

Молекулярно-кинетическая теория

Основные положения МКТ

- Любое вещество состоит из мельчайших частиц - молекул и атомов. Они расположены в пространстве дискретно, то есть на некоторых расстояниях друг от друга
- Атомы или молекулы вещества находятся в состоянии беспорядочного движения, которое никогда не прекращается
- Атомы или молекулы вещества взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания, которые зависят от расстояний между частицами

Идеальный газ – газ, частицы которого являются не взаимодействующими на расстоянии материальными точками и испытывают абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками сосуда

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \quad p = \frac{2}{3} n E_k \quad p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 \quad p = nkT$$

Единицы измерения: [Па] – Паскаль

Средняя скорость теплового движения молекул:

$$\bar{v}_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

m_0 – масса одной молекулы
 k – постоянная Больцмана
 R – универсальная газовая постоянная

Средняя кин. энергия поступательного движения молекул:

$$E_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

Закон Дальтона

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

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT \quad p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

μ – молярная масса вещества
 ρ – плотность газа
 m – масса вещества

Температурная шкала Кельвина

У шкалы Кельвина существует абсолютный ноль, ниже которого ничего нет ($-273^\circ\text{C} = 0\text{K}$)

Перевод из шкалы Цельсия в школу Кельвина:

$$T = t + 273$$

Количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}$$

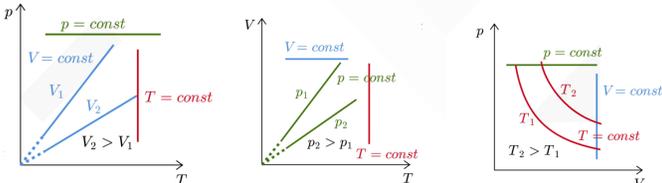
N_A – число Авогадро
 N – число молекул
 Единицы измерения: [ν] = моль

Концентрация

$$n = \frac{N}{V}$$

Число молекул в объёме
 Единицы измерения: [n] = 1/м³

Во всех газовых законах количество вещества постоянно



Изохорный ($V = \text{const}$) – закон Шарля

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

Изобарный ($p = \text{const}$) – закон Гей-Люссака

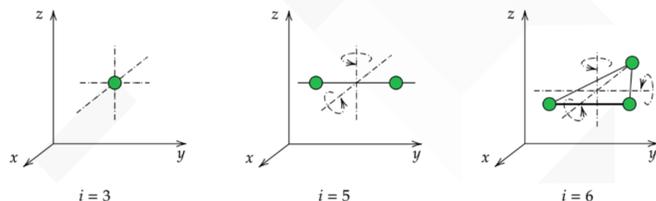
$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

Изотермический ($T = \text{const}$) – закон Бойля-Мариотта

$$pV = \text{const}$$

Термодинамика

Число степеней свободы i – количество независимых переменных однозначно определяющих положение тела в пространстве



Одноатомные газы $i = 3$: аргон, неон, гелий и др. инертные газы
 Двухатомные газы $i = 5$: водород, кислород, азот
 Трёхатомные газы $i = 6$: водяной пар, озон

Внутренняя энергия в общем виде и для $i = 3$:

$$U = \frac{i}{2} \nu RT = \frac{i}{2} pV \quad U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

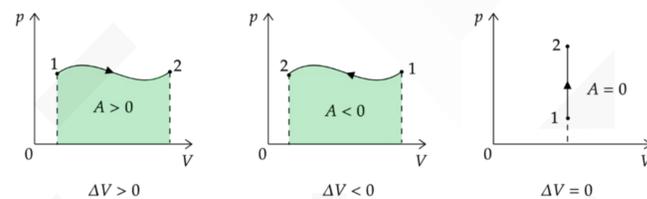
Изменение внутренней энергии в общем виде для $i = 3$:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \quad \Delta U = \frac{i}{2} \Delta(pV) \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \Delta U = \frac{3}{2} \Delta(pV)$$

Работа газа при изобарном процессе

$$A = p \Delta V$$

Работа газа численно равна площади под графиком процесса в координатах pV



Работа внешних сил над газом при изобарном процессе

$$A_{\text{внеш.сил}} = -A_{\text{газ}}$$

Первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

Знак величины	Количество теплоты Q	Изменение внутр. энергии ΔU	Работа газа A
+	газ получает количество теплоты	$T \uparrow \Rightarrow \Delta T > 0$ $\Delta U > 0$	$V \uparrow \Rightarrow \Delta V > 0$ $A > 0$
-	газ отдает количество теплоты	$T \downarrow \Rightarrow \Delta T < 0$ $\Delta U < 0$	$V \downarrow \Rightarrow \Delta V < 0$ $A < 0$
0	теплообмена нет $Q = 0$	$T = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$	$V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$



Применение первого закона термодинамики

Изотермический ($T = \text{const}$) $\Delta U = 0$, $Q = A$

Всё подведённое к газу тепло идёт на совершение газом работы

Изохорный ($V = \text{const}$) $A = 0$, $Q = \Delta U$

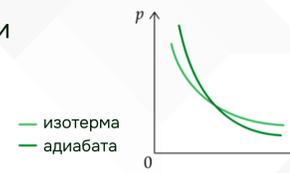
Всё тепло, переданное газу, идёт на изменение его внутренней энергии

Изобарный ($p = \text{const}$) $Q = \Delta U + p \Delta V$

Адиабатный процесс идёт без теплообмена с окружающей средой $Q = 0$

I закон термодинамики для адиабатного процесса:

$$\Delta U = -A$$

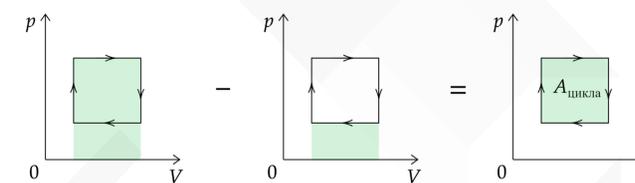


Тепловая машина



Тепловая машина (двигатель) – это циклически действующее устройство, превращающее теплоту в работу

Работа цикла: $A_{\text{цикла}} = Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}$



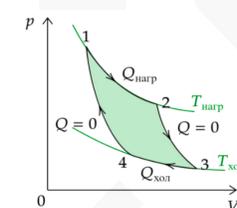
КПД – характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии.

КПД определяется отношением полезной работы, совершенной механизмом, ко всей затраченной работе (подведённой энергии) за то же время:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{A_{\text{затрач}}}$$

КПД для тепловой машины: $\eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}$

Цикл Карно



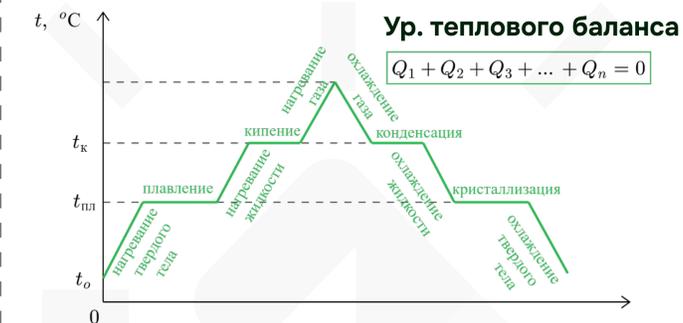
Идеальная тепловая машина – тепловая машина, работающая по циклу Карно

$$\eta = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$$

1-2 изотерм. расширение
 2-3 адиабат. расширение
 3-4 изотерм. сжатие
 4-1 адиабат. сжатие



Тепловые явления



Процессы плавления, кипения, конденсации и кристаллизации происходят при **постоянной температуре**

Кол-во теплоты для нагрева и охлаждения

$$Q = cm \Delta t$$

Кол-во теплоты для плавления и кристаллизации

$$Q = \lambda m$$

Кол-во теплоты для парообразования и конденсации

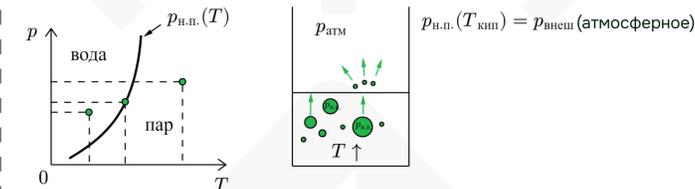
$$Q = Lm$$

Кол-во теплоты для горения

$$Q = qm$$

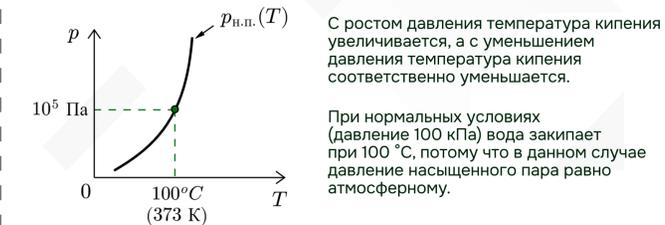
Влажность и водяной пар

Зависимость концентрации насыщенного пара от температуры



Кипение – парообразование, происходящее по всему объёму жидкости

Зависимость температуры кипения от давления:



Влажность (абсолютная) – физическая величина, показывающая массу водяных паров, содержащихся в 1 м^3 воздуха. Другими словами, это плотность водяного пара в воздухе

Относительная влажность воздуха – отношение парциального давления водяного пара в нем к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре

Если в закрытом сосуде долгое время находится вода и пар, то пар **насыщен**

$$\varphi = \frac{p_{\text{вод.пара}}}{p_{\text{нас.пара}}} = \frac{\rho_{\text{вод.пара}}}{\rho_{\text{нас.пара}}}$$

- $\varphi \leq 1 \Rightarrow$ ненасыщенный водяной пар
- $\varphi = 1 \Rightarrow$ пар насыщенный
- $\varphi > 1 \Rightarrow$ пар перенасыщенный будет происходить конденсация до тех пор, пока влажность не станет равной 1

