

Федеральное агентство по образованию РФ

Ухтинский государственный технический университет

Физика

Молекулярная физика и термодинамика

Контрольные задания для студентов
дневной и заочной формы обучения всех
специальностей технических вузов и бакалавриата

Ухта

2008

УДК 53 075

Ш 19

ББК 22.3 Я7

Шамбулина, В.Н. Физика. Молекулярная физика и термодинамика [Текст]: метод. указания/ В. Н. Шамбулина. – Ухта: УГТУ, 2008. – 29с.

Контрольные задания предназначены для практических занятий по физике в качестве домашней и самостоятельной работы по теме «Молекулярная физика и термодинамика» для студентов всех специальностей технических вузов и бакалавриата.

Контрольные задания охватывают основные разделы молекулярной физики и термодинамики.

Содержание контрольных заданий соответствует рабочей программе.

Таб.2 – Рис.4

Контрольные задания рассмотрены и одобрены кафедрой физики от 29.09.08. пр. № 2.

Рецензент: Жевнеренко В.А, доцент кафедры физики Ухтинского государственного технического университета.

Редактор: Северова Н.А., доцент кафедры физики Ухтинского государственного университета.

В контрольных заданиях учтены предложения рецензента и редактора.

План 2008 г. Позиция .

Подписано в печать 18.11.08.

Заказ № .

Объем 29 м.п.л. Тираж 50 экз.

© Ухтинский государственный технический университет, 2008
169300, г. Ухта, ул. Первомайская,13.

Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская,13.

Методические указания
к контрольным заданиям по молекулярной физике и
термодинамике

Содержание

Контрольные задания составлены в 13 вариантах по 15 задач в каждом. Предложенные задачи охватывают все основные разделы молекулярной физики и термодинамики.

- 1 задача – Уравнение газового состояния (Уравнение Менделеева - Клапейрона).
- 2 задача – Смеси газов.
- 3 задача – Закон Авогадро. Масса и размер молекул. Количество вещества.
- 4 задача – Основное уравнение кинетической теории газов.
- 5 задача – Энергия молекул.
- 6 задача – Теплоемкость идеального газа.
- 7 задача – Первое начало термодинамики.
- 8 задача – Круговые процессы. Термический к.п.д. Цикл Карно.
- 9 задача – Энтропия.
- 10 задача – Распределение Больцмана. Распределение молекул по скоростям и импульсам.
- 11 задача – Длина свободного пробега и число столкновений молекул.
- 12 задача – Явления переноса: диффузия, вязкость, теплопроводность.
- 13 задача – Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Внутренняя энергия.
- 14 задача – Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.
- 15 задача – Гидродинамика.

В конце заданий приведена таблица ответов.

Контрольные задания могут быть использованы в качестве домашней контрольной работы по молекулярной физике и термодинамике.

Контрольные задания рекомендуются для студентов дневного отделения всех специальностей технических вузов.

Вариант 1

1. Баллон вместимостью $V = 20$ л заполнен азотом при температуре $T = 400$ К. Когда часть газа израсходовали, давление в балло не понизилось на $\Delta P = 200$ кПа. Определить массу m израсходованного газа. Процесс считать изотермическим.
2. В 1 кг сухого воздуха содержится $m_1 = 232$ г кислорода и $m_2 = 768$ г азота. (массами других газов пренебрегаем). Определить относительную молекулярную массу M_r воздуха.
3. Какое количество молекул содержится в 1 г водяного пара?
4. Определить концентрацию n молекул кислорода, находящегося в сосуде вместимостью $V = 2$ л. Количество вещества кислорода равна 0,2 моль.
5. Определить суммарную кинетическую энергию E_k поступательного движения всех молекул газа, находящегося в сосуде вместимостью $V = 3$ л под давлением $P = 540$ кПа.
6. Определить удельные теплоемкости c_v и c_p газообразного оксида углерода CO.
7. Кислород массой $m = 200$ г занимает объем $V_1 = 100$ л и находится под давлением $P_1 = 200$ кПа. При нагревании газ расширился при постоянном давлении до объема $V_2 = 300$ л, а затем его давление возросло до $P_3 = 500$ кПа при неизменном объеме. Найти изменение внутренней энергии ΔU газа, совершенную газом работу A и теплоту Q , переданную газу. Построить график процесса.
8. В цикле Карно газ получил от теплоотдатчика тепло $Q_1 = 500$ Дж и совершил работу $A = 100$ Дж. Температура теплоотдатчика $T_1 = 400$ К. Определить температуру T_2 теплоприемника.
9. Смешали воду массой $m_1 = 5$ кг при температуре $T_1 = 280$ К с водой массой $m_2 = 8$ кг при температуре $T_2 = 350$ К. Найти: 1) температуру θ смеси; 2) изменение ΔS энтропии, происходящее при смешивании.

10. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу $m = 10^{-18}$ г. Во сколько раз уменьшится их концентрация n при увеличении высоты на $\Delta h = 10$ м? Температура воздуха $T = 300$ К.
11. Определить среднюю длину свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул кислорода, находящегося при температуре 0°C , если среднее число $\langle z \rangle$ столкновений, испытываемых молекулой в 1 с, равно $3,7 \times 10^9$.
12. Определить коэффициент теплопроводности λ азота, находящегося в некотором объеме при температуре 280 К. Эффективный диаметр молекул азота принять равным $0,38$ нм.
13. В сосуде вместимостью $V = 10$ л находится азот массой $m = 0,25$ кг. Определить: 1) внутреннее давление p' газа; 2) собственный объем V' молекул.
14. Масса m 100 капель спирта, вытекающего из капилляра, равна $0,71$ г. Определить поверхностное натяжение σ спирта, если диаметр d шейки капли в момент отрыва равен 1 мм.
15. Полый медный шар ($\rho = 8,93$ г/см³) весит в воздухе 3 Н, а в воде ($\rho' = 1$ г/см³) – 2 Н. Пренебрегая выталкивающей силой воздуха, определить объем внутренней полости шара.

Вариант 2

1. В баллоне вместимостью $V = 15$ л находится аргон под давлением $P_1 = 600$ кПа и при температуре $T_1 = 300$ К. Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление в баллоне понизилось до $P_2 = 400$ кПа, а температура установилась $T_2 = 260$ К. Определить массу m аргона, взятого из баллона.

2. Найти плотность ρ газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении $P = 100$ кПа и температуре $T = 300$ К.
3. Сколько молекул содержится в 2,5 г сероводорода H_2S ?
4. Определить количество вещества ν водорода, заполняющего сосуд объемом $V = 3$ л, если концентрация молекул газа в сосуде $n = 2 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$.
5. Количество вещества гелия $\nu = 1,5$ моль, температура $T = 120$ К. Определить суммарную кинетическую энергию E_k поступательного движения всех молекул этого газа.
6. Газовая смесь состоит из азота массой $m_1 = 3$ кг и водяного пара массой $m_2 = 1$ кг. Принимая эти газы за идеальные, определить c_p и c_v газовой смеси.
7. На нагревание 40 г кислорода от 16°C до 40°C затрачено 623 Дж. При каких условиях нагревался газ? (При постоянном объеме или при постоянном давлении?).
8. Во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия η цикла Карно при повышении температуры теплоотдатчика от $T_1 = 380$ К до $T_1' = 560$ К? Температура теплоприемника $T_2 = 280$ К.
9. Лед массой $m_1 = 2$ кг при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ был превращен в воду той же температуры с помощью пара, имеющего температуру $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Определить массу m_2 израсходованного пара. Каково изменение ΔS энтропии системы лед-пар?
10. На сколько уменьшится атмосферное давление $P = 100$ кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту $h = 100$ м? Считать, что температура T воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
11. Средняя длина свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул водорода при нормальных условиях составляет 0,1 мкм. Определить среднюю длину их свободного пробега при давлении 0,1 мПа, если температура газа остается постоянной.

12. Определить коэффициент диффузии D кислорода при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул кислорода принять равным 0,36 нм.
13. Определить давление P , которое будет производить кислород, содержащий количество вещества $\nu = 1$ моль, если он занимает объем $V = 0,5$ л при температуре $T = 300$ К. Сравнить полученный результат с давлением, вычисленным по уравнению Менделеева - Клапейрона.
14. Трубка имеет диаметр $d_1 = 0,2$ см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая в момент отрыва вид шарика. Найти диаметр d_2 этой капли.
15. По трубе радиусом $r = 1,5$ см течет углекислый газ ($\rho = 7,5$ кг/м³). Определить скорость его течения, если за $t = 20$ мин через поперечное сечение трубы протекает $m = 950$ г газа.

Вариант 3

1. Два сосуда одинакового объема содержат кислород. В одном сосуде давление $P_1 = 2$ МПа, и температура $T_1 = 800$ К, в другом $P_2 = 2,5$ МПа, $T_2 = 200$ К. Сосуды соединили трубкой и охладили находящийся в них кислород до температуры $T = 200$ К. Определить установившееся в сосудах давление P .
2. В сосуде находится смесь 10 г углекислого газа и 15 г азота. Найти плотность этой смеси при температуре 270С и давлении $1,5 \cdot 10^5$ Н/м².
3. Определить массу одного кило моля и одной молекулы поваренной соли /NaCl/.
4. В баллоне вместимостью $V = 3$ л содержится кислород массой $m = 10$ г. Определить концентрацию молекул газа.
5. Определить среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon \rangle$ одной молекулы водяного пара при температуре $T = 500$ К.

6. Молекула газа состоит из двух атомов ; разность удельных теплоемкостей газа при постоянном давлении и постоянном объеме равна $260 \text{ Дж}/(\text{кг К})$. Найти молекулярную массу газа и его удельные теплоемкости c_p и c_v .
7. Определить количество теплоты Q , которое надо сообщить кислороду объемом $V = 50 \text{ л}$ при его изохорном нагревании, чтобы давление газа повысилось на $\Delta P = 0,5 \text{ МПа}$.
8. Идеальный газ совершает цикл Карно при температурах теплоприемника $T_2 = 290 \text{ К}$ и теплоотдатчика $T_1 = 400 \text{ К}$.
Во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия цикла, если температура теплоотдатчика возрастет до $T_1' = 600 \text{ К}$?.
9. Масса $m = 6,6 \text{ г}$ водорода расширяется изобарически от объема V_1 до объема $V_2 = 2V_1$. Найти изменение ΔS энтропии при этом расширении.
10. В центрифуге находится некоторый газ при температуре $T = 271 \text{ К}$. Ротор центрифуги радиусом $a = 0,4 \text{ м}$ вращается с угловой скоростью $\omega = 500 \text{ рад/с}$. Определить относительную молекулярную массу M_r газа, если давление P у стенки ротора в 2,1 раза больше давления P_0 в его центре.
11. Найти среднее число $\langle z \rangle$ столкновений, испытываемых в течение $t = 1 \text{ с}$ молекулой кислорода при нормальных условиях.
12. Вычислить диффузию D азота: 1) при нормальных условиях; 2) при давлении $P = 100 \text{ Па}$ и температуре $T = 300 \text{ К}$.
13. В сосуде вместимостью $V = 0,3 \text{ л}$ находится углекислый газ, содержащий количество вещества $\nu = 1 \text{ моль}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$. Определить давление P газа: 1) по уравнению Менделеева - Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса.
14. Какую работу A нужно совершить, чтобы, выдувая мыльный пузырь, увеличить его диаметр от $d_1 = 1 \text{ см}$ до $d_2 = 11 \text{ см}$? Считать процесс изотермическим.

15. В сосуд заливается вода со скоростью 0,5 л/с. Пренебрегая вязкостью воды, определить диаметр отверстия в сосуде, при котором вода поддерживалась бы в нем на постоянном уровне $h = 20$ см.

Вариант 4

1. Вычислить плотность азота, находящегося в баллоне под давлением $P = 2$ МПа и имеющего температуру $T = 400$ К.
2. Какой объем V занимает смесь газов – азота массой $m_1 = 1$ кг и гелия массой $m_2 = 1$ кг при нормальных условиях?
3. Сколько молекул содержится в 22 г водорода?
4. Определить концентрацию n молекул идеального газа при температуре $T = 300$ К и давлении $P = 1$ мПа.
5. Определить среднюю кинетическую энергию $\langle E_n \rangle$ поступательного движения и среднее значение $\langle \bar{E} \rangle$ полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре $T = 600$ К.
Найти также кинетическую энергию W поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества $\nu = 1$ кмоль.
6. В сосуде вместимостью $V = 6$ л. находится при нормальных условиях двухатомный газ. Определить теплоемкость c_V этого газа при постоянном объеме.
7. При изотермическом расширении азота при температуре $T = 280$ К объем его увеличился в два раза. Определить :
 - 1) совершенную при расширении газа работу A ,
 - 2) изменение ΔU внутренней энергии,
 - 3) количество теплоты Q , полученное газом.Масса азота $m = 0.2$ кг
8. Газ, совершающий цикл Карно, отдал теплоприемнику теплоту

$Q_2 = 14$ кДж. Определить температуру T_1 теплоотдатчика, если при температуре теплоприемника $T_2 = 280$ К работа цикла $A = 6$ кДж.

9. Масса $m = 10,5$ г азота изотермически расширяется от объема $V_1 = 2$ л до объема $V_2 = 5$ л. Найти изменение ΔS энтропии при этом процессе.

10. Водород находится при нормальных условиях и занимает объем $V = 1$ см³. Определить число N молекул в этом объеме, обладающих скоростями, меньшими некоторого значения $v_{max} = 1$ м/с.

11. Баллон вместимостью $V = 10$ л содержит водород массой $m = 1$ г. Определить среднюю длину свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул.

12. Вычислить теплопроводность λ гелия при нормальных условиях.

13. Внутреннюю полость толстостенного стального баллона наполовину заполнили водой при комнатной температуре. После этого баллон герметически закупорили и нагрели до температуры $T = 650$ К. Определить давление p водяного пара в баллоне при этой температуре.

14. Две капли ртути радиусом $r = 1$ мм каждая слились в одну большую каплю. Какая энергия E выделится при этом слиянии? Считать процесс изотермическим.

15. Сосуд в виде полусферы радиусом $R = 10$ см (рис.1) до краев наполнен водой. На дне сосуда имеется отверстие площадью поперечного сечения $S = 4$ мм². Определить время, за которое через это отверстие выльется столько воды, чтобы ее уровень в сосуде понизился на 5 см.

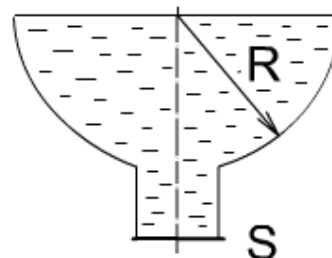


Рис. 1

Вариант 5

1. В баллоне емкостью 30 л находится сжатый воздух при температуре 17°C . После того, как часть воздуха израсходовали, давление понизилось на 2 атм. Какое количество воздуха израсходовали? Процесс считать изотермическим.
2. В баллонах объемом $V_1 = 20$ л и $V_2 = 44$ л содержится газ. Давление в первом баллоне $P_1 = 2,4$ МПа, во втором $P_2 = 1,6$ МПа. Определить общее давление P и парциальные P_1' и P_2' после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.
3. Найти молекулярную массу M и массу m_0 одной молекулы поваренной соли.
4. Определить давление P идеального газа при двух значениях температуры газа :
 - 1) $T = 3$ К
 - 2) $T = 1$ кКПринять концентрацию n молекул газа равной $\sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$.
5. При какой температуре средняя кинетическая энергия W_n поступательного движения молекулы газа равна $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж?
6. Вычислить удельные теплоемкости газа, зная что его молярная масса $M = 4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль и отношение теплоемкостей $c_p/c_v = 1,67$.
7. Каково изменение внутренней энергии углекислого газа $/\text{CO}_2/$ при расширении от 10 до 15 л? Начальное давление 1,5 атм. Расширение происходило изобарический.
8. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения равна 5 Дж. Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический к.п.д. цикла равен 0,2.
9. В результате изохорического нагревания водорода массой $m = 1$ г давление P газа увеличилось в два раза. Определить изменение ΔS энтропии газа.

10. Масса m каждой из пылинок, взвешенных в воздухе, равна 1 аг . Отношение концентрации n_1 пылинок на высоте $h_1 = 1\text{ м}$ к концентрации n_0 их на высоте $h_0 = 0$ равно $0,787$. Температура воздуха $T = 300\text{ К}$. Найти по этим данным значение постоянной Авогадро N_A .

11. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода равна $2,5\text{ см}$, если температура газа равна 67°С ? Диаметр молекулы водорода принять равным $0,28\text{ нм}$.

12. Кислород находится при нормальных условиях. Определить коэффициент теплопроводности λ кислорода, если эффективный диаметр его молекул равен $0,36\text{ нм}$.

13. Давление P кислорода равно 7 МПа , его плотность $\rho = 100\text{ кг/м}^3$. Найти температуру T кислорода.

1. Определить силу F , прижимающую друг к другу две стеклянные пластинки размерами $10 \times 10\text{ см}$, расположенные параллельно друг другу, если расстояние ℓ между пластинками равно 22 мкм , а пространство между ними заполнено водой. Считать мениск вогнутым с диаметром d , равным расстоянию между пластинками.

15. Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный

налитый водой цилиндр (рис.2),

$S_1 = 1,5\text{ см}^2$, площадь отверстия

$S_2 = 0,8\text{ мм}^2$. Пренебрегая трением вязкостью, определить время t , за

которое вытечет вода из цилиндра, если на поршень действовать постоянной силой $F = 5\text{ Н}$, а ход поршня $\ell = 5\text{ см}$. Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$.

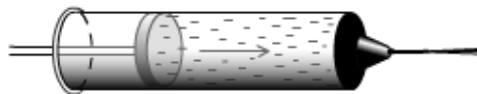


Рис.2

Вариант 6

1. 5 г азота, находящегося в закрытом сосуде объемом 4 л при температуре 20°С нагрели до температуры 40°С. Найти давление газа до и после нагревания.
2. В сосуде объемом $V = 0,01 \text{ м}^3$ содержится смесь газов - азота массой 7 г и водорода массой 1 г – при температуре $T = 280 \text{ К}$. Определить давление смеси газов P .
3. Определить массу m_0 одной молекулы углекислого газа CO_2 .
4. Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью $V = 30 \text{ л}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$ и давлении $P = 5 \text{ МПа}$?.
5. Определить среднюю кинетическую энергию $\langle E_n \rangle$ поступательного движения и $\langle E_{вр} \rangle$ вращательного движения молекулы азота при температуре $T = 1 \text{ кК}$. Определить также полную кинетическую энергию E_k молекулы при тех же условиях.
6. Найти удельные c_p и c_v и молярные C_p и C_v теплоемкости азота.
7. Объем водорода при изотермическом расширении при температуре $T = 300 \text{ К}$ увеличился в $n = 3$ раза. Определить работу A , совершаемую газом, и теплоту Q , полученную при этом. Масса m водорода равна 200 г.
8. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 4,2 \text{ кДж}$, совершил работу 590 Дж. Найти термический к.п.д. цикла. Во сколько раз температура T_1 нагревателя больше температуры T_2 охладителя?
9. Найти изменение ΔS энтропии при переходе массы $m = 6 \text{ г}$ водорода от объема $V_1 = 20 \text{ л}$ под давлением $P_1 = 150 \text{ кПа}$ к объему $V_2 = 60 \text{ л}$ под давлением $P_2 = 100 \text{ кПа}$.
10. На какой высоте h над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Считать, что температура T воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

11. При температуре 300 К и некотором давлении средняя длина свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул кислорода равна 0,1 мкм. Чему равно среднее число $\langle z \rangle$ столкновений, испытываемых молекулами в 1 с, если сосуд откачать до 0,1 первоначального давления? Температуру газа считать постоянной.
12. Определить массу азота прошедшего вследствие диффузии через площадку 50см^2 за 20с, если градиент плотности в направлении, перпендикулярном площадке, равен 1 кг/м^4 . Температура азота 290 К, а средняя длина свободного пробега его молекул равна 1 мкм.
13. Найти критический объем $V_{кр}$ веществ; 1) кислорода $=0,5\text{г}$
2) воды массой $m = 1\text{ г}$.
14. Покровное стеклышко для микроскопа имеет вид круга диаметром $d = 16\text{ мм}$. На него нанесли воду массой $m = 0,1\text{ г}$ и наложил такое же стеклышко; в результате оба стеклышка слиплись. С какой силой F , перпендикулярной поверхностям стеклышек, надо растягивать их, чтобы разъединить? Считать, что вода полностью смачивает стекло и поэтому меньший радиус r кривизны боковой поверхности водяного слоя равен половине расстояния d между стеклышками.
15. Объяснить, почему легкий шарик, помещенный в струю воздуха (рис.3), выходящую с большой скоростью из трубы с узким отверстием, свободно парит в этой струе.



Рис. 3.

Вариант 7

- 12 г газа занимают объем $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ при температуре 7°С . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равна $6 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$. До какой температуры нагрели газ?
- Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением $P = 1 \text{ МПа}$. Определить парциальные давления P_1 кислорода и P_2 азота, если массовая доля ω_1 кислорода в смеси равна 0,2
- В баллоне вместимостью $V = 3 \text{ л}$ содержится кислород массой $m = 10 \text{ г}$. Определить концентрацию n молекул газа.
- Определить количество вещества ν и число N молекул газа, содержащегося в колбе вместимостью $V = 240 \text{ см}^3$ при температуре $T = 290 \text{ К}$ и давлении $P = 50 \text{ кПа}$.
- Найти полную кинетическую энергию одной молекулы аммиака NH_3 при температуре $t = 27^\circ \text{С}$
- Трехатомный газ под давлением $P = 240 \text{ кПа}$ и температуре $t = 20^\circ \text{С}$ занимает объем $V = 10 \text{ л}$. Определить теплоемкость c_p этого газа при постоянном давлении.
- Найти изменение внутренней энергии 10 л углекислого газа / CO_2 /, если при неизменном нормальном давлении его объем увеличился до 12 л.
- Определить работу A_2 изотермического сжатия газа совершающего цикл Карно, к.п.д. = 0,4, если работа изотермического расширения равна $A_1 = 8 \text{ Дж}$.
- Найти изменение ΔS энтропии при плавлении массы $m = 1 \text{ г}$ льда ($t = 0^\circ \text{С}$)
- Ротор центрифуги вращается с угловой скоростью ω . Используя функцию распределения Больцмана, установить распределение концентрации n частиц массой m , находящихся в роторе центрифуги, как функцию расстояния r от оси вращения.

11. В газоразрядной трубке находится неон при температуре $T = 300$ К и давлении $P = 1$ Па.

Найти число N атомов неона, ударяющихся за время $\Delta t = 1$ с о катод, имеющий форму диска площадью $S = 1$ см².

12. Определить, во сколько раз отличается диффузия D_1 газообразного водорода от диффузии D_2 газообразного кислорода, если оба газа находятся при одинаковых условиях.

13. Вычислить постоянные a и b в уравнении Ван-дер-Ваальса для азота, если известны критические температуры $T_{кр} = 126$ К и давление $P_{кр} = 3,39$ МПа.

14. Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту $h = 20$ мм. Определить поверхностное натяжение σ глицерина, если диаметр d канала трубки равен 1 мм.

15. Объяснить, почему бумажный конус A (рис.4) втягивается в воронку, а не выталкивается из нее при продувании через воронку воздуха в направлении, указанном стрелкой.

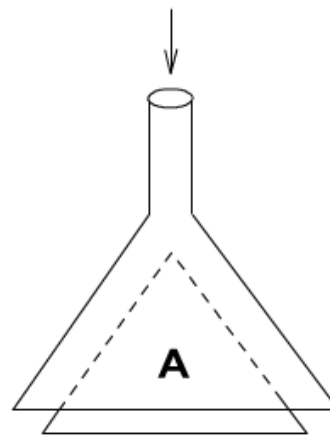


Рис. 4.

Вариант 8

1. Баллон вместимостью 10 л содержит 14 г азота и 30 г гелия.
При какой температуре возникает угроза взрыва баллона, если его стены выдерживают давление 10^7 Па?
2. В баллоне вместимостью $V = 15$ л находится смесь, содержащая $m_1 = 10$ г водорода, $m_2 = 54$ г водяного пара и $m_3 = 60$ г окиси углерода. Температура смеси $t = 27^\circ\text{C}$. Определить давление.
3. Определить количество вещества ν и число N молекул азота массой $m = 0,2$ кг.
4. Определить число N молекул ртути, содержащихся в воздухе объемом $V = 1 \text{ м}^3$ в помещении, зараженном ртутью, при температуре $T = 20^\circ\text{C}$, если давление P насыщенного пара ртути при этой температуре равно $0,13$ Па.
5. Чему равна энергия вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 7°C ?
6. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем $V = 5$ л. Вычислить теплоемкость c_V этого газа при постоянном объеме.
7. 2 л азота находятся под давлением 10^5 Н/м^2 . Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы: при $V = \text{const}$ давление увеличить вдвое.
8. Газ, являясь рабочим веществом в цикле Карно, получил от теплоотдатчика теплоту $Q_1 = 4,38 \text{ кДж}$ и совершил работу $A = 2,4 \text{ кДж}$. Определить температуру теплоотдатчика, если температура теплоприемника $T_2 = 273 \text{ К}$.
9. При нагревании двухатомного идеального газа ($\nu = 3 \text{ моль}$) его термодинамическая температура увеличилась в $n = 2$ раза. Определить изменение энтропии, если нагревание происходит:
1) изохорно;
2) изобарно.
10. Найти число N молекул идеального газа, которые имеют импульс, значение которого точно равно наиболее вероятному значению p_v .

11. При каком давлении P средняя длина свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул азота равна 1 м, если температура T газа равна 300 К?
12. Найти динамическую вязкость η гелия при нормальных условиях, если диффузия D при тех же условиях равна $1,06 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.
13. Критическая температура $T_{кр}$ аргона равна 151 К и критическое давление $P_{кр} = 4,86 \text{ МПа}$. Определить по этим данным критический молярный объем $V_{мкр}$ аргона.
14. В капилляре диаметром $d = 100 \text{ мкм}$ вода поднимается на высоту 30 см. Определить поверхностное натяжение σ воды, если ее плотность $\rho = 1 \text{ г/см}^3$.
15. Площадь соприкосновения слоев текущей жидкости $S = 10 \text{ см}^2$, коэффициент динамической вязкости жидкости $\eta = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, а возникающая сила трения между слоями $F = 0,1 \text{ мН}$. Определить градиент скорости.

Вариант 9

1. В закрытом сосуде емкостью 1 м^3 находится 0,9 кг воды и 1,6 кг кислорода. Найти давление в сосуде при температуре 500°С , зная, что при этой температуре вся вода превращается в пар.
2. Какой объем занимает смесь азота $m_1 = 1 \text{ кг}$ и гелия массой $m_2 = 1 \text{ кг}$ при нормальных условиях ?
3. Определить суммарную кинетическую энергию E_K поступательного движения всех молекул газа, находящегося в сосуде вместимостью $V = 3 \text{ л}$ под давлением $P = 540 \text{ кПа}$.
4. Сколько молекул будет находится в 1 см^3 сосуда при 10°С , если сосуд откачан до наивысшего разрежения, создаваемого современными лабораторными способами ($P = 10^{-11} \text{ мм.рт.ст.}$)

5. 1 кг двухатомного газа под давлением $P = 8 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ и имеет плотность $\rho = 4 \text{ кг/м}^3$. Найти энергию теплового движения молекул газа при этих условиях.
6. Разность удельных теплоемкостей $c_p - c_v$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/кг К . Найти молярную массу M газа и его удельные теплоемкости c_p и c_v .
7. Азот массой $m = 0,1 \text{ кг}$ был изобарно нагрет от температуры $T_1 = 200 \text{ К}$ до температуры $T_2 = 400 \text{ К}$. Определить работу A , совершенную газом, полученную им теплоту Q и изменение ΔU внутренней энергии азота.
8. Газ, совершающий цикл Карно, отдал теплоприемнику 67% теплоты, полученной от теплоотдатчика. Определить температуру T_2 теплоприемника, если температура теплоотдатчика $T_1 = 430 \text{ К}$.
9. Найти изменение ΔS энтропии при изобарическом расширении азота массой $m = 4 \text{ г}$ от объема $V_1 = 5 \text{ л}$ до объема $V_2 = 9 \text{ л}$.
10. Определить силу F , действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношения n_1/n_2 концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на $\Delta z = 1 \text{ м}$, равно e . Температуру T считать везде одинаковой и равной 300 К .
11. Определить среднюю продолжительность $\langle \tau \rangle$ свободного пробега молекул водорода при температуре 27°С и давлении 5 кПа . Диаметр молекулы водорода принять равным $0,28 \text{ нм}$.
12. Пространство между двумя параллельными пластинами площадью 150 см^2 каждая, находящимися на расстоянии 5 мм друг от друга, заполнено кислородом. Одна пластина поддерживается при температуре 17°С , другая – при температуре 27°С . Определить количество теплоты, прошедшее за 5 минут посредством теплопроводности от одной пластины к другой. Кислород находится при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул кислорода считать равным $0,36 \text{ нм}$.

13. Найти критический объем $V_{кр.}$ веществ
- 1) кислорода массой $m = 0,5$ г.;
 - 2) воды массой $m = 1$ г.
14. Ртуть массой 3 г помещена между двумя параллельными стеклянными пластинками. Определить силу, которую необходимо приложить, чтобы расплющить каплю до толщины $d = 0,1$ мм. Ртуть стекло не смачивает. Плотность ртути $\rho = 13,6$ г/см³, а ее поверхность натяжение $\sigma = 0,5$ Н/м.
15. Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в три раза больше плотности материала шарика. Определить отношение силы трения, действующей на всплывающий шарик, к его весу.

Вариант 10

1. Колба объемом $V = 300$ см³, закрытая пробкой с краном, содержит разряженный воздух. Для измерения давления в колбе горлышко колбы погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в колбу вошла вода массой $m = 292$ г.
Определить первоначальное давление P в колбе, если атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа.
2. Баллон $V = 30$ л содержит смесь водорода и гелия при температуре $T = 300$ К и давлении $P = 828$ кПа. Масса m смеси равна 24 г. Определить массу m_1 водорода и массу m_2 гелия.
3. Определить количество вещества ν и число N молекул кислорода массой $m = 0,5$ кг.
4. В колбе вместимостью $V = 100$ см³ содержится некоторый газ при температуре $T = 300$ К. На сколько понизится давление P газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет $N = 10^{20}$ молекул?
5. Определить среднюю кинетическую энергию $\omega_{вр}$ вращательного движения одной молекулы двухатомного газа, если суммарная кинетическая энергия молекул одного киломоля этого газа $U = 3,01 \cdot 10^6$ Дж/кмоль.

6. Каковы удельные теплоемкости c_v и c_p смеси газов, содержащей кислород массой $m_1 = 10$ г и азот массой $m_2 = 20$ г?
7. Определить работу A , которую совершит газ азот, если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты $Q = 21$ кДж. Найти также изменение ΔU внутренней энергии газа.
8. Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту $Q_1 = 84$ кДж. Определить работу A газа, если температура T_1 теплоотдатчика в три раза выше температуры T_2 теплоприемника.
9. Найти изменение ΔS энтропии при изобарическом расширении массы $m = 8$ г гелия от объема $V_1 = 10$ л до объема $V_2 = 25$ л.
10. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление $P = 90$ кПа. На какой высоте h летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал давление $P_0 = 100$ кПа? Считать, что температура T воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
11. Определить: 1) плотность ρ воздуха в сосуде; 2) концентрацию n его молекул; 3) среднюю длину свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул, если сосуд откачан до давления 0,13 Па. Диаметр молекул воздуха принять равным 0,27 нм. Температура воздуха 300 К.
12. Определить коэффициент теплопроводности λ азота, если коэффициент вязкости η для него при тех же условиях равен 10 мкПа·с.
13. Найти внутреннюю энергию U углекислого газа массой $m = 132$ г при нормальном давлении P_0 температуре $T = 300$ К в двух случаях, когда газ рассматривают: 1) как идеальный; 2) как реальный.
14. Вертикальный капилляр погружен в воду. Определить радиус кривизны мениска, если высота столба воды в трубке $h = 20$ мм. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, поверхностное натяжение $\sigma = 73$ мН/м.

14. Смесь свинцовых дробин (плотность $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$) диаметром 4 мм и 2 мм одновременно опускают в широкий сосуд глубиной $h = 1,5 \text{ м}$ с глицерином (плотность $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$), динамическая вязкость $\eta = 1,48 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Определить, насколько больше времени потребуется дробинкам меньшего размера, чтобы достичь дна сосуда.

Вариант 11

1. В баллоне находится газ при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$. До какой температуры T_2 надо нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 1,5 раза?
2. Найти плотность ρ газовой смеси водорода и кислорода, если их массовые доли ω_1 и ω_2 равны соответственно $1/9$ и $8/9$. Давление P смеси равно 100 кПа , а температура $T = 300 \text{ К}$.
3. Колба вместимостью $V = 0,5 \text{ л}$ содержит газ при нормальных условиях. Определить число N молекул газа, находящихся в колбе.
4. В колбе вместимостью $V = 240 \text{ см}^3$ находится газ при температуре $T = 290 \text{ К}$ и давлении $P = 50 \text{ кПа}$. Определить количество вещества ν газа и число N его молекул.
5. Молярная внутренняя энергия U_m некоторого двухатомного газа равна $6,02 \text{ кДж/моль}$. Определить среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon_{вр} \rangle$ вращательного движения одной молекулы этого газа. Газ считать идеальным.
6. Смесь газа состоит из кислорода O_2 с массовой долей $\omega_1 = 85 \%$ и озона O_3 с массовой долей $\omega_2 = 15 \%$. Определить удельные теплоемкости c_v и c_p этой газовой смеси.
7. Азот массой $m = 5 \text{ кг}$, нагретый на $\Delta T = 150 \text{ К}$, сохранил неизменный объем V . Найти:
 - 1) количество теплоты Q , сообщенное газу;
 - 2) изменение ΔU внутренней энергии.
 - 3) совершенную газом работу A .

8. В результате кругового процесса газ совершил работу $A = 1$ Дж. и передал охладителю количество теплоты $Q_2 = 4,2$ Дж. Определить термический к.п.д. цикла.
9. Найти изменение ΔS энтропии при переходе массы $m = 8$ г кислорода от объема $V = 10$ л при температуре $t_1 = 80^\circ\text{C}$ к объему $V_2 = 40$ л при температуре $t_2 = 300^\circ\text{C}$
10. Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление $P = 80$ кПа, благодаря чему летчик считает высоту h полета неизменной. Однако температура воздуха изменилась на $\Delta T = 1$ К. Какую ошибку Δh в определении высоты допустил летчик? Считать, что температура не зависит от высоты и что у поверхности Земли давление $P_0 = 100$ кПа.
11. Найти среднюю продолжительность $\langle \tau \rangle$ свободного пробега молекул кислорода при температуре $T = 250$ К и давлении $P = 100$ Па.
12. Два горизонтальных диска радиусами $R = 20$ см расположены друг над другом так, что оси их совпадают. Расстояние d между плоскостями дисков равно 0,5 см. Верхний диск неподвижен, нижний вращается относительно геометрической оси с частотой $n = 10$ с⁻¹. Найти вращающий момент M , действующий на верхний диск. Динамическая вязкость η воздуха, в котором находятся диски, равна 17,2 мкПа × с.
13. Кислород, содержащий количество вещества $\nu = 1$ моль, находится при температуре $T = 350$ К. Найти относительную погрешность ε в вычислении внутренней энергии газа, если газ рассматривать как идеальный. Расчеты выполнить для двух значений объема V : 1) 2 л; 2) 0,2 л.
14. В воду опущена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром d внутреннего канала, равным 1 мм. Найти массу m вошедшей в трубку воды.
15. Пробковый шарик (плотность $\rho = 0,2$ г/см³) диаметром $d = 6$ мм всплывает в сосуде, наполненном касторовым маслом ($\rho = 0,96$ г/см³), с

постоянной скоростью $V = 1,5$ см/с. Определить для касторового масла: 1) динамическую вязкость η ; 2) кинематическую вязкость ν .

Вариант 12

1. В сосуде вместимостью $V = 40$ л находится кислород при температуре $T = 300$ К. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на $\Delta P = 100$ кПа. Определить массу m израсходованного кислорода. Процесс считать изотермическим.
2. В сосуде объемом $V = 15$ л находится смесь азота и водорода при температуре $t = 23^\circ\text{C}$ и давлении $P = 200$ кПа. Определить массы смеси и ее компонентов, если массовая доля ω_1 азота в смеси равна 0,7.
3. В сосуде вместимостью $V = 2,24$ л при нормальных условиях находится кислород. Определить количество вещества ν и массу m кислорода, а также концентрацию n его молекул в сосуде.
4. Вычислить количество молекул углекислого газа, содержащегося в колбе емкостью 10^{-3} м³ при температуре 300 К и давлении $0,9 \cdot 10^5$ Па.
5. Водород находится при температуре $T = 300$ К. Найти среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon_{\text{вр}} \rangle$ вращательного движения одной молекулы, а также суммарную кинетическую энергию E_k всех молекул этого газа; количество водорода $\nu = 0,5$ моль.
6. Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объемах. Определить удельную теплоемкость c_p смеси.
7. Водород занимает объем $V_1 = 10$ м³ при давлении $P_1 = 100$ кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления $P_2 = 300$ кПа. Определить:
 - 1) изменение ΔU внутренней энергии газа;
 - 2) работу A , совершаемую газом;
 - 3) количество теплоты Q , сообщенное газу.

8. Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты $Q = 4$ кДж. Определить работу A газа при протекании цикла, если термический к.п.д. равен 0,1.
9. Во сколько раз необходимо увеличить объем $v = 5$ моль идеального газа при изотермическом расширении, если его энтропия увеличилась на $57,6$ Дж/К?
10. Ротор центрифуги, заполненный радоном, вращается с частотой $n = 50$ с⁻¹. Радиус a ротора равен 0,5 м. Определить давление P газа на стенки ротора, если в его центре давление P_0 равно нормальному атмосферному. Температуру T по всему объему считать одинаковой и равной 300 К.
11. Найти среднюю длину свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул водорода при давлении $P = 0,1$ Па и температуре $T = 100$ К.
12. Цилиндр радиусом $R_1 = 10$ см и длиной $\ell = 30$ см расположен внутри цилиндра радиусом $R_2 = 10,5$ см так, что оси обоих цилиндров совпадают. Малый цилиндр неподвижен, большой вращается относительно геометрической оси с частотой $n = 15$ с⁻¹. Динамическая вязкость η газа, в котором находятся цилиндры, равна $8,5$ мкПа $\times$ с. Определить 1) касательную силу F_τ , действующую на поверхность внутреннего цилиндра площадью $S = 1$ м²; 2) вращающий момент M , действующий на этот цилиндр.
13. Вычислить критические температуру $T_{кр}$ и давление $p_{кр}$: 1) кислорода; 2) воды.
14. Капиллярная трубка диаметром $d = 0,5$ мм наполнена водой. На нижнем конце трубки вода повисла в виде капли. Эту каплю можно принять за часть сферы радиуса $r = 3$ мм. Найти высоту h столбика воды в трубке.
15. В боковую поверхность сосуда вставлен горизонтальный капилляр внутренним диаметром $d = 2$ мм и длиной $\ell = 1,2$ см. Через капилляр вытекает касторовое масло (плотность $\rho = 0,96$ г/см³, динамическая вязкость $\eta = 0,99$ Па $\times$ с), уровень которого в сосуде поддерживается

постоянным на высоте $h = 30$ см выше капилляра. Определить время, которое требуется для протекания через капилляр 10 см^3 масла.

Вариант 13

1. Определить давления P_1 и P_2 газа, содержащего $N = 10^9$ молекул и имеющего объем $V = 1 \text{ см}^3$, при температурах $T_1 = 3 \text{ К}$ и $T_2 = 1000 \text{ К}$.
2. Баллон вместимостью $V = 5 \text{ л}$ содержит смесь гелия и водорода при давлении $P = 600 \text{ кПа}$. Масса m смеси равна 4 г , массовая доля ω_1 гелия равна $0,6$. Определить температуру T смеси.
3. Определить массу одной молекулы аммиака NH_3 и их количество в баллоне емкостью $6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ при нормальных условиях.
4. При какой температуре идеальный газ производит давление $1,38 \cdot 10^5 \text{ Па}$, если в 1 м^3 содержится $3 \cdot 10^{25}$ молекул?
5. Определить внутреннюю энергию U водорода, а также среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon \rangle$ молекулы газа при температуре $T = 300 \text{ К}$, если количество вещества ν этого газа равно $0,5$ моль.
6. Определить удельную теплоемкость c_V смеси газов, содержащей $V_1 = 5 \text{ л}$ водорода и $V_2 = 3 \text{ л}$ гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.
7. Гелий массой $m = 1 \text{ г}$ был нагрет на $\Delta T = 100 \text{ К}$ при постоянном давлении P . Определить: 1) количество теплоты Q , переданное газу, 2) работу A расширения газа, 3) приращение ΔU внутренней энергии газа.
8. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, $2/3$ количества теплоты Q_1 , полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура T_2 охладителя равна 280 К . Определить температуру T_1 нагревателя.
9. Найти изменение ΔS энтропии при превращении массы $m = 10 \text{ г}$ льда ($t = -20^\circ \text{ С}$) в пар ($T_{\text{пара}} = 100^\circ \text{ С}$)

10. Найти изменение высоты Δh , соответствующее изменению давления на $\Delta P = 100$ Па, в двух случаях: 1) вблизи поверхности Земли, где температура $T_1 = 290$ К, давление $P_1 = 100$ кПа; 2) на некоторой высоте, где температура $T_2 = 220$ К, давление $P_2 = 25$ кПа.
11. Определить плотность ρ разреженного водорода, если средняя длина свободного пробега $\langle \ell \rangle$ молекул равна 1 см.
12. Азот находится под давлением 100 кПа при температуре 290 К. Определить коэффициенты диффузии D и внутреннего трения η . Эффективный диаметр молекул азота принять равным 0,38 нм.
13. Определить плотность ρ водяных паров в критическом состоянии.
14. На какую высоту h поднимается вода между двумя параллельными друг другу стеклянными пластинками, если расстояние d между ними равно 0,2 мм?
15. Парашют ($m_1 = 32$ кг) пилота ($m_2 = 65$ кг) в раскрытом состоянии имеет форму полусферы диаметром $d = 12$ м, обладая коэффициентом сопротивления $C_x = 1,3$. Определить максимальную скорость, развиваемую пилотом, при плотности воздуха $1,29$ кг/м³.

ТАБЛИЦА ОТВЕТОВ

Задача	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант								
1	34 г	28,8	$33,4 \cdot 10^{21}$	$0,6 \cdot 10^{26}$	2,43кДж	743 Дж/кгК 1,04 кДж/кгК	325 кДж 40 кДж 365 кДж	320 К
2.	33 г	$1,44 \text{ кг/м}^3$	$0,44 \cdot 10^{23}$	$0,99 \cdot 10^{-11}$ кмоль	2,24 кДж	902 Дж/кгК 1,24 кДж/кгК	при V=const	1,92
3	1,5 МПа	$1,96 \text{ кг/м}^3$	58 кг/кмоль $9,36 \cdot 10^{-26}$ кг	$6,2 \cdot 10^{25}$ м ⁻³	$2,07 \cdot 10^{-20}$ Дж	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/ моль 910 Дж/кгК 650 Дж/кгК	62,5 кДж	1,89
4.	$16,8 \text{ кг/м}^3$	6,4 м ³	$66,22 \cdot 10^{23}$	$2,42 \cdot 10^{17}$ м ⁻³	$1,24 \cdot 10^{-20}$ Дж $2,42 \cdot 10^{-20}$ Дж 14,9 МДж	5,49 Дж/К	4,88кДж 0 кДж 4,88 кДж	400К
5.	72 г	0,76 МПа 1,12МПа 1,88 МПа	$9,63 \cdot 10^{-26}$ кг	414 Па 138 кПа	200 К	3,12 кДж/кгК 5,19 кДж/кгК	2 ,25 кДж	4 Дж
6.	$1,09 \cdot 10^5$ Па $1,16 \cdot 10^5$ Па	175 кПа	$7,3 \cdot 10^{-26}$ кг	$3,62 \cdot 10^{23}$	2,07 МДж 1,38 МДж 3,45 МДж	1,04 кДж/кмо- льК 0,74 кДж/кмо- льК 29,0 кДж/К 20,8 кДж/К	118,9 Дж 118,9 Дж	14% 1,16
7.	1400 К	0,18 МПа 0,82 МПа	$4,6 \cdot 10^{25}$ м ⁻³	4,98 моль $3 \cdot 10^{21}$	$1,24 \cdot 10^{-20}$ Дж	32,8 Дж/К	600 Дж	4,8 Дж
8.	1500 К	1,69 МПа	$4,3 \cdot 10^{24}$	$3,22 \cdot 10^{-19}$	83,1 кДж	750 Дж/К	500 Дж	505 К
9.	$6,42 \cdot 10$ Па	6,4 м ³	$2,43 \cdot 10^3$ Дж	$3,3 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^4$ Дж	0,032 кг/кмоль 650 Дж/кг·К 910 Дж/кг·К	0 кДж 14,8 кДж 14,8 кДж	288,1К
10.	2,66 кПа	16 г 8 г	15,6 молей $94 \cdot 10^{23}$	4,14 кПа	$2 \cdot 10^{-19}$ Дж	715 Дж/кг·К 1,01кДж/кг·К	$6 \cdot 10^3$ Дж $15 \cdot 10^3$ Дж	$56 \cdot 10^3$ Дж
11.	600 К	0,402 кг/м ³	$1,34 \cdot 10^{22}$	4,97 моль $2,99 \cdot 10^{21}$	$0,4 \cdot 10^{-20}$ Дж	629 Дж/кг·К 877 Дж/кг·К	7,75 МДж 7,75 МДж 0 МДж	0,193
12.	51 г	6,87 г 4,81 г 2,06	0,1 моль 3,2 г $2,68 \cdot 10^{25}$ м ⁻³	$2,17 \cdot 10^{22}$	$4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж 3,116 кДж	417 Дж/кг·К	5 МДж 0 МДж 5 МДж	400 Дж
13.	41,4 нПа 13,8мкПа	258 К	$2,82 \cdot 10^{-26}$ кг $15,8 \cdot 10^{23}$	333 К	3,116 кДж $1,035 \cdot 10^{-20}$ Дж	4,53 кДж/кг	520 Дж 208 Дж 312 Дж	420 К

ТАБЛИЦА ОТВЕТОВ (продолжение)

Задача	9	10	11	12	13	14	15
Вариант							
1	323 К 0,3 кДж/К	ν в $e^{23,6}$ раза	115 нм	5,25 мВт/(м·К)	108кПа 86,2см ³	22,2 мН/м	68 мм ³
2	251г 610 Дж/кг	1,18 кПа	101 м	$9,18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	4,78 МПа 4,99 МПа	4,4 мм	0,15 м/с
3	66,3 Дж/К	84 (криптон)	$3,7 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$	$9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ $0,061 \text{ м}^2/\text{с}$	8,31 МПа 5,67 МПа	3 мДж	1,8 см
4	2,9 Дж/К	$6,0 \cdot 10^9$	1,55 нм	38,6 мВт/(м·К)	544 МПа	мкДж	10 мин
5.	7,2 Дж/К	$5,97 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹	0,539 Па	8,49 мВт/(м·К)	287К	73 Н	1,15 с
6	71 Дж/К	5,88км	$4,45 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$	15,6 мг	1,45 см ³ 5 см ³	58,2 мН	-
7	1230 Дж/К	$n=n_0$	$3,38 \cdot 10^{18}$	7,1	$a=0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 /$ $/\text{моль}^2; b=3,86 \cdot 1$ $0^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$	62 мН/м	-
8	28,8 Дж/К 40,3 Дж/К	0	3,5 МПа	19 мкПа·с	96,8 см ³ /моль	73 мН/м	100с ⁻¹
9	2,43 Дж/К	$4,14 \cdot 10^{-23} \text{ Н}$	13,3 нс	76,4 Дж	1,45 см ³ 5 см ³	22 Н	2
10	38,1 Дж/К	885 м	$1,51 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ $3,14 \cdot 10^{-19} \text{ м}^{-3}$ 0,01 м	7,42 мВт/м·К	22,4 КДж 9,2 КДж	744 мкм	на 76,1с
11	5,4 Дж/К	6,5 м	288 нс	0,58 мН·м	$9,43 \cdot 10^{-3}$ 0,103	23,1 мг	0,99 Па·с $1,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$
12	4	304 кПа	6,4 см	16,8 Н $3,17 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}$	150 К; 5 МПа 654 К; 22,6 МПа	6,37 см	107 с
13	88 Дж/К	8,78 м 25,8 м	1,55 мг/м ³	$9,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ $1,13 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3 \cdot \text{с}$	197 кг/м ³	7,3 см	3,17 м/с