



# Тепловые двигатели. Термодинамические циклы. Цикл Карно

ГОУ СОШ № 625

Н.М.Турлакова

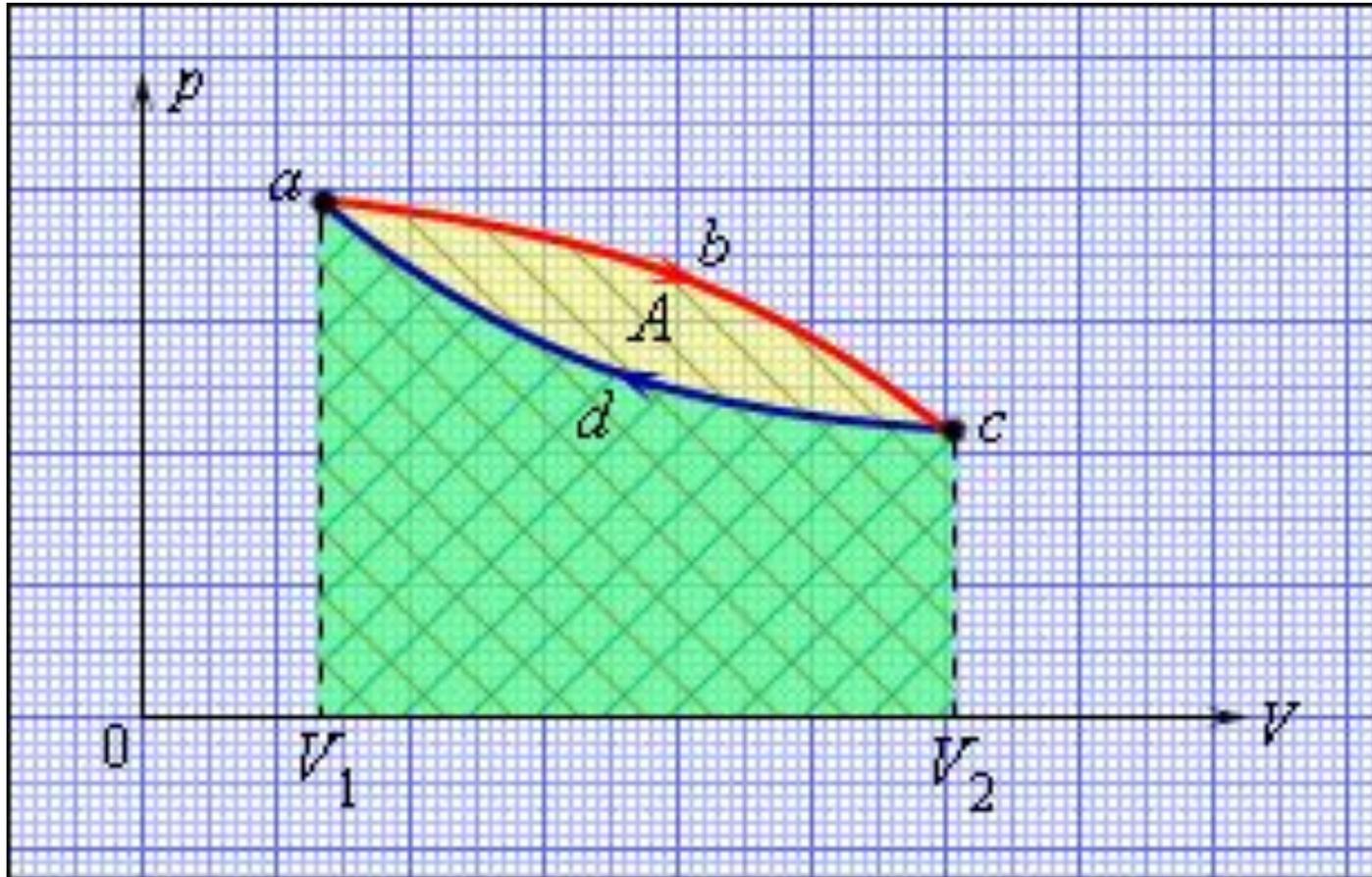
# План урока

- 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,  
$$\Delta U = Q - A = 0.$$

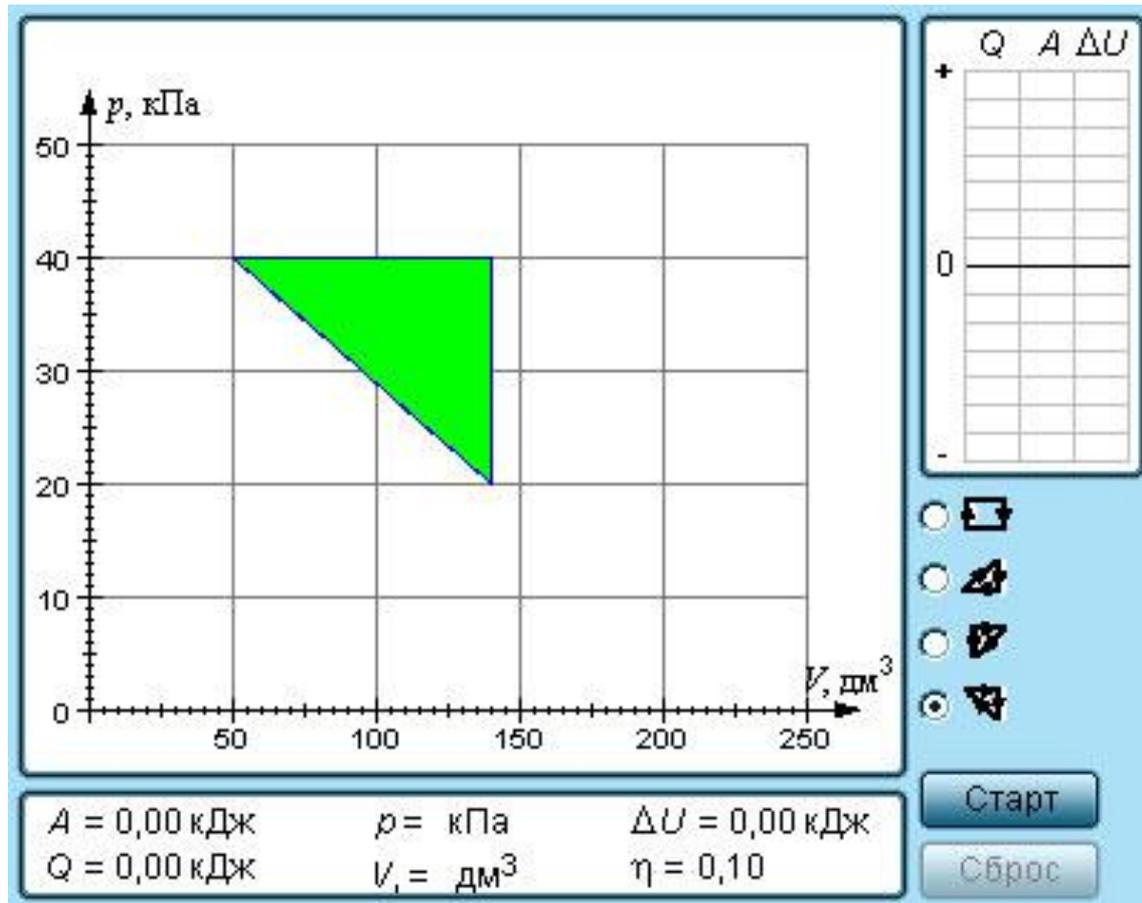
- Отсюда следует:

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

- 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  $\eta$  тепловой машины:

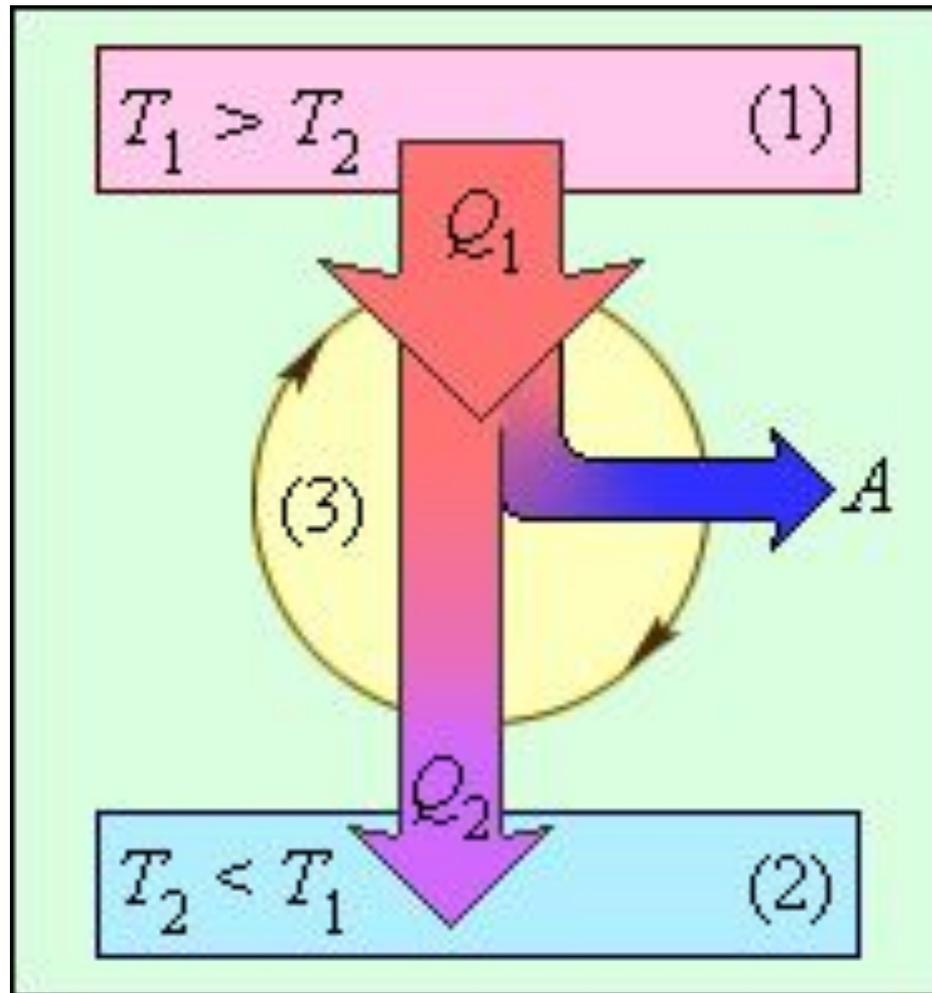
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}.$$

# Модель. Термодинамические циклы



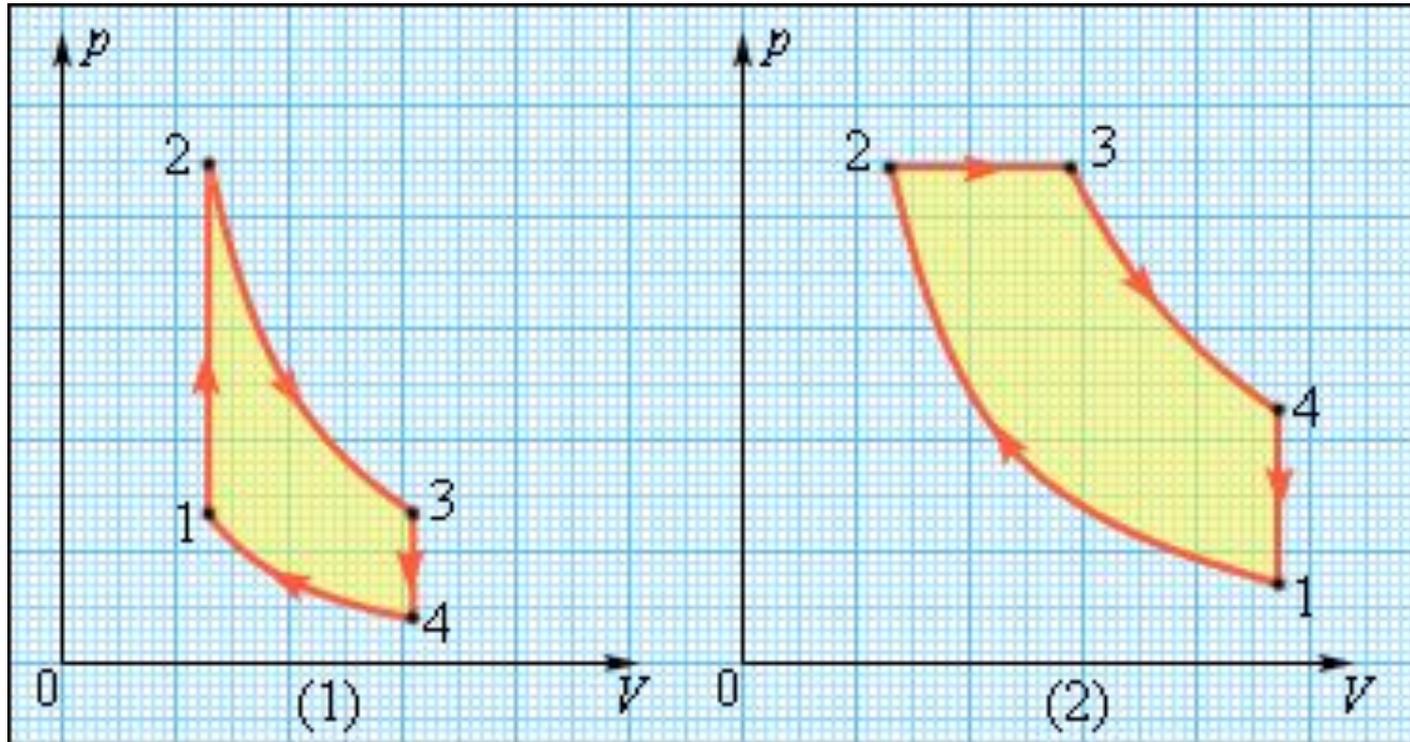
Модель. Термодинамические циклы

# Энергетическая схема тепловой машины:



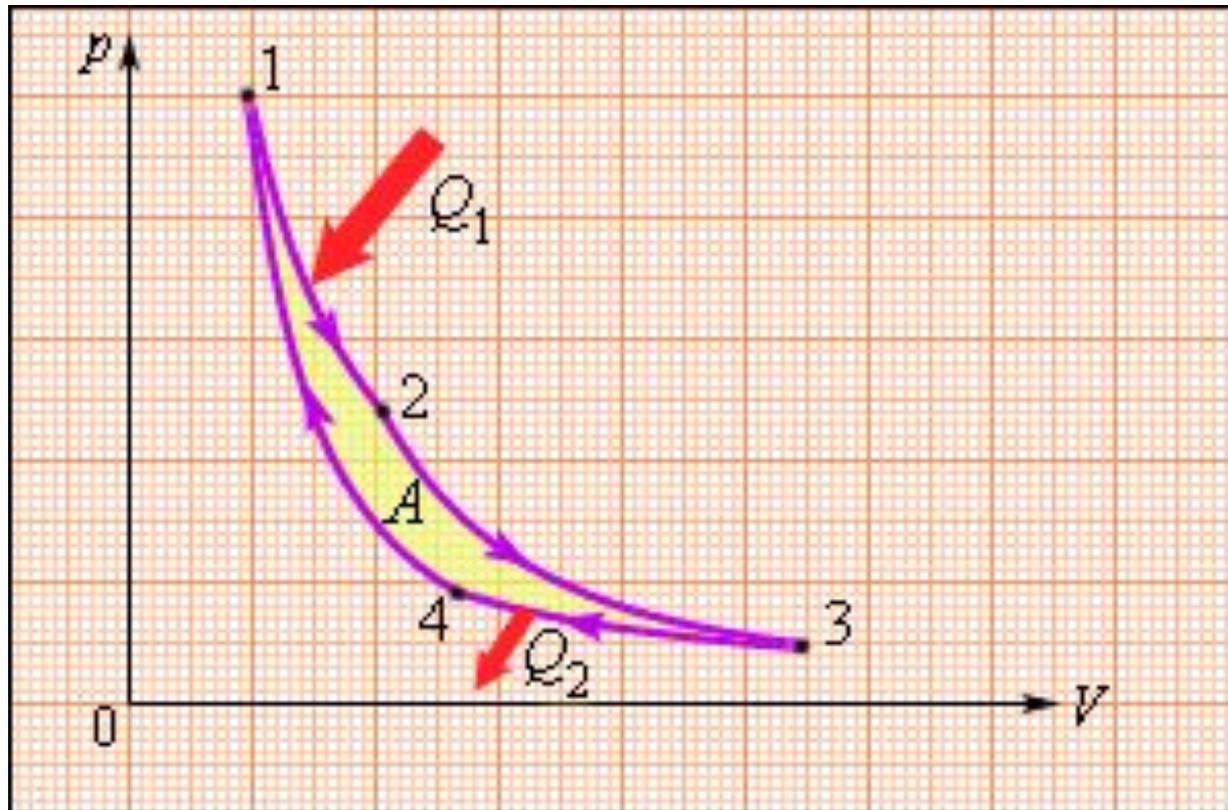
- 1 – нагреватель; 2 – холодильник; 3 – рабочее тело, совершающее круговой процесс.  $Q_1 > 0$ ,  $A > 0$ ,  $Q_2 < 0$ ;  $T_1 > T_2$

## 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  $\Delta U$  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  $\eta$  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»