

Podstawy Fizyki IV

ćwiczenia #9

(28 kwietnia 2020)

Wstępy teoretyczne do zadań są przedstawione w notatkach do ćwiczeń.

▷ III ZASADA TERMODYNAMIKI

Zadanie 1

Pokazać, że III zasada termodynamiki implikuje, że pojemność cieplna przy stałym X dąży do zera, gdy $T \rightarrow 0$.

Zadanie 2

Pokazać, że izotermiczna podatność magnetyczna $\chi_T = \left(\frac{\partial m}{\partial h}\right)_T$, gdzie $M = mV$ to całkowita magnetyzacja, spełnia równanie $\frac{d\chi_T}{dT} \rightarrow 0$ dla $T \rightarrow 0$. Korzystając z tego wyniku pokazać, że nie można osiągnąć temperaturę zera bezwzględnego (0 K) wykorzystując proces demagnetyzacji adiabatycznej.

▷ PRZEMIANY FAZOWE

Zadanie 3

Korzystając z równania Clausiusa-Clapeyrona wyznaczyć zależność ciśnienia pary nasyconej od temperatury przy założeniu, że parę nasyconą można w przybliżeniu traktować jak gaz doskonały.

Zadanie 4

Zwykle ciśnienie parcjalne wody w powietrzu jest mniejsze niż ciśnienie pary nasyconej w danej temperaturze. Jest to powód dla którego woda w kubku spontanicznie paruje. Stosunek ciśnienia parcjального wody do ciśnienia pary nasyconej nazywamy względną wilgotnością RH . Zakładając, że temperatura wynosi 30°C jaka jest wartość temperatury punktu rosy, gdy $RH = 90\%$, a jaka gdy $RH = 30\%$?

Zadanie 5

Zakładając, że powietrze zawiera parę nasyconą i rozważamy rozprężanie adiabatyczne takiej paczki powietrza, a także zachodzi w niej skraplanie pary, jaki będzie gradient temperatury w warunkach równowagi hydrostatycznej? Przyjąć, że woda stanowi bardzo małą część paczki.

Zadanie 6

W niektórych przypadkach musimy uwzględnić napięcie powierzchniowe występujące na granicy faz. Takim problemem jest proces nukleacji, tzn. tworzenia niewielkich zarodków fazy powstającej w wyniku zachodzącej przemiany fazowej. Takimi zarodkami są formujące się w chmurach krople deszczu. Zbadać stabilność pojedynczej kropli zamkniętej w naczyniu zawierającym N moli wody (ciecz + para) w stałym p i T .

Zadanie 7

W przemianie fazowej drugiego rodzaju ciepło przemiany wynosi zero (wynika to z braku skoku entropii molowej) i nie obserwuje się skoku objętości molowej. Jak wówczas określić krzywą równowagi faz?

Zadanie 8

Wyznaczyć wykładniki krytyczne β , γ i δ dla gazu van der Waalsa.

Zadanie 9

Wiele metali staje się nadprzewodnikami w niskich temperaturach T oraz polach magnetycznych b . Pojemności ciepłe dwóch faz w zerowym polu magnetycznym są w przybliżeniu dane wyrażeniami:

$$C_s(T) = V\alpha T^3, \quad (\text{w fazie nadprzewodzącej})$$

$$C_n(T) = V[\beta T^3 + \gamma T], \quad (\text{w fazie normalnej})$$

gdzie V to objętość, a α, β, γ są stałymi. W trakcie tej przemiany można zaniedbać zmiany objętości.

- Znaleźć entropię $S_s(T)$ oraz $S_n(T)$ dla obu faz w zerowym polu magnetycznym wykorzystując III zasadę termodynamiki.
- Eksperymenty wskazują, że przemiana między fazą nadprzewodzącą, a normalną nie wiąże się z wymianą ciepła utajonego ($\ell = 0$) w zerowym polu magnetycznym. Wykorzystaj tę informację, aby otrzymać temperaturę przemiany T_c jako funkcję stałych α, β i γ .
- W zerowej temperaturze elektrony w nadprzewodniku tworzą związane pary Coopera. Skutkuje to zmniejszeniem energii wewnętrznej nadprzewodnika o $V\Delta$, tj. $U_n(T=0) = U_0$ oraz $U_s(T=0) = U_0 - V\Delta$ odpowiednio dla metalu i nadprzewodnika. Oblicz energie wewnętrzne w skończonych temperaturach dla obu faz.
- Poprzez porównanie entalpii swobodnej Gibbsa (lub potencjałów chemicznych) w obu fazach wyznacz wartość przerwy energetycznej w funkcji stałych α, β i γ .
- Faza nadprzewodząca jest doskonałym diamagnetykiem, tzw. wypycha pole magnetyczne ze swego wnętrza tak, że $M_s = -\frac{Vb}{4\pi}$. Normalny metal może zostać potraktowany jako niemagnetyczny, czyli $M_n = 0$. Korzystając z tej informacji pokaż, że faza nadprzewodząca staje się normalna dla pól magnetycznych większych niż

$$b_c(T) = b_0 \left(1 - \frac{T^2}{T_c^2}\right).$$

Podaj wyrażenie na b_0 .

mgr Piotr Zdybel
piotr.zdybel@fuw.edu.pl