

8.4. Изотермический процесс

8.4.1. В цилиндре под поршнем находится воздух при температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 180\text{ кПа}$. Воздух изотермически нагревают так, что его объем увеличивается до $V_2 = 3\text{ л}$. Каким будет давление воздуха в цилиндре, если его начальный объем $V_1 = 1,5\text{ л}$? Постройте графики этого процесса в координатах $p-V$, $p-T$, $V-T$.

8.4.2. Идеальный газ сжимают изотермически из состояния с объемом $V_1 = 6\text{ л}$ так, что давление газа изменяется в $n = 3$ раза. На сколько при этом изменяется объем, занимаемый газом?

8.4.3. Идеальный газ расширяют изотермически так, что его объем изменяется в $n = 1,4$ раза, а давление — на $\Delta p = 2\text{ атм}$. Найдите начальное давление газа.

8.4.4. На Памире давление воздуха на вершине пика Ленина (высота 7134 м) $p_1 = 288\text{ мм рт. ст.}$ Определите плотность воздуха на вершине пика при 0°C , зная, что плотность воздуха при нормальных условиях $\rho_0 = 1,29\text{ кг/м}^3$.

8.4.5. В закрытом сосуде, объем которого можно изменять, находится не проницаемый для воздуха предмет. При объеме сосуда (вместе с находящимся в нем предметом) $V_1 = 2\text{ л}$ давление воздуха в нем $p_1 = 10^5\text{ Па}$, а при объеме $V_2 = 1\text{ л}$ давление $p_2 = 3 \cdot 10^5\text{ Па}$. Температура остается постоянной. Найдите объем предмета.

8.4.6. В цилиндрический сосуд, лежащий на горизонтальной поверхности, начинают медленно вдвигать с открытого конца гладкий поршень (рис. 8.4.1). Найдите давление воздуха в сосуде в тот момент, когда сосуд сдвинется с места. Масса сосуда вместе с поршнем $m = 2\text{ кг}$, площадь поршня $S = 2\text{ см}^2$, атмосферное давление $p_0 = 100\text{ кПа}$, коэффициент трения между горизонтальной поверхностью и сосудом $\mu = 0,3$.

8.4.7. В цилиндре под поршнем находится воздух. Поршень имеет клиновидную форму и скользит без трения (рис. 8.4.2). Какой груз надо положить на поршень, чтобы уменьшить начальный объем воздуха в 2 раза? Поршень имеет массу $M = 6\text{ кг}$. Площадь поперечного сечения цилиндра $S = 20\text{ см}^2$. Процесс изотермический. Атмосферное давление p_0 .

8.4.8. Вертикальный цилиндр высотой $2l$ разделен посередине подвижным невесомым поршнем. В поршне имеется отверстие, закрытое пробкой, по обе стороны поршня находится одинаковое количе-

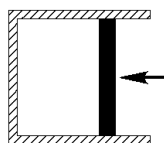


Рис. 8.4.1

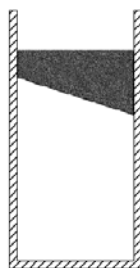


Рис. 8.4.2

ство воздуха при давлении p . На какое расстояние нужно сдвинуть поршень, чтобы вылетела пробка, если она вылетает при избыточном давлении Δp ?

8.4.9. В вертикально стоящем цилиндрическом сосуде, заполненном воздухом, находятся в равновесии два тонких одинаковых тяжелых поршня. Расстояние между поршнями и расстояние от нижнего поршня до дна сосуда одинаковы и равны $l = 10\text{ см}$, давление между поршнями равно удвоенному нормальному атмосферному давлению p_0 . На верхний поршень давят таким образом, что он перемещается на место нижнего. На каком расстоянии от дна будет находиться нижний поршень? Температуру воздуха считать постоянной. Трение не учитывать.

8.4.10. В горизонтально закрепленной и открытой с торцов трубе сечением S находятся два поршня (рис. 8.4.3). В исходном состоянии левый поршень соединен недеформированной пружиной жесткостью k со стенкой, давление p_0 газа между поршнями равно атмосферному, расстояние l от правого поршня до края трубы равно расстоянию между поршнями. Правый поршень медленно вытянули до края трубы. Какую силу надо приложить к поршню, чтобы удерживать его в этом положении? Температуру газа считать постоянной. Трение не учитывать.

8.4.11. Два расположенных горизонтально цилиндрических сосуда, соединенных герметически, перекрыты поршнями, соединенными несжимаемым стержнем. Между поршнями и вне их находится воздух при атмосферном давлении p_0 . Площади поршней равны S_1 и S_2 . Первоначальный объем воздуха между поршнями равен V_0 (рис. 8.4.4). На сколько сместятся поршни, если давление в камере A повысить до значения p ? Температуру воздуха считать постоянной. Трение не учитывать.

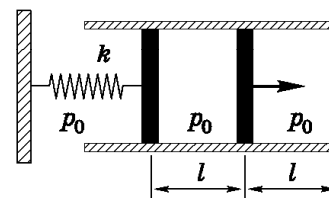


Рис. 8.4.3

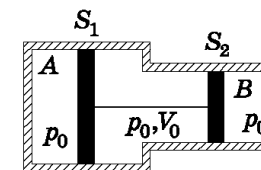


Рис. 8.4.4

8.4.12. Воздух находится в сосуде под поршнем массой $m = 20\text{ кг}$ и сечением $S = 20\text{ см}^2$ (рис. 8.4.5). После того как сосуд стали двигать вверх с ускорением $a = 5\text{ м/с}^2$, высота столба воздуха в сосуде уменьшилась на $\eta = 20\%$. Считая температуру воздуха внутри сосуда постоянной, найдите атмосферное давление p . Трение между поршнем и стенками сосуда не учитывать.

8.4.13. В закрепленном под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту цилиндре (рис. 8.4.6) может без трения двигаться поршень массой $m = 1$ кг площадью поперечного сечения $S = 10$ см², герметично прилегая к стенкам цилиндра. Под поршнем находится воздух. В начальный момент поршень находится в равновесии. Поршень выдвинули настолько, чтобы объем воздуха, находящегося в цилиндре, увеличился вдвое, и отпустили. Определите ускорение поршня в этот момент. Атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Температуру считать постоянной.

8.4.14. Внутри трубы, наполненной воздухом и закрытой с обоих концов, может скользить поршень массой $m = 4$ кг, герметично прилегающий к внутренним стенкам трубы (рис. 8.4.7). В горизонтальном положении трубы поршень занимает среднее положение, а давление воздуха в трубе $p = 1,25$ кПа. Площадь поршня $S = 200$ см². Определите отношение объемов воздуха $\frac{V_1}{V_2}$ по обе стороны поршня в трубе, соскальзывающей с наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения между трубой и наклонной плоскостью $\mu = 0,25$, температура воздуха в трубе постоянна.

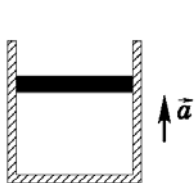


Рис. 8.4.5

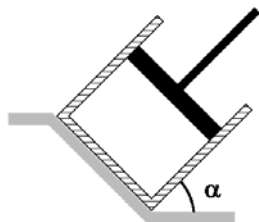


Рис. 8.4.6

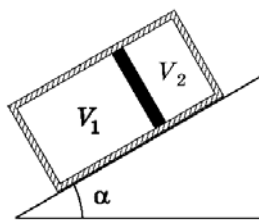


Рис. 8.4.7

8.4.15. В закрытом цилиндре объемом $V = 1,2$ л находится воздух при давлении $p_0 = 100$ кПа, который разделен на две одинаковые половины тонким поршнем массой $m = 100$ г. Длина цилиндра $2l = 0,4$ л. Цилиндр привели во вращение вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину (рис. 8.4.8). Найдите угловую скорость вращения цилиндра, если поршень оказался на расстоянии $r = 0,1$ м от оси вращения. Трение не учитывать, температуру воздуха считать постоянной.

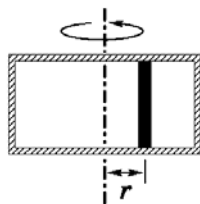


Рис. 8.4.8

8.4.1. $p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = 90$ кПа; рис. 16, а, б, в.

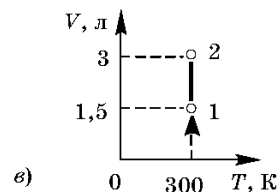
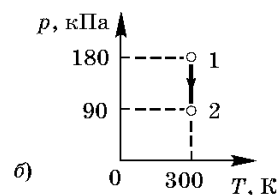
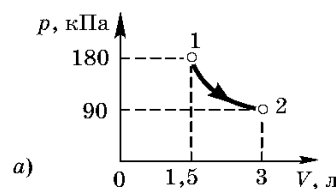


Рис. 16

8.4.2. Уменьшится на $\Delta V = V_1 \frac{n-1}{n} = 4$ л.

8.4.3. $p = \frac{n \Delta p}{n-1} = 7$ атм.

8.4.4. $\rho = \rho_0 \frac{p_1}{p_0} = 0,5$ кг/м³.

8.4.5. $V = \frac{V_2 p_2 - V_1 p_1}{p_2 - p_1} = 0,5$ л.

8.4.6. $p = p_0 + \frac{\mu m g}{S} = 1,1 \cdot 10^5$ Па.

8.4.7. $m = M + \frac{p_0 S}{g} \approx 26$ кг.

8.4.8. $\Delta h = l \left(\sqrt{1 + \left(\frac{p}{4p} \right)^2} - \frac{p}{\Delta p} \right)$.

8.4.9. $h \approx 0,55l = 5,5$ см.

8.4.10. $F = \frac{p_0 S}{2} + lk - \sqrt{\left(\frac{p_0 S}{2} \right)^2 + (lk)^2}$.

8.4.11. $\Delta l = \frac{(p - p_0) S_1 V_0}{(S_1 - S_2)(p S_1 - p_0 S_2)}$.

8.4.12. $p = \frac{m}{S} \left(a \frac{1 - \eta}{\eta} - g \right) = 1,02 \cdot 10^5$ Па.

8.4.13. $a = \frac{g}{2} \left(\sin \alpha + \frac{p_0 S}{m g} \right) = 52,45$ м/с².

8.4.14. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{2p_0 S - \mu m g + \sqrt{(2p_0 S)^2 + (\mu m g)^2}}{3\mu m g - 2p_0 S - \sqrt{(2p_0 S)^2 + (\mu m g)^2}}$, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{3}$.

8.4.15. $\omega = \sqrt{\frac{p_0 V}{m(l^2 - r^2)}} = 200$ рад/с.