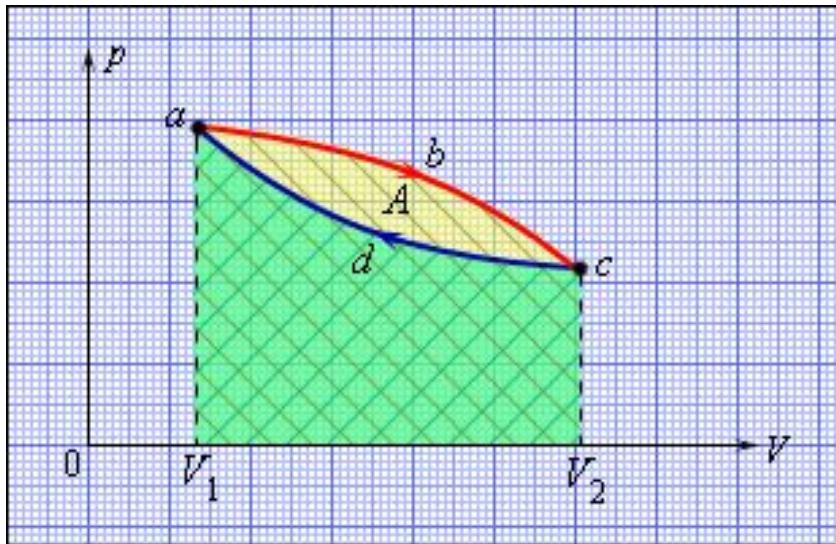


Тепловые двигатели

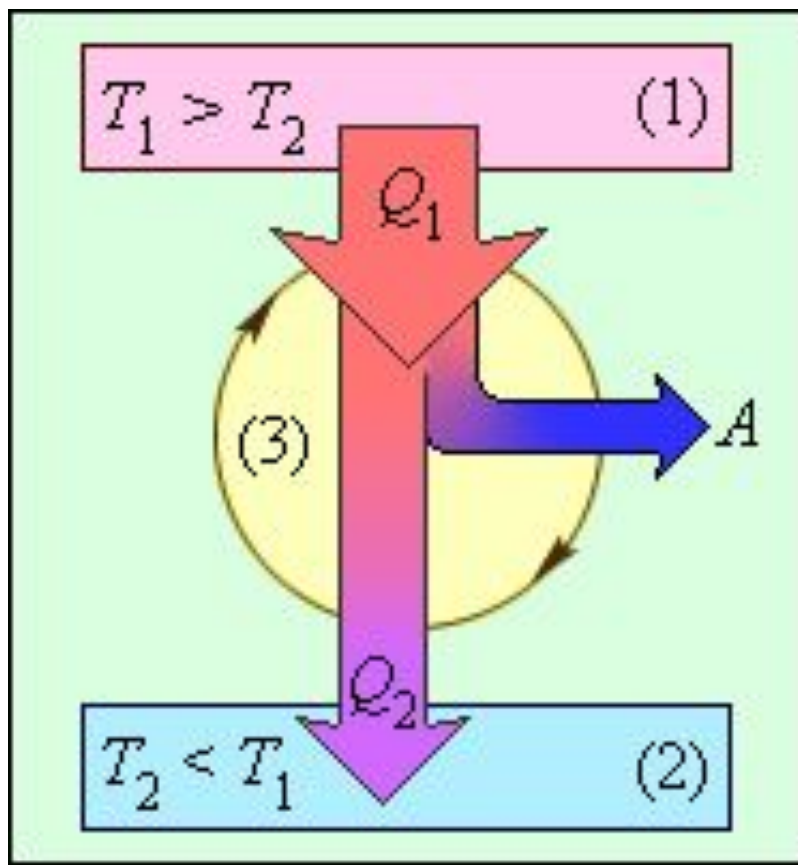
- устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу.

Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества – рабочего тела **(газообразное вещество)**



Работа газа в циклическом процессе численно равна площади фигуры ограниченной графиком процесса в p-V координатах

Принципиальная схема теплового двигателя



нагреватель
ль
рабочее
тело

ХОЛОДИЛЬН
ИК

Q_1

↓

A

+

$|Q_2|$

КПД теплового двигателя

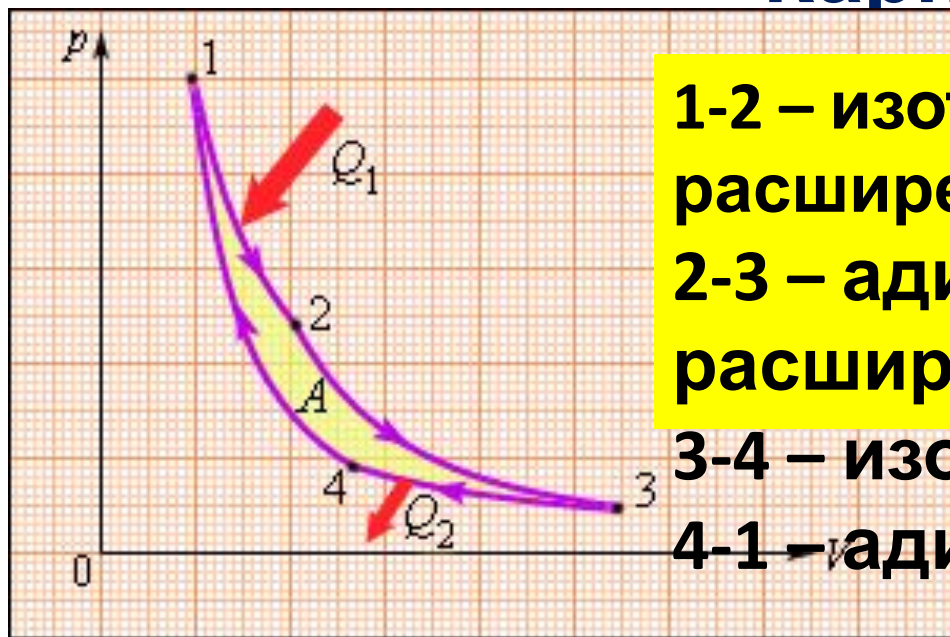
Для циклического процесса:

$$\Delta U = Q - A = 0$$

$$Q_1 = A + |Q_2| \Leftrightarrow A = Q_1 - |Q_2|$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

Идеальный тепловой двигатель. Цикл Карно



**1-2 – изотермическое
расширение**

**2-3 – адиабатное
расширение**

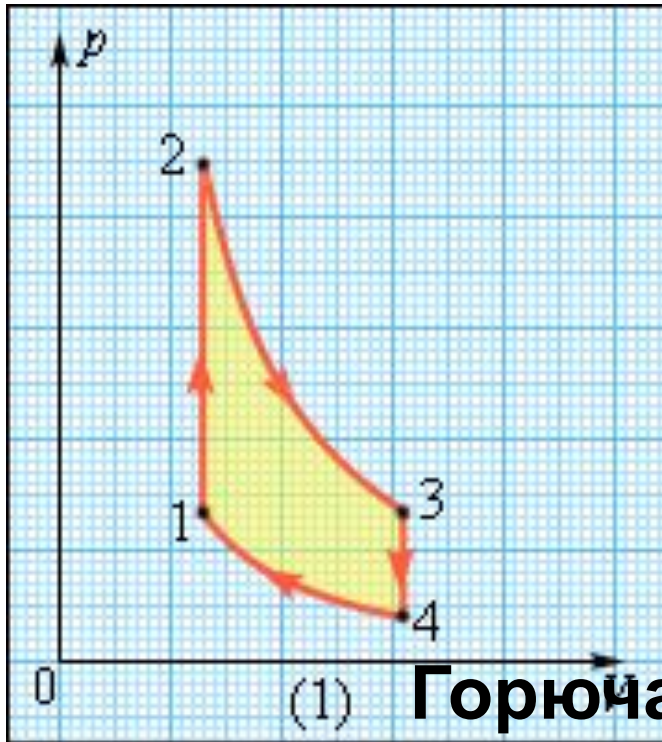
3-4 – изотермическое сжатие

4-1 – адиабатное сжатие

$$A_{23} + A_{41} = C_V (T_1 - T_2) + C_V (T_2 - T_1) = 0 \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|A_{34}|}{A_{12}} = 1 - \frac{\nu RT_1 \ln(V_2 / V_1)}{\nu RT_2 \ln(V_3 / V_4)} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Карбюраторный двигатель



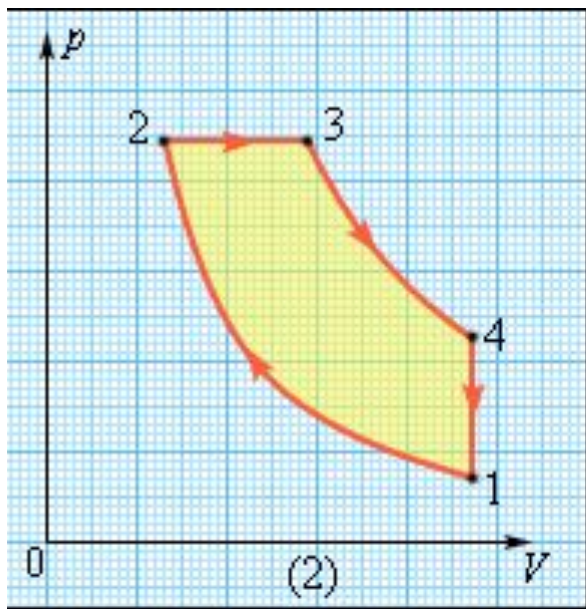
4-1 – адиабатное сжатие
горючей смеси
1-2 – изохорное сгорание
топлива
2-3 – адиабатное расширение
3-4 – изохорный выброс
отработанных газов, впуск
новой порции горючей смеси

пары бензина и воздух в отношении примерно 1 :
20

Рабочим телом является воздух.

КПД порядка 30%

Дизельный двигатель



- 1-2 – адиабатное сжатие воздуха
- 2-3 – изобарное сгорание впрыскиваемого топлива
- 3-4 – адиабатное расширение
- 4-1 – изохорный выброс отработанных газов, впуск

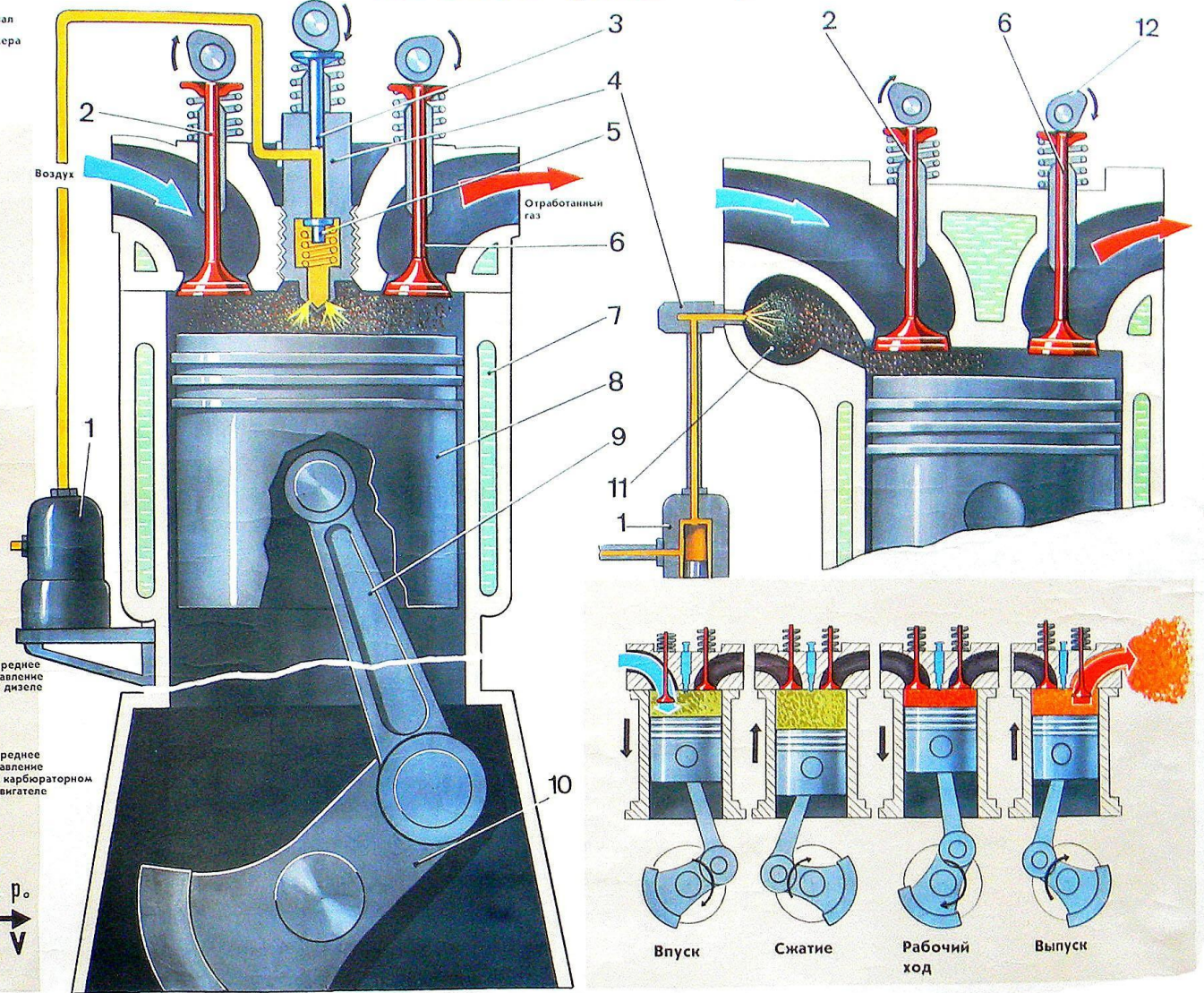
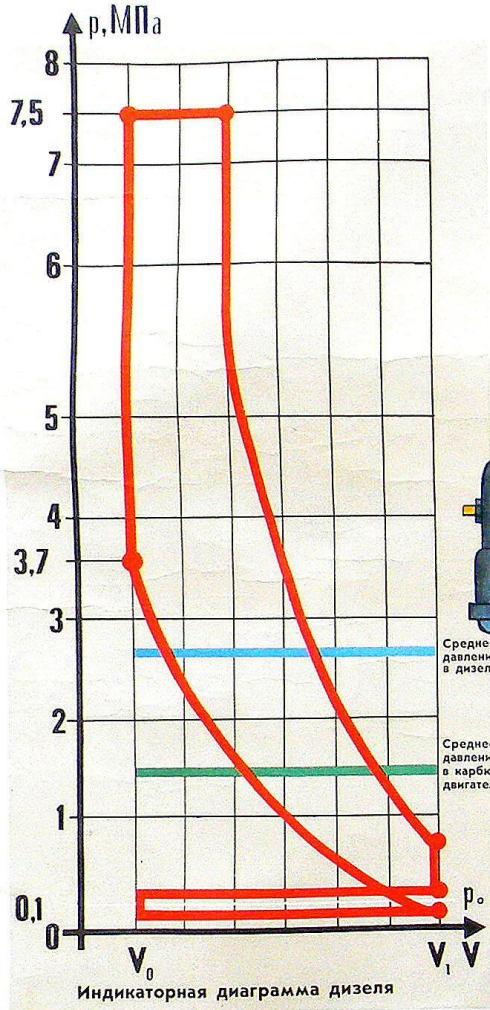
Для воздуха можно обеспечить большую степень сжатия, чем для горючей смеси.

Рабочим телом является воздух.

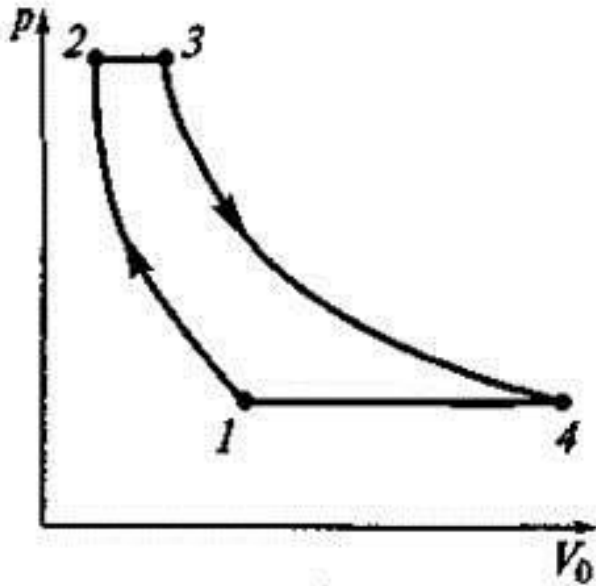
КПД порядка 40%

УСТРОЙСТВО ДИЗЕЛЯ (СХЕМА)

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Насос предварительной подкачки | 7. Вода |
| 2. Впускной клапан | 8. Поршень |
| 3. Плунжер | 9. Шатун |
| 4. Форсунка | 10. Коленчатый вал |
| 5. Магнетальный клапан | 11. Вихревая камера |
| 6. Выпускной клапан | 12. Кулачок |



Газовая турбина



1-2 – адиабатное сжатие воздуха

2-3 – изобарное сгорание впрыскиваемого топлива

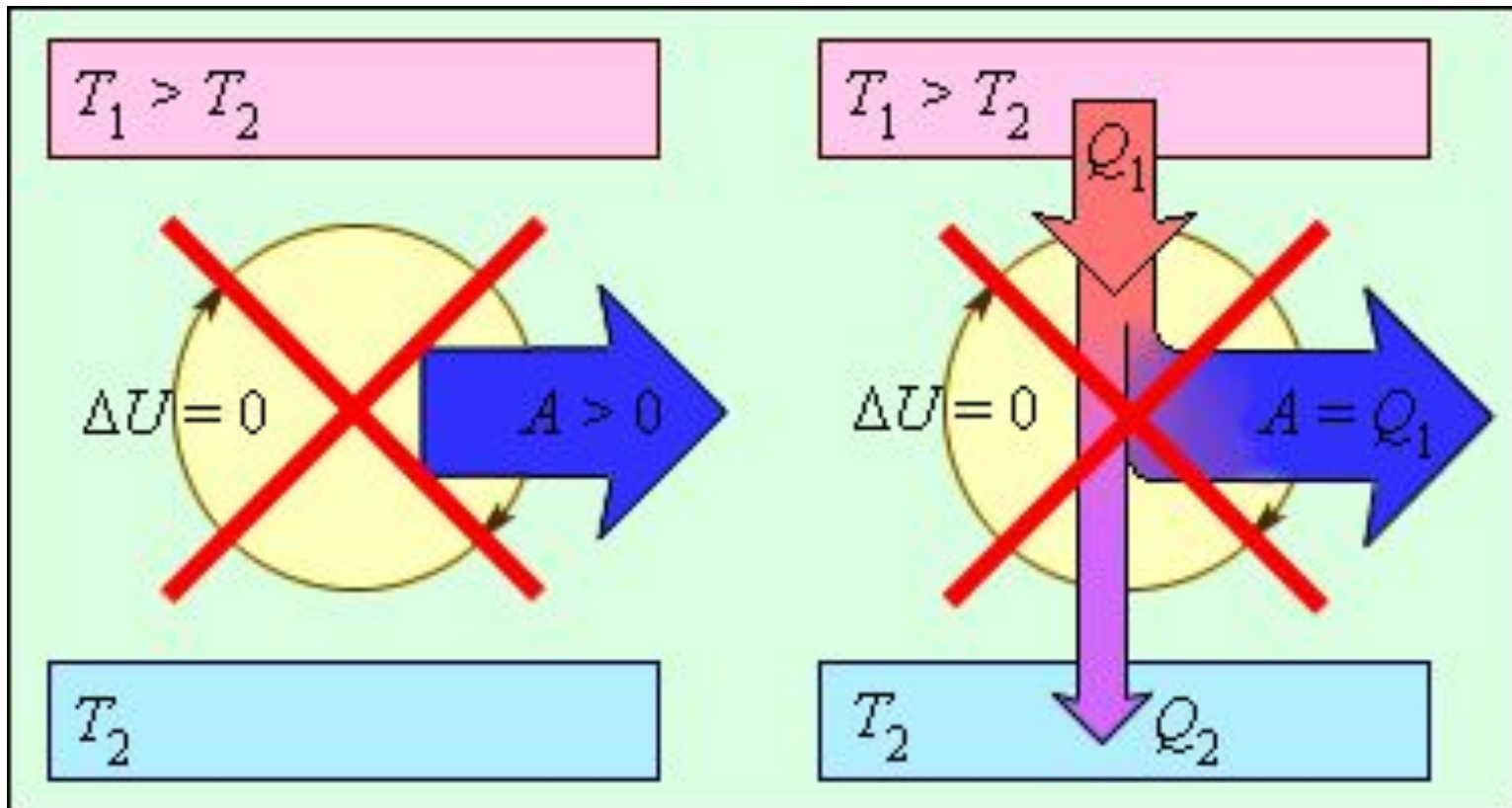
3-4 – адиабатное расширение

4-1 – изобарный выброс отработанных газов, впуск

новой порции воздуха



Циклически работающие тепловые машины,
запрещаемые первым законом термодинамики:
1 – вечный двигатель 1 рода, совершающий работу
без потребления энергии извне; 2 – тепловая
машина с $\eta > 1$



Второй закон термодинамики

У. Кельвин 1851 г.

В циклически действующей тепловой машине невозможен процесс, единственным результатом которого было бы преобразование в механическую работу всего количества теплоты, полученного от единственного теплового резервуара.

Второй закон термодинамики

[Р. Клаузиус](#)

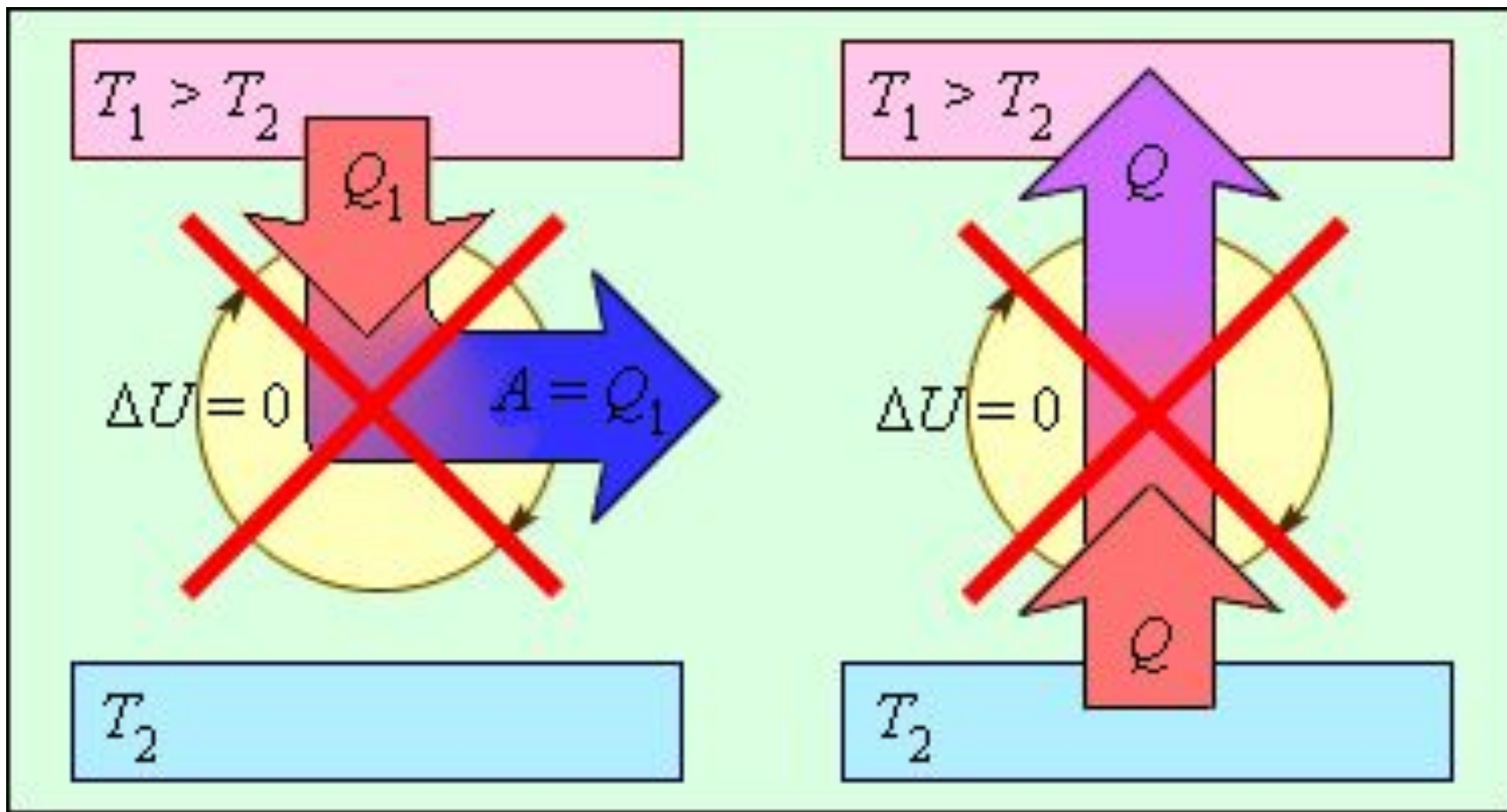
Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой.

Второй закон термодинамики

[Р. Клаузиус](#)

Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой.

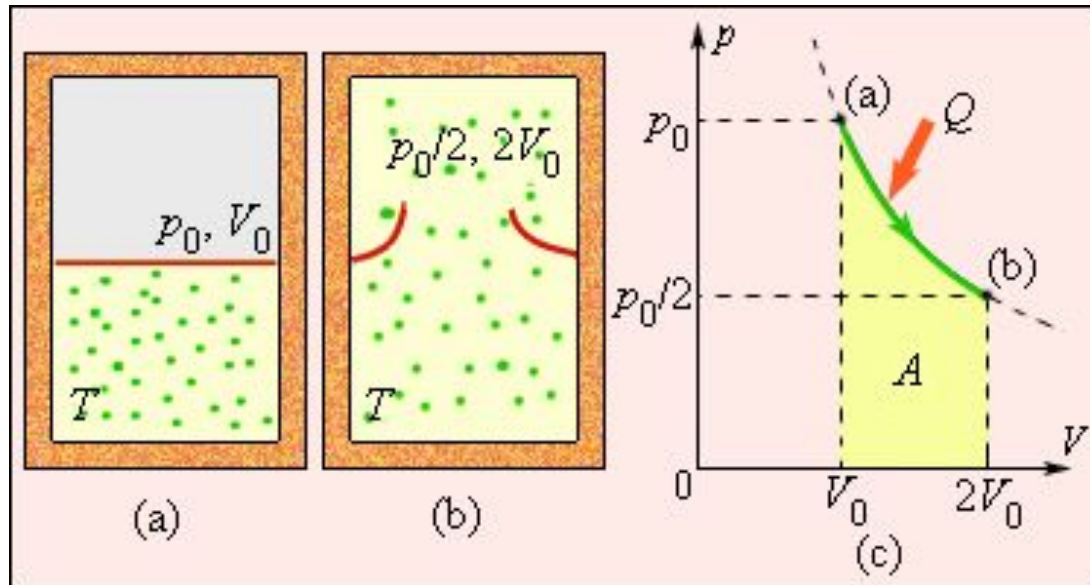
Процессы запрещенные вторым законом термодинамики



Второй закон термодинамики

Л. Больцман 1844 - 1906

Самопроизвольно изолированная система может переходить только из менее вероятного состояния в более вероятное.



Процессы

ы

Самопроизвольные

- Проходят без затраты работы
- С их помощью можно получить работу

Несамостоятельные

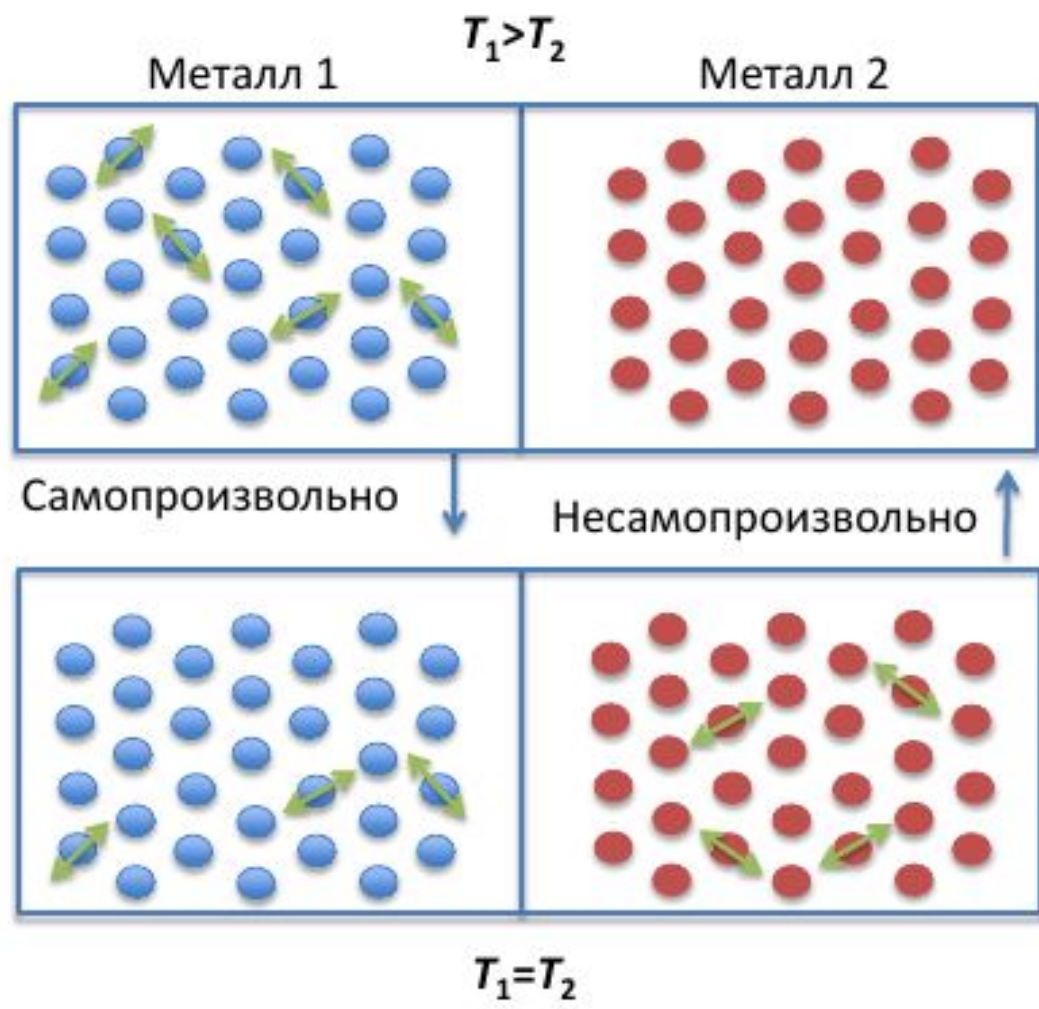
- Проходят только с затратой работы
- С их помощью нельзя получить работу

Теплота передается от горячего тела к холодному, но не наоборот

Вода самопроизвольно не разлагается на водород и кислород

Газ занимает весь предоставленный объем

В нашем мире в целом протекают необратимые процессы: «В одну и ту же реку нельзя ступить»



Тепловая энергия самопроизвольно стремится к рассеянию



Материя самопроизвольно стремится к рассеянию (разупорядочению)