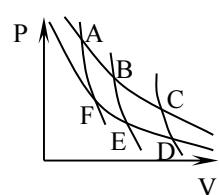


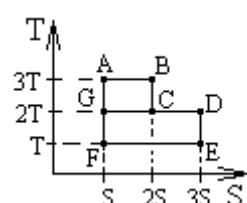
## ЗАДАЧИ К ИНДИВИДУАЛЬНОМУ ДОМАШНЕМУ ЗАДАНИЮ №7 (график в конце файла)

1. Чему равна внутренняя энергия трехатомного газа, заключенного в сосуде объемом 15 л под давлением 5 атм.? Считать, что молекулы совершают все виды молекулярного движения.
2. Определить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении смеси из 3 г гелия, 5 г кислорода и 8 г азота.
3. Определить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении смеси из 5 г гелия, 10 г кислорода и 3 г азота.
4. Кислород при расширении совершил работу 50 Дж. Какое кол-во тепла было сообщено газу, если процесс был: а)изотермическим б) изобарическим в)адиабатическим.
5. Кислород при расширении совершил работу 30 Дж. Какое кол-во тепла было сообщено газу, если процесс был: а)изотермическим б) изобарическим в)адиабатическим.
6. Кислород находится при температуре 27° С и давлении 2 атм. Газ адиабатически сжимается и его давление становится равным 1 атм. Какова будет температура газа после сжатия и во сколько раз изменится объем газа?
7. Во сколько раз изменится плотность азота, если при адиабатическом процессе давление газа изменится от  $10^5$  Н/м<sup>2</sup> до  $0,3 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>?
8. В политропическом процессе давление идеального одноатомного газа изменяется пропорционально  $T^2$ . Найти молекулярную теплоемкость газа при этом процессе.
9. Определить давление  $P$  газа, содержащего  $N = 10^9$  молекул и имеющего объем  $V = 2 \text{ м}^3$ , при температуре 950 К .
- 10.Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой  $m = 30\text{ г}$ , взятого при температуре  $T = 290K$ , если давление газа при этом падает в  $e = 2,72$  раз?
- 11.Определить работу, которую совершил азот ( $M_{N_2} = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ), если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты  $Q = 35 \text{ кДж}$ .
- 12.Определить работу, которую совершил кислород, если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты  $Q = 45 \text{ кДж}$  .
- 13.В баллоне объемом 10 л находится гелий с молярной массой  $\mu = 4 \text{ г/моль}$  под давлением  $P_1 = 1 \text{ МПа}$  и при температуре  $T_1 = 350K$  . После того, как из баллона было взято  $m = 10\text{ г}$  гелия, температура в баллоне понизилась до  $T_2 = 300K$  . Определить давление  $P_2$  гелия, оставшегося в баллоне.
- 14.Некоторую массу углекислого газа сжали в  $e = 2,718$  раз (по объему). Один раз - изобарически, другой раз – изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найти отношение соответствующих работ ( $A_p/A_T$ ), затраченных на сжатие.
- 15.Цикл с идеальным газом состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарическом процессе объем изменяется в 3 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 4 раза. В начальном состоянии газ имел объем  $V_1 = 1 \text{ м}^3$  при давлении  $P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  . Найти работу, совершающую газом за один цикл.

- 16.** Найти работу, совершающую идеальным газом за один цикл. Цикл состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарических процессах объем изменяется в 3 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 2 раза. В начальном состоянии давление газа равно  $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$ , объем газа  $V_1 = 2m^3$ .
- 17.** Найти работу, совершающую идеальным газом за один цикл. Цикл состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарических процессах объем изменяется в 2 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 3 раза. В начальном состоянии давление газа равно  $P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ J/}\text{a}$ , объем газа  $V_1 = 3m^3$ .
- 18.** Цикл с идеальным газом состоит из двух изобар и двух изохор. При изобарическом процессе объем изменяется в 4 раза, а при изохорических процессах давление меняется в 3 раза. В начальном состоянии газ имел объем  $V_1 = 2m^3$  при давлении  $P_1 = 3 \cdot 10^5 \text{ J/}\text{a}$ . Найти работу, совершающую газом за один цикл.
- 19.** Кислород массой 2 кг отдал 300 Дж теплоты при температуре 300 К. Найти изменение энтропии.
- 20.** Водород массой 5 кг отдал 400 Дж теплоты при температуре 290 К. найти изменение энтропии.
- 21.** Определить изменение энтропии при изотермическом расширении 15 г кислорода от объема  $V_1 = 20\text{cm}^3$  до объема  $V_2 = 50\text{cm}^3$ . ( $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $R = 8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  $\ln 2 = 0,69$ ).
- 22.** Определить изменение энтропии при изобарическом нагревании 10 г кислорода от 27°C до 327°C.
- 23.** Определить изменение энтропии при изобарическом нагревании 20 г азота от 30°C до 330°C.
- 24.** Определить изменение энтропии при изохорическом охлаждении 3 киломоль кислорода от температуры 550 К до 275 К. ( $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $R = 8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ,  $\ln 2 = 0,69$ ).
- 25.** Водород массой 200 г был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в 2 раза, а затем изохорически охлажден так, что его давление уменьшилось в 4 раза. Найти изменение энтропии. ( $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $R = 8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ).
- 26.** Кислород массой 100 г был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, а затем изохорически охлажден так, что его давление уменьшилось в 2 раза. Найти изменение энтропии.
- 27.** Энтропия некоторой термодинамической системы изменяется при изохорическом процессе по закону  $S = aT^3$ , где  $a = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Дж/K}^4$ . Определить изменение внутренней энергии системы при нагревании от  $T_1 = 100\text{K}$  до  $T_2 = 200\text{K}$ .
- 28.** На рисунке изображены изотермы и адиабаты для одной и той же порции газа. Сравнить к.п.д. трех циклов: 1-  $ABEFA$ , 2-  $BCDEB$ , 3-  $ACDFA$ , считая, что площадь второго цикла вдвое больше площади первого цикла:



- 29.** Найти соотношение между к.п.д. двух циклов, изображенных на рисунке ( $\eta_1$ - соответствует циклу  $ABCAG$ ,  $\eta_2$ - соответствует циклу  $GDEFG$ ).



- 30.** Тепловая машина с идеальным газом работает по циклу Карно, Работа изотермического расширения газа  $A_1=5$  Дж, Определить работу, которую совершают над газом в процессе изотермического сжатия, если к.п.д. машины 0,25.
- 31.** Температуру 5 молей кислорода повышают на  $\Delta T = 50$  К первый раз при изохорическом процессе, а другой раз изобарически. Определить приращение внутренней энергии в каждом процессе.  $R = 8,31$  Дж/моль · К
- 32.** Газ расширяется от объема  $V_1 = 2,5$  м<sup>3</sup> до объема  $V_2$  и толкает перед собой поршень радиусом  $R = 10$  см. В процессе расширения поршень перемещается на расстояние  $l = 9$  м. Какую работу (Дж) совершает газ, если его давление изменяется по закону  $p=(aV^4 - b)V^2$  Па. Здесь  $a=2,3$  и  $b=5$ .
- 33.** Для двухатомного газа разность удельных теплоемкостей ( $c_p - c_v$ ) равна 260 Дж/кг К. Найти массу киломоля газа и удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$ .
- 34.** Какое количество тепла требуется для нагревания 10 г. водорода на 100 градусов при постоянном давлении? Как изменится внутренняя энергия газа? Какую работу совершил газ?
- 35.** Объем некоторой массы азота увеличивается в 5 раз. Во сколько раз отличается работа газа для двух случаев, если расширение происходит в первом случае адиабатически, а во втором – изотермически, а начальные параметры одинаковы.
- 36.** Тепловая машина работает от нагревателя, абсолютная температура которого в  $n$  раз больше абсолютной температуры холодильника. Какая доля тепла, получаемого от нагревателя, идет на полезную работу?
- 37.** КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно 25%. Во сколько раз повысится КПД машины, если увеличить абсолютную температуру нагревателя в 2 раза?
- 38.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух изохор. Найти КПД цикла, если отношение наибольшего и наименьшего объема вещества равно 2, а  $c_p/c_v = 1.4$ .
- 39.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух изохор. Найти КПД цикла, если отношение наибольшего и наименьшего объема вещества равно 4, а  $c_p/c_v = 1.4$ .
- 40.** 10 г кислорода нагревается при постоянном давлении 2 атм., в результате чего объем увеличивается с 3 л до 7 л. Найти затраченное количество тепла и изменение энтропии.
- 41.** Газ, занимающий при давлении 4 атм. объем 8 л, изотермически сжимают до объема 2 л, причем энтропия газа уменьшается на 38,2 Дж/К. Какую работу совершают внешние силы и при какой температуре происходит процесс?
- 42.** 30 г гелия нагревается от  $-20^\circ$  С до  $+20^\circ$  С при постоянном объеме. Найти получаемое тепло и изменение энтропии.
- 43.** 250 г льда нагревают при постоянном давлении от  $-10^\circ$  С до  $0^\circ$  С и после плавления до  $80^\circ$  С. Найти изменение энтропии.
- 44.** При изобарном процессе 50 г кислорода совершают работу 3,32 КДж, и энтропия газа увеличивается на 29,6 Дж/К. Найти начальную и конечную температуру газа.
- 45.** В калориметр налито 400 г воды, имеющей температуру  $10^\circ$  С. В тот же калориметр добавляют 150 г воды с температурой  $20^\circ$  С и температура смеси становится равной  $12^\circ$  С. Найти изменение энтропии.

- 46.** Один моль одноатомного идеального газа ( $\gamma = 5/3$ ) совершает в тепловой машине цикл Карно между тепловыми резервуарами с температурами  $t_1 = 127^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ . Наименьший объем газа в ходе цикла  $V_1 = 5 \text{ л}$ , наибольший  $V_2 = 20 \text{ л}$ . Какую работу  $A$  совершает эта машина за один цикл? Сколько тепла  $Q_1$  берет она от высокотемпературного резервуара за один цикл? Сколько тепла  $Q_2$  поступает за цикл в низкотемпературный резервуар?
- 47.** Тепловая машина Карно используется в качестве холодильной машины для поддержания некоторого резервуара при температуре  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Какая механическая работа требуется для выполнения одного цикла машины, если при этом от оболочки отводится  $Q_2 = 900 \text{ кал}$  тепла?
- 48.** Масса  $m = 2 \text{ кг}$  воздуха, находящегося при давлении  $p_1 = 150 \text{ кПа}$  и температуре  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ , расширяется адиабатически и давление при этом падает до  $p_2 = 100 \text{ кПа}$ . Во сколько раз увеличился объем воздуха? Найти конечную температуру  $t_2$ , и работу  $A$ , совершенную газом при расширении.
- 49.** В цилиндрах карбюраторного двигателя внутреннего сгорания газ сжимается политропически до  $V_2 = V_1/6$ . Начальное давление  $p_1 = 90 \text{ кПа}$ , начальная температура  $t_1 = 127^\circ\text{C}$ . Найти давление  $p_2$  и температуру  $t_2$  газа в цилиндрах после сжатия. Показатель политропы  $n = 1,3$ .
- 50.** Если идеальный одноатомный газ перевести из состояния 1 в состояние 3 сначала изобарно (участок 1-2), а затем изохорно (участок 2-3), то будет произведена некоторая работа, а если переход из состояния 1 в состояние 3 произвести непосредственно по прямой 1-3, то работа увеличивается в  $n$  раз. Найти давление газа  $p_3$  в состоянии 3, если в состоянии 1  $p_1 = 100 \text{ кПа}$ ,  $n = 5$ .
- 51.** Найти изменение энтропии при изобарном расширении 10 г кислорода от объема 4 л до объема 8 л.
- 52.** КПД идеального двигателя, работающего по круговому циклу состоящему из изотермы, изохоры и адиабаты равен  $\eta$ , а разность максимальной и минимальной температур  $\Delta T$ . Какую работу  $A_{12}$  совершает одноатомный идеальный газ массой  $m$  с молярной массой  $M$  в процессе 1-2.
- 53.** В теплоизолированном цилиндре под поршнем находится 1 кмоль азота при нормальных условиях. Газ расширяется так, что его объем увеличивается в 5 раз. Найти изменение внутренней энергии и работу, совершенную при расширении.
- 54.** При изобарном нагревании 1 кмоля азота его температура повысилась в 1,5 раза. Найти изменение энтропии при этом процессе.
- 55.** Кислород массой 10 г изохорно нагревается от 327 К до 423 К. Найти изменение энтропии при этом процессе.
- 56.** Найти КПД цикла Карно, если температура холодильника  $0^\circ\text{C}$ , количество теплоты, полученной от нагревателя, 6000 Дж, давление при изотермическом и адиабатическом расширении изменяется в 4 раза.
- 57.** Объем двухатомного газа при адиабатическом расширении в цикле Карно изменяется от  $V_2 = 2 \text{ л}$  до  $V_3 = 4 \text{ л}$ . Найти КПД цикла.
- 58.** КПД цикла Карно 0,6, работа, совершаемая при изотермическом расширении  $A_{12} = 10 \text{ кДж}$ . Найти работу, совершающую при изотермическом сжатии.

## Карно-степеньей свободы

59. Найти ~~теплоемкость~~ идеального газа, совершающего цикл Карно, если работа за цикл 9 кДж, отношение объемов  $V_2/V_1 = 3$ . Работа адиабатического сжатия – 13,1 кДж.

60. Кислород, взятый при температуре 300 К, расширяется адиабатически, и его внутренняя энергия уменьшается на 8 кДж, а его объем увеличивается в 9 раз. Определить массу кислорода.

61. На рис. 325 изображена диаграмма обратимого цикла, выполняемого 1 молем идеального газа в некоторой тепловой машине. Найти работы  $A_{ik}$ , выполняемые машиной, и количества тепла  $Q_{ik}$ , получаемые газом на каждом этапе цикла. Найти КПД цикла, выразив его как функции  $T_1$  и  $T_2$ . Процесс 3—1 изотермический.

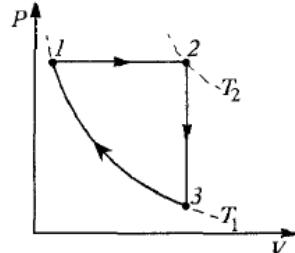


Рис. 325

62. Тепловая машина с идеальным газом в качестве рабочего вещества совершает обратимый цикл, состоящий из изохоры 1—2, адиабаты 2—3 и изотермы 3—1 (рис. 326). Рассчитать количества тепла, получаемые рабочим веществом на каждом этапе цикла. Найти КПД машины как функцию максимальной  $T_2$  и минимальной  $T_1$ , температур, достигаемых газом в этом цикле.

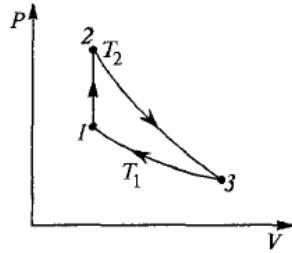


Рис. 326

63. Найти КПД обратимого цикла, изображенного на рис. 327, как функцию максимальной  $T_1$  и минимальной  $T_2$  температур вещества в этом цикле. Цикл совершает машина с идеальным газом в качестве рабочего тела. Найти также количества тепла, получаемые рабочим веществом на каждом этапе цикла.

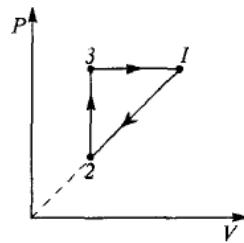


Рис. 327

64. Какое количество теплоты получает идеальный одноатомный газ, переходя из состояния 1 в 2 и из 2 в 3, если 1-2 изохора, 2-3 изобара. В состоянии 1 его давление 0,2 МПа, объем 20 л. В состоянии 2 давление 0,4 МПа. Изобразите график процессов.

65. Найти КПД обратимого теплового цикла Отто, состоящего из адиабат 1—2, 3—4 и изохор 2—3, 4—1 (рис. 328), если в качестве рабочего тела используется идеальный газ. Выразить КПД цикла через температуры газа  $T_1$  и  $T_2$  в состояниях 1 и 2.

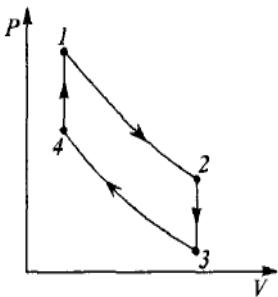


Рис. 328

- 66.** Определить КПД цикла, проходящего последовательно через состояния:  
 1)  $2P, V$ ; 2)  $2P, 8V$ ; 3)  $P, 4V$ ; 4)  $P, 2V$ . Газ идеальный одноатомный, все участки цикла политропические.
- 67.** Определить КПД цикла, проходящего последовательно через состояния:  
 1)  $8P, V$ ; 2)  $4P, 2V$ ; 3)  $2P, 2V$ ; 4)  $P, V$ . Газ идеальный одноатомный, все участки цикла политропические.

- 68.** Вычислить КПД цикла, состоящего из политропы  $1-2$  ( $P \propto V^{\gamma}$ ), адиабаты  $2-3$  и изобары  $3-1$ , если в качестве рабочего вещества используется одноатомный идеальный газ, а отношение максимального давления в цикле к минимальному  $P_2/P_1 = 2$  (рис.330).

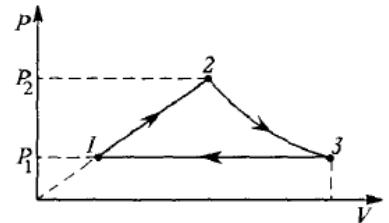


Рис. 330

- 69.** Найти КПД цикла (рис.331), состоящего из политропы  $1-2$  изотермы  $2-3$  и изохоры  $3-1$ . Отношение давлений  $P_1/P_2=8$ , а отношение объемов  $V_2/V_1 = 2$ . Рабочим веществом является идеальный одноатомный газ.

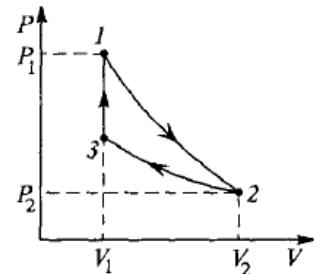


Рис. 331

- 70.** Найти изменение  $\Delta S$  энтропии при превращении массы  $m = 10\text{г}$  льда ( $t = -20^\circ\text{C}$ ) в пар ( $t_{\text{n}} = 100^\circ\text{C}$ ).

№ варианта	Задачи к лабораторной работе ИДЗ № 7				
	15	20	31	59	70
1	15	20	31	59	70
2	14	19	32	58	69
3	13	18	33	57	68
4	12	17	34	56	67
5	11	16	35	51	66
6	10	15	36	52	65
7	7	21	37	53	64
8	8	22	38	54	63
9	9	23	39	60	42
10	6	24	40	55	61
11	5	25	41	35	60
12	4	20	42	36	59
13	2	19	43	67	58
14	3	18	44	65	57
15	1	17	45	34	56
16	15	29	46	37	55
17	14	15	31	46	54
18	13	21	32	59	63
19	12	22	33	58	52
20	11	23	34	57	65
21	10	24	35	56	66
22	7	20	36	51	70
23	28	19	37	52	69
24	29	18	38	53	68
25	26	17	39	54	67
26	5	16	31	60	47
27	4	15	32	55	65
28	3	21	33	40	64
29	2	22	34	41	63
30	1	23	35	42	62