

Laboratorium Podstaw Fizyki

Nr ćwiczenia 29

Temat ćwiczenia: Wyznaczenie współczynnika rozszerzalności termicznej oraz badanie procesów przekazywania ciepła

Nazwisko i imię prowadzącego kurs: dr inż. Hajdusianek Anna

Wykonawca:	
Nazwisko i imię nr indeksu	Wołoszański Jakub Emilia Szymańska
Termin zajęć	Środa, 7:30-9:00
Kod grupy	E01-01v
Data wykonania ćwiczenia	20.11.2019
Ocena końcowa	

Zatwierdzam wyniki pomiarów

Data i podpis prowadzącego zajęcia.....

Adnotacje dotyczące wymaganych poprawek oraz daty otrzymania poprawionego sprawozdania

1. Wstęp

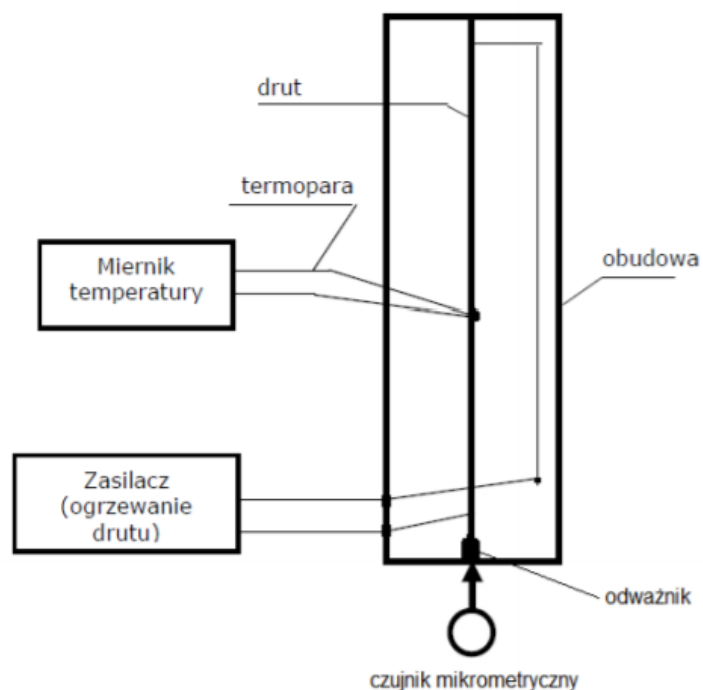
1.1. Cel ćwiczenia:

- pomiar wydłużenia drutu w funkcji temperatury oraz wyznaczenie liniowego współczynnika rozszerzalności cieplnej,
- zapoznanie się z procesami wymiany ciepła.

1.2. Wykaz przyrządów:

- czujnik mikrometryczny do pomiaru wydłużenia drutu,
- zasilacz DC Power Supply RXN-1505D,
- cyfrowy miernik temperatury K/J YC-61N.

1.3. Schemat układu pomiarowego



Rys. nr 1 - Schemat układu pomiarowego – stanowisko 4.

2. Wyniki i ich opracowanie.

Na początku ćwiczenia wykonujemy pomiary.

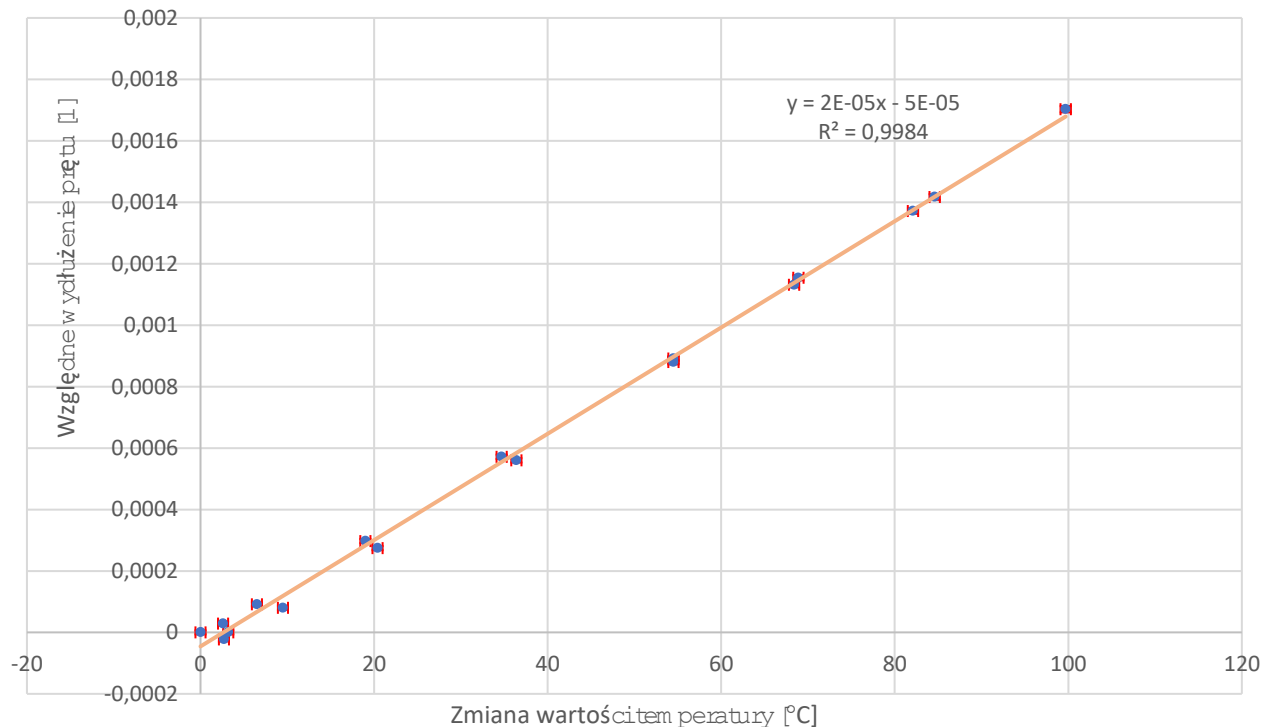
Początkowa długość drutu wynosiła $L_0 = (0,875 \pm 0,004) [\text{m}]$.

Początkowa temperatura drutu wynosiła $T_0 = (20,10 \pm 0,41) [^\circ\text{C}]$.

Lp.	T [°C]	$u(T)$ [°C]	ΔT [°C]	$u_c(\Delta T)$ [°C]	ΔL [mm]	$u(\Delta L)$ [mm]	$\frac{\Delta L}{L_0} \cdot 10^{-6}$ [1]	$u_c\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right) \cdot 10^{-6}$ [1]
1	20,10	0,41	0,00	0,58	0,0000	0,0058	0,0	6,6
2	22,70	0,42	2,60	0,59	0,0250		28,6	6,6
3	26,60	0,42	6,50	0,59	0,0800		91,5	6,7
4	39,10	0,42	19,00	0,59	0,2600		297,2	6,8
5	54,80	0,42	34,70	0,59	0,5000		571,5	7,1
6	74,60	0,43	54,50	0,60	0,7800		891,4	7,8
7	89,00	0,43	68,90	0,60	1,0100		1154,5	8,5
8	104,70	0,44	84,60	0,60	1,2400		1417,2	9,3
9	119,80	0,44	99,70	0,61	1,4900		1703	11
10	102,20	0,44	82,10	0,60	1,2000		1371,5	9,2
11	88,50	0,43	68,40	0,60	0,9900		1131,5	8,4
12	74,60	0,43	54,50	0,60	0,7700		880,0	7,8
13	56,50	0,43	36,40	0,59	0,4900		560,0	7,1
14	40,50	0,42	20,40	0,59	0,2400		274,3	6,8
15	29,60	0,42	9,50	0,59	0,0700		80,0	6,7
16	23,30	0,42	3,20	0,59	0,0000		0,0	6,6
17	22,80	0,42	2,70	0,59	-0,0200		-22,9	6,6

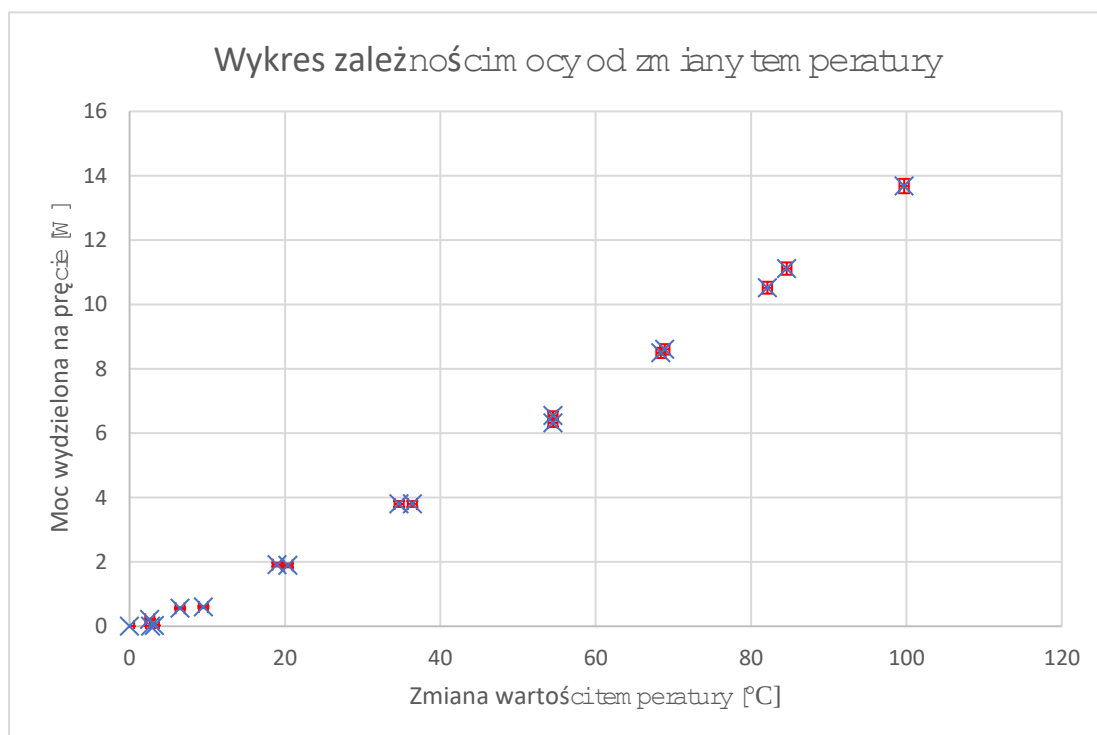
Tabela nr 1 – Tabela wyników i ich niepewności

Wykres zależności względnego wydłużenia pręta od zmiany temperatury



Lp.	U [V]	$u(U)$ [V]	I [A]	$u(I)$ [A]	P [W]	$u_c(P)$ [W]
1	0,000	0,058	0,0000	0,0058	0	0
2	0,900	0,063	0,2400	0,0072	0,216	0,017
3	1,400	0,066	0,4000	0,0081	0,560	0,029
4	2,700	0,074	0,7100	0,0099	1,917	0,059
5	3,800	0,080	1,000	0,012	3,800	0,091
6	5,000	0,087	1,310	0,014	6,55	0,14
7	5,700	0,091	1,510	0,015	8,61	0,16
8	6,500	0,096	1,710	0,016	11,12	0,20
9	7,200	0,100	1,900	0,017	13,68	0,23
10	6,300	0,095	1,670	0,016	10,52	0,19
11	5,700	0,091	1,490	0,015	8,49	0,16
12	4,900	0,087	1,290	0,014	6,32	0,13
13	3,800	0,080	1,000	0,012	3,800	0,091
14	2,700	0,074	0,7000	0,0099	1,890	0,058
15	1,500	0,067	0,4000	0,0081	0,600	0,030
16	0,300	0,060	0,0900	0,0063	0,0270	0,0057
17	0,000	0,058	0,0000	0,0058	0	0

Tabela nr 2 – Tabela pomiarów i ich niepewności



Wyznaczamy niepewność pomiaru temperatury; wzór ma postać $u(T) = \pm \frac{(0,05\%rdg + 0,7)}{\sqrt{3}} [^{\circ}C]$.

Przykładowo dla pomiaru nr 16 niepewność wynosi:

$$u(T) = \pm \frac{(0,05\% \cdot 23,3 + 0,7)}{\sqrt{3}} = 0,410872... \approx 0,42 [^{\circ}C].$$

Wyznaczamy zmianę temperatury; wzór ma postać $\Delta T = T - T_0$.

Przykładowo dla pomiaru nr 16 zmiana temperatury wynosi $\Delta T = 23,3 - 20,1 = 3,2 [^{\circ}C]$.

Wyznaczamy niepewność pomiaru zmiany temperatury; wzór ma postać:

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T_0}\right)^2 \cdot u^2(T_0)} = \sqrt{u^2(T) + u^2(T_0)}.$$

Przykładowo dla pomiaru nr 16 niepewność wynosi:

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{0,42^2 + 0,41^2} = 0,58041... \approx 0,59 [^{\circ}C].$$

Wyznaczamy niepewność zmiany długości; wzór ma postać $u_B(\Delta L) = \frac{\Delta p L}{\sqrt{3}}$.

Przykładowo dla pomiaru nr 11 niepewność wynosi:

$$u_B(\Delta L) = \frac{0,01}{\sqrt{3}} = 0,005773... \approx 0,0058 [mm]$$

Na podstawie regresji liniowej dla wykresu zależności względnego wydłużenia pręta od zmiany temperatury wyznaczamy współczynnik rozszerzalności liniowej badanego metalu.

$$u(\alpha) = 1,8121... \cdot 10^{-7} \approx 1,9 \cdot 10^{-7} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right] = 0,019 \cdot 10^{-5} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right]$$

$$\alpha = a = 1,7299... \cdot 10^{-5} \approx 1,730 \cdot 10^{-5} \left[\frac{1}{^{\circ}C} \right]$$

Wyznaczamy niepewność pomiaru napięcia; wzór ma postać $u(U_x) = \pm \frac{(1\%rdg + 1\ dgt)}{\sqrt{3}}$.

Przykładowo dla pomiaru nr 14 niepewność wynosi:

$$u(U_{14}) = \frac{(1\% \cdot 2,7 + 1 \cdot 0,1)}{\sqrt{3}} = 0,0733235... \approx 0,074 [V].$$

Wyznaczamy niepewność pomiaru prądu; wzór ma postać $u(I_x) = \pm \frac{(1\%rdg + 1\ dgt)}{\sqrt{3}}$.

Przykładowo dla pomiaru nr 12 niepewność wynosi:

$$u(I_{12}) = \frac{(1\% \cdot 1,29 + 1 \cdot 0,01)}{\sqrt{3}} = 0,0132214... \approx 0,014 [A].$$

Wyznaczamy moc; wzór ma postać $P = U \cdot I$.

Przykładowo dla pomiaru nr 10 moc wynosi:

$$P = 6,3 \cdot 1,67 = 10,52 \text{ [W]}.$$

Wyznaczamy niepewność pomiaru mocy; wzór ma postać $u_c(P) = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial I}\right)^2 \cdot u^2(I) + \left(\frac{\partial P}{\partial U}\right)^2 \cdot u^2(U)}$.

Obliczamy pochodne:

$$\frac{\partial P}{\partial I} = U,$$

$$\frac{\partial P}{\partial U} = I.$$

Podstawiamy do równania.

$$u_c(P) = \sqrt{U^2 \cdot u^2(I) + I^2 \cdot u^2(U)}$$

Przykładowo dla pomiaru nr 10 niepewność mocy wynosi:

$$u_c(P) = \sqrt{6,3^2 \cdot 0,016^2 + 1,67^2 \cdot 0,095^2} = 0,184746... \approx 0,19 \text{ [W]}.$$

3. Wnioski

Ostatecznie współczynnik rozszerzalności metalu wyszedł nam $\alpha = (1,730 \pm 0,019) \cdot 10^{-5} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}}\right]$. Ta wartość plasuje się pomiędzy wartościami odpowiadającymi współczynnikom manganinu i miedzi, gdzie manganin już jest stopem miedzi z manganem i niklem, więc można przyjąć manganin za najbardziej prawdopodobny metal użyty w doświadczeniu. Różnica w wartości otrzymanej od wzorcowej może wynikać z faktu oddawania ciepła przez drut i obudowę, niedokładność pomiarową przyrządów, niedokładność odczytu przyrostu długości z czujnika mikrometrycznego lub innych zjawisk zakłócających pomiary. Ilość ciepła oddawanego do otoczenia wzrasta wraz z temperaturą drutu, więc otrzymany wykres zależności mocy od zmiany temperatury jest nieliniowy.