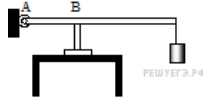


Динамика, механическое равновесие

1.

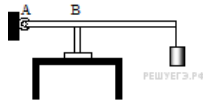
В цилиндр объемом $0,5 \text{ м}^3$ насосом закачивается воздух со скоростью $0,002 \text{ кг/с}$. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (см. рисунок).



К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг . Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, расстояние AB равно $0,1 \text{ м}$. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К . Определите длину стержня, если его можно считать невесомым.

2.

В цилиндр объемом $0,5 \text{ м}^3$ насосом закачивается воздух со скоростью $0,002 \text{ кг/с}$. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (см. рисунок).



К свободному концу стержня длиной $0,5 \text{ м}$ подвешен груз массой 2 кг . Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К . Определите длину AB .

3.

Сферическую оболочку воздушного шара наполняют гелием при атмосферном давлении 10^5 Па . Минимальная масса оболочки, при которой шар начинает поднимать сам себя, равна 500 кг . Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна 0 °C . Чему равна масса одного квадратного метра материала оболочки шара? (Площадь сферы $S = 4\pi R^2$, объем шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.)

4.

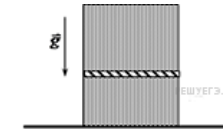
Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и наполнен гелием. Какова масса гелия в шаре, если на высоте, где температура воздуха 17 °C , а давление 10^5 Па , шар может удерживать в воздухе груз массой 225 кг ? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

5.

Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17 °C , а давление 10^5 Па ? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

6.

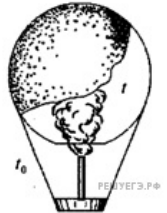
Вертикально, расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой 50 см разделен подвижным поршнем весом 110 Н на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество идеального газа при температуре 361 К .



Сколько молей газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте 20 см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.

7.

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145 \text{ кг}$ и объем $V = 230 \text{ м}^3$, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0 \text{ °C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

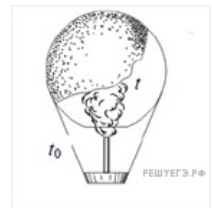


8.

В горизонтальной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной 15 см , который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на 60 К . При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Давление атмосферы в лаборатории — 750 мм рт. ст. Какова температура воздуха в лаборатории?

9.

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145 \text{ кг}$ и объем $V = 230 \text{ м}^3$, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0 \text{ °C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



10.

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

11.

Горизонтальный хорошо теплопроводящий цилиндр, разделённый подвижными поршнями площадью $S = 100$ см² на 5 отсеков (№№ 1—5), содержит в них одинаковые количества идеального газа при температуре окружающей среды и под давлениями, равными давлению $p_a = 10^5$ Па окружающей цилиндр атмосферы (см. рисунок). Каждый поршень сдвигается с места, если приложенная к нему горизонтальная сила превышает силу сухого трения $F_{тр} = 2$ Н. К самому левому поршню прикладывают горизонтальную силу F , медленно увеличивая её по модулю. Какого значения достигнет F , когда объём газа в самом правом, 5-м отсеке цилиндра уменьшится в $n = 2$ раза? Процессы изменения состояния газов в отсеках цилиндра считать изотермическими.



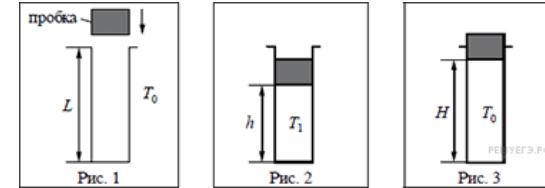
12.

Горизонтальный хорошо теплопроводящий цилиндр, разделённый подвижными поршнями площадью $S = 50$ см² на 5 отсеков (№№ 1—5), содержит в них одинаковые количества идеального газа при температуре окружающей среды и под давлениями, равными давлению $p_a = 10^5$ Па окружающей цилиндр атмосферы (см. рисунок). Каждый поршень сдвигается с места, если приложенная к нему горизонтальная сила превышает силу сухого трения $F_{тр} = 4$ Н. К самому левому поршню прикладывают горизонтальную силу F , медленно увеличивая её по модулю. При какой силе F давление газа в самом правом, пятом отсеке цилиндра, увеличится в $n = 3$ раза? Процессы изменения состояния газов в отсеках цилиндра считать изотермическими.



13.

В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1 . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится $h = 40$ см (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится $H = 46$ см (рис. 3). Чему равна температура T_1 ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



14.

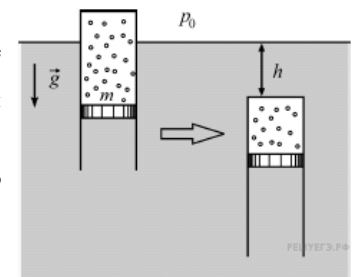
В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой $M = 25$ кг и площадью $S = 500$ см² находится идеальный одноатомный газ при температуре $T = 300$ К. Поршень в равновесии располагается на высоте $h = 50$ см над дном цилиндра. После сообщения газу некоторого количества теплоты поршень приподнялся, а газ нагрелся. Найдите удельную теплоёмкость газа в данном процессе. Давление в окружающей цилиндр среде равно $p_0 = 10^4$ Па, масса газа в цилиндре $m = 0,6$ г.

15.

В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой $M = 5$ кг и площадью $S = 100$ см² находится идеальный одноатомный газ. После сообщения газу некоторого количества теплоты поршень приподнялся на высоту $\Delta h = 5$ см над дном цилиндра, а газ нагрелся на $\Delta T = 30$ К. Найдите удельную теплоёмкость газа в данном процессе. Давление в окружающей цилиндр среде равно $p_0 = 10^4$ Па, масса газа в цилиндре $m = 0,12$ г.

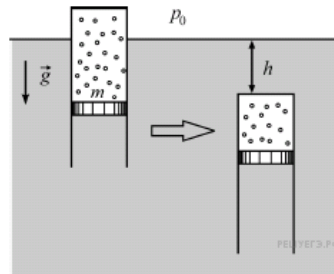
16.

Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой $m = 1$ кг, который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре $T = 293$ К (см. рис.). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину $h = 1$ м (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Какое количество воздуха было в цилиндре? Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5$ Па, масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.



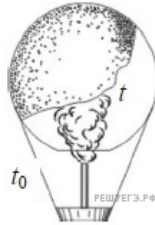
17.

Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой $m = 3$ кг, который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре $T = 300$ К (см. рис.). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину $h = 10$ м (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Найдите массу воздуха в цилиндре. Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5$ Па, масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.



18.

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объем $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0$ °С. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



19.

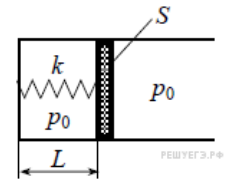
Гелий в количестве $\nu = 1/20$ моля находится в горизонтальном закреплённом цилиндре с поршнем, который может без трения перемещаться в цилиндре и вначале удерживается в равновесии силой $F_1 = 280$ Н. При этом среднеквадратичная скорость движения атомов гелия составляет $u_1 = 1400$ м/с. Затем гелий стали охлаждать, а поршень медленно сдвигать, постепенно уменьшая действующую на него силу. Когда эта сила равнялась $F_2 = 150$ Н, среднеквадратичная скорость движения атомов гелия стала равной $u_2 = 1200$ м/с. На какое расстояние Δl при этом сдвинулся поршень?

20.

Гелий в количестве $\nu = 0,1$ моля находится в горизонтальном закреплённом цилиндре с поршнем, который может без трения перемещаться в цилиндре и вначале удерживается в равновесии силой $F_1 = 200$ Н. При этом среднеквадратичная скорость движения атомов гелия составляет $v_1 = 1100$ м/с. Затем гелий стали нагревать, а поршень удерживать в равновесии, медленно сдвигая его и постепенно увеличивая действующую на него силу. Когда эта сила равнялась $F_2 = 300$ Н, среднеквадратичная скорость движения атомов гелия стала равной $v_2 = 1500$ м/с. На какое расстояние Δl от исходного положения при этом сдвинулся поршень?

21.

В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем с площадью S находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью k . В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра равно L , а давление газа в цилиндре равно внешнему атмосферному давлению p_0 (см. рисунок). Какое количество теплоты Q передано затем газу, если в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние b ?



22.

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1$ м³. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400$ К; во втором — $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $p = 5,4$ кПа. Определите первоначальную температуру аргона T_2 .

23.

В горизонтально расположенной трубке с одним закрытым концом с помощью столбика ртути заперт воздух при температуре 27 °С. Затем трубку переворачивают вертикально открытым концом вверх и нагревают на 60 °С, в результате чего объём запертого воздуха становится таким же, как и был в горизонтальном положении. Найдите d — высоту столбика ртути, если атмосферное давление равно 750 мм рт. ст.

24.

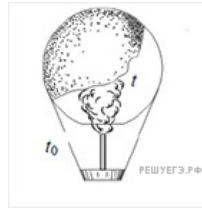
Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1$ м³. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 450$ К; во втором — $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре $T_2 = 300$ К. Кран открывают. Определите давление в сосудах после установления равновесного состояния.

25.

В горизонтально расположенной трубке с одним закрытым концом с помощью столбика ртути длиной $7,5$ см заперт воздух при температуре 27 °С. Затем трубку переворачивают вертикально открытым концом вверх и нагревают, в результате чего объём запертого воздуха становится таким же, как и был в горизонтальном положении. Насколько изменилась температура внутри колбы, если атмосферное давление равно 750 мм рт. ст.

26.

Воздух в воздушном шаре, оболочка которого имеет массу $M = 400$ кг и объём $V = 2500$ м³, нагревают горелкой через отверстие снизу. Окружающий воздух имеет температуру $t_0 = 7$ °С и плотность $\rho_0 = 1,2$ кг/м³. При какой минимальной разности температур шар сможет поднять груз массой $m = 200$ кг? Оболочка шара нерастяжима.

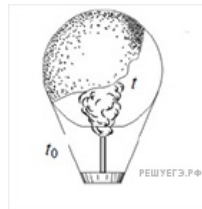


27.

В гладком вертикальном цилиндре под подвижным поршнем массой M и площадью S находится идеальный одноатомный газ. Поршень в равновесии располагается на высоте h над дном цилиндра. После сообщения газу количества теплоты Q поршень приподнялся, а газ нагрелся. Найдите, на какой высоте H над дном цилиндра находится поршень. Давление в окружающей цилиндр среде равно p_0 .

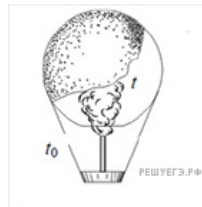
28.

Воздух в воздушном шаре, оболочка которого имеет массу $M = 400$ кг и объём $V = 2500$ м³, нагревают горелкой через отверстие снизу до температуры 77 °С. Окружающий воздух имеет плотность $\rho_0 = 1,2$ кг/м³. Чему равна температура окружающего воздуха, если шар может поднять груз массой $m = 200$ кг? Оболочка шара нерастяжима.



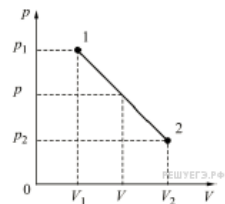
29.

Воздух в воздушном шаре, оболочка которого имеет массу $M = 400$ кг и объём $V = 2500$ м³, нагревают горелкой через отверстие снизу при нормальном атмосферном давлении. Окружающий воздух имеет температуру $t_0 = 17$ °С. При какой минимальной разности температур шар сможет поднять груз массой $m = 200$ кг? Оболочка шара нерастяжима.



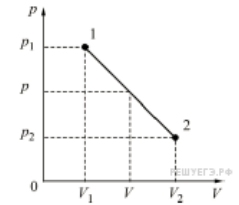
30.

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 3$ атм, $V_1 = 1$ л, $p_2 = 1$ атм, $V_2 = 4$ л. Какой объём V_M соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



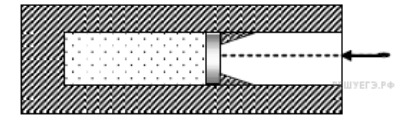
31.

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 4$ атм, $V_1 = 1,5$ л, $p_2 = 1,3$ атм, $V_2 = 4,5$ л. Какой объём V_M соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



32.

В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр (см. рисунок). В цилиндре находится гелий, запёртый поршнем. Поршень массой 90 г 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. Чему равно количество вещества гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.



33.

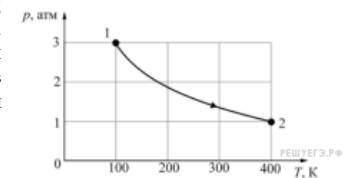
В холодное зимнее время хозяева квартиры стали замерзать при температуре в комнате $T = +18$ °С и, включив дополнительный обогреватель, добились повышения температуры на $\Delta T = 4$ °С. На сколько при этом изменилась масса воздуха в комнате? Площадь комнаты $S = 20$ м², высота потолка $h = 2,5$ м, атмосферное давление $p = 10^5$ Па, воздух в комнате свободно сообщается с атмосферой. Ответ округлите до целого числа граммов.

34.

В холодное зимнее время хозяева квартиры стали замерзать при температуре в комнате $T = +17$ °С и, включив дополнительный обогреватель, добились повышения температуры на $\Delta T = 6$ °С. На сколько при этом изменилась масса воздуха в комнате? Площадь комнаты $S = 25$ м², высота потолка $h = 2,75$ м, атмосферное давление $p = 10^5$ Па, воздух в комнате свободно сообщается с атмосферой. Ответ округлите до целого числа граммов.

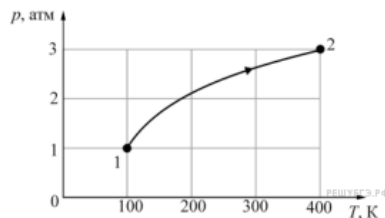
35.

С одним молем гелия, находящегося в цилиндре под поршнем, провели процесс 1–2, изображённый на $p-T$ диаграмме. Во сколько раз изменилась при этом частота ν столкновений атомов со стенками сосуда, то есть число ударов атомов в единицу времени о единицу площади стенок? Начальные и конечные параметры процесса 1–2 приведены на рисунке.



36.

С одним молем гелия, находящегося в цилиндре под поршнем, провели процесс 1–2, изображённый на p – T диаграмме. Во сколько раз изменилась при этом частота ν столкновений атомов со стенками сосуда, то есть число ударов атомов в единицу времени о единицу площади стенок? Начальные и конечные параметры процесса 1–2 приведены на рисунке.



37.

В горизонтально лежащей пробирке находится воздух заблокированный ртутью. Уровень воздуха в горизонтальном состоянии 24 см, длина столбика ртути 21 см. Пробирку переворачивают в вертикальное положение так, что оттаянная часть пробирки находится сверху. Каков будет уровень воздуха в вертикальном положении, если длина ртути не меняется, а атмосферное давление составляет 739 мм рт. ст.?

38.

Мальчик решил подняться в воздух на воздушных шарах с гелием. Известно, что мальчик весит 40 кг, а на улице нормальное атмосферное давление и температура 27 °С. Учитывая, что объем одного шара составляет 10 литров, найдите, сколько потребуется шаров для такого путешествия. Массой оболочки шаров и объемом мальчика пренебречь.

39.

Для того чтобы совершить полет, изобретатель массой 60 кг решил использовать 5000 воздушных шариков с гелием. До какого объема необходимо надуть шар, чтобы изобретатель поднялся в воздух при нормальном атмосферном давлении и температуре воздуха $T = 27$ °С. Массой оболочки шаров и объемом изобретателя пренебречь.

40.

Два баллона объемами 10 и 20 л содержат 2 моль кислорода и 1 моль азота соответственно при температуре 28 °С. Какое давление установится в баллонах, если их соединить между собой? Температуру газов считать неизменной.