

**Kacper Kulczycki**

Zadanie C

**Ciepło**

Warszawa 2001

## Wstęp

Celem doświadczenia było:

- wyznaczenie ciepła topnienia lodu metodą kalorymetryczną,
- wycechowanie termopary ( przetestowanie zależności liniowej i drugiego stopnia napięcia na jej końcach, od temperatury).

## Teoria

ad. a.

$$C_t = \frac{C_k m_k + m_w C_w}{m_l} (T_p - T_k) - C_w T_k \quad \text{wz.1.}$$

ad. b.

$$\Delta T = \alpha U \quad \text{wz.2.}$$

$$\Delta T = \alpha U + \beta U^2 \quad \text{wz.3.}$$

gdzie:

$C_t$  – ciepło topnienia lodu,

$C_k$  – ciepło właściwe kalorymetru ( aluminium ),

$C_w$  – ciepło właściwe wody,

$m_w$  – masa wody,

$m_k$  – masa kalorymetru,

$m_l$  – masa lodu,

$T_p$  – temperatura początkowa wody w kalorymetrze,

$T_k$  – temperatura końcowa wody w kalorymetrze,

$\Delta T$  – różnica temperatur między dwoma końcami termopary,

$U$  – napięcie na końcach termopary,

$\alpha$  - współczynnik liniowego członu zależności  $\Delta T( U )$ ,

$\beta$  - współczynnik kwadratowego członu  $\Delta T( U )$ ,

## Przebieg doświadczenia

W pierwszej części zostały wykonane następujące pomiary: pomiar masy pustego kalorymetru, kalorymetru wypełnionego do połowy wodą, kalorymetru z wodą i lodem. Aby lód miał temperaturę 0 °C został, zmieszany wstępnie z wodą, która go podgrzała, a następnie po osuszeniu, umieszczony w kalorymetrze z wodą. Początkowa temperatura wody została zmierzona po pewnym czasie od nalania do kalorymetru, a za temperaturę końcową przyjęta została najniższa temperatura jaka osiągnęła woda wewnątrz kalorymetru ( po wrzuceniu lodu ).

Druga część polegała na podłączeniu termopary do woltomierza, jednego jej końca w wodzie z lodem ( 0 °C ), a drugiego w:

mieszaniu wody z lodem,

wodzie podgrzewanej i ochładzanej,

oraz w ciekłym azocie.

## Wyniki i wnioski

W pierwszej części doświadczenia uzyskałem:

$$\underline{m_k = 0,0086 \pm 0,0005 \text{ kg}}$$

$$\underline{m_w = 0,017920 \pm 0,000071 \text{ kg}}$$

$$\underline{m_l = 0,002850 \pm 0,000071 \text{ kg}}$$

Ciepła odczytane z tablic ( błąd przyjęty jako 1 % wartości ):

$$C_w = 4190 \pm 42 \text{ J/(kg}\times\text{K)}$$

$$C_k = 896,0 \pm 9,0 \text{ J/(kg}\times\text{K)}$$

$$\underline{T_p = 19,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\underline{T_k = 7,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Ostatecznie, więc:

$$\underline{C_t = 319000 \pm 22000 \text{ J/(kg}\times\text{K)}}$$

Przy wartości tablicowej:

$$C_t = 332000 \pm 3300 \text{ J/(kg}\times\text{K)} \text{ ( błąd oszacowany na 1 \% wartości )}$$

Czyli zgodne na poziomie  $3\sigma$ .

Dla termopary:

Dopasowanie zależności liniowej:

$$\alpha = 0,0000317 \pm 0,0000012 \text{ V/K}$$

$$\chi^2 = 0,000000070$$

Oraz drugiego stopnia:

$$\underline{\alpha = 0,00003691 \pm 0,00000014 \text{ V/K}}$$

$$\underline{\beta = 0,00000004097 \pm 0,00000000090 \text{ V/K}^2}$$

$$\chi^2 = 0,00000000037$$

Wartość  $\chi^2$  jest w przypadku dopasowania wzoru 3. o dwa rzędy wielkości lepsza ( mniejsza ) od wartości dla dopasowania wzoru 2.

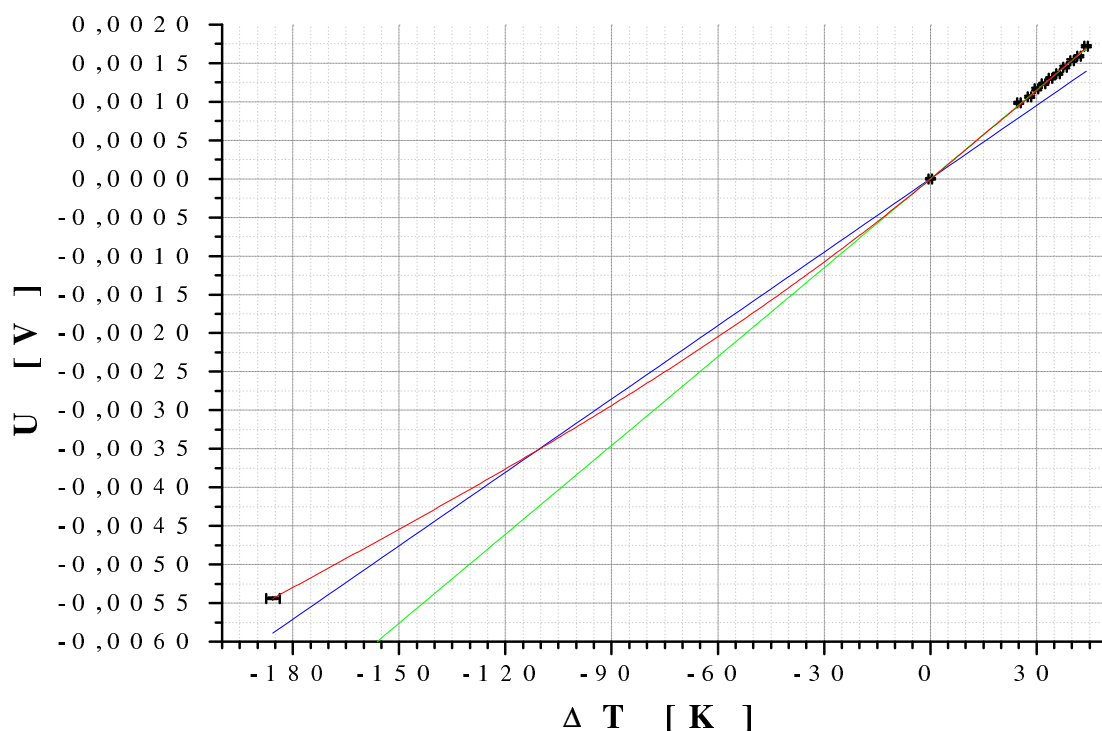
Lecz jeśli zależność liniową dopasujemy do punktów pomiarowych dla  $\Delta T$  od 0 wzwyż dostaniemy następujące dopasowanie:

$$\underline{\alpha = 0,00003842 \pm 0,0000015 \text{ V/K}}$$

$$\chi^2 = 0,00000000028$$

Czyli nawet nieco lepsze od dopasowania paraboli do wszystkich punktów ( a pominęliśmy tylko punkt zmierzony dla temperatury ciekłego azotu ).

Zależności te prezentuje wykres:



Czerwona linia prezentuje dopasowanie wz.3. do wszystkich punktów.

Niebieska to dopasowanie wz.2. do wszystkich punktów.

Zielona to dopasowanie wz.2. do punktów dla  $\Delta T$  większego od zera ( wszystkie punkty oprócz „ciekłego azotu ”).

Ostatecznie można więc powiedzieć że dopasowanie liniowe jest dobre dla  $\Delta T$  większych od zera, a dopasowanie paraboli jest lepsze dla  $\Delta T$  mniejszych od zera.

Globalnie, więc lepsze jest dopasowanie wzoru 3..