

Термодинамика

Термодинамика – раздел физики, изучающий соотношения и превращения теплоты и других форм энергии.

Термодинамика изучает:

1) переходы энергии из одной формы в другую, от одной части системы к другой;

2) энергетические эффекты, сопровождающие различные процессы, их зависимость от условия протекания процессов;

3) возможность, направление и пределы протекания самопроизвольного течения самих процессов.

Основатель ТЕРМОДИНАМИКИ – Сади Карно
(Франция – 1796-1832).

Термин ТЕРМОДИНАМИКА определен Томсоном (Англия - 1854)

- ▶ **Термодинамика базируется только на экспериментально обнаруженных объективных закономерностях, выраженных в двух основных началах термодинамики**

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ИЗОЛИРОВАННЫЕ

Не обмениваются с другими системами ни веществом ни энергией

СТАТИЧЕСКИЕ

При отсутствие взаимодействия параметры системы остаются неизменными

Любая совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют между собой и с внешними объектами посредством передачи энергии и вещества.

ОТКРЫТАЯ

Живой организм

Обменивается и энергией

ЗАКРЫТАЯ

Путь

не обменивается, но энергией

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

С окружающей средой веществом

Термодинамическое равновесие – состояние, в котором не происходит никаких изменений термодинамических параметров.

Термодинамический процесс – любое изменение происходящее в термодинамической системе.

Внутренняя энергия

- **Внутренняя энергия системы** – сумма кинетической и потенциальной энергии всех частиц (молекул, атомов и электронов и т.д), составляющих систему. Можно также определить внутреннюю энергию системы как её полную энергию за вычетом кинетической и потенциальной энергии системы как целого.

$$U = \frac{i}{2} \nu \cdot R \cdot T$$

где i – число степеней свободы молекулы идеального газа (это число независимых движений, в которых может участвовать молекула)

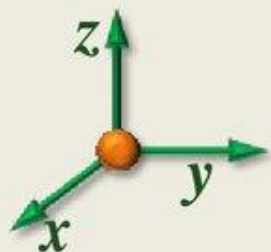
Изменение внутренней энергии идеального газа равно:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

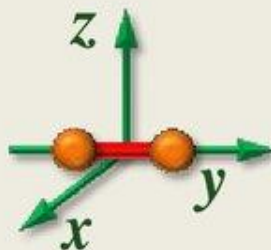
ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАВИСИТ ТОЛЬКО ОТ ЕЕ СОСТОЯНИЯ И ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЗНАЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ СОСТОЯНИЯ

Число степеней свободы молекулы

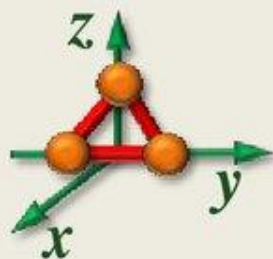
i — это количество независимых координат, необходимое для определения положения молекулы в пространстве.



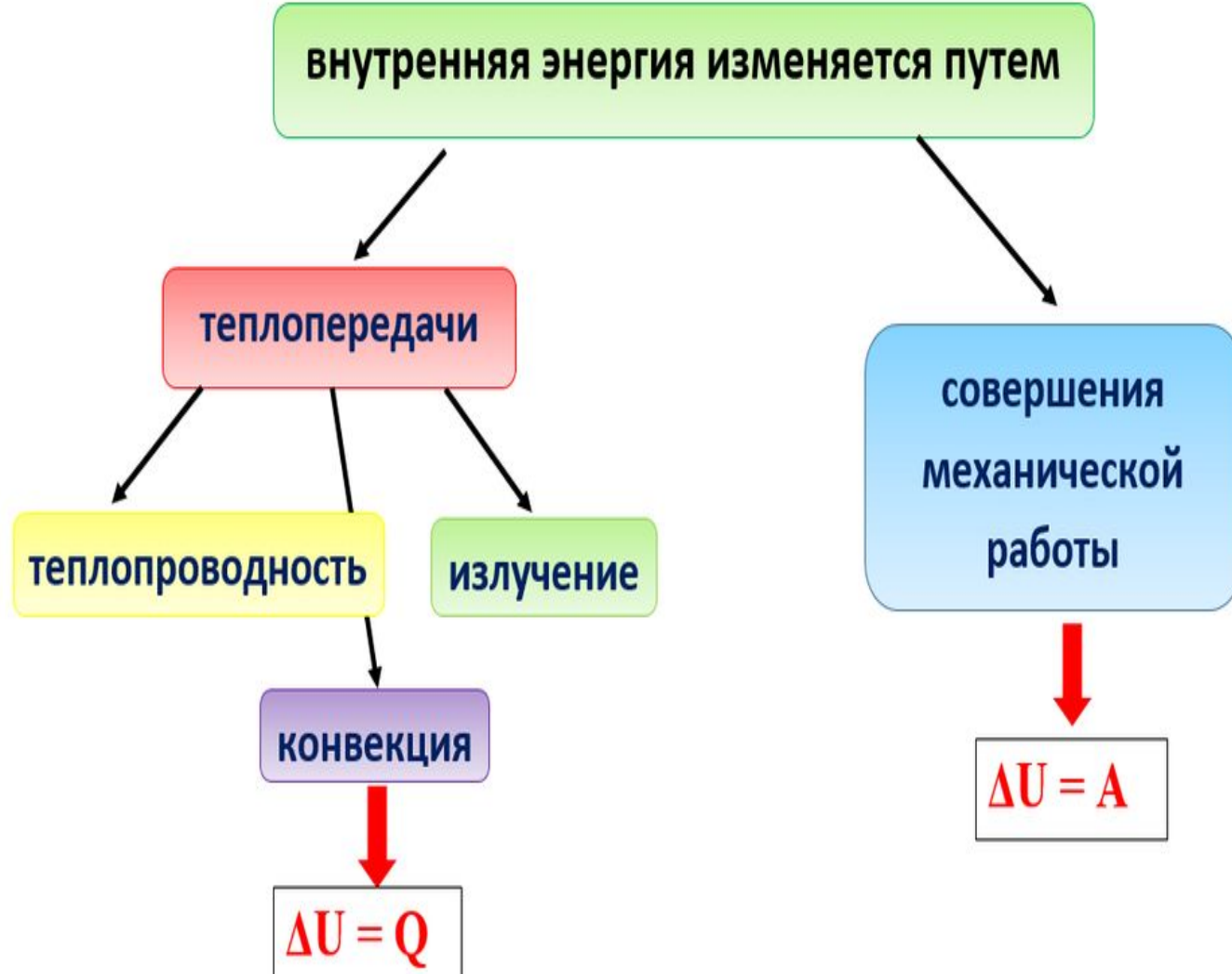
Одноатомный газ имеет молекулы, состоящие из одной материальной точки. Материальная точка обладает тремя степенями свободы ($i = 3$), так как может двигаться вдоль осей X, Y, Z .



Двухатомный газ имеет молекулы, состоящие из двух жестко связанных материальных точек и обладает пятью степенями свободы ($i = 5$): может двигаться вдоль осей X, Y, Z и вращаться вокруг осей X, Z .
(Относительно оси Y момент инерции молекулы равен нулю).



Многоатомный газ имеет молекулы, состоящие из трех и более жестко связанных между собой материальных точек. Такая молекула, как любое абсолютно твердое тело, обладает шестью степенями свободы ($i = 6$) — тремя поступательными и тремя вращательными.



* Конвекция – это вид теплопередачи, при котором передача энергии происходит при перемешивании неравномерно нагретых слоев жидкости или газа, под действием силы тяжести.

Теплопроводность – перенос энергии от более нагретых участков тела к более холодным за счёт теплового движения и взаимодействия ч а с т и ц т е л а.

Излучение – передача энергии электромагнитными волнами

Теплота и работа – два способа передачи энергии.

- **Теплота** – энергия передается за счет хаотического движения частиц.
 $q > 0$ – теплота поглощается системой – эндотермический процесс
 $q < 0$ – теплота выделяется из системы – экзотермический процесс
- **Работа** (A или W) – энергия передается за счет направленного движения макрообъектов.
 $A < 0$ – работа совершается внешними силами над системой
 $A > 0$ – работу совершает сама система

$$A = A_{\text{МЕХ}} + A_{\text{ПОЛ}}$$

$A_{\text{МЕХ}} = P\Delta V$ – механическая работа, т. е. работа расширения или сжатия газа

$A_{\text{ПОЛ}}$ – полезная работа (химическая, электрическая, магнитная, сил поверхностного натяжения и др.)

▶ Теплота и работа являются не видом энергии, а формой её передачи, они существуют лишь в процессе передачи энергии.

▶ В реальных условиях оба способа передачи энергии системе в форме работы и форме теплоты обычно сопутствуют друг другу.

Работа идеального газа.

$$\Delta A = F \Delta h = pS \Delta h = p \Delta V$$

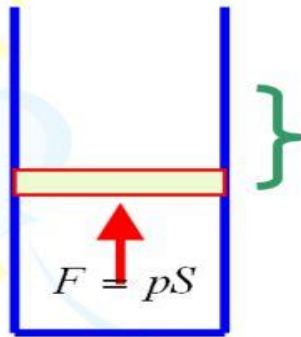
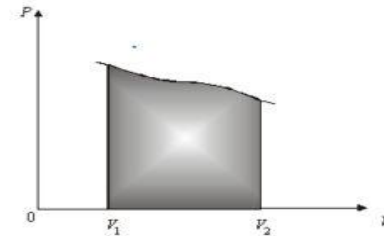
Если давление не меняется
то

$$A_{12} = p(V_2 - V_1)$$

Δh

В общем случае

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$



При совершении **работы А** против внешних сил (**макроскопическая форма** передачи энергии от упорядоченного поступательного движущегося потока большого числа частиц системы к частицам окружающей среды с созданием в ней аналогичного потока).

A > 0 система совершает работу расширения;

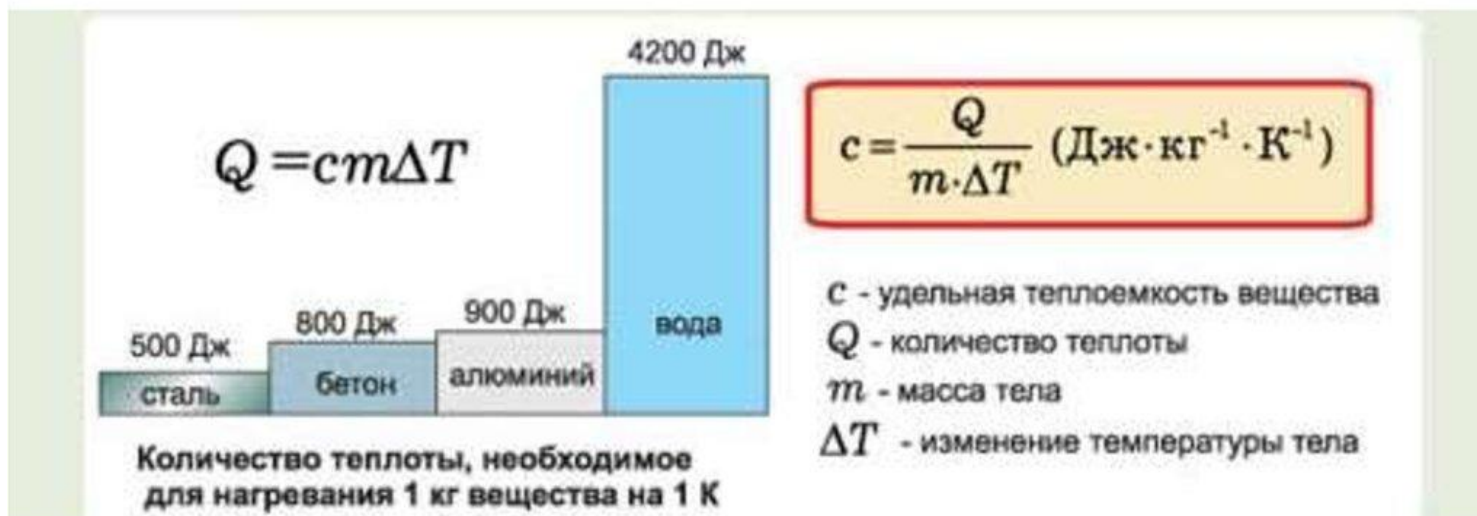
A < 0 окружающая среда совершает над системой работу сжатия.

В ТД рассматривается только механическая работа расширения или сжатия. При постоянном внешнем давлении:

Теплоемкость

- свойство материала поглощать теплоту при нагревании.

Удельная теплоемкость или коэффициент теплоёмкости это количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг материала на 1 град. Размерность удельной теплоемкости [Дж/(кг·К)].



● Теплоемкость :

$$C = \frac{Q}{\Delta T}, [C] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \right]$$

Физический смысл : если $\Delta T = 1\text{К}$
то C численно равна Q

C - это энергия , которую нужно сообщить телу, чтобы изменить T на 1К

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

уравнение теплового баланса

Q полученное > 0 , Q выделенное < 0

Согласно закону сохранения энергии алгебраическая сумма всех количеств теплоты равна нулю (все переданное количество теплоты равно по модулю всему полученному):

С учетом потерь на нагревание окружающей среды:

$$\eta Q_{\text{переданное}} = Q_{\text{полученное}},$$

где η - КПД нагревательного прибора.

$$\eta Q_{\text{переданное}} = Q_{\text{полученное}}$$

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и совершение работы над внешними телами.

$$Q = \Delta U + A$$

Первое начало термодинамики для изопроцессов

| Изотермический процесс | Изохорный процесс | Изобарный процесс |
|---|--|--|
| $T - \text{const}, \quad \Delta T = 0$ | $V - \text{const}, \quad \Delta V = 0$ | $P - \text{const},$ |
| $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 0$ | $A = P \Delta V = 0$ | $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $A = P \Delta V = \nu R \Delta T$ |
| $Q = A$ | $Q = \Delta U$ | $Q = \Delta U + A =$ $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ |

АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС

Процесс, происходящий без теплообмена с внешней средой. (Обычно отсутствие теплообмена обусловлено быстротой процесса: теплообмен не успевает произойти)

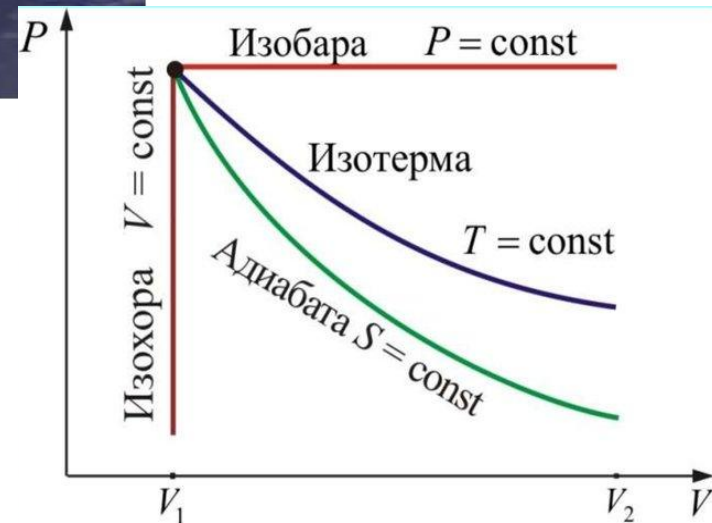
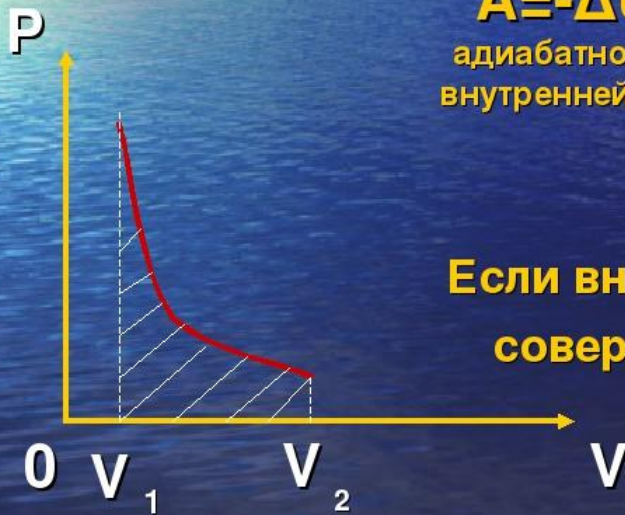
$$Q=0$$

$A=-\Delta U$ (работа совершается газом при адиабатном процессе за счет уменьшения его внутренней энергии, температура газа при этом будет понижаться)

$$\Delta U=-A$$

Если внешние силы сжимают газ, совершая над ним работу, то

$$\Delta U=A^*$$



политропном процессе.

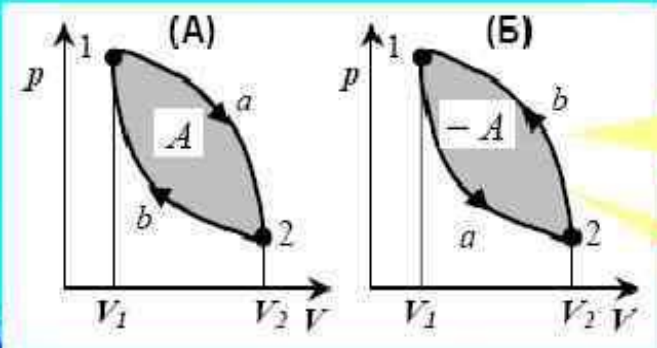
Реальные процессы, протекающие в природе, не являются строго изотермическими или адиабатными, так как невозможно ни осуществить полную термическую изоляцию, ни создать адиабатную оболочку, имеющую теплопроводность, равную нулю. Реальные процессы, являющиеся промежуточными между адиабатным и изотермическим процессами, называются **политропными**.

ОБРАТИМЫЙ И НЕОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕССЫ. ЦИКЛЫ.

Термодинамический процесс называется **обратимым**, если он может происходить как в прямом, так и в обратном *направлении*. Причем, если такой процесс происходит сначала в прямом, а затем в обратном направлении и система возвращается в исходное состояние, то в окружающей среде и в этой системе не происходит никаких изменений.

Всякий процесс, не удовлетворяющий этим условиям, является **необратимым**. Реальные процессы необратимы, в них всегда происходит диссипация (потеря) энергии (из-за трения, теплопроводности и т.д.).

Обратимые процессы — это физическая модель — *идеализация реальных процессов*.



Круговым процессом (или **циклом**) называется процесс, при котором система, пройдя через ряд состояний, возвращается в исходное состояние.

Работа за цикл A определяется площадью, охватываемой замкнутой кривой:

$$A = A_1 + A_2$$

Равновесное состояние — это состояние, при котором температура и давление во всех точках системы одинаковы.

Обратимый процесс должен протекать очень медленно, чтобы каждое промежуточное состояние было равновесным.

Принцип работы тепловой машины



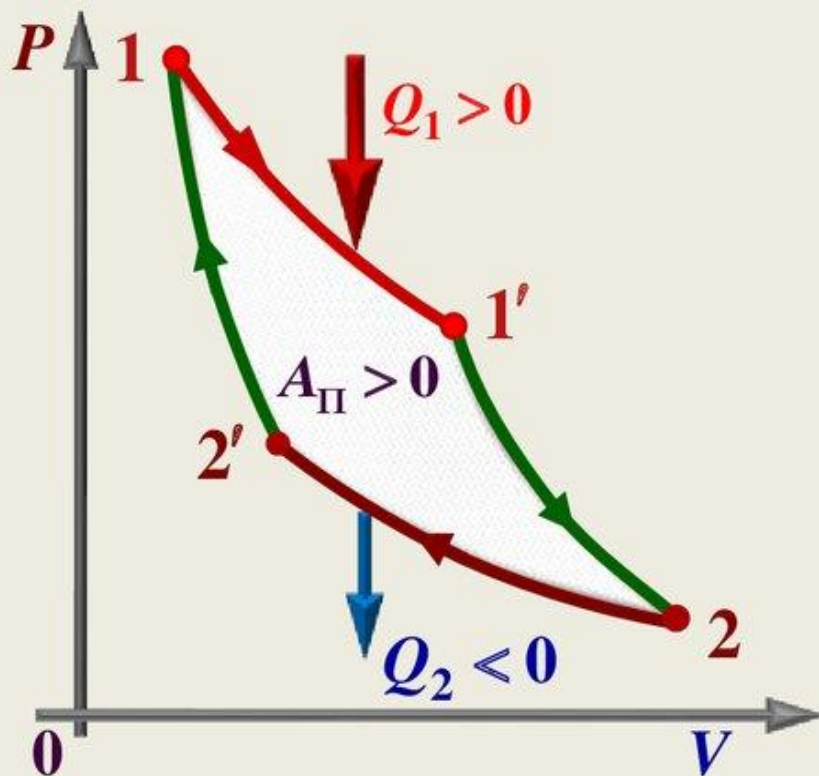
КПД тепловой машины

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

КПД идеальной тепловой машины

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Идеальный тепловой двигатель. Цикл Карно.



КАРНО Никола Леонард Сади (1796 - 1832)

Для построения рабочего цикла идеального теплового двигателя используют обратимые процессы.

Например, *цикл Карно* состоит из двух изотерм ($1-1'$, $2-2'$) и двух адиабат ($1'-2$, $2'-1$), в которых теплота и изменение внутренней энергии полностью превращаются в работу.

КПД теплового двигателя

**Коэффициент
полезного действия
Отношение работы
газа к количеству
теплоты,
полученного от
нагревателя,
выраженное в %**

$$\eta = \frac{\dot{A}}{Q_1} \cdot 100\%$$

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

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

**Способы повышения КПД
двигателя - важнейшая
техническая задача.**

- 1. Повысить температуру нагревателя T_1**
- 2. Уменьшить трение частей двигателя.**
- 3. Уменьшить потери топлива вследствие его неполного сгорания.**

Второе начало термодинамики

Первое начало термодинамики не дает ответы на вопрос в каком направлении и до какого предела будет протекать процесс, связанный с превращением энергии

Имеются различные формулировки второго закона:

1. Теплота не может самопроизвольно переходить от менее нагретого тела к более нагретому телу .
2. Невозможен периодический процесс, единственным результатом которого является превращение теплоты в работу.
3. Невозможен вечный двигатель второго рода все действия, которого сводятся к производству работы и охлаждения теплоисточника