Задачи
по курсу термодинамики и статистической физики

1. Для идеального газа $pv = \theta, c_v = const$ получить уравнение адиабаты $p = p(v)$.
2. Показать, что для идеального газа $pv = \theta$ удельная теплоемкость $c_p = c_v + 1$.
3. Определить КПД тепловой машины, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм $\theta = \theta_1, \theta = \theta_2$, пересеченных двумя адиабатами.
4. Показать, что КПД теплового двигателя не может превысить КПД цикла Карно, работающего в том же дапазоне температур.
5. Показать, что если теплоемкость твердого тела $c_v = a\theta^3 + ...$, то теплоемкость c_p отлична от c_v в членах разложения порядка θ^7.
6. Для идеального газа $pv = \theta, c_v = const$, получить барометрическое распределение плотности в поле силы тяжести $U(z) = mgz$.
7. Исходя из условия равновесия жидкости и газа $\mu_{gas}(\theta, p) = \mu_{liq}(\theta, p)$, получить выражение для температурного градиента $\frac{dp}{d\theta}$ давление насыщенного пара.
8. Полагая, что давление равновесного электромагнитного излучения p равно трети плотности его энергии $u = \frac{\mathcal{E}}{V}$, получить температурную зависимость $u = u(\theta)$.
9. Считая $dS = \frac{1}{\theta}(d\mathcal{E} + pdV)$ полным дифференциалом в переменных (θ, V), выразить величину $[\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \mathcal{V}}]_\theta$ через уравнение состояния $p = p(\theta, V)$.
10. Показать, что если теплоемкость $c_v \sim \theta^a$, то энтропия системы имеет тот же характер зависимости от температуры.
11. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует максимальному значению энтропии.
12. Указать условия, при которых равновесное состояние системы соответствует минимальному значению свободной энергии.
13. Показать, что для равновесной классической нерелятивистской системы средняя кинетическая энергия частиц равна $\frac{3}{2}\theta$.
14. Определить среднее число частиц идеального классического газа, падающих за секунду на $1cm^2$ стенки.
15. Исходя из распределения Гиббса для классической системы, показать, что $\overline{p_k \frac{\partial H}{\partial p_k}} = \overline{r_k \frac{\partial H}{\partial r_k}} = \theta$ и привести примеры использования этих

соотношений.

16. Для вырожденного ($\theta = 0$) идеального Ферми-газа определить граничные значения импульса и энергии частиц.

17. Для идеального нерелятивистского Бозе-газа определить точку θ_0 начала Бозе-конденсации.

18. Определить среднюю энергию гармонических колебаний, происходящих в равновесных статистических системах.

19. Представляя равновесное излучение суперпозицией гармонических колебаний электромагнитного поля, определить спектральную плотность энергии $\rho_\omega(\theta)$.

20. Определить парамагнитную восприимчивость идеального Ферми-газа, связанную с наличием у его частиц собственного магнитного момента.

21. Для системы с фиксированным числом частиц получить оценку для дисперсии температуры $\overline{(\Delta\theta)^2}$ при условии $V = const, p = const$.

22. Для равновесной системы, находящейся в выделенной воображаемыми стенками области V определить дисперсию числа частиц в системе $\overline{(\Delta N)^2}$, выразив ее через уравнение состояния $p = p(\theta, V)$.

23. Оценить ЭДС теплового шума сопротивления в полосе частот $\Delta\omega$, используя в качестве схемы модель замкнутого (или разомкнутого) сопротивления R .

24. С помощью кинетического уравнения с релаксационным членом оценить коэффициент диффузии в приближении постоянной величины времени свободного пробега τ .

25. С помощью упрощенного уравнения кинетического баланса $\dot{W}_k = \sum\limits_i (w_{ik}W_k - w_{ki}W_i)$, где W_k - вероятность обнаружить систему в состоянии k, а w_{ik}, w_{ki} - вероятности переходов $i \to k, k \to i$ в секунду, определить в случае $w_{ik} = w_{ki}$ знак производной $\dot{H}$, где $H = \sum\limits_k W_k \ln W_k$.