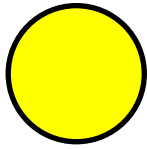


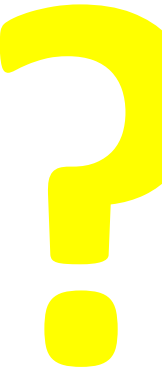
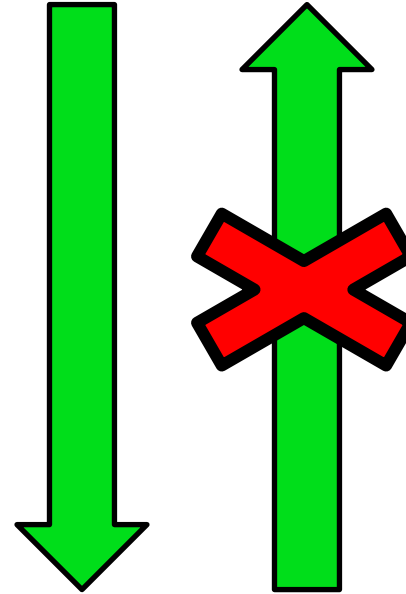
# **Тепловой двигатель. КПД теплового двигателя**

урок физики в 10  
классе

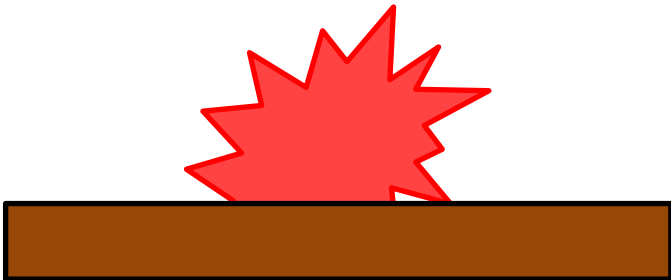
Составитель: Пестрецова  
И.В.,  
учитель физики МБОУ  
«В-Чебулинская СОШ»



**Механическая  
энергия**

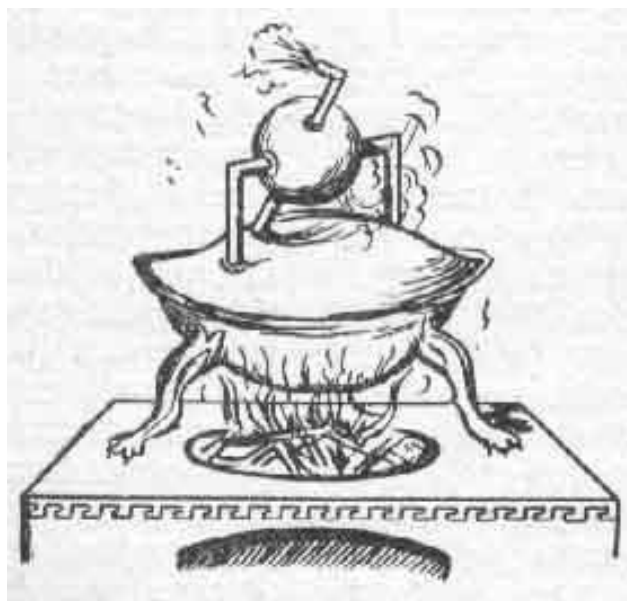


**Внутренняя  
энергия**





II век нашей эры.  
Паровая турбина  
внешнего  
сгорания.



Геронов шар.

# Тепловой двигатель

– это устройство, преобразующее внутреннюю энергию в механическую работу

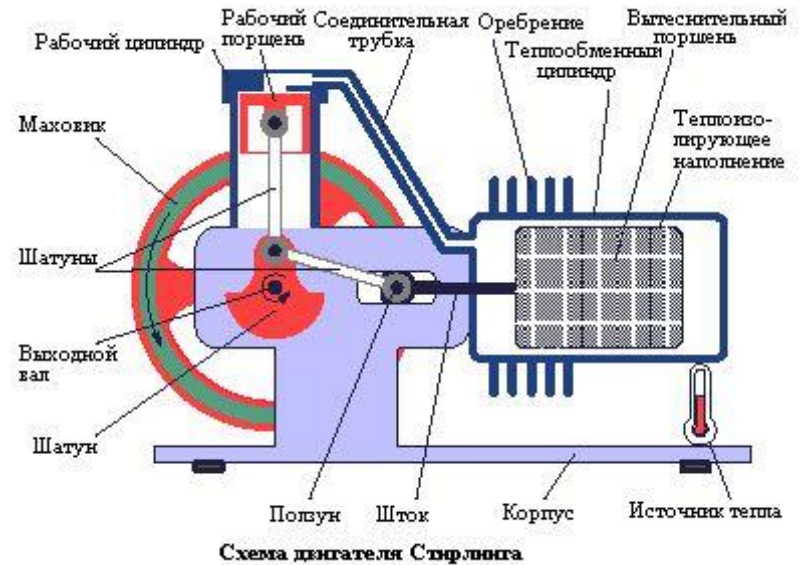
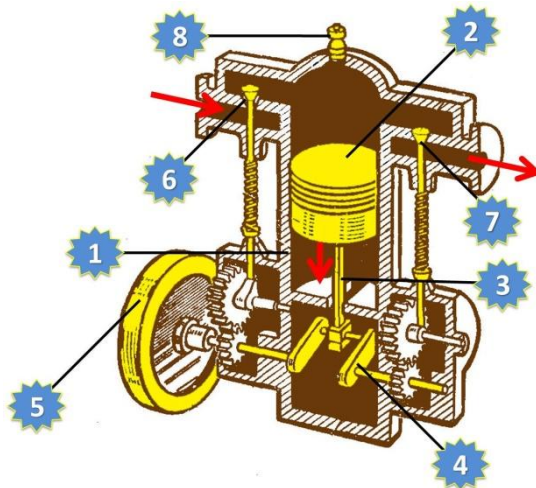
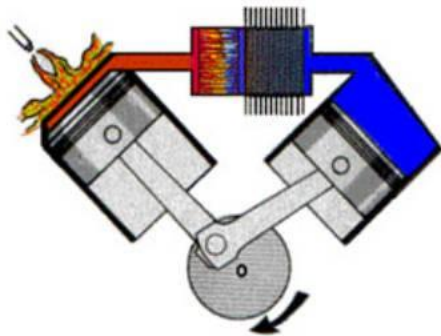
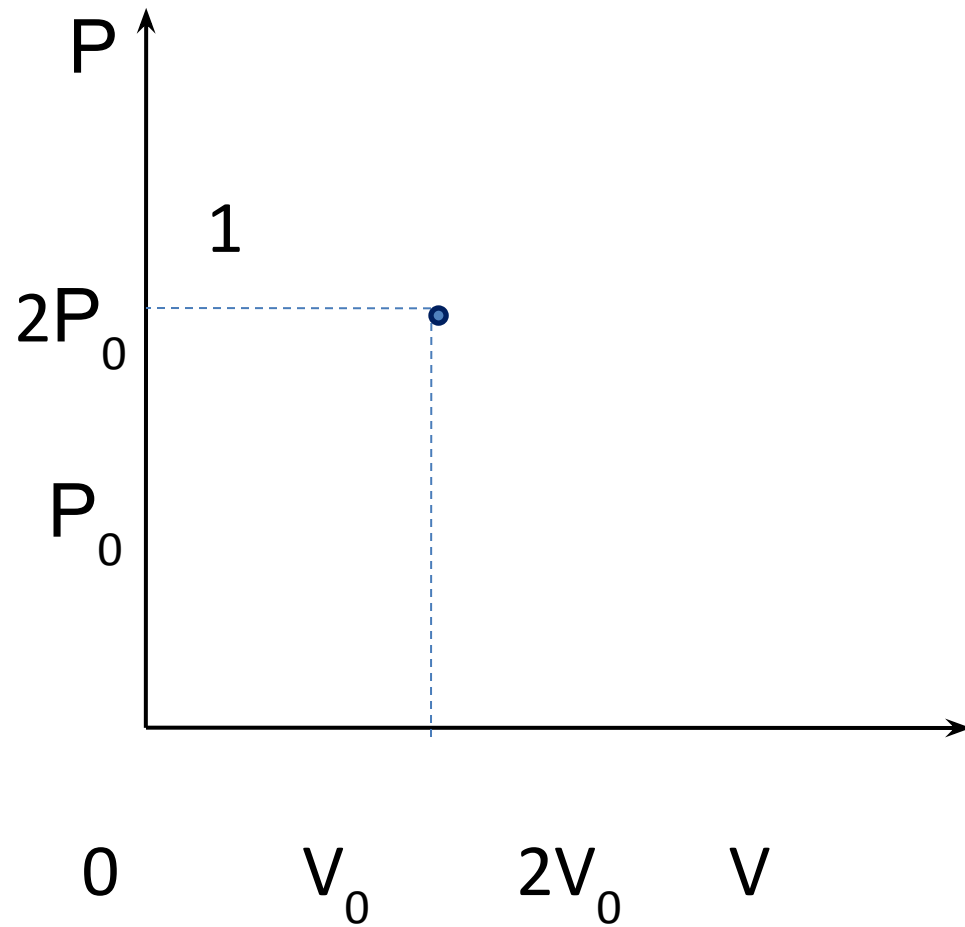
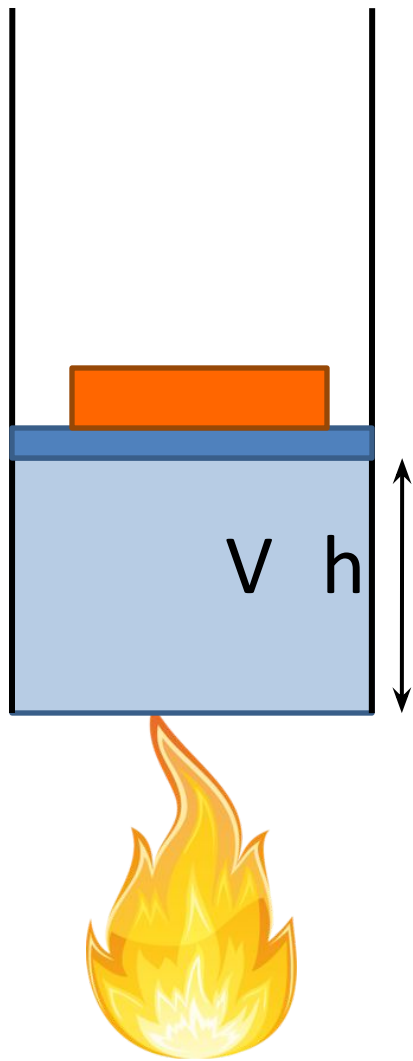
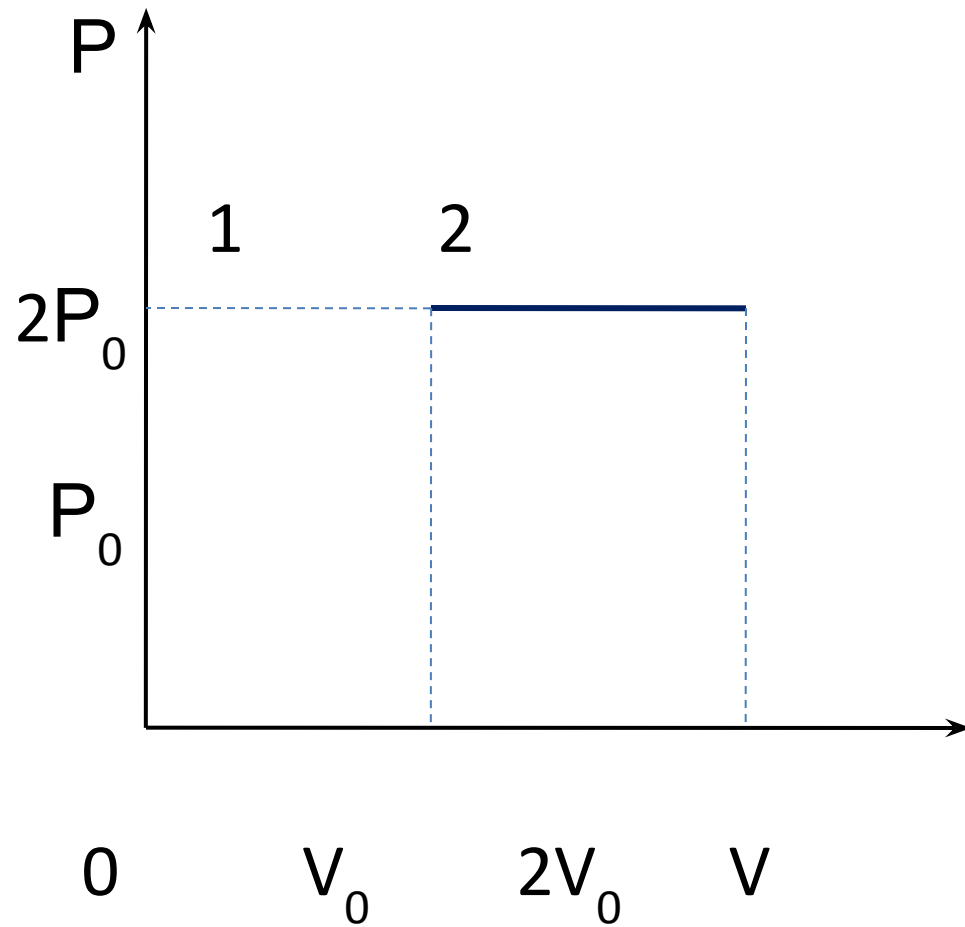
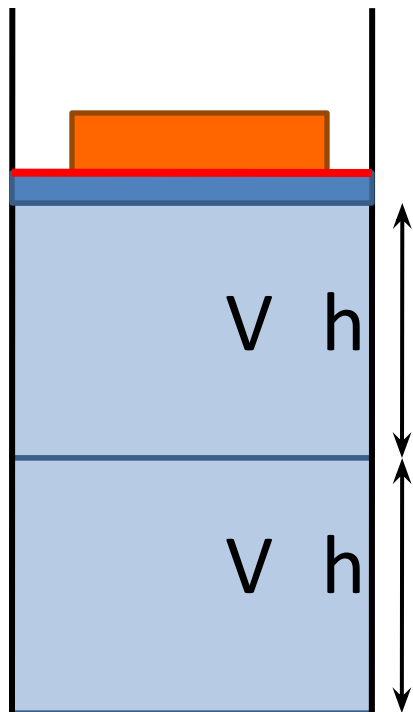
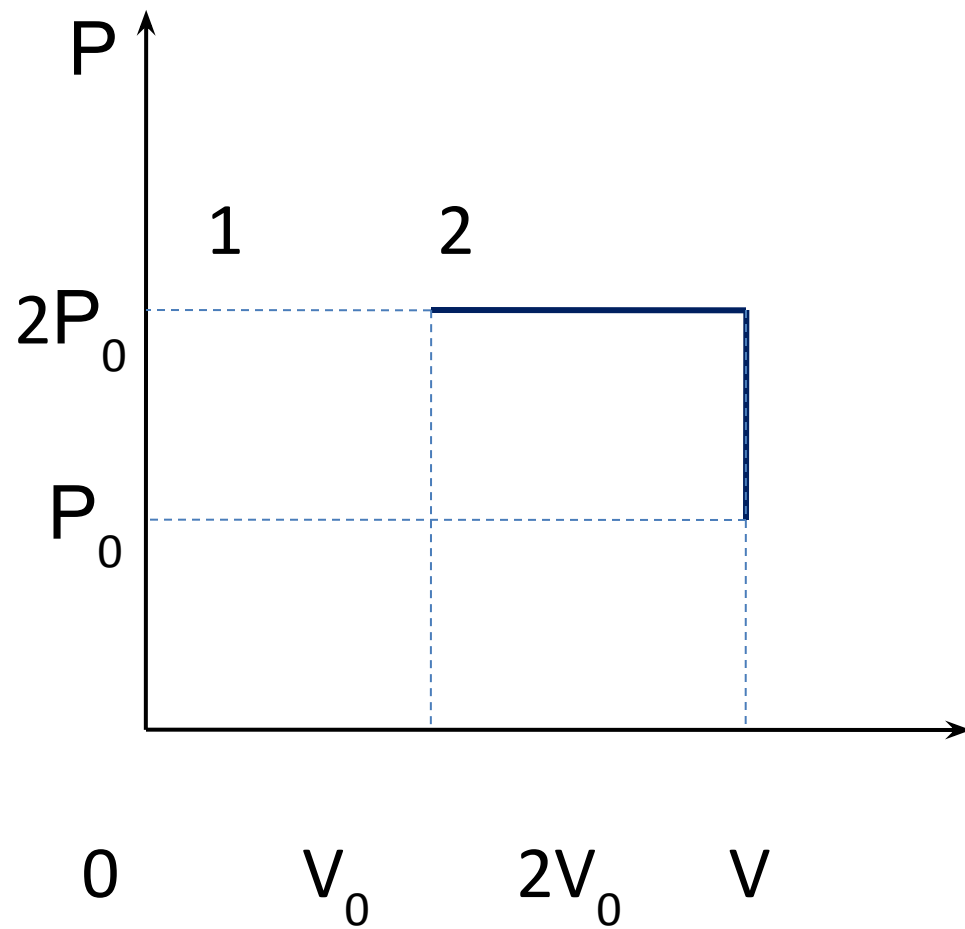
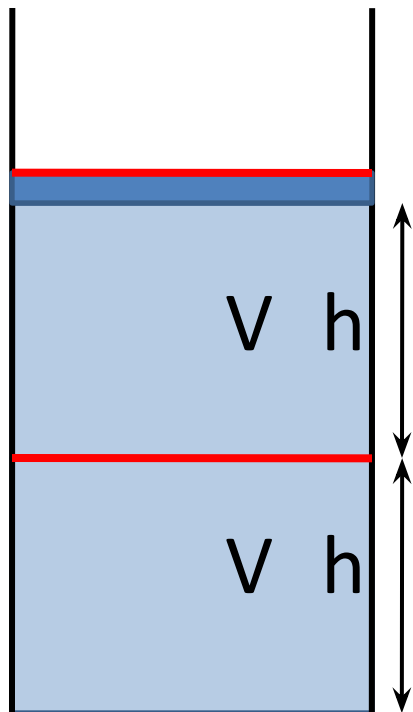
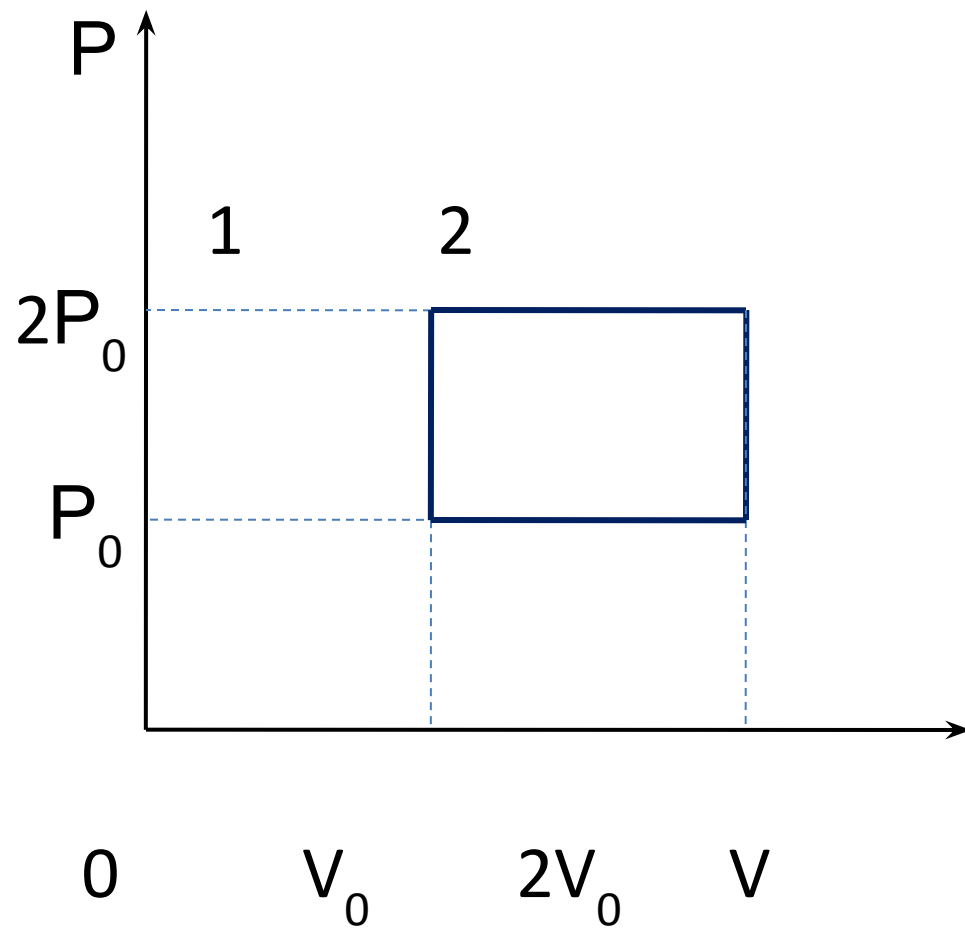
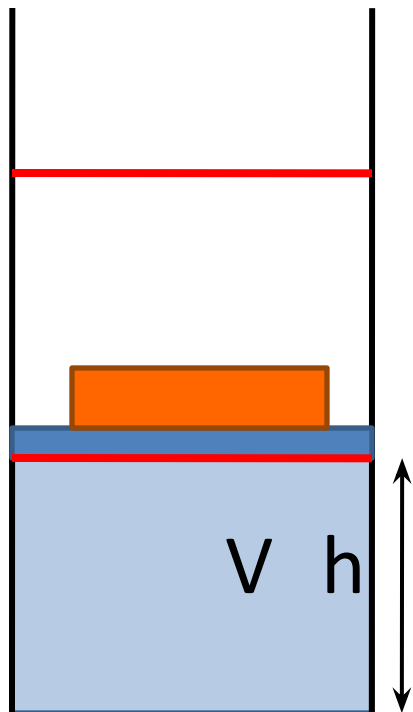


Схема двигателя Стирлинга

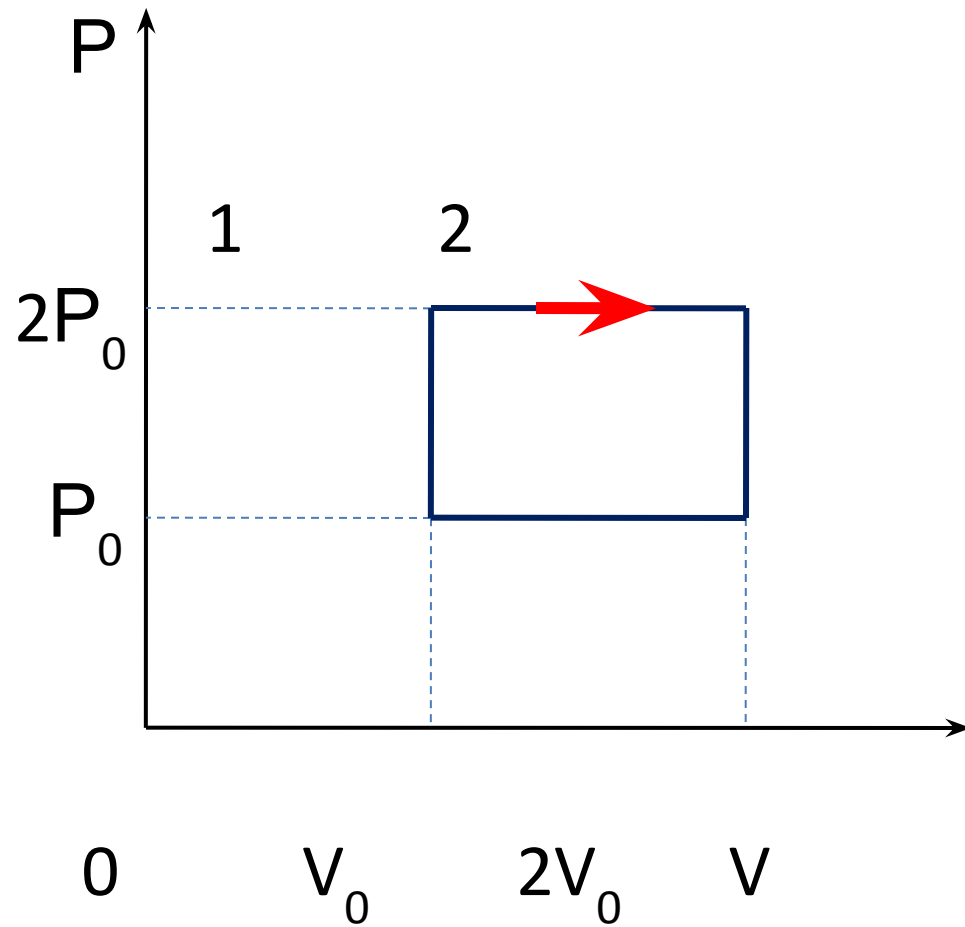
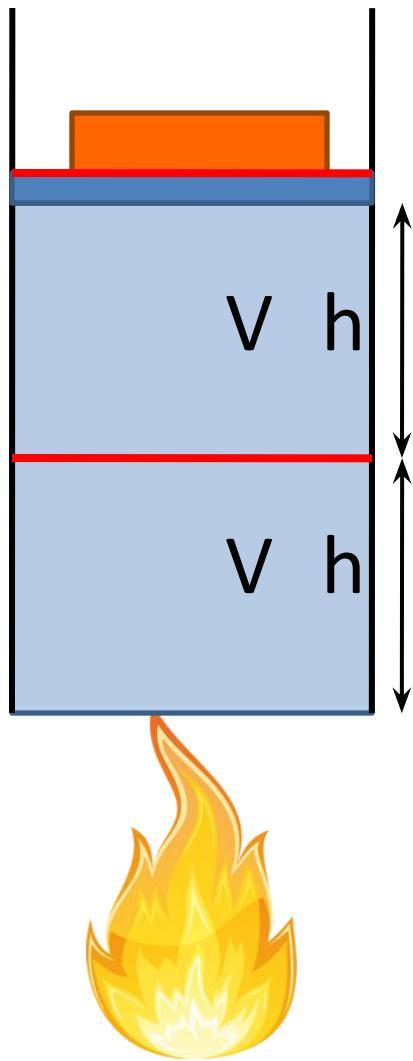




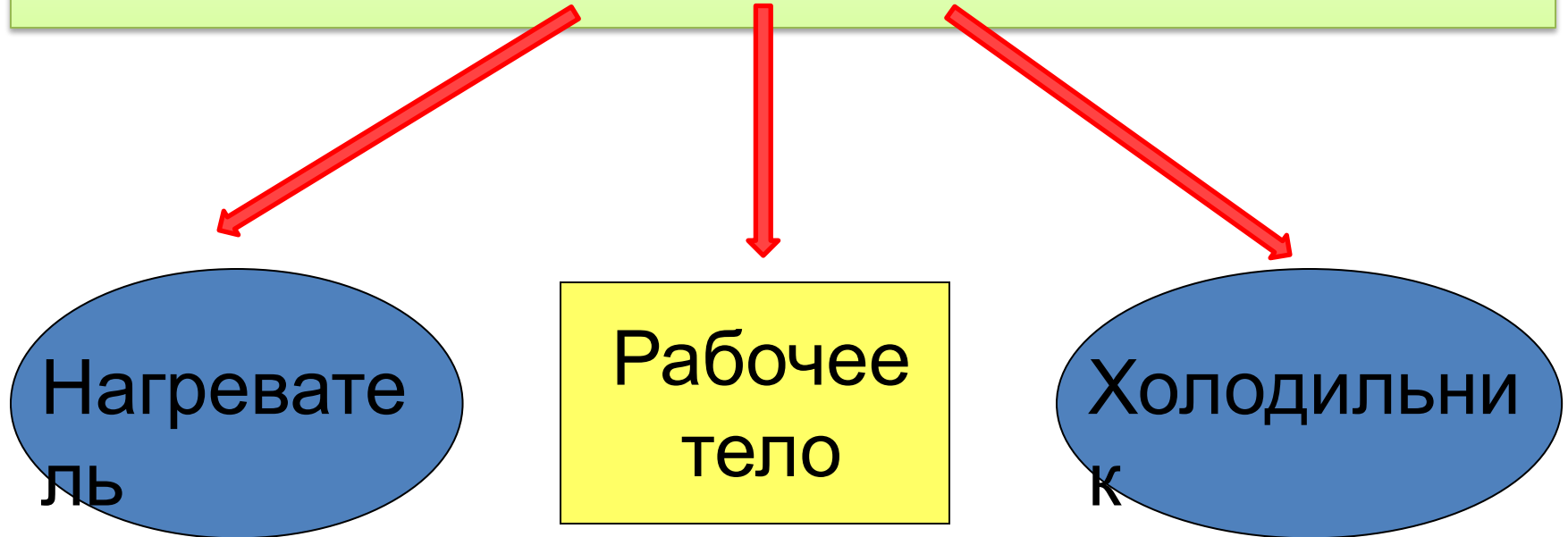








# Основные элементы тепловой машины:

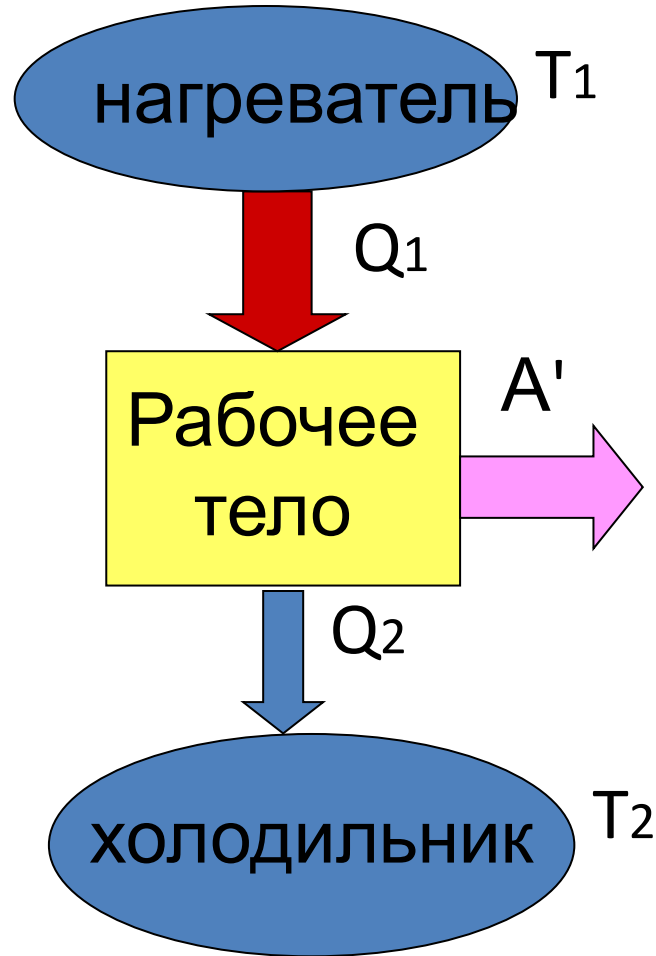


# Принцип действия теплового двигателя

Рабочее тело от нагревателя получает количество теплоты  $Q_1$ .

Часть этой энергии расходуется на совершение работы  $A'$ .

Часть тепла ( $Q_2$ ) передаётся холодильнику.



# КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} \cdot 100\%$$

$\eta$  – КПД, %

$Q_H$  - количество теплоты, полученное от нагревателя, Дж

$$\eta = \frac{A'}{Q_H} \cdot 100\%$$

$Q_x$  - количество теплоты, переданное

холодильнику, Дж

$$\eta = \frac{A'}{A' + Q_x} \cdot 100\%$$

$A'$  – работа газа, Дж

# Сади Карно

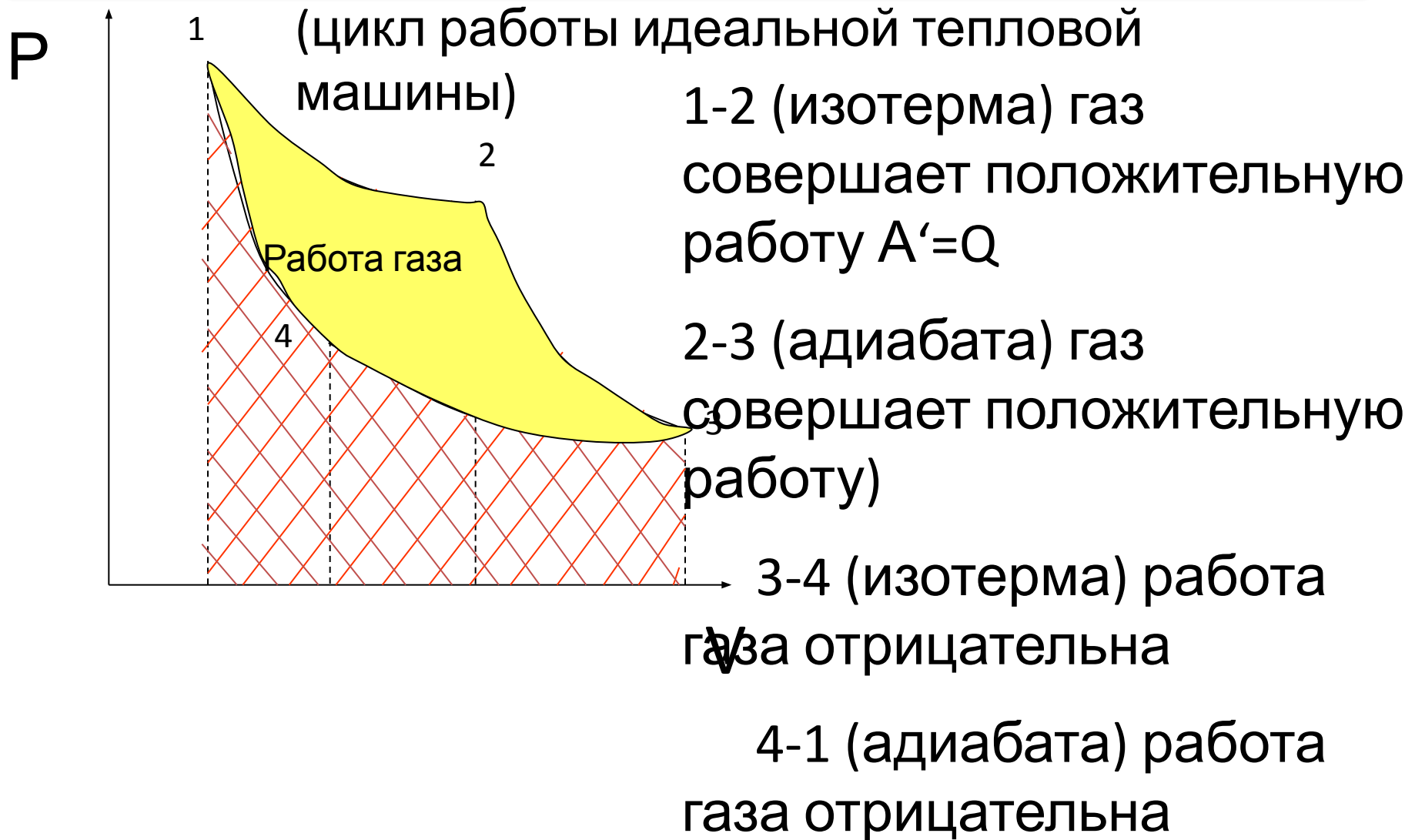


французский физик и математик  
(1796-1832 гг)

доказал, что нет устройства,  
работающего с кпд больше, чем  
кпд идеальной тепловой  
машины

$$\eta_{\max} = \frac{T_H - T_x}{T_H} \cdot 100\%$$

# Цикл Карно

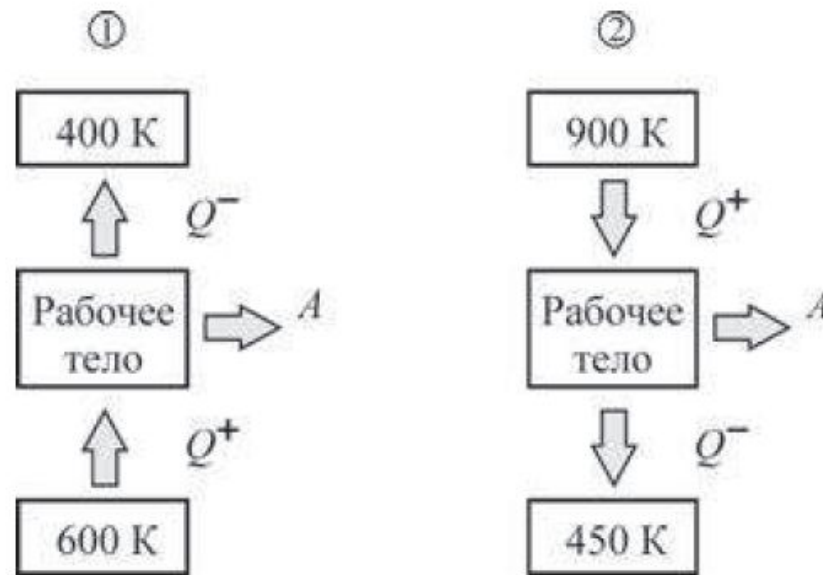


# Рекомендации:

- Работать с графиками в координатах  $P(V)$ .
- Для самой нижней левой точки вводить  $P_o, V_o$ , для остальных точек  $P$  и  $V$  выражать через  $P_o, V_o$ .
- Стараться не обозначать на графиках постоянные давление и объём через  $P$  и  $V$ .
- До последнего всё вести в  $P_o, V_o$ .
- С помощью вспомогательных адиабат определять  $Q_+$ .
- Применять 1-й ЗТД сразу для нескольких процессов и всего цикла ( $\Delta U=0$ ).
- Для циклов строить вспомогательную таблицу для  $Q, \Delta U, A'$

# Ответить на вопрос

На рисунке схематически показано направление передачи теплоты при работе двух идеальных тепловых машин. У какой из них КПД меньше?



1) у первой

3) у обеих машин КПД одинаков

2) у второй

4) однозначно ответить нельзя

1

2

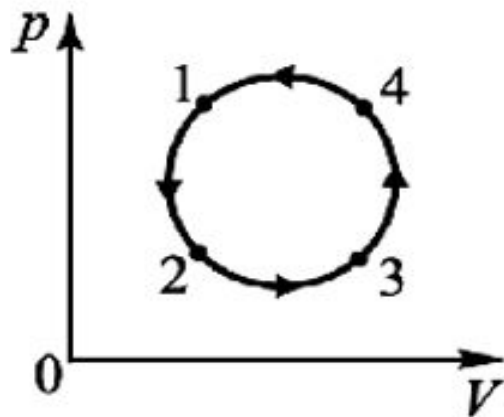
3

4



# Ответить на вопрос

В циклическом процессе 1-2-3-4-1 газ ... .



- 1) совершает положительную работу
- 2) совершает отрицательную работу
- 3) не совершает работу
- 4) может совершать как положительную, так и отрицательную работу

1

2

3

4

# Ответить на вопрос

КПД идеальной тепловой машины зависит ... .

- 1) от температуры холодильника, температуры нагревателя и рода рабочего тела
- 2) только от рода рабочего тела
- 3) только от температуры холодильника
- 4) только от температуры холодильника и температуры нагревателя

**1**

**2**

**3**

**4**

# Ответить на вопрос

Тепловая машина за цикл совершает работу 20 Дж и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. КПД тепловой машины равен ... .

1)  $1/4$

2)  $2/3$

3)  $1/2$

4)  $3/4$

5)  $1/3$

6)  $3/8$

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

# Ответить на вопрос

КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно, равен 50%. Температура холодильника равна  $27^{\circ}\text{C}$ . Чему равна температура нагревателя?

- 1)  $36^{\circ}\text{C}$     2)  $81^{\circ}\text{C}$     3)  $54^{\circ}\text{C}$     4)  $600^{\circ}\text{C}$     5)  $327^{\circ}\text{C}$     6)  $273^{\circ}\text{C}$

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

# Ответить на вопрос

В идеальной тепловой машине абсолютная температура нагревателя в 3 раза больше абсолютной температуры холодильника. Работа, совершаемая этой машиной за один цикл, в котором рабочее тело машины получает от нагревателя 75 кДж теплоты, равна ... .

- 1) 20 кДж   2) 25 кДж   3) 55 кДж   4) 50 кДж   5) 30 кДж   6) 100 кДж

1

2

3

4

5

6

# Ответить на вопрос

КПД теплового двигателя можно увеличить путем ... .

- 1) увеличения температуры тела, используемого в качестве нагревателя
- 2) увеличения температуры тела, используемого в качестве холодильника
- 3) уменьшения температуры тела, используемого в качестве нагревателя
- 4) одновременного увеличения температуры тела, используемого в качестве холодильника, и уменьшения температуры тела, используемого в качестве нагревателя

**1**

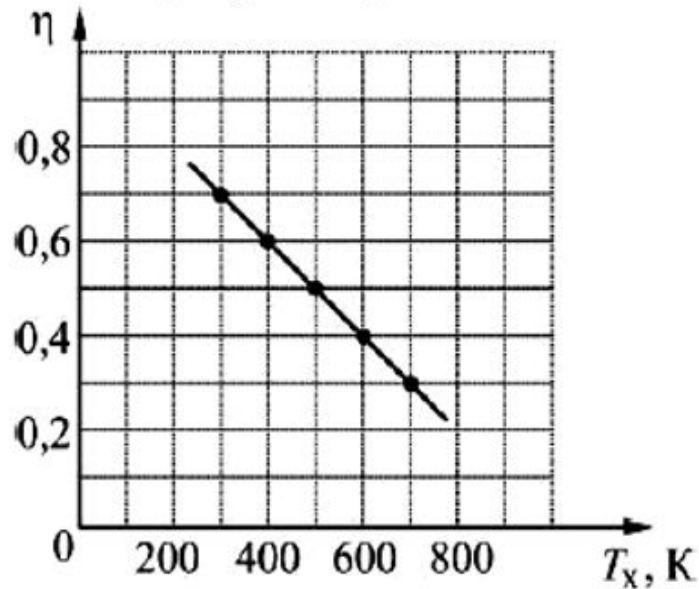
**2**

**3**

**4**

# Ответить на вопрос

На графике приведена зависимость КПД  $\eta$  идеальной тепловой машины от температуры  $T_x$  её холодильника. Чему равна температура нагревателя этой тепловой машины?



1) 500 K

2) 700 K

3) 1000 K

4) 1200 K

1

2

3

4

**Задача 1.** Идеальный газ массой  $m = 20$  г и молярной массой  $M = 28$  г/моль совершает замкнутый процесс. Температура в точках 1 и 2 равна:  $T_1 = 300$  К;  $T_2 = 496$  К. Найти работу газа за цикл.

Дано:

$$m = 20 \text{ г}$$

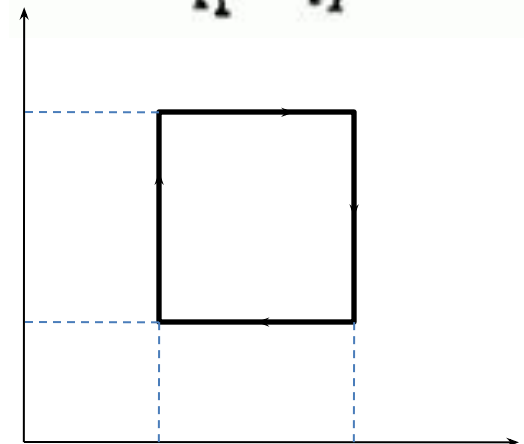
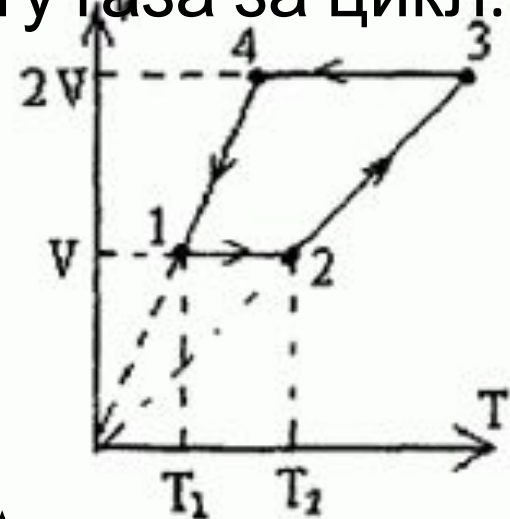
$$M = 28 \text{ г/моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 496 \text{ К}$$

$A' - ?$

	V	T	P
1-2	=	↑	↑
2-3	↑	↑	=
3-4	=	↓	↓
4-1	↓	↓	=



$$A' = (P_2 - P_1) \cdot (2V_0 - V_0) =$$

$$= P_2 V_0 - P_1 V_0 = \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) = 1162 \text{ Дж}$$

0     $V_0$      $2V_0$     V



**Задача 2.** Идеальный газ используется как рабочее тело в тепловой машине, работающей по циклу 1-2-3, состоящему из адиабатического расширения 1-2, изотермического сжатия 2-3 и участка 3-1 линейной зависимости давления от объёма. За цикл машина совершает работу  $A'$ , КПД цикла равен  $\eta$ . Найти работу, совершаемую над газом в изотермическом процессе?

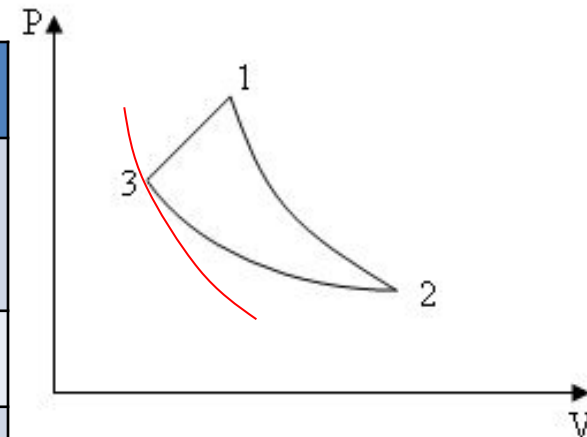
Дано:

$A'$

$\eta$

$A_{23}'$  - ?

	Q	$\Delta U$	$A'$
1-2	0	$-(3/2) \nu R(T_1 - T_2)$	$(3/2) \nu R(T_1 - T_2)$
2-3	$A'_{23}$	0	$A'_{23}$
3-1	$A' + A'_{23}$	$(3/2) \nu R(T_1 - T_2)$	
$\Sigma$	$A'$	0	$A'$

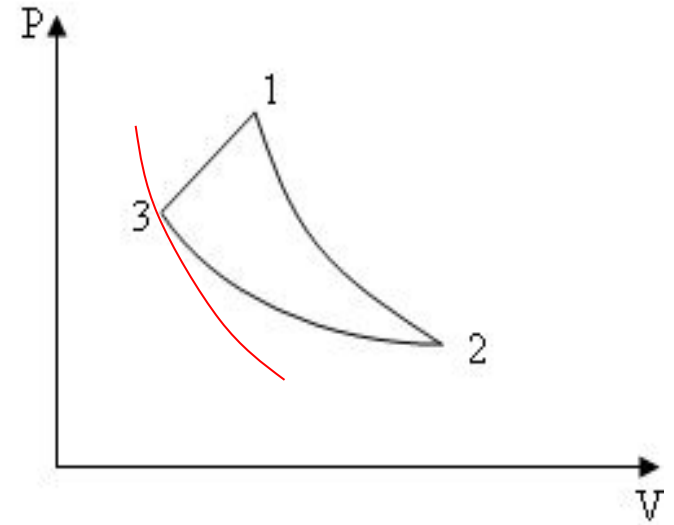


$$|Q_{23}| = |A_{23}|$$

$$\eta = \frac{A'}{A' + |Q_-|}$$

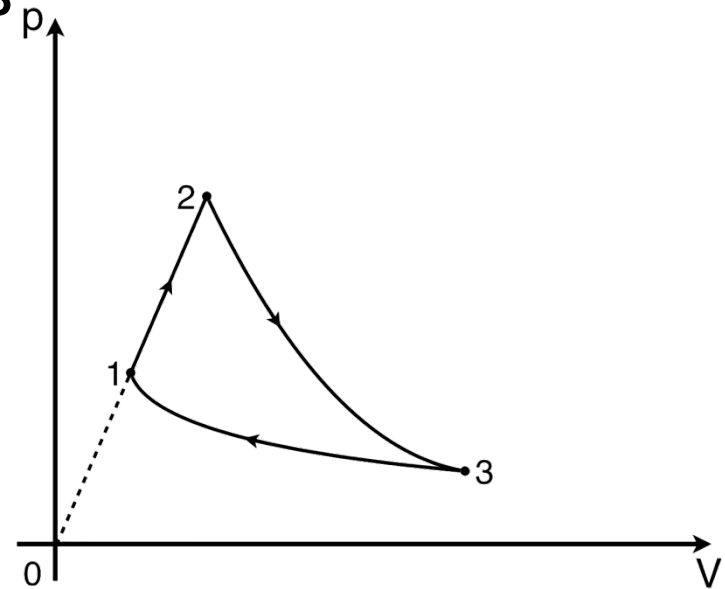
$$\frac{1}{\eta} = 1 + \frac{|Q_-|}{A'} = 1 + \frac{|Q_{23}|}{A'} = 1 + \frac{|A_{23}|}{A'}$$

$$A_{23} = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \cdot A'$$



### Задача 3

Тепловая машина работает по циклу, состоящему из процесса 1–2 прямой пропорциональной зависимости давления  $P$  от объёма  $V$ , адиабатного расширения 2–3 и изотермического сжатия 3–1. Её рабочим телом является газообразный гелий в количестве  $\nu=2$  моль. КПД тепловой машины равен  $\eta=20\%$ . Работа над газом в ~~Круговую работу равна~~  $100$  Дж. тепловая машина за один цикл работы? Ответ выразить в Дж. Определить разность максимальной и минимальной температур газа в цикле. Ответ выразить в К, округлить до целого значения.



**Решение:**

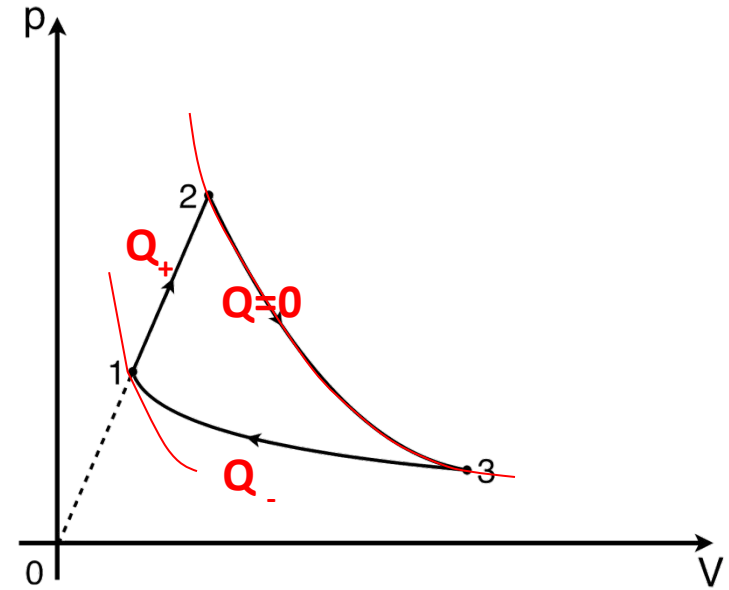
По определению КПД:

$$\eta = \frac{A'}{Q_+} = \frac{Q_+ - |Q_-|}{Q_+} = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+}$$

$$\frac{|Q_-|}{Q_+} = 1 - \frac{1}{5} = \frac{4}{5}$$

$$Q_+ = \frac{5}{4} Q_- = \frac{5}{4} \cdot 1600 \text{ Дж} = 2000 \text{ Дж}$$

$$A' = Q_+ - Q_- = 2000 \text{ Дж} - 1600 \text{ Дж} = 400 \text{ Дж}$$



Из графика видно, что  $T_2 = T_{\max}'$ ,

$$T_1 = T_3 = T_{\min}'.$$

Для участка 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$A'_{12} = \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2}$$

С учетом уравнения  
Менделеева - Клапейрона

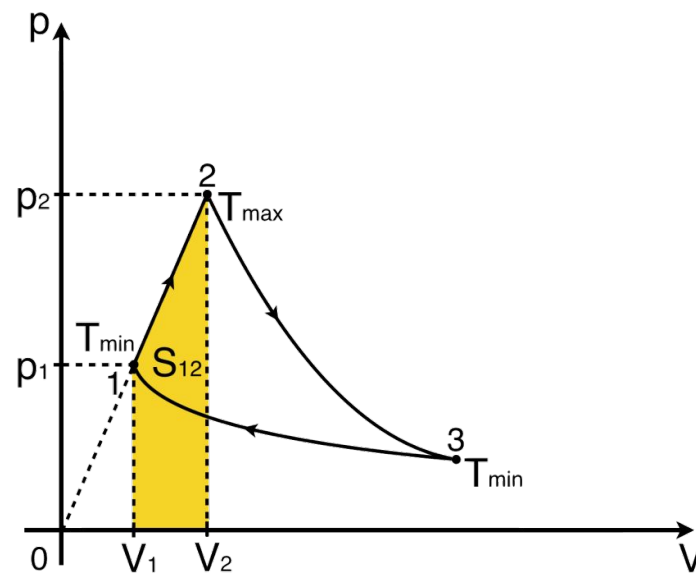
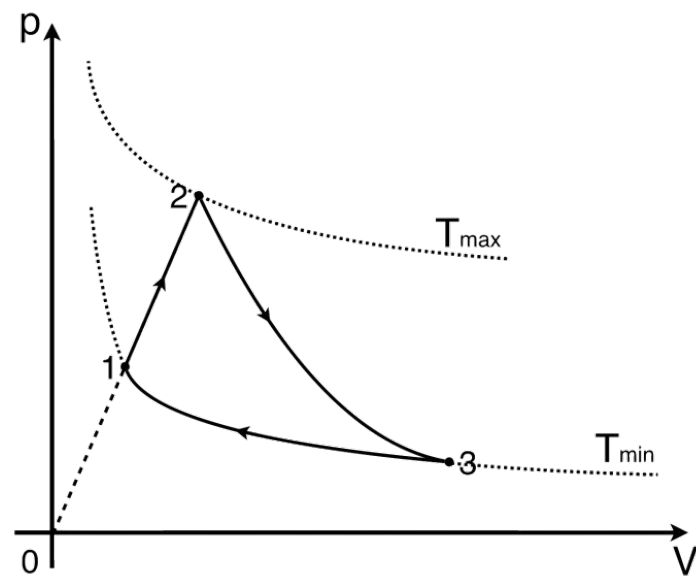
$$PV = \nu RT$$

$$A'_{12} = \frac{\nu RT_2}{2} - \frac{\nu RT_1}{2} = \frac{\nu R \Delta T_{12}}{2}$$

Согласно первому закону

термодинамики

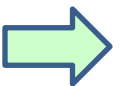
$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{12} = 2000 \text{ Дж}$$



# Домашнее задание

§82 прочитать, записи выучить,  
упр 15 (11,12) решить

**BEPH**  
**O!**



**HEBERH  
O!**

