

# Общая физика

## Лекция 11 Термодинамика

Трушин Олег  
Станиславович  
Зав. лаб. ЯФ ФТИАН РАН,  
Доц. каф. нанотехнологии в  
электронике ЯрГУ

# План лекции

- Основные законы термодинамики
- Первое начало термодинамики
- Тепловые машины
- Холодильная машина
- Второе начало термодинамики
- Цикл Карно

# Основные законы термодинамики I

Термодинамика первоначально возникла как наука о превращении тепла в работу.

Теперь эта универсальная наука о тепловых явлениях.

В основе термодинамики лежат ряд основных законов (начала термодинамики).

Начала термодинамики – обобщение экспериментальных наблюдений.

# Первое начало термодинамики. Закон сохранения энергии при тепловых процессах

$$\delta Q = dU + \delta A$$

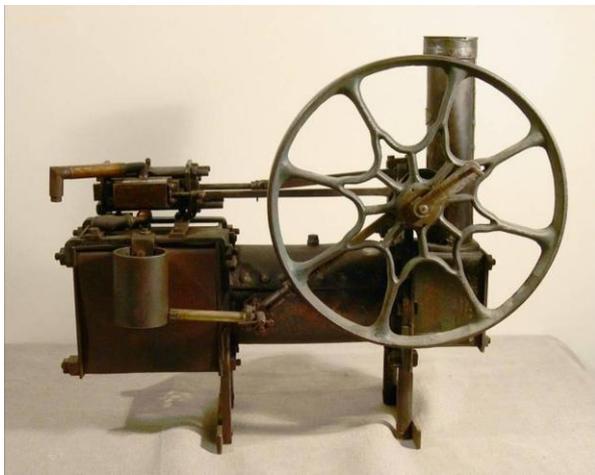
Невозможен вечный двигатель первого рода, т.е. такой периодический процесс, в котором совершаемая работа была бы больше получаемой извне энергии.

# Тепловая машина I

Круговым процессом (или циклом) называется термодинамический процесс с телом, в результате совершения которого тело, возвращается в исходное состояние.

Прямым циклом называется круговой процесс, в котором тело совершает положительную работу за цикл.

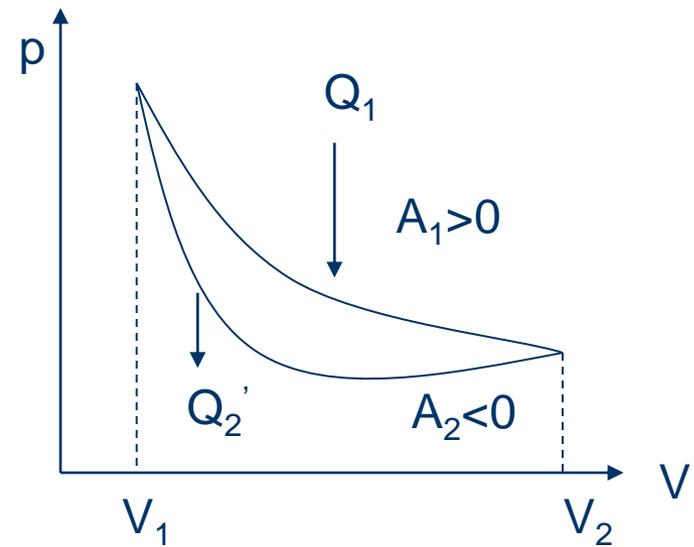
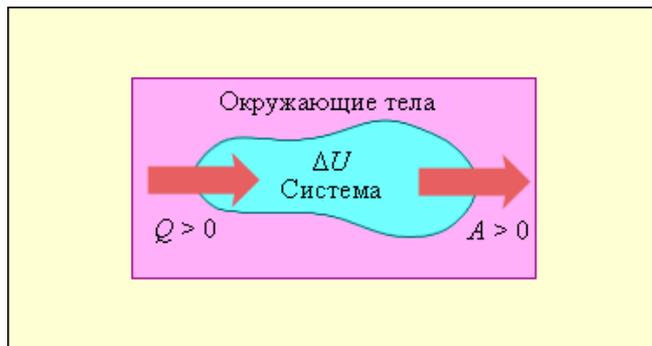
Тепловой машиной называется устройство, которое преобразует теплоту в работу или обратно и действует строго периодически, т.е. после завершения цикла возвращается в исходное состояние



# Тепловая машина II

Всякий двигатель представляет собой систему совершающую многократно некий круговой процесс.

Пусть в ходе цикла рабочее вещество (газ) сначала расширяется до объема  $V_2$ , а затем снова сжимается до первоначального объема  $V_1$



$$A = Q_1 - Q_2'$$

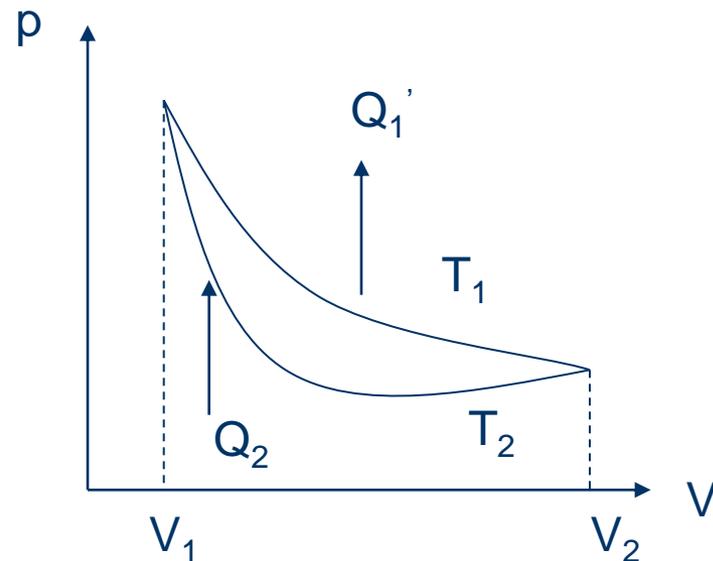
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1}$$

# Холодильная машина

Если обратить цикл тепловой машины, то получится цикл холодильной машины

Такая машина отбирает за цикл от тела с температурой  $T_2$  количество тепла  $Q_2$  и отдает телу с более высокой температурой  $T_1$  количество тепла  $Q_1$ . Над телом за цикл должна быть совершена работа  $A'$

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



Холодильный коэффициент

# Второе начало термодинамики

Второе начало указывает направление тепловых процессов

1) Энтропия изолированной системы не может убывать  $dS \geq 0$

2) Невозможны такие процессы, единственным конечным результатом которых был бы переход тепла от тела, менее нагретого, к телу, более нагретому /Клаузиус/

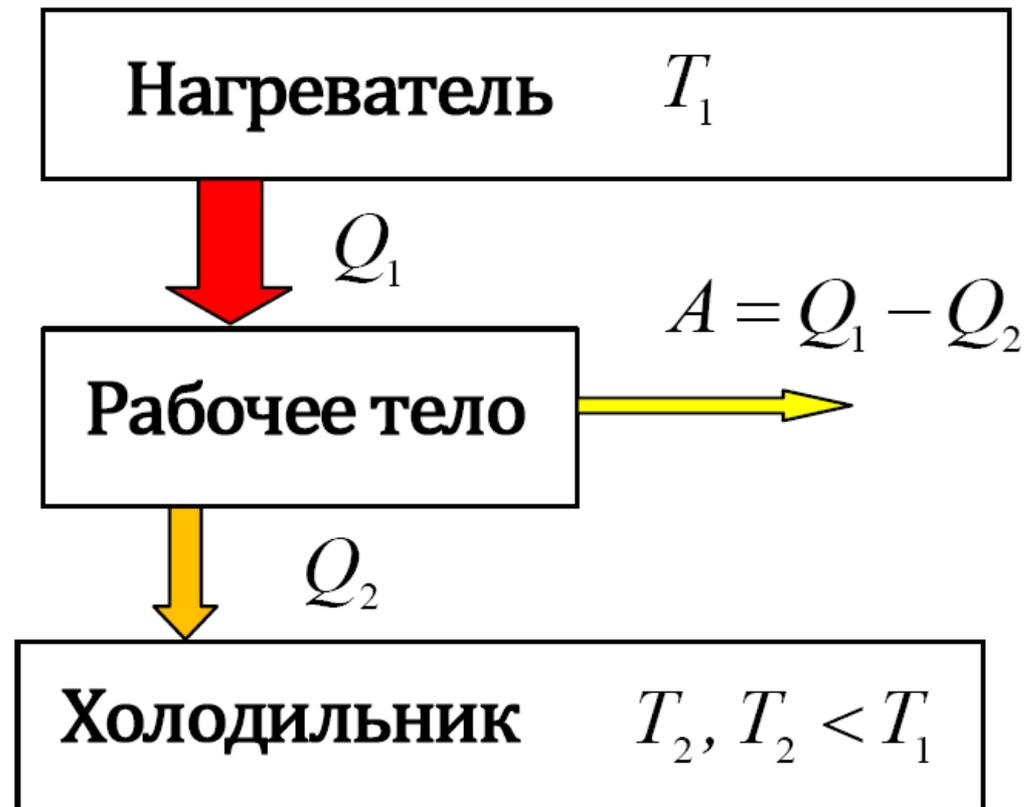
3) Невозможен вечный двигатель второго рода, т.е. Двигатель использующий только один тепловой резервуар. /Оствальд/

4) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара. /Томсон(лордКельвин)/

# Общая схема тепловой машины

Основные элементы  
тепловой машины:

- *рабочее тело*
- *нагреватель*
- *холодильник*



# Цикл Карно



Сади Карно  
(1796-1832)

