.5	14.2
7	12.6	27.5	14.9
8	11.9	27.4	15.5
9	11.2	27.4	16.2
10	10.9	27.3	16.4

Peltier jako topicí stroj

t (min)	T _S (°C)	T _H (°C)	dT
0	21.2	21.2	0
1	18.2	30.4	12.2
2	18.3	33.9	15.6
3	18.5	35.9	17.4
4	18.6	36.5	17.9
5	18.8	38.4	19.6
6	18.9	39.1	20.2
7	19.0	40.4	21.4
8	19.2	41.6	22.4
9	19.3	42.7	23.4
10	19.4	43.7	24.3