

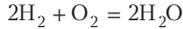
водорода и кислорода соответственно. Решая совместно приведенные уравнения, получим, что в исходном состоянии в баллоне находилось

$$v_{\text{H}_2} = \frac{M_{\text{O}_2} V p_1 - m R T_1}{(M_{\text{O}_2} - M_{\text{H}_2}) R T_1} \approx 6,3 \text{ моль}$$

и

$$v_{\text{O}_2} = \frac{m R T_1 - M_{\text{H}_2} V p_1}{(M_{\text{O}_2} - M_{\text{H}_2}) R T_1} \approx 1,5 \text{ моль}$$

водорода и кислорода соответственно. Отсюда следует, что после химической реакции



в баллоне будет находиться  $v_1 = v_{\text{H}_2} - 2v_{\text{O}_2}$  молей водорода и  $2v_{\text{O}_2}$  молей воды.

При остывании содержимого баллона до температуры  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  и установлении термодинамического равновесия часть воды могла сконденсироваться. Если считать, что пары воды вплоть до точки насыщения ведут себя подобно идеальному газу, и вспомнить, что при нормальном атмосферном давлении вода кипит при  $100^\circ\text{C}$  (а потому при указанной температуре давление насыщенных паров воды  $p_n(100^\circ\text{C}) = p_a = 1 \text{ атм}$ ), то согласно уравнению Клапейрона–Менделеева в состоянии термодинамического равновесия в баллоне в конечном состоянии должно содержаться не менее

$$m_b = \left(2v_{\text{O}_2} - \frac{p_a V}{R T_2}\right) M_b \approx 18 \text{ г}$$

воды в конденсированном состоянии. Делая этот расчет, мы пренебрегли объемом сконденсировавшейся воды. Действительно, плотность воды при давлении порядка нескольких атмосфер и температуре  $100^\circ\text{C}$  можно считать примерно равной  $1 \text{ г/см}^3$ , следовательно, объем сконденсировавшейся воды должен быть близок к  $18 \text{ см}^3$ , что значительно меньше объема баллона  $V = 60 \text{ дм}^3$ . Исходя из сказанного, можно считать, что и оставшийся в баллоне после реакции водород находится в объеме  $V$ .

Таким образом, после установления конечной температуры в состоянии термодинамического равновесия в баллоне находятся водород, насыщенный пар воды и занимающая малую часть баллона вода в сконденсированном состоянии. Поскольку давление газообразной смеси равно сумме парциальных давлений ее составляющих, можно утверждать, что искомое давление должно быть близко к

$$p_x = p_a + \frac{v_1 R T_2}{V} \approx 2,8 \text{ атм}.$$

6. На рисунке 24 изображены два возможных цикла теплового двигателя, состоящие из изобары, изохоры и адиабаты (стрелками указаны направления изменения параметров газа). Если на этих рисунках изобразить изотермы, соответствующие разным температурам неизменного количества молей идеального газа, то легко доказать, что условиям задачи удовлетворяет лишь цикл, изображенный на рисунке 24, а, и наиболее низкую температуру газ должен иметь в точке 3 – точке пересечения изобары и изохоры. На участке 3–1

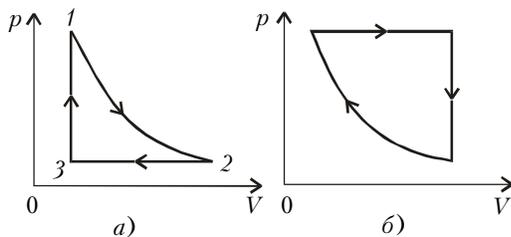


Рис. 24

(участок изохорического нагревания) газ не совершает работы, а количество теплоты, полученное газом на этом участке, равно

$$Q_{31} = 1,5R(T_1 - T_3).$$

На участке 2–3 от газа тепло должно отводиться, так как внутренняя энергия газа уменьшается и над газом совершают работу. Молярная теплоемкость идеального одноатомного газа при изобарическом процессе 2–3 равна  $2,5 R$ , следовательно, на участке 2–3 от газа должно быть отведено количество теплоты

$$Q_{23} = 2,5R(T_2 - T_3).$$

На участке 1–3 (участок адиабатического расширения), по определению адиабатического процесса, теплообмена газа с окружающими телами нет, газ совершает работу, а его внутренняя энергия уменьшается.

По определению коэффициент полезного действия цикла равен  $\eta = A/Q_n$ , где  $A$  – совершенная газом за цикл работа, а  $Q_n$  – полученное от нагревателя за цикл количество теплоты. В соответствии с первым законом термодинамики, если газ отдает холодильнику количество теплоты  $Q_x$ , то

$$A = Q_n - Q_x = Q_{31} - Q_{23}.$$

Решая совместно составленные уравнения, получим, что температура газа в конце адиабатического расширения (точка 2 на рисунке 24, а) равна

$$T_2 = 0,6(1 - \eta) T_1 + (0,4 + 0,6\eta) T_3.$$

Наконец, воспользовавшись полученным значением  $T_2$  и уравнением Клапейрона–Менделеева, определим работу над газом при его сжатии, т.е. работу, совершаемую над газом на участке 2–3:

$$A_{23} = p_2(V_2 - V_3) = R(T_2 - T_3) = 0,6R(1 - \eta)(T_1 - T_3).$$

7. При возникновении электрических контактов между обкладками конденсатора и проводящими пластинами через них начинает протекать ток, а на границах проводников накапливаются избыточные электрические заряды. Под действием электрического поля, создаваемого этими зарядами, по прошествии достаточно большого промежутка времени через любое поперечное сечение цепи должен протекать один и тот же ток, величина которого, в соответствии с законом Ома для участка цепи, равна  $I = U/(R_1 + R_2)$ , где  $R_1$  и  $R_2$  – сопротивления первой и второй пластин. При этом, конечно, предполагается, что обкладки конденсатора сделаны из идеальных проводников и сопротивление контактов между соприкасающимися телами равно нулю. Поэтому поверхности пластин, касающиеся обкладок, можно считать эквипотенциальными. Тогда сопротивление однородного призматического проводника, как и тонкого проводника, можно вычислить по формуле  $R = \rho l/S$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление материала проводника,  $l$  – длина проводника, а  $S$  – площадь его поперечного сечения. Следовательно, сила постоянного тока и модуль разности потенциалов  $U_1$  между плоскостями первой пластины, касающимися обкладки конденсатора и второй пластины, связаны соотношением

$$I = \frac{2U_1 S}{\rho_1 d} = \frac{2(U - U_1) S}{\rho_2 d}.$$

Учитывая, что пластины однородные и имеют одинаковые сечения, а обкладки конденсатора являются эквипотенциальными плоскостями (по предположению, они идеальные проводники), можно утверждать, что в установившемся режиме электрическое поле в пределах каждой из пластин является однородным и порождается зарядами, находящимися на обкладках и на границе между пластинами. Утверждая это, мы