

Внутренняя энергия макроскопической СИСТЕМЫ.

Тепловое равновесие

- Цели урока: повторить первое начало термодинамики и рассмотреть понятие внутренней энергии и способы ее изменения.

Внутренняя энергия макроскопической системы

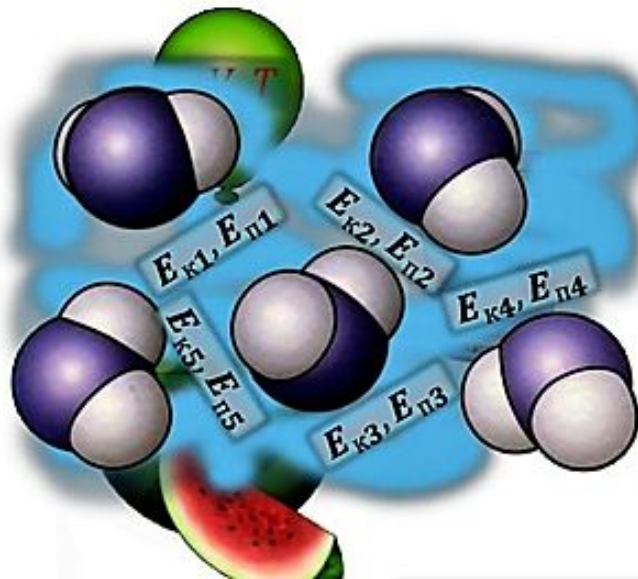
Термодинамика и внутренняя энергия

Термодинамика — это наука, изучающая тепловые явления без учёта молекулярного строения тел.

Внутренняя энергия тела — это суммарная потенциальная и кинетическая энергия всех частиц, входящих в тело.

$$U = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$$

$$[U] = [\text{Дж}]$$



- *Внутренней энергией* макроскопической системы называют сумму кинетической энергии движения составляющих его частиц (молекул, атомов, ионов) и потенциальной энергии их взаимодействия. Обозначают внутреннюю энергию буквой U . Единицей внутренней энергии является джоуль (Дж).
- Внутренняя энергия, так же как температура, давление и объём (термодинамические параметры), характеризует состояние системы. При изменении состояния системы изменяется и значение её внутренней энергии.

От чего зависит внутренняя энергия тела

- Так как температура тела прямо пропорциональна средней кинетической энергии составляющих его частиц, то внутренняя энергия тела зависит от его *температуры* и об изменении внутренней энергии можно судить по изменению температуры тела.
- Внутренняя энергия тела зависит и от его *агрегатного состояния*. Так, она больше у стоградусного пара, чем у воды такой же массы при той же температуре, что объясняется различием потенциальных энергий взаимодействия молекул пара и воды.
- Внутренняя энергия зависит и от *деформации тела*: она больше у деформированного тела, чем у недеформированного.
- Следует иметь в виду, что внутренняя энергия тела **не зависит** от его движения как целого и от его положения в пространстве. Так, значения внутренней энергии у шарика, лежащего на полу, и у того же шарика, поднятого на некоторую высоту, одинаковы при одинаковых прочих условиях.

СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ

- Из курса физики основной школы вы знаете, что внутреннюю энергию макроскопической системы можно изменить в процессе совершения работы или путём теплопередачи.
- Внутреннюю энергию можно изменить, не совершая работу. Например, внутренняя энергия воздуха в комнате и всех предметов, находящихся в ней, будет увеличиваться, если при закрытых окнах и дверях включить батареи центрального отопления или затопить печь. Если опустить в горячую воду ложку, то температура ложки повысится, а воды понизится. В этом случае изменение внутренней энергии макроскопических тел происходит без совершения работы в процессе *теплопередачи (теплообмена)*.
- **Теплопередачей** называют способ изменения внутренней энергии тела, при котором происходит передача энергии от одной части тела к другой или от одного тела к другому без совершения работы.
- При теплопередаче не происходит превращения энергии из одной формы в другую, как при совершении работы. Этот процесс характеризуется передачей внутренней энергии от более нагретого тела к менее нагретому.



Как вам известно, существует три вида теплопередачи: теплопроводность, конвекция и излучение.

- **Теплопроводность** — это процесс переноса внутренней энергии от более нагретых частей тела (или тел) к менее нагретым, осуществляемый хаотически движущимися частицами (атомами, молекулами, электронами и т. п.). Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передается либо другому телу при их взаимодействии, либо из более нагретых областей тела к менее нагретым областям.
- **Конвекция** — это явление переноса теплоты в жидкостях или газах (реже — в сыпучих твердых веществах) потоками вещества. **Естественная конвекция** возникает самопроизвольно при неравномерном нагревании вещества. Например, если на кухонной плите долго готовится пища, температура воздуха под потолком становится значительно выше, чем вблизи пола. Нагретый воздух — легкий, поэтому он поднимается вверх, а верхние слои более холодные, тяжелые, поэтому они опускаются вниз, после чего процесс повторяется снова и снова. Конвекцией обусловлены многие атмосферные явления, в том числе образование облаков. При **принудительной конвекции** перемещение вещества происходит под действием каких-то внешних сил (насоса, лопастей вентилятора и т.п.). Она применяется, когда естественная конвекция недостаточно эффективна. Система охлаждения двигателя автомобиля — пример теплопередачи за счет принудительной конвекции.
- **Тепловое излучение**, или **лучеиспускание**, — это передача энергии от одних тел к другим в виде электромагнитных волн за счет их тепловой энергии. Тепловое излучение в основном приходится на инфракрасный участок спектра. Примером теплового излучения является свет от лампы накаливания.

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ ВЕЩЕСТВА

- Мерой изменения внутренней энергии в процессе теплопередачи является **количество теплоты**. Количество теплоты обозначается буквой Q , единица количества теплоты — джоуль.
- Количество теплоты Q , полученное или отданное телом массой m в процессе теплопередачи, рассчитывается по формуле: $Q = cm(t_2 - t_1)$,
- где c — удельная теплоёмкость вещества, t_1 — начальная температура тела, t_2 — конечная температура тела.
- Как следует из приведённой формулы, если тело в процессе теплопередачи получает энергию, то $t_2 > t_1$ и $Q > 0$; если тело отдаёт энергию, то $t_2 < t_1$ и $Q < 0$.

ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

- Ежедневно вы имеете дело с телами, находящимися в различных состояниях, которые характеризуются определёнными параметрами. Например, макроскопические системы — кусок льда, принесённый в комнату зимой, и воздух в комнате — имеют разную температуру. Через некоторое время в результате теплообмена температура льда повысится, а воздуха несколько понизится, лёд растает, образовавшаяся вода нагреется и её температура станет равной температуре воздуха в комнате. Говорят, что между водой и воздухом в комнате установилось *тепловое* или *термодинамическое равновесие*, а эти макроскопические системы в данном случае представляют собой термодинамическую систему.
- **Термодинамическая система** — это совокупность макроскопических систем, которые могут обмениваться энергией между собой и с внешними телами.



- Термодинамические системы бывают трех типов: изолированные, закрытые и открытые.
- **Изолированная** термодинамическая система не может обмениваться с окружающей средой ни энергией, ни веществом. Примером такой системы может служить термос с закрытой крышкой.
- Для **закрытой** термодинамической системы обмен энергией с окружающей средой возможен, а вот вещества ни покинуть систему, ни быть добавленными к ней не могут. Примером такой системы может служить закрытая бутылка с минеральной водой. Мы можем охладить содержимое в холодильнике, но при закрытой крышке ни выпустить газ, ни добавить в бутылку что-либо не получится.
- Наконец, **открытая** система может обмениваться с окружающей средой и веществом, и энергией. Любой живой организм — это открытая термодинамическая система.
- Теплоизолированная термодинамическая система с течением времени всегда приходит в равновесное состояние и самопроизвольно выйти из него не может. Это утверждение составляет сущность **закона термодинамического равновесия**.

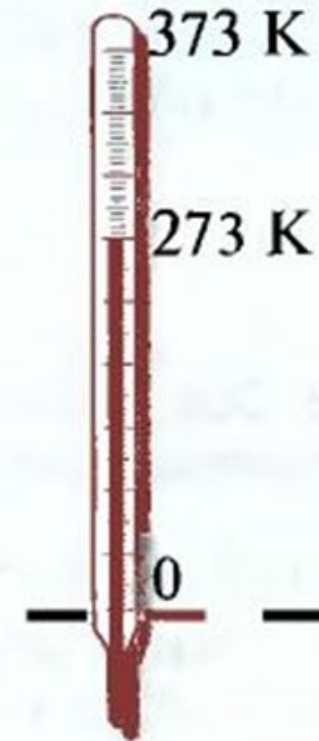
Состояние системы может
быть *равновесным* и
неравновесным

- **Равновесное состояние** характеризуется неизменностью во времени всех термодинамических параметров состояния теплоизолированной системы.
- Например, если стакан с горячей водой оставить в комнате, то через некоторое время стакан и вода в нём придут в состояние термодинамического равновесия с воздухом и предметами, находящимися в комнате. При этом температура, давление и объём будут оставаться неизменными сколь угодно долго при отсутствии внешних воздействий.
- Если система находится в **неравновесном состоянии**, то, предоставленная самой себе, с течением времени она придёт в равновесное состояние.
- *Напомним, что количество теплоты, которое нужно сообщить 1 кг вещества, чтобы повысить его температуру на 1 °С, равно удельной теплоёмкости вещества. Такое же количество теплоты отдаст 1 кг вещества при понижении его температуры на 1 °С.*

ТЕМПЕРАТУРА

- **Температура** — параметр, характеризующий состояние термодинамического равновесия, её значение во всех частях равновесной системы одинаково.
- Сложность измерения температуры заключается в том, что её нельзя сравнить с эталоном, как, например, массу или длину. Поэтому используют зависимость от температуры физических свойств тел: объёма, давления, электрического сопротивления и т. п. Первой для измерения температуры была использована зависимость объёма жидкости от температуры. Эта зависимость легла в основу построения шкалы Цельсия, в которой за 0° принимают точку замёрзания воды, а за 100° точку кипения воды при атмосферном давлении. Термометром со шкалой Цельсия измеряют температуру человека.
- Другой температурной шкалой является шкала Кельвина, в которой температура отсчитывается от абсолютного нуля.
- **Абсолютный нуль** — это такая температура, при которой прекращается тепловое движение частиц, составляющих тело. Состояния с температурой, равной абсолютному нулю, достичь нельзя, поскольку тепловое движение молекул невозможно прекратить. Сравнить шкалы Цельсия и термодинамическую можно.
- **Абсолютному нулю соответствуют** $-273,15^\circ\text{C}$, температуре таяния льда $273,15\text{ K}$, температуре кипения воды $373,15\text{ K}$, а $1^\circ\text{C} = 1\text{ K}$.

Шкала
Кельвина



Шкала
Цельсия



Выполните задания

- М** 1. Оформите таблицу «Способы изменения внутренней энергии тела».

Способ изменения внутренней энергии тела	Примеры	Физическая сущность процесса
Теплопередача		
Совершение работы		

М 2. Оформите таблицу «Способы теплопередачи».

Способ теплопередачи	Примеры	Физическая сущность процесса

3. Соотнесите преимущественный способ теплопередачи и процесс.

Процесс	Способ теплопередачи
1. Теплопроводность	А. Свечение нити лампочки накаливания
2. Конвекция	Б. Образование пассатов, муссонов, бризов
3. Излучение	В. Нагревание помещения батареями
	Г. Образование тяги в промышленных печах
	Д. Сохранение температуры жидкости в термосе
	Е. Измерение температуры градусником

Ответ:

- 4. Какова оптимальная температура тела человека в кельвинах? Воздуха на улице в момент выполнения домашнего задания?**
