

5. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Количество вещества (число молей) выражается уравнением

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A},$$

где m — масса вещества; M — его молярная масса; N — количество молекул; N_A — постоянная Авогадро, равная $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Абсолютная температура выражается через температуру t по шкале Цельсия соотношением

$$T = t + 273,15,$$

где t — температура по шкале Цельсия.

Изменение абсолютной температуры равно изменению температуры по шкале Цельсия: $\Delta T = \Delta t$.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа имеет вид

$$p = \frac{1}{3} m_0 n v_{\text{ср.кв}}^2,$$

где p — давление газа; m_0 — масса молекулы; n — концентрация молекул; $v_{\text{ср.кв}}$ — средняя квадратичная скорость молекул.

Средняя квадратичная скорость молекул газа:

$$v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

где $\langle v^2 \rangle$ — средний квадрат скорости молекул; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура газа.

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа:

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT.$$

Зависимость давления газа от концентрации его молекул и температуры выражается уравнением

$$p = nkT.$$

Уравнение Менделеева—Клапейрона (уравнение состояния идеального газа) для произвольной массы газа:

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

где p — давление; V — объем; m — масса газа; M — молярная масса газа; $R = 8,31$ Дж/(моль·К) — универсальная газовая постоянная; T — абсолютная температура газа.

Закон Бойля—Мариотта: для данной массы газа при постоянной температуре ($m = \text{const}$, $T = \text{const}$ — изотермический процесс):

$$pV = \text{const}.$$

Для любых двух состояний газа при изотермическом процессе

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

Закон Гей—Люссака: для данной массы газа при постоянном давлении ($m = \text{const}$, $p = \text{const}$ — изобарный процесс):

$$V = V_0(1 + \alpha t) = V_0 \alpha T \quad \text{или} \quad \frac{V}{T} = \text{const},$$

где V — объем газа при температуре t ; V_0 — объем газа при 0°C ; α — температурный коэффициент объемного расширения: $\alpha \approx \frac{1}{273,15}$ К⁻¹ для всех газов.

Для любых двух состояний газа при изобарном процессе

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Закон Шарля: для данной массы газа при постоянном объеме ($m = \text{const}$, $V = \text{const}$ — изохорный процесс):

$$p = p_0(1 + \gamma t) = p_0 \gamma T \quad \text{или} \quad \frac{p}{T} = \text{const},$$

где p — давление газа при температуре t ; p_0 — давление газа при 0°C ; γ — температурный коэффициент давления: $\gamma \approx \frac{1}{273}$ К⁻¹ для всех газов.

Для любых двух состояний газа при изохорном процессе

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

или для любых двух состояний

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT,$$

двухатомного:

$$U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} RT,$$

где m — масса газа; M — молекулярная масса вещества; T — абсолютная температура газа; $R=8,31$ Дж/моль · К.

Первый закон термодинамики (закон сохранения энергии в тепловых процессах) выражается уравнением

$$Q = \Delta U + A',$$

где Q — количество теплоты, переданной термодинамической системе; ΔU — изменение внутренней энергии системы; A' — работа системы над внешними силами ($A' = -A$); A — работа внешних сил над системой.

Работа, совершаемая газом при изобарном расширении:

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V,$$

где p — давление газа; ΔV — изменение объема газа.

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела от температуры t_1 до температуры t_2 :

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где c — удельная теплоемкость вещества тела; m — масса тела.

Теплоемкость тела выражается формулой

$$C = cm.$$

Количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела массой m :

$$Q = \lambda m,$$

где λ — удельная теплота плавления.

При кристаллизации выделяется такое же количество теплоты.

Количество теплоты, необходимое для испарения жидкости массой m :

$$Q = Lm,$$

где L — удельная теплота парообразования.

При конденсации пара в жидкость выделяется такое же количество теплоты.

Количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива массой m :

$$Q = qm,$$

где q — удельная теплота сгорания топлива.

Нормальные условия: атмосферное давление $p_0 = 101\,325$ Па (760 мм рт. ст.), температура воздуха $T_0 = 273,15$ К (0°C).

Закон Дальтона: давление смеси химически не взаимодействующих идеальных газов равно сумме парциальных давлений этих газов:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

Абсолютная влажность воздуха — физическая величина, равная массе водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха.

Относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \rho / \rho_0,$$

где ρ — абсолютная влажность при данной температуре; ρ_0 — плотность насыщенного водяного пара при той же температуре.

Относительная влажность может быть также определена по формуле

$$\varphi = p / p_0,$$

где p — парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре; p_0 — давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

Сила поверхностного натяжения жидкости выражается уравнением

$$F = \sigma l,$$

где σ — коэффициент поверхностного натяжения; l — длина границы поверхностного слоя жидкости.

Высота поднятия (или опускания) жидкости в капилляре:

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho g R},$$

где θ — краевой угол; g — ускорение свободного падения; R — радиус капилляра.

При полном смачивании $\theta = 0$, а при полном несмачи-