



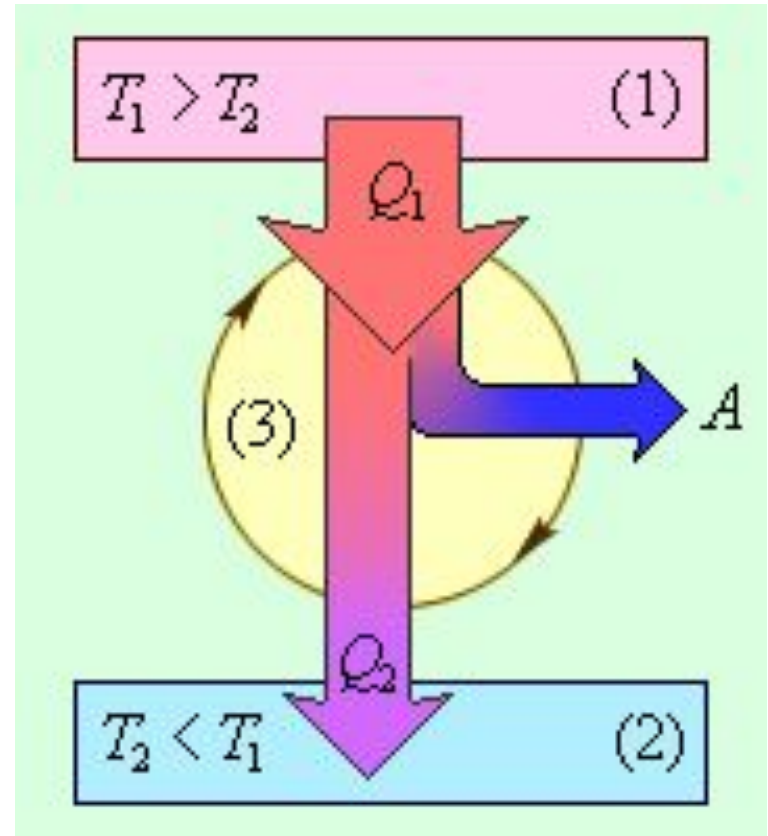
Тепловые двигатели

КПД теплового двигателя

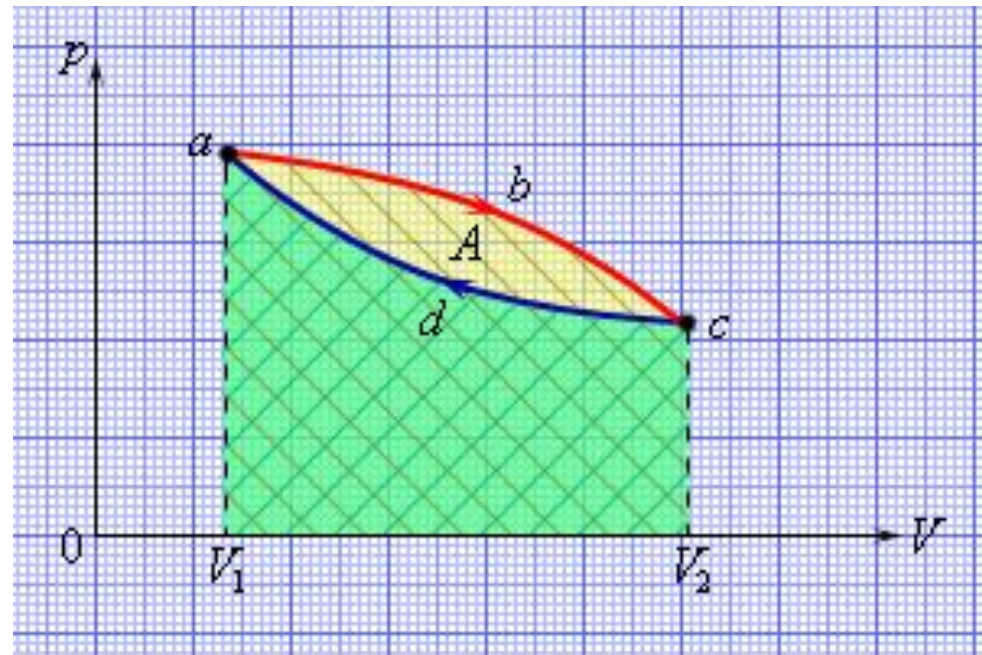


- **Тепловым двигателем** называется устройство, способное превращать часть полученного количества теплоты в механическую работу (паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и т.д.)

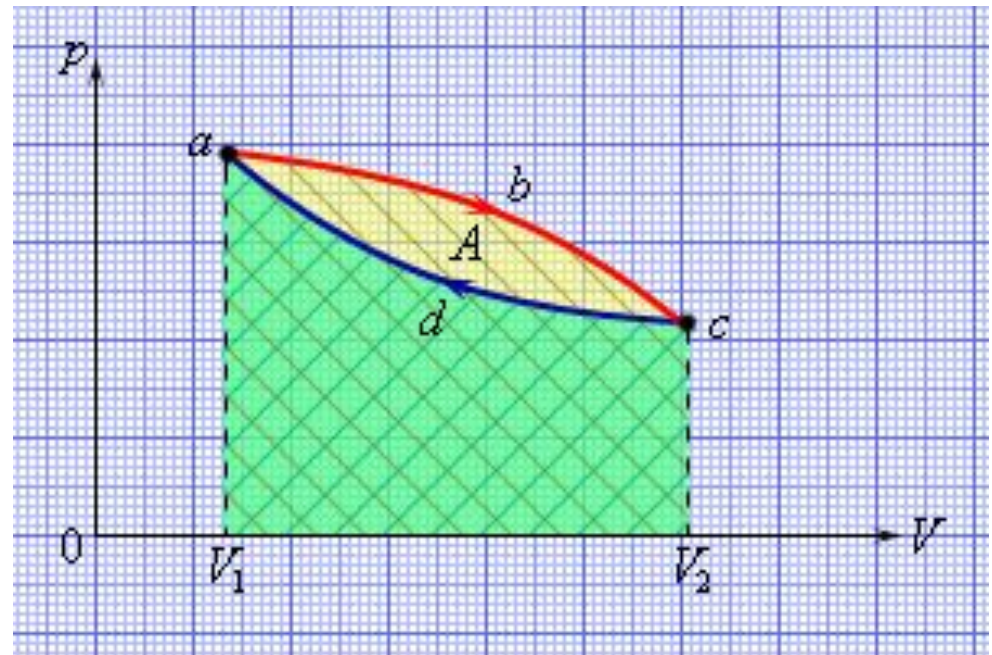
- Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества, которое называется **рабочим телом**.
Тепловой резервуар с более высокой температурой, передающий теплоту тепловому двигателю, называется **нагревателем**, а забирающий остатки тепла с целью вернуть рабочее тело в исходное состояние – **холодильником**.



- Реально существующие тепловые двигатели работают циклически. Процесс теплопередачи и преобразования полученного количества теплоты в работу периодически повторяется



- Полезную работу, совершенную тепловым двигателем за один цикл, можно найти как площадь, ограниченную графиком процесса на плоскости pV .



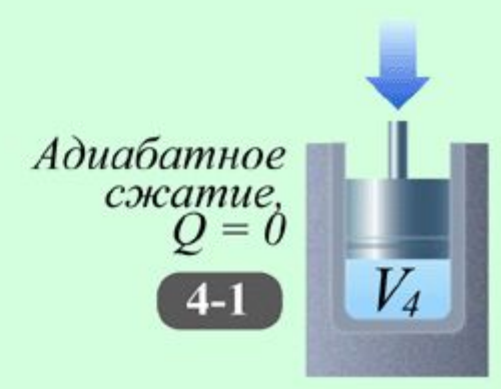
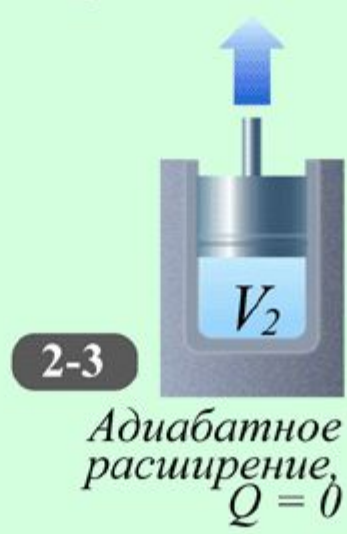
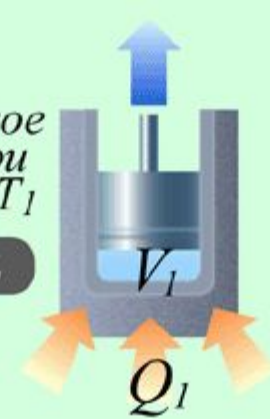
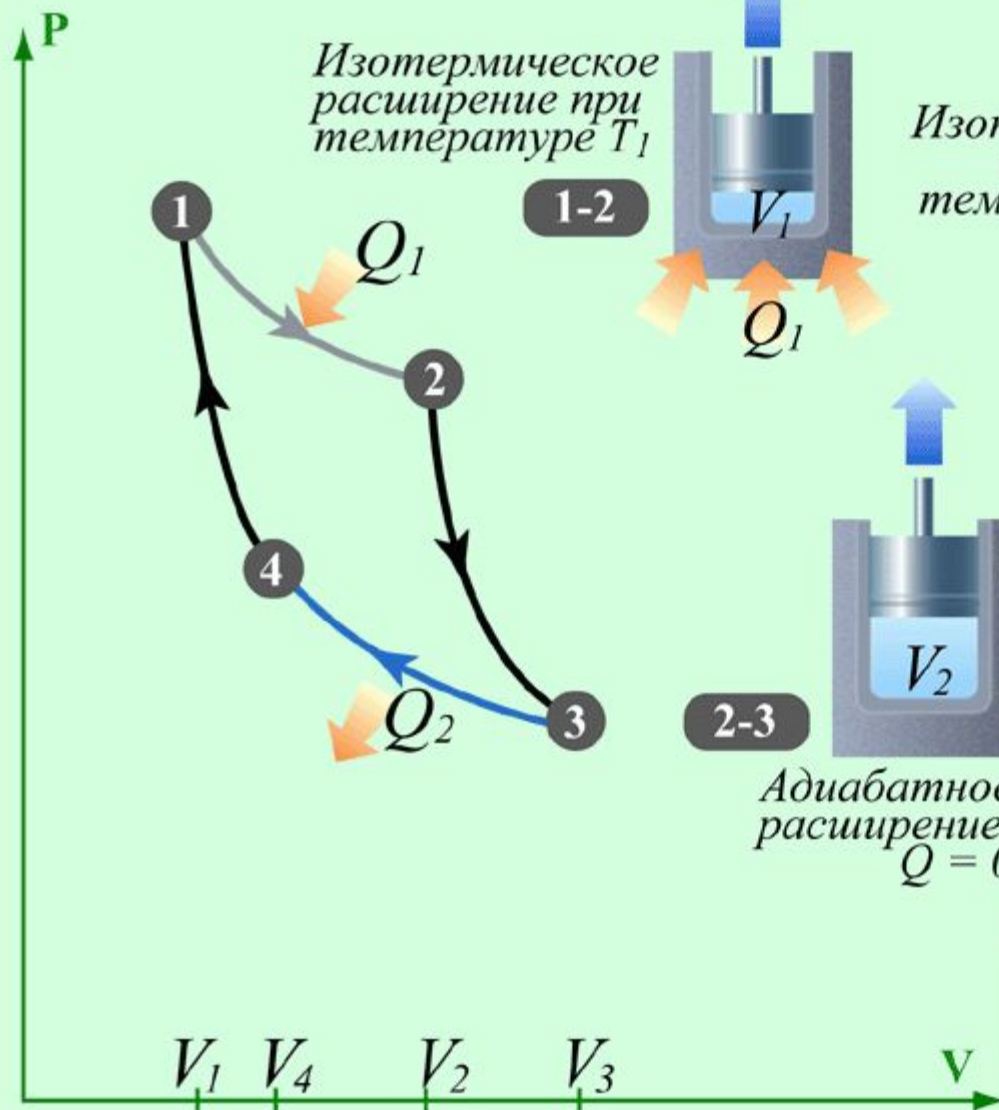
- **Коэффициентом полезного действия** (КПД) теплового двигателя называется отношение полезной работы, совершенной двигателем, ко всей энергии Q_1 , полученной при сгорании топлива (то есть от нагревателя):

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



Двигатель	КПД, %
<i>Паровая машина</i>	1
<i>Паровоз</i>	8
<i>Карбюраторный двигатель</i>	20 – 30
<i>Газовая турбина</i>	36
<i>Паровая турбина</i>	35 – 46
<i>Ракетный двигатель на жидком топливе</i>	47

- Наибольшим среди тепловых машин КПД при заданных температурах нагревателя и холодильника обладает тепловая машина, работающая по циклу Карно. Цикл Карно состоит из двух адиабат и двух изотерм.

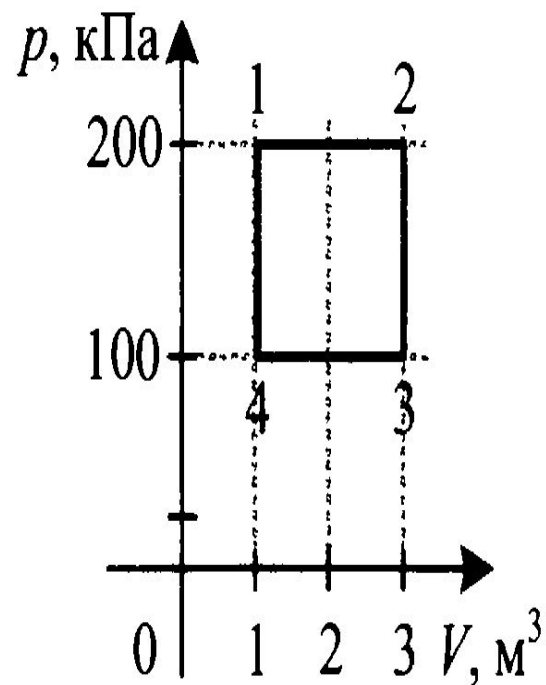


$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

- Любой участок цикла Карно и весь цикл в целом может быть пройден в обоих направлениях. Обход цикла по часовой стрелке соответствует *тепловому двигателю*, когда полученное рабочим телом тепло частично превращается в полезную работу. Обход против часовой стрелки соответствует **холодильной машине**, когда некоторое количество теплоты отбирается от холодного резервуара и передается горячему резервуару **за счет совершения внешней работы**. Поэтому идеальное устройство, работающее по циклу Карно, называют **обратимой тепловой машиной**

15. Определите работу газа за термодинамический цикл 1-2-3-4.

$$Q_H = Q_{41} + Q_{12}$$



671(590). Температура нагревателя идеальной тепловой машины $117\text{ }^{\circ}\text{C}$, а холодильника $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с , равно 60 кДж . Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с , и мощность машины.

672(591). В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж . Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К .

671

Dано

$$T_H = 117 + 273 = 390 \text{ K}$$

$$T_C = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$t = 1 \text{ c}$$

$$Q_H = 60 \text{ kJ}$$

$$Q_C = ?$$

$$P_H = ?$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

$$\eta = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

$$\frac{Q_C}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H}$$

$$Q_C = \frac{T_C}{T_H} Q_H = \frac{300}{390} \cdot 60 =$$

$$= 46 \text{ kJ}$$

$$P_H = \eta P_C = \eta \frac{Q_C}{t}$$

$$\eta = \frac{390 - 300}{390} = \frac{90}{390} = 0,23 \quad P_H = 0,23 \frac{60 \cdot 10^3}{1 \text{ c}}$$

$$= 13,8 \text{ kW}$$

672

Dано

$$Q_H = 1 \text{ kJ}$$

$$A = 300 \text{ Дж}$$

$$T_C = 280 \text{ K}$$

$$\eta = ? \quad T_H = ?$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{300}{1000} = 0,3 = 30\%$$

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad \frac{T_C}{T_H} = 0,7$$

$$T_H = \frac{T_C}{0,7} = 400 \text{ K}$$

Письменное домашнее задание

5. Температура нагревателя идеальной тепловой машины $527\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура холодильника $127\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите количество теплоты, полученное машиной от нагревателя, если она совершила работу 700 Дж .
6. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 900 К , а температура холодильника $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите количество теплоты, отданное машиной холодильнику, если она совершила работу 350 Дж .

$$pV = \nu RT$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

При изобарном
процессе

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

-Не зависит от способа перехода
из точки 1 в точку 2

Дополнительные вопросы при устном ответе

10.184. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличивается на $\Delta U = 600$ Дж и он совершает работу $A = 200$ Дж. Какое количество тепла сообщили газу?

10.185. Над идеальным газом совершается работа $A = 200$ Дж, при этом его внутренняя энергия возрастает на $\Delta U = 500$ Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу в этом процессе?

10.186. Газу сообщают количество теплоты $Q = 7$ кДж. При этом $\eta = 60\%$ подведенного тепла идет на увеличение внутренней энергии газа. Найти работу, совершаемую газом.

Задачи для устного ответа

8. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, 20%. Во сколько раз абсолютная температура нагревателя больше абсолютной температуры холодильника?
9. КПД тепловой машины 18%. Чему будет равен КПД, если потери тепла уменьшить в 2 раза?

Один моль гелия совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. При этом максимальное давление в $n_1 = 2$ раза больше минимального, а максимальный объем в $n_2 = 3$ раза больше минимального. Определите КПД цикла (в %).