

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан ЕНМФ

_____ Ю.И. Тюрин

" " _____ 2005 г.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Методические указания к выполнению индивидуальных заданий
по курсу общей физики
для студентов всех специальностей

Томск 2006

УДК 53.076

Молекулярная физика и термодинамика: Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по курсу общей физики для студентов всех специальностей. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006.—38 с.

Составители: доц. канд. физ.-мат. наук А.Г.Власов
доц. канд. физ.-мат. наук Н.С.Кравченко
доц. канд. физ.-мат. наук В.А. Крыхтин

Рецензент доц. доктор, физ.-мат. наук С.И. Борисенко

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры теоретической и экспериментальной физики 20.10. 2005г.

Зав. кафедрой
проф., д. ф.-м. наук

В.Ф. Пичугин

Одобрено учебно-методической комиссией кафедры ЕНМФ.

Председатель
учебно-методической комиссии

Г.Ф. Ерофеева

Вариант 1.

Законы идеального газа

1.1. Какую температуру имеют 2 г азота, занимающего объем 820 см^3 при давлении 2 атм?

1.2. В цилиндр длиной 1,6 м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении, начали медленно вдвигать поршень площадью 200 см^2 . Определить силу, которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии 10 см от дна цилиндра.

1.3. Определить среднее значение полной кинетической энергии одной молекулы гелия при температуре 400 К.

Вариант 2.

Законы идеального газа

2.1. Какой объем занимает 10 г кислорода при давлении 750 мм рт.ст. и температуре 20°C ?

2.2. Давление внутри плотно закупоренной бутылки при температуре 7°C было равно 1 атм. При нагревании бутылки пробка вылетела. До какой температуры нагрели бутылку, если пробка вылетела при давлении в бутылке 1,3 атм?

2.3. Определить среднее значение полной кинетической энергии молекулы кислорода при температуре 400 К.

Вариант 3.

Законы идеального газа

3.1. Баллон, емкостью 12 л заполнен азотом, при давлении 8,1 МПа и температуре 17°C . Определить количество азота.

3.2. Определить наименьший объем баллона, вмещающего 6,4 кг кислорода, если его стенки при температур 20°C выдерживают давление 160 Н/см^2 .

3.3. Определить среднее значение полной кинетической энергии молекулы водорода при температуре 400 К.

Вариант 4.

Законы идеального газа

4.1. В баллоне находится газ при температуре 100°C . До какой температуры нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 2 раза?

4.2. В баллон находятся 10 кг газа при давлении 10 МПа. Найти какое количество газа взяли из баллона, если давление в баллоне стало 2,3 МПа. Температура газа не изменилась.

4.3. Определить среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекулы азота, находящегося при температуре 1 кК.

Вариант 5.

Законы идеального газа

5.1. Найти массу сернистого газа (SO_2), занимающего объем 25 л при температуре 27^0C и давлении 760 мм рт.ст.

5.2. В запаянном сосуде находится вода, занимающая объем, равный половине сосуда. Найти давление и плотность паров при температуре 400^0C , если вся вода превратилась в пар.

5.3. Определить кинетическую энергию молекулы азота, приходящуюся на одну степень свободы при температуре 1 кК.

Вариант 6.

Законы идеального газа

6.1. Какое количество киломолей газа находится в баллоне объемом 10 м^3 при давлении 720 мм рт.ст. и температуре 17^0C ?

6.2. В закрытом сосуде емкостью в 1 м^3 находится 0,9 кг воды и 1,6 кг кислорода. Определить давление в сосуде при температуре 500^0C , если вся вода превратилась в пар.

6.3. Определить среднее значение кинетической энергии молекулы азота при температуре 1 кК.

Вариант 7.

Законы идеального газа

7.1. 5 г азота, находящегося в закрытом сосуде объемом 4 л при температуре 20^0C , нагреваются до температуры 40^0C . Найти давление газа до и после нагревания.

7.2. Баллон емкостью 5 л содержит смесь гелия и водорода при давлении 600 кПа. Масса смеси равна 4 г, массовая доля гелия равна 0,6. Определить температуру смеси.

7.3. Определить энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 7^0C .

Вариант 8.

Законы идеального газа

8.1. Баллон, объемом 12 л заполнен углекислым газом, при давлении 1 МПа и температуре 300 К. Определить массу газа в баллоне.

8.2. В сосуде объемом 15 л находится смесь азота и водорода при температуре 23^0C и давлении 200 кПа. Массовая доля азота в смеси

равна 0,7. Определить массу смеси и ее компонентов.

8.3. Определить энергию теплового движения молекул двухатомного газа, заключенного в сосуд объемом 2 л при давлении 150 кПа.

Вариант 9.

Законы идеального газа

9.1. Идеальный газ в количестве 1 кмоль при давлении 1 МПа и температуре 400 К заключили в баллон. Определить объем баллона.

9.2. Сосуд емкостью 30 л заполнен смесью водорода и гелия при температуре 300 К и давлении 828 кПа. Масса смеси 24 г. Определить массы водорода и гелия.

9.3. При какой температуре средняя кинетическая энергия теплового движения атомов гелия будет достаточной для того, чтобы атомы гелия преодолели земное притяжение и навсегда покинули земную атмосферу?

Вариант 10.

Законы идеального газа

10.1. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении для гелия и водорода.

10.2. В 1 кг сухого воздуха содержится 232 г кислорода и 768 г азота (массами других газов пренебречь). Определить относительную молярную массу воздуха.

10.3. Определить энергию теплового движения 20 г кислорода при температуре 10^0 С. Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения?

Вариант 11.

Законы идеального газа

11.1. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении для неона, принимая этот газ за идеальный.

11.2. Найти плотность газовой смеси водорода и кислорода, если массовые доли их равны соответственно $1/9$ и $8/9$. Смесь находится при давлении 100 кПа и температуре 300 К.

11.3. Вычислить кинетическую энергию вращательного движения всех молекул кислорода массой 4 г, находящегося при температуре 350 К.

Вариант 12.

Законы идеального газа

12.1 В сосуде объемом $0,01 \text{ м}^3$ при температуре 280 К содержится

смесь газов: 7 г азота и 1 г кислорода. Определить давление смеси.

12.2. Плотность газа при давлении 96 кПа и температуре 0°C равна 1,35 г/л. Найти молярную массу смеси.

12.3. Найти среднее значение полной кинетической энергии одной молекулы аммиака NH_3 при температуре 27°C .

Вариант 13.

Законы идеального газа

13.1. Определить давление газа, содержащего 10^9 молекул и имеющего объем 1 см^3 при температуре 1000 К.

13.2. Определить удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении газообразной окиси углерода CO .

13.3. Найти кинетическую энергию, приходящуюся на одну степень свободы молекулы аммиака NH_3 и среднее значение кинетической энергии вращательного движения молекулы. Температура газа $T=300\text{ К}$.

Вариант 14.

Законы идеального газа

14.1. Разность удельных теплоемкостей $C_p - C_v$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/кг К. Найти молярную массу газа и его удельные теплоемкости C_p и C_v .

14.2. Определить концентрацию молекул идеального газа при температуре 300 К и давлении 1 МПа.

14.3. Определить среднее значение полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре 400 К.

Вариант 15.

Законы идеального газа

15.1. При температуре 50°C упругость насыщенных водяных паров равна 92,5 мм рт.ст. Определить плотность водяных паров.

15.2. Каковы удельные теплоемкости C_p и C_v смеси газов, содержащей 10 г кислорода и 20 г азота?

15.3. При какой температуре средняя кинетическая энергия теплового движения атомов гелия будет достаточной для того, чтобы они преодолели лунное тяготение и навсегда покинули бывшую атмосферу Луны?

Вариант 16.

Законы идеального газа

16.1. Найти плотность водорода при температуре 10°C и давлении

730 мм рт.ст.

16.2. Определить удельную теплоемкость C_v смеси газов, содержащей 5 л водорода и 3 л гелия. Газы находятся при нормальных условиях.

16.3. 1 кг двухатомного газа находится под давлением 80 кПа и имеет плотность 4 кг/м^3 . Найти энергию теплового движения молекул газа при этих условиях.

Вариант 17.

Законы идеального газа

17.1. Плотность некоторого газа при температуре 10°C и давлении 200 кПа равна $0,34 \text{ кг/м}^3$. Чему равна масса одного киломоля этого газа?

17.2. Определить удельную теплоемкость C_p смеси кислорода и азота, если количество азота равно 4 молям, а кислорода 6 молям. Смесь находится при нормальных условиях.

17.3. Какое число молекул двухатомного газа занимает объем 10 см^3 при давлении 40 мм рт. ст. и температуре 27°C ?

Вариант 18.

Законы идеального газа

18.1. Определить плотность воздуха в сосуде при давлении 10^{-11} мм рт.ст. и температуре 15°C .

18.2. Определить удельную теплоемкость C_p смеси аргона и азота, если их массовые доли одинаковые и равны 0,5.

18.3. При какой температуре средняя квадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости $11,2 \text{ км/с}$?

Вариант 19.

Законы идеального газа

19.1. 12 г азота занимают объем 4 л при температуре 7°C . При нагревании газа при постоянном давлении, его плотность стала равной $6 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$. До какой температуры нагрели газ?

19.2. Найти среднюю квадратичную, среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул водорода при температуре 300 К.

19.3. Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объемах. Определить удельную теплоемкость смеси C_v .

Вариант 20.

Законы идеального газа

20.1. 10 г кислорода находятся под давлением 3 атм при температуре 10^0 С. После расширения при постоянном давлении кислород занял объем 10 л. Найти объем и плотность кислорода до расширения.

20.2. Определить удельную теплоемкость C_p смеси ксенона и кислорода, если количество их в смеси одинаковое.

20.3. При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как молекулы водорода при температуре 100 К?

Вариант 21.

Законы идеального газа

21.1. 10 г кислорода находятся под давлением 6 атм при температуре 20^0 С. После расширения при постоянном давлении газ занял объем 8 л. Найти объем и плотность кислорода до расширения.

21.2. Колба емкостью 4 л содержит некоторый газ массой 0,6 г под давлением 200 кПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

21.3. Найти удельную теплоемкость при постоянном давлении C_p хлористого водорода и неона.

Вариант 22.

Законы идеального газа

22.1. Котел объемом 2 м^3 содержит перегретый водяной пар массой 10 кг при температуре 500 К. Определить давление пара в котле.

22.2. Для некоторого двухатомного газа удельная теплоемкость при постоянном давлении C_p равна 3,5 кал/г. Чему равна масса одного киломоля этого газа?

22.3. Смесь гелия и аргона находится при температуре 1,2 кК. Определить среднюю кинетическую энергию атомов гелия и аргона.

Вариант 23.

Законы идеального газа

23.1. Определить плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К. Давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно 3,55 кПа.

23.2. Найти удельные теплоемкости C_v и C_p некоторого газа, если известно, что масса одного киломоля равна 30 кг /кмоль и отношение C_p/C_v равно 1,4.

23.3. Определить среднюю квадратичную скорость пылинки мас-

сой $0,1$ нг, взвешенной в воздухе и двигающейся как молекула воздуха при температуре 300 К.

Вариант 24.

Законы идеального газа

24.1. Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением 1 МПа. Определить парциальные давления кислорода и азота, если массовая доля кислорода равна $0,2$.

24.2. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К.

24.3. Чему равна плотность воздуха в сосуде, если сосуд откачан до наивысшего разрежения, создаваемого современными лабораторными способами ($P = 10^{-7}$ мм рт.ст.)? Температура воздуха равна 15°C .

Вариант 25.

Законы идеального газа

25.1. В баллоне объемом 25 л находится водород при температуре 290 К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на $0,4$ МПа. Определить массу израсходованного водорода.

25.2. Найти удельную теплоемкость C_p газовой смеси, состоящей из 3 кмоль аргона и 2 кмоль азота.

25.3. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней квадратичной скорости пылинки массой 5 нг, находящейся среди молекул кислорода?

Вариант 1

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул газа, находящихся в тепловом равновесии имеет кинетическую энергию в интервале от $E=95 \cdot 10^{-22}$ Дж до $E=5 \cdot 10^{-23}$ Дж при температуре 550 К?

2. Пылинки массой $8 \cdot 10^{-20}$ кг каждая взвешены в воздухе, Определить толщину слоя воздуха, в пределах которого концентрация пылинок отличается на 50% . Температуру воздуха считать равной 273 К.

3. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 1200 м/с. Давление газа равно $0,2 \cdot 10^6$ Н/м. Найти плотность газа при этих условиях.

4. Два стрелка одновременно, но независимо стреляют в одну цель. Найти вероятность поражения цели, если вероятности попадания в цель

первым и вторым стрелками равны соответственно 0,8 и 0,7. Цель считается поражённой, если в неё попадёт хотя бы один стрелок. /0,94/.

5. В кабине вертолёта барометр показывает 90 кПа. На какой высоте летит вертолёт, если на взлётной площадке барометр показывал 100 кПа? Считать температуру воздуха считать одинаковой по высоте и равной 290 К.

Вариант 2

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Используя распределение Максвелла, определить относительное число одноатомных молекул газа, имеющих кинетическую энергию, отличающихся от её среднего значения на 1%. Газ находится в тепловом равновесии. Ответ выразить в %.

2. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул азота? Масса пылинки $0,6 \cdot 10^{-6}$ г.

3. Давление воздуха у основания Останкинской башни 760 мм рт. ст. Каково будет показание барометра при подъёме на башню, если её высота 540 м? Температуру воздуха считать одинаковой по высоте и равной 37°C.

4. Чему равна вероятность того, что при одновременном бросании синей и красной игральных костей выпадет единица на синей и пятёрка на красной? /1/36/.

5. На какой высоте над уровнем моря плотность воздуха уменьшится в 2 раза?

Вариант 3

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Определить температуру газообразного азота, при которой скоростям $V_1 = 300$ м/с и $V_2 = 2V_1$ соответствуют одинаковые значения функции распределения Максвелла.

2. У поверхности земли число молекул гелия меньше, чем число молекул углекислого газа в $8,5 \cdot 10^3$ раз. На какой высоте число молекул гелия будет во столько же раз больше, чем молекул углекислого газа? Температуру воздуха считать на высоте постоянной и равной 23°C.

3. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 760 мм рт. ст. равна $0,6 \cdot 10^{-3}$ г/см³.

4. Из колоды с 36 картами на удачу вынимают три. Какова вероятность того, что среди них окажется один, только один и всё равно какой туз? /0/278/.

5. Определить высоту горы, если давление на её вершине равно половине давления на уровне моря. Температура постоянная и равна 0°C .

Вариант 4

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул кислорода при 20°C обладает скоростью от 100 м/с до 110 м/с?

2. Пассажирский самолёт совершает полёты на высоте 8300 м. Чтобы не снабжать пассажиров кислородными масками, в кабинах при помощи компрессора поддерживается постоянное давление, соответствующее высоте 2700 м. Найти разность давления внутри и снаружи кабины. Среднюю температуру наружного воздуха считать равной 0°C .

3. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота больше их наиболее вероятной скорости на 50 м/с?

4. Вычислить вероятность того, что, играя в Спортлото /6 из 49/ вы угадаете 4 номера. / $9,69 \cdot 10^{-4}$ /

5. Вблизи поверхности Земли отношение концентраций кислорода и азота в воздухе $\omega = 20,95:78,08 = 0,268$. Полагая, что температура атмосферы не зависит от высоты и равна 0°C , определить это отношение на высоте 20 км.

Вариант 5

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть общего числа молекул имеет скорости меньше наиболее вероятной скорости?

2. Советская высотная космическая станция расположена на горе Алагез в Армении на высоте 3250 м над уровнем моря. Найти давление воздуха на этой высоте. Температуру воздуха считать постоянной и равной 5°C . Массу одного киломоля воздуха принять равной 29 кг/кмоль. Давление воздуха принять равным 760 мм рт. ст. /на уровне моря/.

3. Найти среднюю арифметическую, среднюю квадратичную и наиболее вероятную скорости молекул газа, плотности которых при давлении 300 мм рт. ст. равны 0,3 г/л.

4. Кубик, все грани которого окрашены, распилен на 1000 одинаковых маленьких кубиков. Все маленькие кубики сложены в мешок и тщательно перемешаны. Определить вероятность того, что кубик, извлечённый из мешка, будет не окрашен. /0,512/

5. На какой высоте плотность кислорода уменьшится на 1%. Температура кислорода 27°C.

Вариант 6

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул азота при 150°C обладает скорости от 300 м/с до 325 м/с?

2. На какой высоте плотность газа составляет 30% от плотности его на уровне моря? Температуру считать равной 20°C. Задачу решить для воздуха и водорода.

3. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул аммиака NH_3 больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с?

4. Два человека договорились о встрече в определённом месте между 7 и 8 часами вечера. Пришедший первым ждёт второго в течении 15 минут и уходит. Определить вероятность их встречи, если каждый, независимо от другого, может с равной вероятностью прийти в любой момент между 7 и 8 часами вечера. $1 - (3/4)^2 = 0,44$.

5. Сколько весит 1 м^3 кислорода на высоте 10 км и вблизи поверхности Земли, если давление воздуха у поверхности Земли 10^5 Н/м^2 , а температура не зависит от высоты и равна 0°C?

Вариант 7

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул водорода при 0°C обладает скоростями от 2000 м/с до 2100 м/с?

2. Сколько весит 1 м^3 воздуха на высоте 4 км и у поверхности Земли? Температуру воздуха считать постоянной и равной 30°C. Давление воздуха у поверхности Земли равно 10^5 Н/м^2 .

3. Найти среднюю арифметическую, среднюю квадратичную и наиболее вероятную скорости молекул кислорода, плотность которого при давлении 400 мм рт. ст. равна 0,4 г/л.

4. Ребёнок рассыпал колоду из 10 перфокарт. Стремясь скрыть следы «преступления», он пытается восстановить правильный порядок их следования в колоде. Определить вероятность того, что ему удастся сделать, если он не умеет читать /другими словами, все возможные способы раскладки перфокарт для него одинаковы, т.е. равновероятны/. $1/(N!) = 2,8 \cdot 10^{-7}$

5. При подъёме вертолёт на некоторую высоту барометр, находящийся в его кабине, изменил показания на 11 кПа. На какой высоте ле-

тит вертолёт, если на взлётной площадке барометр показывал 0,1МПа? Температура воздуха постоянная и равна 17°С.

Вариант 8

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул углерода, находящегося при температуре 400°К, имеет скорости, отличающиеся на 20 м/с от наиболее вероятной скорости?

2. Найти число Авогадро, если при расстоянии между двумя слоями в 100 мкм число взвешенных частиц гуммигута в одном слое вдвое больше, чем в другом. Температура гуммигута 20°С. Частицы гуммигута диаметром $0,3 \cdot 10^{-4}$ см были взвешены в жидкости, плотность которой на $0,2 \text{ г/см}^3$ меньше плотности частиц.

3. Вычислите среднюю арифметическую, среднюю квадратичную и наиболее вероятную скорости молекул водорода, плотность которого при 500 мм рт. ст. равна 0,5 г/л.

4. Какова вероятность того, что при бросании игральной кости выпадет либо 1, либо 6?

5. На поверхности Земли барометр показывает 101кПа. Каково будет показание барометра при подъёме его на высоту 500 м? Температура воздуха 7°С?

Вариант 9

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул азота при температуре 150°С обладает скоростями, лежащими в интервале от 300 до 800 м/с?

2. На какой высоте давление воздуха составляет 75% от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0° С.

3. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул углеводорода больше их наиболее вероятной скорости на 15 м/с?

4. Какова вероятность того, что, играя в Спортлото 6 из 49, вы угадаете 2 номера. /0,413/

5. Найти число молекул в единице объёма воздуха на высоте 6 км над уровнем моря. Давление на уровне моря 101кПа, а температура воздуха равна 5°С.

Вариант 10

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть общего числа молекул имеет скорости больше наиболее вероятной?

2. Сколько весит 1 см^3 азота у поверхности Земли и на высоте 5 км, если при температуре 20°C давление азота у поверхности Земли составляет $5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$?

3. Найти отношение средних арифметических, средних квадратичных и наиболее вероятных скоростей молекул озона и водорода, если при давлении 200 мм рт. ст. оба газа имеют плотность $0,2 \text{ г/л}$.

4. Какова вероятность (взяв три карты из колоды) вытянуть хотя бы одного туза /всё равно какого/? $/1 - C_{32}^3 / C_{36}^3 = 0,305/$

5. На какой высоте давление воздуха составляет 75% от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0°C .

Вариант 11

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какой процент молекул водорода обладает скоростями, отличающимися от наиболее вероятной не более чем на 1%?

2. Вычислите давление воздуха на высоте 5 км, на высоте 10 км и в шахте на глубине 2 км при температуре 293 К. Давление на уровне моря принять равным 10^5 Па .

3. При какой температуре воздуха средние скорости молекул азота и кислорода отличаются на 20 м/с ?

4. Колоду из 36 карт случайным образом делят на две части по 18 карт в каждой. Какова вероятность того, что в обеих частях будет по 9 красных и чёрных карт? $/0,26/$

5. Найти число молекул в 1 см^3 и плотность азота при давлении 2 МПа и температура 15°C .

Вариант 12

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Определить относительное число молекул углекислого газа CO_2 , скорости которых заключены в пределах от $499,9$ до $500,1 \text{ м/с}$, при температуре 421 К .

2. Вблизи поверхности Земли отношение объёмных концентраций кислорода и азота в воздухе равно $0,268$. Определить это отношение на высоте 10 км, если температура воздуха не зависит от высоты и равна 0°C .

3. Средняя энергия молекул гелия равна $3,92 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Вычислить среднюю арифметическую скорость молекул гелия при тех же условиях.

4. Кубик, все грани которого окрашены, распилен на 1000 одинаковых маленьких кубиков. Все маленькие кубики сложены в мешок и тща-

тельно перемешаны. Определить вероятность того, что кубик, извлечённый из мешка, будет окрашен хотя бы с одной стороны. /0,488/

5. В баллоне и находятся 2,5 г кислорода. Найти число молекул кислорода, скорости которых превышают значение средней квадратичной скорости.

Вариант 13

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул азота при температуре 7°C обладает скоростями, лежащими в интервале от 500 до 510 м/с?

2. Определить высоту горы, если давление на её вершине равно половине давления на уровне моря. Температуру считать постоянной и равной 0°C.

3. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул водорода больше средней квадратичной скорости молекул водяных паров при той же температуре?

4. Маленькому ребёнку дали 33 карточки, на которых написаны буквы русского алфавита, по одной букве на каждой карточке. Какова вероятность того, что ребёнок разложит буквы в алфавитном порядке, если он не умеет читать и не знает алфавита? /1/(N!)=1,15·10⁻³⁷/

5. Вблизи поверхности земли отношение объёмных концентраций кислорода и углекислого газа CO₂ в воздухе равно 20,95/0,03=698,33. Пологая температуру равной 0°C, определить это отношение на высоте 10 км.

Вариант 14

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул кислорода обладает скоростями, отличающимися от наивероятнейшей не больше, чем на 10 м/с, при температуре 300°C.

2. На поверхности Земли барометр показывает 101 кПа. Каково будет показание барометра при подъёме его на телевизионную башню Московского телецентра в Останкино высотой 533 м? Температуру считать постоянной и равной 7°C.

3. При какой температуре молекулы аргона имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как молекулы гелия при 100K?

4. Чему равна вероятность того, что при одновременном бросании двух игральных костей выпадут тройка и шестёрка, если кости неразличимы? /2/36/

5. На какой высоте плотность кислорода уменьшается на 1%? Температура кислорода 27°C.

Вариант 15

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Определить отношение числа молекул водорода, скорости которых лежат в интервале от 1 до 1,01 км/с, если температура водорода 0°C.
2. При подъёме вертолёта на некоторую высоту барометр, находящийся в его кабине, изменил своё показание на 11 кПа. На какой высоте летит вертолёт, если на взлётной площадке барометр показывал 0,1МПа? Температуру воздуха считать постоянной и равной 17°C.
3. Найти среднюю арифметическую скорость молекул газа, если известно, что средняя квадратичная их скорость 600 м/с.
4. Какова вероятность из хорошего перетасованной колоды карт вытянуть пиковую даму?
5. Каково число молекул в единице объёма воздуха на высоте 2 км над уровнем моря, если давление на уровне моря 101 кПа, а температура воздуха 10°C и не меняется с высотой.

Вариант 16

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Найти число молекул хлора в 1мм^3 при температуре 500°C и давление 0,01 мбар, скорости которых заключены в интервале от 200 до 205м/с. (1 мбар = 100 Па)
2. Вычислить давление воздуха на высоте 1000 м при $-23,16^\circ\text{C}$, если давление на уровне моря равно 1013мбар. (1 мбар = 100 Па)
3. Определить скорость, соответствующую максимуму функции распределение при 100°C для азота.
4. Два стрелка одновременно, но независимо стреляют в одну цель. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель первым и вторым стрелками равны соответственно 0,5 и 0,8. Цель считается поражённой, если в неё попадёт хотя бы один стрелок. /0,9/
5. Вычислить массу кислорода в 1см^3 воздуха на уровне моря и на высоте 5600 м. Температура воздуха 0°C, давление его на уровне моря 1013 мбар. (1 мбар = 100 Па)

Вариант 17

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Чему равно число атомов гелия со скоростями от 1000 до 1010 м/с содержащихся в шарообразном баллоне диаметром 16 м при 10°C и давление 0,9 ат? (1 ат = $9,807 \cdot 10^4$ Па)

2. В поле земного притяжения находятся частицы пыли, имеющие массу $8,5 \cdot 10^{-22}$ кг и объёмом $5 \cdot 10^{-22}$ м³. Определить уменьшение их концентрации на высоте 3 м. Давление и температура воздуха равны соответственно 990 мбар и -20°C. (1 мбар = 100 Па)

3. Вычислить средние скорости для неона при 500°C

4. Какова вероятность того, что, играя в Спортлото 6 из 49, вы угадаете три номера? /0,132/

5. Определить высоту горы, если давление на её вершине равно половине давления на уровне моря. Температура постоянная и равна 0°C.

Вариант 18

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Как велико относительное число молекул азота, скорости которых лежат в интервале от 250 до 260 м/с, если температура азота 27°C?

2. На какой высоте давление и плотность воздуха уменьшится на половину, если на уровне моря давление воздуха составляет 1 атм при 0°C? (1 атм = $1,013 \cdot 10^5$ Па)

3. Полагая температуру равной 300°C, определить средние скорости, скорость, соответствующую максимуму функции распределения скоростей, для гелия.

4. Два человека договорились о встрече в определённом месте между 2 и 3 часами по полудню. Пришедший первым ждёт второго в течение 20 минут и уходит. Определить вероятность встречи, если каждый, независимо от другого, может с равной вероятностью прийти в любой момент между 2 и 3 часами. / $1 - (2/3)^2 = 0,56$ /

5. Вблизи поверхности Земли отношение концентраций кислорода и азота в воздухе $\omega = 20,95 : 78,08 = 0,268$. Полагая, что температура атмосферы не зависит от высоты и равна 0°C, определить это отношение на высоте 20 км.

Вариант 19

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Найти число молекул фтора в 1 см³ при температуре 400°C и давлении 0,5 Па, скорости которых заключены в интервале от 100 до 110 м/с.

2. Каковы давление и число молекул в единице объёма воздуха на высоте 2 км над уровнем моря? Давление на уровне моря 101 кПа, а температура 10°C.

3. Какова средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа если известно, что плотность его 30 г/м^3 , а давление, оказываемое им на стенки сосуда, $3,6 \text{ кПа}$?

4. Какова вероятность того, что среди 9 бочек, вытасненных из мешка при игре в лото, окажется бочка с числом 13, если для игры в мешок положили бочки с числами от 1 до 99 /всего 99 бочек/?
 $/C^1_1 C^8_{98} / C^9_{99} = 1/11/$

5. В кабине вертолѐта барометр показывает 90 кПа . На какой высоте летит вертолѐт, если на взлѐтной площадке барометр показывал 100 кПа ? Считать температуру воздуха постоянной с высотой и равной 290 К .

Вариант 20

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть молекул водорода при 127°C обладает скоростями, отличающимися от средней арифметической не более, чем на 20% ?

2. Определить высоту горы, если давление на её вершине составляет $2/3$ давления на уровне моря. Температуру считать постоянной и равной 20°C .

3. В 1 см^3 при давлении 20 кПа находится $5 \cdot 10^{19}$ молекул гелия. Определить среднюю квадратичную скорость молекул при этих условиях.

4. В ящике лежат тщательно перемешанные шары, отличающиеся друг от друга только цветом: 60 красных, 50 белых, 90 синих. Какова вероятность вытянуть белый шар? $/1/4/$

5. На какой высоте плотность кислорода уменьшится на 1% . Температура кислорода 27°C .

Вариант 21

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Температура кислорода 28°C. Определить отношение числа молекул этого газа, скорости которых лежат в интервале 798-802 м/с, к числу молекул, скорости которых лежат в интервале 398-402 м/с.

2. Считая, что воздух на поверхности Земли находится при нормальных условиях, определить отношение давления воздуха на высоте 4 км к давлению на дне шахты глубиной 4 км. Считайте, температура воздуха от высоты не зависит.

3. Какова наивероятнейшая скорость при температуре 227°C молекул метана CH_4 ?

4. Для игры в домино используют 28 игровых костей. Перед началом игры каждый играющий берёт себе по 7 костей, выбирая их случайным образом из общего числа костей. Какова вероятность того, что один из игроков получит только один /всё равно какой/ дупель?
 $/C^1_7 C^6_{21} / C^7_{28} = 0,321/$

5. На какой высоте над уровнем моря плотность воздуха уменьшится в 2 раза?

Вариант 22

Распределение Максвелла, Больцмана

1. На какую часть общего числа молекул некоторого газа составляют молекулы, модули скоростей которые отличаются не более чем на 5% от наиболее вероятной скорости?

2. Показания барометра на вершине горы «Пик Ленина» на Памире составляют 47% от показания барометра у подножия горы. Определить высоту этой вершины, если температура воздуха 0°C.

3. Найти температуру, при которой средняя квадратичная скорость молекул азота больше средней скорости на 50 м/с

4. Какова вероятность угадать все 6 номеров, играя в Спортлото 6 из 49? $/7,15 \cdot 10^{-8}/$

5. Вблизи поверхности Земли отношение объёмных концентраций кислорода и углекислого газа CO_2 в воздухе равно 20,95/0,03=698,33. Полагая температуру равной 0°C, определить это отношение на высоте 10 км.

Вариант 23

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Покажите, что доля молекул, скорости которых лежат в интервале между средней и средней квадратичной скоростями, не меняется при изменении температуры.

2. На какой высоте плотность воздуха уменьшится в 3 раза по сравнению плотностью воздуха на уровне моря? Температура воздуха 300К.

3. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднюю квадратичную скорости молекул кислорода при 20°C.

4. Кубик, все грани которого окрашены, распилен на 1000 одинаковых маленьких кубиков. Все маленькие кубики тщательно перемешаны. Определить вероятность вытащить кубик, у которого окрашены две грани. /0,384/

5. На какой высоте давление воздуха составляет 75% от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0°C.

Вариант 24

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Температура водорода 550 К. Определить отношение числа молекул, компоненты скоростей которых лежат в интервале от 1500 до 1510 м/с. К числу молекул, компоненты скоростей которых лежат в интервале от 1500 до 1510 м/с.

2. Определить объём частицы в опыте Перрена, если среднее число частиц в нижнем слое равно 3, в верхнем слое –2, расстояние между слоями равно 40 микрон, плотность растворенной краски 1650 кг/м³, температура окружающей среды 20°C.

3. Средняя энергия молекул неона равна $5 \cdot 10^{-21}$ Дж. Определить среднюю арифметическую скорость молекул неона при тех же условиях.

4. В ящике лежат тщательно перемешанные шары, отличающиеся друг от друга цветом: 60 красных, 50 белых, 90 синих. Какова вероятность вытащить 1 красный и 1 белый шары одновременно? /0,075/

5. Каково число молекул в единице объёма воздуха на высоте 2 км, если давление на уровне моря 101 кПа, а температура воздуха 10°C и не меняется с высотой.

Вариант 25

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Температура гелия 300К. Определить, какую часть от общего числа молекул составляют молекулы, модули скоростей которых отличаются от наиболее вероятной не более чем на 5м/с.
2. Вычислить массу азота в 1 м^3 воздуха на уровне моря и на высоте 5500м. Температура воздуха и давление на уровне моря равны соответственно 0°C и 1010 мбар. (1 мбар = 100 Па)
3. Вычислить среднюю арифметическую, среднюю квадратичную, наиболее вероятную скорости и скорость, соответствующую максимуму функции распределения для кислорода при 500°C .
4. Два стрелка одновременно, но независимо стреляют в одну цель. Найти вероятность поражения цели, если вероятность попадания в цель первым и вторым стрелками равны соответственно 0,9 и 0,6. Цель считается поражённой, если в неё попадёт хотя бы один стрелок. /0,96/
5. При подъёме вертолёта на некоторую высоту барометр, находящийся в его кабине, изменил показания на 11 кПа, на какой высоте летит вертолёт, если на взлётной площадке барометр показывал 0,1 МПа? Температура воздуха постоянная и равна 17°C .

Вариант 26

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Определить отношение числа молекул газа, скорости которых отличаются от наиболее вероятной скорости не более чем на 5 м/с при температуре T , к числу молекул того же газа, скорости которых отличаются на ту же величину от наиболее вероятной скорости, но при температуре $2T$.
2. Вычислить давление воздуха на высоте 5 км при -25°C , если давление на уровне моря равно 1015 мбар. (1 мбар = 100 Па)
3. При какой температуре воздуха среднее средние скорости молекул водорода и хлора отличаются на 30м/с?
4. Кубик, все грани которого окрашены, распилен на 27 маленьких кубиков. Все маленькие кубики сложены в мешок и тщательно перемешаны. Определить вероятность того, что кубик, извлечённый «на удачу» из мешка, будет иметь окрашенными четыре грани.
5. На поверхности Земли барометр показывает 101 кПа. Каково будет показание барометра при подъёме его на высоту 5000 м? Температура воздуха 7°C ?

Вариант 27

Распределение Максвелла, Больцмана

1. Какая часть от общего числа молекул некоторого газа составляют молекулы, модули скоростей которых отличаются не более чем на 2% от средней квадратичной скорости?

2. Определить высоту горы, если давление на её вершине составляет 60% давления у её подножия, а температура воздуха -13°C .

3. Наиболее вероятная скорость молекул некоторого газа равна 1820 м/с. Какой это газ? Какова средняя арифметическая скорость молекул, если температура газа 127°C ?

4. В ящике лежат тщательно перемешанные шары, отличающиеся друг от друга только цветом: 60 красных, 50 белых, 90 чёрных. Какова вероятность вынуть 1 красный, 1 белый и 2 чёрных шара одновременно? $/0,519 \cdot 10^{-2}/$

5. На какой высоте плотность кислорода уменьшается на 1%? Температура кислорода 27°C .

Вариант 1.

Первое начало термодинамики

1.1. Один киломоль воздуха при давлении $P_1 = 10^6$ Па и температуре $T_1 = 390$ К изохорически изменяет давление так, что его внутренняя энергия изменяется на $\Delta U = -71,7$ кДж, затем изобарически расширяется и совершает работу $A = 745$ кДж. Определить параметры воздуха (считать $C_v = 721$ Дж/кг К).

1.2. Каковы удельные теплоемкости C_p и C_v смеси газов, содержащей кислород массой 20 г и водород массой 30 г?

1.3. Расширяясь, 1 моль водорода совершил работу, равную 10 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу, если газ расширился изобарически?

Вариант 2.

Первое начало термодинамики

2.1. При изобарическом сжатии азота была совершена работа, равная 12 кДж. Определить затраченное количество теплоты и изменение внутренней энергии газа.

2.2. При изотермическом расширении водорода массой $m = 1$ г, имевшего температуру $T = 280$ К, объем газа увеличился в 3 раза. Определить работу расширения газа.

2.3. Баллон емкостью 10 л с кислородом при давлении $8 \cdot 10^6$ Па и температуре 0°C нагревается до $15,5^\circ\text{C}$. Какое количество теплоты при этом поглощается газом?

Вариант 3.

Первое начало термодинамики

3.1. Определить работу расширения 7 кг водорода при постоянном давлении и количество теплоты, переданное водороду, если в процессе нагревания температура газа повысилась на 200°C .

3.2. На сколько больше теплоты нужно сообщить 12 кг кислорода (O_2), чтобы нагреть его от 20 до 70°C при постоянном давлении, чем для нагрева этой же массы кислорода при постоянном объеме?

3.3. Расширяясь, 1 моль водорода совершил работу, равную 10 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу, если газ расширялся изобарически?

Вариант 4.

Первое начало термодинамики

4.1. Газ при постоянном давлении был нагрет от температуры $t_1 = 70^\circ\text{C}$ до $t_2 = 107^\circ\text{C}$. Определить работу изобарического расширения газа, если в начале нагревания 8 м^3 газа находились под давлением $0,5 \cdot 10^6$ Па.

4.2. Работа, совершаемая 1 молем водорода равна 15 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу, если газ расширялся изотермически?

4.3. Каковы удельные теплоемкости C_p и C_v смеси газов, содержащей кислород массой 10 г и азот массой 20 г?

Вариант 5.

Первое начало термодинамики

5.1. Какое количество теплоты потребуется для нагревания 5 м^3 окиси углерода (CO) от температуры 0°C до 220°C , если газ находится в цилиндрическом сосуде, закрытом сверху легко скользящим невесомым поршнем? Атмосферное давление $9,35 \cdot 10^5$ Па.

5.2. При постоянном давлении нагревают 200г азота от 20 до 100°C . Определить работу, производимую газом.

5.3. При нормальных условиях некоторый газ имеет удельный объем, равный $0,348 \text{ м}^3/\text{кг}$. Определить, чему равны удельные теплоемкости C_p и C_v .

Вариант 6.

Первое начало термодинамики

6.1. Одноатомный газ занимает объем 4 м^3 и находится под давлением $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. После изотермического расширения этого газа установилось давление 1 атм . Определить работу, совершенную газом в процессе расширения; какое количество теплоты было поглощено газом в процессе расширения; на сколько при этом изменилась внутренняя энергия газа.

6.2. Некоторый газ при нормальных условиях имеет плотность $0,0894 \text{ кг/м}^3$. Определить его удельные теплоемкости C_p и C_v , а также какой это газ.

6.3. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г , взятого при температуре 290 К , если объем газа увеличился в 3 раза?

Вариант 7.

Первое начало термодинамики

7.1. При постоянном давлении 12 м^3 водяных паров были нагреты от температуры 127°С до 227°С . Начальное давление водяных паров $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания, если $C_p = 33700 \text{ Дж/кмоль К}$.

7.2. Азот массой 200 г расширяется изотермически при температуре 280 К , причем объем газа увеличивается в 2 раза. Найти совершенную при расширении работу газа.

7.3. При температуре 270°С $2,5 \text{ кг}$ некоторого газа занимают объем $0,8 \text{ м}^3$. Определить давление газа, если удельная теплоемкость $C_p = 519 \text{ Дж/кг К}$ и $\gamma = 1,6$?

Вариант 8.

Первое начало термодинамики

8.1. В цилиндре диаметром $d = 20 \text{ см}$ и высотой $h = 42 \text{ см}$ с подвижным поршнем находится газ под давлением $12 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температуре 300°С . Определить работу, совершаемую газом при снижении температуры до 10°С при постоянном давлении.

8.2. На нагревание кислорода массой $m = 160 \text{ г}$ на $\Delta T = 12 \text{ К}$ было затрачено количество теплоты $Q = 1,76 \text{ кДж}$. Как протекал процесс: при постоянном объеме или постоянном давлении?

8.3. В изотермическом процессе расширения $1,2 \text{ кг}$ азота (N_2) было сообщено 1200 кДж теплоты. Определить, как изменилось давление азота, если начальная температура его была 7°С .

Вариант 9.

Первое начало термодинамики

9.1. До какой температуры охладится водород, взятый при -3°C , если объем его адиабатически увеличился в 3 раза?

9.2. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты 21 кДж. Определить работу, которую совершил при этом газ и изменение его внутренней энергии.

9.3. Смешано 40 г водорода с 32 г кислорода. Удельные теплоемкости этих газов соответственно равны $C_p = 14,2 \cdot 10^3$ Дж/кг К для водорода и $C_p = 912$ Дж/кг К для кислорода. Определите: потерю тепла при охлаждении смеси на 30°C при постоянном объеме и удельную теплоемкость смеси C_v .

Вариант 10.

Первое начало термодинамики

10.1. Газ объемом 2 м^3 при изотермическом расширении изменяет давление от $12 \cdot 10^5$ Па до $2 \cdot 10^5$ Па. Определить работу расширения.

10.2. Углекислый газ находится в баллоне емкостью $V = 20,5$ л при температуре $t = 0^{\circ}\text{C}$ и давлении $P = 5 \cdot 10^5$ Па. Определить температуру и давление, если газ получит $1,25 \cdot 10^4$ Дж теплоты.

10.3. Газ ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) при температуре 200°C имеет удельную теплоемкость при постоянном давлении $C_p = 1787$ Дж/кг К. Определить C_p/C_v и удельный объем газа, если давление его $P = 1,8 \cdot 10^5$ Па.

Вариант 11.

Первое начало термодинамики

11.1. Какая часть количества теплоты, подводимой к идеальному газу при изобарическом процессе, расходуется на увеличение внутренней энергии газа и какая часть \sim на работу, совершаемую газом при расширении, если газ одноатомный?

11.2. При изотермическом расширении 2 кг водорода, взятых при давлении $6 \cdot 10^5$ Па и объеме $8,31\text{ м}^3$, была совершена работа $5,47 \cdot 10^2$ кДж. Определить конечные параметры водорода, если после изотермического расширения газ адиабатически сжат, причем была совершена та же работа, что и при расширении.

11.3. Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается. Его объем увеличивается от 1 м^3 до 3 м^3 . Определить количество теплоты, сообщенное газу.

Вариант 12.**Первое начало термодинамики**

12.1. Азот (N_2) адиабатически расширяясь, совершает работу, равную 480 кДж. Определить конечную температуру газа, если до расширения он имел температуру 352 К. Масса азота 12 кг. Теплоемкость считать постоянной.

12.2. Гелий массой 1 кг был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Определить работу расширения.

12.3. При изотермическом расширении одного моля водорода, имеющего температуру 27 $^{\circ}$ С, газ поглотил 1740 Дж теплоты. Во сколько раз увеличился при этом объем газа?

Вариант 13.**Первое начало термодинамики**

13.1. Двухатомный газ первоначально имеет объем 50 л и его давление равно $3 \cdot 10^5$ Па. Газ нагревают изотермически до тех пор, пока давление не удвоится. Определить работу, производимую газом.

13.2. Азот массой 2 кг при температуре 7 $^{\circ}$ С занимает объем 830 дм 3 . В конце адиабатического сжатия температура возросла до 227 $^{\circ}$ С, а давление увеличилось до $15,2 \cdot 10^5$ Па. Определить показатель адиабаты.

13.3. Водород массой 10 г нагрели на 200 К, причем газу было передано количество теплоты 40 кДж. Найти изменение внутренней энергии водорода.

Вариант 14.**Первое начало термодинамики**

14.1. При изотермическом расширении кислорода, содержащего 1 моль вещества и имеющего температуру 300 К, газу передано количество теплоты 2 кДж. Во сколько раз увеличился объем газа?

14.2. При сжатии 2 кг кислорода по политропическому закону ($n=0,7$) подводится 352 кДж теплоты. Определить изменение внутренней энергии в этом процессе, если отношение теплоемкостей $C_p/C_v = \gamma = 1,4$ и теплоемкость $C_p = 912$ Дж/кг К.

14.3. Расширяясь, 2 моля водорода совершили работу, равную 20 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу, если газ расширялся изотермически?

Вариант 15.**Первое начало термодинамики**

15.1. Два моля кислорода очень медленно переводятся из состоя-

ния 1 в состояние 2. Определить работу, совершаемую газом, если в координатах PV процесс изображается прямой линией. В состоянии 1 газ характеризуется параметрами $P_1 = 1$ атм., $V_1 = 24,6$ л, $T_1 = 300$ К, а в состоянии 2- параметрами $P_2 = 3P_1$, $V_2 = 2V_1$.

15.2. Кислород массой 4 кг занимает объем 2 м^3 и находится под давлением $P_1 = 0,3$ МПа. Газ был нагрет при постоянном давлении до объема $V_2 = 4 \text{ м}^3$. Найти изменение внутренней энергии газа и количество теплоты, переданное газу.

15.3. Вычислить удельные теплоемкости C_p и C_v гелия и углекислого газа.

Вариант 16.

Первое начало термодинамики

16.1. Углекислый газ (CO_2), начальная температура которого 360 К, адиабатически сжимается до $1/20$ своего первоначального объема. Определить изменение внутренней энергии и совершаемую при этом работу, если масса газа 20 г.

16.2. Какое количество теплоты выделится, если азот массой 1 г, взятый при температуре 280 К под давлением $P_1 = 0,1$ МПа, изотермически сжать до давления $P_2 = 1$ МПа?

16.3. Определить удельные теплоемкости C_p и C_v окиси углерода (CO_2).

Вариант 17.

Первое начало термодинамики

17.1. Какое количество теплоты выделится, если 1 г азота, взятого при температуре 0°C под давлением $1,0 \cdot 10^5$ Па, изотермически сжать до давления $1,0 \cdot 10^6$ Па?

17.2. В цилиндре диаметром $d = 20$ см и высотой $h = 42$ см с подвижным поршнем находится газ под давлением $12 \cdot 10^5$ Па при температуре 300°C . Определить работу, совершаемую газом при снижении температуры до 100°C при постоянном давлении.

17.3. Воздух, занимавший объем 10 л при давлении $P_1 = 100$ кПа был адиабатически сжат до объема 1 л. Под каким давлением находится воздух после сжатия?

Вариант 18.

Первое начало термодинамики

18.1. При адиабатическом сжатии газа его объем уменьшился в 10 раз, а давление увеличилось в 21,4 раза. Определить отношение C_p/C_v

теплоемкостей газа.

18.2. При изотермическом сжатии 2.8 кг окиси углерода объем его уменьшился в 4 раза. Определить работу сжатия газа, если температура газа 7°C .

18.3. При изобарическом расширении 1 моль некоторого газа, занимавшего объем 12 л при давлении 200 кПа, было подведено к газу 2750 Дж теплоты. При этом газ совершил работу 1199 Дж. Определить параметры газа в конечном состоянии.

Вариант 19.

Первое начало термодинамики

19.1. Некоторое количество азота, заключенного в цилиндре под поршнем, бесконечно медленно переводят из состояния 1 с параметрами V_1 и P_1 , в состояние 2 с параметрами $V_2 = V_1/3$, $P_2 = 4P_1$. На графике зависимости давления от объема процесс изображается прямой линией. Определить изменение внутренней энергии газа.

19.2. При изотермическом процессе расширения 1,2 кг азота, газу было сообщено 1200 кДж теплоты. Определить, как изменилось давление азота, если начальная температура его была 27°C .

19.3. Водород при нормальных условиях имел объем 100 м^3 . Найти изменение внутренней энергии газа при его адиабатическом расширении до объема 200 м^3 .

Вариант 20.

Первое начало термодинамики

20.1. В цилиндре под поршнем находится водород массой 0,02 кг, при температуре 300 К. Водород сначала расширился адиабатически, увеличив свой объем в 5 раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в 5 раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения и полную работу, совершенную газом. Изобразить процесс графически.

20.2. При изобарическом сжатии водорода была совершена работа 10 кДж. Определить затраченное количество теплоты и изменение внутренней энергии газа.

20.3. Определить молярную массу трехатомного газа, имеющего удельную теплоемкость при постоянном давлении $C_p = 725\text{ Дж/кг К}$.

Вариант 21.

Первое начало термодинамики

21.1. В закрытом сосуде объемом 2 л находится азот, плотность

которого $1,4 \text{ кг/м}^3$. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы нагреть его в этих условиях на 100°C ?

21.2. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на 72 K , сообщив ему количество тепла $1,6 \text{ кДж}$. Найти совершенную газом работу и приращение его внутренней энергии.

21.3. Чему равны удельные теплоемкости некоторого двухатомного газа, если плотность этого газа при нормальных условиях равна $1,43 \text{ кг/м}^3$?

Вариант 22.

Первое начало термодинамики

22.1. Для нагревания некоторого количества газа на 50°C при постоянном давлении необходимо затратить 160 калорий теплоты. Если это же количество газа охладить на 100°C при постоянном объеме, то выделится 240 калорий. Какое число степеней свободы имеют молекулы этого газа?

22.2. Какое количество тепла необходимо сообщить азоту при его изобарическом нагревании, чтобы газ совершил работу 2 Дж ?

22.3. Вычислить величину C_p/C_v для газовой смеси, состоящей из 2 молей кислорода и 3 молей углекислого газа. Газы считать идеальными.

Вариант 23.

Первое начало термодинамики

23.1. Два моля идеального газа при температуре 300 K охладили изохорически, вследствие чего его давление уменьшилось в 2 раза. Затем газ изобарически расширили так, что в конечном состоянии его температура стала равной первоначальной. Найти количество тепла, поглощенного в данном процессе.

23.2. Один моль кислорода, находящегося при температуре 290 K , адиабатически сжали так, что его давление возросло в 10 раз. Найти работу, которая была совершена над газом.

23.3. Найти отношение C_p/C_v для газовой смеси, состоящей из 8 г гелия и 16 г кислорода.

Вариант 24.

Первое начало термодинамики

24.1. Газообразный водород, находившийся при нормальных условиях в закрытом сосуде объемом $V = 5,0 \text{ л}$, охладил на 55 K . Найти приращение внутренней энергии газа и количество отданного им тепла.

24.2 Три моля идеального газа, находившегося при температуре 273 К, изотермически расширили в 5 раз, а затем изохорически нагрели так, что в конечном состоянии его давление стало равным первоначальному. За весь процесс газу сообщили количество тепла 80 кДж. Найти величину C_p/C_v для этого газа.

24.3. Для трехатомного газа, имеющего удельную теплоемкость при постоянном давлении $C_p = 725$ Дж/кг К определить молярную массу

Вариант 25.

Первое начало термодинамики

25.1. 2 л азота находятся под давлением 10^5 Па. Какое количество тепла надо сообщить азоту, чтобы при постоянном давлении объем увеличить в 2 раза, а затем при постоянном объеме давление увеличить в 3 раза?

25.2. Идеальный газ с показателем адиабаты γ расширили по закону $P = \alpha V$, где α - постоянная. В результате расширения объем газа увеличился в n раз. Найти работу, совершенную газом.

25.3. Найти отношение C_p/C_v для газовой смеси, состоящей из 6 г гелия и 20 г водорода.

Вариант 26.

Первое начало термодинамики

26.1. 12 г азота находятся в закрытом сосуде объемом 2 л при температуре 10^0 С. После нагревания давление в сосуде стало равно 10^4 мм.рт.ст. Какое количество тепла было сообщено газу при нагревании?

26.2. Некоторая масса двухатомного газа подвергается сжатию один раз изотермически, другой раз адиабатически. Начальные температуры и давление сжимаемого газа одинаковы. Конечное давление оба раза в n раз больше начального. Найти отношение работ сжатия при адиабатическом и изотермическом процессах при $n=2$.

26.3. Найти удельные теплоемкости C_p и C_v некоторого газа, если известно, что масса одного киломоля этого газа равна 30 кг/кмоль и отношение $C_p/C_v=1,4$.

Вариант 1.

Второе начало термодинамики

1.1. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 3 раза выше температуры холодильника. Какую часть теплоты, полученной от нагревателя за цикл, газ отдает холодильнику?

1.2. Над одним киломолем идеального газа совершают работу по

циклу, состоящему из двух изохор и двух изобар, причем точки 2 и 4 цикла лежат на одной изотерме, а температура в точках 1 и 3 равны T_1 и T_3 . Определить работу за цикл.

1.3. При нагревании 8 г аргона его абсолютная температура увеличилась в 2 раза. Определить изменение энтропии при изохорическом и изобарическом нагревании.

Вариант 2.

Второе начало термодинамики

2.1. В результате кругового процесса газ совершает работу 2 кДж и передает холодильнику 8,4 кДж теплоты. Определить КПД цикла.

2.2. 1 кг воздуха совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Начальный объем газа 80 дм^3 , давление меняется от 1,2 до 1,4 МПа. Температура $t_3=150^\circ\text{C}$. Определить КПД цикла.

2.3. 1 кмоль гелия, изобарически расширяясь, увеличил объем в 4 раза. Найти изменение энтропии при этом расширении.

Вариант 3.

Второе начало термодинамики

3.1 Идеальный двухатомный газ совершает цикл Карно. Объемы в начале и в конце адиабатического расширения равны соответственно 12 и 16 л. Определить КПД цикла.

3.2. Идеальный двухатомный газ, содержащий 2 кмоль, совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Определить количество тепла, отданное холодильнику за цикл, количество тепла, полученное от нагревателя, работу за цикл, КПД цикла, если давление за цикл изменяется от 2 кПа до 6 кПа, а объем изменяется от 3 м^3 до 4 м^3 .

3.3. Кусок льда массой 200 г, взятый при температуре -10°C , был нагрет до температуры 0°C и расплавлен, после чего образовавшаяся вода нагрета до 10°C . Определить изменение энтропии.

Вариант 4.

Второе начало термодинамики

4.1. Наименьший объем газа, совершающего цикл Карно, равен 153 л. Определить наибольший объем, если объем в конце изотермического расширения равен 600 л, а в конце изотермического сжатия 189 л.

4.2. Одноатомный газ, содержащий 0,1 кмоль под давлением 1 атм, занимает объем 5 м^3 . Газ изобарно сжали до объема 1 м^3 , а затем сжали адиабатически и расширили при постоянной температуре до начальных объема и давления. Определить работу за цикл, КПД цикла.

4.3. Смешали воду массой 2 кг при температуре 280 К с водой массой 8 кг при температуре 320 К. Найти температуру смеси и изменение энтропии.

Вариант 5.

Второе начало термодинамики

5.1. Одноатомный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 8 раз больше температуры холодильника. Какую часть тепла, полученного от нагревателя, газ передает холодильнику?

5.2. 1 кмоль идеального газа при давлении 0,1 МПа и температуре 300 К нагревают при постоянном объеме до давления 0,2 МПа. После этого газ изотермически расширился до первоначального давления и затем изобарически сжат до начального объема. Определить температуру газа для характерных точек цикла и КПД цикла.

5.3. Водород массой 100 г нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, затем водород изохорически охлажден так, что давление его уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии.

Вариант 6.

Второе начало термодинамики

6.1. Идеальный газ совершает цикл Карно. $2/3$ количества теплоты, полученной от нагревателя, передается холодильнику. Температура холодильника 320 К. Определить температуру нагревателя.

6.2. Идеальный многоатомный газ совершает цикл Карно, состоящий из двух изохор и двух изобар, причем наибольшее давление газа в 2 раза больше наименьшего, а наибольший объем в 4 раза больше наименьшего. Определить КПД цикла.

6.3. Лед массой 2 кг при температуре 0°C был превращен в воду той же температуры с помощью пара, имеющего температуру 100°C . Определить массу израсходованного пара и изменение энтропии.

Вариант 7.

Второе начало термодинамики

7.1. Газ в результате кругового процесса совершил работу 5 Дж и передал холодильнику 12 Дж тепла. Определить КПД цикла.

7.2. 1 кмоль двухатомного газа совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Начальное состояние газа характеризуется параметрами $P_1=12$ кПа, $V_1=2$ л. Максимальное давление за цикл $P_{\max}=20$ кПа, максимальный объем за цикл $V_{\max}=3$ л. Определить КПД цикла.

7.3. Найти изменение энтропии при изотермическом расширении 2 кг кислорода от объема V до $5V$.

Вариант 8.

Второе начало термодинамики

8.1. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя 320 К. Температура холодильника 140 К. При изотермическом расширении газ совершает работу 100 Дж. Определить КПД цикла и количество тепла, отданное холодильнику.

8.2. 2 кмоль газа совершают цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Наименьший объем 10 л, наибольший 20 л, наименьшее давление 246 кПа, наибольшее 410 кПа. Определить КПД цикла.

8.3. Найти изменение энтропии при изобарном процессе расширения азота массой 5 г от объема 5 л до объема 9 л.

Вариант 9.

Второе начало термодинамики

9.1. Тепловую машину, работающую по циклу Карно с КПД 10 %, используют при тех же резервуарах тепла как холодильную машину. Найти КПД холодильной машины.

9.2. Найти КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат, если в пределах цикла объем изменяется в 10 раз. Рабочее тело -- азот.

9.3. Воздух, находящийся при температуре 30°C и давлении 0,1 МПа, изохорически сжали так, что его объем уменьшился в 10 раз. Определить изменение энтропии.

Вариант 10.

Второе начало термодинамики

10.1. В каком случае КПД цикла Карно повысится больше: при увеличении температуры нагревателя на ΔT или при уменьшении температуры холодильника на ту же величину?

10.2. Найти КПД цикла, состоящего из двух изохор и двух изотерм, если в пределах цикла объем изменяется в ν раз, а температура в m раз. Рабочее тело с показателем адиабаты γ .

10.3. Определить изменение энтропии при затвердевании 1 кг ртути при температуре затвердевания $-38,9^{\circ}\text{C}$.

Вариант 11.

Второе начало термодинамики

11.1. Водород совершает цикл Карно. Найти КПД цикла, если при

адиабатном расширении объем увеличился в 2 раза.

11.2. Найти КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление меняется в 10 раз. Рабочим телом является водород.

11.3. До какой температуры нужно нагреть 4 кг кислорода, находящегося при 227°C , не меняя его объема, чтобы изменить энтропию кислорода на $1,31 \text{ кДж/К}$?

Вариант 12.

Второе начало термодинамики

12.1. Температура нагревателя 227°C , температура холодильника 127°C . Во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя, чтобы КПД машины увеличить в 3 раза, если машина работает по циклу Карно?

12.2. В двигателях внутреннего сгорания цикл состоит из двух изохор и двух адиабат. Двухатомный газ сжимают до объема 2 л. Ход и диаметр поршня равны соответственно 40 и 25 см. Определить КПД цикла.

12.3. 1 кг кислорода при давлении 0,5 МПа и температуре 127°C изобарически расширяясь, увеличивает объем в 2 раза, а затем изотермически сжимается до давления 4 МПа. Определить суммарное изменение энтропии.

Вариант 13.

Второе начало термодинамики

13.1. Определить КПД цикла Карно, совершаемого трехатомным газом, если при адиабатическом расширении объем газа увеличился от 6 до 7 л.

13.2. Идеальный многоатомный газ нагревается при постоянном объеме так, что его давление возрастает в 2 раза. После этого газ адиабатически расширяется до первоначального давления и затем изобарически сжимается до начального объема. Определить КПД цикла.

13.3. 1 кг воздуха сжимают адиабатически так, что объем его уменьшился в 6 раз, а затем при постоянном объеме давление повышают в 1,5 раза. Найти изменение энтропии.

Вариант 14.

Второе начало термодинамики

14.1. Какую работу совершают внешние силы в идеальной машине, работающей по обратному циклу Карно, чтобы забрать от холодиль-

ника 100 кДж теплоты при -10°C ? Температура охлаждающей воды 10°C .

14.2. 1 кг воздуха совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Объем изменяется от $V_1 = 80 \text{ дм}^3$ до $V_2 = 86,9 \text{ дм}^3$, давление изменяется от $P_1 = 1,2 \text{ МПа}$ до $P_3 = 1,4 \text{ МПа}$, а температура $t_2 = 150^{\circ}\text{C}$. Определить КПД цикла.

14.3. Определить на сколько увеличится энтропия при смешивании 3 кг азота и 2 кг углекислого газа. Температура и давление газов до смешивания одинаковые.

Вариант 15.

Второе начало термодинамики

15.1. Наименьший объем газа, совершающего цикл Карно, 12 дм^3 . Определить наименьший объем, если объем в конце изотермического расширения 60 дм^3 , а в конце изотермического сжатия 19 дм^3 .

15.2. Двухатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьшее давление в 3 раза меньше наибольшего, а наибольший объем в 5 раз больше наименьшего. Определить КПД цикла.

15.3. 1 кмоль идеального газа изотермически расширяют так, что при этом изменение энтропии составляет $5,75 \text{ кДж/К}$. Определить логарифм отношения термодинамических вероятностей начального и конечного состояний, а также отношение начального и конечного давлений газа.

Вариант 16.

Второе начало термодинамики

16.1. Идеальный газ совершает цикл Карно. Газ получил от нагревателя 840 Дж тепла и совершил работу 30 Дж. Найти КПД. Во сколько раз температура нагревателя больше температуры холодильника?

16.2. Идеальный газ с показателем адиабаты γ совершает цикл, в пределах которого температура газа изменяется в n раз. Цикл состоит из трех процессов: изохоры, изобары и процесса, в котором давление пропорционально объему. Определить КПД цикла.

16.3. Камень массой 2,2 кг падает с высоты 13,6 м на землю. Определить вызванное этим процессом изменение энтропии системы камень-земля. Температура среды 20°C .

Вариант 17.

Второе начало термодинамики

17.1. Во сколько раз увеличиться КПД цикла Карно, если температура нагревателя увеличится от 400 до 600 К? Температура холодильника 290 К.

17.2. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изохоры, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс протекает при минимальной температуре цикла. Найти КПД, если температура газа изменяется в пределах цикла в 8 раз.

17.3. Смешивают 4 кг воды при 80°C и 6 кг воды при 20°C . Определить изменение энтропии при этом процессе.

Вариант 18.

Второе начало термодинамики

18.1. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя 420 К, холодильника 250 К. При изотермическом расширении газ совершает работу 200 Дж. Определить КПД цикла и количество тепла, отданное холодильнику.

18.2. Газ совершает цикл, состоящий из чередующихся трех изотерм и трех адиабат. Температура изотермических процессов T_1 , T_2 и T_3 . Найти КПД цикла, если при каждом изотермическом процессе объем газа изменяется в n раз.

18.3. В результате изотермического сжатия 887 дм^3 воздуха, находящегося при температуре 30°C и давлении 0,1 МПа, энтропия уменьшилась на 673 Дж/К. Определить объем воздуха в конце процесса.

Вариант 19.

Второе начало термодинамики

19.1. Водород совершает цикл Карно. Найти КПД цикла, если при адиабатном расширении давление уменьшается в n раз.

19.2. Идеальный трехатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Найти КПД цикла, если как при изохорном, так и при изобарном расширении температура газа повышается в 5 раз.

19.3. Струя водяного пара при 100°C , направленная на глыбу льда массой 4 кг при температуре -20°C , растопила ее и нагрела получившуюся воду до 60°C . Найти изменение энтропии при этом процессе.

Вариант 20.

Второе начало термодинамики

20.1. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 3 раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 420 Дж

тепла. Какую работу совершил газ?

20.2. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изобары, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс протекает при минимальной для цикла температуре. Найти КПД цикла, если температура в пределах цикла меняется в n раз.

20.3. Определить изменение энтропии 1 кг углекислого газа в процессе сжатия от 0,2 МПа при температуре 40°C до 4,5 МПа при температуре 253°C .

Вариант 21.

Второе начало термодинамики

21.1. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 8 раз больше температуры холодильника. Какую долю тепла, полученного от нагревателя, газ отдает холодильнику?

21.2. Определить КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух изотерм, если в пределах цикла давление изменяется в 3 раза, а температура - в 8 раз. Рабочее тело - азот.

21.3. 1 кмоль воздуха сжимают от V до $V/2$ сначала изотермически, а затем адиабатически. Найти изменение энтропии.

Вариант 22.

Второе начало термодинамики

22.1. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения равна 10 Дж. Определить работу изотермического сжатия, если КПД цикла 18 %.

22.2. Кислород совершает цикл, состоящий из изобары, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс протекает при максимальной для цикла температуре, температура в цикле меняется в 6 раз. Определить КПД цикла.

22.3. Найти изменение энтропии при превращении 200 г льда, находящегося при -10°C в воду и последующем нагревании воды до кипения.

Вариант 23.**Второе начало термодинамики**

23.1. Наименьший объем газа, совершающего цикл Карно, 1,5 л. Определить КПД цикла, если наибольший объем в конце изотермического расширения 6 л, а в конце изотермического сжатия 1,8 л.

23.2. Водород совершает цикл, состоящий из адиабаты, изобары и изохоры. Найти КПД цикла, если при адиабатическом процессе объем уменьшился в 8 раз.

23.3. Идеальный газ, расширяясь изотермически при $T=400\text{ К}$, совершает работу 800 Дж. Что происходит с энтропией?

Вариант 24.**Второе начало термодинамики**

24.1. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в 6 раз больше температуры холодильника. Какую часть тепла, полученного от нагревателя, газ отдает холодильнику за цикл?

24.2. Вычислить КПД цикла, состоящего из изотермы, изобары и изохоры, если при изотермическом сжатии объем кислорода уменьшился в 4 раза.

24.3. Энтропия 1 кмоль кислорода при 25° С и давлении 10 Па равна 204,8 Дж/моль К. В результате изотермического расширения объем увеличился в 2 раза. Найти энтропию в конечном состоянии.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.

Методические указания

Составители: Антон Григорьевич Власов
Надежда Степановна Кравченко
Владимир Александрович Крыхтин

Подписано к печати 10.01.06
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать RISO. Усл.печ.л.2,21. Уч.-изд.л. 2,00.
Тираж 100 экз. Заказ № . Цена свободная.
Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.