

Тема: Законы идеального газа

Идеальным газом называется простейшая модель реального газа, в котором силами притяжения между его молекулами пренебрегают.

Модель идеального газа

1. Собственный объём молекул газа много меньше объёма сосуда, к которому находится газ.
2. Между молекулами газа не действуют силы притяжения (это приводит к тому, что между столкновениями молекулы движется прямолинейно и равномерно).
3. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул намного больше средней потенциальной энергии их взаимодействия $\langle E_k \rangle \gg \langle E_p \rangle$.
4. Столкновения молекул между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.
5. Время столкновения молекул в идеальном газе значительно меньше времени их свободного пробега.

Исходя из этой модели, идеальный газ можно рассматривать как совокупность материальных точек, не взаимодействующих друг с другом на расстоянии.

Реальные газы при не слишком низких температурах и достаточно малых давлениях ведут себя практически как идеальные.

Уравнения (законы) состояния идеального газа

Уравнением состояния термодинамической системы называется уравнение, которое связывает давление p , объём V и температуру T термодинамической системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия.

Уравнение Менделеева – Клапейрона

Основным уравнением состояния идеального газа является **уравнение Менделеева – Клапейрона**:

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT,$$

где p – давление газа, Па; V – объём газа, м³; ν – количество вещества, моль;
 T – абсолютная температура, К;

m – масса вещества, кг; μ – молярная масса вещества, $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$;

$R = kN_A = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ – универсальная газовая постоянная.

Уравнение Клапейрона

Если масса газа не изменяется (то есть $m = \text{const}$), то справедливо **уравнение Клапейрона**:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_i V_i}{T_i} \quad \text{или} \quad \frac{PV}{T} = \text{const}$$

Изопроцессы идеального газа

Изопроцессом называется термодинамический процесс, протекающий при каком-либо неизменном параметре состояния.

Диаграммой состояния идеального газа называется график зависимости каких-либо двух параметров состояния газа, когда третий из параметров остаётся неизменным.

Различают следующие виды изопроецессов:

- изохорический,
- изотермический,
- изобарический,
- адиабатный,
- политропный.

Изохорический процесс

(процесс, протекающий при постоянном объёме, то есть $V = const$)

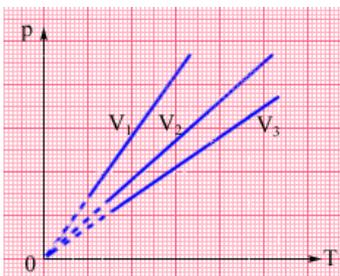


Рис. 1

При изохорическом процессе идеальный газ подчиняется **уравнению Шарля**:

если $m = const$, то
$$\frac{p}{T} = const.$$

На рис. 1 представлена диаграмма состояния идеального газа при изохорическом процессе, причём $V_3 > V_2 > V_1$.

Изотермический процесс

(процесс, протекающий при постоянной температуре, то есть $T = const$)

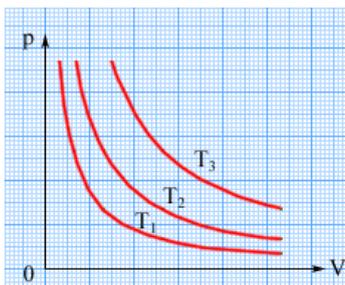


Рис. 2

При изотермическом процессе идеальный газ подчиняется **уравнению Бойля-Мариотта**:

если $m = const$, то
$$pV = const.$$

На рис. 2 представлена диаграмма состояния идеального газа при изотермическом процессе, причём $T_3 > T_2 > T_1$.

Изобарический процесс

(процесс, протекающий при постоянной температуре, то есть $p = const$)

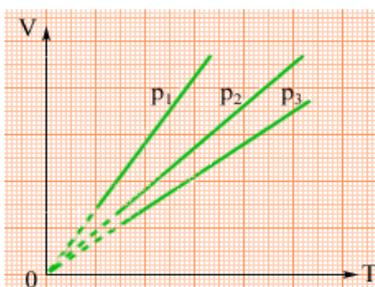


Рис. 3

При изобарическом процессе идеальный газ подчиняется **уравнению Гей-Люссака**:

если $m = const$, то
$$\frac{V}{T} = const.$$

На рис. 3 представлена диаграмма состояния идеального газа при изобарическом процессе, причём $p_3 > p_2 > p_1$.

Адиабатный процесс

(процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой, то есть $\Delta Q = 0$)

При адиабатном процессе идеальный газ подчиняется **уравнению Пуассона**:

$$\begin{cases} pV^\gamma = const \\ TV^{\gamma-1} = const \\ Tp^{-\frac{\gamma-1}{\gamma}} = const \end{cases},$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ - показатель адиабаты (или показатель Пуассона), безразмерная.

C_p и C_v - теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении и постоянном объёме, $\frac{Дж}{моль \cdot К}$

i - число степеней свободы молекулы идеального газа.

Причём:

$i = 3$ для одноатомных газов (О Н Не и т.д.)

$i = 5$ для двухатомных газов (О₂ Н₂ СО и т.д.)

$i = 6$ для трёх и более атомных газов (СО₂ Н₂О и т.д.)

Политропный процесс

(процесс, протекающий при постоянной теплоёмкости, то есть $C = const$)

При политропном процессе идеальный газ подчиняется **уравнению политропы**:

$$\begin{cases} pV^n = const \\ TV^{n-1} = const \\ Tp^{-\frac{n-1}{n}} = const \end{cases}.$$

где $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ - показатель политропы, безразмерная;

C - теплоёмкость газа при политропном процессе, $\frac{Дж}{моль \cdot К}$.

Все перечисленные выше изопроцессы являются частными случаями политропного процесса:

Смесь газов

Закон Дальтона для смеси газов: давление смеси газов, не вступающих друг с другом в химические реакции, равно сумме парциальных давлений каждого газа смеси.

$$P_{\text{смеси}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

Парциальным называется давление, которое оказывал бы i -ый газ, если бы он один занимал весь объём, предоставленный смеси.

Для каждого i -го газа смеси справедлив закон Менделеева – Клапейрона в виде:

$$p_i V_{\text{смеси}} = \nu_i RT_{\text{смеси}} = \frac{m_i}{\mu_i} RT_{\text{смеси}}$$

где p_i - давление i -того газа, Па;

ν_i - количество вещества i -того газа, моль;

$T_{\text{смеси}}$ - температура смеси газов, К;

m_i и μ_i - масса и молярная масса i -того газа; кг и $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$;

$V_{\text{смеси}}$ - объём смеси газов, м³.