

Zadania i pytania do wykładu 7.

1. Sformułuj zakaz Pauliego. Pokaż, że obowiązuje on, gdy funkcja falowa układu cząstek identycznych zmienia znak po przestawieniu dwu cząstek.
2. Różnica energii między poziomem podstawowym a poziomem wzbudzonym atomów pewnego gazu odpowiada energii fotonu o długości fali $\lambda=650$ nm. W naczyniu znajduje się $N=6 \times 10^{23}$ atomów w temperaturze $T=300$ K. Ile spośród tych atomów znajduje się w stanie wzbudzonym? W jakiej temperaturze T_2 liczba atomów w stanie wzbudzonym stanowiłaby połowę liczby atomów w stanie podstawowym?
3. Atomy sodu mają dwa poziomy energetyczne oddzielone o $\Delta E=E_2-E_1=2,09$ eV. Oblicz stosunek liczby atomów w stanie wzbudzonym o energii E_2 do liczby atomów w stanie podstawowym E_1 , gdy para sodu ma temperaturę $T=2000$ K. Stała Boltzmana ma wartość $k_B=1,38 \times 10^{-23}$ J/K.
4. Energia pierwszego stanu wzbudzonego E_2 atomu wodoru jest o $\Delta E=E_2-E_1=10,2$ eV większa od energii E_1 stanu podstawowego. Oblicz stosunek liczby atomów w stanie wzbudzonym o energii E_2 do liczby atomów w stanie podstawowym E_1 :
 - a) w temperaturze pokojowej $T_1=300$ K;
 - b) na powierzchni Słońca o temperaturze $T_2=5800$ K.Uwzględnij degenerację poziomu wzbudzonego atomu wodoru.
5. Naskicuj funkcję rozkładu szybkości cząsteczek tlenu w temperaturze $T=800$ K. Zaznacz na wykresie prędkość najbardziej prawdopodobną i oblicz jej wartość. Masa molowa tlenu $M=32$ g/mol.
6. Biorąc pod uwagę rozkład prędkości cząsteczek gazu doskonałego w temperaturze T , uszereguj od największej do najmniejszej: prędkość średnia, prędkość najbardziej prawdopodobna, prędkość średnia kwadratowa. Podaj wzory wyrażające każdą z tych prędkości.
7. Porównując długość fali de Broglie'a ze średnią odległością między cząsteczkami, sprawdź, czy spełniony jest warunek stosowana rozkładu Maxwella-Boltzmana dla helu He:
 - a) w temperaturze $T_1=273$ K w atmosferze na powierzchni Ziemi, w której hel stanowi około 0,0005 wszystkich cząsteczek;
 - b) w temperaturze $T_2=4$ K, w której ciekły hel ma gęstość $\rho=0,124$ g/cm³.
8. Zapisz funkcję rozkładu Fermiego-Diraca. Naskicuj wykres tej funkcji w temperaturze $T_1=0$ K i w temperaturze $T_2=\mu/5k_B=E_F/5k_B$. Zaznacz charakterystyczne wartości na osiach wykresu.
9. Pokaż, że pochodna po energii funkcji rozkładu Fermiego-Diraca $f(E,T)$ obliczona dla energii równej energii Fermiego $E=E_F=\mu$ jest równa $\frac{\partial f}{\partial E} = -(4k_B T)^{-1}$.