

ТЕРМОДИНАМИКА

Внутренняя энергия

Внутренняя энергия – это сумма кинетической энергии теплового движения частиц тела и потенциальной энергии их взаимодействия друг с другом. Обозначение – U , единица измерения – Джоуль (Дж).

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. ного пара при той же температуре.

$$U = \frac{i}{2} \nu RT. \quad \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T.$$

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 $i=6$.

Работа газа в термодинамике

Если газ **расширяется**, то газ совершает работу ($A>0$).

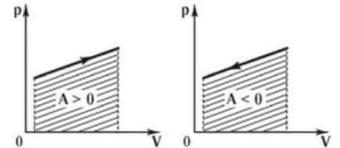
Если газ **сжимают**, то над ним совершают работу ($A<0$).

Если **объем газа не изменяется**, то работа газа равна нулю ($A=0$).

Работу газа можно вычислить:

1. В **изобарном** процессе: $A=p\Delta V$.

2. Как **площадь фигуры под графиком зависимости давления от объема в координатных осях (p,V)**, ограниченная графиком, осью V и перпендикулярами, проведенными из точек начального и конечного значений объема.



Количество теплоты

Нагревание (охлаждение):

$$Q = \pm cm\Delta t.$$

Плавление (кристаллизация, отвердевание):

$$Q = \pm \lambda m.$$

Парообразование (конденсация):

$$Q = \pm Lm.$$

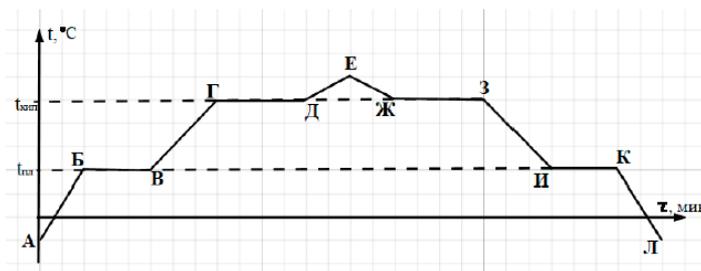
Уравнение теплового баланса

При любых процессах, происходящих в теплоизолированной системе, ее внутренняя энергия не изменяется (закон сохранения внутренней энергии).

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

Графики тепловых процессов

Вещество первоначально находится в твердом состоянии.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Первый закон термодинамики

Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q.$$

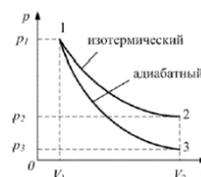
Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и совершение системой работы над внешними телами (совершением газом работы)

$$Q = \Delta U + A$$

Адиабатный процесс – процесс, который происходит без теплопередачи ($Q=0$).

$$\Delta U + A = 0 \Rightarrow A = -\Delta U.$$

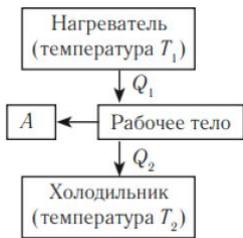
При адиабатном процессе газ совершает работу за счет своей внутренней энергии (при этом газ охлаждается). Если над газом совершать работу, то его внутренняя энергия увеличивается (газ нагревается).



Первый закон термодинамики для изопроцессов

Процесс	Работа газа, изменение внутренней энергии	Первый закон термодинамики	Физический смысл
Изотермический	$T = const$ $\Delta U = 0$	$Q = A$	Все переданное газу тепло идет на совершение работы
Изобарный		$Q = \Delta U + A$	Подводимое к газу тепло идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение газом работы
Изохорный	$V = const$ $A = 0$	$Q = \Delta U$	Внутренняя энергия газа увеличивается за счет подводимого тепла
Адиабатный	$Q = 0$	$\Delta U + A = 0$ $A = -\Delta U$	Внутренняя энергия газа уменьшается за счет совершения газом работы

Тепловые двигатели



$$A_{\text{п}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}.$$

$$A_{\text{п}} = N \cdot t.$$

$$Q_{\text{н}} = qm,$$

КПД тепловой машины

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}\right) \cdot 100\%$$

КПД цикла Карно

$$\eta = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}} \cdot 100\%$$