

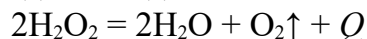
Школьные задачи / Химия / X-14

В бутылку налили 68 г водного раствора пероксида водорода с массовой концентрацией 30%, добавили туда же щепотку пиролюзита, после чего бутылку сразу герметично закупорили. Температура всего её содержимого по окончании реакции поднялась с 20 °С до 45 °С. Свободный объём бутылки составляет 1,5 л. Каким стало давление (в атм.) газов в бутылке, если до её закупоривания оно составляло 1 атм.?

При решении задачи пренебречь парообразованием воды, изменениями величины свободного объёма и растворимостей газов, поведение которых также считать идеальным.

Решение

Пиролюзит – это диоксид марганца MnO_2 , он вызывает каталитическое разложение пероксида водорода, которое происходит с выделением тепла:



Масса пероксида водорода, помещённого в бутылку составляет:

$$m(H_2O_2) = 68 \text{ г} \cdot 30\% / 100\% = 20,4 \text{ г}$$

Его количество вещества при этом равно

$$\nu(H_2O_2) = 20,4 \text{ г} / 34 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции из каждых 2 моль H_2O_2 образуется 1 моль O_2 , следовательно в присутствии MnO_2 из 0,6 моль пероксида водорода при полном его разложении получится 0,3 моль кислорода.

Таким образом, по окончании реакции в бутылке будут находиться имевшийся до этого в ней воздух и кислород, выделившийся в ходе реакции. Общее давление p , которое создастся в свободном объёме бутылки, есть сумма парциальных давлений, создаваемых исходным воздухом (p_1) и выделившимся кислородом (p_2) с учётом занимаемых ими одного и того же объёма V (1,5 л или 0,0015 м³) и конечной температуры T (45 °С или 318 К):

$$p = p_1 + p_2$$

Значение p_1 можно найти, воспользовавшись законом Шарля (p_0 – исходное давление воздуха, T_0 – исходная температура 20 °С или 293 К):

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{T}{T_0}$$

Выражаем нужную величину и вычисляем:

$$p_1 = 1 \text{ атм.} \cdot 318 \text{ К} / 293 \text{ К} = 1,085 \text{ атм.}$$

Для нахождения p_2 понадобится уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p_2 V = \nu(O_2) \cdot RT$$

Помня, что 1 атм. = 101300 Па, получаем:

$$p_2 = 0,3 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 318 \text{ К} / (0,0015 \text{ м}^3 \cdot 101300 \text{ Па/атм.}) = 5,219 \text{ атм.}$$

Отсюда искомое давление будет

$$p = 1,085 + 5,219 = 6,304 \approx 6,3 \text{ атм.}$$

О т в е т

6,3 атм.

Комментарий

В школе учебные программы построены так, что предметы «химия» и «физика» заметно дистанцированы друг от друга, хотя эти науки тесно взаимосвязаны (на химических факультетах даже изучается дисциплина «физическая химия»). Данную связь весьма наглядно демонстрирует предложенная выше задача и строго говоря не так просто определить, чего же именно в ней больше – химии или физики.

© Широков Александр, 07.10.2023