

Laboratorium Fizyki Ciała Stałego	2	Wyznaczanie ciepła właściwego	Zespół w składzie:
Wydział:	Kierunek:	Rok:	
Data wykonania:	Data oddania:	Ocena:	

Cel ćwiczenia

Utrwalenie wiadomości na temat ciepła właściwego. Zapoznanie się z zależnością temperaturową ciepła właściwego w ciałach stałych i opisującymi ją modelami teoretycznymi oraz techniką kalorymetryczną pomiaru ciepła właściwego.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Ciepło właściwe (jego definicja i rodzaje) ze szczególnym uwzględnieniem C_p i C_v . Równanie Nersta-Lidemanna. Temperaturowa zależność C_v w ciałach stałych – prawo Dulonga-Petita, teoria Einsteina i Debay'a. Temperatura Debay'a i jej typowe wartości. Metody pomiaru ciepła właściwego.

Literatura

- Karol Krop (red.), *Fizyka Ciała Stałego . Laboratorium*, Skrypt Uczelniany AGH nr 900
- C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN (wydanie dowolne)

Instrukcja wykonania ćwiczenia

1. Włączyć komputer.
2. Uruchomić pompę próżniową odpompowującą (szklany) kriostat. Pompa powinna być włączona przez cały czas wykonywania ćwiczenia.
3. Wlać ciekły azot do naczynia Dewara (termosu) i ustawić go pod kriostatem.
4. Uruchomić program „Ciepło właściwe”. Nacisnąć klawisz „Start” i wpisać nazwę pliku, do którego będą zapisywane dane pomiarowe – zależność temperatury próbki od czasu podczas chłodzenia.
5. Włączyć układ grzania kriostatu („Zas. Reg. 7V 0.5A”) przełącznikiem na tylnej ścianie obudowy. Nastawić wartość prądu grzania na ok. 100mA i poczekać, aż układ osiągnie temperaturę ok. 300K.
6. Zmniejszyć prąd grzania do zera, wyłączyć zasilacz grzałki, odczekać ok. 60 sekund i ostrożnie zanurzyć kriostat w ciekłym azocie. Od tej chwili rozpoczyna się pomiar krzywej chłodzenia $T(t)$ aż do osiągnięcia przez próbkę temperatury ok. 100K.
7. Podczas pomiaru krzywej chłodzenia wykonać punkty A i B opracowania wyników.
8. Po osiągnięciu temperatury 100K wcisnąć przycisk „koniec rejestracji” a następnie „Exit”.
9. Ponownie uruchomić program i rozpocząć pomiar wybierając inną nazwę pliku.
10. Wykonać pomiar ciepła grzania niezbędnego do uzyskania równowagi termicznej w temperaturze ok. 105K. W tym celu należy zwiększyć prąd grzania i obserwować wzrost temperatury próbki. Gdy temperatura zbliży się do oczekiwanej należy zmniejszyć wartość prądu i korygując go stopniowo (zmniejszając lub zwiększając co ok. 30s) uzyskać stan ustalony, czyli zakres zmian temperatury mniejszy niż 0.5 K w ciągu 5 minut. Odczytać wartość prądu grzania i spadek napięcia w obwodzie grzałki (naciskając przycisk „I/V”) i zapisać wyznaczoną moc grzania, zakładając że grzałka ma skuteczność (efektywność przetwarzania energii elektrycznej na ciepło) równą $\eta = 60\%$.
11. Powtórzyć powyższy pomiar dla temperatur bliskich 130K, 160K, 200K i 250K. Uzyskane dane wprowadzać na bieżąco do punktów C i D opracowania wyników. Każdorazowo uruchomić program rejestrujący (patrz punkt 8 i 9).
12. Po zakończeniu pomiarów zmniejszyć do minimum prąd grzania i wyłączyć grzałkę a następnie wysunąć kriostat z ciekłego azotu.
13. Zakończyć opracowanie wyników i podsumować ćwiczenie.
14. Wyłączyć komputer i pompę kriostatu.

Wstęp teoretyczny

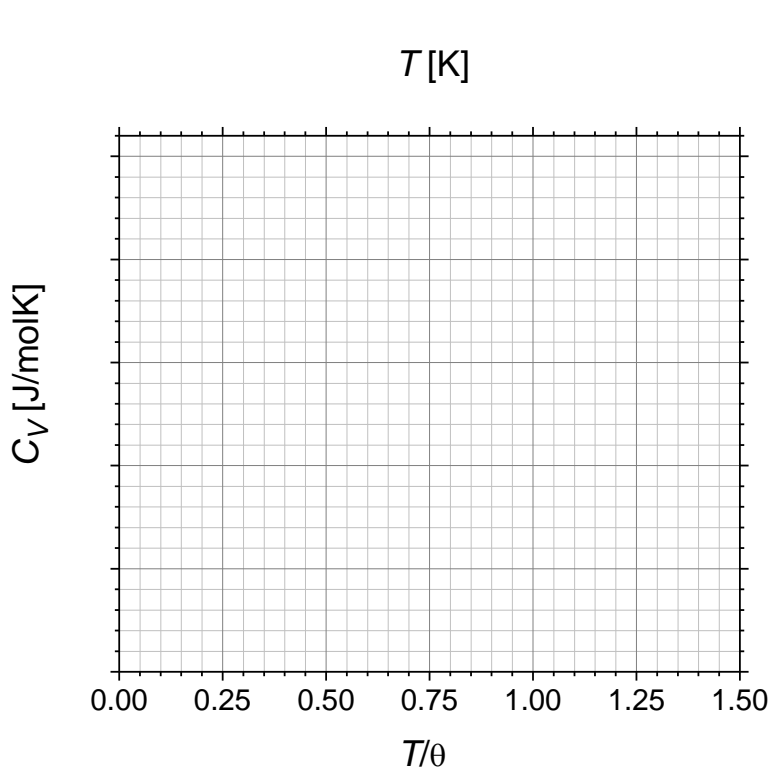
O długości maksymalnej dwóch stron powinien zostać przygotowany przed zajęciami i zawierać zestawienie informacji z punktu „Wymagane wiadomości teoretyczne”.

Opracowanie wyników

Studenci wykonują opracowanie wyników podczas zajęć. Ocena z ćwiczenia jest wypadkową przygotowania teoretycznego, staranności wykonania pomiarów oraz jakości i ilości wykonanych punktów opracowania.

A. Temperaturowa zależność $C_V(T)$ dla miedzi

Temperatura Debay'a dla miedzi wynosi $\theta = 343\text{K}$. Korzystając z tej informacji uzupełnić poniższą tabelę i w oparciu o otrzymane wartości wykreślić na rysunku (jako linię ciągłą) teoretyczną zależność $C_V(T)$ dla miedzi. Rysunek uzupełnić o etykiety numeryczne osi lewej i górnej.

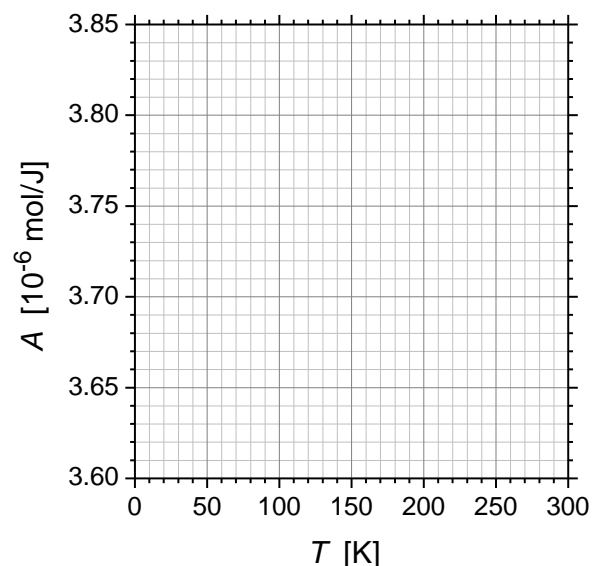


T [K]	T/θ	C_V [J/molK]
0.0	0.000	0.0000
.....	0.050	0.2427
.....	0.10	1.889
.....	0.15	5.311
.....	0.20	9.198
.....	0.25	12.538
.....	0.3	15.128
.....	0.4	18.569
.....	0.5	20.632
.....	0.6	21.732
.....	0.7	22.528
.....	0.8	23.080
.....	0.9	23.452
343.0	1.0	23.729
.....	1.5	24.373
.....	2.0	24.624
.....	4.0	24.846

B. Stała A w równaniu Nersta-Lidemann

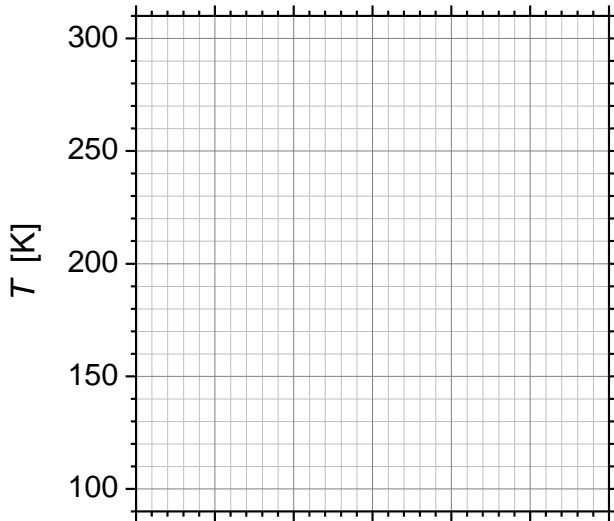
W oparciu o poniższą tabelę nanieść na wykres wartości „stałej” A dla różnych temperatur. Wyznaczyć wartość średnią A i jej niepewność ΔA (średni błąd kwadratowy). Wyniki obliczeń zaznaczyć na wykresie w postaci poziomych linii (ciągłej dla wartości średniej i przerywanych dla oznaczenia niepewności wartości średniej).

T [K]	$A(T)$ [10^{-6} mol/J]	A [10^{-6} mol/J]	ΔA [10^{-6} mol/J]
50	3.681		
100	3.652		
150	3.823
200	3.801		
250	3.637		
300	3.753		

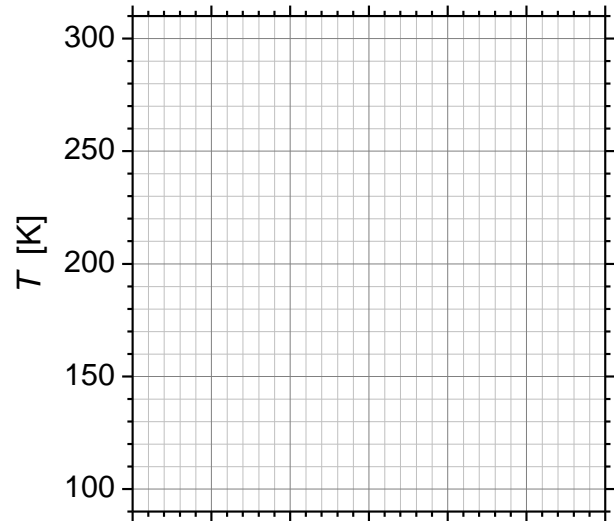


C. Krzywa chłodzenia i charakterystyka grzania

W oparciu o wyniki pomiarów narysować wykresy krzywej chłodzenia od momentu zanurzenia kriostatu w naczyniu z ciekłym azotem (odczytać dane z pliku tekstowego wybierając wartości mierzone co ok. 60s) oraz charakterystykę grzania (w postaci punktów dopasowanych gładką krzywą). Uzupełnić etykiety numeryczne.



t [s]



$P = U \cdot I$ [W]

D. Wyznaczenie eksperymentalnej zależności $C_V(T)$ oraz temperatury Debay'a dla miedzi

Uzupełnić poniższą tabelę o wartości pomiarów mocy grzałki oraz wyznaczone wartości pochodnej krzywej chłodzenia od czasu (metodą graficzną lub różnicową) dla temperatur, w których uzyskano równowagę termiczną (pkt.9 i 10). Następnie, dla każdej z temperatur, wyliczyć ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu i objętości, korzystając z równania bilansu cieplnego i Nersta-Lidemanna:

$$C_p = \frac{-M}{m} \cdot \frac{\eta \cdot P}{dT/dt}, \quad C_v = C_p - A \cdot C_p^2 \cdot T,$$

gdzie $M = 63,546\text{g}$ jest masą molową miedzi, a $m = 12,350\text{g}$ jest masą mierzonej próbki. Użyć wartości średniej stałej A .

Korzystając z zależności teoretycznej (rysunek w pkt. A) znaleźć stosunek T/θ dla każdej z wyznaczonych wartości eksperymentalnych C_v . Dzieląc go przez temperaturę uzyskuje się wartość θ dla każdego z punktów równowagi termicznej. Wyliczyć wartość średnią temperatury Debay'a i jej średni błąd kwadratowy. Porównać wynik z wartością teoretyczną.

T [K]	P [W]	dT/dt [K/s]	C_p [J/molK]	C_v [J/molK]	T/θ	θ [K]
....
....
....
....
....

Na zakończenie proszę nanieść (w postaci punktów) zależność eksperymentalną $C_V(T)$ na wykres w punkcie A zaznaczając wyliczoną niepewność uzyskanych wyników.

$\langle \theta \rangle =$	\pm	K
----------------------------	-------	---

Podsumowanie

Należy zwięźle opisać przebieg ćwiczenia i jego wyniki. Opisać w jaki sposób zostały oszacowane błędy. Porównać uzyskane wyniki z teorią i skomentować ewentualne rozbieżności.