

Termodynamika i Fizyka Statystyczna R – seria 11

1. Bozony i fermiony

Mamy $N = 3$ cząstki o stanach $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5$. Cząstki są (a) bozonami o spinie 0, (b) fermionami o spinie $1/2$. Energia zależy od stanu i wynosi $E_n = n\epsilon$. Obliczyć sumę statystyczną układu w temperaturze T w obu przypadkach.

2. Ciśnienie gazów kwantowych

Znaleźć najniższe poprawki do ciśnienia jednoatomowego gazu doskonałego, $E_k = \hbar^2 k^2 / 2m$, tj. A w rozwinięciu $p = nk_B T (1 + An + \dots)$, $n = N/V$, zakładając statystykę (a) Bosego-Einsteina (b) Fermiego-Diraca

3. Ciepło właściwe elektronów w grafenie

Grafen tworzy sześciokątną sieć 2-wymiarową o wymiarach $L_x \times L_y$. Energia elektronu zależy od pędu $E = \pm \hbar v |k|$ (są 2 części: dodatnia i ujemna), gdzie $v > 0$ jest umowną prędkością Fermiego Zakładając $\mu = 0$, i spin $1/2$ znaleźć zachowanie ciepła właściwego elektronów (fermionów) w niskich temperaturach. Uwaga: brak dolnego ograniczenia na energię oznacza formalnie nieskończoną, ale nieobserwowalną energię stanu podstawowego (można założyć ograniczenie $|k| < \Lambda$, tzw. obcięcie w nadfiolecie).

4. (*) Kondensacja Bosego-Einsteina w pułapce harmoniczej

Znaleźć temperaturę krytyczną układu N bosonów, nieoddziałujących atomów o masie m w pułapce harmoniczej $V(r) = m\omega^2 r^2 / 2$. Jak wygląda granica termodynamiczna $\omega \rightarrow 0$?