**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 1**

**1.** В сосуде объемом *V* = 30 л содержится идеальный газ при температуре 0 °С. После того как часть газа была выпущена наружу, давление в сосуде понизилось на Δ*Р* = 0,78 атм. Найти массу выпущенного газа. Температура остается неизменной, плотность газа равна ρ = 1,3 кг/м3.

**2.** Плотность некоторого газа ρ = 3⋅10−3 кг/м3. Найти давление *Р* газа, которое он оказывает на стенки сосуда, если средняя квадратичная скорость молекул газа равна 500 м/с.

**3.** Найти относительное число молекул, скорости которых отличаются не более чем на 1 % от значения наиболее вероятной скорости.

**4.** Пространство между двумя параллельными пластинами площадью 150 см2 каждая, находящимися на расстоянии 5 мм друг от друга, заполнено кислородом. Одна пластинка поддерживается при температуре 17 °С, другая – при температуре 27 °С. Определите коэффициент теплопроводности λ, если количество теплоты, прошедшее за 5 мин посредством теплопроводности от одной пластины к другой, равно 76,4 Дж.

**5.** Гелий, находящийся в закрытом стальном баллоне объемом 2 дм3 при температуре 293 К и давлении 105 Па, нагревают на 100 К. Найти сообщенное гелию количество теплоты и его внутреннюю энергию при новой температуре.

**6.** Один моль двухатомного газа совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Найти КПД цикла, если газ, занимающий объем 10 л при давлении *Р*1 = 105 Па, увеличил эти параметры вдвое.

**7.** Во сколько раз следует изотермически увеличить объем, занимаемый 4 молями газа, чтобы его энтропия увеличилась на 23 Дж/К?

**8.** 1 киломоль гелия занимает объем *V* = 0,237 м3 при темпера­туре *Т* = 73 К. Найдите давление газа.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 2**

**1.** Смесь объемом *V* = 20 л содержит смесь водорода и гелия при температуре *t* = 20 °С и давлении *Р* = 2⋅105 Па. Масса смеси *m* = 50 г. Найти отношение массы водорода к массе гелия в данной смеси.

**2.** Найти отношение средних квадратичных скоростей молекул водорода и кислорода при одинаковых температурах.

**3.** Какая часть молекул кислорода при 0 °С обладает скоростью от 100 до 110 м/c?

**4.** Найти число степеней свободы идеального газа, для которого вязкость η = 8,6 мкПа⋅с, а теплопроводность λ = 89,33 мВт/(м⋅К).

**5.** В цилиндре с поршнем находится 1,6 кг кислорода (О2). Начальная температура газа 290 К, а давление 0,4 МПа. До какой температуры был нагрет газ, если совершенная при этом работа равна 40 кДж?

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изотерм с температурами *Т*1 = 546 К и *Т*2 = 273 К, и двух изобар (*Р*1 = 2*Р*2). Найти КПД цикла, если рабочим веществом служит воздух.

**7.** При изотермическом расширении идеального газа, находящегося при температуре 17 ºС, была совершена работа 870 Дж. На сколько при этом увеличилась энтропия газа?

**8.** Найти, во сколько раз давление газа больше его критического давления, если известно, что его объем и температура вдвое больше критических значений этих величин.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 3**

**1.** В сосуде находится смесь *m*1 = 7,0 г азота и *m*2 = 11 г углекислого газа при температуре *Т* = 290 К и давлении *Р*0 = 1⋅105 Па. Найти плотность этой смеси.

**2.** Найти отношение η средних арифметических скоростей молекул водорода и азота при *Т* = const для обоих газов.

**3.** Какая часть молекул азота при 150 °С обладает скоростями от 310 до 315 м/с?

**4.** При каком давлении *р* отношение вязкости некоторого газа к коэффициенту его диффузии η/*D* = 0,3 кг/м3, а средняя квадратичная скорость его молекул *v*ср = 632 м/с.

**5.** В цилиндре с поршнем находится 2 кг воздуха. Начальная температура газа 293 К, а давление 0,98 МПа. Газ изобарно нагревают до температуры 393 К. Чему при этом равна работа, совершенная газом? Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль.

**6.** Найти число степеней свободы *i* газа, используемого в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм (*Т*1 = 50 К; *Т*2 = 300 К) и двух изобар (*Р*1 = 3*Р*2). КПД цикла η = 0,21.

**7.** Один киломоль идеального газа изотермически расширяется так, что при этом происходит изменение энтропии на 5750 Дж/К. Определите отношение начального и конечного давлений газа.

**8.** 1 киломоль кислорода занимает объем 56 л при давлении 90,25⋅106 Па. Найти температуру кислорода.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 4**

**1.** Из сосуда объемом 100 л выпустили часть идеального газа при температуре 17 °С. Найти массу выпущенного газа. Если плотность газа 2 кг/м3, а изменение давления в ходе процесса изменилось на 0,5⋅105 Па.

**2.** Найти отношение η наиболее вероятных скоростей молекул водорода и углекислого газа при одинаковых температурах.

**3.** Какая часть молекул водорода при 0 °С обладает скоростями от 2000 до 2100 м/с.

**4.** Построить график зависимости коэффициента диффузии *D* водорода от температуры *Т* в интервале температур 100 ÷ 600 К через каждые 100 К при *р* = const = 10 кПа.

**5.** Вертикальный цилиндр закрыт невесомым поршнем. Площадь основания цилиндра 1 м2. Под поршнем находится воздух при температуре 0 °С и давлении 1,01·105 Па. Воздух под поршнем нагревают на 1 °С, и поршень при этом поднимается. Найти работу, совершенную расширяющимся воздухом.

**6.** Определить степень сжатия газа *Р*1/*Р*2 в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм с температурами *Т*1 = 400 К и *Т*2 = 200 К и двух изобар. КПД цикла равно η = 0,22. В качестве рабочего вещества используется идеальный двухатомный газ.

**7.** В результате изотермического сжатия 0,887 м3 воздуха, находящегося при температуре 30 ºС и начальном давлении 0,1 МПа, энтропия его уменьшилась на 673 Дж/К. Определите объем воздуха в конце процесса.

**8.** 0,5 киломоля трехатомного газа адиабатически расширяется в вакуум от *V*1 = 0,5 м3 до *V*2 *=* 3 м3. При этом происходит пониже­ние температуры газа на 12,2 °С. Найдите по этим данным посто­янную *а* Ван-дер-Ваальса.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 5**

**1.** Найти изменение давления в сосуде объемом *V* = 30 л, из которого выпустили 50 г. Плотность газа ρ = 1,8 г/м3, температура 0 °С, давление атмосферное.

**2.** Найти отношение η наиболее вероятных скоростей атомов водорода и гелия при одинаковых температурах.

**3.** Какая часть молекул азота, находящегося при *Т* = 400 К, имеет скорости, лежащие в интервале от *v*нв до *v*нв + Δ*v*, где Δ*v* = 20 м/с?

**4.** Найти среднее число столкновений *Z* в единицу времени молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега *l* = 5 мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул *v*кв = 500 м/с.

**5.** Находящийся в цилиндре с поршнем кислород (О2) нагревается при постоянном давлении. Начальная температура газа 0 °С, масса газа 16 г. Какое количество теплоты было сообщено кислороду, если при этом его объем удвоился? Удельная теплоемкость кислорода при постоянном давлении *Ср* = 913,4 Дж/(кг·К).

**6.** Определить максимальную температуру идеального одноатомного газа, используемого в качестве рабочего тела в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм (*Т*2 = 300 К) и двух изобар (*Р*1 = 2*Р*2). КПД цикла η = 0,19.

**7.** При изохорическом нагревании 1 моля азота энтропия газа возросла на 20,8 Дж/К. Во сколько раз возросло давление газа?

**8.** 1 киломоль кислорода занимает объем 42 л при давлении 90⋅106 Па. Найдите температуру кислорода.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 6**

**1.** Поршневым воздушным насосом откачивают сосуд объемом *V* . За один ход поршня насос захватывает объем Δ*V*. Сколько следует сделать циклов, чтобы давление в сосуде уменьшилось в η раз. Процесс изотермический.

**2.** Найти отношение средних арифметических скоростей атомов водорода и азота при одинаковых температурах.

**3.** Как будет изменяться доля молекул гелия, лежащих в интервале от <*v*> до <*v*> + Δ*v*, где Δ*v* = 10 м/c, при увеличении температуры с 300 до 500 К? Нарисуйте графики и дайте графическое толкование решения.

**4.** Какое предельное число *n* молекул газа должно находиться в единице объема сферического сосуда, чтобы молекулы не сталкивались друг с другом? Диаметр молекул газа *d* = 0,3 нм. Диаметр сосуда *D* = 15 см.

**5.** В вертикальном цилиндре под поршнем находится 1 моль идеального газа. Масса поршня *m*, а площадь *S*. При нагревании на 1 К газ совершает работу по поднятию поршня. Найти эту работу. Давление наружного воздуха не учитывать. Универсальная газовая постоянная *R* = 8,31 Дж/(моль·К).

**6.** Определить минимальную температуру *Т*2 идеального многоатомного газа, используемого в качестве рабочего тела в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из двух изотерм (*Т*1 = 600 К) и двух изобар (*Р*1 = 3*Р*2). КПД цикла η = 0,15.

**7.** В результате изохорического охлаждения углекислого газа массой 44 г температура газа уменьшилась в *е* раз. Определите изменение энтропии газа.

**8.** Найдите, во сколько раз давление 1 киломоля кислорода больше его критического давления, если температура кислорода 400 К, а занимаемый объем равен 0,056 м3.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 7**

**1.** В баллоне вместимостью *V* = 30 л находится кислород при давлении 7,3 МПа и температуре 264 К. Затем часть газа из баллона выпустили, причем температура газа повысилась до 290 К, а давление упало до 2,94 МПа. Найти количество кислорода, выпущенного из баллона.

**2.** Найти среднюю квадратичную скорость молекул водорода при температуре кипения водорода *Т* = 20 К и при *Т* = 5000 К, когда почти все молекулы диссоциированы на атомы.

**3.** Какая часть общего числа молекул имеет скорости, большие наиболее вероятной скорости и меньше наиболее вероятной скорости? Проанализируйте решение задачи.

**4.** В сосуде объемом *V* = 100 см3 находится масса *m* = 0,5 г азота. Найти среднюю длину свободного пробега *l* молекул азота. Эффективный диаметр молекул *d* = 0,28 нм.

**5.** Идеальный газ находится в вертикально расположенном цилиндре с площадью дна 10 см2. Масса поршня 20 кг. Поршень в цилиндре может перемещаться без трения. Начальный объем газа 11,2 л. Температура газа 273 К. Теплоемкость этой массы газа при постоянном объеме *СV* = 21 Дж/К. Найти количество теплоты, необходимой для нагревания газа на 10 К. Давление наружного воздуха не учитывать.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изохор и двух адиабат. Определить КПД цикла, если объем изменяется в 5 раз. В качестве рабочего тела используется воздух.

**7.** При изохорическом нагревании 1 моля газа энтропия возросла на 22,85 Дж/К, а температура в 3 раза. Найдите молярную теплоемкость этого газа при постоянном объеме. Сколько атомов имеет молекула этого газа?

**8.** Найти соотношение между температурой кислорода и его критической температурой, если кислород занимает объем 0,056 м3 при давлении 920 атм.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 8**

**1.** В стеклянной, запаянной с одного конца трубке находится водород, «закрытый» столбиком ртути длиной 10,0 см. Первоначально трубка была повернута открытым концом вверх, и газ в ней имел температуру 16 °С. Какова была длина столбика водорода, если после перевертывания трубки открытым концом вниз и нагревании газа до 39 °С ртутный столбик переместился на 7,0 см? Атмосферное давление равно 105 Па.

**2.** Найти среднюю арифметическую скорость молекулы водорода при температуре кипения водорода *Т* = 20 К и при *Т* = 5000 К, когда почти все молекулы диссоциированы на атомы.

**3.** В баллоне находится 2,5 г кислорода. Найти число молекул кислорода, скорости которых превышают значение средней квадратичной скорости.

**4.** Определите массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 50 см2 за 20 с, если «градиент» плотности в направлении, перпендикулярном площадке, равен 1 кг/м4. Температура азота 290 К, а средняя длина свободного пробега его молекул равна 1 мкм.

**5.** Нагревание одного моля идеального газа при постоянном давлении на 50 К потребовало 1454 Дж теплоты. Найти число атомов в молекуле этого газа и работу, совершенную газом при его нагревании.

**6.** Определить степень сжатия *V*1/*V*2 в тепловой машине с циклом, состоящим из двух изохор и двух адиабат, если КПД цикла η = 0,51. В качестве рабочего тела используется углекислый газ.

**7.** Два киломоля гелия, находящегося при нормальных условиях, расширяются адиабатически так, что занимаемый объем увеличивается в 3 раза. Определите изменение энтропии газа.

**8.** 1 киломоль азота занимает объем 55 л при давлении 620 атм. Найти температуру азота.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 9**

**1.** В объем (*V* = 0,3 м3), содержащий 16 г водорода, проник воздух. Найти массу этого воздуха, если при 6 °С в объеме установилось давление 93 кПа.

**2.** При какой температуре *Т* средняя квадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости *v*2 = 11,2 км/с. Что можно сказать об этой температуре? Достаточно ли этой энергии, чтобы ионизовать газ гелий.

**3.** Найти относительное число молекул газа, скорости которых отличаются не более чем на 2 % от значения среднеквадратичной скорости.

**4.** Чему равен объем сосуда, заполненного азотом массой *m* = 0,490 г, если средняя длина свободного пробега его молекул *l* = 23,2 нм? Эффективный диаметр молекул *d* = 0,28 нм.

**5.** Азот (N2) находится в закрытом баллоне, объем которого 3 л. Температура азота 300 К, а давление 0,3 МПа. После нагревания давление в баллоне повысилось на 2,2 МПа. Найти температуру газа после нагревания, количество сообщенной ему теплоты и совершенную газом работу.

**6.** Найти число степеней свободы газа, используемого в качестве рабочего тела в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из двух изохор и двух адиабат, если степень сжатия газа *V*1/*V*2 = 6, а КПД цикла η = 0,3.

**7.** Два тела с начальными температурами *Т*1 и *Т*2, причем *Т*1 > *Т*2, приведены в соприкосновение. Процесс выравнивания температур проходит без теплообмена с окружающей средой. Как изменится суммарная энтропия этих тел?

**8.** Найти, во сколько раз температура 1 киломоля азота превы­шает его критическую температуру, если он находится при дав­лении 6,08⋅107 Па и занимает объем 55 дм3.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 10**

**1.** Определить температуру горючей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания в конце такта сжатия, если давление до сжатия 76 кПа, в конце сжатия 851 кПа, начальная температура до сжатия 315 К, степень сжатия, т.е. отношение объемов, занимаемых газом в цилиндре двигателя при крайних положениях поршня, равна 6,3.

**2.** При какой температуре *Т* молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как молекулы водорода при температуре *Т*1 = 100 К.

**3.** В сосуде находится 5,0 г азота. Найти число молекул азота, скорости которых отличаются не более чем на 1 % от значения наиболее вероятной скорости.

**4.** Найти толщину слоя воздуха, увлекаемого крылом самолета, если самолет летит со скоростью *v* = 480 км/ч, касательная сила, действующая на единицу поверхности крыла, *FS* = 0,045 Н/м2, диаметр молекул воздуха *d* = 0,3 нм, а температура воздуха равна *t* = 0 °С.

**5.** Одноцилиндровый двигатель объемом 200 см3 имеетстепень сжатия 6 (т.е. объем газа при работе изменяется в 6 раз). Максимальное давление в цилиндре 2·106 Па. Рабочим телом является идеальный двухатомный газ. Найти работу, совершаемую за 1 цикл, полагая процесс адиабатным. Найти изменение внутренней энергии газа.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изотермы, изобары и изохоры. Максимальная температура достигается при изотермическом процессе и равна *Т* = 500 К. Степень сжатия 1 моля идеального газа составляет *V*1/*V*2 = 4. Найти работу *А* газа за цикл.

**7.** Азот массой 1 кг сжимают поршнем адиабатически так, что его объем уменьшается в 5 раз, а затем при постоянном объеме давление возрастает в 25 раз. Определите изменение энтропии азота.

**8.** 1 киломоль гелия находится под давлением *Р* = 2,7⋅106 Па при температуре *t*= −200 °С. Какой объем занимает гелий.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 11**

**1.** В баллоне находился идеальный газ при давлении 40 МПа и температуре 300 К. После того как 3/5 газа выпустили, температура понизилась до 240 К. Определить давление в баллоне.

**2.** Взвешенные в воздухе мельчайшие пылинки движутся так, как если бы они были очень крупными молекулами. Какова средняя квадратичная скорости пылинки массой *m* =10−10 г, если температура воздуха *t* = 23 °С?

# 3. Какая часть молекул углекислого газа при 300 К обладает скоростью от 200 до 210 м/с?

**4.** Во сколько раз увеличился объем газа в адиабатическом процессе, если длина свободного пробега его молекул увеличилась в 2,34 раза?

**5.** Идеальный двухатомный газ расширяется адиабатно. При этом его температура уменьшается на 54 °С. Найти совершенную газом работу. Масса газа 12 кг, масса одного моля газа 28 г.

**6**. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изотермы, изобары и изохоры. Степень сжатия одноатомного газа составляет *V*1/*V*2 = 5. Найти КПД цикла.

**7.** Гелий массой 1,7 кг адиабатически расширили в 3 раза, а затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти изменение энтропии в этих процессах.

**8.** Какое давление нужно осуществить, чтобы углекислый газ превратился в жидкость при температуре 31 °С.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 12**

**1.** Найти максимальную температуру идеального газа в следующем процессе *Р* = *Р*0 − α/*V*2. Указания: значение *Р* поставить в уравнение Менделеева – Клапейрона, выразить *Т* и продифференцировать полученное выражение по *V*. Найденное таким образом значение объема подставить в формулу для *Т*.

**2.** Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней и квадратичной скорости пылинки массой *m* = 10−8 г, находящейся среди молекул кислорода?

# 3. В сосуде находится кислород при температуре 1600 К. Какое число молекул кислорода имеет кинетическую энергию больше чем 6,65⋅10−20 Дж?

**4.** В некотором сосуде находится кислород при нормальных условиях. Число столкновений *Z* между молекулами газа в этом сосуде в единицу времени равно *Z* = 1032 1/с. Эффективный диаметр молекул кислорода равен 0,38 нм. Найти объем этого сосуда.

**5.** Один моль идеального многоатомного газа, имевший температуру 290 К, был адиабатически сжат до 0,1 своего первоначального объема. Определить работу, затраченную на сжатие газа, и температуру газа после сжатия.

**6.** Определить степень сжатия *V*1/*V*2 в цикле тепловой машины, состоящем из изотермы, изобары и изохоры, КПД цикла η = 0,31. В качестве рабочего тела используется двухатомный идеальный газ.

**7.** Кислород массой 0,2 кг при давлении 5 кПа занимает объем 8,31 м3. Для изотермического удвоения объема газа необходимо 160 Дж теплоты. Найдите изменение энтропии газа.

**8.** Найти плотность водяных паров при критическом состоя­нии, если известна константа Ван-дер-Ваальса *b* = 0,0306 м3/кмоль.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 13**

**1.** Найти максимальную температуру идеального газа в следующем процессе: *P* = *P*0*e*−β*V*, где *Р*0, β − постоянные.

**2.** Определите среднюю арифметическую скорость молекул газа, если известно, что их средняя квадратичная скорость 1000 м/с.

**3.** Во сколько раз число молекул Δ*N*1, скорости которых лежат в интервале от *v*ср.кв до *v*ср.кв. + Δ*v*, меньше числа молекул Δ*N*2, скорости которых лежат в интервале от *v*в до *v*в + Δ*v*?

**4.** Концентрация молекул газа в некотором сосуде *n* = 1,7⋅1019 м−3. Эффективный диаметр молекул газа *d* = 0,3 нм. Определить предельный диаметр сосуда, начиная с которого вакуум в сосуде можно считать высоким. (Сосуд сферический).

**5.** Для нагревания 5 м3 идеального двухатомного газа на 220 К при постоянном давлении 0,094 МПа потребовалось 1,3 МДж теплоты. Найти первоначальную температуру газа.

**6.** Определить показатель адиабаты для газа, используемого в качестве рабочего тела в тепловой машине с циклом, состоящим из изотермы, изобары и изохоры, степень сжатия газа составляет *V*1/*V*2 = 10, КПД цикла η = 0,38.

**7.** Найти изменение энтропии при изобарическом расширении азота массой 4 г от объема *V*1 = 5 л до объема *V*2 = 9 л.

**8.** Найти плотность гелия в критическом состоянии, если из­вестно, что *Т*кр = 5,2 К; ρкр = 2,25 атм.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 14**

**1.** Определить наименьшее возможное давление идеального газа в процессе, происходящем по закону *Т* = *Т*0 + α*V*2, где *Т*0, α − положительные постоянные; *V* – объем газа. Изобразить данный процесс в параметрах *P*, *V*. Указания: значение *Т* поставить в уравнение Менделеева – Клапейрона, выразить *Р* и продифференцировать полученное выражение по *V*. Найденное таким образом значение объема подставить в формулу для *Р*.

**2.** Вычислить среднюю квадратичную скорость молекул азота при температуре 23 °С. Считать азот идеальным газом.

**3.** Во сколько раз число молекул Δ*N*1, скорости которых лежат в интервале от *v*нв до *v*нв + Δ*v*, больше числа молекул Δ*N*2, скорости которых лежат в интервале от <*v*> до <*v*> + Δ*v*? Как зависит данное отношение от типа газа и температуры?

**4.** Пространство между двумя коаксиальными цилиндрами заполнено водородом при атмосферном давлении и температуре *t* = 17 °С. Радиусы цилиндров соответственно равны *r*1 = 10 см и *r*2 = 10,5 см. Внешний цилиндр приводят во вращение со скоростью 15 об/с. Какой момент сил нужно приложить к внутреннему цилиндру, чтобы он оставался неподвижным? Длина цилиндров *l* = 30 см. Эффективный диаметр молекул водорода *d* = 2,3⋅10−8 см.

**5.** Один моль идеального двухатомного газа, занимавший при температуре 273 К и давлении 0,1 МПа объем 22,4 л, адиабатно сжимают до объема 11,2 л. После чего газ изотермически расширяется до первоначального объема. Найти изменение внутренней энергии газа и количество подведенной к нему теплоты.

**6.** Определить число молей ν газа, используемого в качестве рабочего тела в тепловой машине с циклом, состоящим из изотермы, изобары и изохоры, если степень сжатия газа равна *V*1/*V*2 = 4, температура изотермы *Т* = 600 К, работа газа за цикл *А* = 12,7 кДж.

**7.** Кислород массой 2 кг увеличил свой объем в 5 раз один раз изотермически, другой – адиабатически. Найдите изменение энтропии в каждом из указанных процессов.

**8.** Аргон в количестве 1 кмоля находится в баллоне емкостью 100 л при давлении 1000 атм. Найти соотношение между крити­ческим объемом молекул аргона и емкостью баллона.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 15**

**1.** Определить наименьшее возможное давление идеального газа в процессе, происходящем по закону *Т* = *Т*0 + α*V*2, *Т*0 = 330 К; α = 30 К/м6. Изобразить данный процесс в координатах *Р*, *V*.

**2.** Вычислить при температуре *t* = 17 °С среднюю квадратичную скорость движения молекулы кислорода и среднюю квадратичную скорость капельки воды диаметром *d* = 0,1 мкм, взвешенной в воздухе.

**3.** Найти относительное число молекул гелия, скорости которых лежат в интервале от *v*1= 1990 м/с до *v*2 = 2010 м/с при температуре *Т* = 300 К.

**4.** Найти длину свободного пробега молекул водорода при нормальных условиях, если коэффициент диффузии *D* = 0,9⋅10−4 м2/с.

**5.** Водород (Н2) при постоянном давлении был нагрет на 297 К. При этом газу было сообщено 5,3 МДж теплоты. Определите массу газа и совершенную им работу.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изотермы, изобары и изохоры. Степень сжатия одного моля газа *V*1/*V*2 = 12, работа газа за цикл *А* = 13 кДж. Найти температуру изотермического процесса.

**7.** Определите изменение энтропии при изотермическом сжатии 7 мг азота на 1/106 часть первоначального объема, занимаемого газом.

**8.** Какое давление необходимо осуществить, чтобы углекис­лый газ превратить в жидкость при температуре 50 °С.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 16**

**1.** В баллоне находится смесь идеальных газов: ν1 = 0,1 моля азота, ν2 = 0,2 моля углекислого газа, ν3 = 0,2 моля угарного газа. Найти молярную массу смеси.

**2.** Вычислить наиболее вероятную скорость молекул газа, у которого при нормальном атмосферном давлении плотность ρ = 1 г/л.

**3.** При какой температуре *Т* наиболее вероятная скорость молекул азота меньше их среднеквадратичной скорости на 50 м/с; на 20 м/с.

**4.** Масса азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 50 см2 за 20 с, равна 15,6 мг. Температура азота 290 К, а средняя длина свободного пробега его молекул равна 1 мкм. Определить градиент плотности в направлении, перпендикулярном площадке.

**5.** В стальном цилиндре с легко подвижным поршнем находится идеальный газ. К газу было подведено 5 кДж теплоты. При этом газ совершил работу 1433 Дж. Масса одного моля газа 0,029 кг. Определить удельную теплоемкость газа при постоянном давлении.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух адиабат. В качестве рабочего тела используется многоатомный идеальный газ. Степень сжатия газа *Р*1/*Р*2 = 10. Найти КПД цикла.

**7.** Вода массой 1 кг была охлаждена от 100 до 0 ºС. Удельная теплоемкость воды равна 4,2 кДж/(кг·К). Найдите изменение энтропии в этом процессе.

**8.** Какой наибольший объем может занимать 1 кг жидкой уг­лекислоты?

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 17**

**1.** В баллоне находится смесь 3 идеальных газов, молярная масса которой равна 40 г/моль; ν1 = 0,1 моля азота; ν2 = 0,3 моля кислорода. Найти количество угарного газа.

**2.** Вычислить среднюю арифметическую скорость молекул газа, у которого при нормальном атмосферном давлении плотность ρ = 2 г/л.

**3.** Какая часть молекул азота при температуре *t* = 230 °С обладает скоростями в интервале: а) от *v*1 = 290 м/с до *v*2 = 310 м/с; б) от *v*3 = 690 м/с до *v*4 = 710 м/с. Нарисовать графики и объяснить полученные результаты.

**4.** Длины свободного пробега кислорода и азота, находящихся в одном сосуде при температуре *t* = 17 °С, соответственно равны 0,1 мкм; 23,2 нм. Определить давление в сосуде. Эффективные диаметры 0,36 нм; 0,28 нм.

**5.** Водород (Н2) изобарно нагрели на 100 К. Масса газа – 20 кг. Найти совершенную газом работу и количество подведенной к нему теплоты.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух адиабат. КПД цикла равно η = 0,37. В качестве рабочего тела используется двухатомный идеальный газ. Найти степень сжатия газа *Р*1/*Р*2.

**7.** Кусок льда массой 1 кг, имеющий температуру 233 К, превращается в воду при температуре 273 К. Теплоемкость льда равна 1,8 кДж/(кг·К), а удельная теплота плавления – 335 кДж/кг. Найдите изменение энтропии в этом процессе.

**8.** Какой наибольший объем может занимать 1 кг жидкого во­дорода?

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 18**

**1.** Определить плотность ρ насыщенного водяного пара в воздухе при температуре *Т* = 300 К. Давление водяного пара при этой температуре *Р* = 3,55 кПа.

**2.** Вычислить среднеквадратичную скорость молекул газа, у которого при нормальном атмосферном давлении плотность ρ = 1,55 г/л.

**3.** Газ состоит из молекул массы *m* и находится при температуре *Т*. Запишите распределения молекул по кинетическим энергиям *W*. Определите наиболее вероятное значение кинетической энергии *W*вер.

**4.** Оценить эффективный диаметр молекул воздуха, если при температуре *t* = 10 °С и давлении 101,3 кПа коэффициент диффузии *D* = 1,45⋅10−5 м2/с.

**5.** Идеальный двухатомный газ находится в цилиндре с невесомым легко подвижным поршнем. Атмосферное давление вне цилиндра 105 Па. Газу сообщили 700 Дж теплоты. Во сколько раз при этом увеличился занимаемый газом объем.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух адиабат. Определить показатель адиабаты, если КПД цикла η = 0,566, а степень сжатия газа *Р*1/*Р*2 = 8.

**7.** Кусок льда массой 200 г, взятый при температуре −10 ºС, был расплавлен, после чего образовавшаяся вода нагрета до температуры 10 ºС. Теплоемкость льда равна 1,8 кДж/(кг·К), а удельная теплота плавления – 335 кДж/кг. Теплоемкость воды – 4,2 кДж/(кг·К). Найдите изменение энтропии в ходе указанных процессов.

**8.** Найти константу *а* Ван-дер-Ваальса, если при расширении 0,5 кмоля газа от *V*1 = 1 м3 до *V*1 = 1,2 м3 была совершена работа *А* = 5800 Дж.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 19**

**1.** В баллоне *V* = 25 л находится водород при температуре *Т* = 290 К. Часть водорода израсходовали, при этом давление понизилось на Δ*Р* = 0,4⋅105 Па. Определить массу израсходованного водорода.

**2.** Азот массы *m* = 15 г находится в закрытом сосуде при температуре *Т* = 300 К. Какое количество тепла необходимо сообщить азоту, чтобы средняя квадратичная скорость его молекул возросла в 2 раза.

**3.** Как будет изменяться доля молекул гелия, имеющих скорости, лежащие в интервале от <*v*> до < *v* > + Δ*v*, где Δ *v* = 20 м/с, при увеличении температуры с 300 до 600 К?

**4.** Найти объем сосуда, в котором находится *N* = 4⋅1022 молекул двухатомного газа, если теплопроводность газа λ = 14 мВт/(м⋅К), а коэффициент диффузии *D* = 2,02⋅10−5 м2/с.

**5.** Гелий массой 1,25 кг при температуре 270 К находится под давлением 0,1 МПа. Газ нагревают при постоянном давлении, и его объем становится равным 10−2 м3. Найти внутреннюю энергию газа после нагревания и количество подведенной к газу теплоты.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух адиабат с температурами *Т*1 = 300 К и *Т*2 = 400 К. Найти КПД цикла, если степень сжатия *V*1/*V*2 = 2, а в качестве рабочего тела используется многоатомный идеальный газ.

**7.** Вода массой 100 г, взятая при температуре 273 К, была заморожена в лед до температуры 253 К. Теплоемкость льда равна 1,8 кДж/(кг·К), а удельная теплота плавления - 335 кДж/кг. Найдите изменение энтропии в этом процессе.

**8.** Найти эффективный диаметр молекулы кислорода, если *Т*к = 154 К и *Р*к = 50 атм.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 20**

**1.** Сосуд емкостью 10 л содержит азот массой *m*1 = 7 г и водород массой *m*2 = 1 г при температуре *Т* = 280 К. Определить давление смеси газов.

**2.** Вычислить при температуре *t* = 17 °С среднюю квадратичную скорость капельки воды диаметром *d* = 0,1 мкм, взвешенной в воздухе. Сделайте анализ решения задачи.

**3.** Найти для газообразного азота температуру, при которой скоростям молекул *v*1 = 400 м/с и *v*2 = 700 м/с соответствуют одинаковые значения функции распределения Максвелла. Нарисовать график с указанием полученных результатов.

**4.** Найти эффективный диаметр гелия, если при нормальных условиях коэффициент диффузии гелия равен *D* = 8,25⋅10−5 м2/с.

**5.** В стальном баллоне при температуре 27 °С и давлении 0,1 МПа находится 0,2 кг гелия. После нагревания давление в баллоне возросло в 5 раз. Найти объем баллона и количество теплоты, сообщенной газу.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изохор и двух изотерм с температурами *Т*1 = 273 К и *Т*2 = 573 К. Определить степень сжатия *V*1/*V*2 двухатомного газа, если КПД цикла равен η = 0,425.

**7.** Смешали воду массой 5 кг при температуре 280 К с водой массой 8 кг при температуре 350 К. Теплоемкость воды равна 4,2 кДж/(кг·К). Найдите изменение энтропии, происходящее при смешивании.

**8.** Найти эффективный диаметр атома гелия, если *Т*к = 5,2 К и *Р*к = 2,25 атм.

**ИДЗ № 2. Молекулярная физика. Термодинамика**

**Вариант 21**

**1**. В сосуде вместимостью V= 15 л находится смесь азота и водорода при температуре T=23 °С и давлении P=200 кПа. Определить массы смеси и ее компонентов, если массовая доля ω1 азота в смеси равна 0,7.

**2.** Вычислить при температуре *t* = 17 °С среднюю квадратичную скорость и среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы кислорода.

**3.** Для газообразного углекислого газа найти температуру, при которой скоростям молекул *v*1 = 350 м/с и *v*2 = 900 м/с соответствуют равные значения функции распределения Максвелла. Нарисуйте качественный график и объясните полученный результат.

**4.** Доказать, что отношение динамических вязкостей двух газов при нормальных условиях равно  здесь μ − молярные массы; *d* – эффективные диаметры молекул.

**5.** Идеальный двухатомный газ при температуре 290 К находится под давлением 0,5 МПа в стальном баллоне емкостью 0,1 м3. После нагревания давление газа возросло втрое. Найти температуру газа после нагревания и количество подведенной к газу теплоты.

**6.** Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изохор и двух изотерм с температурами *Т*1 = 250 К и *Т*2 = 500 К. Определить число степеней свободы *i* газа, используемого в качестве рабочего тела, если степень сжатия *V*1/*V*2 = 4, а КПД цикла равен η = 0,325.

**7.** Один киломоль идеального газа изобарически расширяется так, что при этом происходит увеличение энтропии на 5,75 кДж/К. Определите логарифм отношения термодинамических вероятностей конечного и начального состояний газа.

**8.** Найти внутреннее давление, обусловленное силами взаимо­действия молекул, заключенных в 1 кмоле газа, находящегося при нормальных условиях. Критическая температура *Т*кр *=* 417 К.