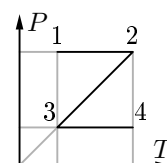
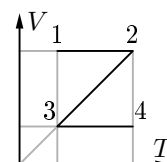
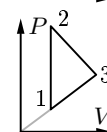
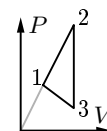
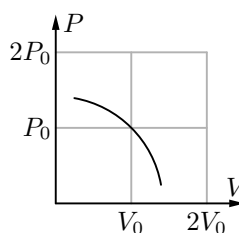


1. Состояние одного моля идеального газа изменялось вначале по изохоре 1–2, а затем по изобаре 2–3. При этом газом совершена работа  $A$ . Известно, что температура в конечном состоянии 3 равна начальной температуре  $T$ . Определить отношение давлений в состояниях 1 и 2.
- 2° Состояние одного моля идеального газа изменялось по изобаре 1–2, а затем по изохоре 2–3. При этом газом совершена работа  $A$ . Отношение давлений в состояниях 2 и 3 задано  $P_2/P_3 = k$ . Известно, что температура в конечном состоянии 3 равна температуре в состоянии 1. Определить эту температуру.
3. Моль идеального газа совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Работа газа за цикл  $A = 200$  Дж. Максимальная и минимальная температуры газа в цикле отличаются на  $\Delta T = 60$  К, отношение давлений на изобарах равно 2. Найти отношение объёмов газа на изохорах.
- 4° Моль идеального газа совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Отношение давлений на изобарах  $\alpha = 1,25$ , а отношение объёмов на изохорах  $\beta = 1,2$ . Найти работу, совершённую газом за цикл, если разность максимальной и минимальной температур газа в цикле составляет  $\Delta T = 100$  К.
5. Найти работу, совершаемую молекулами идеального газа в цикле, состоящем из двух участков линейной зависимости давления от объёма и изохоры 2–3. Точки 1 и 2 лежат на прямой, проходящей через начало координат. Температуры в точках 1 и 3 равны. Считать известными температуры  $T_1$  и  $T_2$  в точках 1 и 2.
- 6° Найти работу, совершаемую молекулами идеального газа в цикле, состоящем из двух участков линейной зависимости давления от объёма и изохоры 1–2. Точки 1 и 3 лежат на прямой, проходящей через начало координат. Температуры в точках 2 и 3 равны. Считать заданными температуры  $T_1$  и  $T_2$  в точках 1 и 2.
7. Некоторую массу газа нагревают сначала при постоянном объёме, а затем при постоянном давлении. Изменения температуры газа в обоих случаях одинаковы, соответственно одинаковы и равны  $\Delta U = 5$  Дж изменения его внутренней энергии. В каком случае газ получил больше тепла и насколько? Коэффициент пропорциональности между внутренней энергией и температурой  $c_v = 12,45$  кДж/кмоль · К.
- 8° При одинаковом изменении температуры, один раз при постоянном объёме, а другой раз при постоянном давлении, подведённое к одной и той же порции идеального газа тепло отличается на  $\Delta Q = 7$  Дж. Определить изменение внутренней энергии газа в этих процессах. Коэффициент пропорциональности между температурой и внутренней энергией для данного газа  $c_v = 20,75$  кДж/кмоль · К.
9. Астронавты, исследуя воздух открытой ими планеты, нагрели порцию воздуха массой  $m = 200$  г на  $\Delta T = 60$  °С один раз при постоянном давлении, а другой — при постоянном объёме. Оказалось, что при постоянном давлении требуется подвести на 1 кДж больше тепла, чем при постоянном объёме. Найдите среднюю молярную массу воздуха, считая его идеальным газом.
- 10° Средняя молярная масса смеси идеальных газов равна  $\mu = 50$  г/моль. Смесь нагрели на  $\Delta T = 30$  °С один раз при постоянном давлении, а другой — при постоянном объёме. Оказалось, что при постоянном давлении требуется подвести на 500 Дж больше тепла, чем при постоянном объёме. Найдите массу смеси.
11. Моль идеального газа нагревается при постоянном давлении, а затем при постоянном объёме переводится в состояние с температурой, равной начальной  $T_0 = 300$  К. Оказалось, что в итоге газу передано количество тепла  $Q = 5000$  Дж. Во сколько раз изменился объём, занимаемый газом?
- 12° Моль идеального газа охлаждается при постоянном объёме, а затем при постоянном давлении приводится в состояние с температурой, равной начальной  $T_0 = 300$  К. В итоге газ получил тепло  $Q = 1500$  Дж. Во сколько раз конечное давление отличается от начального?
13. В цилиндре под поршнем содержится 0,5 моля воздуха при температуре 200 К. Во сколько раз увеличится объём газа при сообщении ему тепла 11,6 кДж. Молярная теплоёмкость воздуха при постоянном давлении  $c_p = 29,1$  Дж/моль · К.
- 14° В цилиндре под поршнем находится  $\nu = 2$  моля идеального газа. Определить начальную температуру газа, если при сообщении ему тепла  $Q = 18$  кДж объём увеличился в 2,5 раза. Молярная теплоёмкость газа при постоянном давлении  $c_p = 21$  Дж/моль · К.
15. Моль идеального одноатомного газа переводится в тепловом процессе из начального состояния в конечное как указано на рисунке. Определить подведённое газу тепло, если разность начальной и конечной температур  $\Delta T = 100$  °С.
- 16° В тепловом процессе моль идеального одноатомного газа переводят из начального состояния в конечное как указано на рисунке. Какое количество тепла подведено газу, если разность начальной и конечной температур  $\Delta T = 100$  °С.
17. Моль одноатомного идеального газа переводится из состояния 1 в состояние 3 путём изобарического нагрева 1–2 и изохорического охлаждения 2–3. На участке 1–2 газ совершает работу  $A = 1250$  Дж. В процессе всего перехода 1–2–3 к газу подводится количество теплоты  $Q = 750$  Дж. Найти разность температур  $T_2$  и  $T_3$ .
18. Один моль одноатомного идеального газа переводится из состояния 1 в состояние 3 путём изохорического охлаждения 1–2, а затем изобарического нагрева 2–3. На участке 1–2 температура газа уменьшается на  $\Delta T = 100$  К, а в процессе 1–2–3 к газу подвели количество теплоты  $Q = 1870$  Дж. Какую по величине работу совершил газ в процессе изобарического нагрева?

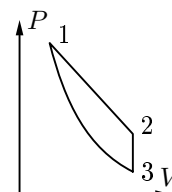


19. В теплоизолированном цилиндре под теплонепроницаемым поршнем находится одноатомный идеальный газ с начальными давлением, объёмом и температурой  $P = 10^5$  Па,  $V = 3$  дм<sup>3</sup>,  $T = 300$  К. При сжатии газа над ним совершили работу  $A = 90$  Дж. Найти температуру газа после сжатия.
20. Газ фотонов из начального состояния 1 расширяется в изотермическом процессе 1–2, а затем нагревается в изохорическом процессе 2–3. Во всем процессе перехода 1–2–3 газ совершил работу  $A$ , а его температура и объём увеличились в два раза. Сколько тепла было подведено к газу в процессе перехода 1–2–3?  
*Указание:* в пустом сосуде переменного объёма  $V$ , температура стенок которого  $T$ , возникает равновесный газ фотонов, которые излучаются и поглощаются стенками сосуда. Внутренняя энергия этого газа  $U = \alpha T^4 V$ , где  $\alpha = \text{const}$ . Давление газа фотонов определяется только его температурой:  $P = \alpha T^4/3$ .
21. Газ фотонов из начального состояния 1 расширяется в изотермическом процессе 1–2, а затем охлаждается в изохорическом процессе 2–3. В конечном состоянии 3 его внутренняя энергия оказалась равной начальной. В процессе перехода 1–2–3 температура газа уменьшилась в два раза, и к газу пришлось подвести количество тепла  $Q$ . Найти внутреннюю энергию газа фотонов в начальном состоянии. (См. указание к задаче 20).
22. В процессе расширения к одноатомному идеальному газу было подведено количество теплоты в 4 раза превышающее величину его внутренней энергии в начальном состоянии. Во сколько раз увеличился объём газа, если в процессе расширения он менялся прямо пропорционально давлению ( $V \sim P$ )?
23. Одноатомный идеальный газ расширяется в процессе линейной зависимости его давления от объёма. В итоге этого процесса к газу было подведено количество теплоты в 3,6 раза меньшее его внутренней энергии в начальном состоянии. Во сколько раз увеличился объём газа, если в конечном состоянии величина его внутренней энергии оказалась равной первоначальному значению?
24. Моль идеального одноатомного газа из начального состояния 1 расширяется сначала изобарически, а затем в процессе с линейной зависимостью давления от объёма. Известно, что  $V_3/V_2 = V_2/V_1$ ,  $T_2 = T_3$ . Найти отношение  $V_2/V_1$ , если количество теплоты, подведённое к газу на участке 1–2, в два раза больше величины работы, совершённой газом на участке 2–3.
25. Моль идеального одноатомного газа расширяется сначала изобарически, а затем в процессе с линейной зависимостью давления от объёма. Известно, что  $V_3/V_2 = V_2/V_1$ , а прямая 2–3 проходит через начало координат. Найти отношение объёмов  $V_2/V_1$ , если количество теплоты  $Q_{12}$ , подведённое к газу на участке 1–2, в четыре раза меньше величины работы  $A_{23}$ , совершённой газом на участке 2–3.
26. В комнате в вертикально расположенном цилиндре под весовым поршнем, который может перемещаться без трения, находятся  $\nu$  молей идеального газа при температуре  $T$ . Поршень подвешен на пружине жёсткостью  $k$ . Газ нагревают, так что в конечном состоянии его давление увеличивается в  $\alpha = 2$  раза, а температура увеличивается в  $\beta = 3$  раза. Найдите начальное давление газа. Площадь поршня равна  $S$ .
27. В комнате в вертикально расположенном цилиндре под весовым поршнем, который может перемещаться без трения, находятся  $\nu$  молей идеального газа при температуре  $T$ . Поршень подвешен на пружине жёсткостью  $k$ . Газ охлаждают, так что в конечном состоянии его давление уменьшается в  $\alpha = 1,5$  раза, а температура уменьшается в  $\beta = 2$  раза. Найдите начальное давление газа. Площадь поршня равна  $S$ .
28. Подвижный поршень весом  $mg$ , подвешенный на пружине, делит объём вертикально расположенного пустого цилиндра на две части. В положении равновесия высота нижней части цилиндра  $h_0$ , удлинение пружины  $x_0$ . В нижнюю часть цилиндра впускают  $\nu$  молей воздуха. После установления равновесия пружина оказывается сжатой. Величина деформации сжатой пружины  $x_1 = 2x_0$ . После этого воздух медленно охлаждают до некоторой температуры, так что в конечном состоянии деформация сжатой пружины  $x_2 = x_0$ . 1) Найти конечную температуру воздуха. 2) Найти работу, совершённую воздухом в процессе охлаждения.
29. Равные массы гелия и водорода находятся в теплоизолированном цилиндре под поршнем. Объём цилиндра  $V_0 = 1$  л, давление в нём  $P_0 = 9$  атм. При адиабатическом расширении смесь газов совершает работу  $A = 650$  Дж. Найти относительное изменение температуры смеси.
30. Гелий и водород находятся в теплоизолированном цилиндре под поршнем. Объём, занимаемый смесью газов  $V_0 = 1$  л, давление  $P_0 = 37$  атм. При адиабатическом расширении смеси газов относительное уменьшение температуры составило 75%. Найти работу, совершаемую при этом смесью газов, если масса водорода в 1,5 раза больше массы гелия.
31. В цилиндре под давлением  $P = 2$  атм находится смесь гелия и водорода. Изобарический нагрев смеси газов приводит к увеличению объёма цилиндра на  $\Delta V = 1$  л. На сколько изменилась при этом внутренняя энергия смеси газов? Масса водорода в 1,5 раза больше массы гелия.
32. В сосуде объёмом  $V = 1$  л находится смесь гелия и водорода. При изохорическом нагреве смеси к ней подвели количество теплоты  $Q = 220$  Дж. При этом давление в сосуде возросло на  $\Delta P = 1$  атм. Найти отношение числа молей водорода к числу молей гелия в сосуде.
33. Чтобы поднять температуру 1 кг неизвестного газа на один градус при постоянном давлении, требуется 909 Дж тепла, а при постоянном объёме — 650 Дж. Что это за газ?
34. Разреженный газ нагревают в сосуде постоянного объёма, при этом его удельная теплоёмкость оказывается равной 740 Дж/(кг · К). Что это за газ?
35. Моль гелия сжимают в адиабатическом процессе так, что относительные изменения давления  $\Delta P/P$ , объёма  $\Delta V/V$  и температуры  $\Delta T/T$  газа малы. Найти относительное изменение давления газа, если над ним была совершена работа  $A = 15$  Дж. Начальная температура газа  $T = 300$  К.

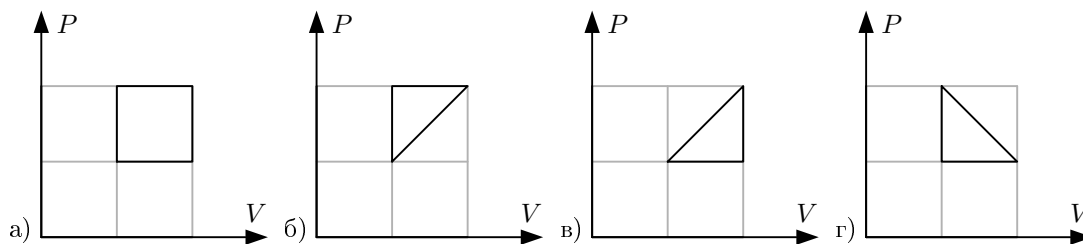
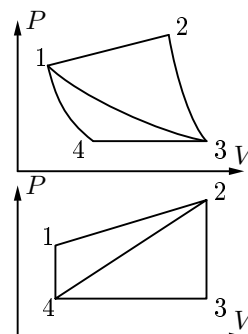
- 36° Моль гелия из начального состояния с температурой  $T = 300$  К расширяется в адиабатическом процессе так, что относительные изменения давления  $\Delta P/P$ , объёма  $\Delta V/V$  и температуры газа  $\Delta T/T$  малы. Найти работу  $A$ , совершённую газом, если относительное изменение его давления  $\Delta P/P = -1/120$ .
37. Моль гелия расширяется из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в двух процессах. Сначала расширение идёт в процессе 1–2 с постоянной теплоёмкостью  $c = 3R/4$  ( $R$  — газовая постоянная). Затем газ расширяется в процессе 2–3, в котором давление прямо пропорционально объёму. Найти работу, совершённую газом в процессе 1–2, если в процессе 2–3 он совершил работу  $A$ . Температуры начального (1) и конечного состояния (3) равны.
- 38° Моль гелия, расширяясь в процессе 1–2, в котором давление меняется прямо пропорционально объёму, совершает работу  $A$ . Из состояния 2 гелий расширяется в процессе 2–3, в котором его теплоёмкость  $c$  остаётся постоянной и равной  $c = R/2$  ( $R$  — газовая постоянная). Какую работу  $A_{23}$  совершит гелий в процессе 2–3, если его температура в состоянии 3 равна температуре в состоянии 1?
39. К идеальному одноатомному газу, заключённому внутри масляного пузыря, подводится тепло. Найти молярную теплоёмкость газа в этом процессе, если давлением снаружи пузыря можно пренебречь. Указание: добавочное давление под сферической поверхностью жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения  $\sigma$  и радиусом кривизны  $r$  даётся формулой Лапласа  $P = 2\sigma/r$ .
40. Замкнутый цилиндрический сосуд разделён на две части свободно перемещающимся поршнем, прикрепленным с помощью упругой пружины к левому торцу сосуда. В левой части сосуда — вакуум, в правой — моль идеального газа. Найти теплоёмкость газа, находящегося в таких условиях. Недеформированное состояние пружины соответствует положению поршня у правого торца сосуда.
- 41\* В цилиндрическом сосуде, разделённом свободно перемещающимся поршнем на две части, находится по одному молю идеального одноатомного газа. Температура газа в левой части сосуда поддерживается постоянной. Найти теплоёмкость газа в правой части сосуда при положении поршня, когда он делит сосуд пополам. Поршень тепла не проводит.
42. С идеальным одноатомным газом провели процесс, график которого в координатах  $PV$  оказался окружностью с центром в начале координат. Найдите молярную теплоёмкость газа в этом процессе в точке  $P = P_0$ ,  $V = V_0$ .
43. В теплоизолированный сосуд объёма  $V = 22,4$  дм<sup>3</sup>, содержащий 1 моль водорода при температуре  $T = 200$  К добавляют 4 г водорода. После установления равновесия давление в сосуде оказалось равным  $P = 3 \cdot 10^5$  Па. Определить первоначальную температуру добавленного водорода.
- 44° В теплоизолированный сосуд объёма  $V = 44,8$  дм<sup>3</sup>, содержащий 2 моля азота при температуре  $T = 300$  К добавили ещё 84 г азота при температуре  $T_2 = 500$  К. Какое давление установилось в сосуде?
45. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа. Масса поршня равна  $M$ , площадь —  $S$ . Какое количество теплоты надо подводить к газу в единицу времени, чтобы поршень двигался равномерно вверх со скоростью  $v$ ? Атмосферное давление равно  $P_0$ . Трение между поршнем и стенками сосуда отсутствует.
- 46\* Теплоизолированный сосуд разделён на две части лёгким поршнем. В левой части сосуда находится  $m_1 = 3$  г водорода при температуре  $T_1 = 300$  К, в правой части —  $m_2 = 16$  г кислорода при температуре  $T_2 = 400$  К. Поршень слабо проводит тепло, и температура в сосуде постепенно выравнивается. Какое количество теплоты отдаст кислород к тому моменту, когда поршень перестанет двигаться?
47. Моль одноатомного идеального газа совершает замкнутый цикл, состоящий из трёх процессов: адиабатического расширения, изотермического сжатия и изохорического нагревания. Какая работа была совершена газом в адиабатическом процессе, если в процессе изохорического нагревания газу подвели  $Q = 10$  кДж тепла?
- 48° Моль идеального одноатомного газа совершает цикл, состоящий из трёх процессов: адиабатического расширения, изобарического расширения и изотермического сжатия. На какую величину изменится температура в изобарическом процессе, если в процессе адиабатического расширения газ совершил работу  $A = 2500$  Дж.
49. Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс, состоящий из адиабатического расширения, изобарического расширения и изотермического сжатия. Какую работу совершил газ в адиабатическом процессе, если при изобарическом процессе была совершена работа 10 Дж?
- 50° Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс, состоящий из адиабатического расширения, изобарического расширения и изотермического сжатия. Какую работу совершил газ в адиабатическом процессе, если в изобарическом процессе газ получил 50 Дж тепла?
51. Моль идеального одноатомного газа адиабатически сжали, уменьшив объём в 5 раз. Если газ перевести из того же начального в то же конечное состояние сначала изобарически сжимая, а затем изохорно нагревая, то потребуется подвести газу 26 кДж тепла. Наименьшая температура при этом равна  $T_{\min} = 300$  К. Найти работу газа в адиабатическом процессе.
52. Найти величину работы  $A$ , которую совершает моль гелия в замкнутом цикле, состоящем из адиабатического расширения, изобары и изохоры. В адиабатическом процессе температура газа изменяется на  $\Delta T$  градусов. В изобарическом процессе от газа отвели количество теплоты  $Q$ .



- 53° Моль гелия совершает работу  $A$  в замкнутом цикле, состоящем из изобарического расширения, изохоры и адиабатического процесса. Сколько тепла  $Q$  было подведено к газу в изобарическом процессе, если разность максимальной и минимальной температур гелия в цикле равна  $\Delta T$ ?
54. Газообразный гелий находится в цилиндре под подвижным поршнем. Газ нагревают при постоянном давлении, переводя его из состояния 1 в состояние 2. При этом газ совершает работу  $A_{12}$ . Затем газ сжимается в процессе 2–3, в котором давление прямо пропорционально объёму. При этом над газом совершается работа  $A_{23}$  ( $A_{23} > 0$ ). Наконец, газ сжимается в адиабатическом процессе 3–1, возвращаясь в первоначальное состояние. Найти работу сжатия  $A_{31}$ , совершённую над газом в адиабатическом процессе.
- 55° Газообразный гелий находится в цилиндре под подвижным поршнем. Газ сжимают в адиабатическом процессе, переводя его из состояния 1 в состояние 2. Над газом совершается при этом работа  $A_{12}$  ( $A_{12} > 0$ ). Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2–3, и, наконец, из состояния 3 газ переводят в состояние 1 в процессе, когда давление прямо пропорционально объёму. Найти работу  $A_{23}$ , которую совершил газ в процессе изотермического расширения, если во всём замкнутом цикле 1–2–3–1 он совершил работу  $A$ .
56. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из процесса адиабатического расширения 1–2, изотермического сжатия 2–3 и изохорического процесса 3–1. Рабочее вещество —  $\nu$  молей идеального одноатомного газа. В процессе, где тепло к газу подводится, давление газа увеличивается в 3 раза. В процессе сжатия от газа отводится количество теплоты  $Q$  ( $Q > 0$ ). Во всём цикле 1–2–3–1 машина совершает работу  $A$ . Найдите максимальную температуру газа в цикле.
- 57° Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изотермического расширения 1–2, изохорического охлаждения 2–3 и адиабатического сжатия 3–1. Рабочее вещество —  $\nu$  молей идеального одноатомного газа. В процессе расширения к газу подводят количество теплоты  $Q$ . В процессе, где тепло от газа отводится, давление газа уменьшается в 3 раза. Во всём цикле 1–2–3–1 машина совершает работу  $A$ . Найдите минимальную температуру газа в цикле.
58. Тепловая машина работает по циклу Карно, состоящему из двух изотерм 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1. Работа сжатия в изотермическом процессе 3–4 равна  $A_{34}$  ( $A_{34} > 0$ ), а работа сжатия в адиабатическом процессе 4–1 равна  $A_{41}$  ( $A_{41} > 0$ ). Найдите работу, совершённую машиной в процессе изотермического расширения 1–2, если температура в нём равна  $T$ . Рабочее вещество —  $\nu$  молей идеального одноатомного газа.
- 59° Тепловая машина работает по циклу Карно, состоящему из двух изотерм 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1. Рабочее вещество —  $\nu$  молей идеального одноатомного газа. В процессе изотермического расширения машина совершает работу  $A_{12}$ , а в процессе адиабатического расширения — работу  $A_{23}$ . Какая работа совершается над газом в изотермическом процессе 3–4, если температура в нём равна  $T$ .
60. Моль идеального одноатомного газа с начальной температурой  $T_1 = 600$  К адиабатически увеличивает свой объём в 3 раза. Какую работу совершает при этом газ, если в тепловом процессе, при котором давление линейно изменяется с объёмом, газу при расширении из того же начального в то же конечное состояние было подведено 1,9 кДж тепла.
61. Моль идеального одноатомного газа описывает замкнутый цикл, совершая в нём работу 2026 Дж. Цикл состоит из процесса 1–2, в котором давление является линейной функцией объёма, изохоры 2–3 и процесса 3–1, в котором теплоёмкость газа остаётся постоянной. Найти указанную теплоёмкость, если известно также, что  $T_1 = T_2 = 2T_3 = 100$  К,  $V_2/V_1 = 8$ .
- 62° Моль идеального одноатомного газа совершает замкнутый цикл, совершая в нём работу 1845 Дж. Цикл состоит из процесса 1–2, в котором теплоёмкость газа остаётся постоянной, процесса 2–3, в котором давление газа является линейной функцией объёма и изохорического нагрева 3–1. Найти теплоёмкость газа в процессе 1–2, если известно, что  $T_1 = 1933$  К,  $T_2 = T_3 = 1000$  К,  $V_2/V_3 = 3$ .
63. С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс 1-2-3-1, состоящий из расширения в процессе 1-2, в котором теплоёмкость газа оставалась постоянной, адиабатического расширения 2-3 и сжатия в процессе 3-1 с линейной зависимостью давления от объёма.  $T_1 = T_2/2 = T_3$ ,  $V_3 = 4V_1$ . Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 1-2, если работа, совершённая газом в цикле, в 15 раз меньше работы, совершённой над газом в процессе 3-1.
- 64° С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс 1-2-3-1, состоящий из адиабатического расширения 1-2, расширения в процессе 2-3, в котором теплоёмкость газа оставалась постоянной, и сжатия в процессе 3-1 с линейной зависимостью давления от объёма.  $T_1 = 2T_2 = T_3$ ,  $V_3 = 4V_1$ . Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3, если работа, совершённая над газом в цикле, составляет 7/15 от работы, совершённой над газом в процессе 3-1.
65. С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс 1-2-3-1, состоящий из расширения в процессе 1-2, в котором молярная теплоёмкость газа постоянна и равна  $2R$ , адиабатического расширения 2-3 и сжатия в процессе 3-1 с линейной зависимостью давления от объёма.  $T_1 = T_2/2 = T_3$ ,  $V_3 = 4V_1$ . Найдите работу, совершённую газом в процессе 1-2-3, если работа, совершённая над газом в цикле, составила 100 Дж.
- 66° С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс 1-2-3-1, состоящий из адиабатического расширения 1-2, расширения в процессе 2-3, в котором молярная теплоёмкость газа постоянна и равна  $2R$ , и сжатия в процессе 3-1 с линейной зависимостью давления от объёма.  $T_1 = 2T_2 = T_3$ ,  $V_3 = 4V_1$ . Найдите работу, совершённую газом в процессе 1-2-3, если работа, совершённая над газом в цикле, составила 350 Дж.



67. КПД тепловой машины, работающей по циклу, состоящему из изотермы 1–2, изохоры 2–3 и адиабаты 3–1, равен  $\eta$ , а разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна  $\Delta T$ . Найти работу, совершённую  $\nu$  молями одноатомного идеального газа в изотермическом процессе.
68. Найти КПД тепловой машины, работающей с  $\nu$  молями одноатомного идеального газа по циклу, состоящему из адиабатического расширения 1–2, изотермического сжатия 2–3 и изохорического процесса 3–1. Работа, совершённая над газом в изотермическом процессе, равна  $A$ . Разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна  $\Delta T$ .
69. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры 1–2, изобары 2–3 и участка 3–1 прямо пропорциональной зависимости давления от объёма. Найти КПД цикла, если объём на изобаре изменяется в 2 раза. Рабочее вещество — идеальный одноатомный газ.
70. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры 1–2, изобары 2–3 и участка 3–1 прямо пропорциональной зависимости давления от объёма. Найти КПД цикла, если объём на изобаре изменяется в 2 раза. Рабочее вещество — идеальный одноатомный газ.
71. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изобары 1–2, изохоры 2–3 и адиабаты 3–1. Найти КПД этого цикла, если объём на изобаре изменяется в 8 раз. Рабочее вещество — идеальный одноатомный газ. *Указание:* В адиабатическом процессе температура  $T$  и объём газа  $V$  связаны уравнением  $T^3 V^2 = \text{const}$ .
72. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из адиабаты 1–2, изобары 2–3 и изохоры 3–1. Найти КПД этого цикла, если объём на изобаре изменяется в 8 раз. Рабочее вещество — идеальный одноатомный газ. *Указание:* В адиабатическом процессе температура  $T$  и объём газа  $V$  связаны уравнением  $T^3 V^2 = \text{const}$ .
73. КПД тепловой машины в цикле, состоящем из участка 1–2 с линейной зависимостью давления от объёма, адиабатического процесса 2–3 и изотермы 3–1, равен  $\eta_1$ , а в цикле, состоящем из изотермы 1–3, изобары 3–4 и адиабаты 4–1, равен  $\eta_2$ . Чему равен КПД тепловой машины, работающей по циклу 1–2–3–4–1? Все циклы обходятся по часовой стрелке. Рабочим веществом является идеальный газ.
74. КПД цикла 1–2–4–1 равен  $\eta_1$ , а цикла 2–3–4–2 равен  $\eta_2$ . Найти КПД цикла 1–2–3–4–1. Участки 4–1 и 2–3 — изохоры, участок 3–4 — изобара, участки 1–2 и 2–4 представляют собой линейную зависимость давления от объёма. Все циклы обходятся по часовой стрелке. Рабочее вещество — идеальный газ.
75. Найдите КПД циклов а–г, проводимых с идеальным одноатомным газом.



- 76\*. Тепловой цикл, проводимый с идеальным одноатомным газом, состоит из двух изохор и двух изобар. Найдите максимальный КПД такого цикла.
77. Со смесью гелия и водорода проводят циклический процесс, состоящий из нагревания в процессе 1–2 с постоянной теплоёмкостью, адиабатического расширения 2–3 и сжатия 3–1 в процессе с линейной зависимостью давления от объёма, причём  $V_3 = 4V_2 = 8V_1$ ,  $P_2 = 2P_1$ ,  $T_3 = 2T_1$ . КПД цикла оказался равен  $\eta = \frac{3}{20}$ . Работа газа в процессе 2–3 в  $\frac{8}{3}$  раз больше работы газа в процессе 1–2.
1. Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 1–2.
  2. Найдите отношение масс гелия и водорода в смеси.
78. Со смесью гелия и водорода проводят циклический процесс, состоящий из изохорного нагревания в процессе 1–2, нагревания в процессе 2–3 с постоянной теплоёмкостью, адиабатического расширения 3–4 и сжатия 4–1 в процессе с линейной зависимостью давления от объёма, причём  $V_4 = 4V_3 = 8V_1$ ,  $P_3 = 2P_2$ ,  $T_4 = 2T_2 = 4T_1$ . КПД цикла оказался равен  $\eta = \frac{23}{68}$ . Работа газа в процессе 3–4 в  $\frac{8}{3}$  раз больше работы газа в процессе 2–3.
1. Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 1–2.
  2. Найдите отношение масс гелия и водорода в смеси.
- 79\*. Чем условие задачи 78 лучше условия задачи 77?
80. Внутри откачанной до глубокого вакуума установки находится герметичный теплоизолированный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным одноатомным газом. Сосуд закрыт сверху теплонепроницаемым поршнем. Газ занимает при этом объём  $V$ . На поршень ставят гирию той же массы, что и масса поршня. Найти объём газа в новом положении равновесия.
81. Внутри откачанной до глубокого вакуума установки находится герметичный теплоизолированный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным одноатомным газом. Сосуд закрыт сверху теплоизолированным поршнем, на котором стоит гирия. Объём, занимаемый газом, равен при этом  $V$ . Гирию с поршня снимают. Найти объём газа в новом положении равновесия. Массы поршня и гири одинаковы.

- 82\* В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа при температуре  $T_0$ . Начнём сжимать газ, опуская поршень. После того, как совершили работу  $A$ , поршень отпустили, и он остановился в новом положении равновесия. Найти температуру  $T_x$  в этом состоянии. Внешнее давление считать равным нулю.
- 83\* В цилиндрическом сосуде под тяжёлым поршнем находится кислород. Поршень поднимают на высоту  $h$  от положения равновесия, дожидаясь установления температуры, затем сосуд теплоизолируют и поршень отпускают. На каком расстоянии от прежнего положения равновесия установится поршень, когда система вновь придёт в равновесие? Теплоёмкостью стенок и поршня пренебречь. Внешнее давление считать равным нулю.
84. Моль идеального одноатомного газа из начального состояния 1 с температурой 100 К, расширяясь через турбину в пустой сосуд переходит в состояние 2, совершая некоторую работу. Этот переход происходит без подвода либо отвода тепла. Затем газ сжимают в двух процессах, возвращая в исходное состояние. Сначала сжатие происходит в процессе 2–3, когда давление является линейной функцией объёма, а затем в адиабатическом процессе 3–1. Найти работу совершённую газом при расширении через турбину в переходе 1–2, если в процессе сжатия 2–3–1 над газом совершена работа 1091 Дж. Известно, что  $T_2 = T_3$ ,  $V_2 = 2V_3$ .
- 85° Моль идеального одноатомного газа из начального состояния 1 с температурой 100 К расширяясь через турбину в пустой сосуд совершает некоторую работу и переходит в состояние 2. Этот переход происходит без подвода либо отвода тепла. Затем газ сжимают в процессе 2–3, в котором давление является линейной функцией объёма и наконец, в изохорическом процессе 3–1 газ возвращается в исходное состояние. Найти работу, совершённую газом при расширении через турбину в переходе 1–2, если в процессах 2–3–1 к газу в итоге подведено 72 Дж тепла. Известно также, что  $T_2 = T_3$ ,  $V_2 = 3V_1$ .

### Ответы

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1. $\frac{RT}{RT - A}$ .  | 29. $\frac{\Delta T}{T} = -\frac{1}{3}$ .        | 59. $\frac{3\nu RT}{3\nu RT + 2A_{23}} A_{12}$ .                                     |
| 2. $T = \frac{A}{R(k-1)}$ .   | 30. 6,2 кДж.                                     | 60. 3,9 кДж.   |
| 3. 3.   | 31. 450 Дж.                                      | 61. $c = -\frac{3}{2}R$ .  |
| 4. 83,1 Дж.   | 32. 7:3.   | 62. $c = -R/6$ .   |
| 5. $A = R(T_2 - T_1) \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{2\sqrt{T_2}}$ . | 33. $O_2$ .                                      | 63. $c = 2R$ .   |
| 6. $A = R(T_2 - T_1) \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{2\sqrt{T_1}}$ . | 34. $N_2$ или $CO$ .                             | 64. $c = 2R$ .   |
| 7. 3,33 Дж.   | 35. 0,01.  | 65. 1600 Дж.   |
| 8. 17,5 Дж.   | 36. 12,5 Дж.                                     | 66. 400 Дж.  |
| 9. 100 г/моль.  | 37. 1,5A.  | 67. $A = \frac{3\nu R \Delta T}{2(1-\eta)}$ .  |
| 10. 100 г.  | 38. 2A.  | 68. $\eta = 1 - \frac{2A}{3\nu R \Delta T}$ .  |
| 11. 3.  | 39. 3R.  | 69. $\frac{1}{13}$ .   |
| 12. 0,4.  | 40. 2R.  | 70. $\frac{1}{12}$ .   |
| 13. 5.  | 41* 2R.  | 71. $\frac{47}{140}$ .   |
| 14. 286 К.  | 42. $\infty$ .                                   | 72. $\frac{58}{93}$ .  |
| 15. 416 Дж.   | 43. 304 К.                                       | 73. $\eta = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2$ .                                       |
| 16. 2,9 кДж.  | 44. $3,9 \cdot 10^5$ Па.                         | 74. $\eta = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2$ .                                       |
| 17. 190 К.  | 45. $\frac{5}{2}(P_0 S + Mg)v$ .                 | 75. а) $\frac{2}{13}$ , б) $\frac{1}{13}$ , в) $\frac{1}{12}$ , г) $\frac{16}{97}$ . |
| 18. 1248 Дж.  | 46* 1090 Дж.                                     | 76* $2/5$ .  |
| 19. 360 К.  | 47. 10 кДж.                                      | 77. $2,5R$ , 2 : 1.  |
| 20. $Q = 94A$ .   | 48. 200 К.                                       | 78. $2,5R$ , 2 : 1.  |
| 21. $U_0 = Q/5$ .   | 49. 15 Дж.                                       | 80. $V = 0,7V_0$ .   |
| 22. 2.  | 50. 30 Дж.                                       | 81. $V = 1,6V_0$ .   |
| 23. $3/2$ .   | 51. 36 кДж.                                      | 82* $T_x = T_0 + \frac{2A}{5R}$ .  |
| 24. $3/2$ .   | 52. $A = -c_v \Delta T - \frac{2}{5}Q$ .         | 83* $\frac{2}{7}h$ .   |
| 25. 4.  | 53. $Q = A + \frac{3}{2}R \Delta T$ .            | 84. 936 Дж.  |
| 26. $P_0 = \frac{1}{S} \sqrt{\frac{k\nu RT}{2}}$ .                  | 54. $A_{31} = 3A_{23} - \frac{3}{2}A_{12}$ .     | 85. 625 Дж.  |
| 27. $P_0 = \frac{\sqrt{3k\nu RT}}{2S}$ .                            | 55. $A_{23} = A + \frac{4}{3}A_{12}$ .           |  |
| 28. $T = \frac{2mg}{\nu R}(h_0 + 2x_0)$ , $A = -\frac{5}{2}mgx_0$ . | 56. $\frac{A+Q}{\nu R}$ .                        |  |
|   | 57. $\frac{Q-A}{3\nu R}$ .                       |  |
|   | 58. $\frac{3\nu RT}{3\nu RT - 2A_{41}} A_{34}$ . |  |