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.

$$U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT = \frac{3}{2}\nu RT$$

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 $i = 6$.

<u>Способы изменения внутренней энергии</u> тела:

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

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

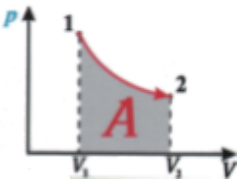
Теплопроводность - свойство материала передавать теплоту через свою толщу от одной поверхности к другой, если эти поверхности имеют разную температуру.

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 газа на изменение его объема: $A_{газа} = p\Delta V$
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 **<u>нагревании</u>** ($Q > 0$) или отданное при **<u>охлаждении</u>** ($Q < 0$):

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

Удельная теплоемкость вещества *c* – это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимого для изменения температуры 1 кг вещества на 1^0С (1К), Дж/(кг·К).

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

$$Q = \lambda m$$

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 **<u>парообразовании</u>** ($Q > 0$) **или** отданное при **<u>конденсации</u>** ($Q < 0$)**:**

$$Q = Lm$$

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 **температур**е, при которой давление ее насыщенных паров становится равным внешнему давлению.

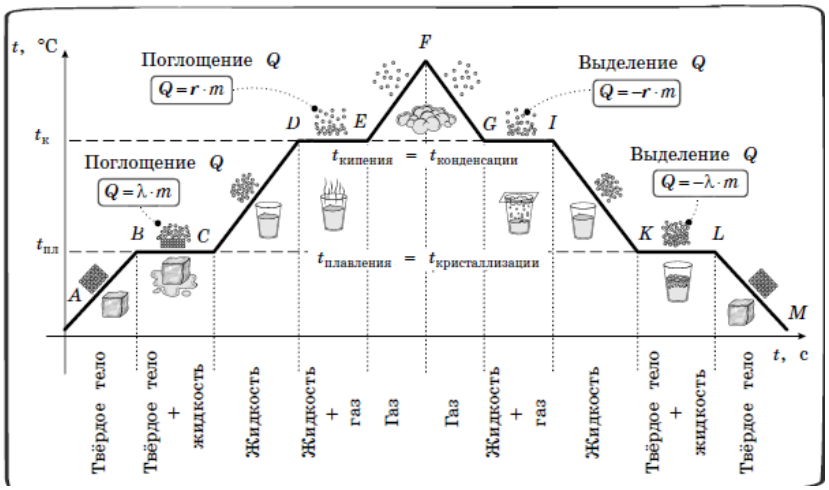
В **герметически закрытом сосуде** жидкость **кипеть не может**, т. к. при каждом значении температуры устанавливается равновесие между жидкостью и ее насыщенным паром.

Количество теплоты, выделяющейся при **сгорании** топлива: $\boxed{Q = qm}$

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 теплоизолированной системе равно количество теплоты Q_2, отданного другими телами системы. $\boxed{Q_1 = Q_2}$

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 ΔU = 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., > 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; $\boxed{\Delta U = Q + A_{внеш}}$

2) количество теплоты, переданное термодинамической системе, идет на изменение внутренней энергии системы и совершение системой работы. $\boxed{Q = \Delta U + A_{газа}}$

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,** $Q = 0$
$\Delta U = 0 \quad \Rightarrow \quad Q = A_{газа}$	$A_{газа} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q = \Delta U$	$Q = \Delta U + A_{газа}$	$A_{газа} = -\Delta U$

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 $\boldsymbol{Q_1}$, и количества теплоты, переданному холодильнику $\boldsymbol{Q_2}$: $A = Q1 - Q2$

КПД теплового двигателя: $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

КПД идеального теплового двигателя: $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$\boldsymbol{T_1}$ – температура нагревателя, $\boldsymbol{T_2}$ – 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%).