

ОБРАТИМЫЕ И НЕОБРАТИМЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.

Обратимый термодинамический процесс - это такой равновесный процесс, который допускает возможность возвращения системы в первоначальное состояние через ту же последовательность промежуточных состояний, что и в прямом процессе, причем, после этого в окружающих систему телах не остается никаких изменений.

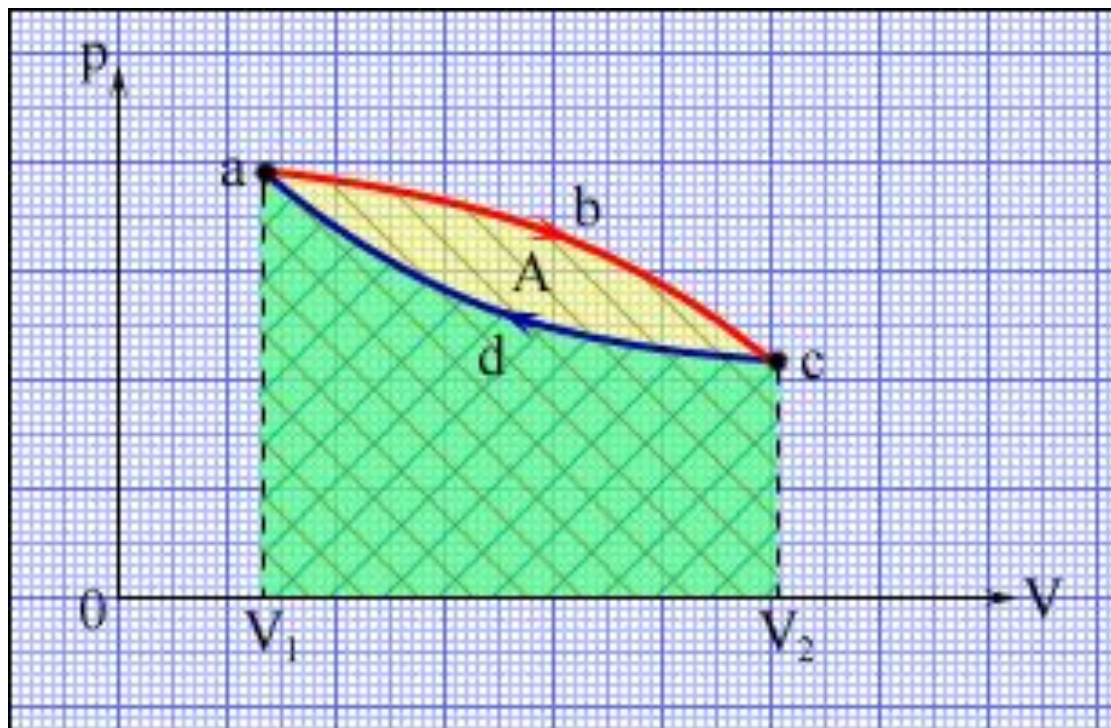
Важнейшим признаком обратимого процесса является его равновесность.

Необратимый термодинамический процесс - это такой неравновесный процесс, по завершении которого систему нельзя вернуть в начальное состояние так, чтобы в окружающих систему телах не осталось никаких изменений. Такой процесс в обратном направлении самопроизвольно протекать не может.

Все процессы в природе - необратимые.

КПД ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ.

Всякий двигатель представляет собой систему, совершающую многократно круговой процесс. **Периодически действующий двигатель, совершающий работу за счет полученного извне тепла, называется тепловой машиной. Круговым процессом или циклом называется такой процесс, при котором система после ряда изменений возвращается в исходное состояние.**

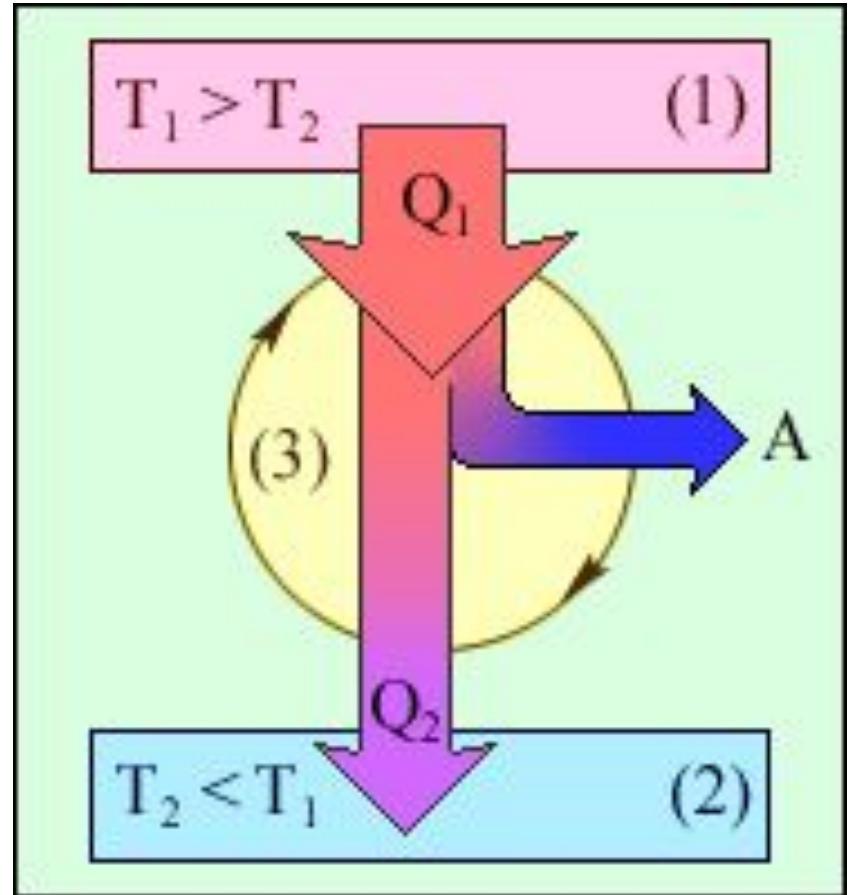


Работа, совершаемая при круговом процессе, численно равна площади, охватываемой кривой.

Схема теплового двигателя

- 1 - термостат (нагреватель);
- 2 - термостат (холодильник);
- 3 - рабочее тело.

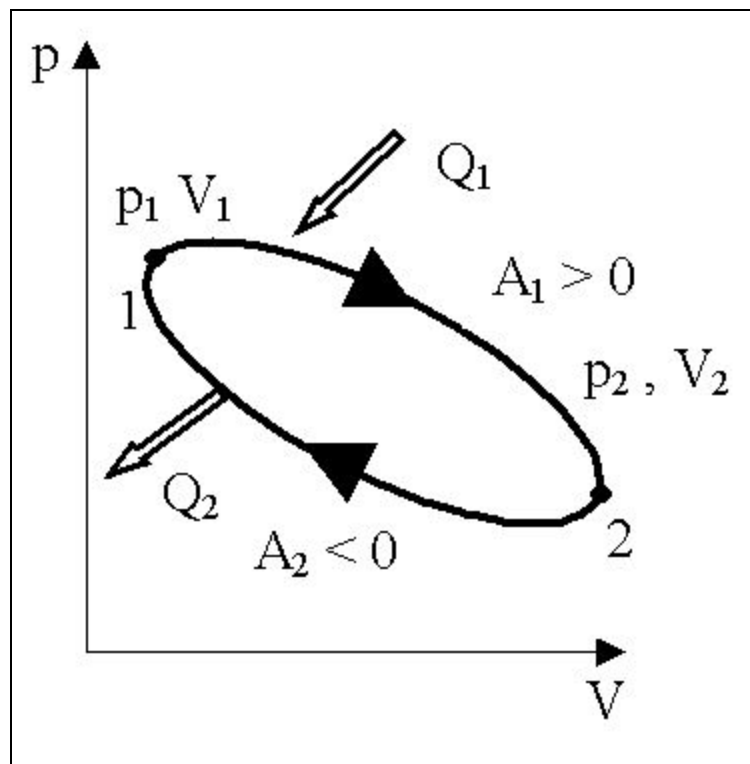
По завершению работы не превратившееся в механическую энергию тепло Q_2 передается охладителю и, таким образом, остается неиспользованным.



Найдем КПД тепловой машины, работающей по произвольному циклу.

Запишем первое начало термодинамики для обеих частей цикла:

$$Q_1 = (U_2 - U_1) + A_1$$
$$-Q_2 = (U_1 - U_2) + A_2$$



Складывая уравнения, получим: $Q_1 - Q_2 = A_1 + A_2 = A$

$$A = Q_1 - Q_2$$

Определим КПД тепловой машины как отношение совершаемой за цикл работы A к получаемому за цикл теплу Q_1 :

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Если обратить цикл, то получится цикл холодильной машины. Эффективность холодильной машины характеризуется её холодильным коэффициентом,

$$\eta_x = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Возникает вопрос, нельзя ли построить периодически действующую тепловую машину без холодильника, т.е. добиться того, чтобы $Q_2 = 0$ и, следовательно, $\eta = 1$? Такая машина могла бы превращать в работу все тепло, взятое от одного теплового резервуара. Возможность её построения не противоречит закону сохранения энергии.

Опытные факты говорят против возможности построения перпетум мобиле (вечного двигателя) второго рода. Он называется постулатом второго начала термодинамики и является обобщением опытных фактов. Доказательством этого постулата является согласие всех вытекающих из него следствий и опытов.

«Невозможны процессы, единственным следствием которых было бы совершение механической работы, произведенной в результате охлаждения теплового резервуара».

У. Томсон (лорд Кельвин)

«Невозможен процесс, при котором теплота переходила бы самопроизвольно от холодных тел к телам нагретым».

Р. Клаузиус

Если машина работает с использованием только обратимых процессов, то она называется обратимой, если хотя бы один из процессов необратим, то машина называется необратимой.

Основываясь на втором начале термодинамики, можно доказать следующее:

- 1) КПД всех обратимых машин, работающих с одним и тем же нагревателем и холодильником, имеет одинаковое значение;
- 2) КПД необратимой машины всегда меньше, чем обратимой, работающей в тех же условиях.

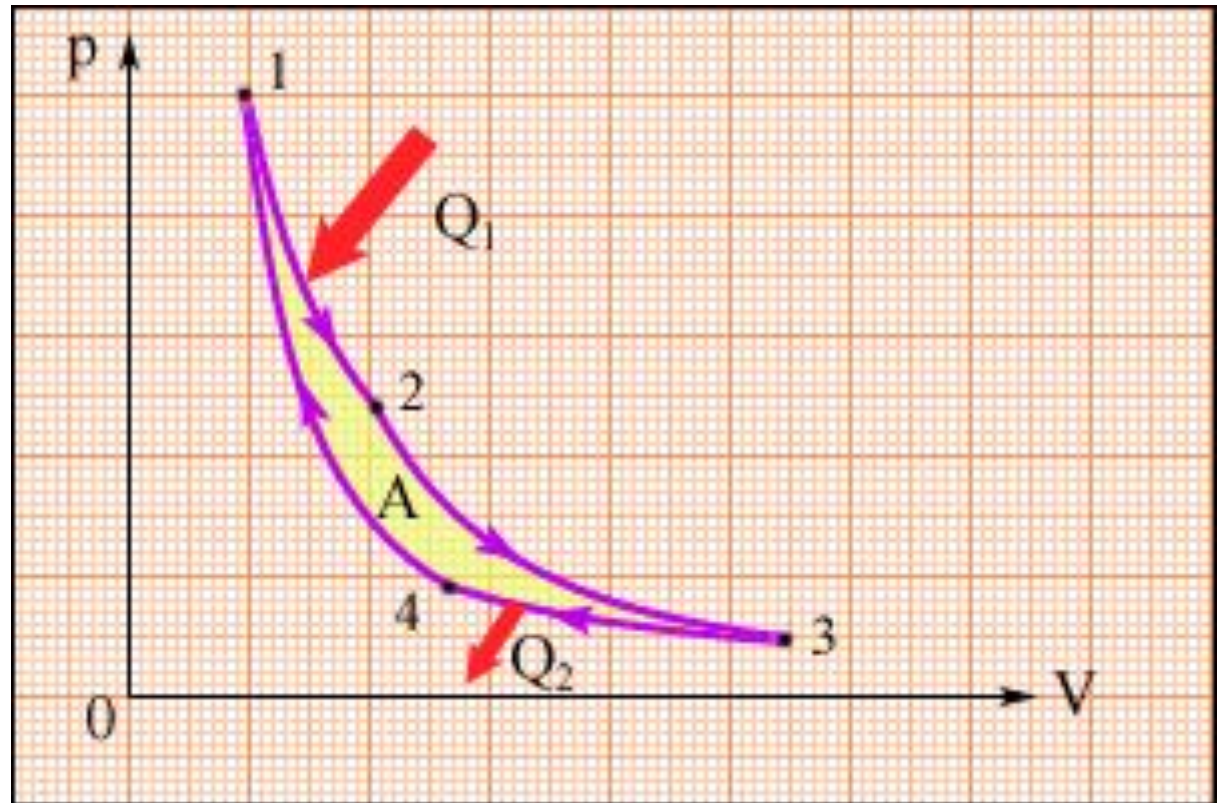
ЦИКЛ КАРНО. КПД ЦИКЛА КАРНО ДЛЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.

Выясним как именно КПД зависит от температур нагревателя и холодильника. Для этого рассмотрим машину с идеальным газом в качестве рабочего вещества.

При достаточно большой теплоемкости нагревателя и холодильника единственным обратимым циклом будет так называемый цикл Карно (С. Карно, 1824 г.).

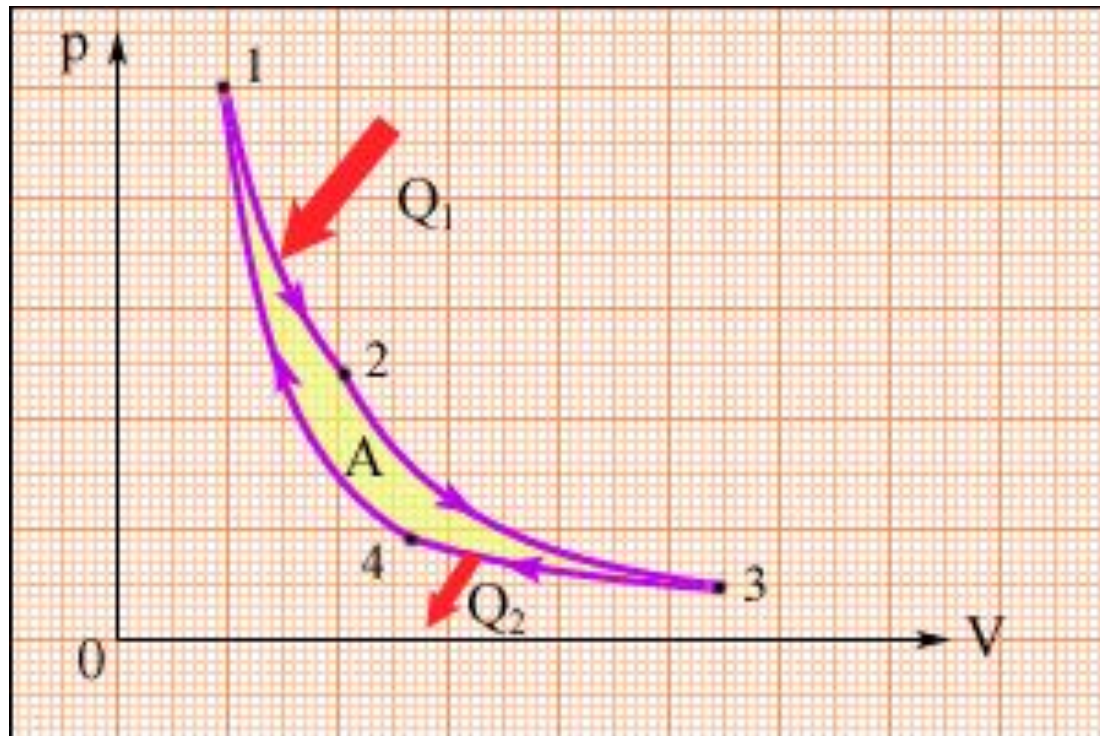
Цикл Карно

- изотермы — $1 \rightarrow 2$ - расширение (T_1 - температура нагревателя)
 $3 \rightarrow 4$ - сжатие (T_2 - температура холодильника)
- адиабаты — $2 \rightarrow 3$ - расширение
 $4 \rightarrow 1$ - сжатие



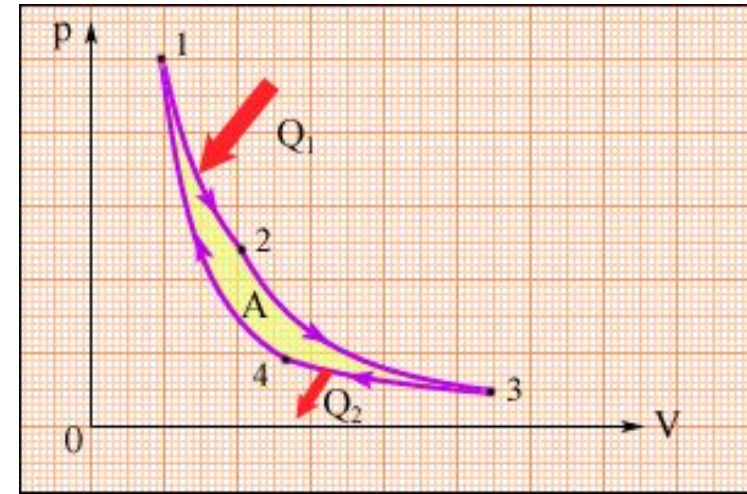
Коэффициентом полезного действия тепловой машины называется величина, равная отношению работы, совершенной машиной за цикл, к количеству теплоты, полученной ею за этот цикл:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$



Применим для адиабат 2-3
и 4-1 соотношения:

$$\left. \begin{aligned} T_1 V_2^{\gamma-1} &= T_2 V_3^{\gamma-1} \\ T_1 V_1^{\gamma-1} &= T_2 V_4^{\gamma-1} \end{aligned} \right\} \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$



$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\nu \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} - \nu \cdot R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{V_3}{V_4}}{\nu \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

КПД цикла Карно (КПД любой обратимой тепловой машины):

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Теорема Карно: коэффициент полезного действия всех обратимых машин, работающих по циклу Карно при одних и тех же температурах нагревателя и охладителя, одинаков и определяется только температурами нагревателя и охладителя.