5 Молекулярно-кинетическая теория

5.1 Молекулярное строение вещества

5.1.1^0 Почему газ сжать легче, чем жидкость или твердое тело?

5.1.2^0 Если молекулы движутся непрерывно и хаотично, почему твердые тела не распадаются на молекулы?

5.1.3^0 Как изменилось бы давление в сосуде с газом, если бы внезапно исчезли силы притяжения между его молекулами?

5.1.4 Какое количество вещества содержится в 300 г воды?

5.1.5 Какое количество вещества содержится в железное детали массой 56 кг?

5.1.6 Какова масса 30 молей серной кислоты?

5.1.7 Какова масса 3 молей поваренной соли?

5.1.8 Какой объем занимают 12 молей алюминия?

5.1.9 Какой объем занимают 100 молей ртути?

5.1.10 Сколько атомов содержится в 250 г гелия?

5.1.11 Сколько атомов содержится в серебряной ложке массой 54г?

5.1.12 Сколько молекул содержится в 2 г кислорода?

5.1.13 Сравните число атомов в стальной и алюминиевой ложках равного объема.

5.1.14 Вода из стакана полностью испарилась за 20 суток. Сколько молекул в среднем за сутки испарялось с поверхности воды? Первоначальная масса воды в стакане была 200 г.

5.1.15 При никелировании изделия его покрывают слоем никеля толщиной 1,5 мкм. Сколько атомов никеля содержится в покрытии, если площадь поверхности изделия равна 400 см^2?

5.1.16 На изделие, поверхность которого равна 25 см^2, нанесен слой хрома толщиной 2 мкм. Сколько атомов хрома содержит покрытие?

5.1.17 В озеро, имеющее среднюю глубину 10 м и площадь поверхности 20 км^2, бросили кристаллик поваренной соли массой 0,01 г. Сколько ионов натрия этой соли оказалось бы в наперстке воды объемом 2 см^3, зачерпнутой из озера, если предположить, что соль, растворившись, равномерно распределилась по всему объему воды?

5.1.18 Капля масла объемом 0,003 мм^3 растеклась по поверхности воды тонким слоем и заняла площадь 300 см^2. Принимая толщину слоя равной диаметру молекулы масла, определите их диаметр.

Physics.spb.ru

5.2 Закон Бойля-Мариотта

5.2.1 Газ изотермически сжимают от объема 10 л до объема 4 л. Давление при этом увеличилось на 3 атм. Найти какое давление было в газе при объеме 8 л.

5.2.2 При постоянной температуре объем газа увеличили на 125% от первоначального. На сколько процентов изменилось давление газа?

5.2.3 В вертикально поставленный цилиндр площадью основания 40 см^2 вставлен поршень, под которым находится столб воздуха высотой 60 см. Насколько опустится поршень, если на него поставить груз массой 10 кг? Масса поршня 2 кг, атмосферное давление нормальное.

5.2.4 На какой глубине находился пузырек воздуха, если его объем при всплытии у поверхности воды оказался в 1,5 раза больше, чем под водой? Атмосферное давление у поверхности воды равно 760 мм.рт.ст.

5.2.5 Стеклянный сосуд наполнен воздухом при давлении 200 мм.рт.ст. Объем сосуда 1000 см^3. Какой объем воды войдет в сосуд, если в нем сделать отверстие на глубине 2 м от поверхности воды? Атмосферное давление 800 мм.рт.ст.

5.2.6 В закрытом цилиндрическом сосуде постоянного сечения 1 см^2 находится газ при давлении 10 мм.рт.ст. Если сосуд расположить горизонтально, то находящийся внутри сосуда поршень делит объем сосуда в отношении 1:2. Если же сосуд поставить вертикально, то поршень установится посередине. Найти массу поршня, считая температуру постоянной.

5.2.7 Посередине откаченной и запаянной с обоих концов горизонтальной трубки длиной $L =$ 1 м находится столбик ртути длиной $l = 20$ см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместиться на $\Delta l = 10$ см. До какого давления была откачана трубка? Плотности ртути $\rho = 1,36 \cdot 10^4$кг/м^3.

5.2.8 Запаянная с обоих концов горизонтально расположенная стеклянная трубка разделена столбиком ртути на две равные части. Длина каждого столбика воздуха 20 см. Давление $p_0 = 750$ мм.рт.ст. Если трубку поставить вертикально, ртутный столбик опускается на 2 см. Определить длину столбика ртути.

5.2.9 В сосуд с ртутью опускают открытую стеклянную трубку, оставляя над поверхностью конец длиной $l = 60$см. Затем трубку закрывают и погружают еще на $\Delta l = 30$см. Определить высоту столба воздуха в трубке. Атмосферное давление равно $p_0 = 760$ мм.рт.ст.

5.2.10 Открытую стеклянную трубку длиной $l = 1$м наполовину погружают в ртуть. Затем трубку закрывают пальцем и вынимают. Какой высоты столбик ртути останется в трубке? Атмосферное давление равно $p_0 = 760$ мм.рт.ст.

5.2.11 Стеклянная трубка, запаянная с одного конца, расположена горизонтально. В трубке находится воздух, отделенный от атмосферы столбиком ртути длиной l. Длина трубки $2l$, длина столбика воздуха $l/2$, атмосферное давление p_0. На какое расстояние сместиться ртуть в трубке если: а) трубку поставить вертикально, открытым концом вверх; б) трубку поставить вертикально открытым концом вниз; в) горизонтально расположенную трубку

вращать вокруг вертикально оси, проходящей через открытый конце трубки с угловой скоростью $\sqrt{g/l}$; г) горизонтально расположенную трубку вращать вокруг вертикальной оси, проходящей через закрытый конец трубки с угловой скоростью $\sqrt{g/l}$.

5.2.12 Барометр дает неверные показания, т.к. в него попал пузырек воздуха, который находится на столбиком ртути. При давлении 755 мм.рт.ст барометр показывает 748 мм.рт.ст., а при 740 мм.рт.ст. - 736 мм.рт.ст. Каково показание барометра, если давление равно 760 мм.рт.ст

Physics.spb.ru

5.3 Закон Гей-Люссака и закон Шарля.

5.3.1 При какой температуре находился газ, если при нагревании его на $\Delta t = 22°C$ при постоянном давлении объем увеличился вдвое?

5.3.2 В цилиндре под поршнем находится воздух при давлении 200 кПа и температуре 27°C. Какой массы груз надо положить на поршень после нагревания воздуха до 50°, чтобы объем воздуха в цилиндре остался прежним? Площадь поршня равна 30 см^2.

5.3.3 Воздух в стакане, имеющем высоту 10 см и площадь дна 25 см^2, нагрет до 87°C. Стакан погружен вверх дном в воду так, что его дно находится на уровне поверхности воды. Сколько воды войдет в стакан, когда воздух в стакане примет температуру 17°C? Атмосферное давление считать нормальным.

5.3.4 Резиновую лодку надули ранним утром, когда температура окружающего воздуха была 7°C. На сколько процентов увеличилось давление воздуха в лодке, если днем под лучами солнца он прогрелся до 35°C?

5.3.5 Давление воздуха в автомобильной камере при температуре −13°C было 160 кПа (избыточное над атмосферным). Каким станет давление, если в результате длительного движения автомобиля воздух в автомобильной камере нагрелся до 37°C?

5.3.6 При какой температуре находился газ в закрытом сосуде, если при нагревании его на 140 К давление возросло в 1,5 раза?

5.3.7 При изготовлении электроламп их наполняют инертным газом при температуре 150°C. Под каким давлением должны наполняться лампы, чтобы при температуре 300°C, которая устанавливается при горении лампы, давление не превышало 0,1 МПа?

5.3.8 Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой площадью сечения 2,5 см^2. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, равна 12 Н? Первоначальное давление воздуха в бутылке и наружное давление одинаковы и равны 100 кПа, а начальная температура равна −3°C.

5.3.9 В открытой пробирке, вращающейся в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 10 c^{-1} вокруг вертикальной оси, проходящей через край пробирки, находится столбик ртути длиной $h = 1$ см, центр которого отстоит от оси вращения на расстояние $r = 20$ см. До какой температуры T_2 надо нагреть пробирку, чтобы при увеличении угловой скорости в 4 раза столбик ртути не сместился? Начальную температуру и давление считать нормальными.

PHYSICS.SPB.RU

5.4 Графические задачи на изопроцессы

5.4.1 С некоторой массой газа был проведен циклический процесс (Рис. 1). Перестроить графики в недостающих осях (P,V,T). Определить точки, в которых: а) максимальна и минимальна температура; б) наибольшее и наименьшее давление; в) наибольший и наименьший объем.

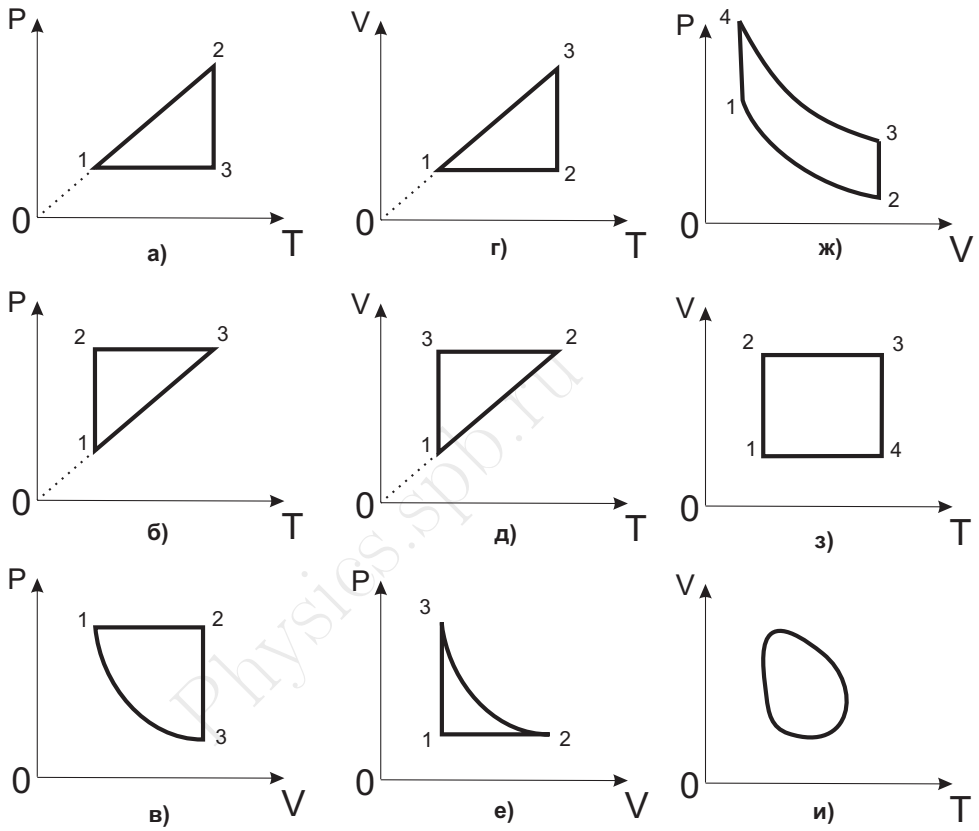

Рис. 1:

Physics.spb.ru

5.5 Уравнение Клапейрона-Менделеева

5.5.1 Определите температуру азота N_2, имеющего массу 2 г, занимающего объем 830 см^3 при давлении 0,2 МПа.

5.5.2 Определите плотность азота при температуре 27°C и давлении 100 кПа.

5.5.3 Газ массой 16 г при давлении 1 МПа и температуре 112°C занимает объем 1,6 л. Определите, какой это газ?

5.5.4 Перед тактом сжатия давление в цилиндре двигателя внутреннего сгорания равно 0,8 атм, а температура 50°C . Определить температуру смеси в конце такта сжатия, если при том ее объем уменьшится в 5 раз, а давление увеличится до 7 атм.

5.5.5 В закрытом сосуде находится газ под давлением 500 кПа. Какое давление установится в этом сосуде, если после открытия крана 4/5 массы газа выйдет наружу?

5.5.6 Температура воздуха в комнате была равна 10°C , а после того как ее натопили, поднялась до 20°C . Объем комнаты 50 м^3. Насколько изменилась масса воздуха, если давление оставалось нормальным атмосферным?

5.5.7 Некоторое количество водорода находится при температуре 200 K и давлении 400 Па. Газ нагревают до температуры 10^4K, при которой молекулы водорода практически полностью распадаются на атомы. Определите давление газа, если объем и масса остались без изменения.

5.5.8 Определить плотность смеси, состоящей из 50 г кислорода и 20 г водорода при температуре 20°C и давлении 0,9 атм.

5.5.9 Сколько молекул содержится в 1 см^3 воздуха при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении?

5.5.10 В баллоне находилось некоторое количество газа при атмосферном давлении 10^5 Па и температуре 10°C . При открытом вентиле баллон был нагрет, после чего вентиль закрыли и газ остыл до температуры 10°C . При этом давление в баллоне упало до $0{,}7{\cdot}10^5$ Па. На сколько градусов нагревали баллон?

5.5.11 Цилиндрический сосуд делится на две равные части тонким подвижным поршнем. Каким будет равновесное положение поршня, когда в одну часть сосуда помещена некоторая масса кислорода, в другую - такая же масса водорода, если длина сосуда $l = 85$ см.

5.5.12 Баллон содержит газ при температуре 27°C и давлении 40 атм. Каково будет давление в баллоне, если из него выпустить половину массы газа, а температуру при этом понизится до 0°C .

5.5.13 В закрытом цилиндрическом сосуде постоянного сечения находится газ при нормальных условиях. Сосуд расположен горизонтально и разделен легкоподвижным поршнем на две части в отношении 1:2. В каком отношении поршень будет делить сосуд, если его меньшую часть нагреть на 27°C , а большую охладить до -127°C .

Physics.spb.ru

5.5.14 Определить массу ртути, которая войдет в стеклянный баллончик объемом $V_1 = 5\text{см}^3$ (Рис. 2), нагретый до $t_1 = 400°\text{C}$, при его остывании до $t_2 = 16°\text{C}$, если плотность ртути при $t = 16°\text{C}$ равна $\rho = 13,6$ г/см^3

5.5.15 В цилиндре под поршнем площадью 100 см^2 находится 28 г азота при температуре 273 К. На сколько поднимется поршень, если газ нагрели на 100 К, а масса поршня равна 100 кг. Атмосферное давление считать нормальным.

5.5.16 В цилиндре, площадь основания которого, равна 100 см^2, находится воздух при температуре 12°C . Атмосферное давление 101 кПа. На высоте $h_1 = 60$ см от основания цилиндра расположен поршень. На сколько опустится поршень, если на него поставить гирю массой 100 кг, а воздух в цилиндре при этом нагреть до 27°C ? Трение поршня о стенки и все самого поршня не учитывать.

5.5.17 Два одинаковых баллона, содержащие газ при 0°C , соединены узкой горизонтальной трубкой диаметром 5 мм, посередине которой находится капелька ртути. Капелька делит весь сосуд на два равных объема по 200 см^3. На какое расстояние переместится капелька, если один баллон нагреть на 2°C , а другой на столько же охладить? Изменением объемов сосудов пренебречь.

5.5.18 Как изменится объем пузырька воздуха при подъеме его со дна озера глубиной 20 м к поверхности воды? Температура на дне равна 10°C , а у поверхности 20°C .

physics.spb.ru

5.6 Комбинированные задачи на газовые законы

5.6.1 Воздушный шар объемом 1000 м^3 наполнен водородом при 20°C . Сколько водорода выйдет из шара, если при неизменном давлении температура повысится до 40°C ?

5.6.2 Сферическая оболочка воздушного шара, сообщающаяся с атмосферой, имеет диаметр 10 м и массу 10 кг. На сколько градусов надо нагреть воздух в шаре, чтобы он взлетел? Температура воздуха равна 27°C , атмосферное давление 735 мм.рт.ст

5.6.3 Сферическая оболочка шара сделана из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполнен гелием при нормальном атмосферном давлении, температура воздуха и гелия 0°C . При каком минимальном радиусе шара он будет подниматься?

5.6.4 Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха 17°, а давление 10^5 Па? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

5.6.5 Сколько балласта должен выбросить аэростат объемом 300 м^3 для того, чтобы подняться с высоты, на которой барометр показывает 730 мм.рт.ст при температуре -15°C , до высоты, на которой барометр показывает давление 710 мм.рт.ст, а температура равна -20°C ?

5.6.6 Воздушный шар объемом 240 м^3, заполненный водородом при температуре 300 К, поднимает полезный груз массой 300 кг. Какой полезный груз сможет поднять этот же воздушный шар, если заполнить его горячим воздухом при температуре 400 К? До какой температуры

нужно нагреть воздух, чтобы воздушный шар, смог поднять такой же полезный груз, как и при заполнении его водородом?

5.6.7 Общая масса газонепроницаемой оболочки воздушного шара и его корзины равна 400 кг. Шар заполнен гелием массой 100 кг. Он может поднять в воздух груз массой 225 кг. Какую минимальную массу гелия нужно добавить в оболочку шара, чтобы шар поднял еще одного пассажира массой 50 кг? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению его объема, воздушных течений в вертикальном направлении нет. Температура и давление гелия внутри шара и воздуха снаружи шара соответственно одинаковы.

5.6.8 Найти число ходов поршня, которое нужно сделать, чтобы поршневым воздушным насосом откачать воздух из сосуда емкостью V от давления p_0 до давления p, если емкость насоса ΔV.

5.6.9 Объем камеры насоса равен V_0. За сколько циклов можно накачать автомобильную камеру объемом V от атмосферного давления до двух атмосфер? Считать, что температура остается неизменной.

5.6.10 В цилиндре под поршнем площадью 100 см^2 находится 28 г азота при температуре 100°C . К поршню через систему блоков подвешен груз массой 50 кг(Рис. 3). Цилиндр охлаждается до 0°C . Насколько и в каком направлении сдвинется груз? Атмосферное давление нормальное, весом поршня пренебречь.

Physics.spb.ru

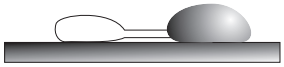

Рис. 2:

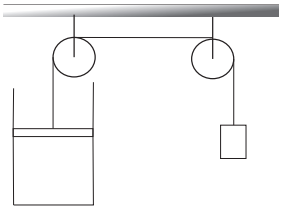

Рис. 3:

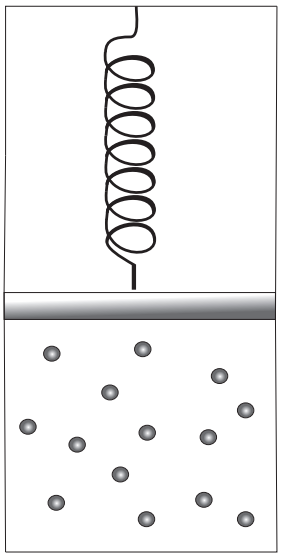

Рис. 4:

5.6.11 В закрытом с обоих концов откаченном цилиндре подвешен на пружине скользящий без трения поршень, положение равновесия которого находится у дна цилиндра. В пространство под поршнем вводится такое количество газа, что поршень поднимается на высоту h (Рис. 4). На какой высоте установится поршень, если этот газ нагреть от T_0 до T_1? Считать, что пружина испытывает упругую деформацию.

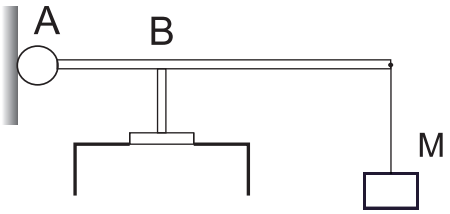

Рис. 5:

5.6.12 В цилиндр объемом 0,5 м^3 насосом закачивается воздух со скоростью 0,002 кг/с. В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке A (Рис. 5). К свободному концу стержня подвешен груз массой 2 кг. Клапан открывается через 580 с работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4}$ м^2, расстояние AB равно 0,1 м. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К. Определите длину стержня, если его можно считать невесомым.

5.6.13 Определить, каким был бы коэффициент объемного расширения газа, если бы за начальный объем V_0 принимали бы объем не при 0°C , а при 100°C ?

Physics.spb.ru

5.7 Основное уравнение МКТ

5.7.1 Оценить среднюю скорость движения молекул водорода при нормальных условиях.

5.7.2 При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота равна второй космической скорости для Земли?

5.7.3^0 Почему на Луне нет атмосферы?

5.7.4 Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с, а его плотность 1,35 кг/м^3?

5.7.5 Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, если, имея массу 6 кг, он занимает объем 5 м^3 при давлении 200 кПа?

5.7.6 Средние квадратичные скорости молекул водорода и кислорода 1840 м/си 460 м/с. Сравните средние кинетические энергии этих молекул.

5.7.7 Плотность газа в баллоне электрической лампы $\rho = 0,9$кг/м^3. При горении лампы давление в ней возросло от 0,8 атм до 1,1 атм. На сколько при этом увеличилась средняя квадратичная скорость движения молекул?

5.7.8 При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, что и молекулы азота при температуре 100°C ?

5.7.9 Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое количество гелия, соединены краном. В первом сосуде средняя скорость атомов равна 1000м/с, во втором - 2000м/с. Какой будет скорость, если кран открыть и сделать сосуды сообщающимися?

5.7.10 Два одинаковых сосуда содержат азот и кислород соответственно, причем концентрация молекул в сосудах одинакова. Сосуды соединены между собой короткой трубкой с краном. В первом сосуде средняя квадратичная скорость молекул 500 м/с, во втором - 400 м/с. Какой будет средняя квадратичная скорость молекул, если открыть кран и дать газам перемешаться? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

5.7.11 Средняя квадратичная скорость молекул аргона, при давлении 10^5 Па равна 414 м/с. Определить среднюю длину свободного пробега молекул аргона и частоту их столкновений.

5.7.12 Найти среднюю длину свободного пробега молекулы азота при температуре 0° и давлении 10^{-3} мм.рт.ст

5.7.13 В баллоне объемом 2,53 л содержится углекислый газ при температуре 400 К и давлении 1,3 Па. Сколько столкновений происходит между молекулами за 1 с?

Physics.spb.ru