

время $\tau = 4$ ч работы холодильника, если его производительность льда равна $m/\tau_0 = 2$ кг/сут при температуре $T_2 = 271$ К, а охлаждение начинается с температуры $T_1 = 293$ К? Удельная теплоемкость воздуха при постоянном объеме равна $c_V = 700$ Дж/(кг · К), удельная теплоемкость воды $c_B = 4,2$ кДж/(кг · К), льда $c_L = 2,1$ кДж/(кг · К). Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334$ кДж/кг.

Г Л А В А 10

НАСЫЩАЮЩИЕ И НЕНАСЫЩАЮЩИЕ ПАРЫ. ВЛАЖНОСТЬ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

1. При испарении жидкости может наступить такое состояние, при котором число молекул, вылетающих в единицу времени с открытой поверхности жидкости, будет равно числу молекул, влетающих в нее обратно. Между паром и жидкостью устанавливается подвижное — динамическое равновесие. Плотность пара над жидкостью и давление, производимое паром на стенки сосуда (упругость пара), при динамическом равновесии не меняются и имеют для данной жидкости при данной температуре максимальное значение.

Пар, давление и плотность которого имеют наибольшее значение при данной температуре, называют насыщенным. Иначе, насыщенным называют пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Пар, давление и плотность которого меньше давления и плотности насыщенного пара при данной температуре, называют ненасыщенным.

2. Пары, отделенные от жидкости (при неизменной массе) обладают следующими свойствами:

а) При изотермическом увеличении объема, занимаемого насыщенным паром, или при его изохорическом нагревании насыщенный пар переходит в ненасыщенный.

б) При изотермическом сжатии ненасыщенного пара или при его изохорическом охлаждении ненасыщенный пар становится насыщенным.

В процессе изотермического сжатия ненасыщенного пара его давление и плотность возрастают до тех пор, пока пар не станет насыщенным. Дальнейшее уменьшение объема сопровождается конденсацией, давление и плотность пара остаются при этом неизменными, равными давлению и плотности насыщенного пара при данной температуре.

Температуру, при которой пар становится насыщенным в результате изохорического охлаждения, называют точкой росы.

При охлаждении пара ниже точки росы начинается конденсация пара в жидкость.

в) С достаточно хорошим приближением можно считать, что ненасыщающие пары подчиняются всем основным законам идеальных газов (9.1) — (9.4).

г) Параметры каждого состояния насыщающего пара связаны между собой уравнением Менделеева — Клапейрона.

Масса насыщающего пара $m_{н.п.}$, входящая в это уравнение, зависит от температуры и для двух различных состояний не может иметь одинакового значения.

Для определения давления насыщающих паров при данной температуре, если неизвестна их плотность, или же, наоборот, для определения плотности пара, если известно его давление, пользуются таблицами давления (упругости) насыщающих паров.

д) Так как в двух различных состояниях насыщающий пар имеет различную массу, параметры этих состояний законам идеальных газов (9.1) — (9.4) не подчиняются. Если же насыщающий пар переходит в ненасыщающий и его масса при этом не изменяется, то параметры состояний подчиняются всем законам идеальных газов.

е) Согласно закону Дальтона давление воздуха, содержащего водяной пар, складывается из давления сухого воздуха p_c и давления паров воды p_n , т.е. атмосферное давление равно:

$$p_a = p_c + p_n.$$

3. Воздух, содержащий водяной пар, называют влажным. О влажности воздуха можно судить или по давлению, производимому паром (упругости водяного пара), или по его плотности ρ_n . Давление, производимое паром (упругость водяного пара), называют абсолютной влажностью. Отношение плотности ρ_n (давления) водяного пара при данной температуре к плотности (давлению) насыщенного пара $\rho_{н.п.}$ при этой температуре называют относительной влажностью. Относительную влажность воздуха выражают обычно в процентах:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{н.п.}} 100\% = \frac{m_n}{m_{н.п.}} 100\% = \frac{p_n}{p_{н.п.}} 100\%,$$

так как при одинаковой температуре

$$\frac{\rho_n}{\rho_{н.п.}} = \frac{p_n}{p_{н.п.}}.$$

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. ПРИМЕРЫ

Задачи на пары и влажность по своему решению принципиально почти не отличаются от задач на идеальные газы. Тем не менее они вызывают у учащихся серьезные затруднения, связанные с неумением пользоваться уравнением газового состояния и попыткой искать решение путем логических рассуждений, что