

Основы термодинамики

Термодинамика – это теория тепловых явлений, в которой не учитывается атомарно-молекулярное строение вещества.

Внутренняя энергия тела U – это сумма потенциальной энергии составляющих тело частиц, и кинетической энергии их хаотического теплового движения.

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа U равна сумме кинетической энергии его молекул.

$$U = \frac{3}{2} \overline{m} RT = \frac{3}{2} \overline{V} RT$$

Внутренняя энергия тел **зависит** от температуры, массы и агрегатного состояния. С ростом температуры внутренняя энергия увеличивается. Наибольшая внутренняя энергия у вещества в газообразном состоянии, наименьшая – в твердом.

Внутренняя энергия **идеального газа** прямо пропорциональна его температуре, а от объема не зависит (молекулы идеального газа не взаимодействуют друг с другом)

$$U = \frac{i}{2} \nu RT.$$

Коэффициент i – число степеней свободы молекулы. Число степеней свободы равно числу возможных движений частицы. Если газ одноатомный, то $i = 3$. Если газ двухатомный, то $i = 5$.

Если газ трех атомный или состоит из большего числа атомов, то $i = 6$.

Способы изменения внутренней энергии тела:

- 1) посредством теплопередачи Q (*теплопроводность, конвекция, излучение*);
- 2) совершение над телом работы $A_{\text{внеш.}}$.

Теплопередача – самопроизвольный необратимый процесс переноса энергии от более нагретых тел или участков тела к менее нагретым.

Теплопроводность – свойство материала передавать теплоту через свою толщу от одной поверхности к другой, если эти поверхности имеют разную температуру.

Конвекция – вид теплопередачи, при котором передача тепла осуществляется переносом вещества.

Излучение – вид теплопередачи, осуществляемый посредством электромагнитных волн, излучаемых нагретыми телами.

Работа газа в термодинамике

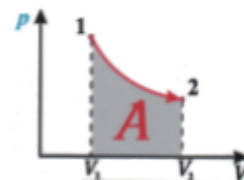
$A > 0$, газ совершает работу (он расширяется и охлаждается).

$A < 0$, над газом совершают работу (его сжимают, и он нагревается)

$A = 0$, объем газа не изменяется, то работа газа равна нулю (при изохорном процессе).

Работу газа можно вычислить:

1. Работа газа A при изобарном процессе равна произведению давления $A_{\text{газа}} = p\Delta V$ газа на изменение его объема;
2. Работа газа при произвольном процессе равна площади фигуры под графиком процесса.
3. Из первого закона термодинамики.



Количество теплоты Q (Дж) – энергия, которую тело получает или отдает в результате теплопередачи.

Количество теплоты, полученное телом при **нагревании** ($Q > 0$) или отданное при **охлаждении** ($Q < 0$):

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

Удельная теплоемкость вещества c – это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимого для изменения температуры 1 кг вещества на 1°C (1K), Дж/(кг·K).

Количество теплоты, полученное телом при **плавлении** ($Q > 0$) или отданное при **кристаллизации** ($Q < 0$)

$$Q = \lambda m$$

Удельная теплота плавления λ – это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимого для расплавления 1 кг вещества при температуре плавления, Дж/кг.

Температура кристаллизации равна температуре плавления.

При плавлении (кристаллизации) кристаллических тел их **температура** в течении всего процесса **не меняется**.

Количество теплоты, полученное телом при **парообразовании** ($Q > 0$) или отданное при **конденсации** ($Q < 0$):

$$Q = Lm$$

Удельная теплота парообразования L - это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимого для перевода 1 кг жидкости в пар при температуре кипения, Дж/кг.

Парообразование – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (в пар).

Испарение - парообразование, происходящее с поверхности жидкости. Жидкости испаряются при любой температуре.

Скорость испарения жидкости зависит от: температуры, рода жидкости, площади поверхности и плотности паров над поверхностью жидкости. Так как поверхность жидкости покидают молекулы с наибольшей скоростью (соответственно и кинетической энергией), то в результате испарения температура жидкости уменьшается.

Конденсация – это процесс, обратный процессу испарения. При конденсации молекулы пара возвращаются в жидкость.

Кипением - процесс интенсивного парообразования, происходящий по всему объему жидкости.

В жидкости всегда имеются мельчайшие пузырьки пара. **Пар внутри пузырька является насыщенным.**

Кипение жидкости **начинается** при такой **температуре**, при которой давление ее насыщенных паров становится равным внешнему давлению.

В **герметически закрытом сосуде** жидкость **кипеть не может**, т. к. при каждом значении температуры устанавливается равновесие между жидкостью и ее насыщенным паром.

Количество теплоты, выделяющейся при **сгорании** топлива:

$$Q = qm$$

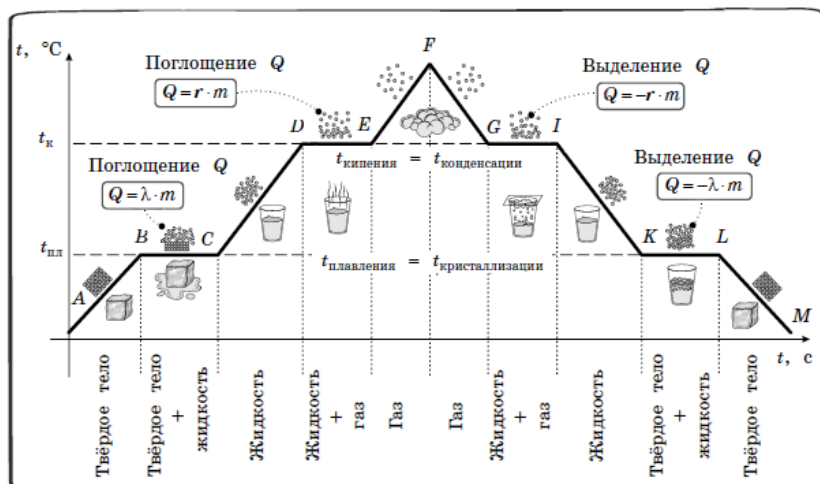
Удельная теплота сгорания q - это физическая величина, равная количеству теплоты, выделяющейся при сгорании 1 кг топлива, Дж/кг.

Уравнение теплового баланса: количество теплоты Q_1 , полученного одними телами в

$$Q_1 = Q_2$$

теплоизолированной системе равно количеству теплоты Q_2 , отданного другими телами системы.

Если система тел является **теплоизолированной**, то ее внутренняя энергия не будет изменяться несмотря на изменения, происходящие внутри системы. Если $A = 0$, $Q = 0$, то и $\Delta U = 0$.



Вещество первоначально находится в твердом состоянии.

AB – нагревание твердого тела (t – увел., $Q > 0$, U – увел.)

BC – плавление (t – не изм., $Q > 0$, U – увел.)

CD – нагревание жидкости (t – увел., $Q > 0$, U – увел.)

DE – кипение жидкости (t – не изм., $Q > 0$, U – увел.)

EF – нагревание (газа) пара (t – увел., $Q > 0$, U – увел.)

FG – охлаждение, остывание (газа) пара (t – умен., $Q < 0$, U – умен.)

GI – конденсация пара (t – не изм., $Q < 0$, U – умен.)

IK – охлаждение жидкости (t – умен., $Q < 0$, U – умен.)

KL – кристаллизация (отвердевание) (t – не изм., $Q < 0$, U – умен.)

LM – охлаждение твердого тела (t – умен., $Q < 0$, U – умен.)

Первое начало термодинамики:

1) изменение внутренней энергии тела равно сумме количества теплоты, переданного телу, и работы, совершенной над телом;

$$\Delta U = Q + A_{\text{внеш}}$$

2) количество теплоты, переданное термодинамической системе, идет на изменение внутренней энергии системы и совершение системой работы.

$$Q = \Delta U + A_{\text{сист}}$$

Если система изолирована и над ней не совершается работа и нет теплообмена с внешними телами, то в этом случае внутренняя энергия не изменяется. Если к системе не поступает теплота, то работа системой может совершаться

только за счет уменьшения внутренней энергии.

Применение первого начала термодинамики к изопроцессам:

Изотермический процесс, $T = const$	Изохорный процесс, $V = const$	Изобарный процесс, $p = const$	Адиабатический процесс, $Q = 0$
$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = A_{газа}$	$A_{газа} = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$	$Q = \Delta U + A_{газа}$	$A_{газа} = -\Delta U$

Адиабатный процесс – процесс, который происходит без теплопередачи ($Q = 0$). При адиабатном процессе газ совершает работу за счет своей внутренней энергии (при этом газ охлаждается). Если над газом совершать работу, то его внутренняя энергия увеличивается (газ нагревается).

Второе начало термодинамики: невозможно перевести тепло от более холодной системы к более горячей при отсутствии одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах.

Работа теплового двигателя A равна разности количества теплоты, полученного телом от нагревателя Q_1 , и количества теплоты, переданному холодильнику Q_2 : $A = Q_1 - Q_2$

КПД теплового двигателя:

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

КПД идеального теплового двигателя:

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

T_1 – температура нагревателя, T_2 – температура холодильника.

Из формулы КПД следуют выводы:

1. для повышения КПД тепловой машины нужно увеличить температуру нагревателя и уменьшить температуру холодильника;
2. КПД тепловой машины всегда меньше 1 (меньше 100%).