

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. Б. Доценко

**Вопросы и задачи по молекулярной
физике и термодинамике**

Учебно-методическое пособие

Ростов-на-Дону
2021

УДК 539.1+536.7(075.3)

ББК 22.36+22.317 я72-4

Д71

Рецензенты:

доцент кафедры методики преподавания математики и физики, ИКТ
Волгоградского государственного социально-педагогического университета,
кандидат физико-математических наук, доцент *К. А. Попов*;
заведующий кафедры «Физики» Института нанотехнологий, электроники
и приборостроения Южного федерального университета, кандидат
физико-математических наук, доцент *А. Б. Колтачёв*

Доценко, И. Б.

Д71 Вопросы и задачи по молекулярной физике и термодинамике : учебно-методическое пособие / И. Б. Доценко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, 2021. – 66 с.

Теоретические вопросы и задания охватывают материал, знание которого необходимо для решения задач. Задачи подобраны таким образом, чтобы их решение способствовало пониманию физических процессов и свидетельствовало об успешном освоении курса физики на профильном уровне.

Сборник вопросов и задач, в первую очередь, адресован учащимся профильных физико-математических классов Специализированного учебно-научного центра Южного федерального округа (СУНЦ ЮФО). Включение задач разного уровня, от элементарных до олимпиадных, и их расположение в порядке возрастающей трудности позволяет использовать сборник и в классах с обычной программой по физике, а также для самостоятельной подготовки учащихся.

УДК 539.1+536.7(075.3)

ББК 22.36+22.317 я72-4

© Доценко И. Б., 2021

© Южный федеральный университет, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое учебно-методическое пособие «Вопросы и задачи по молекулярной физике и термодинамике» является составной частью сборника вопросов и задач по физике, предназначенного для углублённого изучения школьного курса физики в Специализированном учебно-научном центре Южного федерального округа (СУНЦ ЮФО). Таким образом, издание в первую очередь предназначено для учащихся профильных физико-математических классов а также для других направлений подготовки с расширенной программой по физике.

Пособие состоит из 4 глав, которые в свою очередь разбиты на 16 параграфов. Каждый параграф начинается с теоретических вопросов по молекулярной физике или термодинамике. Знание ответов на предлагаемые вопросы является необходимым условием для успешного решения задач. Задачи, насколько это возможно, расположены в логической последовательности и в порядке возрастания трудности. При таком построении материала решение сравнительно элементарных задач создает необходимую базу для «штурма» более сложных и, как правило, более интересных задач. В конце сборника приведен справочный материал, необходимый для решения задач.

Отличительной особенностью сборника является отсутствие «рецептов» решения задач – приводятся лишь числовые ответы. Это создает дополнительный стимул для активного творческого поиска, предполагающего обсуждение различных путей решения как между самими учащимися, так и с преподавателем. Такой диалог чрезвычайно полезен для понимания основ физики. Необходимо также отметить, что числовые данные в условиях и ответах задач приведены с учетом точности соответствующих величин и правил вычисления с приближенными числами.

5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

5.1. Молекулярное строение вещества

5.1.1. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории вещества. Что понимают под атомами и молекулами вещества?

5.1.2. Как взаимодействие молекул зависит от расстояния между ними? Как агрегатные состояния вещества связано с взаимодействием молекул?

5.1.3. Что называют относительной молекулярной массой? В каких единицах она измеряется?

5.1.4. Выразите число молекул через массу вещества и массу одной молекулы.

5.1.5. Что называют количеством вещества? В каких единицах оно измеряется? Чему равно число Авогадро? В чем его физический смысл?

5.1.6. Выразите количество вещества через число частиц и число Авогадро.

5.1.7. Что называют молярной массой вещества? В каких единицах она измеряется?

5.1.8. Выразите количество вещества через массу вещества и его молярную массу.

5.1.9. Запишите соотношение, связывающее молекулярную и молярную массы вещества.

5.1.10. Что называется концентрацией частиц? В каких единицах измеряется концентрация?

5.1.11. Выразите плотность вещества через его концентрацию и массу молекулы; через его концентрацию и молярную массу.

5.1.12. Установите связь между относительной молекулярной и молярной массами вещества.

5.1.13. Как количество вещества смеси связано с количеством вещества каждого компонента этой смеси?

5.1.14. Запишите соотношение, позволяющее рассчитать молярную массу смеси газов через массу и молярную массу газовых компонентов.

5.1.15. Определите массу молекулы кислорода, зная его молярную массу. ($5,3 \cdot 10^{-26}$ кг)

5.1.16. Сколько молекул содержится в 1,0 г углекислого газа? ($1,4 \cdot 10^{22}$)

5.1.17. Определите число атомов натрия в объеме 1,0 см³. ($2,5 \cdot 10^{22}$)

5.1.18. Определите концентрацию молекул кислорода в сосуде емкостью 3,0 л, если масса газа в сосуде равна 1,4 г. ($8,8 \cdot 10^{24}$ м⁻³)

5.1.19. В сосуде емкостью 3,2 л находится 4,6 молей углекислого газа. Определите его плотность. (63 кг/м³)

5.1.20. В помещении объемом 45 м³ испарился 1,0 г ртути. Сколько молекул ртути содержится в 1,0 см³ воздуха? ($6,7 \cdot 10^{13}$)

5.1.21. За 10 суток полностью испарилось из открытого стакана 100 г воды. Сколько в среднем вылетало молекул с поверхности воды за 1,0 с? ($3,9 \cdot 10^{18}$)

5.1.22. В озеро средней глубиной 10 м и площадью 10 км² бросили 10 мг NaCl. Считайте, что соль, растворившись, равномерно распределилась в воде. Сколько ионов хлора окажется в наперстке объемом 2,0 см³, наполненном водой, взятой из озера? ($2,1 \cdot 10^6$)

5.1.23. Капля масла объемом $13 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3$ растеклась по поверхности воды тонким слоем, образовав пятно площадью 320 см^2 . Считая пятно мономолекулярным слоем, определите диаметр молекулы масла.

($4,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$)

5.1.24. На изделие, площадь поверхности которого 20 см^2 , нанесен тонкий слой серебра толщиной $1,0 \text{ мкм}$. Сколько атомов серебра содержится в слое?

($1,2 \cdot 10^{20}$)

5.1.25. Зная плотность и молярную массу воды, рассчитайте среднее расстояние между молекулами воды. ($3,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$)

5.1.26. В сосуде находится 17 г азота; 24% всех молекул распалось на атомы. Определите число частиц в газе. ($4,5 \cdot 10^{23}$)

5.1.27. В сосуде находится 14 мг гелия, 79 мг азота и 15 мг водорода. Определите молярную массу смеси. ($7,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$)

5.1.28. Вблизи поверхности земли $78,1\%$ молекул приходится на долю азота, $20,9\%$ – на долю кислорода, $0,94\%$ – на долю аргона, $0,06\%$ – на долю водяных паров. Определите среднюю молярную массу воздуха. ($28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$)

5.1.29. Смесь аргона и гелия состоит по массе на 35% из гелия. Определите молярную массу смеси. ($9,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$)

5.2. Тепловое движение молекул

5.2.1. Что называют числом степеней свободы системы?

5.2.2. Чему равно число степеней свободы для одноатомных и двухатомных молекул?

5.2.3. Что понимают под абсолютной температурой? В чём её физический смысл?

5.2.4. Сформулируйте теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

5.2.5. В чем физический смысл постоянной Больцмана? Какова ее величина?

5.2.6. Как вычисляется средняя кинетическая энергия молекул?

5.2.7. Как связаны между собой абсолютная температура и температура по шкале Цельсия?

5.2.8. Выразите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа через абсолютную температуру.

5.2.9. Что называется среднеквадратичной скоростью?

5.2.10. Как можно вычислить среднеквадратичную скорость движения газовых молекул, зная температуру газа?

5.2.11. Какова средняя кинетическая энергия атомов, если температура газа 290 К? ($6,0 \cdot 10^{-21}$ Дж)

5.2.12. Определите температуру кислорода, если средняя кинетическая энергия поступательного и вращательного движения его молекул равна $1,27 \cdot 10^{-20}$ Дж. (368 К)

5.2.13. Температура паров воды увеличилась от 290 К до 360 К. На сколько при этом увеличилась средняя кинетическая энергия молекул воды? Колебательные степени свободы не возбуждены.
($2,9 \cdot 10^{-21}$ Дж)

5.2.14. Определите среднеквадратичную скорость молекулы метана при температуре 273 К. (652 м/с)

5.2.15. Кинетическая энергия всех молекул неона, заключенного в сосуд при температуре 22°C , равна $2,5$ кДж. Определите число молекул неона в сосуде. ($4,1 \cdot 10^{23}$)

5.2.16. Во сколько раз уменьшается среднеквадратичная скорость теплового движения молекул, если температура газа изменяется от 30°C до -50°C ? (1,17)

5.2.17. Во сколько раз возрастает среднеквадратичная скорость молекул идеального газа при увеличении абсолютной температуры на 69% ? (1,3)

5.2.18. На сколько возрастет среднеквадратичная скорость молекул гелия при увеличении его температуры с 0°C до 100°C ? (220 м/с)

5.2.19. При повышении температуры идеального газа на 77 К среднеквадратичная скорость его молекул изменилась от 1100 м/с до 1300 м/с. На сколько необходимо поднять температуру газа, чтобы среднеквадратичная скорость его молекул возросла от 1300 м/с до 1500 м/с? (90 К)

5.2.20. Определите импульс молекулы аргона, движущейся со среднеквадратичной скоростью при температуре 25°C . ($2,9 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с)

5.2.21. Фотосфера Солнца в основном состоит из протонов при температуре 6000 К. Определите, во сколько раз вторая космическая скорость для Солнца превышает среднеквадратичную скорость протонов. (50,5)

5.2.22. Азот имеет температуру 150°C . При этом $24,0\%$ его молекул диссоциировало на атомы. Определите среднюю энергию теплового движения молекул. Считайте, что колебательные степени свободы не возбуждены. ($1,23 \cdot 10^{-20}$ Дж)

5.3. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа

5.3.1. Какой газ называется идеальным?

5.3.2. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории вещества.

5.3.3. Выразите давление идеального газа через его плотность и среднее значение квадрата скорости молекул.

5.3.4. Выразите давление идеального газа через его концентрацию и среднее значение кинетической энергии поступательного движения молекул.

5.3.5. Выразите давление идеального газа через концентрацию молекул и абсолютную температуру.

5.3.6. Выразите давление идеального газа через его объём, абсолютную температуру и количество молекул.

5.3.7. Выразите давление идеального газа через его абсолютную температуру и количество вещества.

5.3.8. Определите концентрацию молекул водорода, находящегося под давлением $3,67 \cdot 10^4$ Па, если среднее значение квадрата скорости поступательного движения молекул равно $4,2 \cdot 10^6$ м²/с². ($7,9 \cdot 10^{24}$ м⁻³)

5.3.9. Во сколько раз возрастет давление идеального газа, если среднеквадратичная скорость его молекул увеличится на 15,0%? (1,32)

5.3.10. Определите среднеквадратичную скорость молекул кислорода, если в сосуде объемом 2,5 л под давлением 320 кПа находится $2,3 \cdot 10^{22}$ молекул кислорода. ($1,4 \cdot 10^3$ м/с)

5.3.11. Определите давление пучка молекул, ударяющих перпендикулярно со скоростью $1,0 \text{ км/с}$ в поглощающую стенку. Концентрация молекул в пучке равна $5,0 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$, масса одной молекулы составляет $3,32 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. ($1,7 \text{ мПа}$)

5.3.12. Какова среднеквадратичная скорость движения молекул идеального газа массой $4,0 \text{ кг}$, если при его давлении 100 кПа он занимает объем 30 м^3 ? ($1,5 \text{ км/с}$)

5.3.13. Закрытый сосуд разделен теплонепроницаемой перегородкой на две части, объемы которых отличаются в $2,5$ раза. В большей части сосуда находится гелий, а в меньшей – аргон. Масса гелия в $6,8$ раз больше, чем масса аргона. Среднеквадратичные скорости газов одинаковы. Определите отношение давлений гелия и аргона. ($2,7$)

5.3.14. Идеальный газ в количестве $1,7$ моль находится при температуре 23°C . Определите кинетическую энергию поступательного движения всех молекул этого газа. ($6,3 \text{ кДж}$)

5.3.15. В $1,0 \text{ см}^3$ межзвездного пространства содержится один атом водорода. Температура газа равна -148°C . Определите давление водорода. ($1,7 \cdot 10^{-15} \text{ Па}$)

5.3.16. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление газа до $1,0 \cdot 10^{-10} \text{ Па}$. Сколько молекул содержится в $1,0 \text{ мм}^3$ газа при этом давлении и температуре 27°C ? (24)

5.3.17. Идеальный газ в количестве $0,237$ моль нагревают в сосуде, снабженном клапаном, что позволяет давление газа поддерживать постоянным. Сколько молекул газа выйдет из сосуда, если его температура увеличится от 19 до 75°C ? Расширением сосуда при нагревании пренебречь. ($2,30 \cdot 10^{22}$)

5.3.18. На сколько процентов уменьшится количество молекул воздуха в комнате, если его температура увеличится от 15 до 25°C ? ($3,36\%$)

5.3.19. Определите среднее расстояние между молекулами идеального газа при температуре 29°C и давлении 130 кПа . ($3,2\text{ нм}$)

5.3.20. Некоторый газ при температуре 23°C и давлении 700 кПа имеет плотность $5,5\text{ кг/м}^3$. Найдите массу одной молекулы этого газа.
($3,2 \cdot 10^{-26}\text{ кг}$)

5.3.21. Плотность идеального газа при температуре 320 К равна $1,3\text{ кг/м}^3$. Определите концентрацию молекул газа, если их среднеквадратичная скорость равна 570 м/с . ($3,2 \cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$)

5.3.22. Оцениваемая оптическими методами плотность протонов в фотосфере Солнца составляет $2,0 \cdot 10^{-4}\text{ кг/м}^3$ при температуре 6000 К . Определите давление протонного газа в фотосфере. ($9,9\text{ кПа}$)

5.3.23. В закрытом сосуде находится азот. Во сколько раз увеличится давление в сосуде, если 45% молекул азота диссоциирует на атомы при увеличении температуры газа в $2,0$ раза? ($2,9$)

5.3.24. Шарообразный спутник Земли радиусом 50 см движется по круговой орбите высотой 190 км . Давление атмосферы на этой высоте составляет 140 мкПа при температуре 1200 К . Определите число столкновений спутника с молекулами атмосферы за $1,0\text{ с}$. ($5,2 \cdot 10^{19}$)

5.3.25. Герметичный контейнер наполнен аргоном при температуре 290 К . Контейнер движется поступательно со скоростью 150 м/с и мгновенно останавливается. Определите температуру газа после остановки контейнера, считая удары молекул о его стенки абсолютно упругими. (326 К)

6. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

6.1. Уравнение состояния идеального газа

- 6.1.1. Что понимают под уравнением состояния газа?
- 6.1.2. Запишите уравнение Менделеева – Клапейрона.
- 6.1.3. Что называют универсальной (молярной) газовой постоянной? Каково ее численное значение?
- 6.1.4. Как связаны между собой давление, объем и температура для двух состояний идеального газа одинаковой массы? (Уравнение Клапейрона)
- 6.1.5. Выведите уравнение для плотности идеального газа.
- 6.1.6. В чем состоит закон Дальтона? Какое давление называют парциальным?
- 6.1.7. Под каким давлением находится углекислый газ в баллоне огнетушителя емкостью 2,0 л, если баллон до заполнения имел массу 4,2 кг, а после заполнения – 5,6 кг? Температура баллона 20°C. Баллон до заполнения считать пустым. (39 МПа)
- 6.1.8. Определите объем баллона, в котором содержится 120 г гелия под давлением 420 кПа при температуре 33°C. (0,18 м³)
- 6.1.9. Какое количество вещества содержится в газе, если он занимает объем 45 л при температуре 240 К и давлении 270 кПа? (6,1 моль)
- 6.1.10. Тонкостенный резиновый шар массой 2,0 г наполняется гелием при температуре 17°C. При достижении давления 110 кПа он лопается. Какая масса гелия была в шаре перед разрывом, если резиновая пленка рвется при толщине 20 мкм. ($4,7 \cdot 10^{-4}$ кг)
- 6.1.11. Химическая формула предельных углеводородов имеет вид C_nH_{2n+2} . Определите значение индекса n , если газообразный углеводород массой,

равной 2,7 г, содержится в сосуде объемом, равном 2,0 л, при температуре 22°C и давлении 110 кПа. (2)

6.1.12. В сосуде объемом, равным 2,1 л, содержится 8,4 г кислорода под давлением 260 кПа. Определите температуру газа. (250 К)

6.1.13. По газопроводу течет углекислый газ при давлении 500 кПа и температуре 17°C. Какова скорость движения газа в трубе, если за 5,0 мин через поперечное сечение трубы площадью 6,0 см² протекает 2,5 кг углекислого газа? (1,5 м/с)

6.1.14. Найдите плотность водорода при температуре 15°C и давлении 97,3 кПа. (0,081 кг/м³)

6.1.15. На высоте 200 км температура воздуха составляет примерно 1200 К, а его плотность равна $3,0 \cdot 10^{-10}$ кг/м³. Определите давление воздуха, считая, что на этой высоте он состоит из молекул азота. (0,11 мПа)

6.1.16. В некотором месте Земли температура воздуха изменяется в течение года от –40°C до +35°C. Считая давление одинаковым, определите, на сколько процентов максимальное значение плотности воздуха превышает ее минимальное значение? (32%)

6.1.17. Плотность газа при 0°C и нормальном атмосферном давлении 0,1 МПа равна 1,3 кг/м³. Найдите плотность этого же газа при температуре 100°C и давлении 400 кПа. (3,8 кг/м³)

6.1.18. Атмосфера Венеры почти полностью состоит из углекислого газа. Температура его у поверхности планеты равна 500°C, а давление составляет 10,1 МПа. Какой объем должен иметь исследовательский зонд массой 1000 кг, чтобы плавать в нижних слоях атмосферы Венеры? (14,5 м³)

6.1.19. В воздушном шаре воздух нагревается с помощью газового факела, расположенного у отверстия в нижней части шара. В результате нагрева температура внутри шара достигает значения 57°C, а температура

окружающего воздуха равна 15°C . Диаметр шара равен 12 м, атмосферное давление составляет 100 кПа. Определите массу грузов вместе с оболочкой, которые может поднять этот шар. (140 кг)

6.1.20. Какая масса гелия может быть использована для наполнения воздушного шара диаметром 10 м, чтобы шар мог поднять груз массой 100 кг при нормальном атмосферном давлении и температуре 17°C ? Объемом груза и массой оболочки шара пренебречь. (530 кг)

6.1.21. Во сколько раз изменится подъемная сила газа, наполняющего аэростат (дирижабль), если водород заменить гелием при тех же значениях давления и температуры? Массой оболочки аэростата пренебречь. (1,08)

6.1.22. Определите плотность смеси 4,0 г водорода и 32,0 г кислорода при температуре 10°C и нормальном атмосферном давлении. ($0,51 \text{ кг/м}^3$)

6.1.23. В закрытом сосуде вместимостью 120 л находится смесь азота и кислорода с массами 32 и 28 г соответственно. Определите давление газовой смеси при температуре, равной 19°C . (41 кПа)

6.1.24. В закрытом сосуде находится озон (химическая формула O_3) при температуре 527°C . По прошествии некоторого времени он полностью превращается в кислород (химическая формула O_2), а его температура падает до 127°C . Во сколько раз при этом уменьшится давление? (1,33)

6.1.25. Сосуд объемом 20 л разделен пополам диафрагмой. В одну половину сосуда введено 2,0 моль водорода и 1,0 моль азота, в другой половине – вакуум. Сквозь диафрагму может проникать только водород. Какое давление установится в обеих частях сосуда? Температура постоянна и равна 100°C . (620 кПа; 310 кПа)

6.2. Изопроцессы в идеальном газе

- 6.2.1. Что называют газовым процессом?
- 6.2.2. Что понимают под изопроцессом?
- 6.2.3. Какой процесс называется изохорным (изохорическим)? Как его осуществить?
- 6.2.4. В чем состоит закон Шарля?
- 6.2.5. Какой процесс называется изобарным (изобарическим)? Как его осуществить?
- 6.2.6. В чем состоит закон Гей-Люссака?
- 6.2.7. Какой процесс называется изотермическим? Как его осуществить?
- 6.2.8. В чем состоит закон Бойля – Мариотта?
- 6.2.9. Постройте в координатных осях P, V графики изотермического, изобарного и изохорного процессов.
- 6.2.10. Постройте графики изопроцессов в координатных осях P, T .
- 6.2.11. Постройте графики изопроцессов в координатных осях V, T .
- 6.2.12. При температуре 45°C давление газа в закрытом сосуде равно 87 кПа . Определите давление этого газа после охлаждения до температуры -17°C . (70 кПа)
- 6.2.13. Идеальный газ находится в сосуде постоянного объема. После нагревания газа на 170°C его давление увеличилось в 1,5 раза. Определите температуру газа до нагревания. (340 К)

6.2.14. В ходе изохорного процесса давление идеального газа увеличивается на 74,0 кПа от первоначального значения 120 кПа. На сколько градусов изменилась температура газа, если ее начальное значение было равно 280 К? (173 К)

6.2.15. Абсолютную температуру газа, находящегося в цилиндре под поршнем, увеличили в 3,0 раза. Для того чтобы поршень остался в прежнем положении, на него пришлось положить груз массой 10 кг. Площадь поршня 10 см². Найдите начальное давление газа. (50 кПа)

6.2.16. Идеальный газ находится в вертикальном цилиндре под свободным легкоподвижным поршнем массой 5,0 кг. Атмосферное давление 100 кПа. Какой массы груз нужно положить сверху на поршень, чтобы он остался в начальном положении после того, как абсолютная температура газа будет увеличена в 1,2 раза? Площадь поршня 10 см². (3,0 кг)

6.2.17. Давление воздуха внутри бутылки совпадает с атмосферным при температуре 7,0°C. На сколько градусов нужно нагреть бутылку, чтобы пробка вылетела? Без нагревания пробку можно вытащить, прикладывая к ней силу 10 Н. Площадь сечения пробки 2,0 см². Атмосферное давление нормальное. (140 К)

6.2.18. При охлаждении газа в жесткой емкости на 3,0 К давление понизилось на 1,0%. Определите начальную температуру газа. (300 К)

6.2.19. Идеальный газ нагревают при постоянном давлении от температуры 12°C до температуры 77°C так, что его масса не меняется. Объем газа при этом увеличивается на 1,3 л. Определите первоначальный объем газа. ($5,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$)

6.2.20. Сосуд разрывается, если в нем находится 3,40 г гелия при температуре 340°C. При какой минимальной температуре разорвется этот сосуд, если в него поместить 38,0 г азота? (384 К)

6.2.21. До какой температуры следует изобарически нагреть газ, чтобы его плотность уменьшилась вдвое по сравнению с плотностью при температуре 0°C ? (546 К)

6.2.22. Закрытый горизонтальный цилиндр объемом 1,0 л разделен на две части подвижным невесомым поршнем. В одной части цилиндра находится газ при температуре 0°C , а в другой – такая же масса данного газа при температуре 100°C . Определите объемы частей цилиндра при равновесии поршня. Поршень и стенки сосуда теплонепроницаемые. (0,42 дм³; 0,58 дм³)

6.2.23. Закрытый цилиндрический сосуд, лежащий горизонтально, разделен на две части тонким подвижным вертикальным поршнем. На каком расстоянии от левого края сосуда установится поршень, если в его левую часть поместить некоторую массу кислорода, а в правую – такую же массу водорода? Длина сосуда 85 см. Температура газов одинакова. (5,0 см)

6.2.24. Свободно перемещающийся непроницаемый тонкий и невесомый поршень делит цилиндрический сосуд объемом 120 л на две части. В одну часть сосуда вводят 46 г кислорода, а в другую – 39 г азота. Какое давление установится в сосуде, если температура газов равна 360 К? (71 кПа)

6.2.25. Горизонтально расположенный закрытый цилиндрический сосуд длиной 1,5 м разделен на две части легким теплонепроницаемым поршнем, который может перемещаться без трения. Сосуд заполнен идеальным газом так, что в начальный момент объем левой части сосуда в 2,4 раза больше объема правой части, а температура газа в обеих частях одинакова. На сколько переместится поршень, если температуру газа в левой части уменьшить в 1,7, а в правой – увеличить в 1,3 раза? (0,28 м)

6.2.26. Два одинаковых баллона содержат идеальный газ в равных количествах при температуре 20°C . Баллоны соединены длинной горизонтальной трубкой диаметром 5,0 мм, посередине которой находится легкоподвижная теплонепроницаемая капля. Капля делит всю систему на две части объемом 220 см³ каждая. На какое расстояние сместится капля, если один баллон нагреть на 3,5 К, а другой охладить на 1,5 К? (9,5 см)

6.2.27. В вертикальном цилиндре, закрытом сверху легкоподвижным поршнем с площадью 100 см^2 , находится $28,0 \text{ г}$ азота при температуре 273 К . Газ в цилиндре нагревают до температуры 373 К . На какую высоту поднимется поршень, если его масса 100 кг ? Атмосферное давление 101 кПа . ($41,8 \text{ см}$)

6.2.28. Вертикальный цилиндрический сосуд высотой 58 см разделен тонким подвижным поршнем весом 85 Н на две части. В каждой части содержится идеальный газ в количестве $0,062 \text{ моль}$. При какой температуре газа в сосуде высота, на которую поднимется поршень над дном сосуда, будет равна 26 см ? (230 К)

6.2.29. Газ изотермически сжат от первоначального объема $0,15 \text{ м}^3$ до $0,1 \text{ м}^3$. Его давление при этом повысилось на 20 Н/см^2 . Каково первоначальное давление газа? (400 кПа)

6.2.30. Объем пузырька воздуха, всплывающего со дна пруда, у самой поверхности равен $5,0 \text{ см}^3$. Чему был равен его объем на глубине $5,0 \text{ м}$? Атмосферное давление равно 100 кПа . Температуру воды считать постоянной. ($3,4 \text{ см}^3$)

6.2.31. В воде на глубине $1,0 \text{ м}$ находится пузырек воздуха в виде шарика. На какой глубине этот пузырек сожмется в шарик в $2,0$ раза меньшего радиуса? Атмосферное давление равно 98 кПа . Температуру воды считайте постоянной. (78 м)

6.2.32. В вертикально расположенном цилиндрическом сосуде, разделенном поршнем массой 13 кг на два отсека, находится идеальный газ. Количество вещества газа в верхнем отсеке в $1,4$ раза меньше, чем в нижнем. Площадь основания цилиндра равна 25 см^2 . В положении равновесия поршень находится посередине сосуда. Температура газа в обоих отсеках одинакова. Определите давление газа в нижнем отсеке. ($1,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

6.2.33. Газ находится в вертикальном цилиндре под свободным поршнем и занимает объем 240 см^3 при атмосферном давлении 100 кПа . Какой

минимальной силой можно удерживать поршень в новом положении, передвинув его на 2,0 см, уменьшая при этом объем газа? Площадь поршня 24 см^2 . Температура газа постоянна. (60 Н)

6.2.34. В вертикальном цилиндре, закрытом сверху легкоподвижным поршнем массой 100 кг и площадью 100 см^2 , находится идеальный газ. Цилиндр установлен на полу лифта. Найдите в процентах относительное изменение объема газа под поршнем, возникающее из-за движения лифта вертикально вверх с ускорением $5,0 \text{ м/с}^2$. Атмосферное давление в лифте считайте постоянным и равным 100 кПа, а температуру газа неизменной. (20%)

6.2.35. В длинной стеклянной трубке, запаянной с одного конца, находится столбик воздуха, запертый столбиком ртути длиной 400 мм. Трубку располагается вертикально открытым концом вверх, а затем ее переворачивают на 180° ; длина столбика воздуха при этом увеличивается в три раза. Ртуть из трубки не выливается. Чему равно атмосферное давление? Температура газа постоянна. (107 кПа)

6.2.36. Открытую с обоих концов стеклянную трубку длиной 1,0 м наполовину погружают в ртуть. Затем трубку закрывают сверху пальцем и вынимают. Какой длины столбик ртути останется в трубке? Атмосферное давление 750 мм рт.ст. Температура газа постоянна. (0,25 м)

6.2.37. Цилиндрический сосуд расположен горизонтально и разделен на две части поршнем, прикрепленным к левому торцу сосуда пружиной с жесткостью, равной 2,3 кН/м. Площадь поршня составляет 16 см^2 . В обеих частях сосуда находится воздух под давлением 140 кПа; пружина при этом не деформирована и имеет длину 32 см. Затем из правой части сосуда весь воздух откачивают. Определите энергию упругой деформации пружины после откачки, если температура воздуха в левой части сосуда не изменилась. (14 Дж)

6.2.38. Стеклянная трубка, запаянная с одного конца, расположена горизонтально. Находящийся в трубке воздух отделен от атмосферы

столбиком ртути длиной 11 см. Трубку перемещают вдоль ее горизонтальной оси с постоянным ускорением, равным $8,6 \text{ м/с}^2$, сначала запаянным концом вперед, а затем открытым концом вперед. В первом случае длина воздушного столбика в трубке оказалась в 1,3 раза больше, чем во втором. Определите атмосферное давление, считая температуру газа в трубке постоянной. (99 кПа)

6.2.39. Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. В одном сосуде находится 1,5 л азота при давлении 4,0 кПа, в другом – 3,0 л кислорода при давлении 2,5 кПа. Какое давление установится в сосудах, если открыть кран? Температура газов одинакова и постоянна. (3,0 кПа)

6.2.40. На поверхности жидкости плотностью 2000 кг/м^3 плавает цилиндрический тонкостенный стакан, наполовину погруженный в жидкость. На сколько погрузится стакан в жидкость, если его поставить вверх дном? Высота стакана 15 см, давление воздуха 100 кПа. Температуру газа в стакане считать постоянной. (7,7 см)

6.3. Процессы с переменной массой газа

6.3.1. Аэростат имеет объем 300 м^3 . Он наполняется водородом при 20°C до давления 100 кПа. Сколько времени будет производиться наполнение, если из баллона каждую секунду переходит в аэростат 2,5 г водорода? ($9,9 \cdot 10^3 \text{ с}$)

6.3.2. Из баллона объемом 29 л, содержащего кислород при давлении 5,0 МПа и температуре 10°C , вытекает 500 г газа. Найдите новое давление кислорода, если его температура повысилась до 60°C . (4,4 МПа)

6.3.3. Какова разница масс воздуха, заполняющих помещение объемом 100 м^3 зимой и летом (при нормальном атмосферном давлении), если летом температура в помещении 30°C , а зимой 10°C ? (8,1 кг)

6.3.4. Газ с начальной массой 260 г и температурой 18°C нагревают в сосуде, снабженном клапаном, с помощью которого поддерживают постоянное давление газа. На сколько градусов изменилась температура газа, если при

нагревании из сосуда ушла часть газа массой 75,0 г? Расширением сосуда при нагревании пренебречь. (118 К)

6.3.5. Идеальный газ находится в сосуде под давлением 2,0 МПа при температуре 27°C. После нагревания на 50°C в сосуде осталась только половина газа. Определите установившееся давление. (1,2 МПа)

6.3.6. В баллоне находится газ при температуре 15°C. Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 8°C? (1,7)

6.3.7. Баллон содержит идеальный газ при температуре 23°C и давлении 270 кПа. Из баллона выпустили 68,0% газа и охладили его до температуры 12°C. Какое давление газа установится в сосуде? (83,2 кПа)

6.3.8. Когда из баллона выпустили некоторое количество газа, давление в нем упало на 40%, а температура – на 10%. На сколько процентов уменьшилась масса газа в баллоне? (33 %)

6.3.9. В баллоне объемом 20,0 л содержится водород при температуре 20°C под давлением 10,0 МПа. Какая масса водорода была выпущена из баллона, если при полном сгорании оставшегося газа образовалось 50,0 г воды? (0,159 кг)

6.3.10. В сосуде, разделенном пополам перегородкой, при температуре 17°C находятся 52 г окиси углерода (CO) в одной его части и 38 г кислорода – в другой части. Перегородку убирают, и газы вступают в химическую реакцию. В результате этого в сосуде установилась температура 92°C и давление 46 кПа. Определите первоначальное давление окиси углерода. (64 кПа)

6.3.11. Два сосуда вместимостью 62 и 16 л соединены трубкой, в которой имеется клапан, позволяющий газу просачиваться из большего сосуда в меньший, если разность давлений в сосудах превышает 97 кПа. Первоначально из малого сосуда газ откачан, а в большом находится газ при

температуре 19°C и давлении 95 кПа . Каким будет давление в малом сосуде, если температуру газа поднять до 160°C ? (170 кПа)

6.3.12. В сосуд объемом $0,23\text{ м}^3$ нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого равен $2,6\text{ л}$. Первоначальное давление воздуха в сосуде равно атмосферному и составляет $1,0 \cdot 10^5\text{ Па}$. Каким будет давление воздуха в сосуде после 35 ходов поршня насоса? Температуру воздуха в сосуде и в насосе считать постоянной. ($1,4 \cdot 10^5\text{ Па}$)

6.3.13. Из сосуда объемом $1,7\text{ м}^3$ откачивают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого равен $2,4\text{ л}$. Первоначальное давление воздуха в сосуде равно атмосферному и составляет $1,0 \cdot 10^5\text{ Па}$. Сколько ходов поршня откачивающего насоса необходимо сделать для того, чтобы уменьшить давление в сосуде в три раза? Температуру воздуха в сосуде и в насосе считать постоянной. (780)

6.4. Произвольный газовый процесс

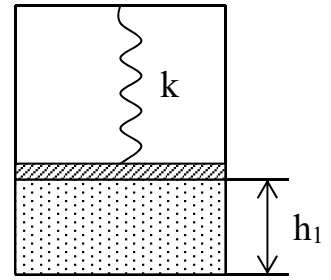
6.4.1. Газ переходит из одного состояния в другое. При этом давление его падает в 2 раза, а температура изменяется от 50 до 100°C . Объем газа в конечном состоянии равен $4,0\text{ л}$. Найдите начальный объем газа. ($1,73 \cdot \text{дм}^3$)

6.4.2. Резиновая камера содержит воздух при температуре 27°C и нормальном атмосферном давлении. На какую глубину нужно опустить камеру в воду, чтобы ее объем уменьшился вдвое? Температура воды 4°C . ($8,7\text{ м}$)

6.4.3. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в $2,3$ раза его давление увеличилось на 18% . Определите процентное изменение объема газа. (95%)

6.4.4. Объем идеального газа уменьшили в $1,9$ раза, а абсолютную температуру увеличили на 15% . При этом давление газа возросло на 130 кПа . Определите первоначальное давление газа. (110 кПа)

6.4.5. Скользящий без трения тонкий легкий поршень в исходном положении находится у дна цилиндра. Между поршнем и верхней крышкой цилиндра вставлена недеформированная пружина с жесткостью $k = 100 \text{ Н/м}$. Газ из цилиндра откачан. Под поршень вводят некоторое количество газа при температуре 100 К . При этом поршень, сжимая пружину, поднимается вверх на высоту $h_1 = 10 \text{ см}$. Чему равно изменение потенциальной энергии пружины при последующем нагревании газа до температуры 500 К ? ($2,0 \text{ Дж}$)

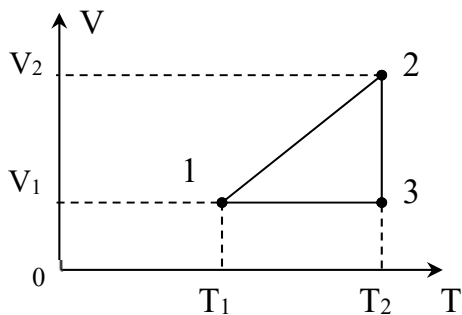


6.4.6. Идеальный газ охлаждают при постоянном давлении $1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ от 132°C , а затем при постоянной температуре возвращают к первоначальному объему. Определите конечное давление газа. ($0,12 \text{ МПа}$)

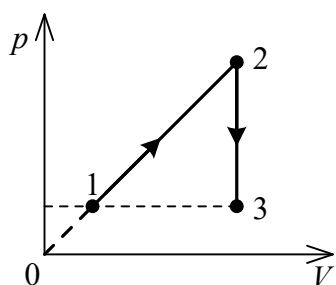
6.4.7. Идеальный газ, занимающий объем $3,2 \text{ л}$ при давлении $4,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, изотермически расширяется до объема $9,6 \text{ л}$. Затем после изохорического нагревания его давление становится равным $2,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Во сколько раз увеличилась абсолютная температура газа в ходе указанных процессов? ($1,5$)

6.4.8. Когда объем, занимаемый газом, уменьшили на 10% , а температуру увеличили на 16 К , его давление возросло на 20% . Какова начальная температура газа? (200 К)

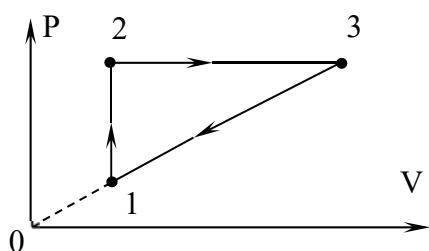
6.4.9. Идеальный газ сначала изотермически расширяют на 13% , а затем изобарически нагревают на 29% . Определите процентное изменение объема газа в ходе указанных процессов. (46%)



6.4.10. На VT -диаграмме изображен замкнутый процесс, который происходит в идеальном газе. Известно, что минимальное давление газа при этом процессе равно 300 кПа . Минимальные значения температуры и объема равны 273 К и $11,2 \text{ л}$ соответственно, а максимальные значения этих величин 410 К и $22,4 \text{ л}$ соответственно. Определите число молекул газа. ($1,19 \cdot 10^{24}$)



Идеальный газ участвует в процессах, представленных на pV -диаграмме. В состоянии 1 температура газа равна 100 К, а в состоянии 2 она составляет 400 К. Определите температуру газа в состоянии 3. (200 К)



6.4.11. Газ последовательно переводится из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой T_2 , а затем в состояние 3 с температурой T_3 и возвращается в состояние 1. Определите температуру T_3 . ($T_3 = T_2^2 / T_1$)

6.4.12. Через трубку переменного сечения продувают воздух. Входное отверстие трубки имеет площадь 58 см^2 , а выходное – 23 см^2 . На входе трубки воздух движется со скоростью $5,3 \text{ м/с}$ при температуре 310 К и давлении $8,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. На выходе температура воздуха составляет 340 К , а давление равно $2,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Течение газа происходит стационарно, то есть скорость газа на входе и выходе не изменяется с течением времени. Определите скорость газа на выходе. (46 м/с)

6.4.13. В идеальном газе совершается процесс в соответствии с законом $p = p_0 - \alpha V^2$, где $p_0 = 4,30 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $\alpha = 1,63 \cdot 10^8 \text{ Па/м}^6$. Определите максимально возможную температуру газа, если его количество вещества газа составляет $2,25 \text{ моль}$. (455 К)

6.4.14. Вертикально расположенный цилиндр, закрытый с обоих концов, разделен тяжелым теплонепроницаемым поршнем на две части. Обе части сосуда содержат одинаковое количество воздуха. Температура воздуха в обеих частях сосуда составляет 400 К , давление при этом в нижней части сосуда больше давления в верхней части в 2 раза. До какой температуры следует нагреть воздух в нижней части сосуда, чтобы объемы частей сосуда стали одинаковыми? (700 К)

6.4.15. В цилиндрическом сосуде с газом находится в равновесии тяжелый поршень. Массы газа и его температуры над поршнем и под ним одинаковы.

Объем, занимаемый газом в верхней части, в 3 раза больше, чем в нижней. Каким будет отношение объемов, если температуру газа во всем сосуде увеличить в два раза? (1,87)

7. ТЕРМОДИНАМИКА ГАЗОВЫХ ПРОЦЕССОВ

7.1. Работа идеального газа

7.1.1. Выразите работу, совершаемую газом при изобарическом процессе через изменение его объёма; через изменение его температуры? От чего зависит знак этой работы?

7.1.2. Чему равна работа, совершаемая газом при изохорическом процессе?

7.1.3. Как вычисляется работа, совершаемая газом при произвольном изменении его объёма?

7.1.4. В чем состоит графическая интерпретация работы газа?

7.1.5. Как связаны между собой работа газа при изменении его объёма и работа внешних сил над газом?

7.1.6. При постоянном давлении 1,0 МПа объем газа уменьшили на 1,0 л. Чему равна совершаемая газом работа? (-1,0 кДж)

7.1.7. В цилиндре под поршнем находится 2,0 кг кислорода. Определите работу, совершаемую кислородом при его изобарическом нагревании на 100 К. (52 кДж)

7.1.8. Азот массой 200 г нагревают при постоянном давлении от температуры 20°С до температуры 100°С. Какую работу производит при этом газ? (4,75 кДж)

7.1.9. В цилиндре заключен кислород массой 1,6 кг при температуре 17 °С. До какой температуры нужно изобарно нагреть кислород, чтобы работа по его расширению была равна 40 кДж? (386 К)

7.1.10. Вычислите работу, которую совершает газ при его изобарическом нагревании от 20°C до 100°C , если он находится в сосуде с подвижным поршнем. Начальный объем газа $5,0 \text{ дм}^3$, давление 100 кПа . ($0,14 \text{ кДж}$)

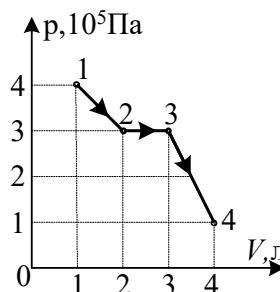
7.1.11. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания $1,0 \text{ дм}^2$ под поршнем с массой 10 кг , скользящим без трения и закрывающим цилиндр сверху, находится воздух. После изобарного нагревания воздуха поршень поднялся на высоту 20 см . Какую работу совершил воздух, если наружное давление равно 100 кПа ? (220 Дж)

7.1.12. В вертикальном цилиндре под поршнем с поперечным сечением $20,0 \text{ см}^2$ заключен столб газа высотой $30,0 \text{ см}$ при температуре 27°C . Поршень может перемещаться без трения. Масса его $5,00 \text{ кг}$. Цилиндр медленно нагрели на $50,0 \text{ К}$. Определите работу, совершенную газом. Атмосферное давление 101 кПа . ($12,6 \text{ Дж}$)

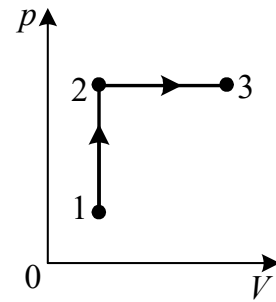
7.1.13. Идеальный газ расширяется по закону $P = kV$, где P – давление; V – объем; $k = 200 \text{ МПа/м}^3$. Найдите работу, совершаемую газом при увеличении объема от $2,0$ до $3,0 \text{ л}$. (500 Дж)

7.1.14. Азот массой 500 г , находящийся в цилиндре под поршнем, нагревают так, что его температура изменяется пропорционально квадрату давления от первоначального значения 200 К до конечного 300 К . Определите работу, совершаемую при этом газом. ($7,42 \text{ кДж}$)

7.1.15. Идеальный газ участвует в процессе, изображенном на графике. Найдите работу газа при переходе из начального в конечное состояние. (850 Дж)



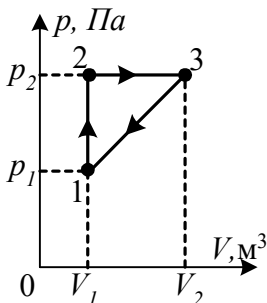
В идеальном газе происходит процесс, изображенный в координатах P, V . Температура газа в состоянии 1 равна 310 К, в состоянии 2 – 380 К, а в состоянии 3 – 470 К. Объем и давление газа в состоянии 1 равны $1,4 \text{ м}^3$ и 52 кПа соответственно. Определите работу газа при переходе из начального в конечное состояние. (21 кДж)



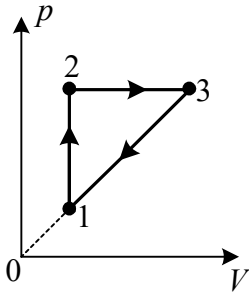
7.1.16. Идеальный газ в количестве 1,50 моль перевели изохорически из состояния 1 в состояние 2 так, что его давление уменьшилось в 1,60 раза, а затем изобарически нагрели до первоначальной температуры. При этом газ совершил работу 1,80 кДж. Определите начальную температуру газа. (385 К)

7.1.17. Идеальный газ расширяется до удвоенного объема во время процесса 1-2. При этом его давление уменьшается по линейному закону. Затем он изобарически сжимается во время процесса 2-3 до первоначального объема. Найдите отношение работ, совершенных газом во время процессов расширения и сжатия. Известно, что температуры газа в состояниях 1 и 2 одинаковы. (-1,5)

7.1.18. Кислород массой 2,0 кг, находящийся при температуре 300 К, охлаждают изохорически так, что его давление падает в 2 раза. Затем кислород расширяется при постоянном давлении. В конечном состоянии его температура равна первоначальной. Определите совершенную газом работу. (78 кДж)

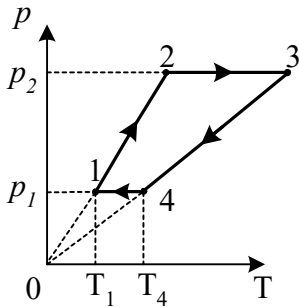


7.1.19. На рисунке показан циклический процесс, происходящий в идеальном газе, при этом $p_2 = 2,3 \cdot p_1$. Работа газа на участке 2 – 3 равна 0,68 кДж. Определите работу газа за цикл. (0,19 кДж)



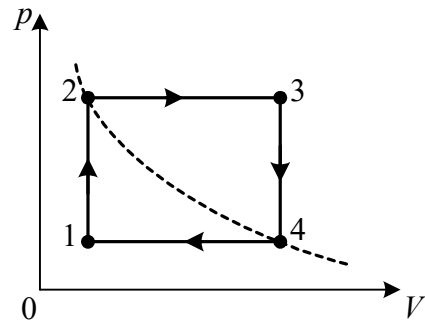
7.1.20. Идеальный газ в количестве 2,4 моль участвует в циклическом процессе. При переходе газа из состояния 1 в состояние 2 его давление возрастает в 3,2 раза. Определите работу, совершенную газом за цикл, если его температура в состоянии 3 равна 470 К. (2,2 кДж)

7.1.21. Идеальный газ в количестве 2,0 моль совершает работу по замкнутому циклу, состоящему из двух изобарических и двух изохорических процессов. При этом в результате первого изобарического процесса температура газа возрастает на 360 К, а в результате второго процесса – уменьшается на 120 К. Определите работу, совершенную газом за один цикл. (4,0 кДж)



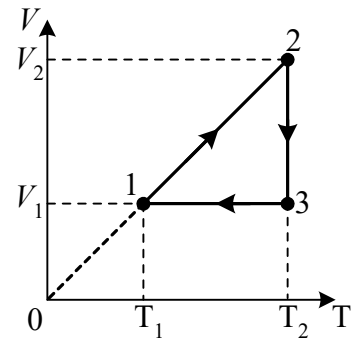
7.1.22. Идеальный газ в количестве 2,72 моль совершает циклический процесс. Известно, что $T_1 = 290$ К, $p_2/p_1 = 4,53$, $T_4/T_1 = 2,38$. Определите работу газа за цикл. (31,9 кДж)

7.1.23. Идеальный газ в количестве 2,53 моль участвует в циклическом процессе, состоящем из двух изохор и двух изобар. Температура газа в состоянии 1 равна 330 К, а в состоянии 3 составляет 520 К. Состояния 2 и 4 лежат на одной изотерме. Определите работу газа за цикл. (452 Дж)

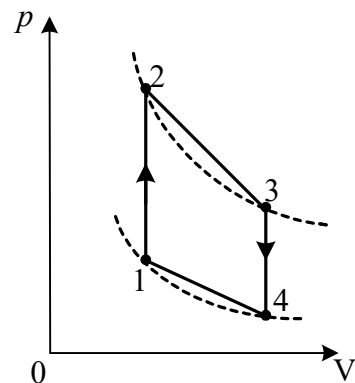


7.1.24. В цикле из двух изобар и двух изохор идеальный газ в количестве 1,25 моль совершает работу 190 Дж. Определите отношение давлений на изобарах, если отношение объемов на изохорах равно 2,63, а наибольшая и наименьшая температуры газа за цикл различаются на 74,0 К. (1,41)

7.1.25. В идеальном газе в количестве 2,42 моль происходит циклический процесс, в котором минимальная температура равна 285 К, $T_2 = 1,7 \cdot T_1$. Определите работу, совершаемую над газом за один цикл. (1,16 кДж)



7.1.26. В идеальном газе в количестве 0,567 моль совершается циклический процесс. Состояния газа 2, 3 и 1, 4 обозначены на изотермах с отношением температур 2,11. В ходе цикла объем газа увеличивается в 3,12 раза. Определите работу, совершаемую газом за цикл, если его температура в состоянии 2 равна 570 К. (1,98 кДж)



7.2. Внутренняя энергия идеального газа

7.2.1. Что понимают под внутренней энергией тела?

7.2.2. Что понимают под внутренней энергией идеального газа?

7.2.3. Выразите внутреннюю энергию идеального газа через количество молекул и среднюю кинетическую энергию молекул.

7.2.4. Выразите внутреннюю энергию идеального газа через количество молекул и абсолютную температуру.

7.2.5. Выразите внутреннюю энергию идеального газа через количество вещества и абсолютную температуру.

7.2.6. Выразите внутреннюю энергию идеального газа через его объем и давление.

7.2.7. Выразите приращение внутренней энергии идеального газа при изменении температуры и/или количества вещества.

7.2.8. Выразите приращение внутренней энергии идеального газа при изменении его давления и/или объема.

7.2.9. Определите внутреннюю энергию 2,6 моль азота при температуре 23°C. Колебательные степени свободы не возбуждены. (16 кДж)

7.2.10. Одноатомный идеальный газ находится в сосуде объемом 58 л при нормальных условиях. Определите приращение внутренней энергии газа при его нагревании на 43°C. (1,4 кДж)

7.2.11. Определите давление гелия в объеме 1,6 л, если его внутренняя энергия составляет 820 Дж. (0,34 МПа)

7.2.12. В баллоне объемом 1,4 л находится кислород под давлением 150 кПа. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения всех молекул газа. (210 Дж)

7.2.13. Объем водорода при его постоянном давлении 160 кПа увеличили на 0,35 м³. На сколько при этом увеличилась внутренняя энергия газа? (140 кДж)

7.2.14. Кислород, находящийся в цилиндре под поршнем с площадью поперечного сечения 160 см², нагревают так, что поршень перемещается на 240 мм. Давление газа при этом постоянно и равно 170 кПа. Определите приращение внутренней энергии газа. (1630 Дж)

7.2.15. В цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится идеальный газ. Расстояние от поршня до дна сосуда составляет 84 см. На сколько опустится поршень, если внутренняя энергия газа уменьшится в 1,4 раза? Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь. (24 см)

7.2.16. При уменьшении объема идеального газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20%. Во сколько раз уменьшилась внутренняя энергия газа? (3,0)

7.2.17. Какой объем занимает одноатомный газ, плотность которого $0,40 \text{ кг/м}^3$, внутренняя энергия $8,0 \text{ кДж}$, а молекулы имеют среднеквадратичную скорость $2,0 \text{ км/с}$? (10 дм^3)

7.2.18. Два сосуда, соединенные трубкой с краном, содержат одинаковые количества некоторого одноатомного газа. При закрытом кране в одном сосуде среднеквадратичная скорость молекул составляет 1000 м/с , а в другом – 500 м/с . Кран открывают. Чему будет равна скорость молекул газа после установления теплового равновесия? Теплоемкостью соединительной пренебречь. Стенки сосудов считать термостатом, принимающим температуру газа (790 м/с)

7.2.19. Теплоизолированный сосуд разделен тонкой теплонепроницаемой стенкой на две равные части, в каждой из которых содержится один и тот же идеальный газ при температуре 290 К и давлении 180 кПа . После нагревания газа в одной из половин сосуда на 96 К стенка разрушается. Определите давление газа после установления теплового равновесия. (210 кПа)

7.2.20. В сосуде объемом $3,40 \text{ л}$ содержится идеальный газ при температуре 97°C и давлении 170 кПа . В другом сосуде объемом $5,60 \text{ л}$ содержится такой же идеальный газ при температуре 19°C и давлении $73,0 \text{ кПа}$. Сосуды соединены тонкой трубкой с краном. Кран открывают. Пренебрегая потерями тепла, определите установившуюся температуру. (333 К)

7.2.21. Теплоизолированный сосуд разделен легкоподвижным теплоизолированным поршнем на две части. В одной части находится $2,7$ моль гелия, а в другой – $1,8$ моль азота. Средние квадратичные скорости атомов азота и гелия равны соответственно 540 и 850 м/с . Определите отношение объемов гелия и азота. ($0,53$)

7.2.22. Теплоизолированный сосуд разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится 1,1 кг водорода, а в другой – 1,9 кг аргона. Средняя квадратичная скорость молекул водорода равна 1,70 км/с, а аргона – 0,93 км/с. Молекулы водорода могут свободно проникать через поры в перегородке, а аргона – нет. Определите после установления теплового равновесия температуру газа в той части сосуда, где первоначально находился аргон. Колебательные степени свободы молекул водорода не возбуждены. (340 К)

7.2.23. Два сосуда объёмом 2,0 и 1,0 л соединены короткой трубкой, в которой имеется изолирующая пористая перегородка, которая обеспечивает равенство давлений в сосудах, но не температуры. В сосудах содержится гелий под давлением 101 кПа с температурой 27 °С. Затем малый сосуд помещают в лёд при температуре 0 °С, а большой сосуд в водяной пар при температуре 100 °С. Определите приращение внутренней энергии системы в результате этих процессов. (49 Дж)

7.3. Первый закон термодинамики

7.3.1. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию идеального газа?

7.3.2. Сформулируйте первый закон термодинамики.

7.3.3. Запишите первый закон термодинамики применительно к изобарному процессу.

7.3.4. Выразите количество теплоты, необходимое для изобарного нагревания газа, через изменение объема.

7.3.5. Выразите количество теплоты, необходимое для изобарного нагревания газа, через изменение температуры.

7.3.6. Выведите формулы для удельной и молярной теплоемкостей при постоянном давлении.

7.3.7. Запишите первый закон термодинамики применительно к изохорному процессу.

7.3.8. Выразите количество теплоты, необходимое для нагревания газа при его постоянном объеме, через изменение давления.

7.3.9. Выразите количество теплоты, необходимое для изохорного нагревания газа, через изменение температуры.

7.3.10. Выведите формулы для удельной и молярной теплоемкостей при постоянном объеме.

7.3.11. Как связаны между собой молярные теплоемкости идеального газа при постоянных давлении и объеме?

7.3.12. Запишите первый закон термодинамики применительно к изотермическому процессу.

7.3.13. Выразите количество теплоты, необходимое для изотермического расширения газа, через его начальный и конечный объемы.

7.3.14. Чему равна удельная теплоемкость идеального газа при изотермическом процессе?

7.3.15. Какой процесс называется адиабатическим? Как можно его осуществить?

7.3.16. Запишите первый закон термодинамики применительно к адиабатическому процессу.

7.3.17. Запишите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.

7.3.18. Как определяется показатель адиабаты?

7.3.19. Вычислите работу при адиабатическом процессе через начальную и конечную температуры.

7.3.20. Выразите работу при адиабатическом процессе через начальные и конечные значения давления и объема.

7.3.21. Чему равна теплоемкость системы при адиабатическом процессе?

7.3.22. Газу сообщили количество теплоты 250 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. Вычислите работу, совершенную газом. (–50 Дж)

7.3.23. Двухатомный газ в количестве 1,86 моль совершил работу, равную 4200 Дж. При этом температура газа увеличилась на 220°С. Какое количество теплоты было получено газом в ходе этого процесса? (12,7 кДж)

7.3.24. Идеальному одноатомному газу было сообщено количество теплоты 13,4 кДж. При этом внешними силами над газом была совершена работа 6,25 кДж, а температура газа возросла от 278 до 492 К. Определите количество вещества газа. (7,37 моль)

7.3.25. Одноатомный идеальный газ в количестве 0,870 моль совершает работу, равную 2,60 кДж при поглощении тепла 3,30 кДж. Определите конечную температуру газа, если его начальная температура равна 25°С. (363 К)

7.3.26. Давление азота в сосуде объемом 3,0 л после нагревания возросло на 2,0 МПа. Определите количество теплоты, сообщенное газу. (15 кДж)

7.3.27. В теплоизолированном герметичном сосуде объемом 17,0 дм³ сгорает 0,15 г топлива, имеющего удельную теплоту сгорания 26,1 МДж/кг. Первоначально сосуд был заполнен воздухом с нормальным атмосферным давлением. Определите установившееся давление воздуха в результате сгорания топлива, пренебрегая изменением его химического состава. (193 кПа)

7.3.28. Какая часть количества теплоты, сообщенной одноатомному идеальному газу в изобарном процессе, идет на совершение работы? (0,4)

7.3.29. Определите приращение внутренней энергии неона в результате изобарического расширения, если ему было сообщено количество теплоты 25 кДж. (15 кДж)

7.3.30. В цилиндре находится водород, который изохорически нагревается от 15 до 83°C при сообщении ему количества теплоты 1,6 кДж. Определите массу водорода в цилиндре. (1,6 г)

7.3.31. В теплоизолированном цилиндре под свободно перемещающимся поршнем находится 0,780 моль гелия. При сообщении газу количества теплоты 13,4 кДж его объем увеличивается в 3,50 раза. Определите начальную температуру газа. (331 К)

7.3.32. Одноатомный газ, находящийся при постоянном давлении 2,0 МПа в цилиндре под поршнем сечением 160 см², нагревается так, что поршень перемещается под его воздействием на расстояние 15 см. Найдите количество теплоты, сообщенное газу в этом процессе. (12 кДж)

7.3.33. При адиабатическом расширении 500 г одноатомного газа среднеквадратичная скорость его молекул уменьшилась от 2,23 км/с до 1,93 км/с. Определите работу газа при расширении. (312 кДж)

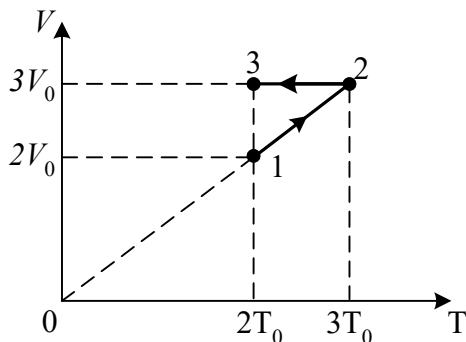
7.3.34. При адиабатическом сжатии 25 г аргона его температура повысилась на 18 К. Определите работу газа в этом процессе. (-0,14 кДж)

7.3.35. При адиабатическом расширении азот в количестве 1,2 кг совершил работу 980 Дж. Определите приращение его температуры. (-1,1 К)

7.3.36. Углекислый газ занимает объем 3,4 м³ при температуре 280 К и давлении 120 кПа. При адиабатическом сжатии газа совершается работа 47 кДж. Определите конечную температуру газа. (293 К)

7.3.37. Для нагревания 1,0 кг идеального газа на 1,0 К при постоянном давлении требуется количество теплоты 910 Дж, а при постоянном объеме требуемое количество теплоты – 650 Дж. Чему равна молярная масса нагреваемого газа? ($32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль)

7.3.38. Азот сначала изобарно нагревают, сообщая ему количество теплоты, равное 210 Дж, затем изохорно охлаждают до первоначальной температуры. Какое количество теплоты отдает азот при этом? (150 Дж)

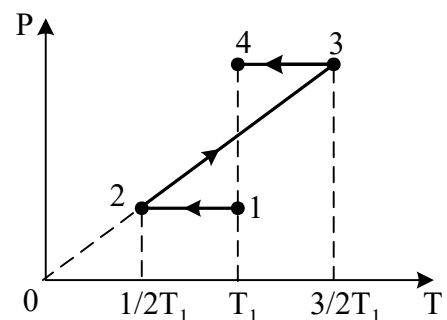


7.3.39. Определите количество теплоты, получаемое идеальным газом в количестве 2,74 моль в ходе процесса, изображенного на VT-диаграмме, если $T_0 = 290$ К. (6,60 кДж)

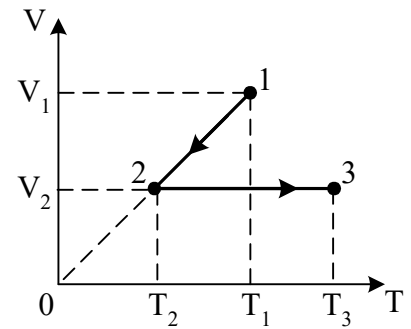
7.3.40. Идеальный газ в количестве 1,0 моль при температуре 100 К расширился изобарно, а затем изохорно вернулся в состояние с начальной температурой. Во сколько раз изменился при этом объем газа, если для перевода газа из начального состояния в конечное к нему подвели количество теплоты 831 Дж? (2,0)

7.3.41. Кислород в количестве 1,38 моля сначала изобарически нагревается, а затем изохорически охлаждается. При изобарическом нагревании газ совершает работу 1400 Дж. Результирующее количество теплоты, получаемое газом за цикл, составляет 870 Дж. Определите, на сколько уменьшилась температура газа в результате изохорического процесса. (137 К)

7.3.42. Идеальный газ в количестве 2,50 моль совершает процесс, показанный на PT-диаграмме. Начальная температура газа равна 320 К. Какое количество теплоты выделил газ в результате процесса? (6,65 кДж)

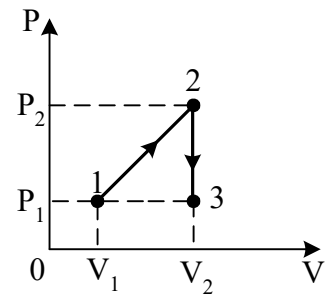


7.3.43. В гелии, имеющем начальную температуру 290 К, совершается процесс, показанный на VT-диаграмме. При изобарическом охлаждении температура газа уменьшается в 2,7 раза, а при изохорическом нагревании увеличивается в 1,4 раза по отношению к начальной температуре. Определите количество вещества гелия, если в результате процесса он отдал количество теплоты, равное 0,43 кДж. (6,0 моль)

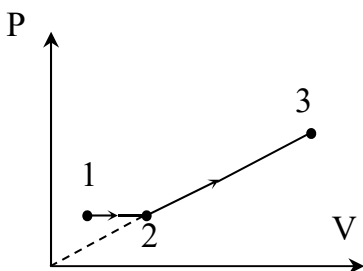


7.3.44. Объем одноатомного газа увеличился от 1,0 до 2,0 л, при этом его давление линейно уменьшилось от 200 до 100 кПа. Какое количество теплоты было подведено к газу в этом процессе? (150 Дж)

7.3.45. Определите количество теплоты, поглощаемое окисью углерода в процессе 1 – 2 – 3, если известно, что $P_1 = 100$ кПа, $P_2 = 200$ кПа, $V_1 = 5,0$ л, $V_2 = 10$ л. (2,0 кДж)

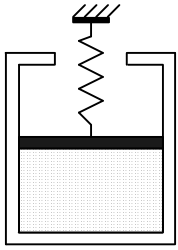


7.3.46. Идеальный одноатомный газ расширяется таким образом, что его давление прямо пропорционально объему ($P \sim V$). Определите молярную теплоемкость газа в этом процессе. (16,6 Дж/(К·моль))



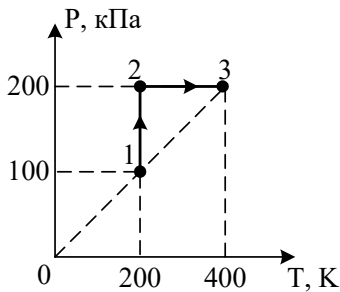
7.3.47. Идеальный одноатомный газ расширяется сначала изобарически, а затем так, что его давление зависит от объема линейно. Известно, что $V_2/V_1 = V_3/V_2$, а прямая 2 – 3 проходит через начало координат. Определите отношение V_2/V_1 , если количество теплоты, подведенное к газу на участке 1 – 2, в 4 раза меньше работы, совершенной газом на участке 2 – 3. (4)

7.3.48. В цилиндрическом сосуде под легкоподвижным поршнем весом 26 Н находится воздух. Поршень крепится к неподвижной опоре пружиной жесткостью 230 Н/м. Начальное расстояние между поршнем и дном сосуда, равно 32 см. Пружина при этом не деформирована. Какое количество теплоты необходимо передать газу в окружающую среду, чтобы поршень опустился на 8,0 см? Давлением окружающей среды на поршень пренебречь. (18 Дж)



7.3.49. Аргон расширяется сначала изобарно, а затем адиабатически. Конечная температура газа равна начальной. Полная работа, совершенная газом, равна 5,85 кДж. Определите работу газа при адиабатическом расширении. (3,51 кДж)

7.3.50. Кислород в количестве 3,2 моль изотермически сжали, а затем изохорически охладили. Начальная температура газа 270 К. Какое количество теплоты отдал газ при изохорическом охлаждении, если его давление при этом уменьшилось в 2,1 раза? (9,4 кДж)



7.3.51. Определите количество теплоты, полученной неон в количестве 2,6 моль в результате процесса, показанного на PТ-диаграмме. (7,8 кДж)

7.3.52. В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью сечения 18 см² находится гелий. Сосуд закрыт подвижным поршнем массой 17 кг, поршень находится в состоянии равновесия на расстоянии 12 см от дна сосуда. Атмосферное давление над поршнем равно 101 кПа. Сосуд аккуратно кладут на стол так, что поршень начинает двигаться горизонтально. Определите максимальную скорость поршня при условии что, трение и тепловые потери отсутствуют. (1,3 м/с)

7.4. Тепловой двигатель. Циклические процессы

7.4.1. Что такое тепловой двигатель. Из каких основных частей он состоит?

7.4.2. Как связаны между собой количество теплоты, полученное тепловым двигателем от нагревателя и переданное количество теплоты холодильнику, с работой, совершаемой двигателем за один цикл?

7.4.3. Как вычисляется КПД теплового двигателя?

7.4.4. Какой тепловой двигатель называется идеальным? Что называют циклом Карно?

7.4.5. Как выражается КПД идеального теплового двигателя через температуры его нагревателя и холодильника?

7.4.6. Как вычисляется КПД произвольного термодинамического цикла?

7.4.7. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет КПД 58,7%. Определите, во сколько раз количество теплоты, полученное рабочим телом машины при изотермическом расширении, больше количества теплоты, отданного им при изотермическом сжатии? (2,42)

7.4.8. В идеальной тепловой машине количество теплоты, полученное от нагревателя, равно 6,3 кДж. 80% этой теплоты передается холодильнику. Найдите КПД машины и ее работу за один цикл. (20%; 1,3 кДж)

7.4.9. За один цикл рабочее тело тепловой машины отдает холодильнику количество теплоты, равное 540 Дж. Какую работу совершает рабочее тело за один цикл, если КПД машины равен 26%? (0,19 кДж)

7.4.10. КПД идеальной тепловой машины уменьшили от 72% до 44% при неизменном количестве теплоты, передаваемом рабочим телом холодильнику. Во сколько раз при этом уменьшилось количество теплоты, получаемой рабочим телом от нагревателя. (2,0)

7.4.11. Холодильник идеального теплового двигателя имеет температуру 13°C . На сколько возрастет КПД этого двигателя, если температуру нагревателя увеличить от 120 до 340°C ? (0,26)

7.4.12. КПД идеальной тепловой машины равен 37% . Во сколько раз увеличится КПД, если при неизменной температуре холодильника увеличить температуру нагревателя в $1,9$ раза? (1,8)

7.4.13. КПД идеальной тепловой машины равен $0,40$. На сколько уменьшится этот коэффициент, если температуру нагревателя увеличить в $1,2$ раза, а холодильника – в $1,5$ раза? (0,15)

7.4.14. В каждом цикле работы идеальной тепловой машины к рабочему телу подводится тепло $1,0$ кДж и совершается работа 300 Дж. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К. (400 К)

7.4.15. В идеальной тепловой машине газ отдал холодильнику $67,0\%$ теплоты, полученной от нагревателя. Определите температуру холодильника, если температура нагревателя 430 К. (288 К)

7.4.16. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 500 К, а холодильника – 300 К. За один цикл рабочее тело отдает холодильнику 600 Дж теплоты. Чему равна работа, совершаемая машиной за один цикл? (400 Дж)

7.4.17. Идеальный газ, совершая работу за один цикл Карно, отдал холодильнику количество теплоты 390 Дж. Температура нагревателя равна 290°C , а температура холодильника равна 17°C . Определите количество теплоты, полученное газом за один цикл от нагревателя. ($0,76$ кДж)

7.4.18. Тепловой двигатель при температуре нагревателя 185°C получает от него 460 кДж теплоты и отдает холодильнику 320 кДж теплоты при температуре 19°C . На сколько процентов КПД этого двигателя меньше КПД

идеального двигателя, работающего при тех же температурах нагревателя и холодильника? (5,8%)

7.4.19. Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с кипящей водой при температуре 100°C , а в качестве холодильника – сосуд со льдом при температуре 0°C . Какая масса льда растает при совершении машиной работы 1,22 МДж? (9,97 кг)

7.4.20. Тепловой двигатель поднимает груз массой 58 кг на высоту 3,2 м. КПД двигателя равен 29%; количество теплоты, получаемое за один цикл от нагревателя, равно 64 Дж. Сколько циклов совершает двигатель за время подъема груза? (98)

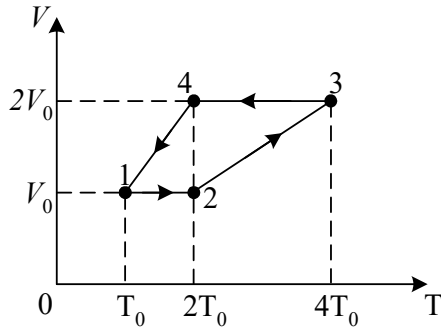
7.4.21. В каждой из двух тепловых машин для поддержания температуры нагревателя используют тепло, выделяющееся при сгорании 210 г керосина за один цикл. Первая машина за 7,0 циклов отдает холодильнику количество теплоты, равное 49 МДж, а ее КПД в 2,6 раза меньше КПД второй машины. За какое количество циклов вторая машина совершит работу, равную 95 МДж? (15)

7.4.22. С помощью электронагревателя мощностью 2,6 кВт в комнате поддерживается температура 22°C при отрицательной температуре наружного воздуха -14°C . Определите мощность тепловой машины, работающей по обратному циклу Карно, охлаждаемой внешней средой и поддерживающей в комнате ту же температуру. (0,32 кВт)

7.4.23. В азоте, взятом в количестве 0,89 моль, происходит цикл Карно. Температура нагревателя равна 218°C . Какую работу совершает азот при адиабатическом сжатии, если КПД цикла равно 42%? (-3,8 кДж)

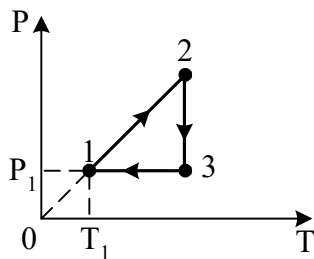
7.4.24. Гелий в количестве 1,3 моль участвует в цикле Карно. Температура холодильника равна 280 К. Определите КПД цикла, если при адиабатическом расширении газ совершает работу 2,2 кДж. (33%)

7.4.25. За один цикл идеальная тепловая машина совершает работу, составляющую 18,3 кДж. При изотермическом сжатии работа внешних сил равна 13,4 кДж. Определите отношение температур нагревателя и холодильника. (2,37)



7.4.26. Двухатомный газ является рабочим телом тепловой машины, совершая цикл, показанный на VT-диаграмме. Определите КПД тепловой машины. (10,5%)

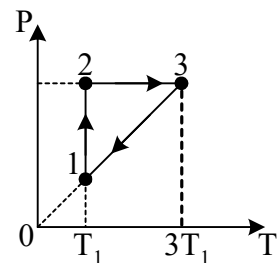
7.4.27. В одноатомном газе происходит циклический процесс, состоящий из изохорического, изотермического и изобарического процессов. КПД цикла равен 34%. Работа газа при изотермическом расширении составляет 780 кДж. Определите работу, совершаемую над газом при его изобарическом сжатии. (0,34 МДж)



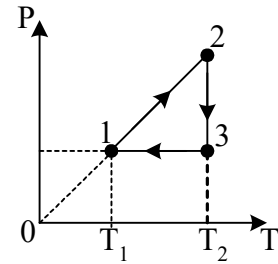
7.4.28. Идеальный газ в количестве 0,72 моль участвует в циклическом процессе, показанном на PT-диаграмме. На участке 2-3 газ совершает работу 2,9 кДж, получая за цикл количество теплоты, равное 2,3 кДж. Определите максимальный объем, достигаемый газом за цикл, если $P_1 = 130$ кПа, а

$T_1 = 270$ К. (17 дм³)

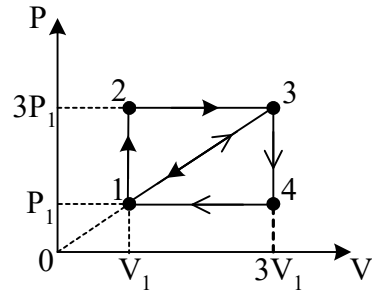
7.4.29. Воздух в количестве 1,32 моль участвует в циклическом процессе, в котором $T_1 = 175$ К, а отношение количеств теплоты, отданных газом в ходе процессов изохорического охлаждения и изотермического сжатия, равно 4,55. Определите работу, совершаемую газом за один цикл. (1,73 кДж)



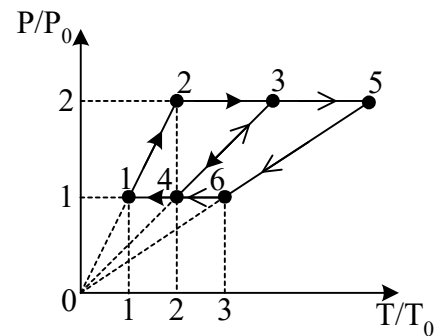
7.4.30. Идеальный одноатомный газ в количестве 28,7 моль участвует в показанном на рисунке циклическом процессе. Определите количество теплоты, полученное газом за один цикл, если $T_2 = 2,13 \cdot T_1$, а $T_1 = 124$ К. (14,2 кДж)



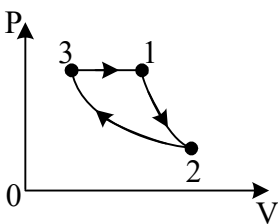
7.4.31. Определите отношение количества теплоты, отданного воздухом в ходе выполнения цикла 1–2–3–1, к работе, совершаемой над газом в цикле 3–4–3–1. (12)



7.4.32. Определите отношение работы, совершаемой идеальным одноатомным газом за цикл 1–2–3–4–1, к разности количеств теплоты, отданной и полученной газом в ходе цикла 4–3–5–6–4. (-1,0)



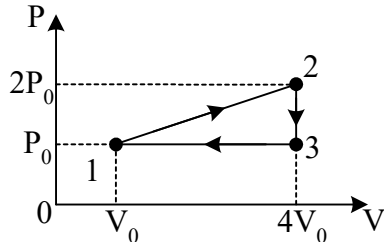
7.4.33. В идеальном газе совершается циклический процесс, включающий изобарический, изохорический и адиабатический процессы. КПД цикла равен 56,2%. Определите отношение количества теплоты, полученного рабочим телом в изохорическом процессе, к количеству теплоты, отданному в изобарическом процессе. (2,28)



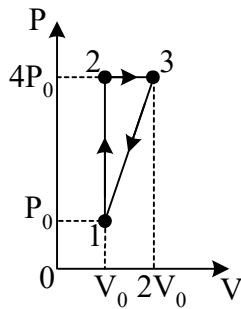
7.4.34. В 1,7 моль гелия совершается циклический процесс, изображенный на PV -диаграмме. Участок 1 – 2 – адиабата, 2 – 3 – изотерма. Работа, совершаемая газом за цикл, равна 3,8 кДж. Количество теплоты, отданное газом при изотермическом сжатии, равно 7,1 кДж. На

сколько уменьшается температура газа при адиабатическом расширении? (310 К)

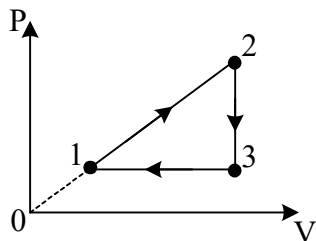
7.4.35. Двухатомный газ участвует в циклическом процессе, состоящем из двух изобарических и двух изохорических процессов. Определите КПД цикла, если при изобарических процессах объем газа изменяется в три раза, а при изохорических его давление изменяется в четыре раза. (16,9%)



7.4.36. Определите КПД циклического процесса, показанного на PV -диаграмме. Рабочим телом является двухатомный газ. (6,82%)

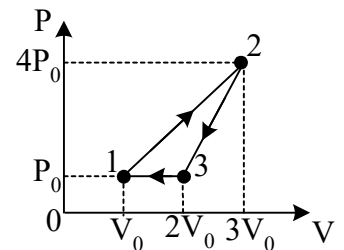


7.4.37. На PV -диаграмме изображен циклический процесс, в котором участвует одноатомный идеальный газ. Определите КПД цикла. (10,3%)



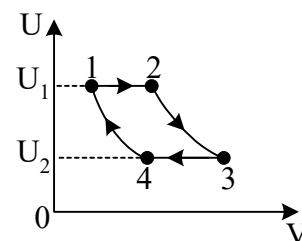
7.4.38. Одноатомный газ участвует в циклическом процессе, представленном на PV -диаграмме. В состоянии 2 его температура в 4,28 раз больше, чем в состоянии 1. Определите КПД циклического процесса. (8,71%)

7.4.39. На PV -диаграмме показан циклический процесс, совершаемый двухатомным газом. Определите КПД цикла. (4,6%)

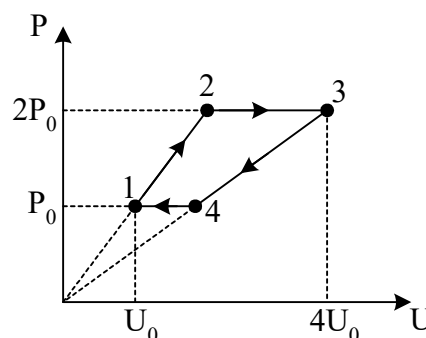


7.4.40. Внутренняя энергия рабочего тела идеальной тепловой машины изменяется от 2,1 до 1,3 кДж. Определите КПД тепловой машины. (38%)

7.4.41. Идеальный газ участвует в цикле, представленном на UV -диаграмме. Определите КПД циклического процесса, если $U_1 = 2,63$ кДж, $U_2 = 1,12$ кДж. Работы газа на участках 2-3 и 4-1 связаны соотношением $A_{23} = -A_{41} = 1,51$ кДж. (57,4%)



7.4.42. Одноатомный идеальный газ в количестве 1,0 моль участвует в циклическом процессе, изображенном на рисунке. Определите КПД цикла. (15,4 %)



8. АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

8.1. Тепловой баланс

8.1.1. Какой процесс называется теплопередачей?

8.1.2. Какие существуют способы теплопередачи?

8.1.3. Что называют количеством теплоты?

8.1.4. Что называется теплоемкостью тела? В каких единицах она измеряется?

8.1.5. Что называется удельной теплоемкостью вещества? В каких единицах она измеряется?

8.1.6. Как связаны между собой теплоемкость тела и удельная теплоемкость вещества, из которого оно состоит?

8.1.7. Как вычисляется количество теплоты, необходимое для нагревания тела?

- 8.1.8. Какое количество теплоты выделяется при остывании тела?
- 8.1.9. Какие процессы называются парообразованием и конденсацией?
- 8.1.10. Что называется удельной теплотой парообразования? В каких единицах она измеряется?
- 8.1.11. По какой формуле вычисляется количество теплоты, поглощаемое при парообразовании и выделяемое при конденсации?
- 8.1.12. Какие процессы называются плавлением и кристаллизацией?
- 8.1.13. Что называется удельной теплотой плавления? В каких единицах она измеряется?
- 8.1.14. Как вычисляется количество теплоты, поглощаемое при плавлении и выделяемое при кристаллизации?
- 8.1.15. Что называется удельной теплотой сгорания топлива? В каких единицах она измеряется?
- 8.1.16. В чем состоит уравнение теплового баланса?
- 8.1.17. От каких физических параметров зависит внутренняя энергия тела?
- 8.1.18. Вещество переходит из кристаллической фазы в жидкую, а затем в газообразную фазу. Как при таком переходе изменяется внутренняя энергия тела?
- 8.1.19. Какая температура установится, если в 10 л воды при 20°C влить 1,0 л кипящей при нормальном атмосферном давлении воды? (300 К)

8.1.20. Для приготовления ванны емкостью 200 л смешали холодную воду при температуре 10°C с горячей при температуре 60°C . Какие объемы той и другой воды нужно взять, чтобы установилась температура 40°C ? Изменением плотности воды при изменении температуры можно пренебречь. ($0,08 \text{ м}^3$; $0,12 \text{ м}^3$)

8.1.21. В сосуде смешиваются две химически не взаимодействующие жидкости: первая массой 1,7 кг при температуре 42°C , вторая массой 2,4 кг при температуре 79°C . Температура образовавшейся смеси равна 61°C . Удельная теплоемкость первой жидкости составляет $2,3 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Определите удельную теплоемкость второй жидкости. ($1,7 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$)

8.1.22. Смешиваются три одинаковые порции некоторой жидкости с начальными температурами 15, 42, 87°C . Определите температуру образовавшейся смеси. (321 K)

8.1.23. На сколько градусов нагреется 1,0 кг воды, взятой при температуре 20°C , если в нее опустить медный предмет массой 200 г, нагретый до 100°C . ($1,4 \text{ K}$)

8.1.24. Нагретый до температуры 95°C кусок алюминия массой 0,45 кг опускают в сосуд с водой, температура которой составляет 22°C . После установления теплового равновесия температура в сосуде становится равной 35°C . Пренебрегая теплоемкостью сосуда и тепловыми потерями, определите массу воды в сосуде. ($0,45 \text{ кг}$)

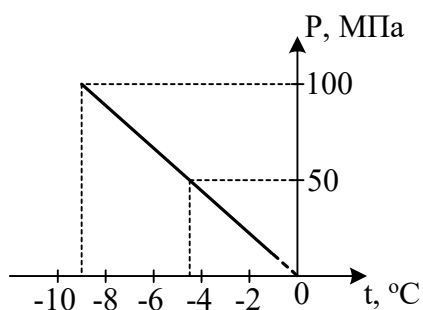
8.1.25. В стакан с теплой водой массой 210 г, имеющей температуру $95,0^{\circ}\text{C}$, опустили ложку с температурой $22,0^{\circ}\text{C}$. После этого температура воды понизилась до $94,2^{\circ}\text{C}$. Определите теплоемкость ложки, пренебрегая теплоемкостью стакана. ($9,73 \text{ Дж/К}$)

8.1.26. В калориметре находится вода массой 90 г при температуре 19°C . В него доливают 140 г воды при температуре 85°C . После этого в калориметре установилась температура, равная 57°C . Определите по этим данным теплоемкость калориметра. (55 Дж/К)

8.1.27. В стеклянный стакан массой 120 г при температуре 15°C налили 200 г воды при температуре 80°C . Какое количество теплоты будет передано стакану? (4,8 кДж)

8.1.28. Сколько потребуется теплоты, чтобы 4,0 кг свинца с начальной температурой 10°C нагреть до точки плавления и расплавить? (0,26 МДж)

8.1.29. Вода в количестве 25 г, переохлажденная до температуры -12°C , при встряхивании частично замерзла. Определите массу образовавшегося льда при условии, что установившаяся температура равна 0°C . ($3,5 \cdot 10^{-3}$ кг)



8.1.30. Лед находится в теплоизолированной оболочке при температуре 0°C . Зависимость температуры плавления от давления показана на графике. Какая часть льда расплавится при увеличении давления от нормального до 78 МПа? (4,5 %)

8.1.31. В сосуд, содержащий 870 г льда при температуре 0°C , влили 350 г воды, имеющей температуру 45°C . Сколько льда останется в сосуде после установления теплового равновесия? (0,67 кг)

8.1.32. В сосуд, содержащий 10 кг воды при температуре 10°C , положили кусок льда, охлажденный до -50°C , после чего температура образовавшейся смеси оказалась равной 4°C . Определите массу льда, положенного в сосуд? (0,55 кг)

8.1.33. При 0°C почва покрыта слоем снега толщиной 3,0 см и плотностью 500 кг/м^3 . Какой слой дождевой воды, имеющей начальную температуру 5°C , расплавит весь слой снега? (0,24 м)

8.1.34. В сосуд, содержащий 3,3 л воды при 24°C , опустили комок мокрого снега массой 640 г при температуре 0°C . Определите массу воды в снежном комке, если установившаяся температура равна 11°C . (0,19 кг)

8.1.35. До какой температуры необходимо нагреть алюминиевый куб, чтобы он, будучи поставленным на лед при температуре 0°C , полностью в него погрузился? Считайте, что на нагревание льда идет 65% энергии, выделившейся при остывании алюминия. (471 К)

8.1.36. В медный стакан калориметра массой 120 г, содержащий 130 г воды при температуре 22°C , опустили кусок льда, имеющий температуру 0°C . После установления теплового равновесия температура в калориметре становится равной $7,0^{\circ}\text{C}$. Пренебрегая тепловыми потерями, рассчитайте массу льда. (24 г)

8.1.37. В калориметр налили 2,7 кг воды, имеющей температуру 25°C , и положили кусок льда массой 800 г при температуре -32°C . Определите установившуюся в калориметре температуру, пренебрегая его теплоемкостью и теплообменом с окружающей средой. (273 К)

8.1.38. В пробирке содержится 140 г перегретой воды при температуре 110°C и нормальном атмосферном давлении. При встряхивании пробирки происходит бурное кипение и часть воды испаряется. Определите массу испарившейся воды. (2,6 г)

8.1.39. Вычислите потенциальную энергию взаимодействия между молекулами воды, приходящуюся на одну молекулу при температуре кипения. Удельную теплоту парообразования воды считать известной. ($-6,8 \cdot 10^{-20}$ Дж)

8.1.40. Вода кипит в сосуде с отверстием площадью $1,5 \text{ см}^2$ при нормальном атмосферном давлении. Определите среднюю скорость выхода молекул пара из отверстия, если тепловая мощность нагревателя составляет 3,7 кВт. (19 м/с)

8.1.41. В колбе находится вода при 0°C . Выкачиванием из колбы воздуха заморозили всю воду в сосуде. Какая часть воды при этом испарилась, если притока тепла извне не было? Удельная теплота испарения при 0°C равна 2,48 МДж/кг. (0,12)

8.1.42. В латунный калориметр массой 100 г, содержащий 250 г воды при 10°C , впускают водяной пар при 100°C . Какое минимальное количество пара следует впустить, чтобы температура воды в калориметре поднялась до 50°C ? (0,98 моль)

8.1.43. Через воду, имеющую температуру 10°C , пропускают водяной пар, температура которого 100°C . Сколько процентов составит масса воды, образовавшейся из пара, от массы всей воды в сосуде в момент, когда ее температура станет равной 50°C ? (6,4%)

8.1.44. В сосуд, содержащий 2,8 л воды при 20°C , бросают кусок стали массой 3,0 кг, нагретый до 460°C . Вода нагревается до 60°C , а часть ее обращается в пар. Найдите массу воды, обратившейся в пар. Теплоемкостью сосуда пренебречь. (0,0345 кг)

8.1.45. В теплоизолированном сосуде содержится смесь воды массой 200 г и льда массой 40 г при температуре 0°C . Затем в сосуд ввели 10 г пара при температуре 100°C . Определите температуру после установления теплового равновесия. (286 К)

8.1.46. В калориметр со 100 г льда при 0°C медленно впускают пар при 100°C . Определите массу воды, оказавшейся в калориметре непосредственно после того, как весь лед растаял? Теплоемкостью калориметра пренебречь. (0,112 кг)

8.2. Закон сохранения энергии в тепловых процессах

8.2.1. Что понимают под полной энергией в тепловых процессах?

8.2.2. Как связаны между собой изменения механической и внутренней энергий изолированной системы тел?

8.2.3. Как изменение полной энергии связано с теплопередачей и работой внешних сил?

8.2.4. На газовой горелке 2,5 л воды, взятой при температуре 10°C , за 12 минут доведены до кипения. Определите полезную мощность горелки. (1,3 кВт)

8.2.5. Подошва стального утюга массой 700 г в процессе работы нагрелась от 20 до 200°C . Сколько времени ушло на нагревание утюга, если его мощность 750 Вт при КПД 80 %? (97 с)

8.2.6. В чайник налили воду, температура которой 10°C , и поставили его на электроплиту. Через 10 минут вода закипела. Через какое время вода полностью выкипит? Теплоемкостью чайника пренебречь. (3600 с)

8.2.7. Алюминиевый чайник массой 400 г, в котором находится 2,0 кг воды при температуре 10°C , помещают на газовую горелку с КПД, равным 85%. Какова мощность горелки, если через 10 минут вода закипела, причем 20 г воды выкипело? (1,6 кВт)

8.2.8. Для охлаждения воды от температуры $4,0^{\circ}\text{C}$ до нуля холодильник работал 160 с. Сколько еще должен работать холодильник, чтобы вся эта вода превратилась в лед? (3200 с)

8.2.9. Устройство, в котором выделяется мощность 7,6 кВт, охлаждается проточной водой, текущей по трубе с площадью поперечного сечения $1,2\text{ см}^2$. В установившемся режиме проточная вода нагревается на $8,0^{\circ}\text{C}$. Определите скорость воды при условии, что все выделяющееся тепло идет на нагревание воды. (1,9 м/с)

8.2.10. Лазер излучает световые импульсы с энергией 200 мДж. Частота повторения импульсов 10 Гц. КПД лазера, определяемый отношением излучаемой энергии к потребляемой, составляет 4,0 %. Какой объем воды нужно прокачать за один час через охлаждающую систему лазера, чтобы вода нагрелась не более чем на $5,0^{\circ}\text{C}$? ($8,2 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$)

8.2.11. На какую высоту можно поднять груз массой 820 кг, используя энергию, которая выделяется при остывании 370 г воды от 100 до 25°C? (14 м)

8.2.12. Двигатель мотоцикла на 100 км пути при скорости 70 км/ч расходует 5,7 л бензина. Определите КПД двигателя, если он развивает мощность 7,8 кВт. (33 %)

8.2.13. Подвесной лодочный мотор имеет мощность 13 кВт и КПД 18%. На сколько километров пути хватит ему 14 кг бензина при скорости лодки 30 км/ч?. (74 км)

8.2.14. Для работы двигателя, КПД которого равен 16%, запасена нефть в количестве 4,4 тонны. На сколько дней хватит запаса топлива, если мощность двигателя 17 кВт? Продолжительность рабочего дня 8 часов. (62)

8.2.15. Чему была равна средняя сила сопротивления воды движению парохода, если он в течение трех суток при средней скорости 12 км/ч израсходовал 6,5 тонн угля? КПД судового двигателя 15%. (29 кН)

8.2.16. Температура двух тел, теплоемкости которых составляют по 800 Дж/К, повысилась из-за трения друг о друга через 1,0 мин на 30 К. Найти среднюю мощность, выделяющуюся при трении. Считать, что вся выделяемая при трении энергия идет на нагревание. (800 Вт)

8.2.17. Два куска льда массой 50 г каждый при температуре $-6,0^{\circ}\text{C}$ трутся друг о друга в вакууме с помощью мотора, развивающего мощность 12 Вт. Через какое время лед растает? (2900 с)

8.2.18. На сколько температура воды у основания водопада с высотой 100 м больше, чем у его вершины? Считайте, что вся механическая энергия идет на нагревание воды. (0,23 К)

8.2.19. С какой минимальной высоты должен падать град с температурой $-3,0^{\circ}\text{C}$, чтобы при ударе о землю градинки расплавились. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. (35 км)

8.2.20. В результате удара падающего свинцового шара о поверхность земли на его нагрев пошло 75% кинетической энергии шара. Температура свинца при этом повысилась на 1,9 К. Считая начальную скорость шара равной нулю и пренебрегая потерями механической энергии во время падения, определите высоту, с которой упал шар. (34 м)

8.2.21. Паровой молот массой 4,0 тонны падает на стальную болванку массой 5,0 кг, причем скорость молота в момент удара равна 3,0 м/с. На сколько градусов нагреется болванка от удара молота, если на ее нагревание идет 80% выделившейся при ударе теплоты? (6,3 К)

8.2.22. Сани массой 430 кг равномерно движутся по горизонтальной снежной поверхности. Температура снега равна 0°C , коэффициент трения полозьев саней о снег, равен 0,027. Сколько снега расплавится под полозьями саней на пути в 1,0 км, если вся выделяющаяся механическая энергия идет на плавление снега? (0,34 кг)

8.2.23. Тело массой 940 г скользит по наклонной плоскости длиной 21 м, которая образует с горизонтом угол 30° . Скорость тела у основания наклонной плоскости 4,1 м/с. Вычислите количество теплоты, выделившееся при трении тела о плоскость, если начальная скорость тела равна нулю. (89 Дж)

8.2.24. Стальной брусок соскальзывает по наклонной плоскости длиной 20 м, которая образует с горизонтом угол 30° . Начальная скорость бруска равна нулю, а конечная – 8,0 м/с. На сколько повысится температура бруска, если он поглощает 40% выделившегося тепла? (0,057 К)

8.2.25. Железный метеорит влетает в атмосферу Земли со скоростью 1,6 км/с, имея температуру 320 К. Определите в процентах расплавившуюся часть массы метеорита, если в его внутреннюю энергию при движении в атмосфере Земли переходит 70% кинетической энергии метеорита. (78%)

8.2.26. При выстреле вертикально вверх свинцовая пуля достигла высоты 1,7 км. При падении на землю 65% механической энергии пули пошло на ее нагревание. На сколько изменилась температура пули в результате падения? (83 К)

8.2.27. С какой скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы расплавиться при ударе о стенку? Температура пули 87°C . Считайте, что все количество теплоты, выделяющееся при ударе, пошло на нагревание и плавление пули. (330 м/с)

8.2.28. Свинцовая пуля, двигающаяся горизонтально со скоростью 200 м/с, попадает в земляной вал, углубляется в него и останавливается. На сколько градусов поднимется температура пули, если 78% кинетической энергии пошло на ее нагревание? (120 К)

8.2.29. Пробив стенку, свинцовая пуля вылетела со скоростью 340 м/с, а ее температура повысилась на 190 К. Определите начальную скорость пули, если на ее нагрев пошло 55% выделившейся механической энергии. (450 м/с)

8.2.30. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в стальную плиту и отскакивает от нее со скоростью 300 м/с. Какая часть пули при этом расплавится, если ее температура в момент удара была 120°C и на внутреннюю энергию пули пошло 80% энергии, выделившейся в момент удара. (4,7%)

8.2.31. Два свинцовых шара массами 280 и 430 г движутся навстречу друг другу со скоростями 32 и 14 м/с соответственно. Определите, на сколько поднимется температура шаров в результате абсолютно неупругого центрального удара. (1,9 К)

8.2.32. Горизонтально летящая со скоростью 300 м/с стальная пуля массой 10 г попадает в тело массой 5 кг, висящее на нити, и застревает в нем. Определите, на сколько градусов нагрелась пуля, если на ее нагревание пошло 50% энергии, выделившейся при движении пули внутри тела. (49 К)

8.2.33. На сколько градусов изменится температура двух одинаковых медных шаров в результате центрального удара, если скорость налетающего шара уменьшилась от 27 до 7,0 м/с при неизменном направлении движения? Второй шар до удара покоился. На нагревание шаров пошло 85% убыли их кинетической энергии. Начальная температура шаров одинакова. (0,16 К)

8.2.34. Два свинцовых тела массами 200 и 300 г, движущиеся со скоростями 40 и 30 м/с соответственно, испытывают абсолютно неупругое соударение. На сколько градусов повысится температура этих тел, если их начальные скорости взаимно перпендикулярны? Начальные температуры тел одинаковы. Считайте, что все потери механической энергии пошли на нагревание тел. (2,3 К)

8.3. Поверхностное натяжение жидкости

8.3.1. Сформулируйте основные отличия жидкостей от газов и кристаллов.

8.3.2. Что называется удельной поверхностной энергией жидкости? В каких единицах она измеряется?

8.3.3. Как вычисляется сила поверхностного натяжения жидкости? Как эта сила направлена?

8.3.4. В чем состоят явления смачивания и несмачивания жидкостью поверхности твердых тел?

8.3.5. Выведите формулу для определения высоты подъема или опускания жидкости в капилляре.

8.3.6. Как можно вычислить дополнительное давление под искривленной поверхностью жидкости?

8.3.7. Соломинка длиной 8 см плавает на поверхности воды при температуре 20°C. По одну сторону от соломинки наливают мыльный раствор, и

соломинка приходит в движение. Какова сила, движущая соломинку?
(2,6 мН)

8.3.8. Капля воды вытекает из вертикальной стеклянной трубки диаметром 1,0 мм. Определите массу капли, если температура воды равна 20°C.
($2,3 \cdot 10^{-5}$ кг)

8.3.9. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла, масса которого оказалась равной 1820 мг. Найдите коэффициент поверхностного натяжения масла, если диаметр отверстия пипетки равен 1,2 мм. (31 мН/м)

8.3.10. Рамка с подвижной стороной длиной 7,5 см затянута мыльной пленкой. Какую работу необходимо совершить против сил поверхностного натяжения, чтобы растянуть пленку на 3,0 см? (0,18 мДж)

8.3.11. Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь радиусом 4,0 см? (1,6 мДж)

8.3.12. Какое количество теплоты выделится при слиянии 75 капель ртути радиусом 1,5 мм каждая? Все капли находятся на одной горизонтальной поверхности. (0,14 мДж)

8.3.13. Плотность воздуха в воздушном пузырьке, находящемся на дне водоема глубиной 2,5 м в 2,1 раза больше плотности воздуха при нормальном атмосферном давлении и той же температуре 20°C. Определите радиус пузырька. (1,7 мкм)

8.3.14. На какую высоту может подняться вода в капиллярной трубке диаметром 2,0 мкм? (15 м)

8.3.15. Какова будет высота столбика ртути в барометрической трубке диаметром 1,8 мм при нормальном атмосферном давлении? (750 мм)

8.3.16. В сосуд с водой при температуре 20°C опущен капилляр с внутренним диаметром 0,12 мм. При нагревании воды до 70°C уровень воды в капилляре

снизился на 3,2 см. Определите поверхностное натяжение воды при этой температуре. Расширением стекла при нагревании пренебечь. (64 мН/м)

8.3.17. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных в воду, установилась разность уровней, равная 2,6 см. При опускании этих же трубок в этиловый спирт разность уровней оказалась равной 1,0 см. Определите поверхностное натяжение спирта. (22 мН/м)

8.3.18. Две длинные стеклянные пластины, параллельные друг другу, частично погружены в вертикальном положении в воду. Расстояние между пластинами 1,0 мм, их ширина 15 см. На какую высоту поднимется жидкость между пластинами? С какой силой притягиваются пластины? (1,5 см; 0,16 Н)

8.4. Пары жидкостей

8.4.1. Какой пар называется насыщенным?

8.4.2. Нарисуйте график зависимости давления насыщенного пара от температуры.

8.4.3. Нарисуйте диаграмму состояния вещества.

8.4.4. Что понимают под тройной и критической точками на диаграмме состояния вещества?

8.4.5. Какие особенности имеет диаграмма состояния вещества для воды?

8.4.6. Какой процесс называется кипением жидкости? При каких условиях происходит кипение?

8.4.7. Что называется абсолютной влажностью воздуха? В каких единицах она измеряется?

8.4.8. Что называется упругостью водяного пара? В каких единицах она измеряется?

8.4.9. Что называется относительной влажностью воздуха?

8.4.10. Что называется точкой росы?

8.4.11. Определите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление водяного пара в нем 1,4 кПа, а температура 60°C. (9,1 г/м³)

8.4.12. Сколько молекул водяного пара содержится в комнате объемом 125 м³ при нормальных условиях и относительной влажности 24,0%? (4,86·10²⁴)

8.4.13. Определите среднее расстояние между молекулами насыщенного водяного пара при температуре 285 К. (14,1 нм)

8.4.14. В цилиндре под поршнем находится 3,5 г воды и 2,9 г водяного пара при 4°C. Газ изотермически расширяется. При каком объеме вода в цилиндре полностью испарится? (1,0 м³)

8.4.15. В комнате объемом 120 м³ при температуре 20°C относительная влажность составляет 67%. Определите массу водяных паров в воздухе комнаты. (1,4 кг)

8.4.16. Относительная влажность воздуха вечером при температуре 16°C равна 60%. Ночью температура воздуха понизилась до 4°C, и выпала роса. Сколько водяного пара конденсировалось из каждого кубометра воздуха? (1,8·10⁻³ кг)

8.4.17. В сосуд объемом 17 л, наполненный сухим воздухом, помещают открытую мензурку с водой массой 1,3 г при температуре 24°C. Какая часть воды испарится? (0,28)

8.4.18. При температуре 28°C относительная влажность воздуха в герметичном сосуде объемом 56 м³ равна 62%. Какую массу воды необходимо испарить в сосуде, чтобы водяной пар стал насыщенным? (0,58 кг)

8.4.19. В герметичном сосуде объемом 48 м^3 при температуре 32°C испарили 530 г воды. При этом водяной пар стал насыщенным. Определите начальную относительную влажность воздуха в сосуде. (67%)

8.4.20. В сосуде объемом 250 л при температуре $8,0^\circ\text{C}$ находится воздух с относительной влажностью $33,0\%$. Какой станет относительная влажность, если в сосуд внести $1,0 \text{ г}$ воды? ($81,5 \%$)

8.4.21. Воздух с относительной влажностью 74% находится в закрытом сосуде под давлением 110 кПа . При постоянной температуре воздух сжимают в $1,8$ раза. Давление в сосуде после сжатия стало равным 170 кПа . Определите давление насыщенных водяных паров при этой температуре. (84 кПа)

8.4.22. При температуре 24°C на стенках герметичного сосуда находится сконденсированный водяной пар. При повышении температуры до 420 К давление водяного пара достигнет величины $9,6 \text{ кПа}$. Во сколько раз при этом масса водяного пара в сосуде будет превосходить первоначальную массу водяного конденсата? ($1,8$)

8.5. Деформация твердых тел

8.5.1. Какие бывают виды деформации?

8.5.2. Какая деформация называется упругой?

8.5.3. Какая физическая величина называется относительной деформацией?

8.5.4. Какая величина называется механическим напряжением? В каких единицах она измеряется?

8.5.5. Как связаны между собой относительная деформация и механическое напряжение при упругих деформациях?

8.5.6. Какую физическую величину называют модулем упругости (модулем Юнга)? В каких единицах она измеряется?

8.5.7. Нарисуйте график зависимости механического напряжения от относительной деформации (диаграмму растяжения).

8.5.8. Какие характерные участки имеет диаграмма растяжения?

8.5.9. Как жесткость стержня связана с модулем упругости материала, из которого изготовлен стержень?

8.5.10. Выразите потенциальную энергию упругой деформации стержня через его модуль упругости и относительную деформацию.

8.5.11. Чему равна относительная деформация стального стержня, сжатого силой 0,32 МН, если диаметр стержня равен 2,0 см? (0,012)

8.5.12. Какой высоты можно построить кирпичную стену при шестикратном запасе прочности, если предел прочности кирпича 6,0 МПа? Плотность кирпича 2,0 г/см³. (68 м)

8.5.13. Какую максимальную длину может иметь свинцовая проволока, чтобы не оборваться под действием собственной тяжести? Предел прочности для свинца составляет 16 МПа. (0,14 км)

8.5.14. При океанологических исследованиях для взятия пробы грунта со дна океана на стальном тросе опускают специальный прибор, массой которого можно пренебречь по сравнению с массой троса. Какова предельная глубина погружения, если допустимое механическое напряжение в тросе составляет 200 МПа? Плотность морской воды равна 1030 кг/м³. (3,0 км)

8.5.15. Колонны Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге имеют высоту 30 м. На сколько сжата каждая гранитная колонна под действием собственной тяжести? (0,24 мм)

8.5.16. К концам стальной проволоки длиной 3,0 м и площадью поперечного сечения $1,0 \text{ мм}^2$ приложены растягивающие силы по 200 Н каждая. Найдите абсолютное и относительное удлинения проволоки. (2,9 мм; $9,5 \cdot 10^{-4}$)

8.5.17. Стальной трос диаметром 3,50 см и длиной 58,0 м неподвижно закреплен верхним концом. К нижнему концу троса подвешен груз массой 250 кг. Определите механические напряжения троса у верхнего и нижнего его концов. (6,97 МПа; 2,54 МПа)

8.5.18. Алюминиевый стержень длиной 1,8 м поднимают вертикально вверх с ускорением $4,9 \text{ м/с}^2$ под действием силы, приложенной к верхней части стержня. Определите относительное удлинение стержня. ($0,97 \cdot 10^{-6}$)

8.5.19. Проволока длиной 2,4 м и диаметром 1,0 мм натянута горизонтально. К середине проволоки подвесили груз массой 1,5 кг; в результате точка подвеса опустилась на 5,2 см. Определите модуль упругости материала проволоки. (0,23 ТПа)

8.5.20. Однородный стержень длиной 1,0 м, площадью поперечного сечения $3,2 \text{ см}^2$ и массой 6,0 кг вращается в горизонтальной плоскости с частотой 2,5 Гц вокруг вертикальной оси, проходящей через конец стержня. Определите наибольшее механическое напряжение в стержне. (0,58 МПа)

8.5.21. Какую работу необходимо совершить, чтобы удлинить на 1,0 мм медный стержень длиной 75 см и радиусом 3,7 мм? (3,4 Дж)

8.5.22. Двоечник-рецидивист Вова Сидоров использовал для изготовления рогатки резиновый шнур длиной 40 см и диаметром 5,0 мм. С какой скоростью полетит в цель камень массой 20 г, пущенный из хулиганского орудия, если Вовочка сумел удлинить его на 20 см? (34 м/с)

Справочный материал

1. Основные константы

Гравитационная постоянная.....	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Масса протона.....	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса Солнца.....	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Нормальное атмосферное давление.....	101 кПа
Постоянная Больцмана.....	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Радиус Земли.....	$6,37 \cdot 10^3 \text{ м}$
Радиус Солнца.....	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Универсальная газовая постоянная.....	$8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$
Ускорение свободного падения.....	$9,8 \text{ м/с}^2$
Число Авогадро.....	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

2. Молярная масса веществ

Азот.....	$28,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Аргон.....	$40,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Вода.....	$18,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Водород.....	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Воздух.....	$28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Гелий.....	$4,00 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Кислород.....	$32,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Метан.....	$16,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Натрий.....	$23,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Неон.....	$20,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Озон.....	$48,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Окись углерода.....	$28,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Поваренная соль.....	$58,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Ртуть.....	$201 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Серебро.....	$108 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Углекислый газ.....	$44,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
Углерод.....	$12,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

3. Плотность веществ

Алюминий.....	2600 кг/м ³
Бензин.....	710 кг/м ³
Вода.....	1000 кг/м ³
Гранит.....	2700 кг/м ³
Кирпич.....	1500 кг/м ³
Лёд.....	900 кг/м ³
Натрий.....	970 кг/м ³
Резина.....	1100 кг/м ³
Ртуть.....	13 600 кг/м ³
Серебро.....	10500 кг/м ³
Сталь.....	7800 кг/м ³
Этиловый спирт.....	790 кг/м ³

4. Удельная теплоемкость веществ

Алюминий.....	900 Дж/(кг·К)
Вода.....	4180 Дж/(кг·К)
Железо.....	460 Дж/(кг·К)
Латунь.....	390 Дж/(кг·К)
Лёд.....	2100 Дж/(кг·К)
Медь.....	380 Дж/(кг·К)
Свинец.....	130 Дж/(кг·К)
Сталь.....	460 Дж/(кг·К)
Стекло.....	670 Дж/(кг·К)

5. Удельная теплота плавления веществ

Железо.....	270 кДж/кг
Лёд.....	334 кДж/кг
Свинец.....	23 кДж/кг

6. Удельная теплота парообразования веществ

Вода.....	2,26 МДж/кг
-----------	-------------

7. Удельная теплота сгорания веществ

Бензин.....	46 МДж/кг
Древесный уголь.....	34 МДж/кг
Каменный уголь.....	26 МДж/кг
Керосин.....	45 МДж/кг
Нефть.....	43 МДж/кг

8. Температура плавления твёрдых тел

Железо.....	1810 К
Лёд.....	273 К
Свинец.....	600 К

9. Поверхностное натяжение жидкостей (при 20°C)

Вода.....	73 мН/м
Мыльный раствор воды.....	40 мН/м
Ртуть.....	510 мН/м

10. Давление насыщенного водяного пара

t, °C	0,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0
P, кПа	0,611	0,813	1,07	1,40	1,82	2,34	2,98	3,78	4,75

11. Модуль упругости твёрдых тел

Алюминий.....	71 ГПа
Гранит.....	49 ГПа
Медь.....	120 ГПа
Резиновый шнур.....	2,9 МПа
Сталь.....	210 ГПа

Учебно-методическое издание

ДОЦЕНКО ИГОРЬ БОРИСОВИЧ

**Вопросы и задачи по молекулярной
физике и термодинамике**

Подписано в печать 21.12.2021 г.

Бумага офсетная. Формат 60×84 ¹/₁₆. Тираж 50 экз.

Усл. печ. лист. 3,84. Уч. изд. л. 2,32. Заказ № 8293.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел (863) 243-41-66.