

# Лекция 14

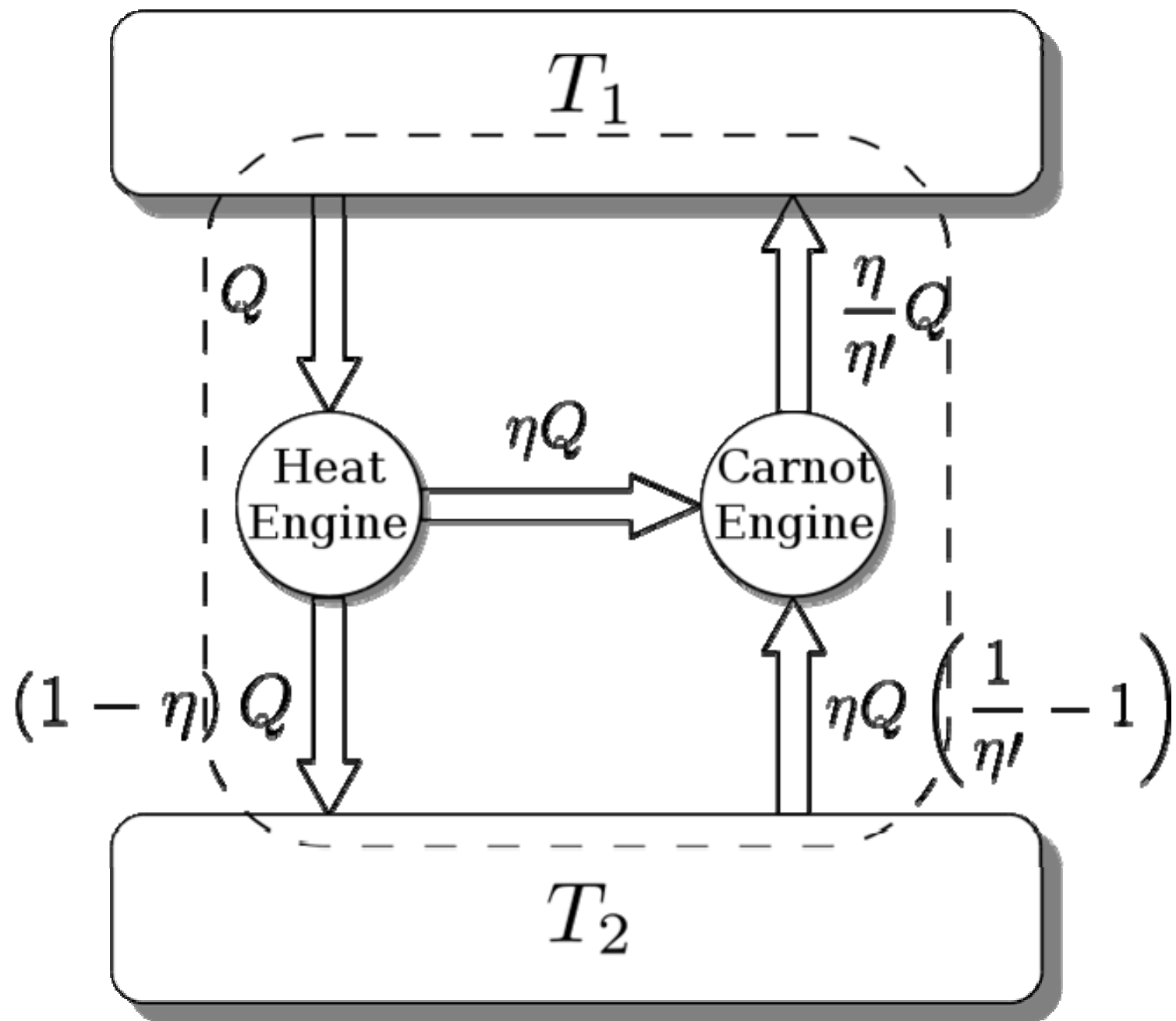
- Первая теорема Карно – доказательство
- Второе начало ТД – эквивалентность формулировок
- Энтропия. Закон возрастания энтропии
- Энтропия идеального газа
- Статистическая трактовка энтропии. Формула Больцмана
- Самоорганизация

# Вторая теорема Карно

КПД обратимого цикла Карно не зависит от рода рабочего тела, а зависит только от  $T_n$  и  $T_x$

# Первая теорема Карно

Тепловая машина, работающая при данных  $T_n$  и  $T_x$ , не может иметь КПД больший, чем тепловая машина, работающая по обратимому циклу Карно с теми же  $T_n$  и  $T_x$



# Второе начало термодинамики

- В.Томсон (Кельвин), 1851

Невозможно осуществить такой **циклический** процесс, **единственным** результатом которого было бы превращение нацело в механическую работу количества теплоты, взятого у одного тела

# Второе начало термодинамики

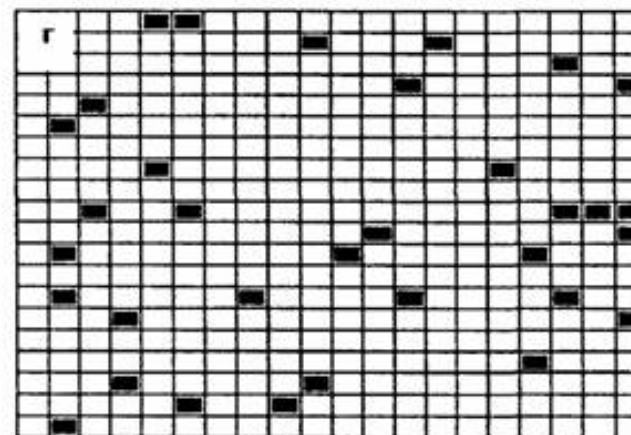
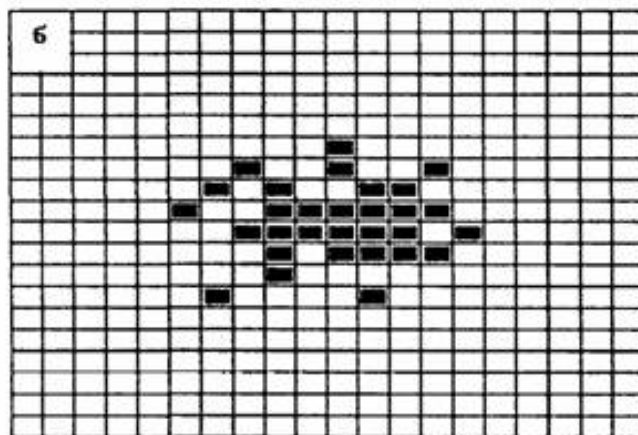
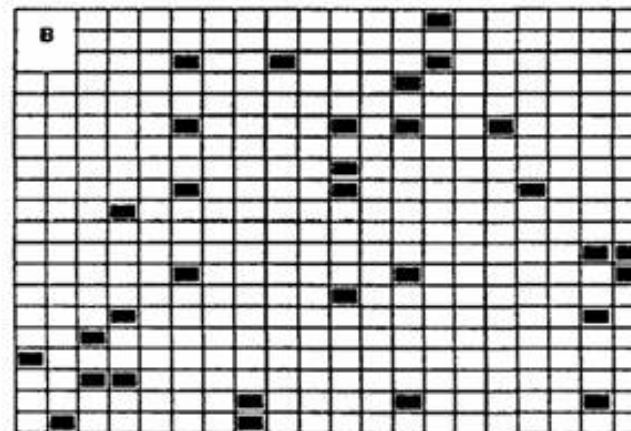
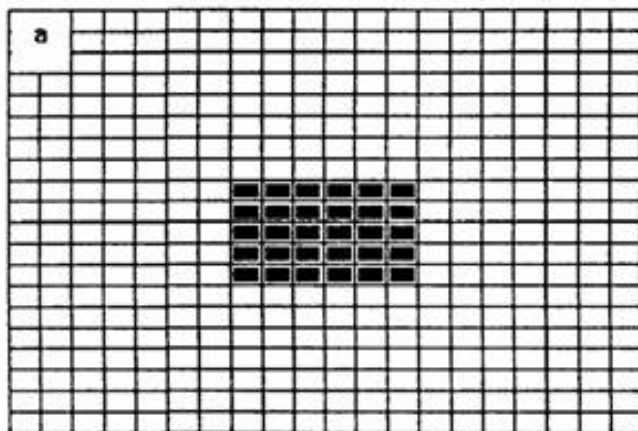
- Р. Клаузиус, 1850

Невозможно осуществить такой **циклический** процесс, **единственным** результатом которого была бы передача количества теплоты от менее нагретого тела более нагретому

# Энтропия: свойства

- Э – мера упорядоченности системы. Э. тем больше, чем больше число доступных микросостояний
- Э. – функция состояния
- Э. – аддитивная величина
- В замкнутом квазистатическом процессе изменение Э. равно нулю
- Э. неизменна вдоль обратимого адиабатного процесса
- Для цикла с хотя бы одним необратимым участком изменение энтропии меньше нуля

# Энтропия и упорядоченность СИСТЕМЫ





# Энтропия и второе начало ТД

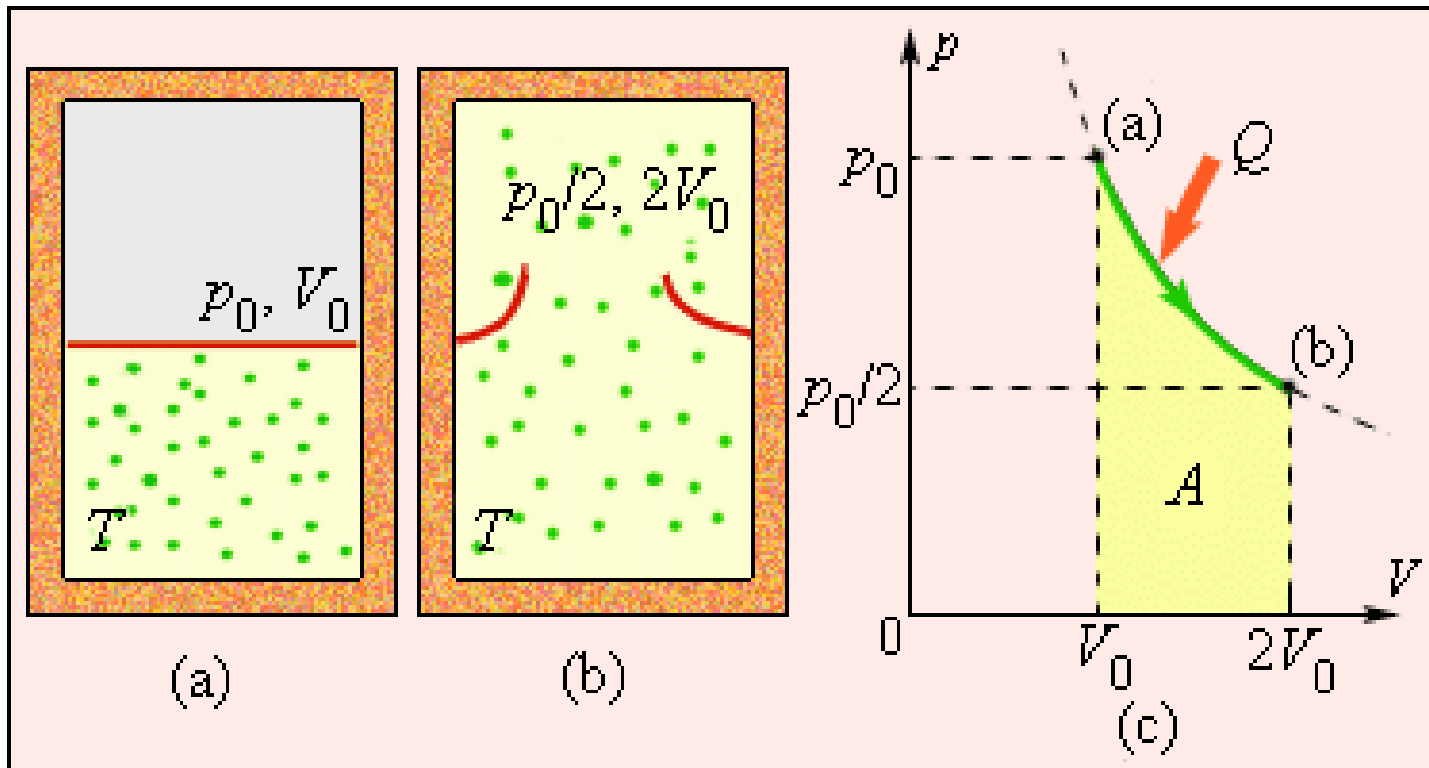
- В круговых процессах изолированной системы энтропия не убывает

**Важно:** а) направленность процессов,

б) статистический характер (в отличие от первого начала),

в) увеличение энтропии изолированной системы означает ее «движение» в направлении наиболее вероятного состояния

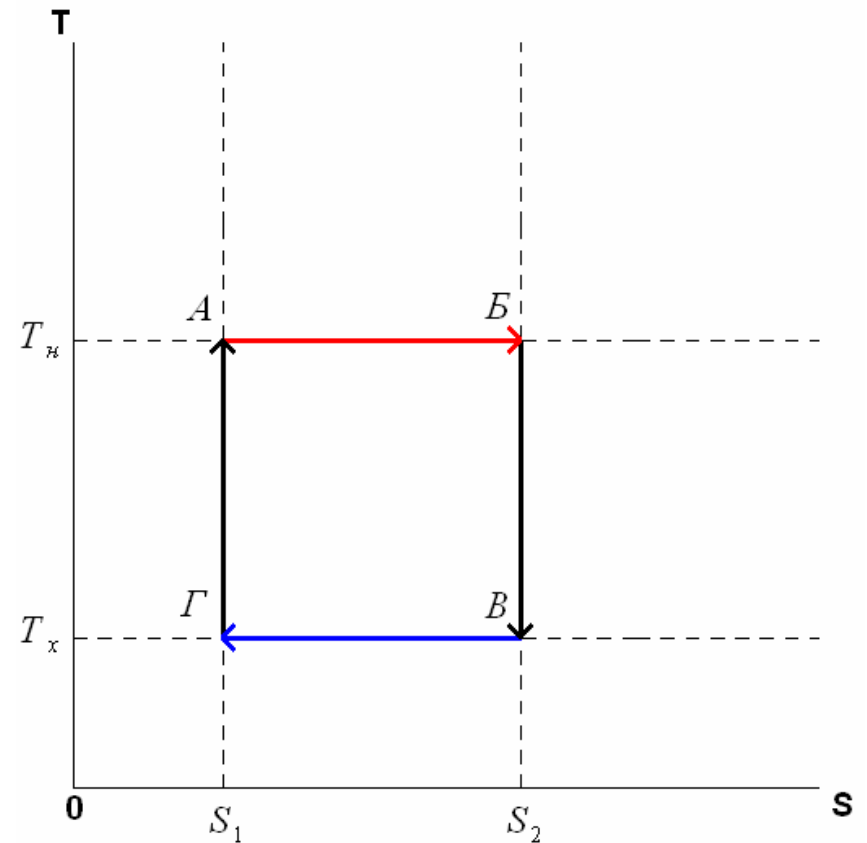
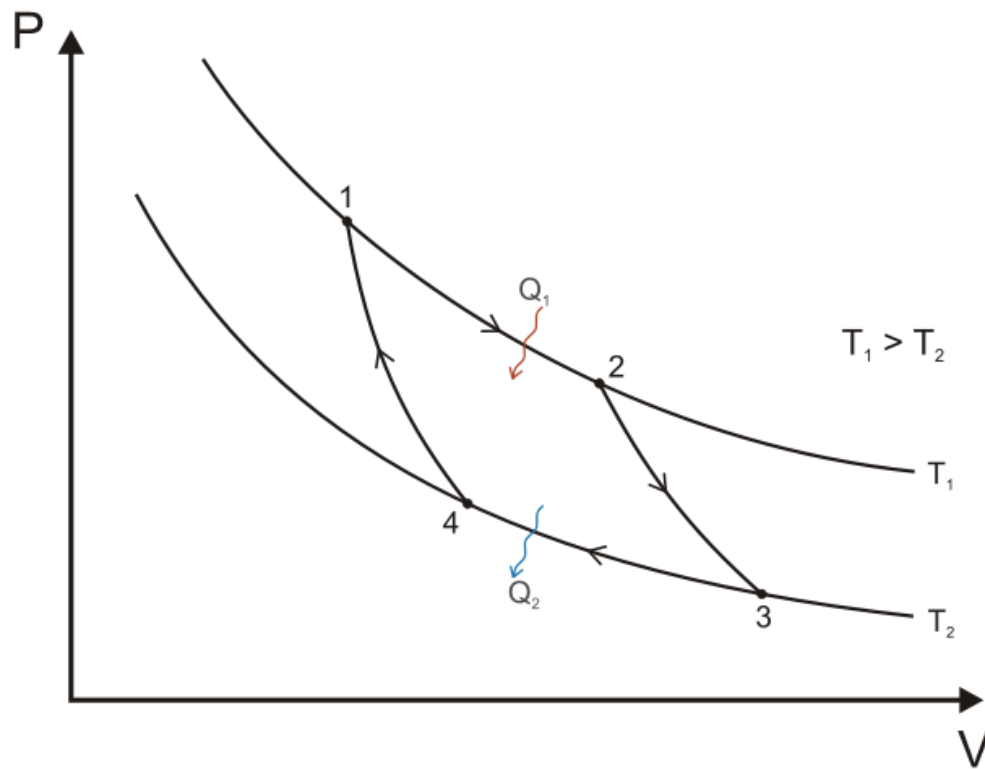
# Энтропия и необратимость процесса



# Формула Больцмана

$$S = k \cdot \log W$$

# Энтропия и цикл Карно



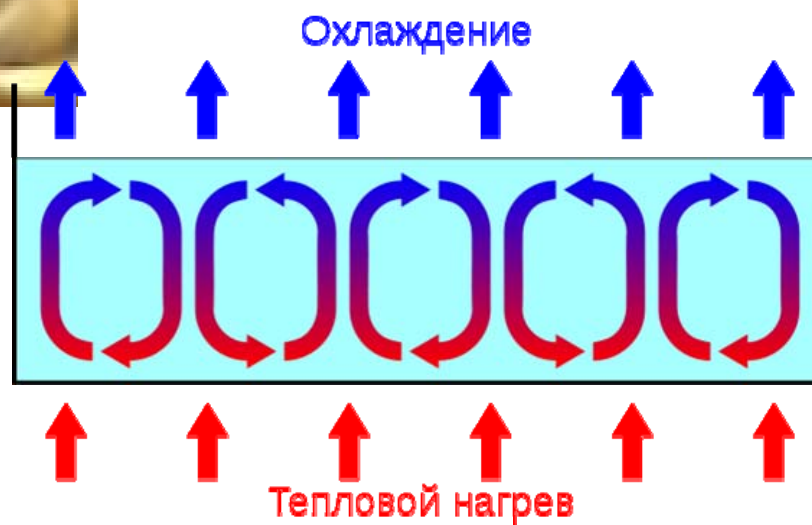
# Примеры самоорганизации в открытых системах

- Дорожка Кармана
- Ячейки Бенара
- Численность популяций
- Реакция Белоусова-Жаботинского

# Дорожка Кармана



# Ячейки Бенара



# «Жертва-хищник»

