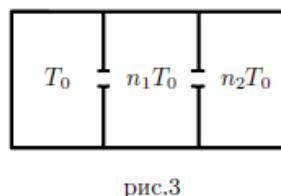
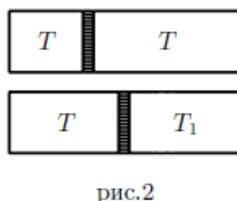
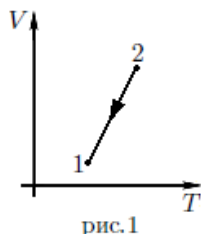


## Молекулярно-кинетическая теория.

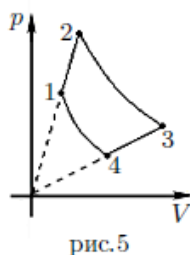
### Часть 1. Уравнение состояния идеального газа

К. 2.11; 2.17; 2.26; 2.28; 2.40; 2.45; 2.46.

1. С идеальным газом проводят цикл  $1-2-3-1$ , состоящий из изотермического расширения  $1-2$ , изобарного сжатия  $2-3$ , изохорного нагревания  $3-1$ . Изобразить данный цикл на  $pV$ ,  $pT$ ,  $VT$  и  $\rho\rho$ -диаграммах ( $\rho$  – плотность). Построения обосновать.



2. На  $VT$ -диаграмме представлен график зависимости объёма  $V$  идеального газа постоянной массы от абсолютной температуры  $T$  (рис.1). Как изменяется давление  $p$  газа?
3. Сосуд разделён подвижным поршнем на объёмы  $2V/5$  и  $3V/5$ , содержащие идеальный газ температуры  $T = 300$  К (рис.2). Как и насколько нужно изменить температуру газа справа от поршня, чтобы отношение объёмов стало равным? Слева температура газа поддерживается постоянной.
4. Сосуд разделён на три равных отсека с теплоизолирующими перегородками (рис.3), в которых сделаны небольшие отверстия. Вначале во всех отсеках температура газа одинакова. Затем, поддерживая в первом отсеке прежнюю температуру, во втором – увеличивают её в  $n_1$  раз, в третьем – в  $n_2$  раз. Определить, во сколько раз увеличится давление в сосуде по сравнению с первоначальным значением.



5. Из баллона со сжатым газом израсходовали часть газа (рис.4). Известно, что давление в баллоне уменьшилось в 3 раза, отношение начальной и конечной масс баллона с газом равно  $5/4$ , отношение начальной и конечной температур (по шкале Кельвина) равно  $11/10$ . Какую часть от начальной массы баллона с газом составляет начальная масса газа?
6. Диаграмма зависимости давления  $p$  от объёма  $V$  для некоторой массы идеального газа (рис.5) состоит из двух изотерм и двух отрезков прямых, проходящих через начало координат. Определить объём газа  $V_4$  в состоянии 4, если известны его объёмы  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  в состояниях 1, 2 и 3.
7. Some balloons are being filled with a compressed gas from a gas cylinder (pic.6). The volume of each balloon is  $k = 10$  times less than the volume of the gas cylinder. How many balloons are filled with the gas, if the pressure in the gas cylinder has dropped from  $p_1 = 50$  атм to  $p_2 = 30$  атм?  $T = \text{const}$ , the pressure in the balloons is equal to the atmospheric pressure.

8. Идеальный газ расширяется в бесконечно малом процессе  $p \cdot V^3 = \text{const}$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – его объём. Относительное увеличение температуры составило  $\frac{\Delta T}{T} = 4\%$ . Чему равно относительно увеличение давления  $\frac{\Delta p}{p}$ ? Ответ выразить в %, округлив до целых.
9. Моль гелия нагрелся при постоянном объёме  $V_0 = 400$  л так, что относительное увеличение его давления составило  $\alpha = \frac{\Delta p}{p_0} = 0,4\%$ .
- а. На сколько градусов  $\Delta T$  Цельсия увеличилась температура газа, если его начальная температура составляла  $T_0 = 500$  К? Ответ округлить до целых.
- б. На сколько увеличилось давление газа? Ответ выразить в Па, округлив до десятых.
- Значение универсальной газовой постоянной принять равным  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}}$ .
10. По газопроводной трубе идёт углекислый газ под давлением  $p = 392$  кПа при температуре  $T = 280$  К. Какова средняя скорость движения газа по трубе, если через поперечное сечение трубы, равное  $S = 5$  см<sup>2</sup>, за  $t = 10$  мин протекает газ массой  $m = 20$  кг?
11. В объёме спутника создана гелиевая атмосфера. Давление гелия  $p = 10^5$  Па, температура гелия  $T = 300$  К. В некоторый момент в обшивке спутника образуется отверстие площадью  $S = 1$  мм<sup>2</sup>. Оценить какую массу гелия теряет спутник за 1 с в начальный момент времени после нарушения герметичности.
12. В результате изохорического нагревания идеального газа давление газа увеличилось на 4% от первоначального значения. На сколько увеличилась средняя квадратичная скорость молекул газа? Первоначально газ находился при температуре  $T = 27^\circ \text{C}$ . Молярная масса газа равна  $\mu = 30$  г/моль. Считать, что  $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$  при малых значениях  $x$ .
13. В переносном газовом баллоне объёмом  $V_0 = 5$  л может поместиться не больше  $m_0 = 2,2$  кг жидкого пропана  $C_3H_8$  под давлением  $p = 16$  атм и при температуре  $T = 17^\circ \text{C}$ . Сколько пропана в газообразном состоянии останется в баллоне, если из «полного» баллона израсходовать 80% пропана? В конце опыта в баллоне будет пропан как в газообразном состоянии, так и в жидком.

## Часть 2. Второй закон Ньютона. Сила Архимеда.

К. 2.35; 2.36; 2.57; 2.58; 2.64; 2.69; 2.70.

14. Вертикально расположенный цилиндр, закрытый с обеих сторон, разделен тяжёлым теплонепроницаемым поршнем на две части. Обе части сосуда содержат равное количество воздуха. При одинаковой температуре  $T_1 = 400$  К воздуха в обеих частях давление в нижней части сосуда вдвое больше давления в верхней части. До какой температуры  $T_2$  надо нагреть воздух в нижней части сосуда, чтобы объёмы частей стали одинаковыми?
15. В комнате в вертикально расположенном цилиндре под весовым поршнем, который может перемещаться без трения, находятся  $\nu$  моль идеального газа под давлением  $p$ . Поршень подвешен на пружине жёсткостью  $k$ . Газ нагревают, так что в конечном состоянии его давление увеличивается в 2 раза, а температура увеличивается в 2,5 раза. Найти начальную температуру газа. Площадь поршня равна  $S$ .

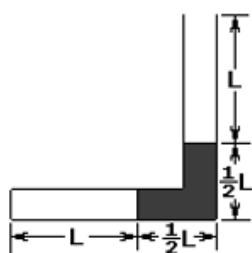


рис. 7

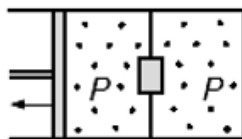


рис. 8

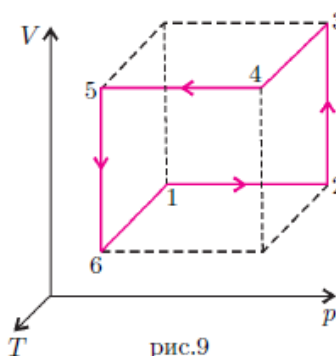


рис. 9

### Часть 3. Задачи с трубками. Закон Бойля-Мариотта.

К. 2.82; 2.83; 2.84.

16. Имеется Г – образная тонкая трубка постоянного внутреннего сечения и общей длиной  $3L = 1260$  мм (рис.7). Между слоем воздуха длиной  $L = 420$  мм и атмосферой находится слой ртути той же длины  $L$ . Какой длины слой ртути в мм останется в трубке, если вертикальное колено повернуть на  $180^\circ$ , расположив его открытым концом вниз? Ответ округлить до целого значения. Внешнее давление  $p_0 = 735$  мм рт.ст.
17. Цилиндр разделён на два равных отсека перегородкой с отверстием, заткнутым пробкой (рис.8). Пробка вылетает при перепаде давления. С одного конца цилиндр закрыт наглухо, с другого – поршнем. В обоих отсеках в начальный момент времени находится газ под давлением  $P$ . Поршень начинают медленно вытягивать, так что температура газа не меняется. После вылета пробки движение прекращают. Найти установившееся давление в сосуде.

### Часть 4. Смеси газов. Перегородки. Диссоциация. Внутренняя энергия.

К. 2.92; 2.100; 2.106.

18. Сосуд ёмкостью  $V$  разделён пополам полупроницаемой перегородкой. В одну половину сосуда введён водород массой  $m_B$  и азот массой  $m_A$ , в другой половине вакуум. Через перегородку может диффундировать только водород. Во время процесса температура  $T$  поддерживается постоянной. Какие давления установятся в обеих частях сосуда?
19. Найти среднюю молярную массу  $\mu_{cp}$  смеси газов с молярными массами  $\mu_1 = 12$  г/моль и  $\mu_2 = 8$  г/моль. Масса первого газа в три раза больше массы второго.
20. Над одноатомным идеальным газом проводят сложный процесс, показанный на рис.9, который состоит из шести простых процессов. У точки 1 координаты  $p$ ,  $V$  и  $T$ , а у точки 4 координаты  $3p$ ,  $3V$  и  $3T$ . График каждого из простых процессов параллелен одной из координатных осей.
- Среди всех процессов найти все изотермические.
  - Определите в каждом из них изменение внутренней энергии газа.
  - Найдите все процессы, изменение внутренней энергии в которых равно нулю.

Под изотермическим процессом понимается процесс, где только температура остаётся неизменной.