

# Термодинамика

Росинский Александр  
МБОУ СШ №2 г. Вязьмы  
11М класс

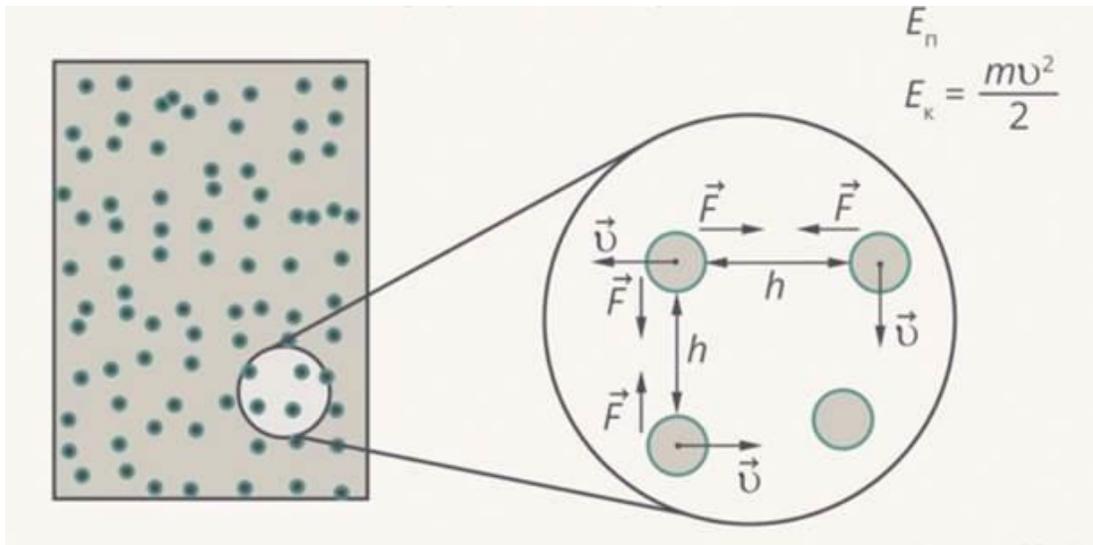
# Внутренняя энергия

**Внутренняя энергия** – сумма кинетической энергии движущихся частиц, из которых состоит тело и потенциальной энергии их взаимодействия

$$U = NE_k + NE_\pi$$

$U$  – внутренняя энергия тела,  $N$  – число частиц в теле,  $E_k$  – средняя кинетическая энергия частиц,  $E_\pi$  – средняя потенциальная энергия взаимодействия частиц.

В общем случае изменить внутреннюю энергию можно двумя способами: путем теплопередачи и совершением работы.



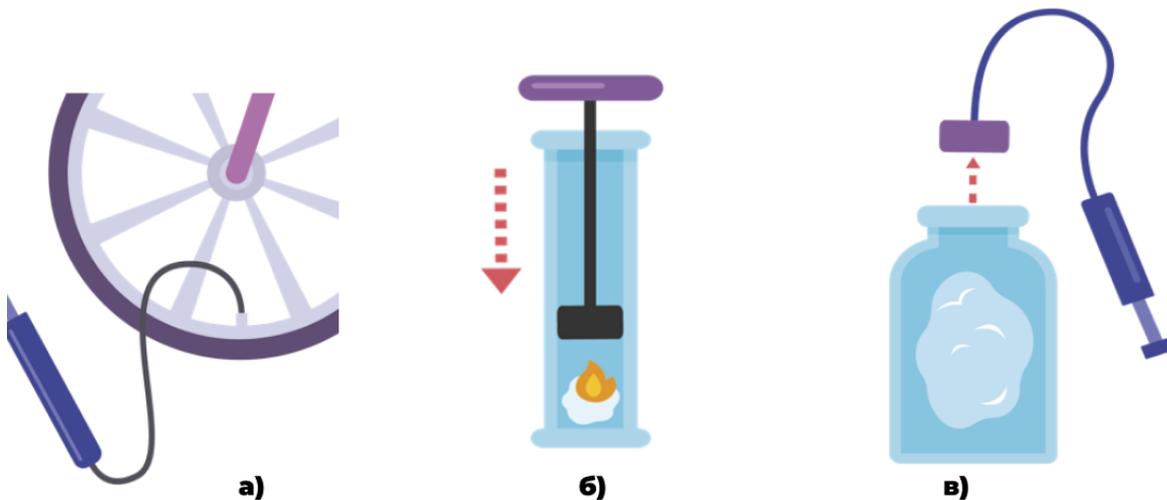
# Внутренняя энергия идеального газа

Внутренняя энергия идеального газа:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$$

где  $i$  – число степеней свободы частицы (число возможных независимых перемещений), для одноатомного газа  $i=3$ , для двухатомного  $i=5$ , для трех и более атомных газов  $i=6$ . Изменение внутренней энергии идеального газа определяется изменением температуры:

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$$



# Количество теплоты

**Количество теплоты** – физическая величина характеризующая процесс теплопередачи, это энергия, которую получает или отдает тело в процессе теплопередачи. Обозначается –  $Q$ , единица измерения  $[Q]=1\text{Дж}$ .



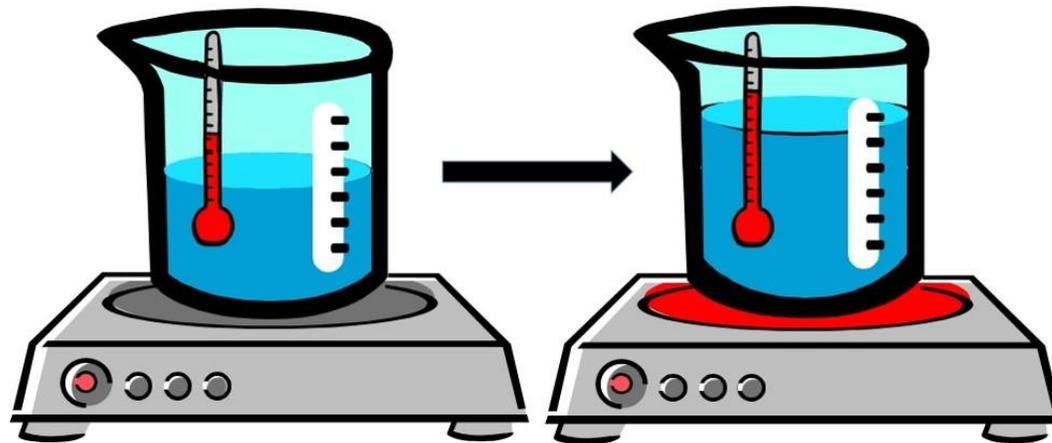
# Теплопередача без изменени агрегатного состояния

Количество теплоты, полученное или отданное телом в процессе теплопередачи, происходящем без изменения агрегатного состояния вещества, рассчитывается по формуле:

$$Q = cm\Delta T$$

где  $c$  – удельная теплоемкость,  $m$  – масса тела,  $\Delta T$  – изменение температуры. Если тело получает энергию то  $Q > 0$ , если тело отдает энергию тогда  $Q < 0$ .

*Физический смысл:* удельная теплоемкость вещества численно равна количеству теплоты, которое нужно передать телу (отнять у тела) массой 1 кг, чтобы его температура изменилась на 1 градус Цельсия (Кельвина)



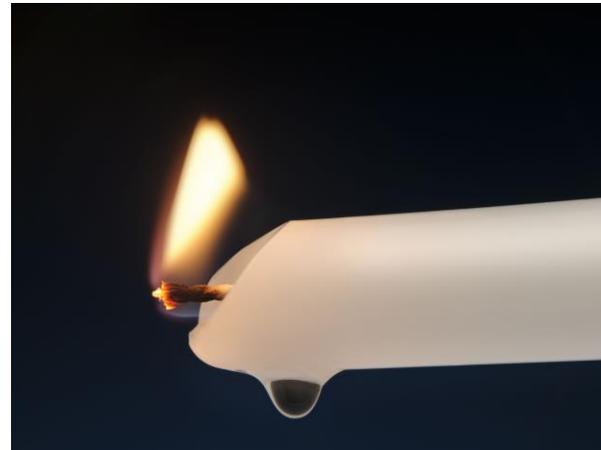
# Плавление и кристаллизация

Количество теплоты, полученное телом в процессе плавления или отданное телом в процессе кристаллизации, рассчитывается по формуле:

$$Q = \lambda m$$

где  $\lambda$  – удельная теплота плавления вещества. При плавлении  $Q > 0$ , при кристаллизации  $Q < 0$ .

*Физический смысл:* удельная теплота плавления вещества численно равна количеству теплоты, которое нужно передать телу массой 1 кг, взятому при температуре плавления, чтобы полностью перевести его в жидкое состояние без изменения температуры. Удельная теплота плавления вещества равна его удельной теплоте кристаллизации.



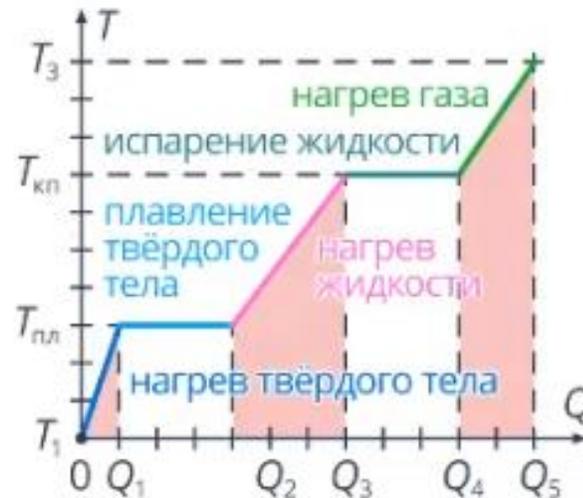
# Парообразование и конденсация

Количество теплоты, полученное телом в процессе парообразования или отданное телом в процессе конденсации, рассчитывается по формуле:

$$Q = Lm$$

где  $L$  – удельная теплота парообразования вещества. При парообразовании  $Q > 0$ , при конденсации  $Q < 0$ .

*Физический смысл:* удельная теплота парообразования вещества численно равна количеству теплоты, которое нужно передать жидкости массой 1 кг, взятой при температуре кипения, чтобы полностью перевести её в жидкое состояние без изменения температуры. Удельная теплота парообразования вещества равна его удельной теплоте конденсации.



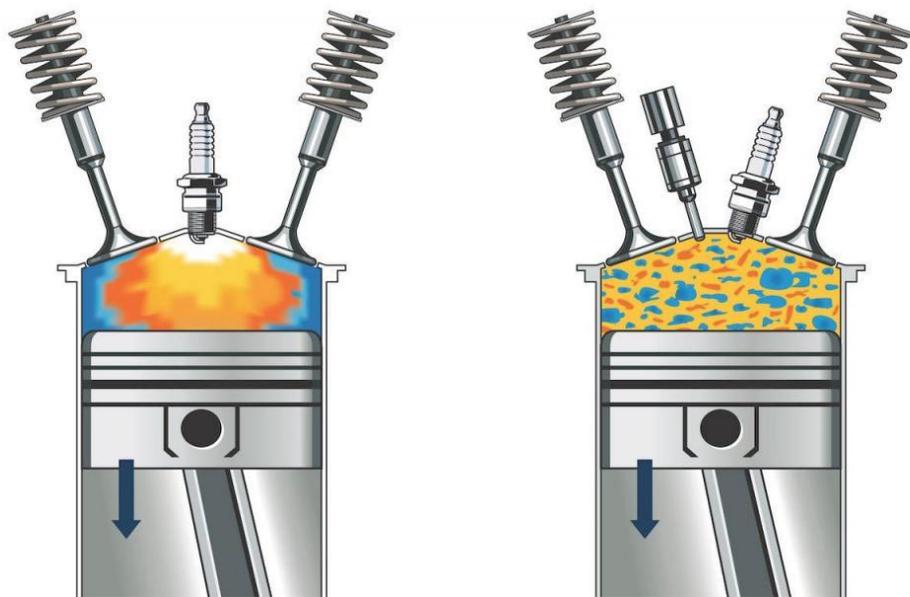
# Сгорание топлива

Энергия, которую получает тело в процессе теплопередачи, плавления или парообразования чаще всего выделяется в результате сгорания топлива. Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива, рассчитывается по формуле:

$$Q = qm$$

где  $q$  – удельная теплота сгорания топлива.

*Физический смысл:* удельная теплота сгорания вещества численно равна количеству теплоты, которое выделяется при полном сгорании 1 кг топлива.

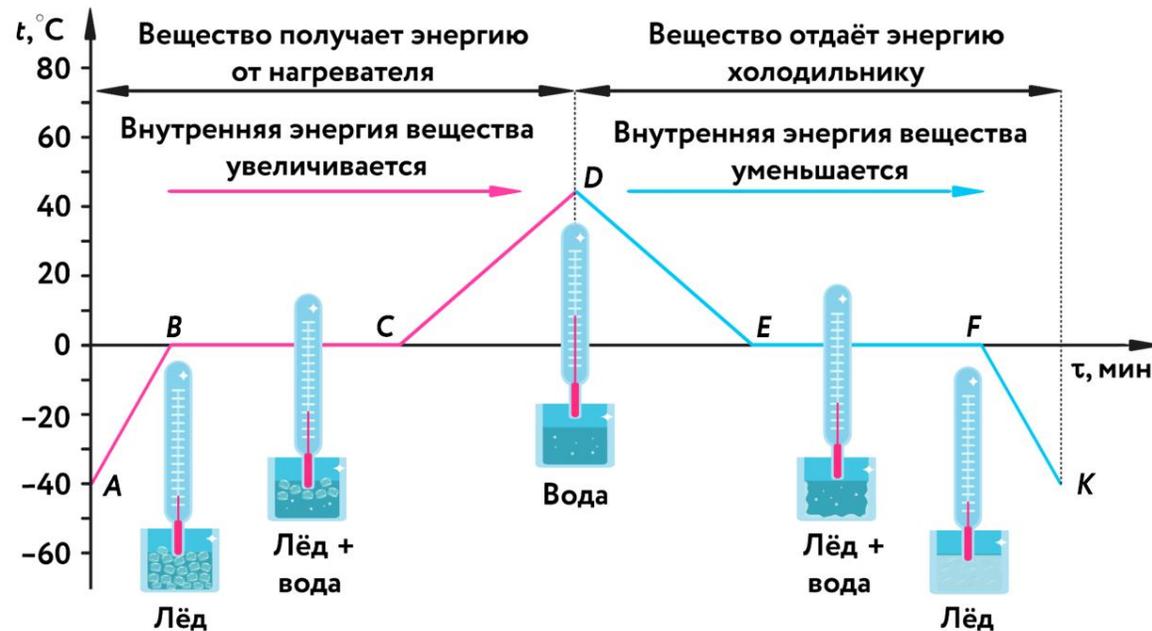


# Уравнение теплового баланса

В замкнутой системе суммарная выделившаяся энергия равна суммарной поглощенной энергии.

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_m$$

данное уравнение называется уравнением теплового баланса, где  $n$  и  $m$  – число процессов идущих с выделением и число процессов идущих с поглощением энергии, число таких процессов может быть разным.



# Работа в термодинамике

Работа в термодинамике, совершаемая газом при изобарном процессе, вычисляется по формуле:

$$A = p\Delta V$$

Расширяясь, газ совершает положительную работу, сжимаясь – отрицательную. Работа, совершаемая внешними силами над газом:

$$A = -A'$$

поэтому сжимая газ, внешние силы совершают положительную работу, а расширяя газ – отрицательную.

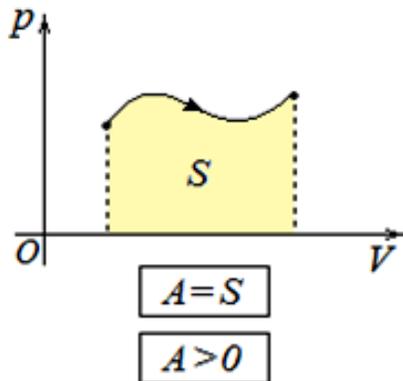


рис.1. Расширение газа

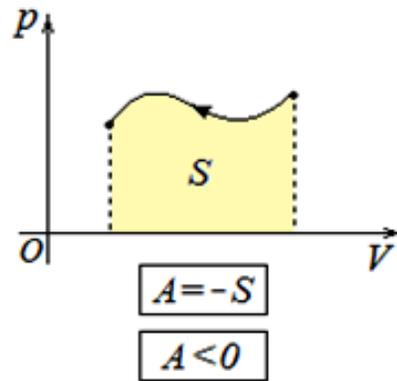


рис.2. Сжатие газа

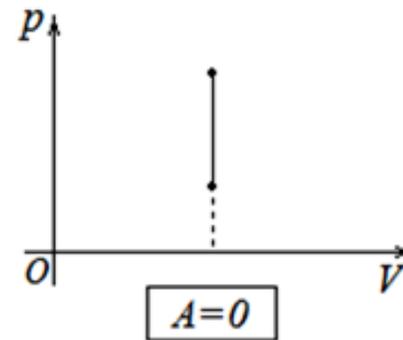
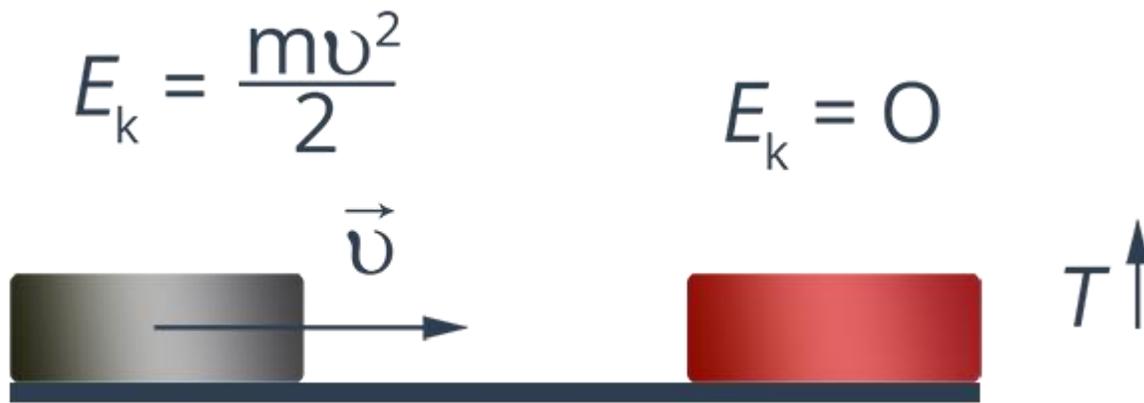


рис.3. Постоянный объем газа

# Первый закон термодинамики

**Первый закон термодинамики:** Закон сохранения и превращения энергии записанный для тепловых процессов и есть первый закон термодинамики. Иначе его можно сформулировать следующим образом: Количество теплоты, переданное термодинамической системе, идет на изменение внутренней энергии этой системы и совершение ей работы.

$$Q = \Delta U + A$$



# Первый закон термодинамики к изопроцессам

Первый закон термодинамики применительно к изобарному процессу:

$$Q = \Delta U + A$$

Первый закон термодинамики применительно к изохорному процессу:

$$Q = \Delta U$$

Первый закон термодинамики применительно к изотермическому процессу:

$$Q = A$$

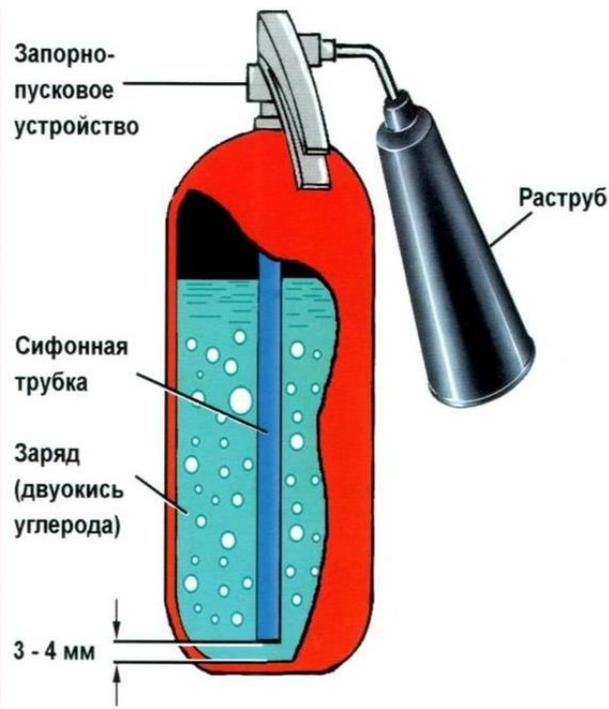
# Адиабатный процесс

Процесс изменения состояния термодинамической системы протекающий в теплоизолированной системе называется адиабатным. Применительно к адиабатному процессу первый закон термодинамики примет вид:

$$\Delta U = A'$$

Изменение внутренней энергии системы происходит за счет совершения над ней работы. При этом:

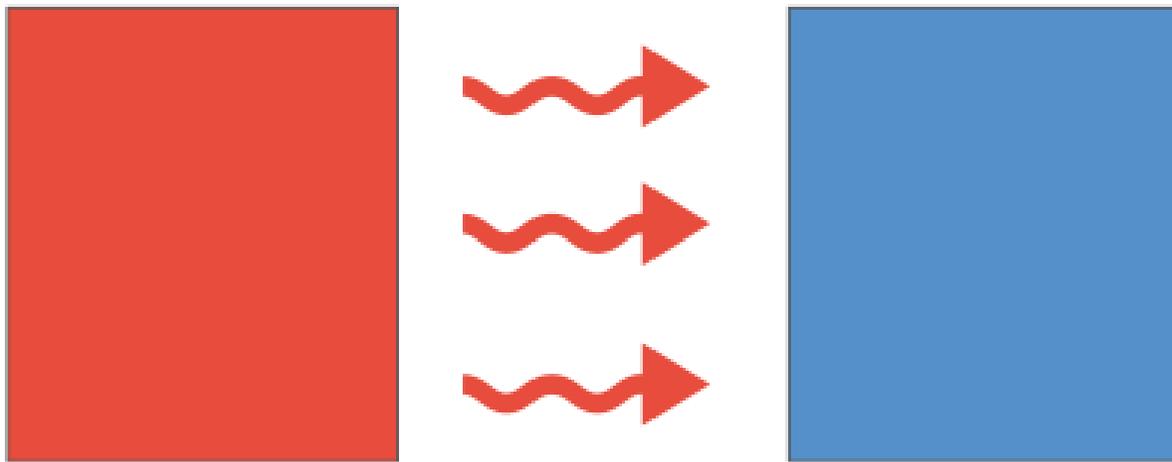
$$Q = 0$$



# Второй закон термодинамики

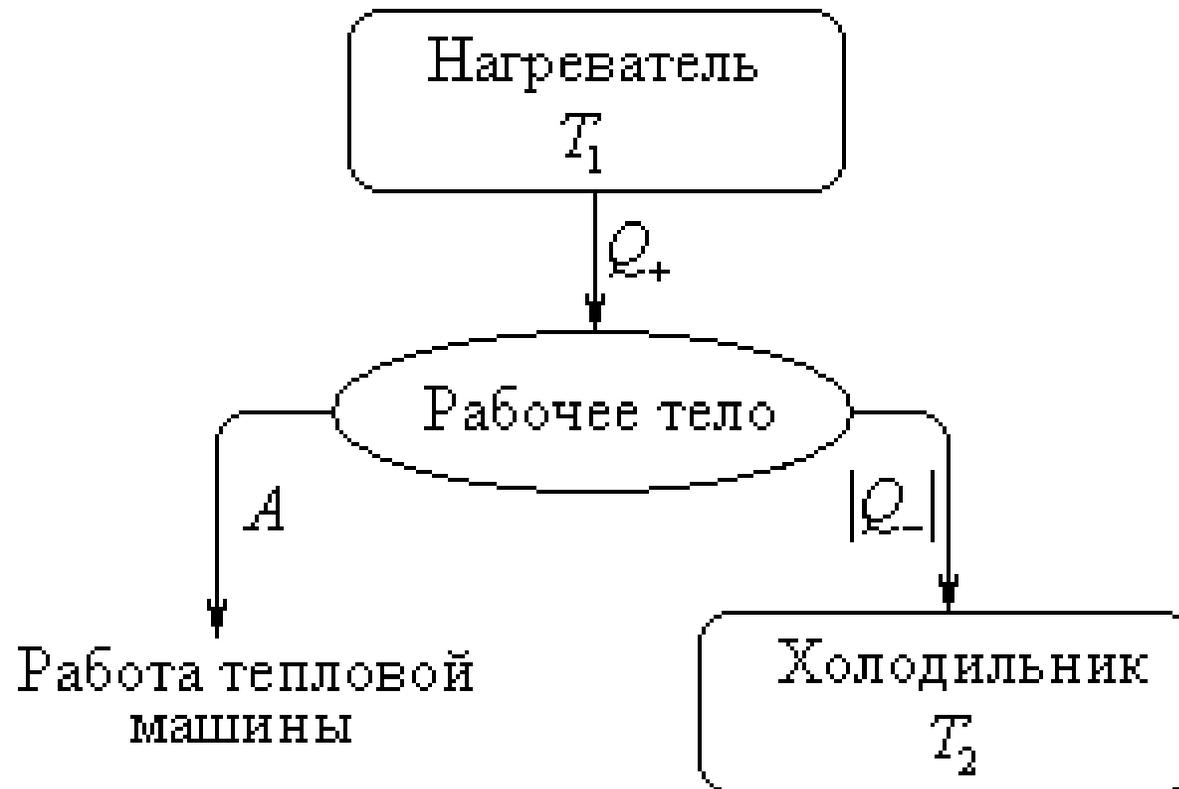
**Второй закон термодинамики:** Невозможно передать тепло от менее нагретого тела к более нагретому, без одновременных изменений в этих телах или окружающей среде.

Процесс – самопроизвольно протекающий только в одном направлении (диффузия, теплопроводность), называется необратимым.



# Тепловая машина

**Тепловая машина** – устройство, преобразующее внутреннюю энергию топлива в механическую работу.



# КПД тепловой машины

КПД тепловой машины показывает, какая часть от выделившейся энергии идет на совершение полезной работы:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%$$

где  $A_{\text{п}}$  – полезная работа,  $A_{\text{з}}$  – совершенная или затраченная работа. По закону сохранения энергии полезная работа равна разности количеств теплоты полученного от нагревателя и отданного холодильнику, а затраченная работа равна количеству теплоты, полученному от нагревателя:

$$A_{\text{п}} = Q_1 - Q_2 \qquad A_{\text{з}} = Q_1$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

# КПД идеальной тепловой машины

КПД идеальной тепловой машины рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$$

где  $T_1$  – температура нагревателя,  $T_2$  – температура холодильника.

Максимальный КПД идеальной тепловой машины составляет 62% (машина Карно).

