

Тема 1.1. Основы молекулярно-кинетической теории (5-е занятие)

1. Термодинамические параметры. Уравнение Клапейрона.
2. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Молярная газовая постоянная.
3. Решение задач.

1. При описании свойств газа можно пользоваться величинами, характеризующими мир молекул. Например, масса, скорость, энергия молекулы и т.п. Их значения можно определить только с помощью расчета. Такие величины называются внутренними. Но есть величины, значение которых можно определить с помощью приборов обычным измерением. Например, объем, давление, температура, масса газа и т. п. Такие величины называются внешними. Внешние и внутренние параметры газа называются термодинамическими параметрами.

Зная объем, давление и температуру газа, можно определить состояние газа. Поэтому эти величины: V – объем, p – давление и T – температура называются основными параметрами. Уравнение, которое связывает все три основные параметры, называется уравнением состояния идеального газа.

Уравнение состояния идеального газа выведено Клапейроном и пишется так:

$$pV/T = B,$$

где B – газовая постоянная, зависящая от рода газа, т.е. для разных газов имеет разное значение. Это уравнение называется уравнением Клапейрона.

2. Уравнение Клапейрона для практического применения неудобно, так как для каждого газа надо вычислять величину B . Поэтому Д. Менделеев, учитывая, что при нормальных условиях один моль любого вещества имеют одинаковые объемы (закон Авогадро), переписал уравнение Клапейрона в следующем виде:

$$pV_m/T = R \quad \text{или} \quad pV_m = RT,$$

где V_m – молярный объем, т.е. объем одного моля газа; R – молярная газовая постоянная. Это уравнение называется уравнением Клапейрона-Менделеева для одного моля идеального газа.

Учитывая, что для произвольного количества газа $\nu = m/\mu$, перепишем уравнение Клапейрона-Менделеева для произвольного количества газа в следующем виде:

$$p\nu V_m = (m/\mu)RT \quad \text{или} \quad pV = (m/\mu)RT,$$

где V – объем газа; m – масса газа; μ – молярная масса газа.

В СИ молярная газовая постоянная имеет следующее значение:

$$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

Так как, постоянная Больцмана $k = R/N_A$, поэтому $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$.

3. Рассмотрим пример (Сборник задач и вопросов по физике для СПУЗов (колледжей) под редакцией Р. А. Гладковой).

2.44. Газ при давлении 810 кПа и температуре 12 °С занимает объем 856 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 320 К займет объем 800 л.

Дано: $p_1=810 \text{ кПа}$, $T_1=12 \text{ }^\circ\text{C}=(12 + 273) \text{ К}=285 \text{ К}$, $V_1=855 \text{ л}$, $T_2=320 \text{ К}$, $V_2=800 \text{ л}$.

Найти: p_2 – давление этого же газа, после изменения объема и температуры.

Решение. Для этих двух случаев запишем уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$p_1 V_1 = (m/\mu)RT_1 \quad (1);$$

$$p_2 V_2 = (m/\mu)RT_2 \quad (2).$$

Разделим уравнение (1) на уравнение (2):

$$p_1 V_1 / (p_2 V_2) = (m/\mu)RT_1 / ((m/\mu)RT_2),$$

после сокращения получим $p_1 V_1 / (p_2 V_2) = T_1 / T_2$ или $p_2 V_2 / (p_1 V_1) = T_2 / T_1$.

Отсюда находим $p_2 = p_1 V_1 T_2 / (V_2 T_1)$ и подставляя числовые данные, вычислим:

$$p_2 = 810 \text{ кПа} \cdot 855 \text{ л} \cdot 320 \text{ К} / (800 \text{ л} \cdot 285 \text{ К}) = 972 \text{ кПа}.$$

Ответ: $p_2 = 972 \text{ кПа}$.

Домашнее задание. Законспектировать материал занятия и решить задачу.

2.45. Газ при давлении 607,8 кПа и температуре 293 К занимает объем 586 л. Найти объем, занимаемый тем же газом при температуре 248 К и давлении 400 кПа.