

Пример 1. Сферический сосуд радиусом r , содержащий газ при давлении p_1 и температуре T , находится в вакууме. Через образовавшееся в сосуде отверстие часть газа вытекает. Каким станет давление в сосуде, если из него выйдет N молекул газа?

Пример 2. При температуре замерзания воды и нормальном атмосферном давлении плотность азота $1,254 \text{ кг/м}^3$. Масса молекулы азота равна $4,680 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$. Какой температуре по шкале Кельвина соответствует температура замерзания воды?

Пример 3. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при температуре $T = 296 \text{ К}$ равна 480 м/с . Сколько молекул содержится в $10,0 \text{ г}$ этого газа?

Пример 4. В наполненном газом цилиндре поршень перемещается со скоростью u (рис. 2.3). Скорость движения поршня много меньше тепловой скорости молекул газа. Исходя из молекулярно-кинетических представлений, определить, что будет происходить с температурой газа. Изменится ли ответ, если поршень движется с той же скоростью, но в противоположную сторону? Стенки цилиндра и поршень считать тепло-непроницаемыми.

Пример 5. Смесь кислорода и азота при температуре $T = 290 \text{ К}$ и давлении $p = 5,8 \text{ кПа}$ имеет плотность $\rho = 0,40 \text{ кг/м}^3$. Определите концентрацию молекул кислорода в смеси.

Пример 6. Сколько ходов должен сделать поршень откачивающего насоса, чтобы откачать воздух из сосуда объемом V от давления p_0 до давления p , если объем насоса ΔV ? Температуру считать неизменной.

$$n = \frac{\lg \frac{p_0}{p}}{\lg \frac{V + \Delta V}{V}}$$

Ответ:

Пример 7. В чашечный ртутный барометр попал пузырек воздуха, вследствие чего барометр показывает давление меньше истинного. При сверке его с точным барометром оказалось, что при давлении 1020 гПа и температуре $T_1 = 295,0 \text{ К}$ барометр показывает $995,0 \text{ гПа}$, причем расстояние от уровня ртути до верхнего основания трубки $l = 8 \text{ см}$. Каково истинное давление, если при температуре $T_2 = 290,0 \text{ К}$ барометр показывает $976,0 \text{ гПа}$? Тепловым расширением ртути и шкалы пренебречь.

Ответ: 1005 гПа

Пример 8. Компрессор захватывает при каждом качании $V_0 = 5,0 \text{ дм}^3$ воздуха при нормальном атмосферном давлении p_0 и температуре $T_0 = 280 \text{ К}$ и нагнетает его в резервуар объемом $V = 2,0 \text{ м}^3$. Температура воздуха в резервуаре поддерживается равной $T_1 = 300 \text{ К}$. Сколько качаний должен сделать компрессор, чтобы давление в резервуаре увеличилось на $\Delta p = 0,30 \text{ МПа}$?

$$n = 1,1 \cdot 10^3$$

Пример 9. Определите молярную массу M смеси газов, образовавшуюся в результате смешения газа массой m_1 и молярной массой M_1 и газа массой m_2 и молярной массой M_2 .

$$M = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}}$$

Ответ:

Пример 10. В вертикальном цилиндре, площадь основания которого 100 см^2 , находится воздух при температуре 280 К . На высоте $60,0 \text{ см}$ от основания цилиндра находится подвижный поршень массой 10 кг . На сколько опустится поршень, если на него поставить груз массой 100 кг , а воздух в цилиндре нагреть до 300 К ? Атмосферное давление 100 кПа .

Ответ: $\Delta h = 26,3 \text{ см}$.

Пример 11. В ракете, стартующей вертикально вверх, находится цилиндр с площадью основания 20 см^2 , наполненный газом и закрытый подвижным поршнем массой 10 кг . Определите ускорение ракеты, если при разгоне ракеты объем газа в цилиндре в $3,0$ раза меньше, чем его объем в момент перед стартом. Давление воздуха в ракете $p_0 = 100 \text{ кПа}$.

Ответ: $a = 60 \text{ м/с}^2$

Пример 12. Тонкостенный резиновый шар массой $60,0 \text{ г}$ заполнен аргоном и опущен в воду на глубину 110 м . Определите массу аргона, если на этой глубине шар находится в состоянии равновесия. Атмосферное давление 100 кПа , температура воды 277 К .

Пример 13. Определите плотность смеси, состоящей из $4,0 \text{ г}$ водорода и 32 г кислорода при температуре 280 К и давлении $93,3 \text{ кПа}$.

Ответ: $0,48 \text{ кг/м}^3$

Пример 14. С помощью графического метода докажите, что коэффициент объемного теплового расширения газов α равен их термическому коэффициенту давления γ .

Пример 15. На рис. 2.6 изображен замкнутый процесс 1–2–3–4, точки 1–3 которого соответствуют изотермам с температурами T_1 и T_2 . В состоянии 1 известен также объем газа V_1 . Чему должен быть равен объем V_2 , чтобы точки 2 и 4 расположились на одной и той же изотерме, температуру T которой также следует найти?

$$V_2 = V_1 \frac{T}{T_1} = V_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}.$$

Ответ:

2.24. Одинаково ли давление внутри газа и у стенки сосуда, содержащего газ? Одинакова ли концентрация молекул газа внутри сосуда и у его стенки?

2.25. Атмосферное давление обусловлено весом воздуха. Как же поддерживается нормальное давление в кабине космического корабля, если воздух в кабине невесом?

2.26. Покажите, что из основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов как следствия вытекают все опытные законы для газов.

2.27. Какой воздух тяжелее: сухой или сырой (при заданных температуре и давлении)?

2.28. Как изменяется число молекул газа в единице объема в зависимости от абсолютной температуры при изохорическом процессе; при изобарическом процессе?

2.29. Какова средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при температуре 27°C ?

2.30. Газ занимает объем $2,0 \text{ дм}^3$ под давлением $0,50 \text{ МПа}$. Какова средняя кинетическая энергия молекул газа?

2.31. В сосуде объемом $3,0 \text{ дм}^3$ содержится $5,0 \cdot 10^{24}$ молекул водорода под давлением $2,0 \text{ МПа}$. Определите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул водорода.

2.32. Докажите, что средняя квадратичная скорость молекул газа пропорциональна $\sqrt{\frac{p}{\rho}}$, где p — давление газа, а ρ — его плотность.

2.33. Определите температуру, при которой средняя квадратичная скорость молекул водорода равна первой космической скорости для Земли ($v \approx 8000 \text{ м/с}$).

2.34. По данным, полученным с помощью искусственных спутников, давление атмосферного воздуха на высоте 500 км приблизительно $1,0 \text{ мкПа}$ при температуре 1680°C . Сколько молекул воздуха содержится в $1,0 \text{ см}^3$ при этих условиях?

2.35. В сосуде объемом $5,0 \text{ дм}^3$ находится азот массой $1,4 \text{ г}$ при температуре 1800 К . Определите давление газа, считая, что при этой температуре 30% молекул диссоциировано на атомы.

2.36. В сосуде объемом $0,20 \text{ дм}^3$ содержится некоторый газ при температуре 30°C . На сколько понизится давление газа в сосуде, если вследствие утечки из него выйдет 10^{20} молекул?

2.37. Какова средняя квадратичная скорость молекул кислорода, находящегося при давлении p и имеющего концентрацию n ?

2.38. Два сосуда равных объемов, имеющих одинаковую концентрацию молекул некоторого газа, соединены трубкой с краном. В одном сосуде средняя скорость молекул 500 м/с , в другом 550 м/с . Чему будет равна средняя скорость молекул газа, если открыть кран, соединяющий сосуды?

2.39. Молекулы кислорода ударяются о стенку сосуда и упруго отскакивают от нее без потери скорости. Определите давление, испытываемое стенкой, если скорость молекул в пучке одинакова и равна $v = 300 \text{ м/с}$, а их концентрация $n = 2,0 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$. Рассмотрите два случая: а) стенка расположена перпендикулярно к скорости молекул и неподвижна; б) стенка неподвижна и расположена под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению движения молекул.

2.40. В баллоне объемом 10 дм^3 находится неон под давлением 866 гПа . Определите внутреннюю энергию газа.

2.41. В сосуде находится $N = 1,0 \cdot 10^{24}$ молекул аргона при температуре $T = 320^\circ\text{C}$. Определите внутреннюю энергию газа.

2.42. Как изменяется внутренняя энергия в процессах, изображенных на рис. 2.10?

2.43. Какая из двух изотерм (рис. 2.11), построенных для одной и той же массы данного газа, соответствует более высокой температуре?

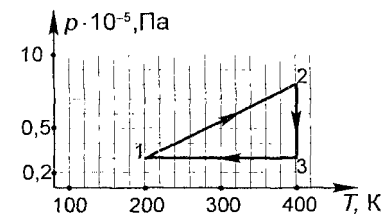


Рис. 2.10

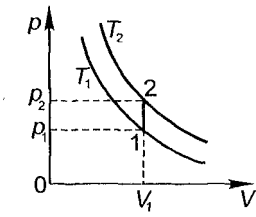


Рис. 2.11

2.44. Начертите график зависимости плотности идеального газа от температуры при изотермическом, изобарическом и изохорическом процессах.

2.45. Постройте изотермы для 2 кг кислорода при температурах 273 К и 300 К .

2.46. По графику зависимости объема газа от абсолютной температуры (рис. 2.12) определите характер изменения давления, под которым находился газ во время его нагревания. Масса газа постоянна.

2.47. На рис. 2.13 изображены три изохоры, построенные для одной и той же массы газа. Чем отличаются изображенные процессы, если известно, что $p_3 = np_1$ и $p_2 = \frac{p_1}{n}$, где $n = 2$?

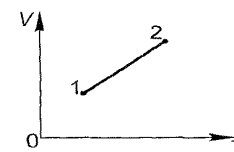


Рис. 2.12

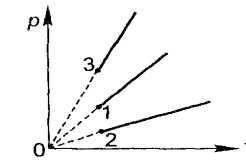


Рис. 2.13

Указания по выполнению заданий

При решении задач данной темы следует четко представлять следующие особенности протекания процессов в термодинамических системах:

1. Состояние термодинамической системы, при котором все ее макропараметры, при неизменяемых внешних условиях, не изменяются с течением времени, называют равновесным. С точки зрения молекулярно-кинетической теории, равновесное состояние системы представляет собой состояние динамического равновесия, при котором механическое состояние системы в результате теплового движения молекул непрерывно изменяется, но термодинамическое состояние остается неизменным.

2. Состояние термодинамической системы определяется совокупностью всех ее термодинамических параметров. Всякое изменение хотя бы одного из термодинамических параметров системы называется процессом. В результате процесса система переходит из одного состояния в другое. Если процесс перехода системы из одного состояния в другое представляет собой непрерывный ряд состояний равновесия, сменяющих одно другим, то он называется квазистатическим или квазиравновесным (фактически это очень медленный процесс, состоящий из непрерывной последовательности равновесных состояний системы). Квазистатические процессы являются идеальными моделями реальных процессов.

3. В соответствии с молекулярно-кинетической теорией строения вещества, все тела состоят из частиц, находящихся в непрерывном тепловом движении, причем эти частицы взаимодействуют между собой. Поэтому, даже если термодинамическая система как целое находится в состоянии покоя относительно инерциальной системы и имеет нулевую потенциальную энергию во внешнем силовом поле, она, тем не менее, обладает энергией, связанной с внутренним взаимодействием и движением частиц, входящих в состав этой системы. Иными словами, любая совокупность молекул и атомов имеет некоторую внутреннюю энергию.

Внутренняя энергия тела в общем случае представляет собой сумму кинетической энергии, обусловленной взаимодействием молекул; кинетической и потенциальной энергии колебательного движения атомов в молекулах; энергии электронных оболочек атомов и ионов; внутриядерной энергии и энергии электромагнитного излучения, существующего в объеме, который занимает тело.

4. В тепловых явлениях при температурах, не превышающих 1 кК, изменение внутренней энергии обусловлено изменениями только кинетической и потенциальной энергии молекул и атомов, входящих в состав этих молекул. Остальные составляющие внутренней энергии при этом не изменяются. Поэтому в качестве внутренней энергии тела в термодинамике рассматривают только сумму кинетической энергии всех молекул и атомов тела и потенциальной энергии их парного взаимодействия.

2.55. В закрытом цилиндре по одну сторону легкоподвижного поршня имеется некоторая масса газа при температуре 275 К, по другую — такая же масса этого газа при температуре 330 К. Поршень находится в равновесии. Общий объем газа 2,2 дм³. Определите объемы газа в каждой из частей цилиндра.

2.56. Герметическая камера максимального объема V наполнена воздухом наполовину. Сколько ходов должен сделать поршень накачивающего насоса, чтобы накачать в камеру воздух до давления p ? Атмосферное давление p_0 . Объем насоса V_0 . Нагреванием пренебречь. Стенки камеры гибки, но нерастяжимы.

2.57. Баллон объемом 50,0 дм³ наполнен сжатым воздухом при температуре 293 К до давления 10,0 МПа. Какой объем воды можно вытеснить этим воздухом из цистерны подводной лодки в море на глубине 30,0 м, если температура воды 278 К, а атмосферное давление 990 гПа? Плотность морской воды принять равной 1030 кг/м³.

2.58. Два одинаковых сосуда соединены трубкой, объемом которой можно пренебречь. Система наполнена газом и находится при температуре T . Во сколько раз изменится давление в такой системе, если один из сосудов нагреть до температуры T_1 , а другой поддерживать при прежней температуре?

2.59. Аэростат наполнен водородом при температуре 290 К. При неизменном давлении атмосферы под влиянием солнечной радиации его температура поднялась до 310 К, при этом излишек газа вышел через клапан, в результате чего масса аэростата уменьшилась на 6000 г. Определите объем аэростата. Плотность водорода 90,0 г/м³.

2.60. На рис. 2.10 изображен график изменения состояния идеального газа в координатах $p-T$. Пользуясь графиком, определите объем газа V в точках 1, 2, 3. Представьте этот процесс в координатах $p-V$. Масса газа 0,50 кг, его молярная масса 0,028 кг/моль.

2.61. Давление водорода, находящегося в баллоне объемом 10 дм³ при температуре 273 К, равно 5,0 МПа. После того как часть газа израсходовали, при температуре 290 К манометр на баллоне показал такое же давление. Сколько газа израсходовано?

2.62. В баллоне объемом 20 дм³ находится смесь азота и кислорода при давлении 0,18 МПа и температуре 15 °С. Определите массу азота и кислорода в баллоне, если масса смеси 44 г.

Значение внутренней энергии термодинамической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, зависит от строения системы и определяется ее температурой, объемом и давлением, но не зависит от того, в результате какого процесса система перешла в данное состояние. Физические величины, значение которых определяется только состоянием системы, называются функциями состояния. Таким образом, внутренняя энергия — это функция состояния термодинамической системы.

5. Работой в термодинамике называют процесс обмена энергией между рассматриваемой термодинамической системой и телами, ее окружающими, сопровождаемый изменением макропараметров состояния системы. Особый интерес в термодинамике представляет работа, выполняемая системой при изменении ее объема под действием сил давления.

Работа в термодинамике является мерой макрофизического процесса изменения внутренней энергии, обусловленного взаимодействием термодинамической системы с внешними телами. Этот процесс сопровождается изменением макроскопических параметров системы под действием приложенных к ней сил. Значение работы определяется не только начальным и конечным состоянием системы, но и видом процесса. Поэтому работа в термодинамике является функцией процесса изменения состояния системы и зависит от того, в результате какого процесса термодинамическая система перешла из одного состояния в другое.

6. В зависимости от того, в какой форме термодинамическая система обменивается энергией с внешними телами, она может быть замкнутой, адиабатически замкнутой, замкнутой в механическом отношении и незамкнутой.

Если система замкнута, то теплообмен с окружающей средой отсутствует и работа не выполняется, т. е. имеет место полная энергетическая изоляция системы от окружающей среды, поэтому внутренняя энергия замкнутой системы не изменяется с течением времени. В такой системе может происходить только теплообмен между телами, входящими в ее состав, в результате чего система оказывается в состоянии термодинамического равновесия. Из первого закона термодинамики вытекает, что в этом случае изменение внутренней энергии системы равно нулю.

В случае адиабатически замкнутой системы теплообмен с окружающей средой отсутствует, поэтому внутренняя энергия такой системы может изменяться только за счет выполнения работы. Для такой системы $\Delta U = A$.

Если термодинамическая система является замкнутой в механическом отношении, то ее внутренняя энергия может изменяться только за счет теплообмена с окружающей средой.

Изменение внутренней энергии незамкнутой термодинамической системы при переходе из одного состояния в другое обязательно сопровождается изменением ее механической энергии. Согласно закону сохранения и превращения энергии для такой системы $\Delta E + \Delta U = A + Q$, где ΔE — изменение полной механической энергии системы. Этот закон лежит в основе решения практически всех задач по термодинамике.

В соответствии с основными этапами решения задачи по физике при решении задач по теме «Основы термодинамики» можно руководствоваться следующим алгоритмическим предписанием.

1. Проанализируйте физическую ситуацию и выделите материальные объекты, имеющие отношение к ней.

2. Выберите при необходимости систему отсчета и введите ее идеальную физическую модель — инерциальную систему отсчета.

3. Выберите физическую систему (одну или несколько) и определите тип каждой из выделенных физических систем (замкнутая, адиабатически замкнутая, замкнутая в механическом смысле, незамкнутая).

4. Выясните, как изменяются параметры состояния (p, V, T) и внутренняя энергия каждого тела системы при переходе из одного состояния в другое.

5. Запишите уравнения, связывающие параметры двух состояний физической системы, и формулы для расчета изменения внутренней энергии каждого тела системы при переходе из одного состояния в другое.

6. Определите изменение механической энергии физической системы и работу внешних сил по изменению ее объема.

7. Запишите в развернутом виде формулу первого закона термодинамики, или закона сохранения и превращения энергии.

8. Решите систему уравнений, полученных в п. 5–7, в общем виде, проверьте правильность решения в общем виде, выполните числовые расчеты и проанализируйте их.

Пример 1. В латунном замкнутом калориметре массой 100 г находится 200 г льда при температуре -10°C . В калориметр впускают некоторое количество водяного пара при температуре 200°C . Определите массу пара, если в результате теплообмена в калориметре установилась температура 30°C .

Ответ: 35 г

Пример 2. В сосуд с водой при температуре 363 К опускают медную пластинку, масса которой равна массе воды. В результате теплообмена в сосуде установилась температура 373 К и часть воды превратилась в пар. Определите начальную температуру пластинки, если после ее опускания уровень воды в сосуде не изменился.

Ответ: 1,15 КК

Пример 3. В цилиндре объемом 2,0 л, закрытом невесомым поршнем, находится насыщенный водяной пар. При постоянном атмосферном давлении $p_0 = 0,10$ МПа пар сжимают до объема 1,0 л. Какое количество теплоты нужно отвести от цилиндра, чтобы температура пара не изменилась?

Пример 4. В вертикальном цилиндре, закрытом подвижным поршнем массой 10 кг и площадью 50 см^2 , находится 2,0 л азота при температуре 300 К. Определите количество теплоты, необходимое для нагревания азота на 100 К, если атмосферное давление 0,10 МПа.

Пример 5. Идеальный газ массой m , находящийся при температуре T , охлаждается изохорически так, что его давление уменьшается в k раз. Затем газ расширяется при постоянном давлении. Температура газа в конечном состоянии равна первоначальной. Определите совершенную газом работу. Молярная масса газа M .

$$A' = \frac{m}{M} RT \left(1 - \frac{1}{k} \right).$$

Ответ:

Пример 6. Два теплоизолированных баллона наполнены воздухом и соединены короткой трубкой с краном. Известны объемы баллонов, а также давление и температура воздуха в них (p_1, V_1, T_1 и p_2, V_2, T_2). Определите температуру и давление воздуха, которые установятся после открытия крана.

$$T = \frac{T_1 T_2 (p_1 V_1 + p_2 V_2)}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1} \quad p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Ответ:

Пример 7. С какой минимальной скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы при столкновении со стальной плитой она смогла целиком расплавиться, если во внутреннюю энергию плиты превращается 20 % энергии, выделяемой при ударе? Температура пули в момент удара 127 °С.

Пример 8. Свинцовые бруски массами 0,4 кг и 0,2 кг движутся по гладкому столу навстречу один другому со скоростями 2 м/с и 6 м/с. На сколько повысится температура брусков при их центральном неупругом столкновении?

$$\Delta T = \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{2c(m_1 + m_2)^2} = 0,055 \text{ К}.$$

Ответ:

Пример 9. Какое количество теплоты необходимо для нагревания 9,0 г аргона от температуры 10 °С до температуры 25 °С, если он находится в цилиндре, закрытом тяжелым поршнем? Чему равно изменение внутренней энергии аргона?

Ответ: 42 Дж

Пример 10. В проточном калориметре воздух при постоянном давлении пропускают по трубе и одновременно нагревают при помощи электронагревателя. Температура воздуха на входе в калориметр 293 К. Определите его температуру на выходе, если при мощности нагревателя 1000 Вт и расходе газа 540 кг/ч она оказалась такой же, как и при мощности 2000 Вт и расходе газа 720 кг/ч.

$$T_2 = T_1 + \frac{2M(N_2 - N_1)t}{7R(m_2 - m_1)} = 313 \text{ К}$$

Ответ:

Пример 11. Для превращения в пар 1,0 кг воды в процессе кипения при нормальном атмосферном давлении ей необходимо передать количество теплоты, равное 2,27 МДж. Какая часть этого количества теплоты расходуется на выполнение работы против внешних сил, если плотность кипящей воды 958 кг/м³?

$$\frac{A'}{Q} = 7,3 \cdot 10^{-2}$$

Ответ:

Пример 12. Камень массой 260 г и объемом 100 см³ падает в озеро глубиной 20 м с высоты 10 м над поверхностью воды. Определите, какое количество теплоты выделилось при ударе камня о дно, если сила сопротивления при движении камня в воде составляет 10% от его силы тяжести.

Пример 13. Конькобежец, движущийся со скоростью 15 м/с, въезжает на ледяную горку, образующую угол 30° с горизонтом. Определите коэффициент трения между коньками и льдом, если при движении конькобежца расплавилось 2,2 г льда? Температура льда 0 °С, масса конькобежца 70 кг.

$$\mu = \frac{2\lambda m \operatorname{tg} \alpha}{m_1 v_0^2 - 2\lambda m} = 0,06$$

Ответ:

Пример 14. Замкнутый цикл, совершаемый 300 г азота, изображен на рис. 2.21. Определите: количество теплоты, полученное от нагревателя за один цикл; работу, совершенную газом за один цикл; КПД цикла; какой КПД имел бы идеальный тепловой цикл, изотермы которого соответствовали бы наибольшей и наименьшей температурам рассматриваемого цикла.

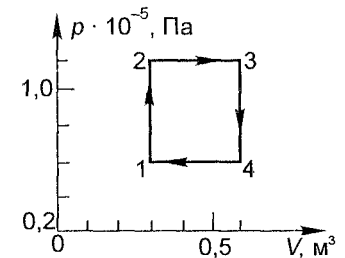


Рис. 2.21

$$Q = \frac{M}{R} [c_1 V_1 (p_2 - p_1) + c_p p_2 (V_2 - V_1)] = 171 \text{ кДж}.$$

Ответ:

$$A' = (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = 18 \text{ кДж} \quad \eta = \frac{A'}{Q_1} = 0,1 \quad \eta' = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max}} = 0,75$$

2.63. Часто во время весенних заморозков растения периодически опрыскивают водой. Зачем это делают?

2.64. Почему паяльники делают только из красной меди?

2.65. Почему радиаторы двигателей в зимнее время заполняют преимущественно не водой, а специальной жидкостью — тосолом?

2.66. Стальную деталь массой 2,5 кг подвергают закалке путем охлаждения ее в машинном масле. Какое количество масла необходимо взять при температуре 20 °С, чтобы его конечная температура не превысила 80 °С, если деталь нагрета до 920 °С? На сколько при этом уменьшится внутренняя энергия детали?

2.67. В стальной калориметр массой 300 г, содержащий 1,5 л воды при температуре 27 °С, бросают 400 г мокрого снега. В результате в калориметре устанавливается температура 17 °С. Определите, сколько льда было в снеге.

2.68. В калориметр теплоемкостью 2,1 кДж/К, содержащий 0,5 кг воды при температуре 40 °С, вливают 20 кг расплавленного свинца при температуре 327 °С. Определите массу испарившейся воды.

2.69. В сосуд, содержащий 5,0 кг льда и 4,0 кг воды при 0 °С, впускают 0,50 кг водяного пара при температуре 100 °С. Определите температуру смеси и массу воды в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

2.70. В калориметр, содержащий 1,0 л воды при температуре 20 °С, бросают нагретый до 500 °С кусок железа, масса которого 100 г. При этом некоторое количество воды обращается в пар. Окончательная температура воды 24 °С. Определите массу обратившейся в пар воды.

2.71. В латунном калориметре массой $m_1 = 200$ г находится кусок льда массой $m_2 = 100$ г при $t_1 = -10$ °С. Сколько пара, имеющего температуру $t_2 = 100$ °С, необходимо впустить в калориметр, чтобы образовавшаяся вода имела температуру $\theta = 40$ °С?

2.72. Свинцовая пуля, имеющая скорость $v_1 = 400$ м/с, пробивает доску, при этом ее скорость уменьшается до $v_2 = 50$ м/с. Определите, какая часть пули расплавилась, если ее начальная температура $t = -25$ °С. На нагревание пули в момент удара расходуется $\eta = 60\%$ энергии.

2.73. Сколько времени потребуется для того, чтобы на электроплитке мощностью 600 Вт, имеющей КПД 40%, нагрелось 0,50 л воды от 20 °С до кипения и 10% ее обратилось в пар?

2.74. Вода при соблюдении необходимых предосторожностей может быть переохлаждена до температуры 263 К. Какая масса льда образуется из 1 000 г такой воды, если бросить в нее кусочек льда и тем вызвать замерзание? Считать, что теплоемкость переохлажденной воды не зависит от температуры и равна теплоемкости обычной воды.

2.75. На сколько нагреется стальная поковка массой 150 кг, если для ее обработки механическим молотом массой 5 т необходимо произвести 15 ударов? Скорость молота в момент удара 3 м/с, на нагревание поковки расходуется 60% энергии молота.

2.76. Молот весом 0,10 МН падает с высоты 2,5 м на стальную болванку массой 2,0·10⁴ кг. Сколько раз он должен упасть, чтобы температура болванки поднялась на 40 К? На нагревание болванки идет 60% теплоты, выделяемой при ударах.

2.77. При движении по горизонтальному пути автомобиль массой 2,0·10³ кг развивает скорость 90 км/ч, расходуя при этом 100 г бензина на 1,0 км пути. При движении в гору с уклоном 1,0 м на каждые 25 м пути автомобиль при тех же условиях развивает скорость 54 км/ч. Определите КПД двигателя, если теплота сгорания бензина 46 МДж/кг.

2.78. Сжимая идеальный газ адиабатически, мы совершаем работу. Увеличивается ли при этом потенциальная энергия газа?

2.79. Осуществляется квазистатический процесс адиабатического расширения идеального газа. Как будет изменяться при этом температура газа?

2.80. На что расходуется электроэнергия, потребляемая домашним холодильником?

2.81. Идеальный газ совершает замкнутый процесс, изображенный на рис. 2.22 в координатах V - T . Изобразите этот процесс в координатах p - V и укажите, на каких стадиях процесса газ получал теплоту, а на каких — отдавал.

2.82. При изобарическом нагревании аргон совершил работу $A = 8,0$ Дж. Какое количество теплоты было сообщено газу?

2.83. Гелий занимает объем 2 м³ при давлении 0,1 МПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления 0,3 МПа. Определите изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и количество полученной теплоты.

2.84. Используя формулу внутренней энергии одноатомного идеального газа, найдите значение молярной теплоемкости этого газа при постоянном объеме.

2.85. Докажите, что универсальная газовая постоянная R равна работе изобарического расширения одного моля идеального газа при нагревании его на 1 К.

2.86. Кислород занимает объем 0,50 м³ и находится под давлением 0,30 МПа. Газ нагревают сначала при постоянном давлении до объема 2,0 м³, а затем при постоянном объеме до давления 0,50 МПа. Найдите изменение внутренней энергии газа, количество теплоты, переданное газу, и совершенную им работу.

2.87. При переходе 5,0 дм³ кислорода, находящегося под давлением 0,50 МПа, из начального состояния в конечное объем его увеличивается в 3 раза, а давление — в 2 раза. Определите количество теплоты, необходимое газу для этого перехода, изменение его внутренней энергии, а также работу, совершенную газом, при условии, что переход осуществляется по пути: а) 1–3–2; б) 1–4–2; в) 1–2 (рис. 2.23).

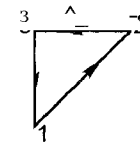


Рис. 2.22

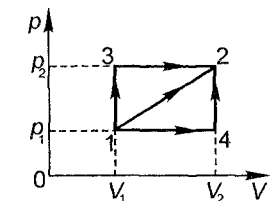


Рис. 2.23