

22.2 Термодинамика.

- 22.2.1** В сосуде с небольшой трещиной находится воздух. Воздух может медленно просачиваться сквозь трещину. Во время опыта объем сосуда уменьшили в 8 раз, давление воздуха в сосуде увеличилось в 2 раза, а его абсолютная температура увеличилась в 1,5 раза. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде? (Воздух считать идеальным газом.)
- 22.2.2** Теплоизолированный цилиндр разделён подвижным теплопроводным поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой – аргон. В начальный момент температура гелия равна 300 К, а аргона – 900 К; объёмы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Поршень медленно перемещается без трения. Теплоёмкость поршня и цилиндра пренебрежимо мала. Чему равно отношение внутренней энергии гелия после установления теплового равновесия к его энергии в начальный момент?
- 22.2.3** В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится 0,1 моль гелия, запёртого поршнем. Поршень удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с и застревает в нём. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Какова масса поршня? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с поршнем и цилиндром.
- 22.2.4** Теплоизолированный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится 1 моль гелия, а в другой 1 моль неона. Атомы гелия могут свободно проникать через перегородку, а атомы неона – нет. Начальная температура гелия равна температуре неона: $T = 400$ К. Определите внутреннюю энергию газа в той части сосуда, где первоначально находился неон, после установления равновесия в системе.
- 22.2.5** В цилиндр с подвижным поршнем накачали $\nu = 4$ моля идеального одноатомного газа при температуре $t_1 = 70$ °С. Накачивание вели так, что давление газа было постоянным. Затем накачку прекратили и дали газу в цилиндре расшириться без теплообмена с окружающей средой до давления $p = 1$ атм. При этом газ остыл до температуры $t_2 = 30$ °С. Какую суммарную работу совершил газ в этих двух процессах? В исходном состоянии цилиндр был пуст и поршень касался дна.
- 22.2.6** Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объёму. В результате плотность газа уменьшается в 2 раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты $Q = 20$ кДж. Какова температура газа в состоянии 1?
- 22.2.7** Один моль аргона, находящийся при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечный объём газа вдвое больше начального. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу 2493 Дж?
- 22.2.8** Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 700 с на 10 °С, если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

22.2.9 В закрытом сосуде под поршнем находится 4 г насыщенного водяного пара. Двигая поршень, занимаемый паром объем уменьшили в 2 раза, поддерживая температуру сосуда и его содержимого постоянной и равной $100\text{ }^\circ\text{C}$. Какое количество теплоты было при этом отведено от сосуда?

22.2.10 Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке 1. На участке 1-2 газ совершает работу $A_{12} = 10^3\text{ Дж}$. Участок 3-1- адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_X| = 3370\text{ Дж}$. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу газа при адиабатическом сжатии.

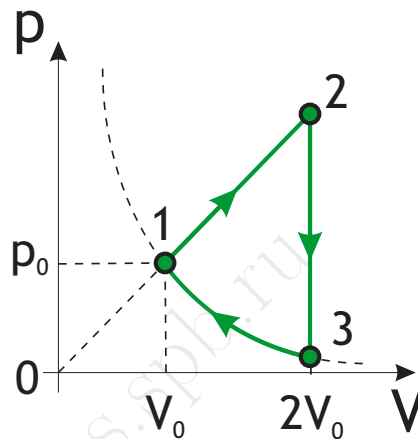


Рис. 1:

22.2.11 В сосуде объемом $V = 0,02\text{ м}^3$ с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $S = 2 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2$, заткнутое пробкой. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж . Определите максимальную силу трения покоя F пробки о края отверстия. Газ считать идеальным.

22.2.12 Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью $0,02\text{ м}^2$, который может свободно перемещаться. Под поршнем находится $0,1$ моля одноатомного газа при некоторой температуре T_0 . Над поршнем находится воздух при нормальном атмосферном давлении. Сначала газу сообщили количество теплоты 3 Дж , потом закрепили поршень и охладили газ до начальной температуры T_0 . При этом давление газа под поршнем стало равно атмосферному. Чему равна температура T_0 ?

22.2.13 В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p = 4 \cdot 10^5\text{ Па}$. Расстояние от дан сосуда до поршня равно L . Площадь поперечного сечения поршня $S = 25\text{ см}^2$ (см. рисунок 2). В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 1,65\text{ кДж}$, а поршень сдвинулся на расстояние $x = 10\text{ см}$. При движении поршня на него со стороны стенок действует сила трения величиной $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3\text{ Н}$. Найдите L . Считать, что сосуд находится в вакууме.

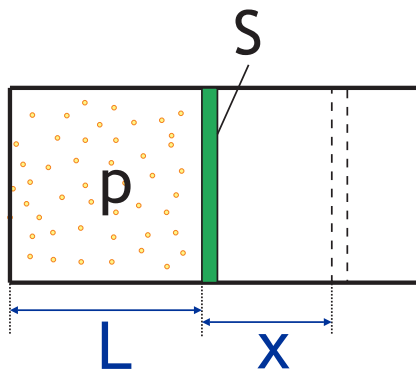


Рис. 2:

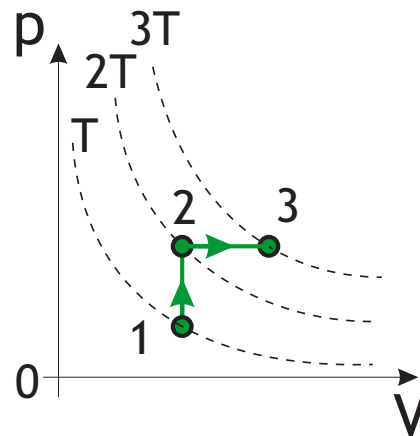


Рис. 3:

22.2.14 Два моля идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем - в состояние 3. Пунктирными линиями на диаграмме показаны изотермы (см. рисунок 3). Определите, чему равно отношение количества теплоты Q_{12} , полученного газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, к количеству теплоты Q_{23} , полученному газом при переходе из состояния 2 в состояние 3.

22.2.15 В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится гелий, запертый поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения (см. рисунок 4). В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Чему равно количество гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.

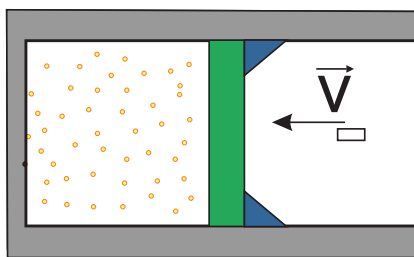


Рис. 4:

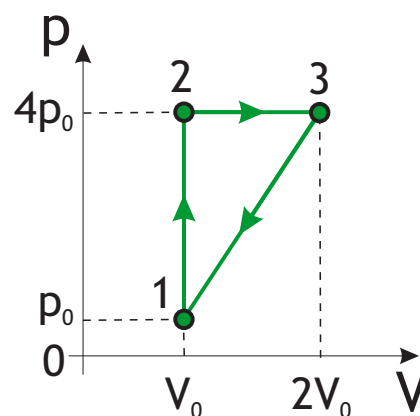


Рис. 5:

22.2.16 Чему равен КПД цикла (см. рисунок 5), проводимого с идеальным одноатомным газом?

22.2.17 С одним молем идеального газа проводят циклический процесс 1-2-3-1, где 1-2 - адиа-

бата, 2-3 - изобара, 3-1 - изохора (см. рисунок 6). Температуры в точках 1,2,3 равны 600 К, 455 К и 300 К соответственно. Найдите КПД цикла.

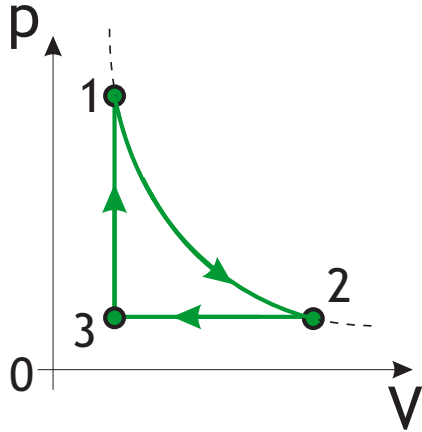


Рис. 6:

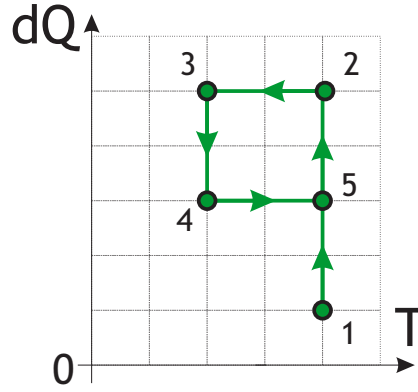


Рис. 7:

22.2.18 На рисунке 7 изображен процесс 1-2-3-4-5, проводимый над 1 молем идеального одноатомного газа. Вдоль оси абсцисс отложена абсолютная температура T газа, а вдоль оси ординат - количество теплоты ΔQ , полученное или отданное газом на соответствующем участке процесса. После прихода в конечную точку 5 весь процесс циклически повторяется с теми же параметрами изменения величин, отложенных на осях. Найдите КПД этого цикла.

22.2.19 Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы изображен на pV -диаграмме (см. рисунок 8), и состоит из двух адиабат, изохоры и изобары. Модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе ΔT_{12} к изменению температуры ΔT_{34} при изохорном процессе равен 1,2. Определите КПД цикла.

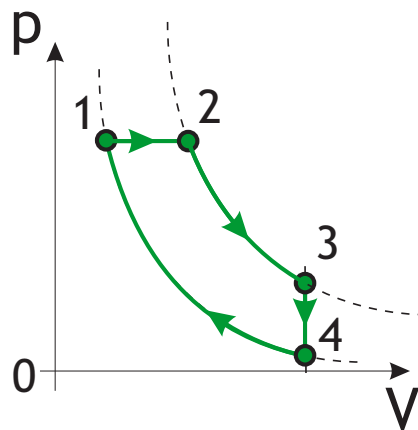


Рис. 8:

22.2.20 Идеальная тепловая машина с температурой холодильника 300 К и температурой нагревателя 400 К за один цикл своей работы получает от нагревателя количество теплоты

1 Дж. За счёт совершаемой машиной работы груз массой 1 кг поднимается вверх с поверхности земли. На какую высоту над землёй поднимется этот груз через 100 циклов работы машины? Ответ приведите в метрах.

22.2.21 Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с водой, а в качестве холодильника — сосуд со льдом при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При совершении машиной работы 1 МДж растаяло 12,1 кг льда. Определите температуру воды в резервуаре. (Удельная теплота плавления льда — $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.)

22.2.22 Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является 10 молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а КПД тепловой машины равен η . Определите работу, совершённую газом в изотермическом процессе.

22.2.23 С какой наименьшей высоты должны были бы свободно падать дождевые капли, чтобы при ударе их о землю от них не осталось мокрого места? Температура капель в момент удара о землю равна $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сопротивление воздуха не учитывать. Ускорение свободного падения считать постоянным.

Physics.spb.ru