1. С одним молем гелия провели процесс, при котором среднеквадратичная скорость атомов гелия выросла в $n = 2$ раза. В ходе этого процесса средняя кинетическая энергия атомов гелия была пропорциональна объему, занимаемому гелием. Какую работу совершил газ в этом процессе? Считать гелий идеальным газом, а значение среднеквадратичной скорости атомов гелия в начале процесса принять равным $\upsilon_1 = 1000$ м/с.

2. Один моль одноатомного идеального газа переводят из состояния 1 в состояние 2 таким образом, что в ходе процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объему. В результате плотность газа уменьшается в $\alpha = 2$ раза. Газ в ходе процесса получает количество теплоты Q = 20 кДж. Какова температура газа в состоянии 1?

3. Один моль аргона, находящийся в цилиндре 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 объема. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какую работу совершил газ при расширении, если он отдал холодильнику количество теплоты $Q = 1247$ Дж?

4. Один моль аргона, находящийся в цилиндре 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 объема. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

5. Один моль аргона, находящийся в цилиндре 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 объема. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Чему равна внутренняя энергия газа после расширения?

6. Один моль аргона, находящийся в цилиндре 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 объема. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

7. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какую работу совершил газ при расширении, если он отдал холодильнику количество теплоты $Q = 1247$ Дж?

8. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $\mathrm{A} = 2493$ Дж?

9. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Чему равна внутренняя энергия газа после расширения?

10. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объему. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

11. В сосуде объемом $V = 0{,}02$ м^3 с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью S, заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение S, полагая газ идеальным, массой пробки пренебречь.

12. В сосуде объемом $V = 0{,}02$ м^3 с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $S = 2 \cdot 10^{-4}$ 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 считайте идеальным.

13. В сосуде объемом $V = 0{,}02$ м^3 с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $S = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2, заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Определите максимальное количество теплоты, которое можно передать газу, чтобы пробка еще не выскочила из отверстия. Газ считайте идеальным.

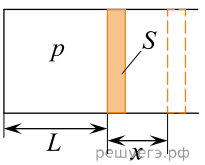
14. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объема. Конечный объем газа вдвое больше начального. Какую работу совершил газ при расширении, если он отдал холодильнику $Q = 1247$ Дж теплоты?

15. В сосуде объемом V с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $S = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2, заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение V, полагая газ идеальным.

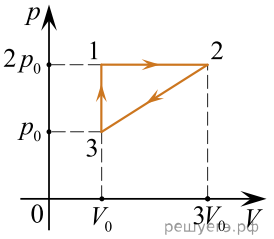
16. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объема. Конечный объем газа вдвое больше начального. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

17. Вертикальный цилиндр закрыт горизонтально расположенным поршнем массой 1 кг и площадью 0,02 м^2, который может свободно перемещаться. Под поршнем находится 0,1 моля идеального 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? Ответ укажите в кельвинах с точностью до десятков.

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



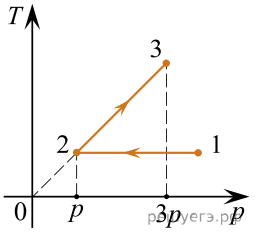
19. Одноатомный идеальный газ неизменной массы совершает циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ отдает холодильнику количество теплоты $|Q_x| = 8$ кДж. Какую работу газ совершает при переходе из состояния 1 в состояние 2?



20. В гладком закрепленном теплоизолированном горизонтальном цилиндре находится 1 моль идеального одноатомного газа (гелия) при температуре $T_1 = 200$ К, отделенный от окружающей среды — вакуума — теплоизолированным поршнем массой $m = 3$ кг. Вначале поршень удерживали на месте, а затем придали ему скорость $\upsilon = 15$ м/с, направленную в сторону газа. Чему будет равна среднеквадратичная скорость атомов гелия в момент остановки поршня? Поршень в цилиндре движется без трения.

21. В цилиндр с подвижным поршнем накачали $\nu = 4$ моля идеального одноатомного газа при температуре $t_1 = 70$ °C. 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 $t_2 = 30$ °C. Какую суммарную работу совершил газ в этих двух процессах? В исходном состоянии цилиндр был пуст и поршень касался дна.

22. Один моль идеального одноатомного газа совершает процесс 1–2–3, изображенный на рисунке. В процессе 1–2 температура газа постоянна и равна 300 К. Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?

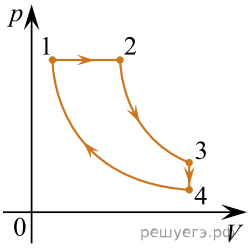


23. В вертикальном цилиндре, закрытом легким поршнем, находится этиловый спирт (C_2H_6O) при температуре кипения $t = 78$ °C. При сообщении спирту количества теплоты Q часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу A. Удельная теплота парообразования спирта $L = 846 \cdot 10^3$ Дж/кг, а его молярная масса — $46 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведенного к этиловому спирту количества теплоты переходит в работу? Объемом жидкого этилового спирта пренебречь.

24. В вертикальном цилиндре, закрытом легким поршнем, находится ацетон (C_3H_6O) при температуре кипения $t = 56$ °C. При сообщении ацетону количества теплоты Q часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает механическую работу A. Удельная теплота парообразования ацетона $L = 524 \cdot 10^3$ Дж/кг, а его молярная масса $M = 58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведенного к ацетону количества теплоты идет на увеличение внутренней энергии системы? Объемом жидкого ацетона пренебречь.

25. В герметичном сосуде находится влажный воздух под давлением 100 кПа и температурой $100°C$. Если изотермически уменьшить объем в 3 раза, давление станет таким же, как если бы изохорно увеличить температуру в 1,6 раз. Найти начальную относительную влажность воздуха.

26. С одним молем идеального одноатомного газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1 (см. рис.). Цикл состоит из изобары, двух адиабат и изохоры. КПД цикла $\eta = 20$ %. Максимальная температура на изобаре $t_{макс} = 322$ °C, минимальная — $t_{мин} = 22$ °C. Найдите количество теплоты Q, которое газ отдает за цикл.



27. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным металлическим поршнем находится одноатомный идеальный газ. В начальном состоянии поршень массой M и площадью основания S покоится на высоте h, опираясь на выступы (см. рис. 1). Давление газа p_0 равно внешнему атмосферному. Какое количество теплоты Q нужно сообщить газу при медленном его нагревании, чтобы поршень оказался на высоте H (см. рис. 2)? Тепловыми потерями пренебречь.

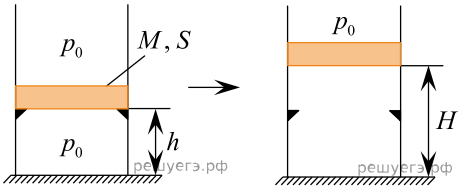
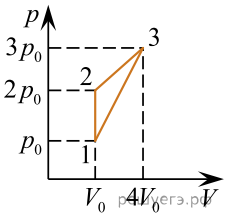
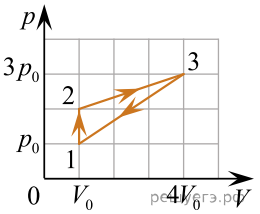


Рис. 1 Рис. 2

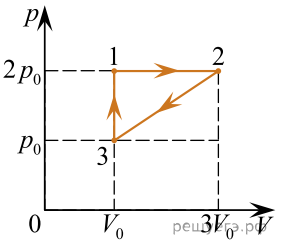
28. На рисунке представлен график зависимости p–V для циклического процесса, происходящего с гелием. В этом цикле газ получил количество теплоты $Q_{\text{нагр}} = 50$ кДж. Количество вещества газа равно 3 моля. Найдите температуру гелия в состоянии 3.



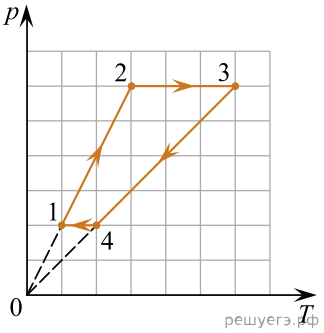
29. В цикле, показанном на pV-диаграмме, $\nu = 4$ моль разреженного гелия получает от нагревателя количество теплоты $Q_{\text{нагр}} = 120$ кДж. Найдите температуру T_2 гелия в состоянии 2.



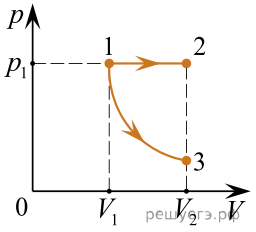
30. Изменение состояния постоянной массы идеального одноатомного газа происходит по циклу, изображенному на рисунке. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты равное 8000 Дж. Найдите работу, которую совершают внешние силы в процессе 2−3.



31. На графике изображен циклический процесс 1–2–3–4–1, проводимый над идеальным одноатомным газом постоянной массы. Вдоль оси абсцисс отложена абсолютная температура газа T, вдоль оси ординат — давление газа p. Определите модуль отношения количества теплоты, полученного газом в процессе 2–3, к количеству теплоты, которое газ отдает в процессе 4–1.



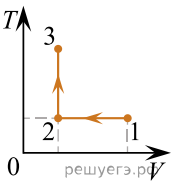
32. Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния p_1, V_1 до одного и того же конечного объёма V_2 первый раз по изобаре 1–2, а второй — по адиабате 1–3 (см. рис.). Отношение количества теплоты Q_{12}, полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1–2, к модулю изменения внутренней энергии газа $|U_3 - U_1|$ в ходе процесса 1–3 равно $\dfrac{Q_{12}}{|U_3 - U_1|} = k = 5$. Чему равно отношение x работы газа A_{12} в процессе 1–2 к работе газа A_{13} в процессе 1–3?



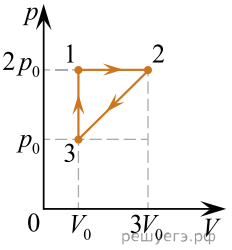
33. В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $|Q| = 50$ Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние x = 20 см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

34. В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 3 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня равно L. Площадь поперечного сечения поршня $S = 20$ см^2. В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 2$ кДж, а поршень сдвинулся на расстояние x = 10 см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{\text{тр}} = 2 \cdot 10^3$ Н. Найдите L. Считать, что сосуд находится в вакууме.

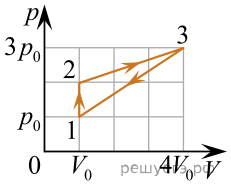
35. На участке 1–2 идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль изотермически сжали. На участке 2–3 газ изохорно нагрели, увеличив его давление в 2,4 раза (см. рисунок). Какова температура газа в состоянии 1, если на участке 2–3 газ получил количество теплоты, равное 6,1 кДж?



36. На рисунке представлен график циклического процесса, происходящего с постоянной массой одноатомного идеального газа. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу A_{12} = 8 кДж. Какое количество теплоты газ отдаёт за цикл холодильнику?



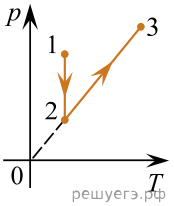
37. На pV-диаграмме показан цикл, происходящий с ν = 4 моль разреженного гелия, в ходе которого он получает от нагревателя количество теплоты $Q_{\text{нагр}} = 120$ кДж.. Найдите температуру T_2 гелия в состоянии 2.



38. В бутылке объемом 1 л, закрытой пробкой массой 20 г, имеющей площадь сечения 2 см^2, находится гелий при атмосферном давлении. Если бутылка лежит горизонтально, то для того, чтобы медленно вытащить пробку из ее горлышка, нужно приложить к пробке горизонтально направленную силу, равную 1 Н. Бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх. Какое минимальное количество теплоты нужно сообщить гелию в бутылке, чтобы он вытолкнул пробку из горлышка? Модуль силы трения, действующей на пробку, считать в обоих случаях одинаковым.

39. В сосуде находится гелий при температуре $T_0 = 100$ К и давлении $p_0 = 10$ кПа, занимающий объём $V_0 = 0{,}25$ м^3. Данный газ нагрели сначала изобарически, а затем изохорически таким образом, что конечная температура стала равна $T_1 = 300$ К. Известно, что на изобарическое нагревание газа расходуется количество теплоты в $m = 2$ раза большее, чем при изохорическом нагревании. Найдите количество теплоты, которое пошло на изобарическое нагревание газа.

40. Один моль идеального одноатомного газа сначала изотермически расширили. Затем изохорно нагрели, при этом его давление возросло в 3 раза (см. рис.). Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3, если $T_1 = 300$ К?



41. Вертикальный цилиндрический сосуд, имеющий площадь поперечного сечения $S = 0{,}5$ м^2, закрыт сверху покоящимся горизонтальным поршнем массой $m = 1$ т, который может перемещаться без трения. В сосуде под поршнем находится одноатомный идеальный газ объёмом $V_1 = 1$ м^3. Какое количество теплоты потребуется сообщить этому газу, чтобы увеличить среднюю квадратичную скорость движения его молекул на 40%? Атмосферное давление в процессе эксперимента не изменяется и остаётся равным $p_a = 98{,}4$ кПа.

42. Вертикальный цилиндрический сосуд, имеющий площадь поперечного сечения $S = 0{,}5$ м^2, закрыт сверху покоящимся горизонтальным поршнем массой $m = 0{,}5$ т, который может перемещаться без трения. В сосуде под поршнем находится одноатомный идеальный газ. Чтобы увеличить среднюю квадратичную скорость движения его молекул на 60%, газу сообщили количество теплоты, равное $Q = 300$ кДж. Определите объём газа V_1 в исходном состоянии. Атмосферное давление в процессе эксперимента не изменяется и остаётся равным $p_\text{а} = 98{,}4$ кПа.