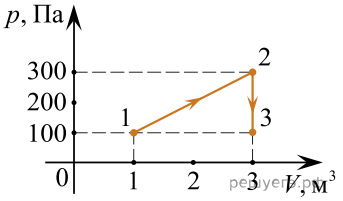
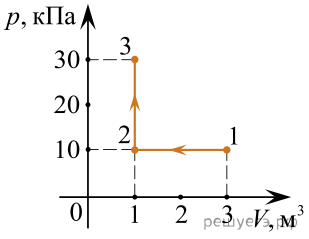
1. На диаграмме представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?

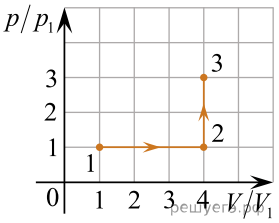


2. На диаграмме (см. рис.) представлены изменения давления и объема идеального одноатомного газа. Какое количество теплоты было получено или отдано газом при переходе из состояния 1 в состояние 3?



3. С разреженным азотом, который находится в сосуде под поршнем, провели два опыта. В первом опыте газу сообщили, закрепив поршень, количество теплоты $Q_1 = 742$ Дж, в результате чего его температура изменилась на некоторую величину ΔT. Во втором опыте, предоставив азоту возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты $Q_2 = 1039$ Дж, в результате чего его температура изменилась также на ΔT. Каким было изменение температуры в опытах? Масса азота $m = 1$ кг.

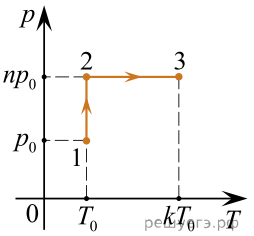
4. Над одним молем идеального одноатомного газа провели процесс 1–2–3, график которого приведен на рисунке в координатах V/V_1 и p/p_1, где $V_1 = 1\,\text{м}^3$ и $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па — объем и давление газа в состоянии 1. Найдите количество теплоты, сообщенное газу в данном процессе 1–2–3.



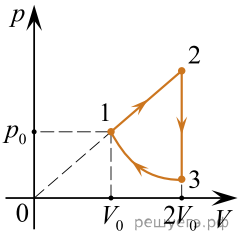
5. Идеальная тепловая машина обменивается теплотой с теплым телом — окружающей средой, находящейся при температуре +25 °C, и холодным телом с температурой −18 °C. В некоторый момент машину запустили в обратном направлении, так что все составляющие теплового баланса — работа и количества теплоты — поменяли свои знаки. При этом за счет работы, совершенной двигателем тепловой машины, от холодного тела теплота стала отбираться, а теплому телу — сообщаться.

Какую работу совершил двигатель тепловой машины, если количество теплоты, отведенной от холодного тела, равно 165 кДж? Ответ округлите до целого числа кДж.

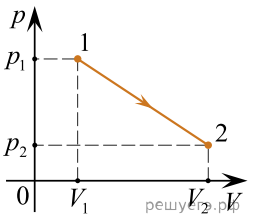
6. 1 моль идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 2, а потом — в состояние 3 так, как это показано на (p, T) диаграмме. Начальная температура газа равна $T_0 = 300$ К. Определите работу газа при переходе из состояния 2 в состояние 3, если $k = 2$.



7. Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1–2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3–1 — адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{\text{хол}}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу $|A_{31}|$ газа на адиабате.



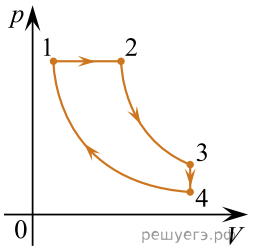
8. Найдите суммарное количество теплоты ΔQ, полученное и отданное одним молем идеального одноатомного газа при его переводе из состояния 1 в состояние 2 при помощи процесса, который изображается на pV-диаграмме прямой линией (см. рис.). Известны следующие параметры начального и конечного состояний газа: $V_1 = 10$ л, $V_2 = 41{,}6$ л, $p_1 = 4{,}15 \cdot 10^5$ Па, $T_2 = 500$ К.



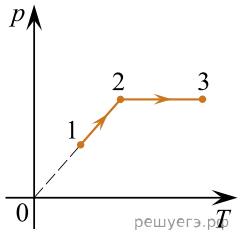
9. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT, а работа, совершенная газом в изотермическом процессе, равна A. Определите КПД тепловой машины.

10. При изохорном охлаждении 6 моль идеального двухатомного газа, давление уменьшилось в 3 раза. Затем газ изобарически нагрели до начальной температуры 500 К. Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?

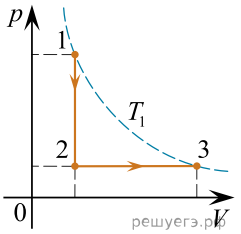
11. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV-диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД цикла равен 50%, определите модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе ΔT_{12} к изменению его температуры ΔT_{34} при изохорном процессе.



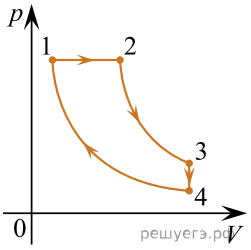
12. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p–T. Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



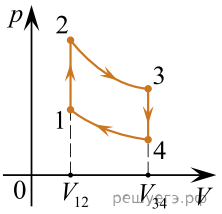
13. Идеальный одноатомный газ в количестве $\nu = 5$ моль сначала охладили, уменьшив его температуру от $T_1 = 400$ К до $T_2 = T_1/n$, где $n = 4$, а затем нагрели до начальной температуры. При этом давление p газа изменялось так, как показано на графике. Какое суммарное количество теплоты газ отдал и получил в процессе 1–2–3?



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

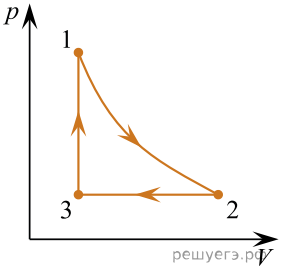


15. В тепловом двигателе в качестве рабочего тела используется идеальный газ, а цикл состоит из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1 (см. рисунок). Известно, что в адиабатических процессах температура газа изменяется в $n = 2$ раза (растет в процессе 4–1 и падает в процессе 2–3). Найдите КПД цикла.



16. Один моль идеального одноатомного газа сначала перевели в изобарическом процессе из состояния с объемом $V_1 = 15$ л и давлением $p_1 = 10^5$ Па в состояние с объемом $V_2 = 30$ л, а затем сжали его до начального объема V_1 в процессе, происходящем по закону $p = kV$, где k — некоторый постоянный коэффициент. Какую работу A совершил газ за весь процесс?

17. С одним молем идеального одноатомного газа проводят циклический процесс 1–2–3–1, где 1–2 — адиабата, 2–3 — изобара, 3–1 — изохора. Температуры в точках 1, 2, 3 равны 600 К, 455 К и 300 К соответственно. Найдите КПД цикла.



18. Многие сельские дома отапливаются в настоящее время при помощи электрообогревателей, что обходится достаточно дорого. При этом совершаемая электрическим током работа A превращается в равное ей количество теплоты Q, и батареи отопления нагреваются до температуры $T_1 = 60$ °C. Однако расходы можно значительно снизить, если использовать эту работу A для перекачки теплоты $Q_{\text{хол}}$ от внешнего теплового резервуара, имеющего температуру $T_2 = 0$ °C (например, от незамерзающего зимой пруда), к батареям, выделяя в них количество теплоты $Q_{\text{нагр}}$. Во сколько раз n при этом количество теплоты $Q_{\text{нагр}}$ превышает $Q = A$, если перекачивающее теплоту устройство работает по идеальному циклу Карно, запущенному в обратном направлении, а температура батарей остается равной T_1? Считайте, что в идеальной тепловой машине все процессы обратимые, так что при запуске ее в обратном направлении знаки всех энергетических вкладов (работы и количеств теплоты) просто поменяются, а соотношения между ними останутся прежними.

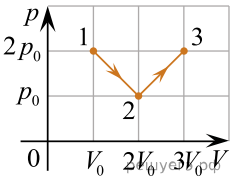
19. Постоянную массу идеального одноатомного газа изобарно сжали так, что $T_2 = \dfrac{T_1}{k}$. Затем этот же газ адиабатически расширяется так, что $T_3 = \dfrac{T_2}{2}$. Отношение модулей работ в изобарном и адиабатическом процессах $n = 4$. Найдите k.

20. Гелий в количестве $\nu = 3$ моль изобарно сжимают, совершая работу $A_1 = 2{,}4$ кДж. При этом температура гелия уменьшается в 4 раза: $T_2 = \dfrac{T_1}{4}$. Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения $T_3 = \dfrac{T_1}{8}$. Найдите работу газа A_2 при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остается неизменным.

21. В вертикальном цилиндре, закрытом легким поршнем, находится бензол (C_6H_6) при температуре кипения $t = 80$ °C. При сообщении бензолу некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который, расширяясь при постоянном давлении, совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования бензола $L = 396 \cdot 10^3$ Дж/кг, его молярная масса $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подводимого к бензолу количества теплоты идет на увеличение внутренней энергии системы? Объемом жидкого бензола и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.

22. В некотором процессе 1–2, который проводился с одним молем идеального одноатомного газа, среднеквадратичная скорость молекул газа возросла от $u_1 = 350$ м/с до $u_2 = 380$ м/с. При этом давление p газа в процессе оставалось постоянным, и газ совершил работу $A = 292$ Дж. Чему равна молярная масса μ этого газа?

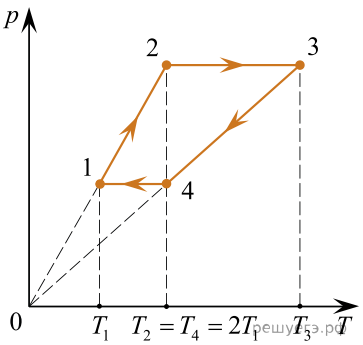
23. С неизменным количеством идеального одноатомного газа проводят процесс 1–2–3 (см. pV-диаграмму на рисунке). Каким количеством теплоты Q_{123} газ обменялся с другими телами в данном процессе? Известно, что $p_0 = 10^5$ Па и $V_0 = 10$ л.



24. Сосуд объемом $V = 10$ л содержит $\nu = 5$ моль гелия при температуре $t = 17$ °C. Если сообщить гелию количество теплоты $Q = 3$ кДж, то сосуд лопнет. Какую максимальную разность давлений внутри сосуда и снаружи него он выдерживает? Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.

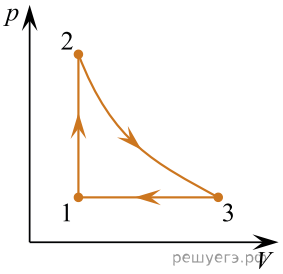
25. В вертикальном цилиндре, закрытом легким поршнем, находится бензол (C_6H_6) при температуре кипения $t = 80$ °C. При сообщении бензолу количества теплоты Q часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу A. Удельная теплота парообразования бензола $L = 396 \cdot 10^3$ Дж/кг, его молярная масса $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведенного к бензолу количества теплоты переходит в работу? Объемом жидкого бензола пренебречь.

26. В тепловом двигателе 1 моль одноатомного разреженного газа совершает цикл 1−2−3−4−1, показанный на графике в координатах p–T, где p — давление газа, T — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 2 раза. Определите КПД цикла.



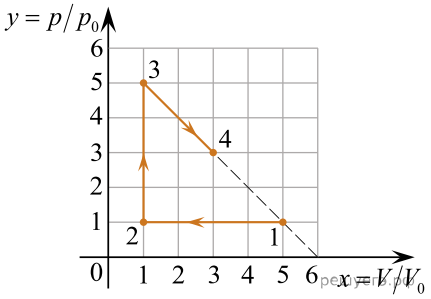
27. Идеальный тепловой двигатель 1, работающий по циклу Карно, имеет температуру нагревателя $T_{н1} = 800$ °C и холодильника — $T_{х1} = 0$ °C, потребляя за цикл количество теплоты Q^+. Система из двух других идеальных тепловых двигателей 2 и 3 действует следующим образом. Двигатель 2 с той же температурой нагревателя $T_{н2} = T_{н1}$ и тем же потреблением теплоты за цикл Q^+, что и двигатель 1, имеет температуру холодильника $T_{х2} = 60$ °C $= T_{н3}$, и этот холодильник является нагревателем для двигателя 3, отдавая ему все количество теплоты, полученное от двигателя 2, причем холодильник двигателя 3 имеет ту же температуру, что и у двигателя 1 : $T_{х3} = T_{х1}$. Найдите, во сколько раз работа A_1, производимая двигателем 1 за цикл, отличается от суммарной работы $A_2 + A_3$ двигателей 2 и 3.

28. 1 моль одноатомного идеального газа совершает цикл 1–2–3–1, состоящий из изохоры (1–2), адиабаты (2–3) и изобары (3–1). Абсолютные температуры газа $T_1 = 400$ K, $T_2 = 600$ K, $T_3 = 510$ K. Определите КПД цикла.



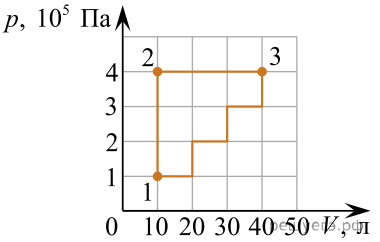
29. В теплоизолированном цилиндре объемом $V = 20$ л под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа — неона — под давлением $p = 10^5$ Па. Затем поршень сдвигается, и газ совершает работу $A = 500$ Дж. Найдите изменение среднеквадратичной скорости теплового движения атомов неона в данном процессе.

30. На p–V-диаграмме изображен процесс 1−2−3−1, проводимый с одним молем идеального одноатомного газа. Значения p и V на ней приведены в относительных единицах $y = \dfrac{p}{p_0}$ и $x = \dfrac{V}{V_0}$, где p_0 и V_0 — некоторые постоянные величины давления и объема. Какую работу A_{1234} совершил газ в этом процессе при переходе из состояния 1 в состояние 4, в котором температура газа приняла максимальное значение? Известно, что температура газа в состоянии 2 была равна $T_2 = 150$ K.

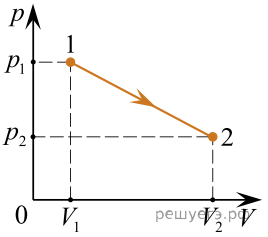


31. Пулемет Ма́ксима образца 1910 года имел следующие средние характеристики: в ленте 250 патронов, начальная скорость пули $u = 800$ м/с, масса пули $m = 10$ г, масса порохового заряда патрона 3 г. Масса железного тела пулемета $m_т = 20$ кг, объем воды в охлаждающей рубашке ствола $V = 5$ л (без воды ствол быстро раскаляется докрасна!), удельная теплота сгорания пороха 4 МДж/кг. Оцените, сколько полных пулеметных лент можно без перерыва отстрелять до момента выкипания всей воды в «рубашке», если считать, что после вычета «дульной» кинетической энергии каждой пули оставшееся количество теплоты делится пополам между выходящими пороховыми газами и нагреванием тела пулемета и воды. Начальную температуру системы можно считать равной 20 °C, отдачей теплоты в окружающую среду пренебречь.

32. С одним молем идеального одноатомного газа проводят циклический процесс 1–2–3–1, изображенный на pV-диаграмме. Найдите КПД η этого цикла.

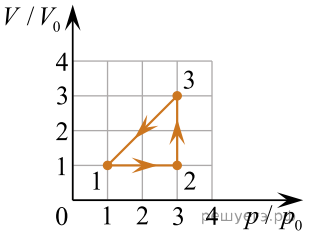


33. На pV-диаграмме изображен процесс 1–2, который проводится с идеальным одноатомным газом. Изображающий этот процесс график является отрезком. Газ в этом процессе получил полное количество теплоты $Q_{12} = 150$Дж. Найдите давление газа p_2 в конечном состоянии 2 процесса, если $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па, $V_1 = 1$ л, $V_2 = 2$ л.



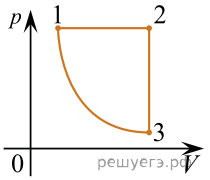
34. В большом вертикальном цилиндре кипятят воду, и он заполнен насыщенными водяными парами при температуре $T_1 = 100$ °C. В эти пары внутрь цилиндра внесли тонкостенный медный стакан массой $M = 100$ г и объемом $V = 100$ мл, давно заполненный льдом с температурой $T_2 = 0$ °C. Плотность льда равна $\rho = 900$ кг/м^3. Какая масса m паров воды сконденсируется при установлении теплового равновесия в системе?

35. В цикле теплового двигателя, изображенном на диаграмме, используется в качестве рабочего тела $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа (p и V — давление и объем газа, p_0 и V_0 — постоянные величины). Чему равен КПД этого цикла?

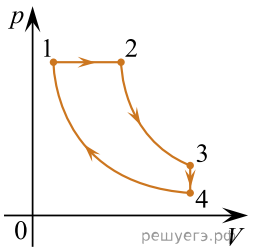


36. Объём воды $V_в = 100$ мл довели до температуры кипения. Затем начался процесс кипения, и вся эта вода испарилась. На какую величину ΔU_{12} изменилась внутренняя энергия данной порции воды в процессе её выкипания, если этот процесс происходил при нормальном атмосферном давлении? Пары воды при температуре кипения можно считать идеальным газом, объём которого намного больше исходного объёма воды.

37. Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке, где 1−2 изобарное расширение, 2−3 изохорное охлаждение, 3−1 адиабатное сжатие. Отношение работы газа в процессе 1–2 к модулю работы, совершенной над газом в процессе 3–1, равно 2. Определите КПД тепловой машины. Масса газа в ходе цикла не изменялась.



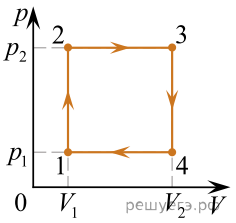
38. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего тела 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на pV-диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД это цикла $\eta = 20$ %, а минимальная и максимальная температуры газа при изобарном процессе $t_{min} = 17$ °C и $t_{max} = 32$ °C, определите количество теплоты, отдаваемое газом за цикл.



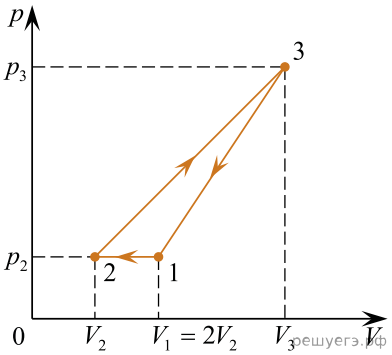
39. Два школьника на уроке физики решили надуть большой пустой пластиковый пакет. Вначале один из них вдул в него изо рта объём $V_1 = 3$ л воздуха с относительной влажностью $\varphi_1 = 60\%$ и температурой $t_1 = 35°$C, а затем второй вдул туда же объём $V_2 = 2$ л воздуха с относительной влажностью $\varphi_2 = 40\%$ и с той же температурой. Какова будет относительная влажность воздуха φ_3 в пакете после его остывания до комнатной температуры $t_2 = 22°$C? Давления насыщенных паров воды при температурах t_1 и t_2 равны, соответственно, $p_{н1} \approx 5,63$ кПа и $p_{н2} \approx 2,65$ кПа. Изменением объёма пакета при остывании воздуха пренебречь.

40. В большом теплоизолированном цилиндре с жёсткими стенками, разделённом тонкой недеформируемой перегородкой на две части с объёмами $V_1 = 1000$ л и $V_2 = 2000$ л, находится идеальный одноатомный газ с давлениями в этих его частях, равными $p_1 = 2$ атм. и $p_2 = 1$ атм. соответственно. Какое давление p установится в цилиндре, если убрать перегородку?

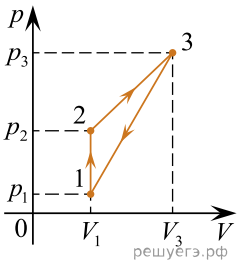
41. С одним молем идеального одноатомного газа проводят циклический процесс 1–2–3–4–1, изображённый на pV-диаграмме (см. рисунок). КПД теплового двигателя, работающего по данному циклу, равен $\eta = 40\%$. В состоянии 1 газ находится при нормальных условиях (давление $p_1 = 10^5$ Па, температура $T = 0°\text{C}$). В состоянии 3 давление $p_2 = p_3 = 3p_1$, а объём $V_3 = 3V_1$. Найдите, какое количество теплоты $Q_{\text{нагр}}$ получает газ за один цикл работы двигателя.



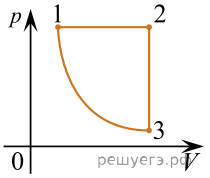
42. В цикле теплового двигателя, изображенном на диаграмме, используется в качестве рабочего тела некоторое количество одноатомного идеального газа. Чему равен КПД теплового двигателя, если $p_3 = 4p_2$, $V_3 = 4V_2 = 2V_1$.



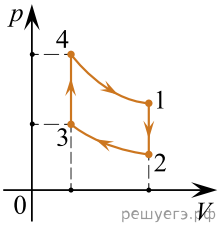
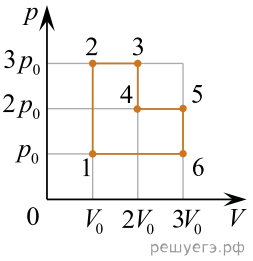
43. На рисунке в координатах p–V представлен циклический процесс, проводимый с идеальным одноатомным газом. Давление идеального одноатомного газа изохорно увеличивают в 4 раза, затем объём газа увеличивают в 2,5 раза так, что давление линейно зависит от объёма и возрастает в 2 раза. После этого газ возвращают в исходное состояние в процессе, в котором давление линейно зависит от объёма. Масса газа постоянна. Определите коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по этому циклу.



44. Один моль одноатомного идеального газа совершает цикл 1–2–3–1, состоящий из изобары (1–2), изохоры (2–3) и адиабаты (3–1). Абсолютные температуры газа в состояниях 1, 2 и 3 равны 400 К, 800 К и 252 К соответственно. Определите КПД теплового двигателя, работающего по этому циклу.



45. Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль участвует в циклическом процессе, состоящем из двух изохор и двух адиабат. В процессе 1–2 давление газа уменьшается в 3 раза, а в процессе 3–4 давление газа увеличивается в 2 раза. Температуры газа в состояниях 1 и 3 равны соответственно $T_1 = 600$ К и $T_3 = 500$ К. Определите КПД данного цикла.



46. Идеальный одноатомный газ, количество которого равно $\nu = 0{,}05$ моля, используется в качестве рабочего тела в тепловом двигателе. На pV-диаграмме (p — давление газа, V — его объём) показан процесс 1–2–3–4–5–6–1, совершаемый газом в течение одного цикла работы двигателя. В качестве топлива для данного двигателя используется каменный уголь с удельной теплотой сгорания 29,3 МДж/кг, причём рабочее тело получает $\eta = 50\%$ количества теплоты, выделяющегося при сгорании. Температура газа в состоянии 4 равна $T_4 = 500$ К. Какая масса угля сгорает в течение $N = 10^4$ циклов работы двигателя?