

№6

- 1.** Давление азота в сосуде вместимостью 3 л после нагревания возросло на 2.2 МПа. Удельная теплоёмкость азота при постоянном объеме 745 Дж/(кг·К). Найти количество теплоты, сообщённое газу.

Ответ: 16.5 кДж.

- 2.** Для повышения на 50 К температуры 20 кг газа при постоянном давлении необходимо затратить 1 МДж теплоты. Молярная масса газа 28 г/моль. Какое количество теплоты следует отнять у этого газа, чтобы его температура понизилась на 50 К при постоянном объёме?

Ответ: 703.2 кДж.

- 3.** Моль идеального одноатомного газа из состояния с температурой $T=100$ К расширяется изобарно, а затем изохорно переходит в состояние с начальной температурой. Во сколько раз изменился объем газа, если для перевода газа из начального состояния в конечное к нему подвели $Q=8.31$ Дж теплоты?

Ответ: 2.

- 4.** Если нагреть 1 моль идеального газа на 1 К при постоянном объеме, то давление возрастет на 10 Па. Если из того же исходного состояния газ нагреть на 1 К при постоянном давлении, то объем увеличится на 10^3 см³. Вычислить давление, объем и температуру газа в исходном состоянии.

Ответ: 8.31 кПа, 0.831 м³, 831 К.

- 5.** Объём 160 г кислорода, температура которого 27 °С, при изобарическом нагревании увеличился вдвое. Удельная теплоёмкость кислорода при постоянном давлении равна 0.92 кДж/(кг·К). Найти работу, совершённую газом, и изменение его внутренней энергии.

Ответ: 12465 Дж; 31695 Дж.

- 6.** В баллоне с жёсткими стенками вместимостью 5 л находится инертный газ при давлении 100 кПа. Баллон разрушается при давлении 500 кПа. Какое максимальное количество тепла можно сообщить газу до разрушения баллона?

Ответ: 3 кДж.

- 7.** Одноатомный газ нагревается при постоянном давлении 120 кПа так, что его объем увеличивается от 1 л до 1.5 л. Найти изменение внутренней энергии газа и количество теплоты, полученное газом.

Ответ: 90 Дж, 150 Дж.

- 8.** В вертикальном цилиндре диаметром 10 см, закрытом поршнем массой 5 кг, находится одноатомный газ. Дно поршня находится на высоте 10 см от дна цилиндра. Трение между стенками цилиндра и поршнем отсутствует. Атмосферное давление 100 кПа. Какое количество тепла надо сообщить газу, чтобы высота подъёма поршня увеличилась вдвое?

Ответ: 208.6 Дж.

- 9.** Газ находится в вертикальном цилиндре с площадью основания 0.1 м² при температуре 0 °С. На расстоянии 0.8 м от дна цилиндра находится поршень массой 15 кг. Атмосферное давление

нормальное. Какую работу совершит газ при его нагревании до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Ответ: 743.36 Дж.

10. Одноатомный газ сначала изобарически расширился в четыре раза, а затем в результате изохорического нагревания его давление возросло в три раза. Начальное давление газа 100 кПа, его конечный объём 12 л. Найти работу, совершённую газом, и изменение его внутренней энергии.

Ответ: 900 Дж; 4950 Дж.

11. Одноатомный газ при изобарическом нагревании и изотермическом расширении получил 12.34 кДж тепла. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 4.98 кДж. Какую работу совершил газ при изотермическом расширении?

Ответ: 4.04 кДж.

12. Одноатомный газ расширяется сначала изобарически, а затем изотермически. Работа, совершаемая газом при расширении, равна 800 Дж. В процессе изотермического расширения газ получил 250 Дж тепла. Найти изменение внутренней энергии газа.

Ответ: 825 Дж.

13. Одноатомный газ при изобарном нагревании совершил работу 20 кДж. Затем при изотермическом расширении газом была совершена работа 30 кДж. Найти общее количество теплоты, полученное газом.

Ответ: 80 кДж.

14. Газ, занимающий объём V_1 при давлении P_1 , вначале изотермически сжимается так, что его давление возрастает втрое. При этом у газа отбирается Q Джоулей теплоты. Затем газ изобарически расширяется так, что его температура возрастает втрое и, наконец, газ изохорически возвращают в первоначальное состояние. Найти работу газа за цикл.

Ответ: $2P_1V_1 - Q$.

15. Одноатомный газ, занимающий объём V_1 при давлении P_1 , вначале изотермически сжимают так, что его давление возрастает вдвое, а затем изобарически охлаждают так, что его объём уменьшается еще вдвое. При изотермическом сжатии над газом была совершена работа A_T . Найти количество теплоты, отданное газом в результате этих процессов.

Ответ: $A_T + \frac{5}{4}P_1V_1$.

16. Одноатомный газ, занимающий объём 2 л при давлении 100 кПа, изохорически охлаждается так, что его давление уменьшается вдвое. Затем при изобарическом нагревании его объём увеличивается в три раза. Найти изменение внутренней энергии газа.

Ответ: 150 Дж.

17. Некоторое количество идеального одноатомного газа занимает объём V_1 при давлении P_1 . Газ вначале нагревают при постоянном давлении так, что его объём

становится равным V_2 , а затем при постоянном объеме нагревают до давления P_3 . Найти изменение внутренней энергии и количество теплоты, полученное газом.

Ответ: $\frac{3}{2}(P_3V_2 - P_1V_1)$, $\frac{3}{2}(P_3V_2 - P_1V_1) + P_1(V_2 - V_1)$.

18. Одноатомному газу, занимающему объем $V_1=2$ л при давлении $P_1=0.2$ МПа, в изохорическом процессе сообщили $Q_V=1.50$ кДж тепла, а затем в изобарическом процессе сообщили $Q_P=1.75$ кДж тепла. Определить конечные значения давления и объема газа, а также изменение внутренней энергии газа.

Ответ: 0.7 МПа, 3 л, 2.55 кДж.

19. Идеальный газ расширяется сначала изотермически, а затем изобарически, получая в результате 1 кДж тепла. При изотермическом процессе газ совершил работу 300 Дж. Найти изменение внутренней энергии газа в процессе нагревания.

Ответ: 420 Дж.

20. В последовательно протекавших изотермическом, изобарическом и изохорическом процессах одноатомный газ получил одинаковое количество тепла – по 10 Дж в каждом процессе. Определить изменение внутренней энергии газа и работу, совершенную газом в результате этих процессов.

Ответ: 16 Дж, 14 Дж.

21. Одноатомный газ, занимающий объем 6 л при давлении 100 кПа, сначала изотермически сжимается так, что его объем уменьшается в три раза, а затем изобарически расширяется вдвое. Какое количество тепла сообщили газу при изобарическом расширении?

Ответ: 1.5 кДж.

22. Одноатомный газ, занимающий объем 1 л при давлении 100 кПа, изохорически нагревают так, что его давление возрастает вдвое. Затем в результате изотермического расширения его давление становится равным первоначальному. После этого при изобарическом нагревании объем газа увеличивается в 2 раза. Полная работа, совершённая газом, равна 338.63 Дж. Найти общее количество тепла, сообщённое газу.

Ответ: 788.63 Дж.

23. В сосуд с пренебрежимо малой теплоёмкостью, в котором находится 500 г льда при температуре 0°C , вливают 200 г воды, нагретой до температуры 80°C . Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг. Какая температура установится в сосуде?

Ответ: 0°C .

24. Для измерения температуры 66 г воды в неё погрузили термометр с теплоёмкостью 1.9 Дж/К, который показал температуру 32.4°C . До погружения в воду термометр показывал 17.8°C . Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг·К). Какова была температура воды до погружения термометра?

Ответ: 32.5°C .

25. Железная деталь массой 0.5 кг, нагретая до 800°C , опущена в 5 л воды, температура которой 19°C . При этом образовалось некоторое количество пара, а вода нагрелась на 1°C . Удельные теплоёмкости

железа и воды соответственно равны 460 и 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды 2.3 МДж/кг. Плотность воды 1000 кг/м³. Найти массу образовавшегося пара.

Ответ: 60.1 г.

26. В результате сообщения 1 кг свинца 54.5 кДж теплоты половина свинца расплавилась. Температура плавления свинца 600 К, его удельная теплоёмкость 130 Дж/(кг·К), а удельная теплота плавления 24 кДж/кг. Найти начальную температуру свинца.

Ответ: 273 К.

27. В сосуде находится количество $\nu_1 = 10^{-7}$ молей кислорода и масса $m_2 = 10^{-6}$ г азота. Температура смеси $T = 100^\circ\text{C}$, давление в сосуде $p = 133$ мПа. Найти объем V сосуда, парциальные давления p_1 и p_2 кислорода и азота и число молекул n в единице объема сосуда.

Ответ: 3,2 л; 98 Мпа; 35 МПа.

28. Найти отношение средних квадратичных скоростей молекул гелия и азота при одинаковых температурах.

Ответ: 2,65

29. Масса $m = 1$ кг двухатомного газа находится под давлением $p = 80$ кПа и имеет плотность $\rho = 4$ кг/м³. Найти энергию теплового движения W молекул газа при этих условиях.

Ответ: 50 кДж

30. Какое число молекул N двухатомного газа содержит объем $V = 10$ см³ при давлении $p = 5,3$ кПа и температуре $T = 27^\circ\text{C}$? Какой энергией теплового движения W обладают эти молекулы?

Ответ: 0,13 Дж

31. Энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объемом $V = 20$ л, $W = 5$ кДж, а средняя квадратичная скорость его молекул $\sqrt{v^2} = 2 \cdot 10^3$ м/с. Найти массу m азота в баллоне и давление p , под которым он находится.

Ответ: 2,5 г; 165 кПа

32. Масса $m = 12$ г азота находится в закрытом сосуде объемом $V = 2$ л при температуре $t = 10^\circ\text{C}$. После нагревания давление в сосуде стало равным $p = 1,33$ МПа. Какое количество теплоты Q сообщено газу при нагревании?

Ответ: 4,15 кДж

33. В сосуде объемом $V = 0,1$ МПа находится азот при давлении $p = 0,1$ МПа. Какое количество теплоты Q надо сообщить азоту, чтобы: а) при $p = \text{const}$ объем увеличился вдвое; б) при $V = \text{const}$ давление увеличилось вдвое?

Ответ: 700 Дж; 500 Дж.

34. В закрытом сосуде находится масса $m = 14$ г азота при давлении $p = 0,1$ МПа и температуре $t = 27^\circ\text{C}$. После нагревания давление в сосуде повысилось в 5 раз. До какой температуры t_2 был нагрет газ? Найти объем V сосуда и количество теплоты Q , сообщенное газу.

Ответ: 1500 К; 12,4 л ; 12,4 Дж

35. На нагревание массы $m = 40$ г кислорода от температуры $t_1 = 16^\circ\text{C}$ до $t_2 = 40^\circ\text{C}$ затрачено количество теплоты $Q = 628$ Дж. При каких условиях нагревался газ (при постоянном объеме или при постоянном давлении)?

36. Какую массу m углекислого газа можно нагреть при $p = \text{const}$ от температуры

$t_1=20^\circ\text{C}$ до $t_2=100^\circ\text{C}$ количеством теплоты $Q=222\text{Дж}$? На сколько при этом изменится кинетическая энергия одной молекулы?

Ответ: $3,67\text{ г}$; $3,31 \cdot 10^{-21}\text{Дж}$

37. Азот находится в закрытом сосуде объемом $V=3\text{л}$ при температуре $t_1=27^\circ\text{C}$ и давлении $p=0,3\text{МПа}$. После нагревания давление в сосуде повысилось до $p_2=2,5\text{МПа}$. Найти температуру T_2 азота после нагревания и количество теплоты Q , сообщенное азоту.

Ответ: 2500 К ; 16500 Дж

38. Найти среднюю арифметическую $\bar{v}$, среднюю квадратичную $\sqrt{v^2}$ и наиболее вероятную v_v скорости молекул газа, который при давлении $p = 40\text{ кПа}$ имеет плотность $\rho = 0,3\text{ кг/м}^3$.

Ответ: 628 м/с

39. На какой высоте h плотность газа вдвое меньше его плотности на уровне моря? Температуру газа считать постоянной и равной $t=0^\circ\text{C}$. Задачу решить для: а) воздуха, б) водорода.

Ответ: $80,23\text{ км}$

40. Найти среднюю длину свободного пробега λ молекул углекислого газа при температуре $t = 100^\circ\text{C}$ и давлении $p = 13,3\text{ Па}$. Диаметр молекул углекислого газа $\sigma = 0,32\text{ нм}$.

Ответ: 850 мкм

41. Найти среднее число столкновений $\bar{z}$ в единицу времени молекул углекислого газа при температуре $t = 100^\circ\text{C}$, если средняя длина свободного пробега $\lambda = 870\text{ мкм}$.

Ответ: $4,87 \cdot 10^5\text{с}^{-1}$

42. При некотором давлении и температуре $t = 0^\circ\text{C}$ средняя длина свободного пробега молекул кислорода $\lambda = 95\text{ нм}$. Найти среднее число столкновений $\bar{z}$ в единицу времени молекул кислорода, если при той же температуре давление кислорода уменьшить в 100 раз.

Ответ: $4,5 \cdot 10^7\text{с}^{-1}$

43. Масса $m = 6,5\text{г}$ водорода, находящегося при температуре $t = 27^\circ\text{C}$, расширяется вдвое при $p = \text{const}$ за счет притока тепла извне. Найти работу A расширения газа, изменение ΔU внутренней энергии газа и количество теплоты Q , сообщенное газу.

Ответ: $8,1\text{ кДж}$; $20,25\text{ кДж}$; $28,35\text{ кДж}$

44. В сосуде объемом $V = 5\text{л}$ находится газ при давлении $p = 200\text{ кПа}$ и температуре $t=17^\circ\text{C}$. При изобарическом расширении газа была совершена работа $A=196\text{Дж}$. На сколько нагрели газ?

Ответ: 57 К

45. В сосуде под поршнем находится масса $m = 1\text{ г}$ азота. Какое количество теплоты Q надо затратить, чтобы нагреть азот на $\Delta T = 10\text{ К}$? На сколько при этом поднимется поршень? Масса поршня $M = 1\text{кг}$, площадь его поперечного сечения $S = 10\text{ см}^2$. Давление над поршнем $p = 100\text{ кПа}$.

Ответ: $10,39\text{ Дж}$; $2,7\text{ см}$.

46. Работа изотермического расширения массы $m = 10\text{г}$ некоторого газа от объема V_1 до $V_2 = 2V_1$ оказалась равной $A = 575\text{ Дж}$. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа при этой температуре.

Ответ: 500 м/с .

47. Объем $V_1 = 7,5\text{ л}$ кислорода адиабатически сжимается до объема $V_2 = 1\text{ л}$, причем в конце сжатия установилось давление $p_2 = 1,6\text{ МПа}$. Под каким давлением p_1

находится газ до сжатия?

Ответ: 95 кПа.

48. Газ расширяется адиабатически так, что его давление падает от $p_1=200\text{кПа}$ до $p_2=100\text{кПа}$. Затем он нагревается при постоянном объеме до первоначальной температуры, причем его давление становится равным $p = 122\text{Па}$. Найти отношение c_p/c_v для этого газа. Начертить график этого процесса.

Ответ: 1,4.

49. Масса $m = 10$ г кислорода, находящегося при нормальных условиях, сжимается до объема $V_2 = 1,4$ л. Найти давление p_2 и температуру t_2 кислорода после сжатия, если кислород сжимается: а) изотермически; б) адиабатически. Найти работу A сжатия в каждом из этих случаев.

Ответ: -1,14 кДж; -1,605 кДж.

50. Масса $m = 1$ кг воздуха, находящегося при давлении $p_1=150\text{кПа}$ и температуре $t=30^\circ\text{C}$, 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.

Ответ: 1,34; 720 К; 24 кДж.