

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

ЗАДАЧИ

1. Найти число молекул n в 1 см^3 и плотность ρ азота при давлении $2,0 \text{ нПа}$ и температуре 15°C .
2. В баллоне, объем которого $0,250 \text{ м}^3$, находится газ, состоящий из смеси углекислого газа и паров воды. Температура газа 327°C . Число молекул углекислого газа $N_1 = 6,60 \cdot 10^{21}$, число молекул паров воды $N_2 = 0,90 \cdot 10^{21}$. Вычислить давление P и относительную молекулярную массу M , газовой смеси.
3. Плотность газа, состоящего из смеси гелия и аргона при давлении 152 кПа и температуре 27°C , равна $\rho = 2,00 \text{ кг/м}^3$. Сколько атомов гелия содержится в 1 см^3 газовой смеси?
4. Вычислите среднюю квадратичную скорость $\langle v \rangle_{\text{кв}}$ и среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon \rangle$ поступательного движения молекулы кислорода при температуре 20°C .
5. Какая часть молекул воздуха при температуре 17°C обладает скоростями, отличающимися не больше чем на $0,50 \text{ м/с}$ от скорости, равной:
а) $v = v_{\text{вер}}$; б) $v = 0,1 v_{\text{вер}}$?
6. Найти число молекул гелия в 1 см^3 , скорости которых лежат в интервале от $2,39 \text{ км/с}$ до $2,41 \text{ км/с}$. Температура гелия 690°C , его плотность $2,16 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$.
7. Найти относительное число молекул газа, скорости которых отличаются не более чем на $0,5\%$ от: а) наиболее вероятной скорости; б) средней скорости; в) средней квадратичной скорости.
8. Найти отношение числа молекул газа, скорости которых лежат в интервале от v до $v + \Delta v$ при температуре T_1 , к числу молекул, скорости которых лежат в том же интервале при температуре $T_2 = 2T_1$. Рассмотреть случаи: а) $v = (1/2) v_{\text{вер}1}$; б) $v = v_{\text{вер}1}$; в) $v = 2v_{\text{вер}2}$, где $v_{\text{вер}1}$ и $v_{\text{вер}2}$ - наиболее вероятные скорости молекул, соответствующие температурам T_1 и T_2 (предполагается, что во всех случаях $\Delta v \ll v$).
9. Найти давление воздуха: а) над поверхностью Земли на высоте 10 км ; б) в шахте на глубине 10 км . На поверхности Земли давление 100 кПа . Температура воздуха 0°C . Считать, что молярная масса и температура воздуха не зависят от высоты.
10. На какой высоте h над уровнем моря плотность воздуха уменьшается: а) в два раза; б) в e раз? Температура воздуха 0°C . Считать, что температура воздуха T , молярная масса M и ускорение силы тяжести g не зависят от h .
11. На какой высоте h плотность кислорода уменьшается на 1% ? Температура кислорода 27°C .

12. Вычислить среднюю длину свободного пробега λ и время τ между двумя столкновениями молекул кислорода при давлении 0,2 мПа и температуре 17°C.
13. Каково примерно давление, ниже которого между стенками сосуда Дьюара будет вакуум? Расстояние между стенками сосуда 10 мм, температура 20°C
14. Найти, как зависят от давления средняя длина свободного пробега λ , и число столкновений в одну секунду z молекул идеального газа, если масса газа постоянна и газ совершает процесс: а) изохорический; б) изотермический; в) адиабатический. Эффективный диаметр молекул считать постоянным.
15. Найти, как зависят от температуры средняя длина свободного пробега λ . И число столкновений в одну секунду z молекул идеального газа, если масса газа постоянна и газ совершает процесс: а) изохорический; б) изобарический; в) адиабатический. Эффективный диаметр молекул считать постоянным.
16. Идеальный газ, находящийся в некотором начальном состоянии, характеризуемом объемом V_1 , расширяется до объема V_2 . Процесс расширения происходит: 1) изобарически, 2) изотермически и 3) адиабатически. Начертить графики этих процессов на диаграммах p, V и U, V . На основании исследования графиков определить: а) при каком процессе произведенная газом работа наименьшая; б) знак приращения внутренней энергии газа ΔU при каждом процессе.
17. В закрытом сосуде объемом 2,50 л находится водород при температуре 17°C и давлении 15,0 кПа. Водород охлаждают до температуры 0°C. Вычислить: а) количество отданного газом тепла Q' ; б) приращение внутренней энергии водорода ΔU .
18. 1 кмоль газа изобарически нагревается от 17°C до 75°C; к этому газу подводится 1,20 МДж тепла. Найти: а) значение $\gamma = C_p / C_v$; б) приращение внутренней энергии газа ΔU ; в) работу газа A .
19. Азот, находящийся в некотором начальном состоянии, сжимают до объема, в 10 раз меньшего начального. Сжатие производят в одном случае изотермически, в другом - адиабатически. а) При каком из процессов и во сколько раз работа, затраченная на сжатие, будет больше? б) В результате какого процесса внутренняя энергия газа возрастает? Во сколько раз?
20. 14 г азота адиабатически расширяются так, что давление уменьшается в пять раз, и затем изотермически сжимаются до первоначального давления. Начальная температура азота $T_1 = 420$ К. Изобразить процесс на диаграмме p, V . Найти: а) Температуру газа T_2 в конце процесса; б) количество тепла Q' , отданное газом; в) приращение внутренней энергии газа ΔU ; г) совершенную газом работу A .
21. Идеальная холодильная машина работает по обратному циклу Карно в

интервале температур от -11°C до 15°C . Работа машины за цикл $A = -200$ кДж. Вычислить: а) холодильный коэффициент ϵ ; б) количество тепла Q_2 отводимого от охлаждаемого тела за цикл; в) количество тепла Q_1' , отдаваемого теплоприемнику за цикл. Примечание: Холодильным коэффициентом ϵ называется отношение количества тепла Q_2 , отводимого от охлаждаемого тела, к затраченной работе $A' = -A$.

22. Цикл, в котором в качестве рабочего вещества используется водород, состоит из двух изохор и двух изобар. Найти совершаемую газом за цикл работу A и к.п.д. цикла η . Известно, что в пределах цикла максимальные значения объема и давления газа в два раза больше минимальных значений, равных $p_{\text{мин}} = 100$ кПа и $V_{\text{мин}} = 0,50$ м³.
23. Найти к. п. д. цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат. Рабочим веществом является азот. Известно, что в пределах цикла объем газа изменяется в 10 раз, т.е. $V_{\text{макс}}/V_{\text{мин}} = 10$.
24. Цикл, совершаемый двумя кило молями одноатомного идеального газа, состоит из изотермы, изобары и изохоры. Изотермический процесс происходит при максимальной температуре цикла, равной $T=400$ К. Известно также, что в пределах цикла объем газа изменяется в два раза, т.е. $a = V_{\text{макс}}/V_{\text{мин}} = 2$. а) Вычислить работу A газа за цикл и к.п.д. цикла η . б) Сравнить полученное значение η с к.п.д. цикла Карно η_0 , проводимого в интервале температур от $T_{\text{мин}}$ до $T_{\text{макс}}$ данного цикла.
25. Найти приращение энтропии ΔS при расширении 0,20 г водорода от объема 1,50 л до объема 4,50 л, если процесс расширения происходит: а) при постоянном давлении; б) при постоянной температуре.
26. Найти работу A , совершаемую кило молям газа при изотермическом расширении. Известны: температура T , начальный V_1 и конечный V_2 объемы газа, постоянные Ван-дер-Ваальса a и b .
27. Каково давление p в пузырьках воздуха, образующихся в воде на глубине 3,50 м? Диаметр пузырька 3,66 мкм. Атмосферное давление 101 кПа.
28. На какой глубине h образуются пузырьки газа в воде, если при всплытии пузырьков на поверхность их радиус увеличивается в $n = 1,1$ раза? На поверхности воды радиус пузырьков $r = 1,53$ мкм, атмосферное давление $P_0=100$ кПа.
29. Радиус мыльного пузыря $r = 6,0$ мм; поверхностное натяжение мыльной воды $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-2}$ Н/м. Вычислить: а) добавочное давление Δp воздуха внутри пузыря; б) свободную энергию F поверхности мыльного пузыря; в) работу A , которую нужно затратить, чтобы выдуть этот пузырь. Считать, что процесс образования мыльного пузыря происходил изотермически.

ВОПРОСЫ

1. Основы термодинамического метода в молекулярной физике.
2. Основы статистического метода в молекулярной физике.

3. Распределение Максвелла и Больцмана для идеального газа.
4. Первое начало ТД и его применение к изопротессам.
5. Термодинамический цикл Карно. Расчёт к.п.д.
6. Энтропия, термодинамический и статистический подход.
7. Реальные газы и их свойства. Сжижение газов.
8. Строение и свойства жидкостей.
9. Строение и свойства кристаллов.
10. Фазовые переходы 1-го рода, свойства, примеры.