

Тепловые двигатели. Термодинамические циклы. Цикл Карно

ГОУ СОШ № 625

Н.М.Турлакова

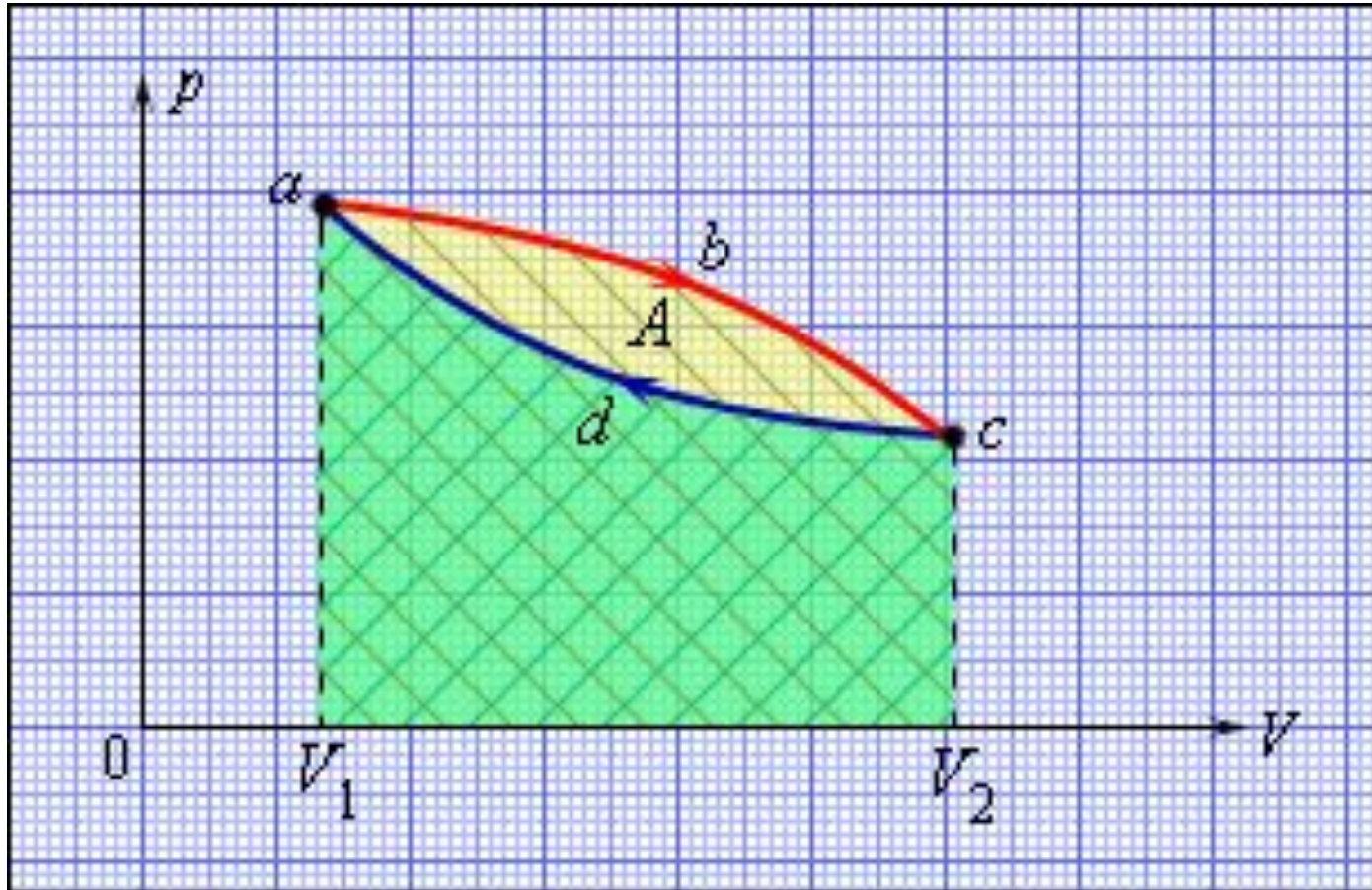
План урока

- 1. Принципы действия тепловых двигателей.
- 2. Роль холодильника и нагревателя.
- 3. КПД теплового двигателя.
- 4. Цикл Карно.

Тепловые двигатели.

- Тепловым двигателем называется устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу.
- Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества, которое называется **рабочим телом**.
- Реально существующие тепловые двигатели (паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и т. д.) работают циклически.

Рабочий цикл ТД



- Круговой процесс на диаграмме (p, V). abc – кривая расширения, cda – кривая сжатия. Работа A в круговом процессе равна площади фигуры $abcd$

Тепловые резервуары

- Общее свойство всех круговых процессов состоит в том, что их невозможно провести, приводя рабочее тело в тепловой контакт только с одним тепловым резервуаром. Их нужно, по крайней мере, два. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют **нагревателем**, а с более низкой – **холодильником**. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты $Q_1 > 0$ и отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 < 0$. Полное количество теплоты Q , полученное рабочим телом за цикл, равно $Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 - |Q_2|$.

КПД теплового двигателя

- При обходе цикла рабочее тело возвращается в первоначальное состояние, следовательно, изменение его внутренней энергии равно нулю ($\Delta U = 0$). Согласно первому закону термодинамики,
$$\Delta U = Q - A = 0.$$

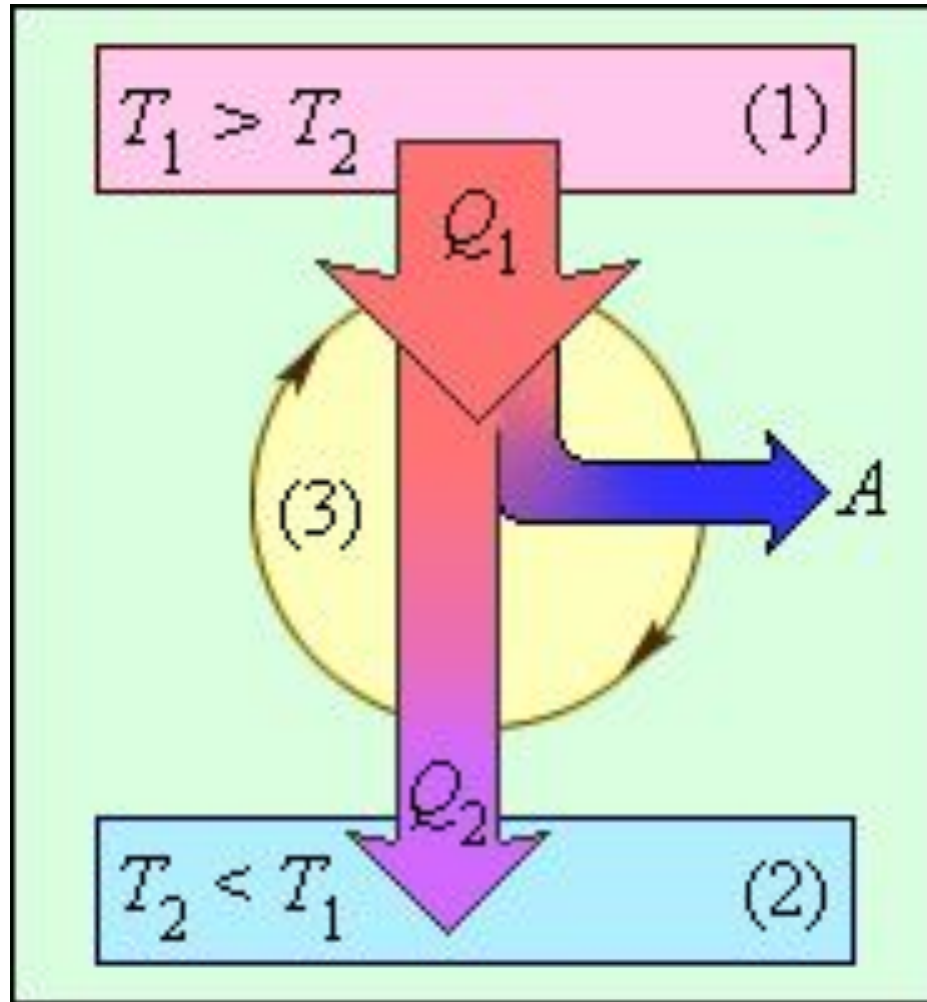
- Отсюда следует:

$$A = Q = Q_1 - |Q_2|.$$

- Работа A , совершаемая рабочим телом за цикл, равна полученному за цикл количеству теплоты Q . Отношение работы A к количеству теплоты Q_1 , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя, называется коэффициентом полезного действия η тепловой машины:

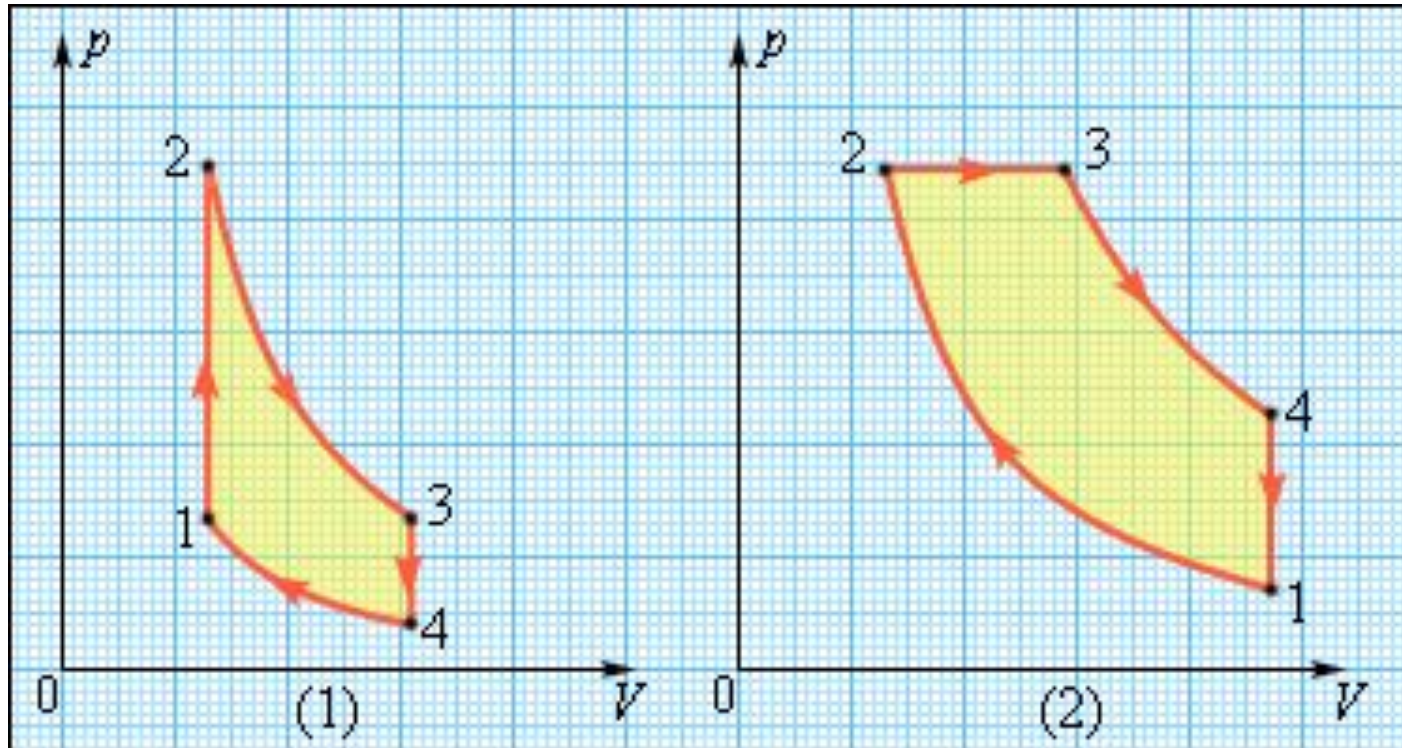
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}.$$

Энергетическая схема тепловой машины:



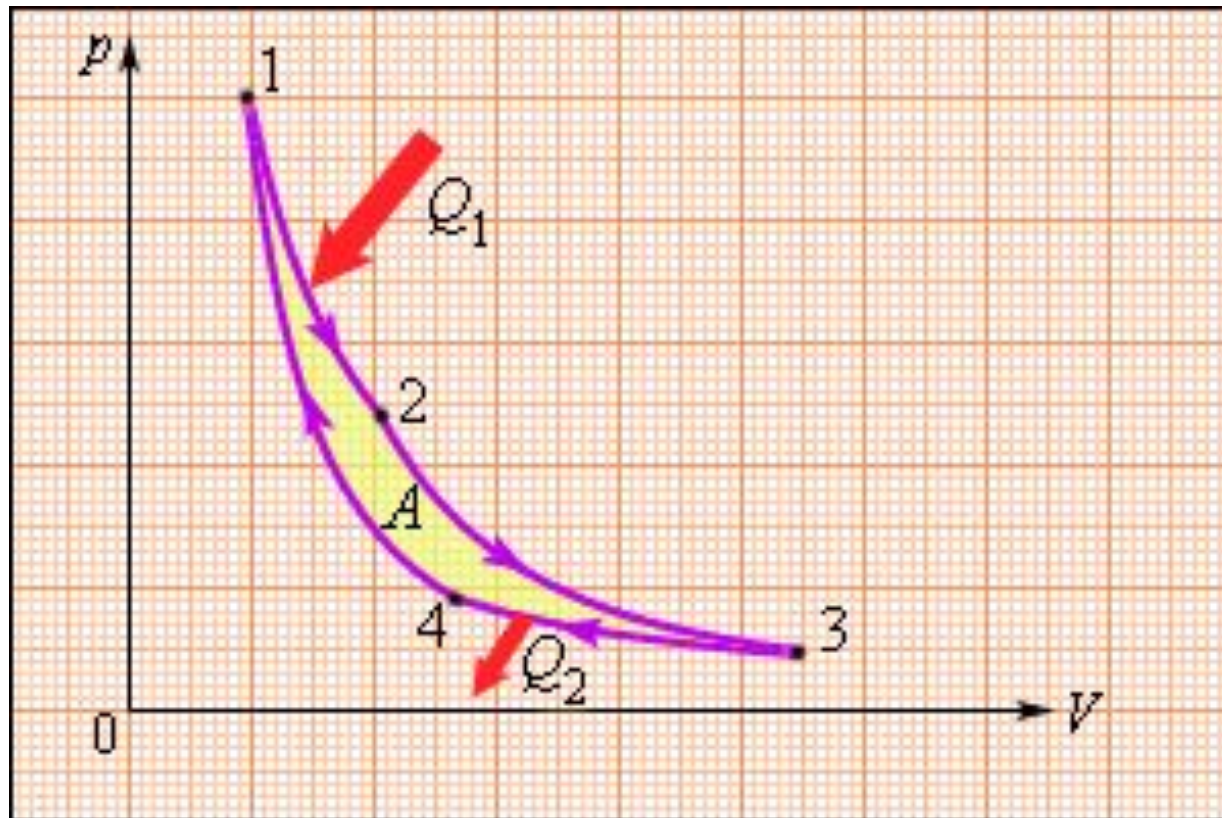
- 1 – нагреватель; 2 – холодильник; 3 – рабочее тело, совершающее круговой процесс. $Q_1 > 0$, $A > 0$, $Q_2 < 0$; $T_1 > T_2$

Примеры реальных тепловых циклов



- Циклы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания (1) и дизельного двигателя (2)

Цикл С.Карно (1824 г.)



- Полная работа A , совершаемая газом за цикл, равна сумме работ на отдельных участках:
$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}.$$
- На диаграмме (p, V) эта работа равна площади цикла.

Цикл С.Карно (1824 г.)

- Из первого закона термодинамики, работа газа при адиабатическом расширении (или сжатии) равна убыли ΔU его внутренней энергии. Для 1 моля газа $A = -\Delta U = -C_V (T_2 - T_1)$,
- где T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры газа.
- Работы, совершенные газом на двух адиабатических участках цикла Карно, одинаковы по модулю и противоположны по знакам $A_{23} = -A_{41}$.
- По определению, коэффициент полезного действия η цикла Карно есть
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A_{12} + A_{34}}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}.$$
- С. Карно выразил коэффициент полезного действия цикла через температуры
- нагревателя T_1 и холодильника T_2 :
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

Домашнее задание

- § 82. Принцип действия тепловых двигателей
- Упр.15 (11, 12)

- Используются материалы диска
- «Открытая физика»