

1. Выведите формулу $\frac{\Delta Q_1}{T_h} + \frac{\Delta Q_3}{T_c} = 0$ для цикла Карно. Здесь $\Delta Q_1, \Delta Q_3$ – количества теплоты, выделенные в изотермических процессах. Какое следствие вытекает из этой формулы?
2. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической суммы имеет вид $Q = \frac{q_1^{N_1}}{N_1!} \frac{q_2^{N_2}}{N_2!}$. Здесь $q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$ и $q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. N_1 и N_2 – числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для давления бинарной системы.
3. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энтропию системы.
4. Выведите формулу для эффективности тепловой машины $\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h}$ для цикла Карно.
5. Каноническая статистическая сумма в модели Эйнштейна имеет вид $Q(N, V, T) = \exp\left(-\frac{N\varphi(0)}{2kT}\right) q^{3N}$. Здесь $q = \frac{\exp(-\frac{\Theta}{2T})}{\exp(\frac{\Theta}{T}) - 1}$, $\Theta = \frac{h\nu}{k}$. Найти выражение для энтропии системы.
6. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти давление системы.
7. Выведите энтропию идеального газа из 1 закона термодинамики в дифференциальной форме.
8. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической суммы имеет вид $Q = \frac{q_1^{N_1}}{N_1!} \frac{q_2^{N_2}}{N_2!}$. Здесь $q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$ и $q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. N_1 и N_2 – числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для химического потенциала бинарной системы.
9. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энергию системы.

10. Выведите уравнение Эйлера исходя из экстенсивности внутренней энергии.
11. Найдите выражение для свободной энергии $A(N, V, T) = -kT \ln Q(N, V, T)$, подставив выражение для вероятности канонического ансамбля $P_j = \frac{\exp(-\beta E_j)}{\sum \exp(-\beta E_j)}$ в формулу для энтропии $S(N, V, T) = -k \sum P_j \ln P_j$. Здесь Q – каноническая статистическая сумма.
12. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти давление системы.
13. Выведите уравнение Гиббса-Духема из уравнения Эйлера.
14. Выведите выражение для химического потенциала идеального газа из уравнения Гиббса-Духема. Воспользуйтесь формулой для энтропии $S(N, T, p) = Nk s_0(T_0, p_0) + Nk \ln \left\{ \left(\frac{T}{T_0} \right)^{5/2} \left(\frac{p_0}{p} \right) \right\}$.
15. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энтропию системы.
16. Выведите уравнение Клаузиуса-Клапейрона, используя равенство дифференциалов химических потенциалов для жидкости и его пара. Воспользуйтесь уравнением Гиббса-Духема.
17. Применяя трансформацию Лежандра к внутренней энергии $U(S, V, N)$ найти выражение для свободной энергии $F(T, V, N)$.
18. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энтропию системы.
19. В чем состоит метод ансамблей Гиббса? Постулаты Гиббса.
20. Для идеального газа свободная энергия $F(T, V, N) = NkT \left[\frac{3}{2} - s_0 - \ln \left(\left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} \frac{N_0}{N} \frac{V}{V_0} \right) \right]$. Найти выражения для энтропии как функции от T, V, N .

21. Для мономатомного идеального газа каноническая статистическая сумма

$$Q = \frac{1}{N!} q^N, \text{ здесь } q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V. \text{ Найти химический потенциал системы.}$$

22. Вывести формулу $q(V, T) = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$ для статистической суммы молекулы мономатомного газа.

23. Для идеального газа свободная энергия

$$F(T, V, N) = N k T \left[\frac{3}{2} - s_0 - \ln \left(\left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{N_0}{N} \frac{V}{V_0} \right) \right]. \text{ Найти выражения для давления газа как функции от } T, V, N.$$

24. Выражение для вероятности в каноническом ансамбле имеет вид

$$P_E = \frac{\Omega(N, V, E) \exp \left(-\frac{E}{kT} \right)}{\sum \Omega(N, V, E) \exp \left(-\frac{E}{kT} \right)}. \text{ Введя обозначение } x = \frac{E}{kT} \text{ и рассматривая } \Omega \sim E^{\frac{3N}{2}}, \text{ можно}$$

написать $P_E = C x^{\frac{3N}{2}} e^{-x}$. Применяя к этой функции условие максимума показать что $E = \frac{3NkT}{2}$.

25. Вывести формулу для статистической суммы атома в модели Эйнштейна в

$$\text{виде } q = \frac{\exp \left(\frac{h\nu}{2kT} \right)}{\exp \left(\frac{h\nu}{kT} \right) - 1} \text{ принимая в расчет } \varepsilon_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) h\nu.$$

26. Для термодинамической системы флуктуации энергии очень малы. Показать это, а именно $\frac{\sigma_E}{E} = 10^{-10}$. Воспользуйтесь для этого формулой для среднего значения энергии в каноническом ансамбле.

27. Для идеального газа свободная энергия

$$F(T, V, N) = N k T \left[\frac{3}{2} - s_0 - \ln \left(\left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{N_0}{N} \frac{V}{V_0} \right) \right]. \text{ Найти выражения для химического потенциала газа как функции от } T, V, N.$$

28. Вывести формулу $q(V, T) = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$ для статистической суммы молекулы мономатомного газа.

29. Применяя трансформацию Лежандра к внутренней энергии $U(S, V, N)$ найти выражение для энтальпии $H(S, P, N)$.

30. Каноническая статистическая сумма в модели Эйнштейна имеет вид

$Q(N, V, T) = \exp\left(-\frac{N\varphi(0)}{2kT}\right) q^{3N}$. Здесь $q = \frac{\exp(-\frac{\Theta}{2T})}{\exp(\frac{\Theta}{T}) - 1}$, $\Theta = \frac{h\nu}{k}$. Найти выражение для энергии системы.

31. Внутренние степени свободы идеального мономолекулярного газа. Написать выражение для статистической суммы одной молекулы с внутренней структурой.

32. Для мономолекулярного идеального газа каноническая статистическая сумма

$Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти выражение для давления системы в виде $p = \frac{NkT}{V}$.

33. Для идеального газа энтальпия $H(S, P, N) = \frac{5}{3} U_0 \left(\frac{N}{N_0}\right) \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}} \exp\left\{\frac{2}{5} \left(\frac{S}{Nk} - s_0\right)\right\}$.

Используя эту функцию найти выражения для температуры как функции от S, p, N .

34. Классическая статистическая механика применительно к одномерному гармоническому осциллятору.

35. Для мономолекулярного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти выражение для энергии системы.

36. Для идеального газа энтальпия $H(S, P, N) = \frac{5}{3} U_0 \left(\frac{N}{N_0}\right) \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}} \exp\left\{\frac{2}{5} \left(\frac{S}{Nk} - s_0\right)\right\}$.

Используя эту функцию найти выражения для объема как функции от S, p, N .

37. Классическая статистическая механика применительно к частица в кубе объема V .

38. Для идеального газа энтальпия $H(S, P, N) = \frac{5}{3} U_0 \left(\frac{N}{N_0}\right) \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}} \exp\left\{\frac{2}{5} \left(\frac{S}{Nk} - s_0\right)\right\}$.

Используя эту функцию найти выражения для химического потенциала как функции от S, p, N .

39. Для мономолекулярного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энтропию системы.

40. Вывести формулу для статистической суммы атома в модели Эйнштейна в

виде $q = \frac{\exp(\frac{h\nu}{2kT})}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) - 1}$ принимая в расчет $\varepsilon_n = (n + \frac{1}{2}) h \nu$.

41. Применяя трансформацию Лежандра к внутренней энергии $U(S, V, N)$ найти выражение для свободной энтальпии $G = G(T, P, N)$.

42. Для мономатомного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энтропию системы.

43. Вывести формулу $q(V, T) = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2}\right)^{3/2} V$ для статистической суммы молекулы мономатомного газа.

44. Применяя трансформацию Лежандра к внутренней энергии $U(S, V, N)$ найти выражение для большого потенциала $\Phi = \Phi(T, V, \mu)$.

45. Для мономатомного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти энергию системы.

46. Вывести формулу для вероятности в каноническом ансамбле $P = \frac{\exp(-\beta E_j)}{\sum_i \exp(-\beta E_i)}$.

47. Найдите выражение для свободной энергии $A(N, V, T) = -kT \ln Q(N, V, T)$, подставив выражение для вероятности канонического ансамбля $P_j = \frac{\exp(-\beta E_j)}{\sum \exp(-\beta E_j)}$ в формулу для энтропии $S(N, V, T) = -k \sum P_j \ln P_j$. Здесь Q – каноническая статистическая сумма.

48. Вывести уравнение для давления исходя из молекулярно-кинетической теории газа.

49. Вывести формулу для статистической суммы атома в модели Эйнштейна в

виде $q = \frac{\exp(\frac{h\nu}{2kT})}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) - 1}$ принимая в расчет $\varepsilon_n = (n + \frac{1}{2}) h \nu$.

50. Вывести уравнение идеального газа исходя из молекулярно- кинетической теории газа.

51. Выведите выражение для химического потенциала идеального газа из уравнения Гиббса-Духема. Воспользуйтесь формулой для энтропии

$$S(N, T, p) = Nk s_0(T_0, p_0) + Nk \ln \left\{ \left(\frac{T}{T_0} \right)^{5/2} \left(\frac{p_0}{p} \right) \right\}.$$

52. Применяя трансформацию Лежандра к внутренней энергии $U(S, V, N)$ найти выражение для свободной энергии $F(T, V, N)$.

53. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической суммы имеет вид $Q = \frac{q_1^{N_1} q_2^{N_2}}{N_1! N_2!}$. Здесь $q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 kT}{h^2} \right)^{3/2} V$ и $q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 kT}{h^2} \right)^{3/2} V$. N_1 и N_2 – числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для энтропии бинарной системы.

54. Выведите уравнение Клазиуса-Клапейрона, используя равенство дифференциалов химических потенциалов для жидкости и его пара. Воспользуйтесь уравнением Гиббса-Духема.

55. Метод ансамблей Гиббса. Постулаты Гиббса.

56. Вывести уравнение для давления исходя из молекулярно- кинетической теории газа.

57. Для монотомного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m kT}{h^2} \right)^{3/2} V$. Найти энтропию системы.

58. Вывести формулу для вероятности в каноническом ансамбле $P = \frac{\exp(-\beta E_j)}{\sum_i \exp(-\beta E_i)}$.

59. Вывести уравнение идеального газа исходя из молекулярно- кинетической теории газа.

60. Выражение для вероятности в каноническом ансамбле имеет вид

$$P_E = \frac{\Omega(N, V, E) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)}{\sum \Omega(N, V, E) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)}. \text{ Введя обозначение } x = \frac{E}{kT} \text{ и рассматривая } \Omega \sim E^{\frac{3N}{2}}, \text{ можно}$$

написать $P_E = C x^{\frac{3N}{2}} e^{-x}$. Применяя к этой функции условие максимума показать что $E = \frac{3NkT}{2}$.

61. Вывести уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа.

62. Для термодинамической системы флуктуации энергии очень малы. Показать это, а именно $\frac{\sigma_E}{E} = 10^{-10}$. Воспользуйтесь для этого формулой для среднего значения энергии в каноническом ансамбле.

63. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти выражение для химического потенциала системы.

64. Равновесные и неравновесные состояния. Обратимые и необратимые процессы.

65. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической суммы имеет вид $Q = \frac{q_1^{N_1}}{N_1!} \frac{q_2^{N_2}}{N_2!}$. Здесь $q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$ и $q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V$. N_1 и N_2 – числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для энтропии бинарной системы.

66. Каноническая статистическая сумма в модели Эйнштейна имеет вид

$$Q(N, V, T) = \exp\left(-\frac{N\varphi(0)}{2kT}\right) q^{3N}. \text{ Здесь } q = \frac{\exp\left(-\frac{\Theta}{2T}\right)}{\exp\left(\frac{\Theta}{T}\right) - 1}, \quad \Theta = \frac{h\nu}{k}. \text{ Найти выражение для энергии системы.}$$

67. Вывести формулу для работы в изотермическом процессе.

68. Для монокристаллического идеального газа каноническая статистическая сумма

$$Q = \frac{1}{N!} q^N, \text{ здесь } q = \left(\frac{2\pi mkT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V. \text{ Найти выражение для давления системы.}$$

69. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической

$$\text{суммы имеет вид } Q = \frac{q_1^{N_1}}{N_1!} \frac{q_2^{N_2}}{N_2!}. \text{ Здесь } q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V \text{ и } q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 kT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} V. N_1 \text{ и } N_2$$

– числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для смеси $pV = (N_1 + N_2)kT$.

70. Вывести адиабатические уравнения для идеального газа, используя первый закон термодинамики в дифференциальной форме.

71. Для монокатомного идеального газа каноническая статистическая сумма $Q = \frac{1}{N!} q^N$, здесь $q = \left(\frac{2\pi m k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$. Найти выражение для энергии системы.

72. В бинарной смеси двух газов выражение для канонической статистической суммы имеет вид $Q = \frac{q_1^{N_1}}{N_1!} \frac{q_2^{N_2}}{N_2!}$. Здесь $q_1 = \left(\frac{2\pi m_1 k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$ и $q_2 = \left(\frac{2\pi m_2 k T}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} V$. N_1 и N_2 – числа атомов в каждой компоненте смеси. Найти выражение для энергии в бинарной системе.