

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Законы идеального газа. Идеальным является газ, в котором пренебрегается взаимодействием молекул, не учитываются размеры молекул и при соударении молекулы не деформируются. Состояние газа характеризуется давлением P , объёмом V , абсолютной температурой T (температура по шкале Кельвина). Эти величины связаны уравнением $PV = \frac{m}{M}RT$, где m – масса газа, M – молярная масса, $R = 8,31$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная. При постоянной массе газа из этого уравнения следует $\frac{PV}{T} = const$. Для двух состояний это уравнение записывается $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$. Температура по шкале Кельвина связана с температурой по шкале Цельсия $T = t + 273$.

Изопроцессы.

Изотермический $T = const$. $P_1V_1 = P_2V_2$

Изобарный $P = const$. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$;

Изохорный $V = const$. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

Давление газа связано с концентрацией и абсолютной температурой

$P = nkT$, где $n = \frac{N}{V}$ – концентрация молекул,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. $k = R N_a$;

$N_a = 6 \cdot 10^{23}$ – число Авогадро, число молекул в одном моле вещества.

Средняя кинетическая энергия молекулы $\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} K T$.

Термодинамика. Внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$;

$\frac{m}{M}$ – число молей в данной массе газа, $U = \frac{3}{2} PV$.

Работа газа. Газ совершает работу расширяясь.

Изохорный процесс, $V = const$ $A = 0$, работа не совершается.

Изобарный процесс, $P = const$, $A = P(V_2 - V_1)$;

$A = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$.

Первый закон термодинамики. Внутреннюю энергию можно изменить в процессе теплообмена и совершением работы. Первый закон термодинамики является законом сохранения энергии в тепловых процессах.

$\Delta U = Q + A_g$; $\Delta U = U_2 - U_1$ изменение внутренней энергии.

A_B – работа внешних сил. Если газ сам совершает работу, то первый закон термодинамики записывается; $\Delta U = Q - A_r$ A_r – работа газа.

Q – количество теплоты, переданное газу при теплообмене.

$Q = cm(T_2 - T_1)$ – количество теплоты, необходимое для нагревания,

c – удельная теплоемкость вещества.

Адиабатный процесс – это процесс без теплообмена, $Q = 0$. $\Delta U = A_g$ или $\Delta U = -A_r$.

Решение задач

1. Определить массу водорода, находящегося в баллоне объёмом 20 л под

Решение. $V = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $P = 830 \cdot 10^3 \text{ Па}$, $T = 273 + 17 = 290 \text{ К}$

$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$. $m = ?$

Уравнение состояния идеального газа $PV = \frac{m}{M}RT$, $m = \frac{MPV}{RT}$.

$$m = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 830 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 290} = 13,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 13,8 \text{ г.}$$

2. При охлаждении идеального газа его температура уменьшилась в 3 раза, как при этом изменилась его средняя кинетическая энергия молекул.

Решение. Средняя кинетическая энергия молекул $\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT$, то есть кинетическая энергия молекул уменьшится в три раза.

3. При постоянной массе газа давление увеличили в 3 раза, уменьшив объём в два раза. Как при этом изменилась температура газа?

Решение. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$; $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{3P_1 V_1}{T_2 \cdot 2}$; $2T_2 = 3T_1$; $T_2 = 1,5 T_1$

Температура газа увеличилась в 1,5 раза.

4. При изохорном нагревании внутренняя энергия газа увеличилась на 350 Дж. Определить изменение внутренней энергии газа.

Решение. $V = \text{const}$, Работа не совершается. По первому закону термодинамики $\Delta U = Q = 350 \text{ Дж}$.

5. В процессе теплообмена газу было передано количество теплоты 400 Дж. Расширяясь, газ совершил работу 150 Дж. Определить изменение внутренней энергии газа.

Решение. Первый закон термодинамики $\Delta U = Q - A_r = 400 - 150 = 250 \text{ Дж}$.

6. Какую работу совершил кислород массой 0,32 кг при изобарном нагревании на 10 К? Молярная масса кислорода $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

Решение. $A = \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{0,32 \cdot 8,31 \cdot 10}{32 \cdot 10^{-3}} = 831 \text{ Дж}$.