40 - Процессы в идеальных газах.

1. ***изохорный***, (v= const) происходящий при постоянном объеме газа;

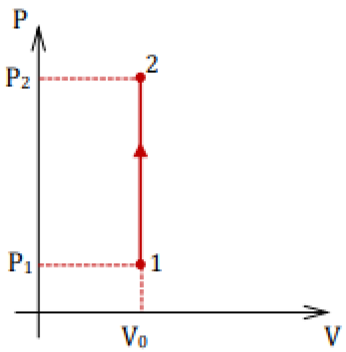
2. ***изобарный,*** (p = const) происходящий при постоянном давлении;

3. ***изотермический,*** (T = const) происходящий при постоянной температуре;

4. ***адиабатный***, (q = 0) протекающий без подвода или отвода теплоты, т.е. протекающий без теплообмена с окружающей средой;

5. **политропный** — обобщенный процесс изменения всех параметров рабочего тела при наличии теплообмена; для него четыре предыдущих процесса являются частными случаями.

Изохорный: V = const



$\frac{P}{V} = const$ - закон Шарля

Для любых состояний идеального газа в изохорическом процессе

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

График – вертикальная прямая на диаграмме в координатах (P, V).

Газ не совершает работы в изохорном процессе:

$$V = const,\ dV = 0$$

$$\delta A = PdV = 0;\ A = \int_1^2 \delta A = 0.$$

Исходя из первого начала термодинамики всё тепло, получаемое системой в этом процессе, идёт на приращение внутренней энергии $\delta Q = dU$ или $Q = \Delta U$.

Количество теплоты может быть выражено через макропараметры системы:

$$Q = \int_1^2 \delta Q = \int_1^2 dU = \int_1^2 \nu c_v dT = \nu c_v (T2 - T1) = \nu c_v \Delta T$$

или, используя уравнение состояния идеального газа,

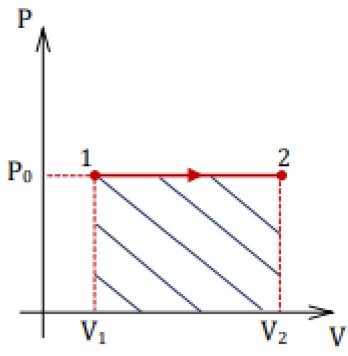
$T_1 = \frac{P_1 V_0}{\nu R},\ T_2 = \frac{P_2 V_0}{\nu R}$

$Q = \nu c_v (\frac{P_2 V_0}{\nu R} - \frac{P_1 V_0}{\nu R}) = \frac{V_0}{R} c_v (P2 - P1) = \frac{V_0}{R} c_v \Delta P.$

Теплоёмкость идеального газа в изохорическом процессе равна $c = c_v$.

Изобарный: P = const

$\frac{V}{T} = const$ - закон Гей-Люссака



Для любых состояний идеального газа в изобарическом процессе

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

График – горизонтальная прямая на диаграмме в координатах (P, V).

В изобарическом процессе газ совершает работу:

$$A = \int_1^2 \delta A = \int_1^2 P_0 dV = P_0 \int_1^2 dV = P_0(V_2 - V_1) = P_0 \Delta V$$

или, с использованием уравнения состояния идеального газа:

$P_0 V_1 = \nu R T_1$, $P_0 V_2 = \nu R T_2$

$A = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R \Delta T.$

Изменение внутренней энергии газа в изобарическом процессе равно:

$$\Delta U = \int_1^2 dU = \int_1^2 \nu c_v dT = \nu c_v (T_2 - T_1) = \nu c_v \Delta T = \frac{c_v}{R} P_0 \Delta V.$$

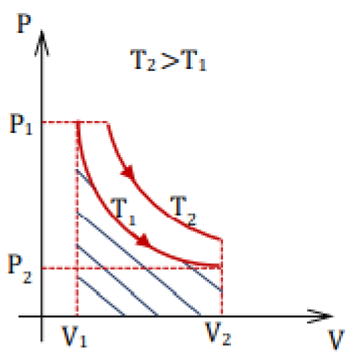
Тепло, подводимое к газу в изобарическом процессе равно:

$$Q = \int_1^2 \delta Q = \int_1^2 (dU + \delta A) = \int_1^2 dU + \int_1^2 \delta A = \nu c_v \Delta T + \nu R \Delta T = \nu(c_v + R)\Delta T = \nu c_p \Delta T = \nu c_p \left(\frac{P_0 V_2}{\nu R} - \frac{P_0 V_1}{\nu R} \right) = \frac{P_0}{R} c_p (V_0 - V_1) = \frac{P_0}{R} c_p \Delta V.$$

Теплоёмкость идеального газа в изобарическом процессе равна $c = c_p$.

Изотермический: $T = const$.

$PV = const$ − закон Бойля – Мариотта.



Для любых состояний идеального газа в изотермическом процессе

$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$ График – гипербола на диаграмме в координатах (P, V): $P = \frac{const}{V}$. Чем больше температура газа, тем выше на диаграмме (P, V) расположена соответствующая ей изотерма.

Внутренняя энергия идеального газа в изотермическом процессе не изменяется: $U = \nu c_v T = const$; $\Delta U = 0$.

Всё тепло, исходя из первого начала термодинамики, получаемое системой в этом процессе, идёт на совершение работы $\delta Q = \delta A$ или $Q = A$.

Работа, совершаемая газом в изотермическом процессе, равна

$A = \int_1^2 \delta A =$

$\int_1^2 PdV = \int_1^2 P(V,\ T)dV = \int_1^2 \frac{\nu RT_0}{V}dV = \nu RT_0 \int_1^2 \frac{dV}{V} = \nu RT_0 lnV \oint_{V_1}^{V_2} = \nu RT_0(lnV_2 - lnV_1) =$

$= \nu RT_0 ln\frac{V_2}{V_1} = P_1V_1 ln\frac{V_2}{V_1} = P_2V_2 ln\frac{V_2}{V_1}$

$Q = A = \nu RT_0\ ln\frac{V_2}{V_1}$

Теплоёмкость идеального газа в изотермическом процессе бесконечно велика:

Адиабатный процесс: $\delta Q = 0$

Процесс, при котором газ не обменивается теплом с окружающим пространством: $\delta Q = 0$.

$$T = \frac{PV}{\nu R}.$$

$$\Longrightarrow PV \cdot V^{\gamma-1} = \nu R \cdot const$$

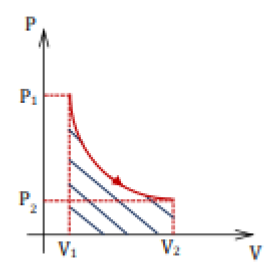
$$\boxed{PV^{\gamma} = const} -$$

уравнение адиабаты в макропараметрах (P, V) – уравнение Пуассона.

$$V = \frac{\nu RT}{P}$$

$$T\left(\frac{\nu RT}{P}\right)^{\gamma-1} = const$$

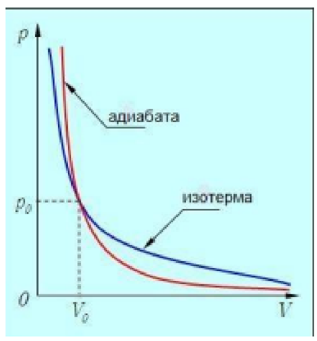
$$\boxed{P^{1-\gamma} \cdot T^{\gamma} = const} -$$



уравнение адиабаты в макропараметрах (P, T).
Для любых двух состояний идеального газа в адиабатическом процессе

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

График – гипербола на диаграмме в координатах (P, V): $P = \frac{const}{V^{\gamma}}$



От гиперболы, соответствующей изотермическому процессу, адиабату отличает более резкое падение давления, т.к. в отличие от изотермы, где $P \sim V^{-1}$, на адиабате $P \sim V^{-\gamma}$, где показатель степени $\gamma > 1$

Т.к. при адиабатическом процессе газ не обменивается теплом с окружающим пространством $\delta Q = 0$, то из первого начала термодинамики следует, что газ в адиабатическом процессе может совершать работу только за счёт убыли своей внутренней энергии: $\delta Q = dU + \delta A = 0 \Longrightarrow \delta A = -dU$. Для конечных величин аналогично: $A = -\Delta U$, тогда:

$$\Delta U = -A = \frac{\nu R}{\gamma - 1}\Delta T$$

$U = \frac{\nu R}{\gamma - 1}T$ −внутренняя энергия идеального газа.

Теплоёмкость идеального газа в адиабатическом процессе равна нулю $\delta Q = 0$:

$$c = \frac{1}{\nu}\frac{\delta Q}{dT} = 0$$