

Wstęp teoretyczny:

1. **Poziom Fermiego** - jest to termin opisujący górny limit zbierania się energii elektronów w temperaturze zero stopni Kelvina (zera absolutnego). Z racji tego, że elektrony są fermionami w temperaturze zera absolutnego zbierają się na najmniejszym możliwym stanie energetycznym, tworząc tzw. "morze fermiego". Poziom Fermiego, więc jest powierzchnią tego morza w okolicach zera absolutnego, gdzie to elektrony nie mają wystarczającej energii, by wzbić się ponad ten poziom.
2. **Napięcie Galvaniego** - to różnica potencjału elektrycznego między dwoma punktami w układzie faz. Pomiedzy dwoma różnymi metalami, przy kontakcie zachodzi zjawisko przechodzenia elektronów z metalu z niższym potencjałem do metalu z potencjałem wyższym, dopóki nie wyrówna się poziom Fermiego w tych metalach.
3. **Zjawisko Seebecka** - zachodzi, kiedy przez różnicę temperatur dwóch, złączonych, różnych przewodników(lub półprzewodników), zachodzi wymiana elektronów między tymi ciałami. Kiedy jeden z przewodników jest ocieplany elektrony z cieplejszego przewodnika przechodzą na przewodnik chłodniejszy. Jest to zjawisko odwrotne do zjawiska Peltiera.
4. **Zjawisko Peltiera** - zachodzi, kiedy przez przepływ prądu elektrycznego przez złączenia dwóch, różnych przewodników(lub półprzewodników), zachodzi na złączach emisja ciepła lub pobieranie ciepła z sieci krystalicznej. Jest to zjawisko odwrotne do zjawiska Seebecka.
5. **Ogniwo Peltiera** - jest zbudowane z półprzewodników i wykorzystuje zjawisko Peltiera do przekazywania ciepła. Półprzewodniki dzielą się na dwa typy "n" i "p" o różnych pracach wyjścia. Półprzewodniki owe połączone są szeregowo, tak, że połączenie z półprzewodnika "n" do półprzewodnika "p" jest położone z jednej strony, a połączenie z półprzewodnika "p" do półprzewodnika "n" z drugiej strony. Powoduje to, że przy podłączeniu układu do prądu, w wyniku zjawiska Peltiera, jedna strona ogniwa ogrzewa się, a druga ochładza.

Celem naszego doświadczenia jest ukazanie działania zjawiska peltiera przy użyciu ogniwa peltiera i pokazania jego zależności od natężenia prądu elektrycznego.

Pomiary temperatur w płytce aluminiowej

Po unormalizowaniu temperatur w płytce aluminiowej ustawiliśmy początkowo prąd z natężeniem 0.5 Ampera. Następnie co 10 minut zwiększaliśmy natężenie prądu o kolejne 0.5 Ampera. Dla każdego natężenia mierziliśmy temperaturę na obu stronach płytki.

Pomiary:

I [A]	T ₁ [°C]	T ₂ [°C]	ΔT [°K]
0.0	29.2	29.6	0.4
0.5	26.2	31.6	5.4
1.0	25.0	35.9	10.9
1.5	27.1	44.5	17.4
2.0	31.3	56.0	24.7
2.5	37,3	69.0	32.2
3.0	47.9	90.5	42.6

Gdzie ΔT jest współczynnikiem czułości elementu Peltiera która jest także współczynnikiem proporcjonalności między różnicą temperatur powierzchni elementu a prądem przez niego przepływającym opisaną wzorem:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Następnie wyznaczyliśmy niepewności wszystkich pomiarów natężenia prądu I proporcjonalnych do ich temperatur:

- Do wyznaczenia niepewności natężenia prądu (u(I)) i temperatur (u(T₁) i u(T₂)), użyliśmy wzoru na niepewność standardową typu B:

$$u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$$

oczywiście trzeba było jeszcze obliczyć niepewność graniczną (maksymalną) ze wzoru:

$$\Delta x = a\% \cdot \text{wynik} + b \cdot \text{rozdzielczość}$$

- o Dla temperatury (T₁ i T₂): a= 0.5 oraz b*rozdzielczość= 0.01
- o Dla natężenia (I): a= 2.0 oraz b*rozdzielczość= 0.00005
- Do wyznaczenia niepewności różnicy temperatur (u(ΔT)) użyliśmy prawa propagacji niepewności:

$$u(\Delta T) = \sqrt{\sum_{i=1}^2 \left[\frac{\partial \Delta T}{\partial T_i} u(T_i) \right]^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T_1} \cdot u(T_1) \right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T_2} \cdot u(T_2) \right)^2}$$

Po podstawieniu danych do wzorów na niepewności wyszła nam tabelka:

I [A]	u(I) [A]	T ₁ [°C]	u(T ₁) [°C]	T ₂ [°C]	u(T ₂) [°C]	ΔT [°K]	u(ΔT) [°K]
0.000	0.028	29.21	0.39	29.64	0.39	0.40	0.55
0.500	0.034	26.23	0.59	31.63	0.65	5.40	0.87
1.000	0.040	25.01	0.57	35.95	0.70	10.90	0.90
1.500	0.046	27.11	0.60	44.51	0.80	17	1
2.000	0.052	31.36	0.65	56.01	0.93	24.70	1.13
2.500	0.058	37.37	0.71	69.03	1.08	32.20	1.33
3.000	0.063	47.93	0.84	90.58	1.33	42.60	1.57

Metodą regresji liniowej obliczyliśmy współczynnik nachylenia:

$$a \approx 13.92 \frac{K}{A}$$

I przecięcie prostej:

$$b \approx -1.7 K$$

Ze wzoru na niepewność nachylenia prostej:

$$u(a) = \sqrt{\frac{n}{n-2} \cdot \frac{S_{\varepsilon\varepsilon}}{nS_{xx} - S_x^2}}$$

Gdzie :

$$S_{\varepsilon\varepsilon} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$$

$$\varepsilon_i = y_i - ax_i - b.$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

$$S_x = \sum_{i=1}^n x_i$$

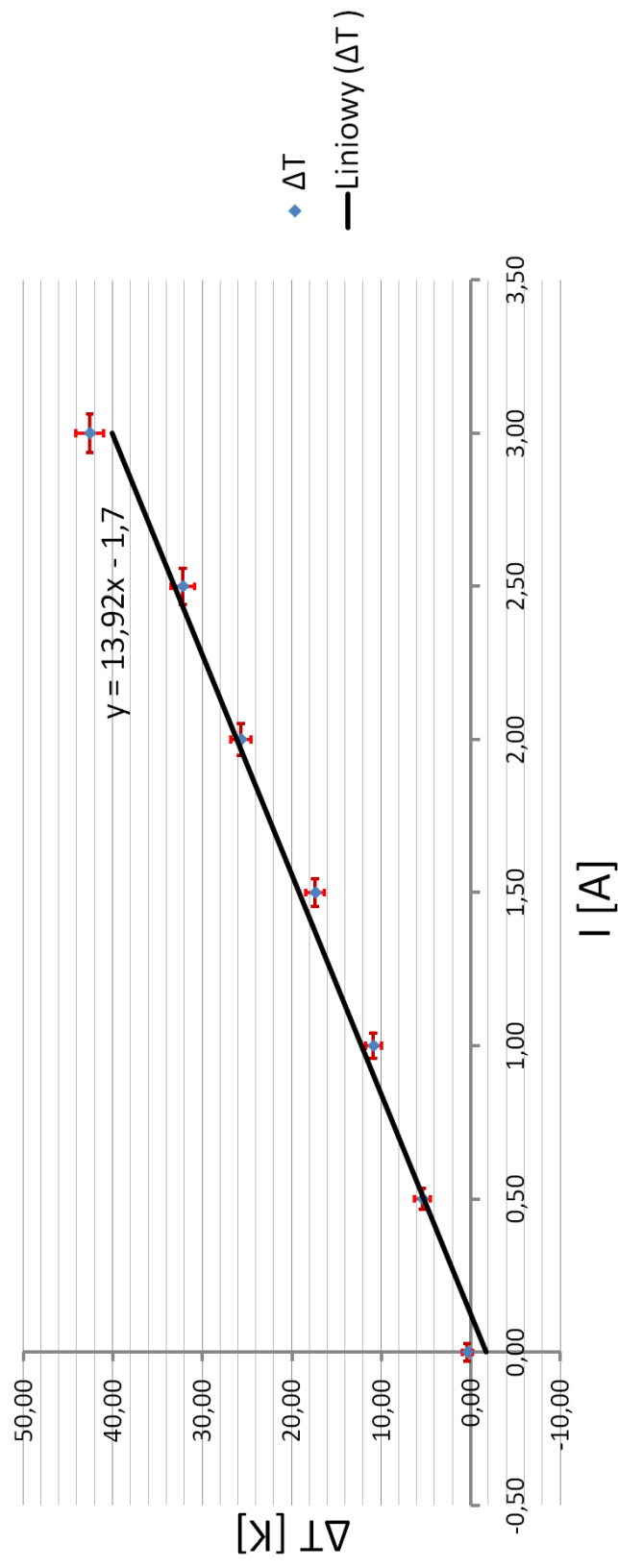
Wyznaczyliśmy niepewność nachylenia prostej: $u(a) \approx 0.73$

Oraz ze wzoru:

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

Wyliczyliśmy niepewność przecięcia prostej: $u(b) \approx 1.3$

$$\Delta T = f(I)$$



Czułość modelu Peltiera wynosi ok: 13.92 [K/A]. Różnica temperatur dla 1A to 12.26K

Wnioski

Wykres zależności różnicy temperatur od natężenia jest w postaci liniowej. Różnica temperatur wzrasta szybko na przypadającą jednostkę natężenia. W funkcji regresji liniowej w niektórych miejscach wychodzą inne wartości, niż bezpośrednich pomiarów.

Podsumowanie

Zjawisko Peltiera polega na zmianie temperatur płytki po podpięciu jej do prądu (z jednej strony temperatura się zwiększa, a po drugiej obniża). Różnica temperatur płytki jest proporcjonalna do natężenia prądu które przechodzi przez płytkę, co wskazuje funkcja liniowa na naszym wykresie która została wyznaczona metodą regresji liniowej odzwierciedlająca przebieg tego zjawiska.

Błędy pomiarów są stosunkowo niewielkie, a otrzymane wyniki znajdują się w przedziale wyznaczonym przez opracowanie wyników.

Zjawisko Peltiera, może więc służyć do kontroli temperatury urządzeń jak ma to miejsce np. W fotelach podgrzewanych, samochodach, zamrażarkach.

Bibliografia

- https://platforma.polsl.pl/rif/pluginfile.php/599/mod_resource/content/23/P1-F5-InstrukcjaStrona.pdf
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/Fermi.html>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Galvani_potential
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/seebeck-effect>
- https://ddu.colleged.edu.in/Datafiles/cms/ecourse%20content/Applied%20Physics_Thermoelectric%20effect.pdf
- <https://www.peltier.pl/budowa.html>