

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej	Autor/Autorzy: Maciej Szeptuch	Rok: 2026	Grupa: 2	Zespół: N/A	
PODSTAWY FIZYKI CIAŁA STAŁEGO		Ciepło Właściwe	Ćwiczenie nr: 2		
Data wykonania: 2026-01-21	Data oddania: 2026-01-21	Zwrot do popr.:	Data oddania:	Data zaliczenia:	Ocena:

1 Cel ćwiczenia

Celem przeprowadzonego projektu było wyznaczenie temperatury Debye'a oraz współczynnika Sommerfelda dla złota *Au*.

2 Wstęp teoretyczny

2.1 Temperatura Debye'a

W modelu Debye'a temperaturą Debye'a (T_D) nazywamy temperaturę odpowiadającą maksymalnej częstości drgań sieci krystalicznej ω_D . Definiuje się ją następująco:

$$k_B * T_D = \hbar \omega_D \quad (2.1)$$

2.2 Poprawka Sommerfelda

W strukturach krystalicznych mierzona wartość ciepła właściwego obarczona jest błędem wynikającym z faktu, iż elektrony swobodne również przyczyniają się do wartości ciepła właściwego. Poprawka Sommerfelda (tzw c_{el}) jest to funkcja liniowa temperatury postaci:

$$c_{el} = \gamma T \quad (2.2)$$

gdzie γ to współczynnik Sommerfelda.

2.3 Zależność ciepła właściwego od temperatury w modelu Debye'a dla niskich temperatur

W modelu Debye'a, dla niskich temperatur ciepło właściwe ciał stałych opisane jest wzorem:

$$C_{fonon} = 3N_a k_b \frac{4\pi^4}{5} \left(\frac{T}{T_D} \right)^3 \quad (2.3)$$

Po uwzględnieniu poprawki Sommerfelda (2.2) równanie to przyjmuje postać:

$$C_{fonon+elektron} = \gamma T + 3N_a k_b \frac{4\pi^4}{5} \left(\frac{T}{T_D} \right)^3 \quad (2.4)$$

- $N_a = 6.02214076e23 mol^{-1}$ to liczba Avogadro
- $k_b = 1.380649e - 23 \frac{J}{K}$ - stała Boltzmanna

Ważne

Postać równania (2.4) jest prawdziwa dla temperatur $T \ll T_D$.

2.4 Ciepło molowe i masowe

Ciepło molowe to ilość ciepła potrzebna do podniesienia temperatury jednego mola substancji o jeden stopień Kelvina (lub Celsjusza). Jednostką ciepła molowego jest $\frac{J}{mol \cdot K}$. Ciepło masowe z kolei to ilość ciepła potrzebna do podniesienia temperatury jednego grama substancji o jeden stopień Kelvina (lub Celsjusza). Jednostką ciepła masowego jest $\frac{J}{g \cdot K}$.

Informacja

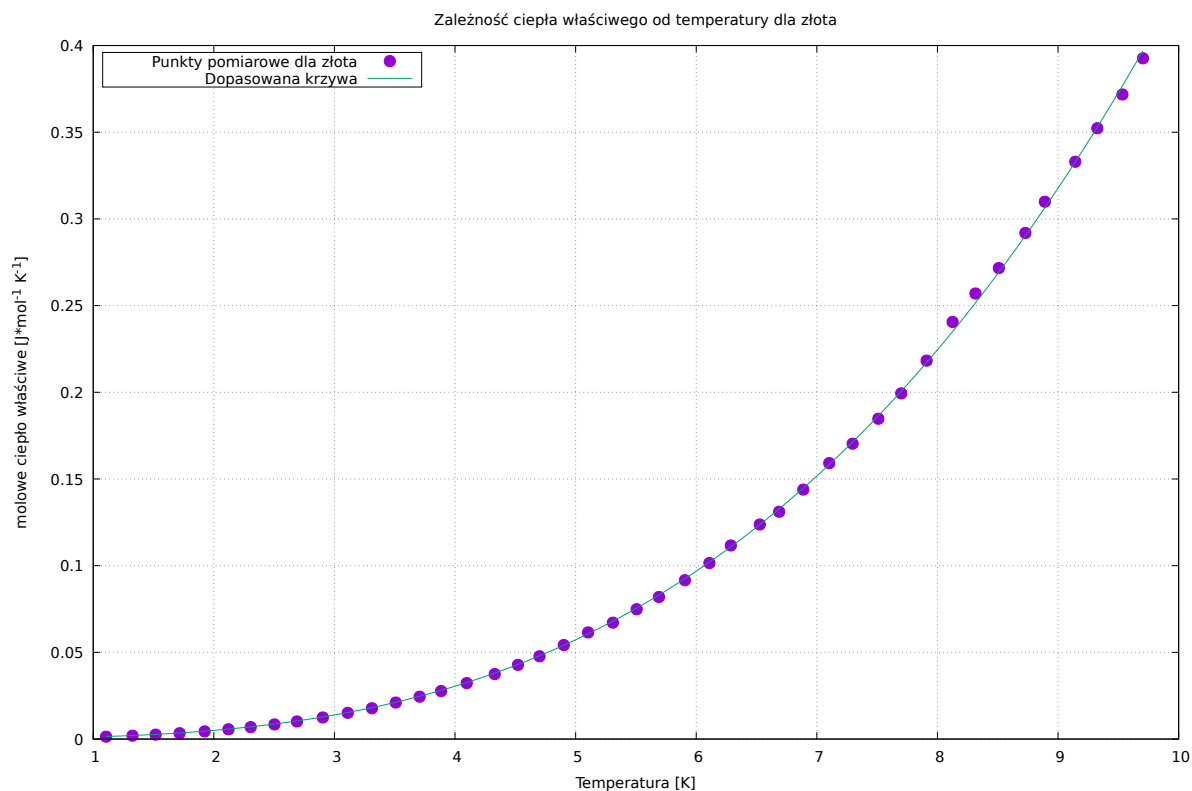
Aby przeliczyć ciepło masowe na molowe, należy przemnożyć ciepło masowe przez masę atomową danej substancji $c_{mol} = c_{mas} * \mu$, gdzie μ to masa atomowa substancji wyrażona w $\frac{g}{mol}$.

3 Aparatura i metodyka wykonania

Do wyznaczenia konicznych wielkości wykorzystano zestawy danych udostępnione w załączniku do ćwiczenia (*literature 1.*). Do sporządzenia wykresu oraz dopasowania krzywych użyto programu [gnuplot](#).

4 Opracowanie wyników

Przyjęto masę atomową złota równą $\mu = 196.97 \frac{g}{mol}$.



Rys. 4.1: Zależność ciepła właściwego od temperatury dla złota wraz z dopasowaną krzywą.

Po dopasowaniu krzywej (2.4) do danych eksperymentalnych otrzymano następujące wartości współczynników:

- $T_D = 165.868K \pm 0.239$
- $\gamma = 8.02359 * 10^4 \frac{J}{g \cdot K^2} \pm 1.16 * 10^4$

5 Podsumowanie

5.1 Temperatura Debye'a

Według [literatury 3.](#), wartość temperatury Debye'a dla złota w temperaturze $0K$ wynosi $T_{D_{lit}} = 162.3K$, co **nie zgadza się** z wartością otrzymaną w ćwiczeniu $T_D = 165.868K \pm 0.239$ w otrzymanym przedziale niepewności.

Informacja

Rozbierność otrzymanego wyniku z wartościami tablicowymi może wynikać z przyjętego zakresu temperatury.

[...] Ze względu na przybliżony charakter modelu Debye'a wartości podawane w literaturze znacząco się różnią i zależą od zakresu temperatur, w którym zostały wyznaczone.

(literatura 2.)

W prawdzie powyższe stwierdzenie odnosi się do eksperymentu w którym operowano na temperaturach rzędu $77K$ (wrzenie azotu), jednak podobny efekt mógłby być zaobserwowany również w warunkach niniejszego eksperymentu pomimo znacznie niższych temperatur.

5.2 Współczynnik Sommerfelda

Literatura podaje wartość współczynnika Sommerfelda dla złota jako $\gamma_{lit} = 7.29 * 10^{-3} \frac{J}{g * K^2}$, co **zgadza się** z wynikiem otrzymanym w ćwiczeniu ($\gamma = 8.02359 * 10^{-4} \frac{J}{g * K^2} \pm 1.16 * 10^{-4}$) w zakresie niepewności.

Wskazówka

Wartość literaturowa określona jako *Experimental value for γ* . Por. literatura 4.

6 Literatura

1. dr Joanna Czub - “Ciepło Właściwe - instrukcja wykonania projektu” - dostęp: 19.01.2026
2. dr hab. inż. Damian Rybicki - “Pomiar średniego ciepła właściwego i wyznaczanie temperatury Debye'a” (Instrukcja do laboratorium nr 1) - dostęp: 17.01.2026
3. http://www.knowledgedoor.com/2/elements_handbook/debye_temperature.html dostęp: 19.01.2026
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_specific_heat - dostęp: 20.01.2026
5. Maciej Szeptuch - Kod źródłowy niniejszego dokumentu wraz z pełnym skryptem programu gnuplot <https://github.com/gucio321-studies/ciastkaProjekt2>