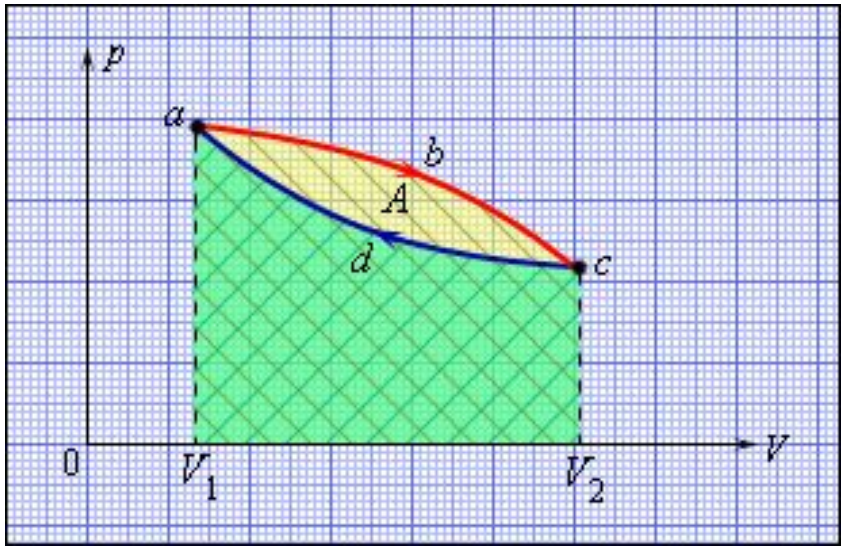
Тепловые двигатели

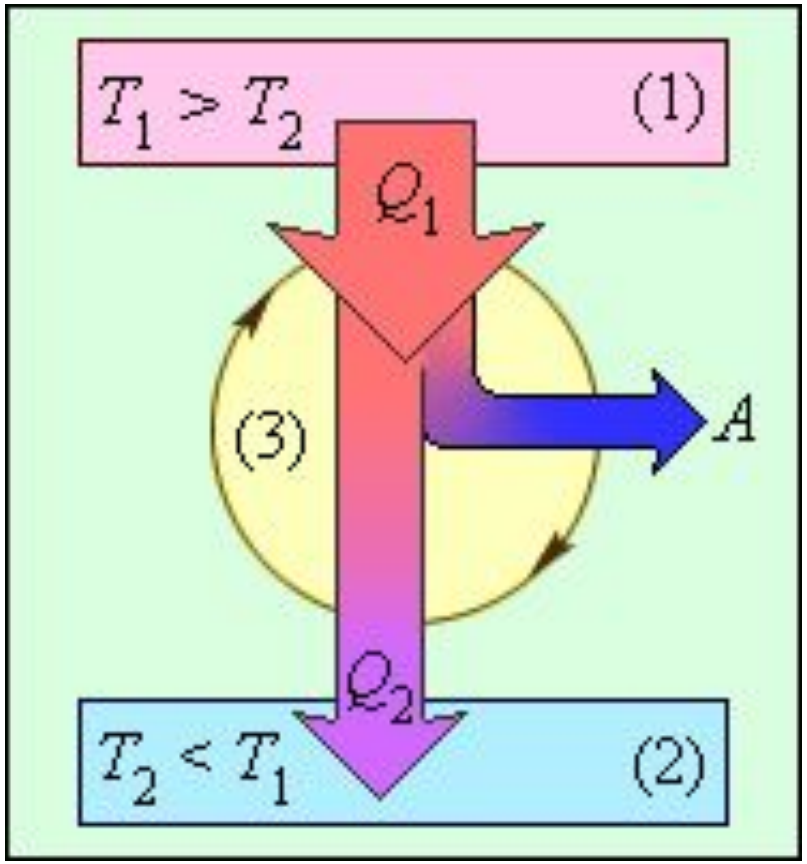
- устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу.

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 Q_1 ⇓

рабочее тело A

$+$

холодильник $|Q_2|$

КПД теплового двигателя

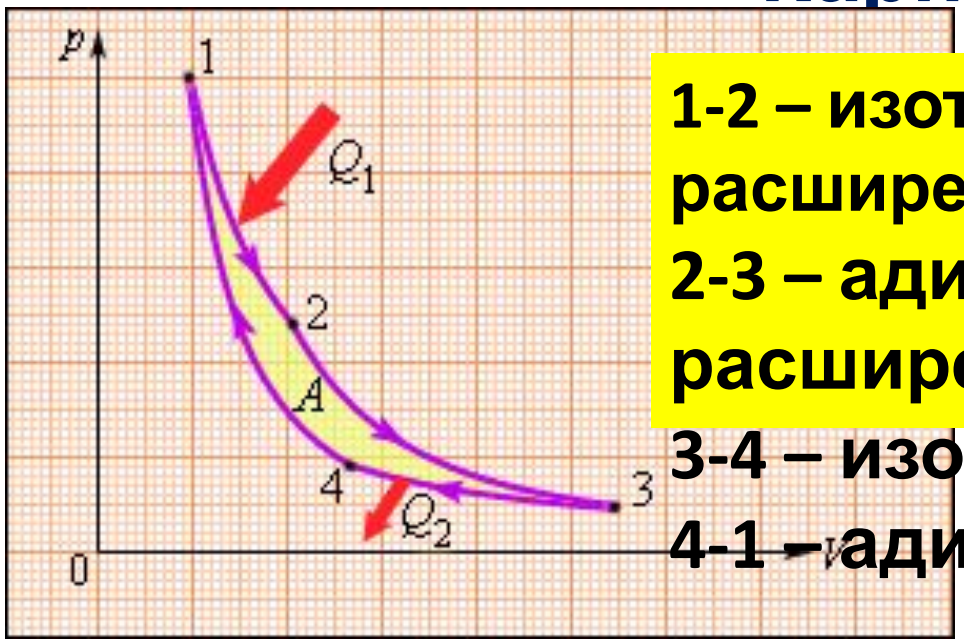
Для циклического процесса:

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

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

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

Идеальный тепловой двигатель. Цикл Карно



1-2 – изотермическое расширение

2-3 – адиабатное расширение

3-4 – изотермическое сжатие

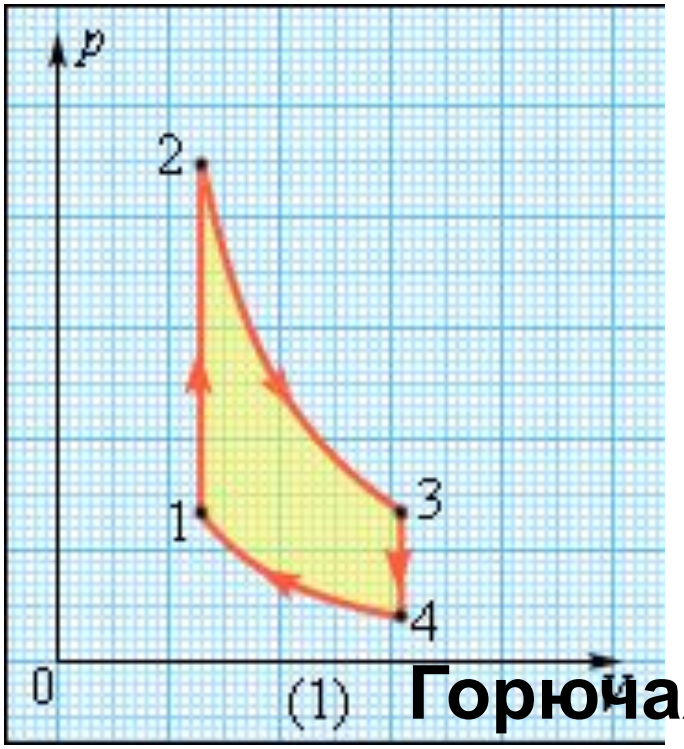
4-1 – адиабатное сжатие

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$$

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

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

Карбюраторный двигатель



4-1 – адиабатное сжатие горючей смеси

1-2 – изохорное сгорание топлива

2-3 – адиабатное расширение

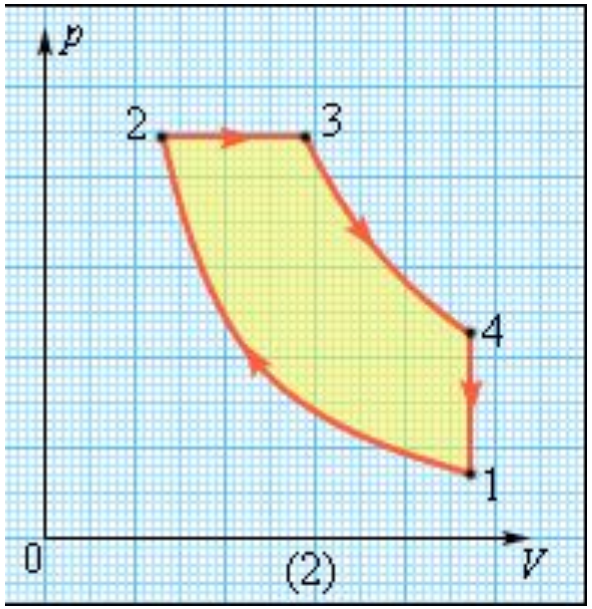
3-4 – изохорный выброс отработанных газов, впуск новой порции горючей смеси

Горючая смесь: 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 новой порции воздуха

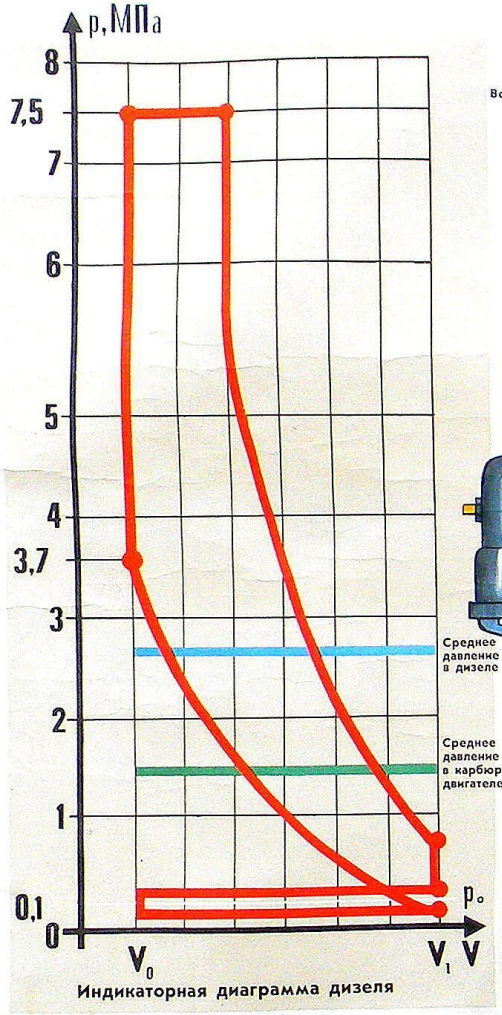
Для воздуха можно обеспечить большую степень сжатия, чем для горючей смеси.

Рабочим телом является воздух.

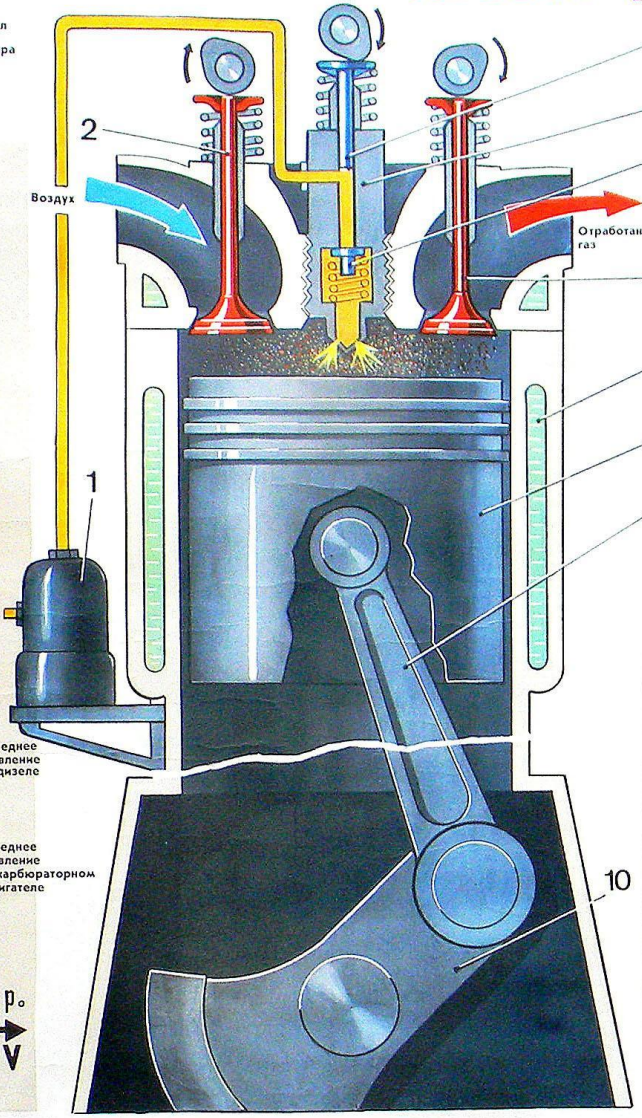
КПД порядка 40%

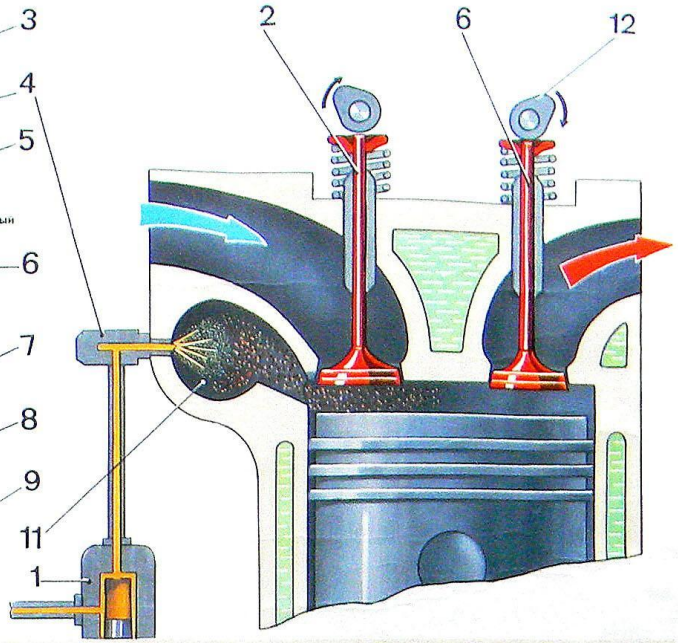
УСТРОЙСТВО ДИЗЕЛЯ (СХЕМА)

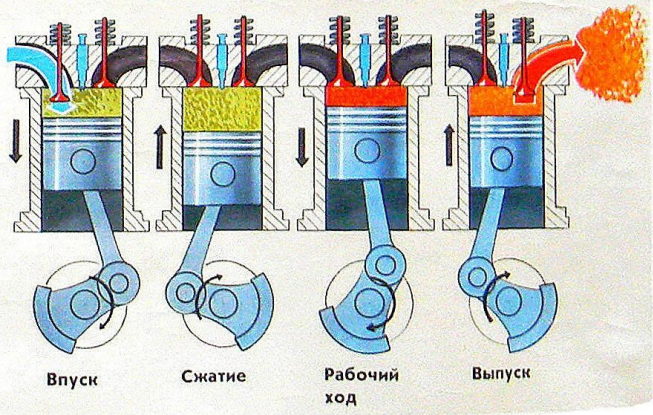
1. Насос предварительной подкачки
2. Впускной клапан
3. Плунжер
4. Форсунка
5. Нагнетательный клапан
6. Выпускной клапан
7. Вода
8. Поршень
9. Шатун
10. Коленчатый вал
11. Вихревая камера
12. Кулачок



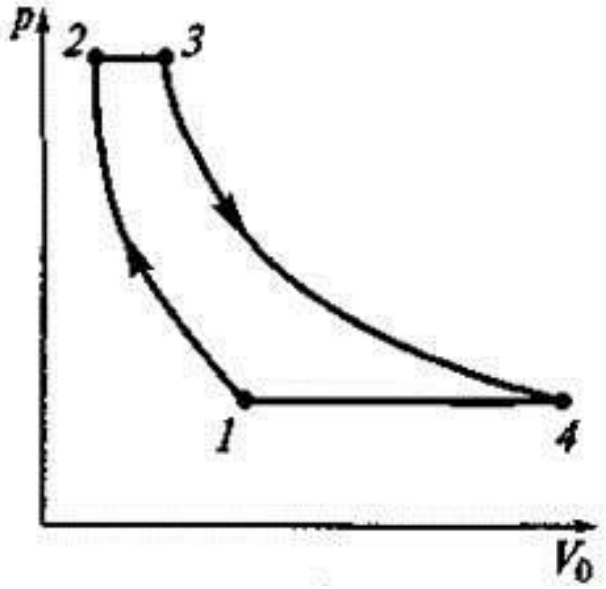
Индикаторная диаграмма дизеля







Газовая турбина

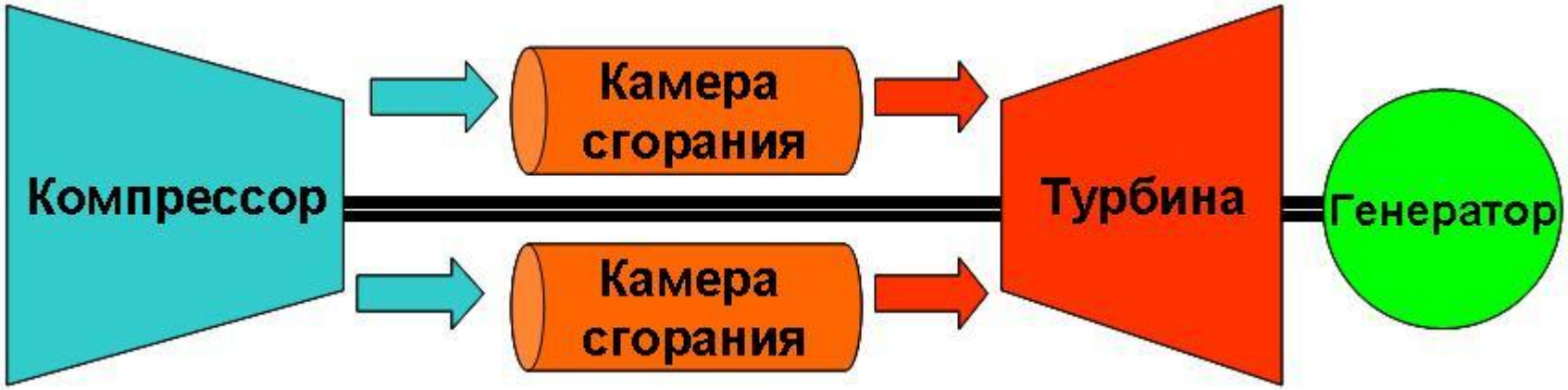


1-2 – адиабатное сжатие воздуха

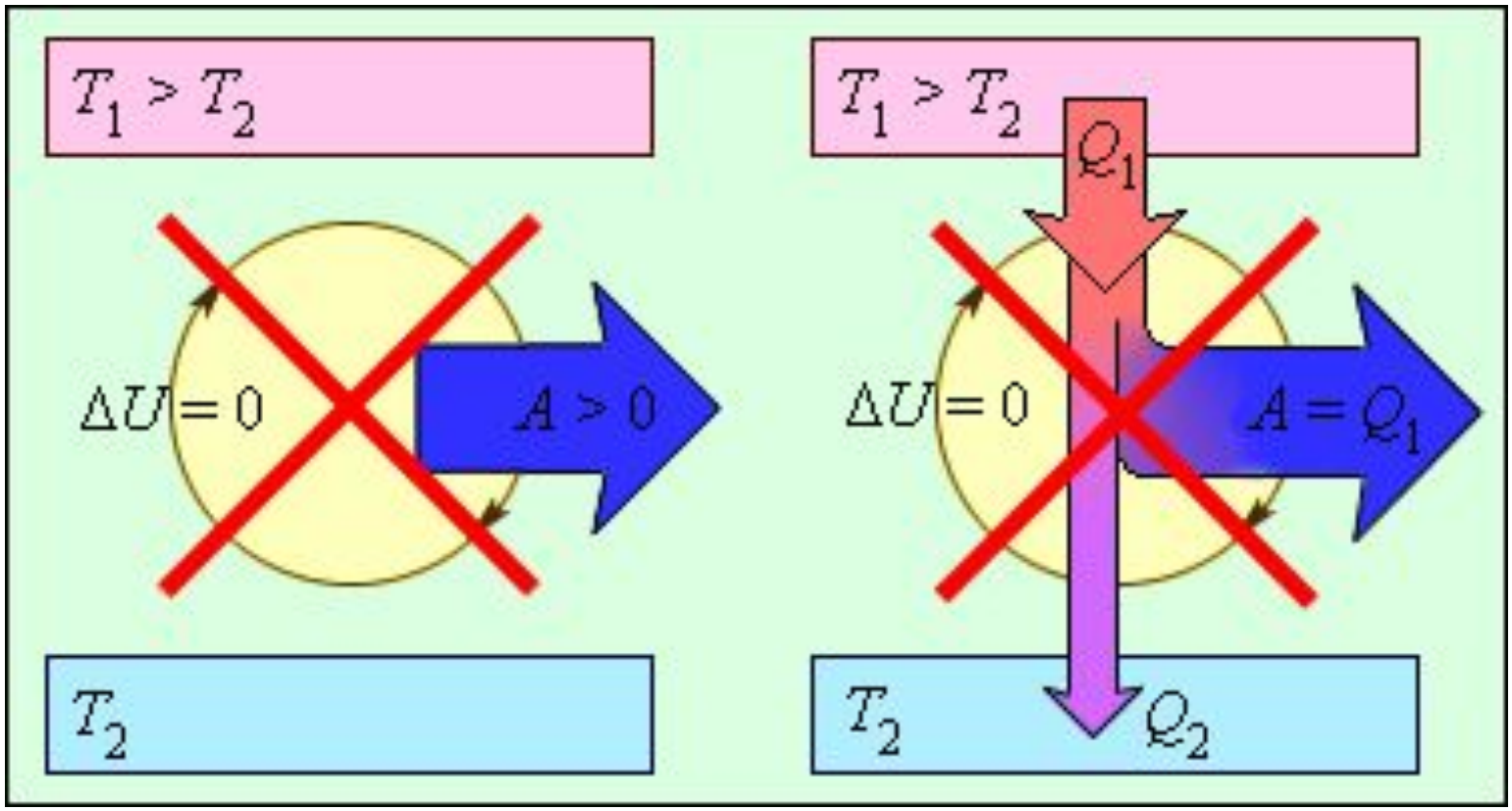
2-3 – изобарное сгорание впрыскиваемого топлива

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 η > 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

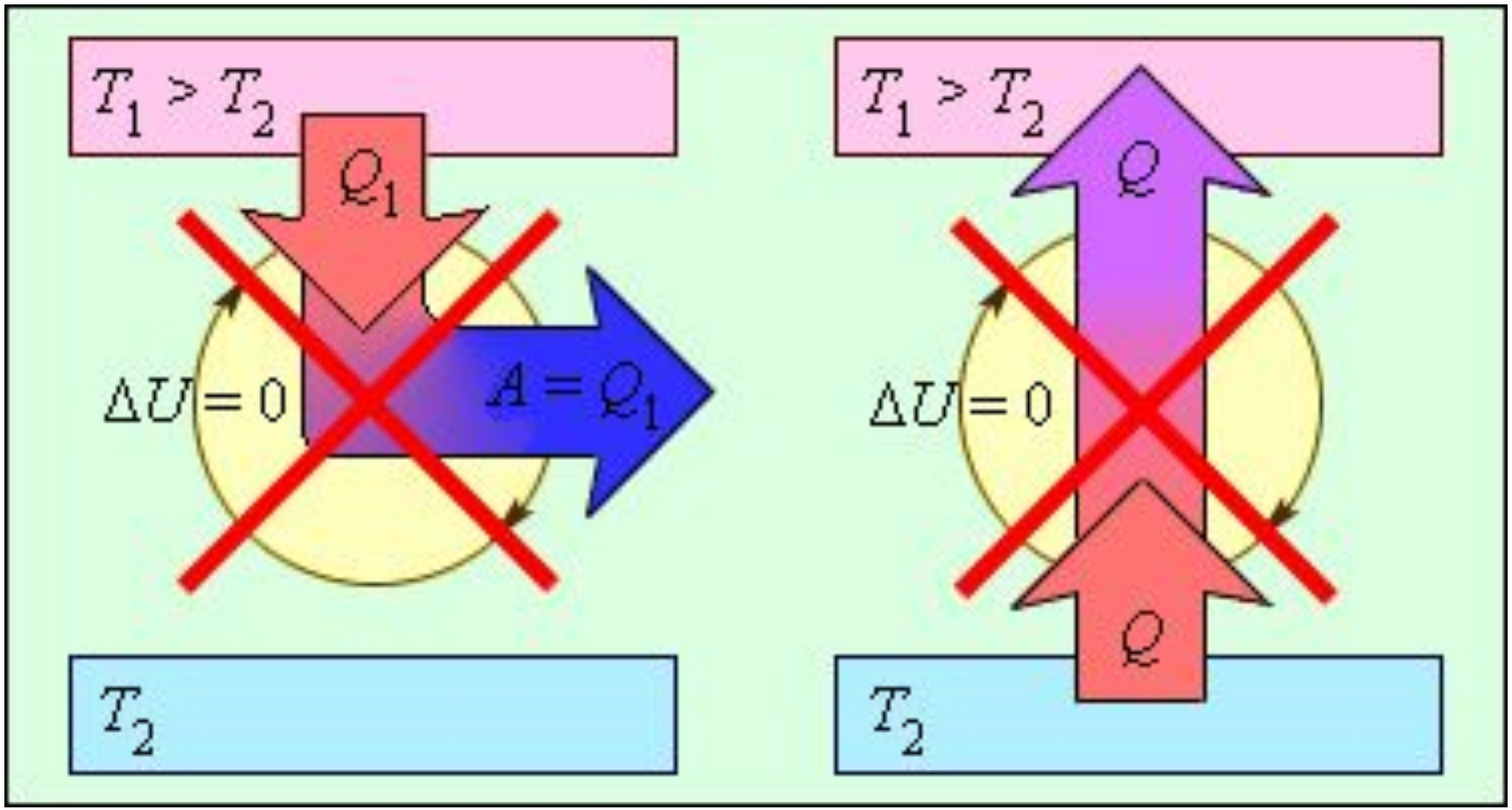
Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой.

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.

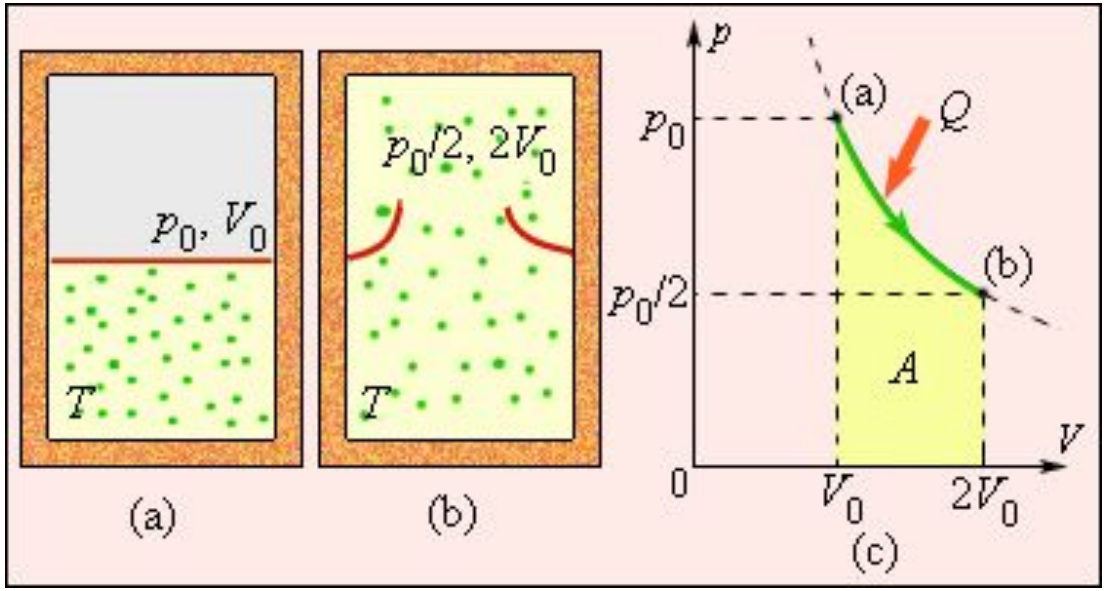
Процессы запрещенные вторым законом термодинамики



Второй закон термодинамики

Л. Больцман 1844 - 1906

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



Процессы

Самопроизвольные

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

Несамопроизвольные

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

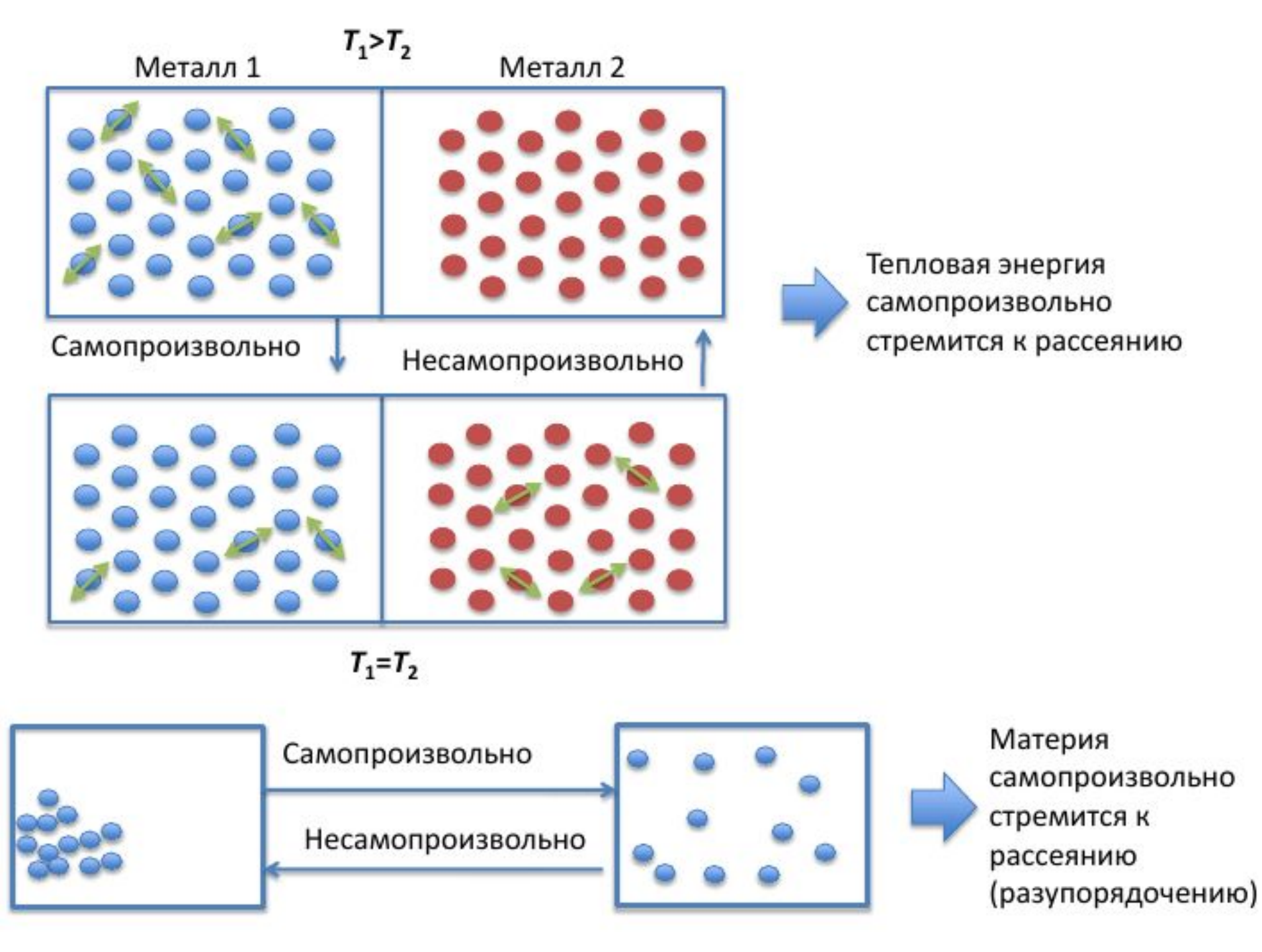
Примеры:

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


$T_1 > T_2$
Металл 1
Металл 2
Самопроизвольно
Несамопроизвольно
Тепловая энергия самопроизвольно стремится к рассеянию
$T_1 = T_2$
Самопроизвольно
Несамопроизвольно
Материя самопроизвольно стремится к рассеянию (разупорядочению)