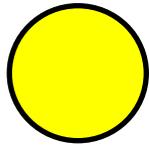


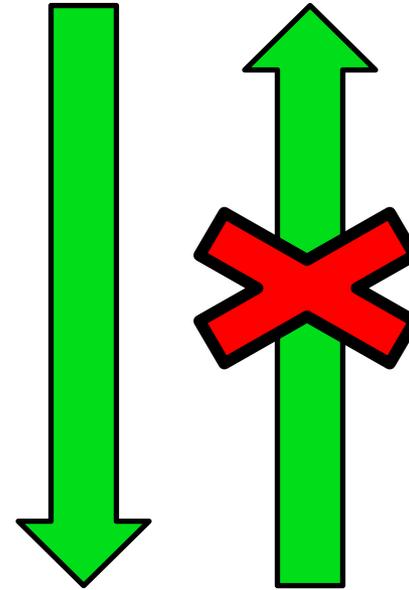
Тепловой двигатель. КПД теплового двигателя

урок физики в 10
классе

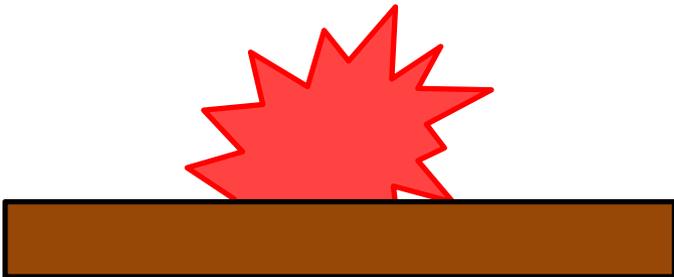
Составитель: Пестрецова
И.В.,
учитель физики МБОУ
«В-Чебулинская СОШ»



**Механическая
энергия**

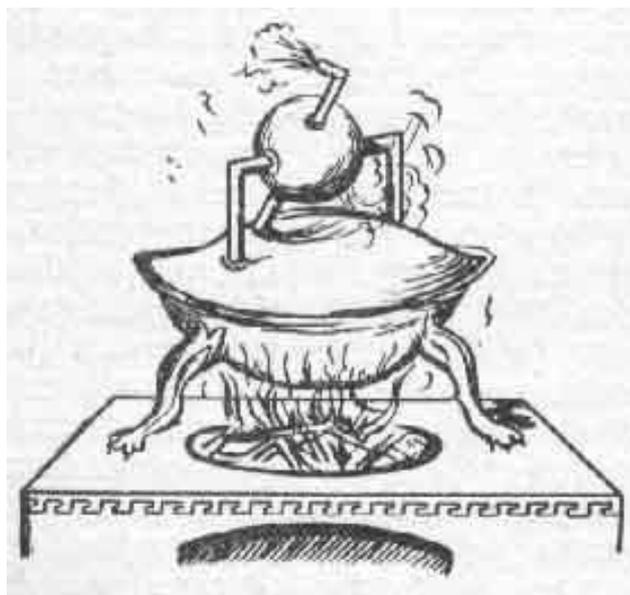


**Внутренняя
энергия**





II век нашей эры.
Паровая турбина
внешнего
сгорания.



Геронов шар.

Тепловой двигатель

– это устройство, преобразующее внутреннюю энергию в механическую работу

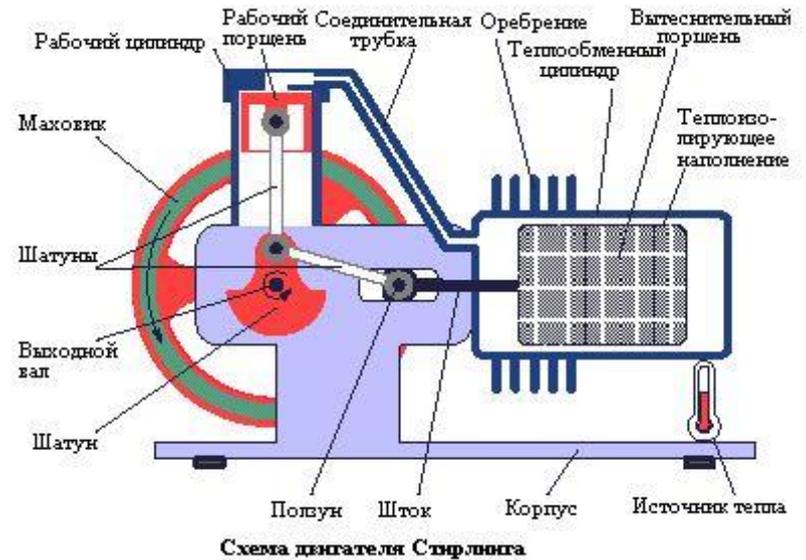
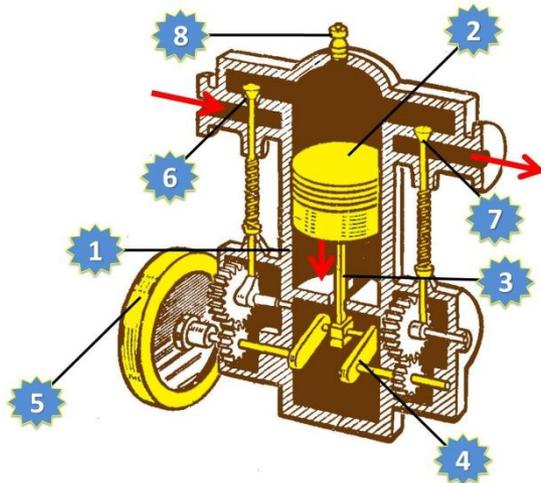
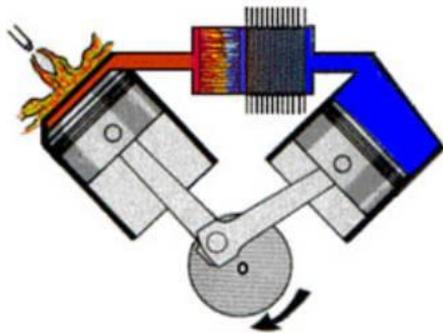
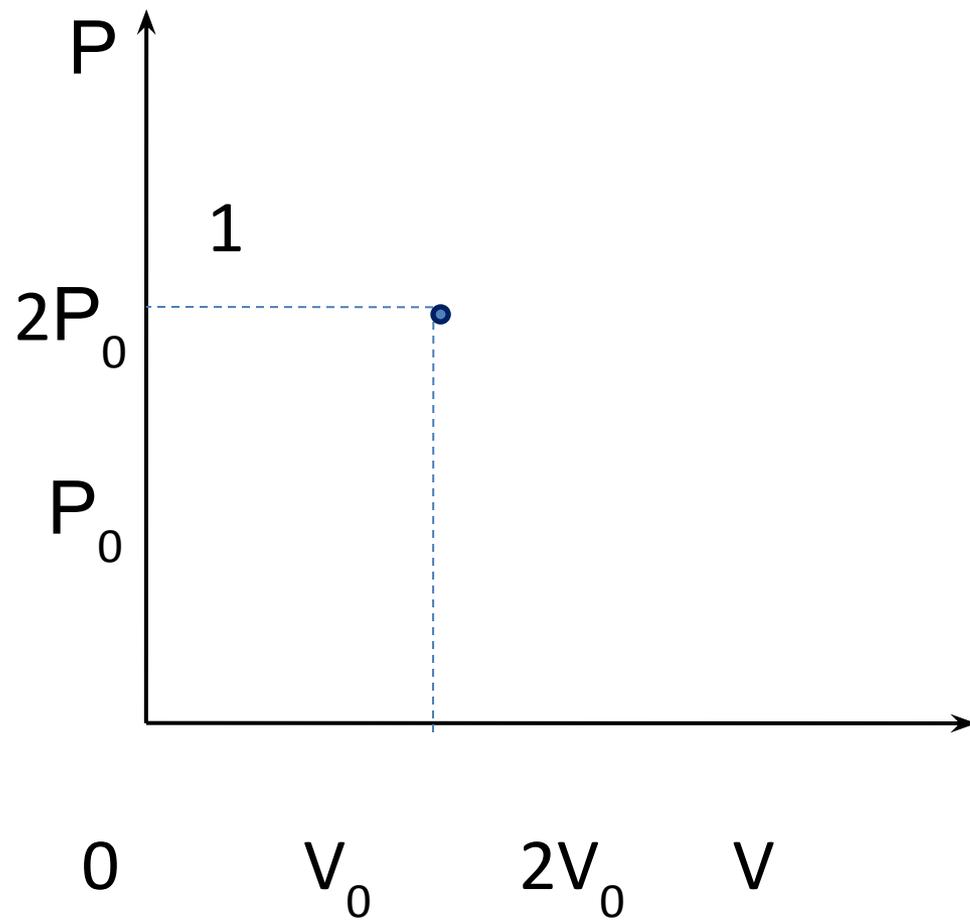
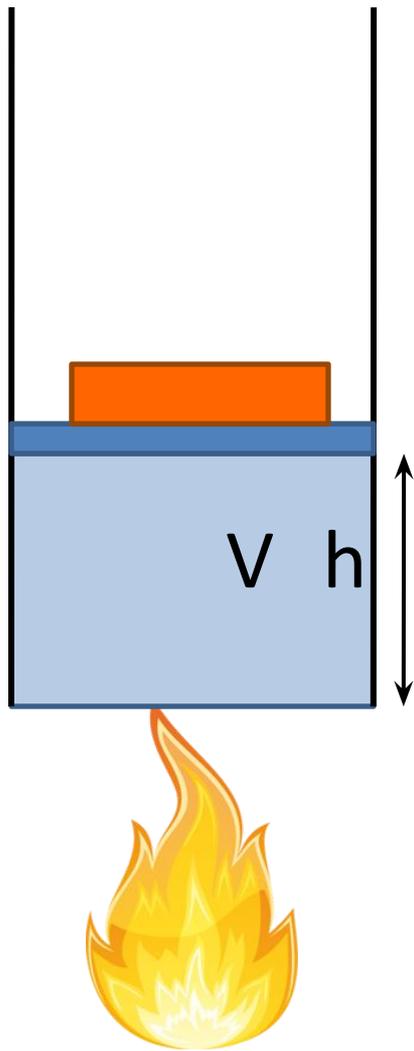
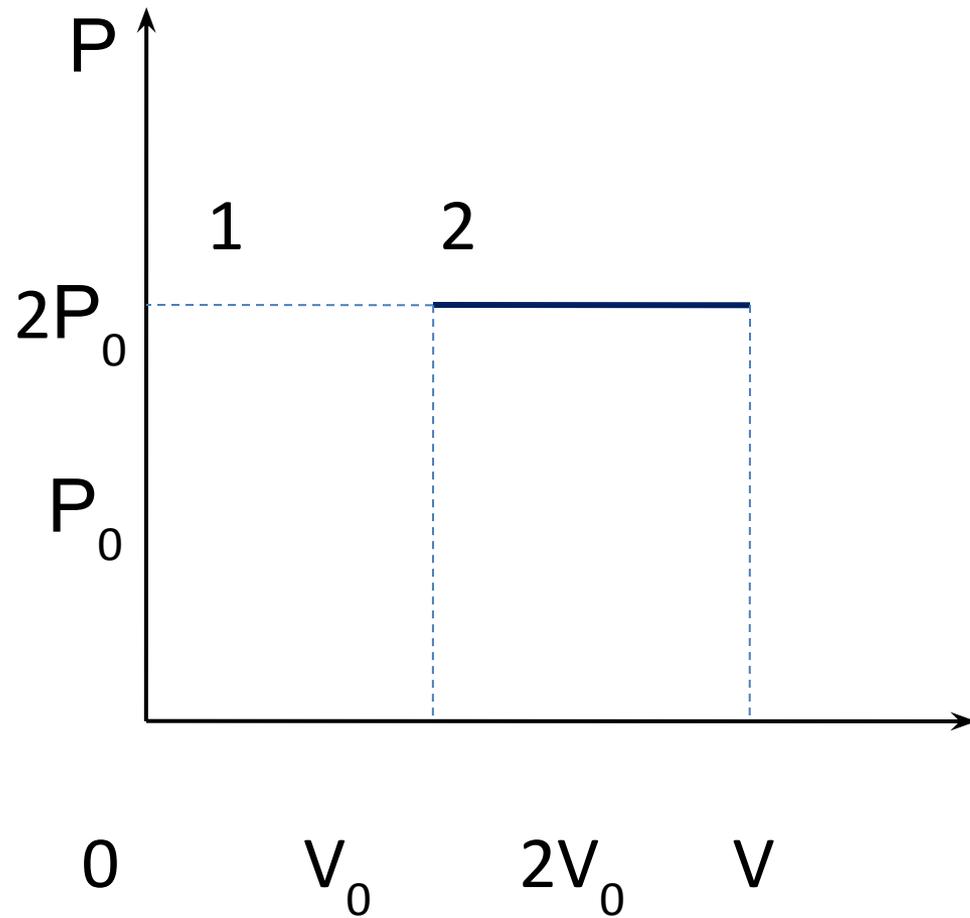
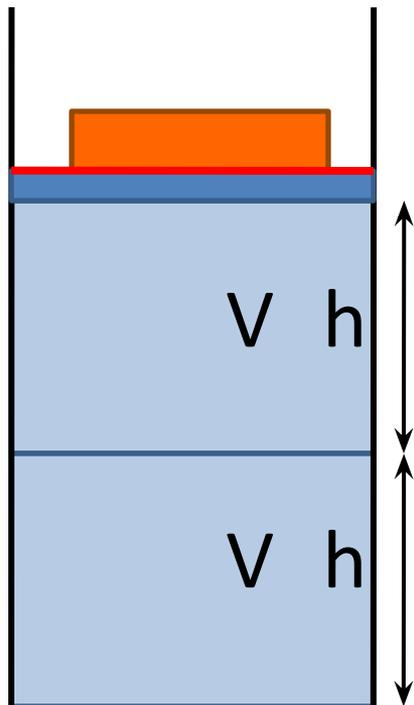
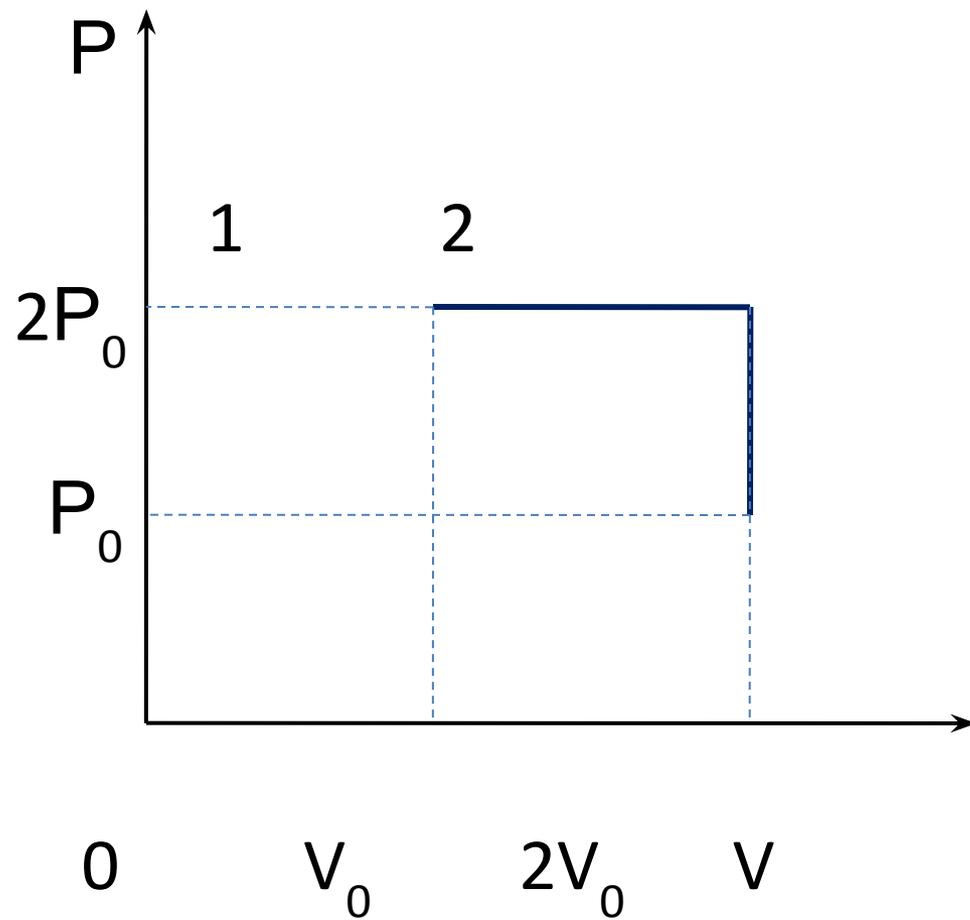
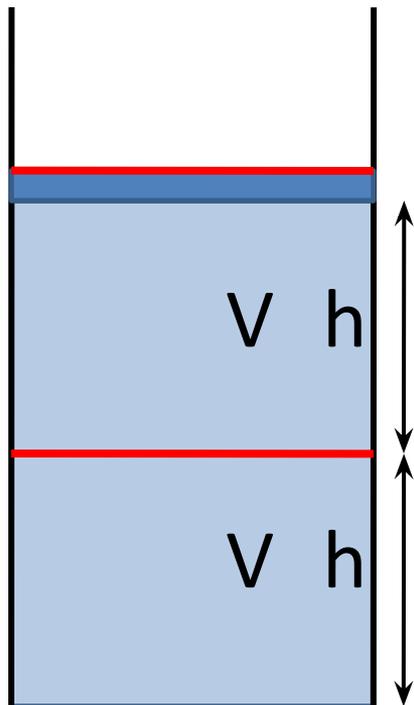
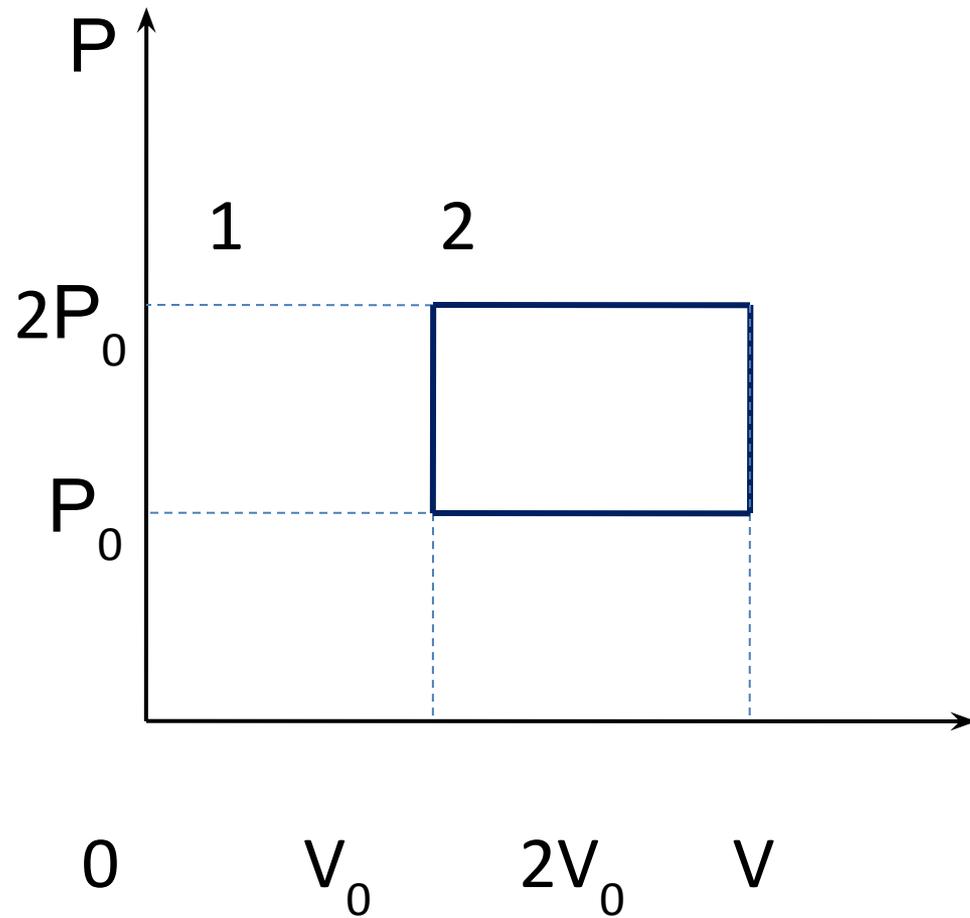
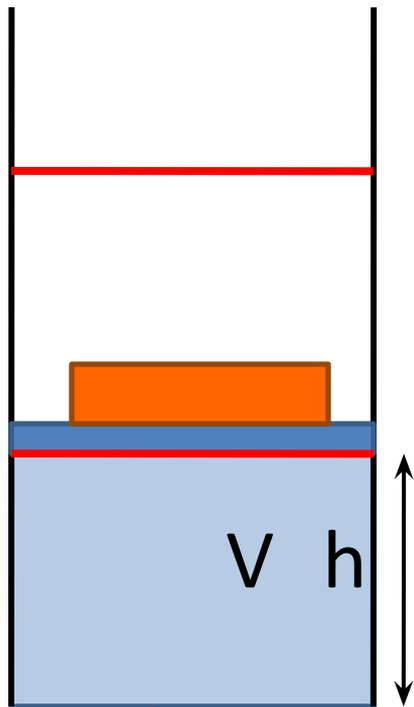


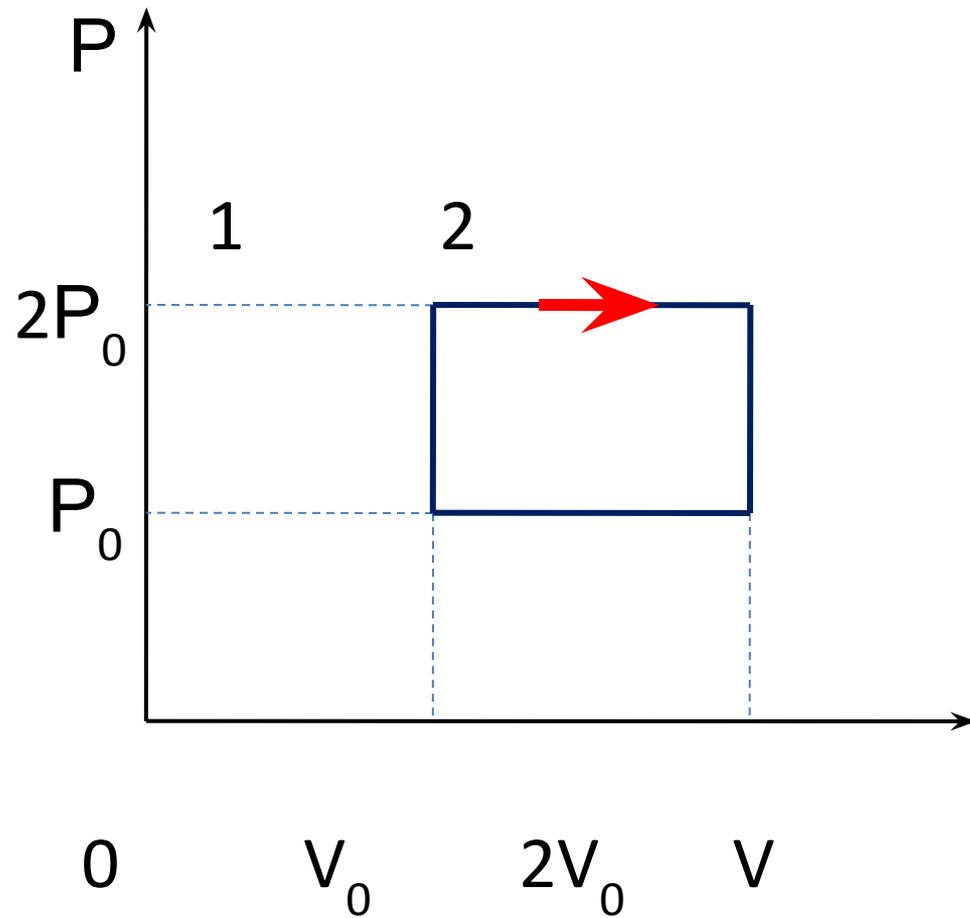
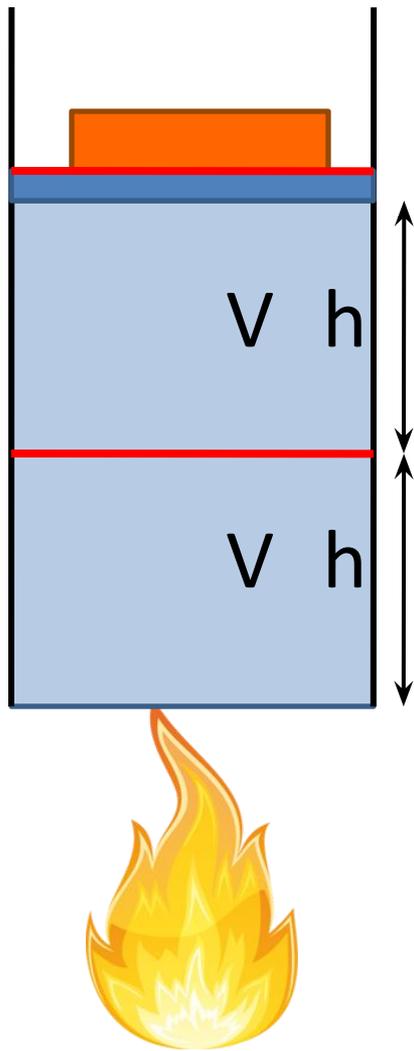
Схема двигателя Стирлинга



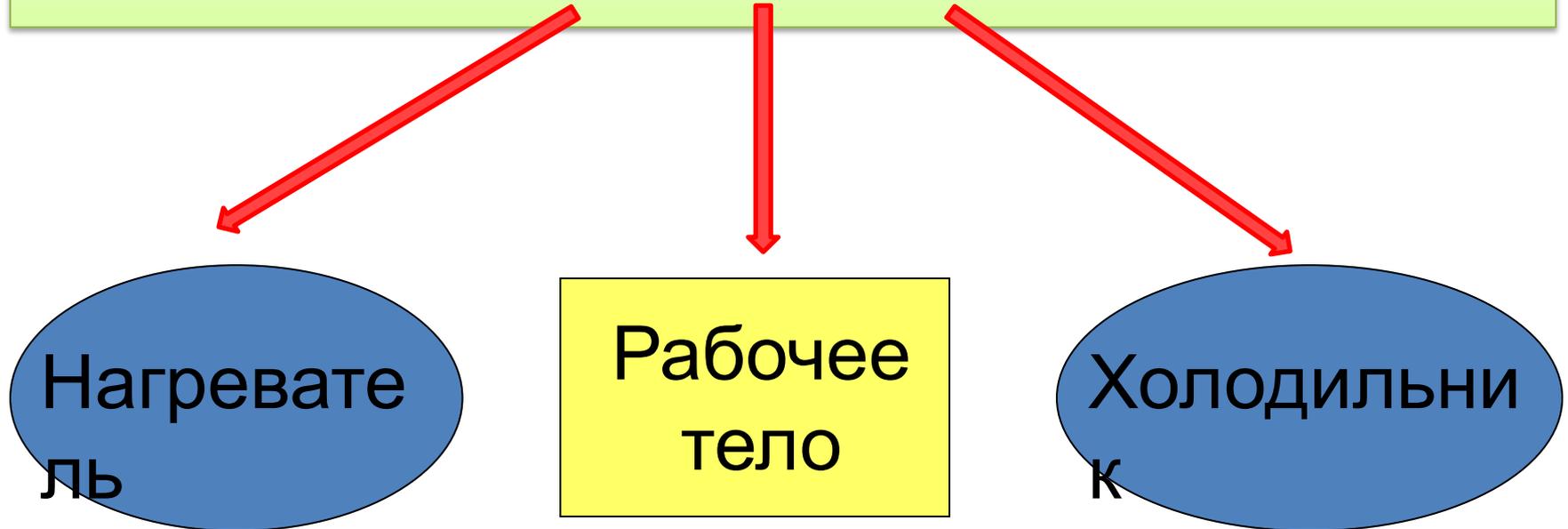








Основные элементы тепловой машины:

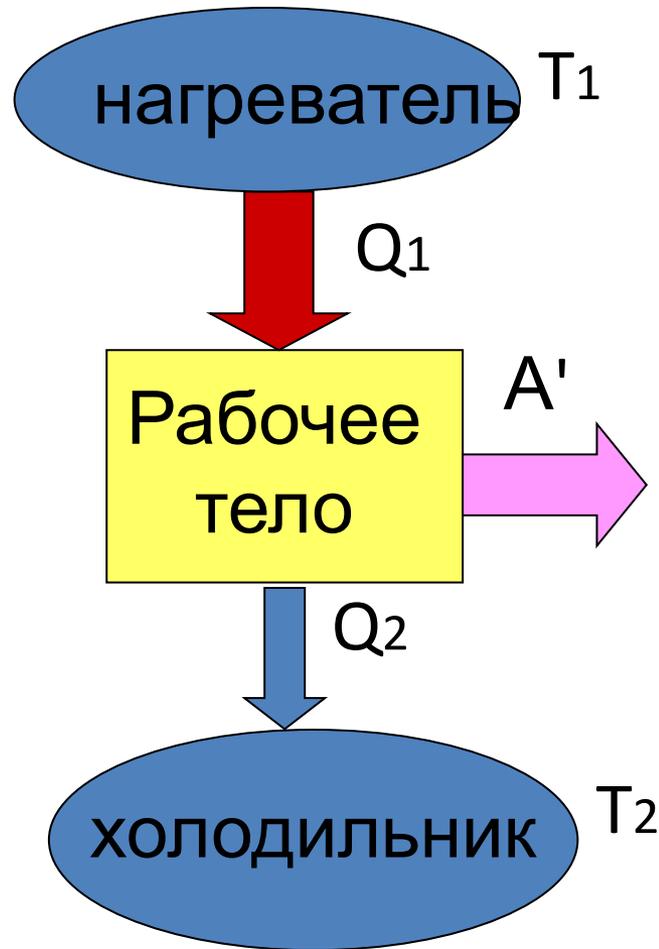


Принцип действия теплового двигателя

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

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

η – 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

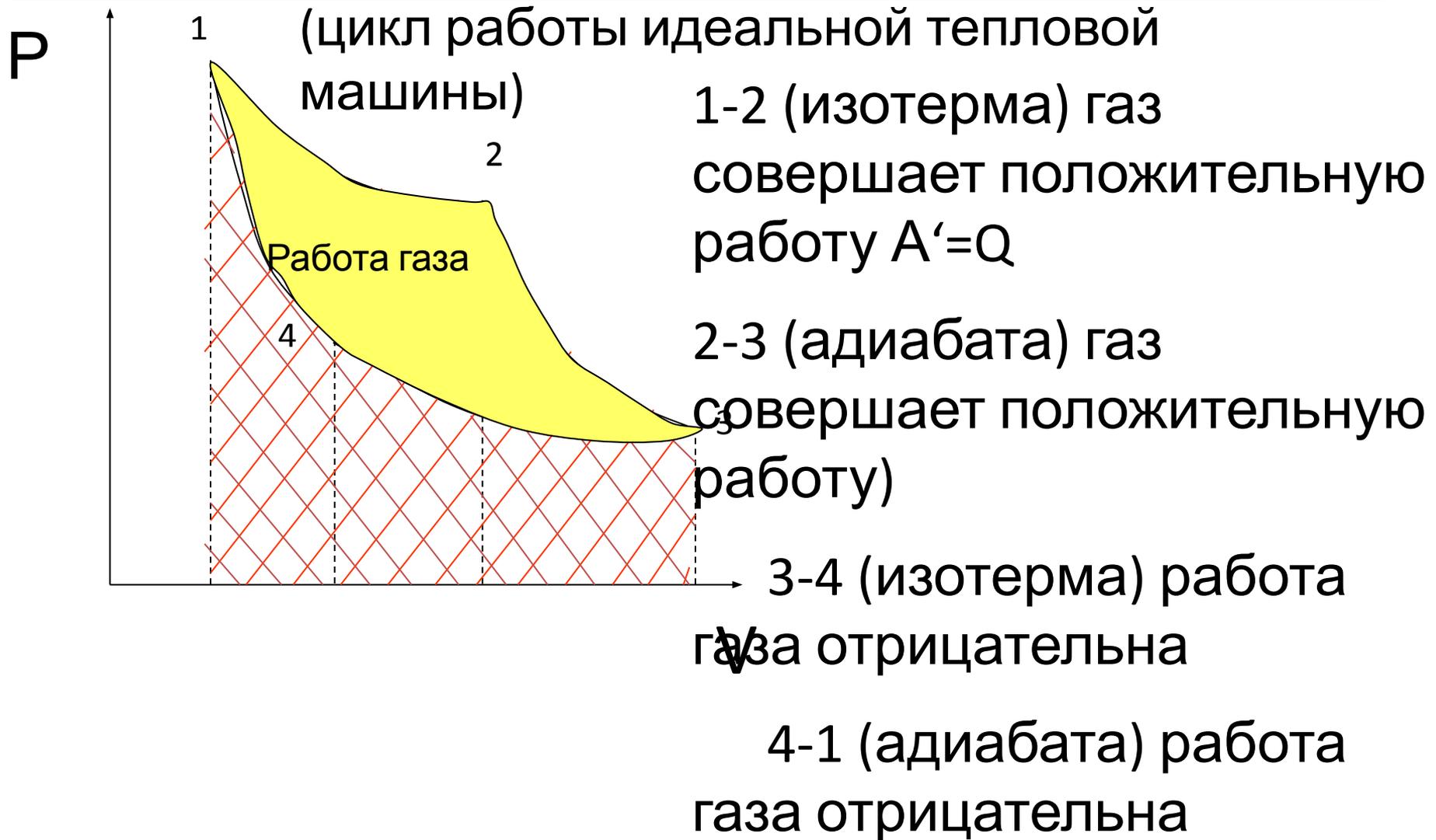


французский физик и математик
(1796-1832 гг)

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

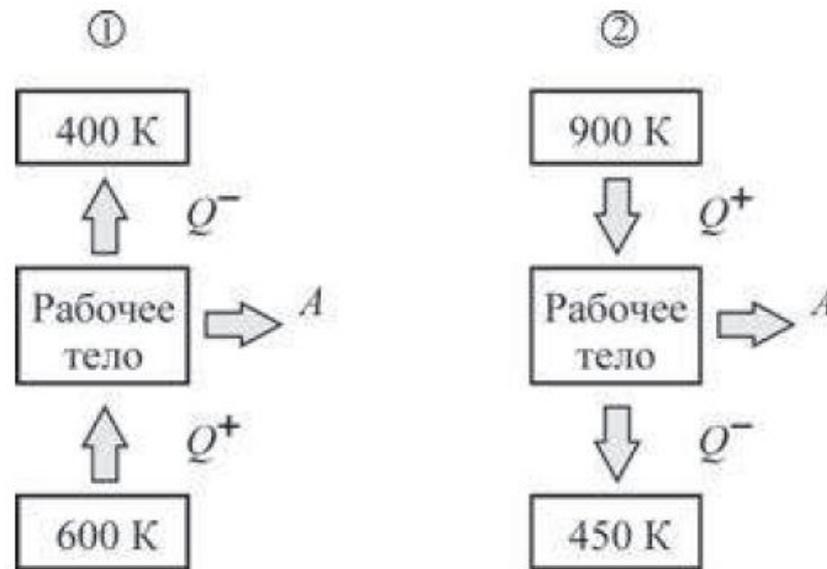


Рекомендации:

- 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

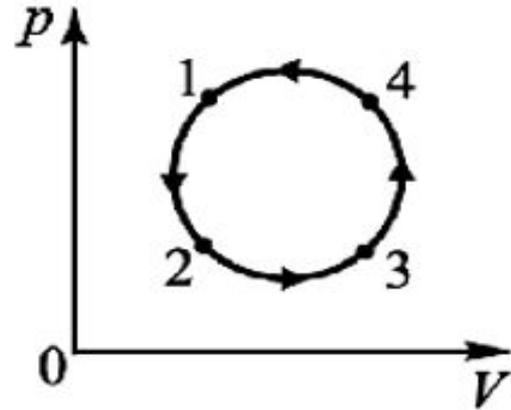
2

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°C . Чему равна температура нагревателя?

- 1) 36°C 2) 81°C 3) 54°C 4) 600°C 5) 327°C 6) 273°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

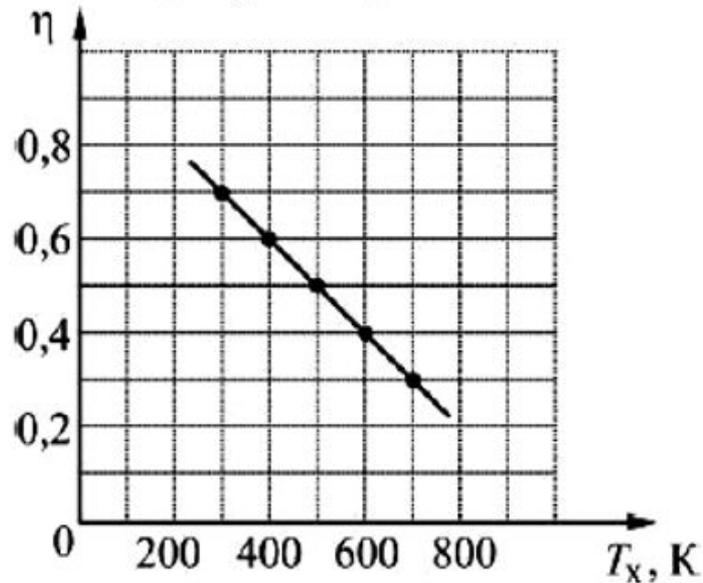
2

3

4

Ответить на вопрос

На графике приведена зависимость КПД η 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:

$$m = 20 \text{ г}$$

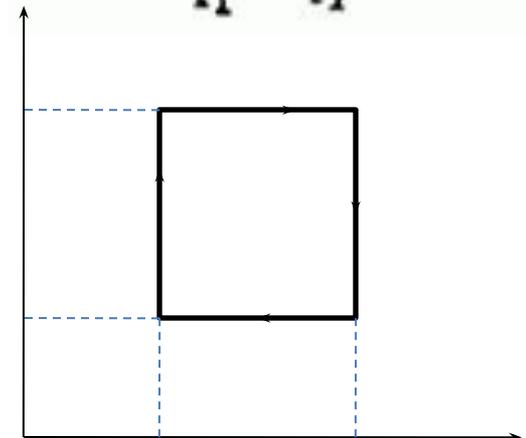
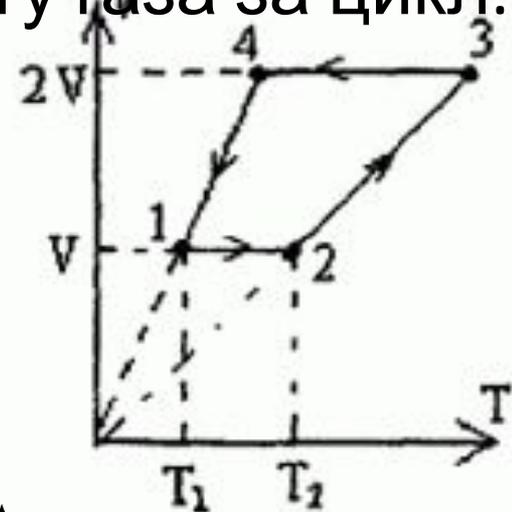
$$M = 28 \text{ г/моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 496 \text{ К}$$

$A' - ?$

	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 η . Найти работу, совершаемую над газом в изотермическом процессе?

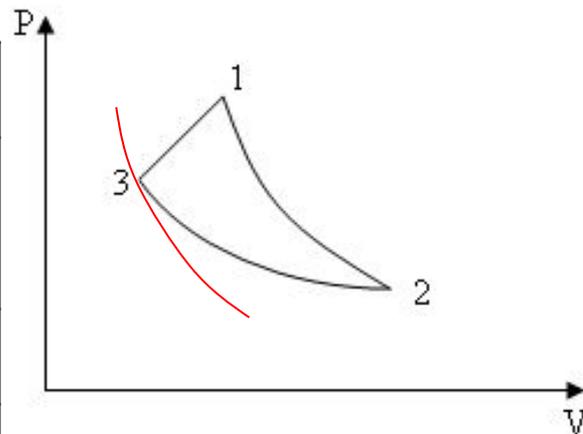
Дано:

A'

η

A_{23}' - ?

	Q	ΔU	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	$A' + A'_{23}$	$(3/2) \nu R(T_1 - T_2)$	
Σ	A'	0	A'

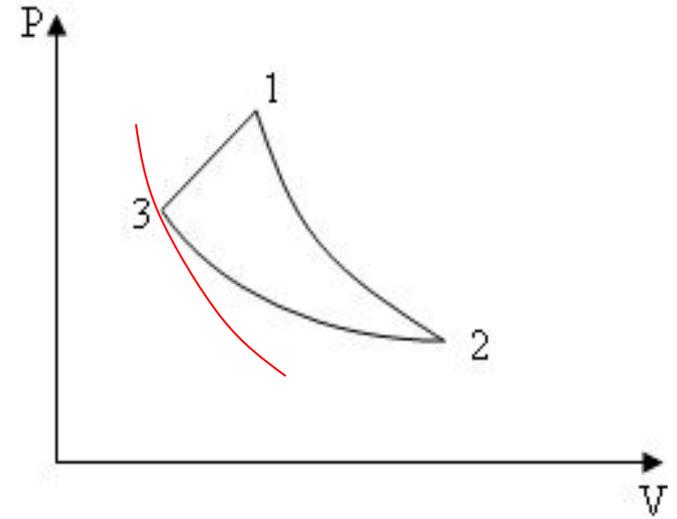


$$|Q_{23}| = |A_{23}|$$

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

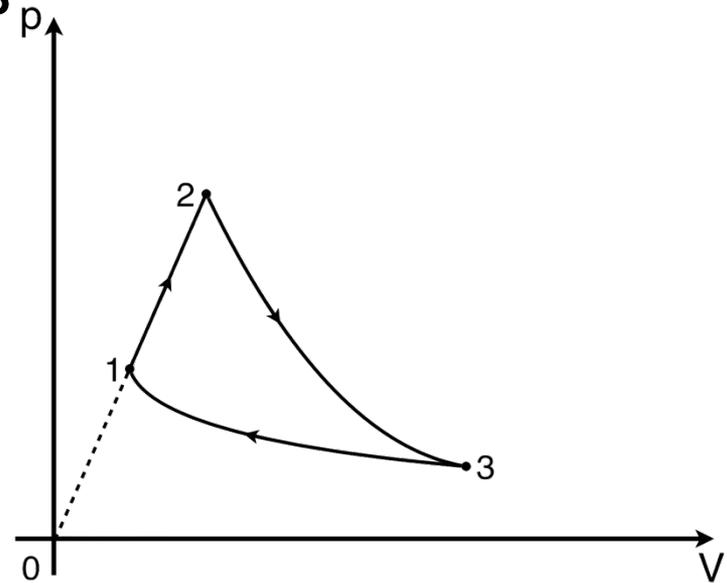
$$\frac{1}{\eta} = 1 + \frac{|Q_-|}{A'} = 1 + \frac{|Q_{23}|}{A'} = 1 + \frac{|A_{23}|}{A'}$$

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



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 ~~Круге~~ ~~работу~~ ~~равна~~ ~~дан~~ ~~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:

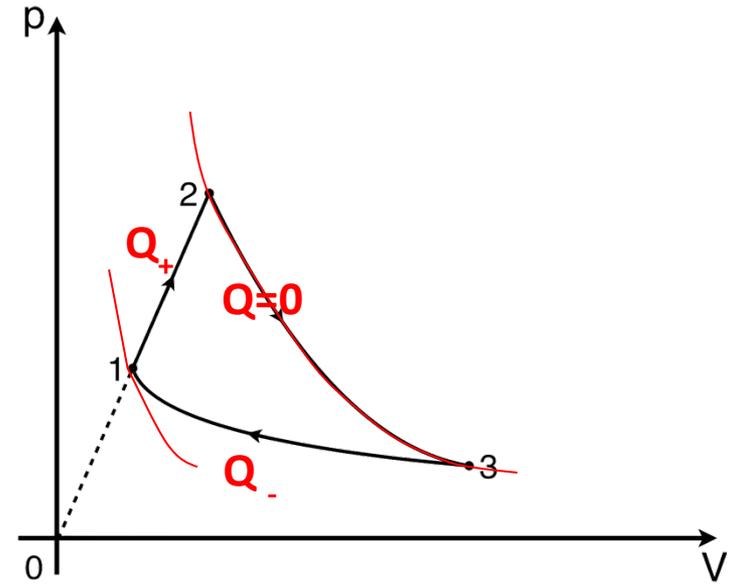
По определению КПД:

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

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

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

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



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

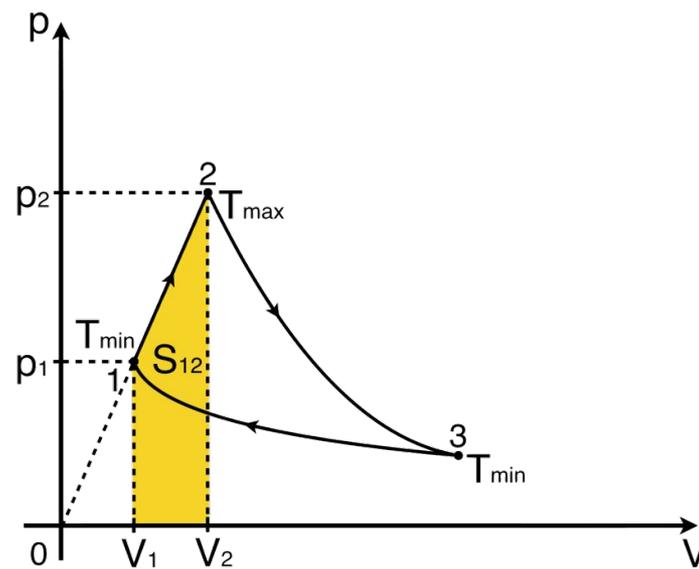
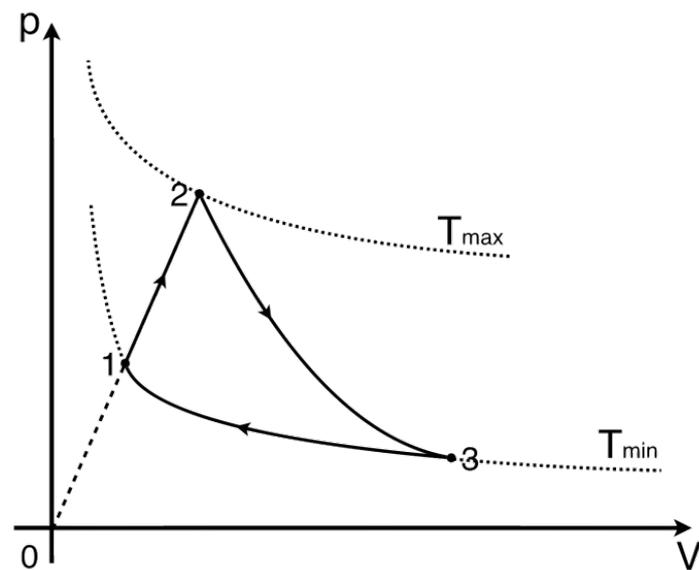
$$PV = \nu RT$$

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

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!**

