Основы молекулярно-кинетической теории.

6.1 Какова масса $\nu = 500$ *моль* углекислого газа? Ответ: 2,2 кг.

6.2 Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой $m = 5,4$ *кг* ? Ответ: 200 моль.

6.3 Какой объем занимают $\nu = 100$ моль ртути? Ответ: 1,5 л.

6.4 Зная постоянную Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ *моль*$^{-1}$, найти массу молекулы и атома водорода. Ответ: $3,3 \cdot 10^{-27}$ кг; $1,7 \cdot 10^{-27}$ кг.

6.5 Сколько молекул содержится в углекислом газе CO_2 массой $m = 1$ *г*? Ответ: $1,4 \cdot 10^{22}$.

6.6 Хорошо откачанная лампа накаливания объёмом $V = 10$ *см*^{3} имеет трещину, в которую ежесекундно проникает миллион частиц газа. Сколько времени понадобится для наполнения лампы до нормального давления, если скорость проникновения газа остаётся постоянной? Температура $T = 0\ ^{\circ}C$. Ответ: 90 млн.лет.

6.7 За $\Delta t = 10$ *суток* полностью испарилось из стакана $m = 100$ *г* воды. Сколько в среднем вытекало молекул с поверхности воды за $t_1 = 1c$? Ответ: $4 \cdot 10^{18}$ молекул.

6.8 Сравнить давления кислорода и водорода при одинаковых концентрациях молекул и равных средних квадратичных скоростях их движения. Ответ: Давление кислорода в 16 раз больше.

6.9 Во сколько раз изменится давление газа при уменьшении его объема в *3 раза*? Средняя скорость движения молекул осталась неизменной. Ответ: Увеличится в 3 раза.

6.10 Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул $\upsilon_{с.к.} = 500$ *м/с*, а его плотность $\rho = 1,35$ *кг/м*^{3}? Ответ: 0.11МПа.

6.11 Найти концентрацию молекул кислорода, если давление его $P = 0,2$ *МПа*, а средняя квадратичная скорость молекул равна $\upsilon_{с.к.} = 700$ *м/с*. Ответ: $2,3 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$.

6.12 При какой температуре T средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $6,21 \cdot 10^{-21}$ *Дж*? Ответ: 27 °С.

6.13 На сколько процентов увеличивается средняя кинетическая энергия молекул газа при увеличении его температуры от $T_0 = 7°C$ до $T = 35\ °C$? Ответ: На 10%.

6.14 Определить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа, концентрацию молекул при температуре $T = 290$ *К* и давлении $P = 0,8$ *МПа*. Ответ: $6 \cdot 10^{-21}$Дж; $2 \cdot 10^{26}$ м$^{-3}$

6.15 Найти температуру газа при давлении $P = 100$ *кПа* и концентрации молекул $n = 10^{25}$ *м*$^{-3}$. Ответ: 725 К.

6.16 Современная техника позволяет создать вакуум до $P = 1$ *пПа*. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в $V = 1$ *см*^{3} при температуре $T = 300$ *К* ? Ответ: 240.

6.17 Найти среднюю квадратичную скорость молекулы водорода при температуре $T = 27°C$. Ответ: 1,9 км/с.

Уравнение состояния идеального газа.

6.18 Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении $P = 200$ *кПа* и температуре $T = 240$ *К* его объем равен $V = 40$ *л* ? Ответ: 4 моль.

6.19 Найти массу природного горючего газа объемом $V = 64$ *м*^{3}, считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного горючего газа считать равной молярной массе метана CH_4. Ответ: 45,7 кг.

6.20 Баллон какой вмести мости нужен для содержания в нем газа, взятого в количестве $\nu = 50$ *моль*, если при максимальной температуре $T = 360$ *К* давление не должно превышать $P = 6$ *МПа* ? Ответ: 25 л.

6.21 В баллоне находится газ при температуре $t = 15°C$. Во сколько раз уменьшится давление газа, если $\eta = 40\ \%$ его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на $\Delta t = 8$ °С? Ответ: В 1,7 раза.

6.22 На поверхности Венеры температура и атмосферное давление соответственно равны $T = 750$ *К* и $P = 9120$ *кПа*. Найти плотность атмосферы у поверхности планеты, считая, что она состоит из углекислого газа. Ответ: 64,4 кг/м^3.

6.23 Зная плотность воздуха при нормальных условиях, найти его молярную массу. Ответ: 0,029 кг/моль.

6.24 В один из летних дней барометр показывал $P = 730$ *мм рт. ст.*, а термометр $t = 30°C$. В зимний день показания этих приборов были такими: $P_1 = 780$ *мм рт. ст.* и $t_1 = -30\ °C$. Сравнить плотности воздуха в эти дни. Ответ: Зимой в 1,3 раза больше.

6.25 Газ при давлении $P = 0,2$ *МПа* и температуре $t = 15°C$ имеет объем $V = 5$ *л*. Чему равен объем газа этой массы при нормальных условиях? Ответ: 9,5 л.

6.26 Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если к концу такта сжатия температура повышается с $t_0 = 50\ °C$ до $t_1 = 250\ °C$, а объем уменьшается с $V_0 = 0,75$ *л* до $V_1 = 0,12$ *л*? Первоначальное давление равно $P_0 = 80$ *кПа*. Ответ: 810 кПа

6.27 При сгорании природного газа объемом $V = 1$ *м*^{3} находящегося при нормальных условиях, выделяется энергия, равная $Q = 36$ *МДж*. Сколько энергии выделится при сжигании газа объемом $V_1 = 10$ *м*^{3}, находящегося под давлением $P = 110$ *кПа* и при температуре $t = 7°C$? Ответ: 390 МДж.

6.28 В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была $t = 50°C$. Найти температуру воздуха в конце такта, если его объем уменьшается в $N = 17$ *раз*, а давление возрастает в $k = 50$ *раз*. Ответ: 677°С.

6.29 При увеличении давления газа на $\Delta P_1 = 0,9$ *МПа* его объем уменьшился на $\Delta V_1 = 15$ *л*, а при увеличении давления на $\Delta P_2 = 1,8$ *МПа* объем уменьшился на $\Delta V_2 = 20$ *л*. Найти начальные значения давления и объема. Ответ: 0,9 МПа; 30 л.

6.30 Какова плотность сжатого воздуха при $t = 0°C$ в камере автомобиля "Волга", если он находится под давлением $P_0 = 0,17$ *МПа* (избыточным над атмосферным)? Ответ: 3,5 кг/м^3.

6.31 До какой температуры нужно нагреть запаянный шар, содержащий $m = 17,5$ *г* воды, чтобы шар разорвался, если известно, что стенки шара выдерживают давление $P = 100$ *ат.*, а объём шара $V = 1$ *л*? Ответ: 1250 К.

6.32 Шар объемом $V = 0,1$ *м*^{3}, сделанный из тонкой бумаги, наполняют горячим воздухом, имеющим температуру $T_2 = 340$ *К*. Температура окружающего воздуха $T_1 = 290$ *К*. Давление воздуха P внутри шара и атмосферное давление одинаковы и равны *100 кПа*. При каком значении массы m бумажной оболочки шар будет подниматься? Ответ: 17,7 г.

6.33 Положение столбика ртути в укороченное манометре при температуре $t = 19°C$ и атмосферном давлении $P = 75$ *см.рт.ст.* показано на рисунке. Когда трубку опустили в горячую воду, столбик воздуха в левом колене расширился до $\lambda = 7$ *см*. Какова температура воды? Ответ: 77 °С.

6.34 Во сколько раз изменится давление воздуха в цилиндре (рис.), если поршень переместить на $N = 1/3$ влево? вправо? Ответ: Увеличится в 1,5 раза; уменьшится в 1,33 раза

6.35 Площадь поршня равна $S = 24\ см^2$, объем воздуха в цилиндре $V = 240\ см^3$, а давление равно атмосферному $P = 100$ *кПа*. Какую силу надо приложить, чтобы удерживать поршень после его смещения на $\lambda = 2$ *см* влево? вправо? Ответ: 60 Н; 40 Н.

6.36 В фляжке вместимостью $V_0 = 0{,}5$ *л* находится $V = 0{,}3$ *л* воды. Турист пьет из нее воду, плотно прижав губы к горлышку так, что в фляжку не попадает наружный воздух. Сколько воды удастся выпить туристу, если он может понизить давление оставшегося в фляжке воздуха до $P = 80$ *кПа*? Ответ: 50 см ^{2}

6.37 При атмосферном давлении, равном $P = 750$ *мм. рт. ст.*, уровень ртути в трубке (см. рис.) был на $h_1 = 5$ *см* выше ее уровня в сосуде, а высота столба воздуха над ртутью была $h_2 = 71$ *см*. Каким стало атмосферное давление на следующий день, если уровень ртути в трубке повысился на $\lambda = 1$ *см* ? Диаметр сосуда много больше диаметра трубки. Ответ: 770 мм рт. ст.

6.38 Компрессор засасывает из атмосферы каждую секунду $V_1 = 3$ *л* воздуха, которые подаются в баллон вместимостью $V_2 = 45$ *л*. Через сколько времени давление в баллоне будет превышать атмосферное в $N = 9$ раз? Начальное давление в баллоне равно атмосферному. Ответ: 2 мин.

6.39 В сосуд, вместимость которого V, нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого V_0. Каким будет давление воздуха в сосуде после n качаний? Первоначальное давление воздуха в сосуде равно наружному давлению P_0. Ответ: $\frac{V + nV_0}{V} P_0$

6.40 Закрытый цилиндрический сосуд высотой h разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в n раз больше, чем в другой. На сколько передвинется поршень, если снять стопор? Ответ: $\frac{(n-1)h}{2(n+1)}$

6.41 Открытую с обеих сторон стеклянную трубку длиной $\lambda = 60$ *см* опускают в сосуд с ртутью на $n = 1/3$ длины. Затем, закрыв верхний конец трубки, вынимают ее из ртути. Какой длины столбик h ртути останется в трубке? Атмосферное давление $P = 76$ *см. рт. ст.* Ответ: 12,3 см.

6.42 Какая масса воздуха выйдет из комнаты объемом $V = 60\ м^3$ при повышении температуры от $T_1 = 280$ К до $T_2 = 300$ К при нормальном давлении? Ответ: 5 кг.

6.43 В нерабочем состоянии при температуре 7 °*C* давление газа в колбе газонаполненной электрической лампы накаливания равно 80 кПа. Найти температуру газа в горящей лампе, если давление в рабочем режиме возрастает до 100 кПа. Ответ: 77 °С.

6.44 В запаянной с одного конца стеклянной трубке длиной $l = 90$ *см* находится столбик воздуха, запертый сверху столбиком ртути высотой $h = 30$ *см*; столбик ртути доходит до верхнего края трубки. Трубку осторожно переворачивают открытым концом вниз, причём часть ртути выливается. Какова высота столбика ртути, которая останется в трубке, если атмосферное давление $P = 750$ *мм рт.ст.*? Ответ: $x=(1/2)((H+l)-(((H+l)^2)-4h(H+h-l))^{1/2})=3$см.

6.45 В сосуд со ртутью опускают открытую стеклянную трубку, оставляя над поверхностью конец длиной $l = 60$ *см*. Затем трубку закрывают и погружают ещё на $\Delta\lambda = 30$ *см*. Определить высоту столба воздуха в трубке. Атмосферное давление $P_0 = 760$ *мм. рт.ст.* Ответ: h=48,4см.

6.46 Посередине откачанной и запаянной с обеих концов горизонтальной трубки длиной $L = 1$ *м* находится столбик ртути длиной $h = 20$ *см*. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на $l = 10$*см*. До какого давления была откачана трубка? Плотность ртути $\rho = 13600\ кг/м^3$. Ответ: P=(hgp(d^2-l^2))/2dl=56000Па, где d=(L-h)/2.

6.47 Расположенная горизонтально запаянная с обоих концов стеклянная трубка разделена столбиком ртути на две равные части. Длина каждого столбика воздуха $\lambda = 20$ *см*. Давление $P = 750$ *мм. рт.ст.* Если трубку повернуть вертикально, ртутный столбик опускается на $h = 2$ *см*. Определить длину столбика ртути. Ответ: 15см.

6.48 Цилиндрический сосуд делится на две части подвижным поршнем. Каково будет равновесное положение поршня, когда в одну часть сосуда помещено некоторое весовое количество кислорода, в другую - такое же количество водорода, если общая длина сосуда равна $l = 85$*см*? Ответ: 80см.

6.49 В закрытом цилиндрическом сосуде с площадью основания S находится газ, разделённый поршнем массой M на два равных отсека. Масса газа под поршнем при этом в k раз больше массы газа над ним. Температуры газов одинаковы. Пренебрегая трением и массой газа по сравнению с массой поршня, найти давление газа в каждом отсеке. Ответ: $P_1=(kMg)/((k-1)S)$; $P_2=(Mg)/((k-1)S)$.

6.50 Два одинаковых сосуда соединены трубкой, объёмом которой можно пренебречь. Система наполнена газом и находится при абсолютной температуре T. Во сколько раз изменится давление в такой системе, если один из сосудов нагреть до абсолютной температуры T_1, а другой поддерживать при прежней температуре T? Ответ: $(2 \cdot T_1)/(T+T_1)$.

6.51 Сколько молекул воздуха выходит из комнаты объёмом $V_0 = 120\ м^3$ при повышении температуры от $t_1 = 15$ °*C* до $t_2 = 25$°*C* ? Атмосферное давление $P_0 = 750$ *мм рт.ст.* Ответ: $n = (P_0V_0(T_2-T_1)Na)/(RT_1T_2)=10^{25}$, где Na - число Авогадро.

6.52 Из баллона со сжатым водородом ёмкостью $V = 10$ *л* вследствие неисправности вентиля утекает газ. При температуре $t_1 = 7$ °*C* манометр показывал $P = 5\ 000\ 000$ *Па*. Через некоторое время при температуре $t_2 = 17$°*C* манометр показал такое же давление. Сколько утекло газа? Ответ: 1,48 г.

6.53 В сосуде находится смесь азота и водорода. При температуре T, когда азот полностью диссоциирован на атомы, давление равно P (диссоциацией водорода можно пренебречь). При температуре $2T$, когда оба газа полностью диссоциированы, давление в сосуде $3P$. Каково отношение масс водорода и азота в смеси? Ответ: $m_{N2}/m_{H2}=(1/2)(M_{N2}/M_{H2})=7$