

Badanie zjawiska Peltiera  
Informatyka – profil praktyczny, semestr II  
Wydział Matematyki Stosowanej  
Politechnika Śląska

Sekcja 5

Piotr Skowroński, Bartłomiej Pacia

Maj 2022

## 1 Wstęp teoretyczny

Zjawisko Peltiera jest zjawiskiem termoelektrycznym. Pod wpływem przepływu prądu elektrycznego przez łącza dwóch metali lub półprzewodników wydzielana, lub pochłaniana jest energia. Skutkuje to nagrzaniem złącza, na którym pochłaniana jest energia oraz ochłodzeniem złącza, na którym energia jest wydzielana. W efekcie pomiędzy złączami powstaje różnica temperatur.

Poziom Fermiego jest to maksymalna energia, jaką mogą przyjąć elektrony swobodne w ciele stałym w temperaturze zera bezwzględnego.

Element Peltiera składa się z dwóch półprzewodników (typu n i p) połączonych szeregowo miedzianymi złączami i przykrytych z obu stron płytkami ceramicznymi, w taki sposób, że po jednej stronie prąd płynie w kierunku  $n \rightarrow p$ , a po drugiej  $p \rightarrow n$ .

Elektrony przechodzą z półprzewodnika o niższym poziomie Fermiego do półprzewodnika o wyższym, w efekcie czego złącze się ochładza. Gdy elektrony przechodzą z półprzewodnika o wyższym poziomie Fermiego do półprze-

wodnika o niższym — łączy się nagrzewa. Przy zmianie kierunku przepływu prądu następuje zamiana płytki nagrzewającej się z płytką ochładzającą.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika czułości elementu Peltiera, czyli wielkości, która charakteryzuje osiąganą przez element różnicę temperatur, przypadającą na 1 A przepływającego prądu.

## 2 Pomiary

Podczas wykonywania doświadczenia w pracowni pomiary zapisywaliśmy ręcznie na kartce. Następnie przepisaliliśmy wyniki naszych pomiarów do pliku CSV, by umożliwić ich wykorzystanie w programie.

Użyliśmy języka Python w środowisku Jupyter Notebook. Wykorzystaliśmy biblioteki *numpy*, *pandas* i *matplotlib*.

## 3 Obliczenia

**Obliczenie różnicy temperatur  $\Delta T$  w kelwinach dla każdego natężenia prądu  $I$ .**

Do obliczenia różnicy temperatur  $\Delta T$  skorzystamy ze wzoru  $T_g - T_d$ . Różnica temperatur  $\Delta T$  jest taka sama dla stopni Celsjusza jak dla Kelwinów.

**Obliczenie niepewności  $u(\Delta T)$ .**

Aby obliczyć niepewności  $u(\Delta T)$  skorzystamy z prawa przenoszenia niepewności.

Wzór na prawo przenoszenia niepewności:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left[ \frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i) \right]^2}.$$

Prawo przenoszenia niepewności dla  $\Delta T$ :

$$u(\Delta T) = \sqrt{u(T_g)^2 + u(T_d)^2}.$$

Niepewności temperatur  $u(T)$  dla użytego przez nas urządzenia mają postać:

$$u(T) = \frac{0.5\%T+0.1}{\sqrt{3}}.$$

### Wyznaczenie niepewności wszystkich natężeń prądu $I$ .

Niepewności natężeń prądu  $u(I)$  dla użytego przez nas urządzenia mają postać:

$$u(I) = \frac{2\%I+0.05}{\sqrt{3}}.$$

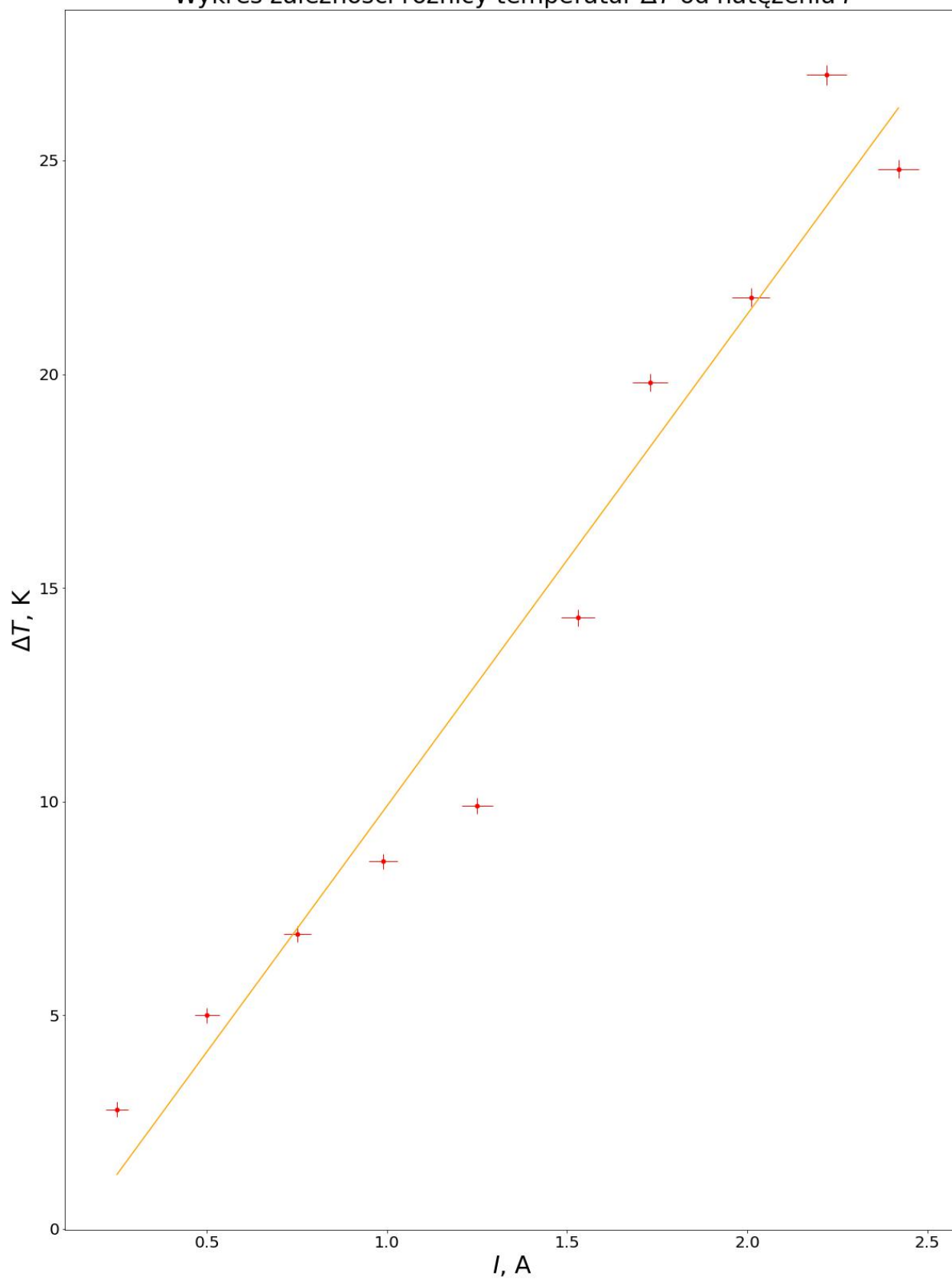
Tabela z wszystkimi danymi:

Lp.	$I$ , A	$u(I)$ , A	$T_d$ , °C	$T_g$ , °C	$\Delta T$ , K	$u(\Delta T)$ , K
1.	0.250	0.032	22.7	25.5	2.80	0.18
2.	0.500	0.035	21.9	26.9	5.00	0.18
3.	0.750	0.038	21.3	28.2	6.90	0.18
4.	0.990	0.040	20.9	29.5	8.60	0.18
5.	1.250	0.043	20.6	30.5	9.90	0.19
6.	1.530	0.047	19.8	34.1	14.3	0.19
7.	1.730	0.049	19.9	39.7	19.8	0.21
8.	2.010	0.052	20.1	41.9	21.8	0.22
9.	2.220	0.055	21.5	48.9	27.0	0.23
10.	2.420	0.057	22.5	47.3	24.8	0.22

### Wykres $f(I) = \Delta T$ .

Wykres na następnej stronie.

Wykres zależności różnicy temperatur  $\Delta T$  od natężenia  $I$



## Obliczenie regresji liniowej funkcji $f(I) = \Delta T$ wraz z niepewnościami.

Aby policzyć współczynniki kierunkowe prostych i wyrazy wolne skorzystamy ze wzorów:

$$a = \frac{nS_{xy} - S_x S_y}{nS_{xx} - S_x^2}, \quad b = \frac{S_{xx} S_y - S_x S_{xy}}{nS_{xx} - S_x^2}$$

Gdzie:

$$S_x = \sum_{i=1}^n x_i, \quad S_y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i$$

Do obliczenia niepewności skorzystamy ze wzorów:

$$u(a) = \sqrt{\frac{n}{n-2} \cdot \frac{S_{\epsilon\epsilon}}{nS_{xx} - S_x^2}}, \quad u(b) = \sqrt{\frac{1}{n-2} \cdot \frac{S_{xx} S_{\epsilon\epsilon}}{nS_{xx} - S_x^2}}$$

Gdzie:

$$S_{\epsilon\epsilon} = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2, \quad \text{dla } \epsilon_i = y_i - ax_i - b$$

Po obliczeniach wartości współczynników są równe:

$$a = 11.5 \frac{\text{K}}{\text{A}}, \\ b = -1.60 \text{ K}.$$

Wartości niepewności współczynników prostej:

$$u(a) = 0.86 \frac{\text{K}}{\text{A}}, \\ u(b) = 1.3 \text{ K}.$$

Postać końcowa:

$$a = 11.50(86) \frac{\text{K}}{\text{A}}, \quad b = -1.60(130) \text{ K}.$$

**Obliczenie różnicy temperatur  $\Delta T$  na module Peltiera dla natężenia prądu  $I = 1$  A.**

Wzór na różnice temperatur  $\Delta T$  ma postać:

$$\Delta T(I) = 11.5 \cdot I - 1.6.$$

dla  $I = 1$  A:

$$\Delta T(1) = 9.9 \text{ K}.$$

## 4 Wnioski

Przy pomocy tego doświadczenia udało się wyznaczyć współczynnik czułości elementu Peltiera, czyli różnice temperatur, przypadającą na 1 A przepływającego prądu. Wynosi on 9.9 Kelwinów. Dodatkowo zaobserwowaliśmy, że różnica temperatur rośnie liniowo wraz ze wzrostem natężenia prądu.