

Внутренняя энергия. Температура

Закон сохранения энергии

Потенциальная энергия шара E_p
превратилась
в кинетическую энергию шара E_k ;

механическая энергия шара

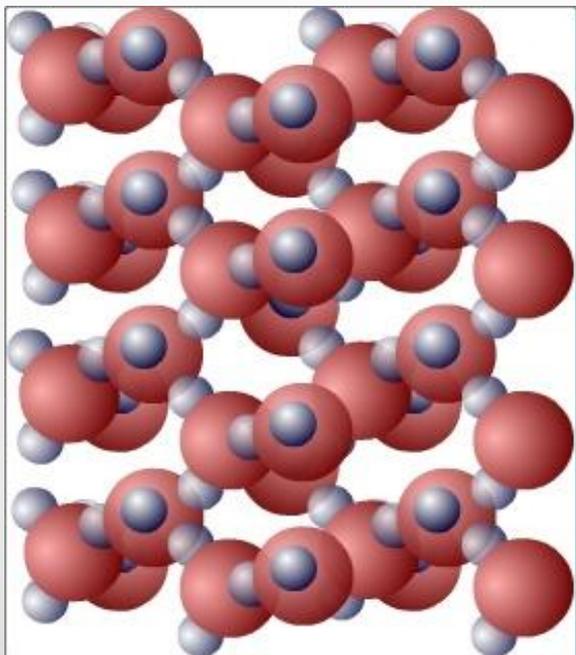
$$E = E_p + E_k$$

превратилась
во внутреннюю энергию шара $E_{вн}$

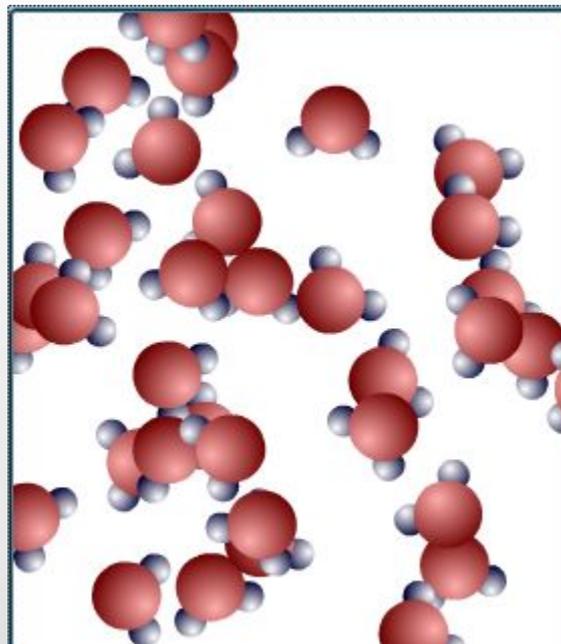

$$E_p = 0, E_k = 0 \quad ?$$

Основные положения МКТ

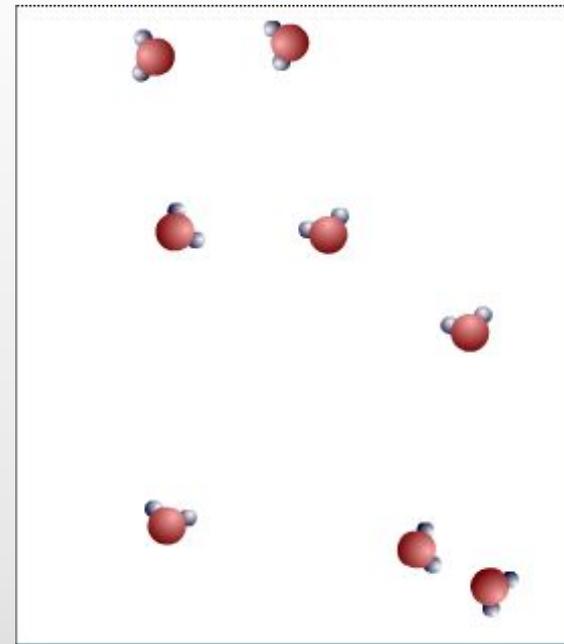
- **Молекулярно-кинетической теорией** называют учение о строении и свойствах вещества на основе представления о существовании атомов и молекул как наименьших частиц химического вещества.
- **Основные положения МКТ:**
 1. **Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул, которые сами состоят из атомов.**
 2. **Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.**
 3. **Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу (притягиваются и отталкиваются).**



В **твердых телах** молекулы совершают **беспорядочные колебания около фиксированных центров** (положений равновесия).



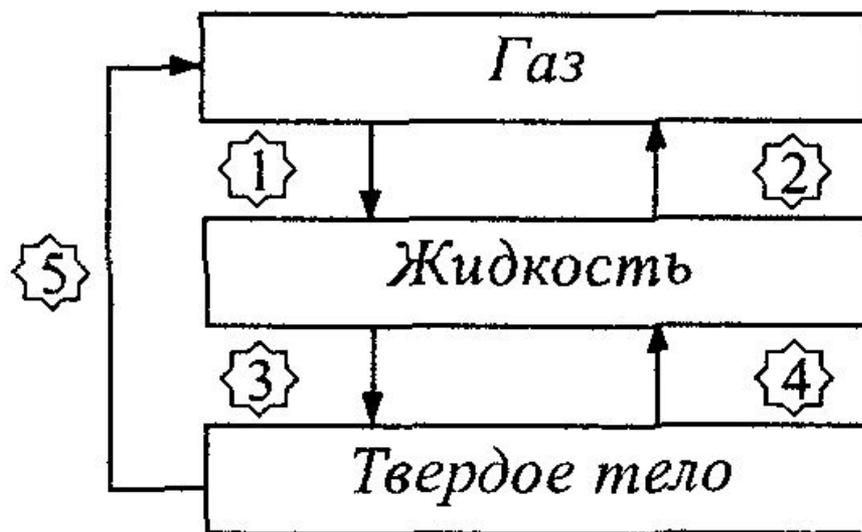
В **жидкостях** молекулы имеют значительно **большую свободу** для теплового движения. Они не привязаны к определенным центрам и **могут перемещаться по всему объему** жидкости. Этим объясняется **текучесть** жидкостей.



В **газах** расстояния между молекулами обычно значительно больше их размеров, каждая молекула движется вдоль прямой линии до очередного **столкновения с другой молекулой** или со стенкой сосуда.

Фазы вещества и тепловые процессы

1. Конденсация.
2. Испарение.
3. Кристаллизация, или отвердевание.
4. Плавление.
5. Сублимация.



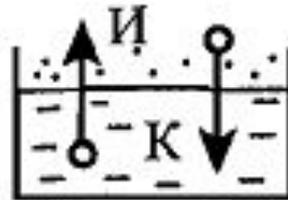
Взаимные превращения жидкостей и газов

- **Парообразование** – это переход вещества из жидкого состояния в газообразное.
- **Конденсация** – переход вещества из газообразного состояния в жидкое.
- **Испарение** – это парообразование, происходящее со свободной поверхности жидкости.
- С точки зрения молекулярно-кинетической теории, испарение – это процесс, при котором с поверхности жидкости вылетают наиболее быстрые молекулы, кинетическая энергия которых превышает энергию их связи с остальными молекулами жидкости. Это приводит к уменьшению средней кинетической энергии оставшихся молекул, т. е. к **охлаждению жидкости**.
- При конденсации происходит выделение некоторого количества теплоты в окружающую среду.

Испарение и конденсация

(ж → п)

(со свободн. поверхн.
при $v > v_{\text{ср}}$, преодоле-
вая $F_{\text{прит.}}$ остальных м.)



(п → ж)

(при столкновении
влетают в жидкость)

Интенсивность испарения зависит от:

- а) t° жидкости — увелич. число м. с $v > v_{\text{ср}}$
- б) $S_{\text{поверхн. ж.}}$ — испарен. происх. со своб. поверхн.
- в) наличия ветра — ветер мешает конденсации
- г) рода жидкости — разные силы притяж. между м.

Кипение

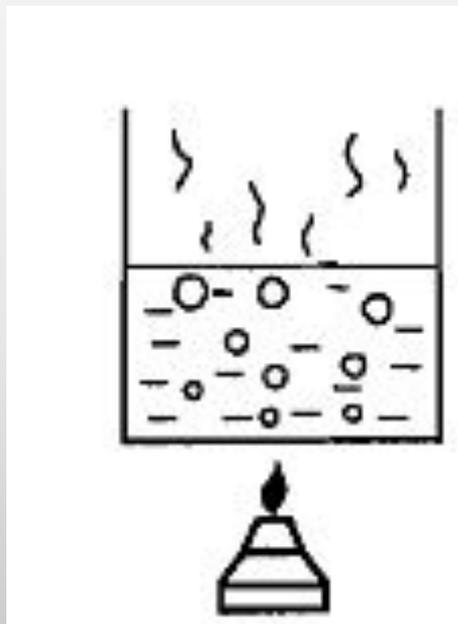
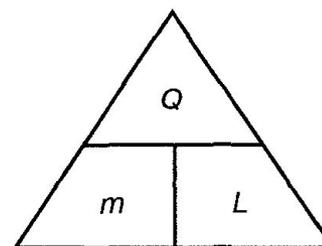


Схема для запоминания формулы расчета количества теплоты при парообразовании



- **L** – удельная теплота парообразования

$$Q = L \cdot m$$

$$[L] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$t^{\circ} \text{ кип.} = f(\text{вида ж., внешн. давл.})$

$p \downarrow \Rightarrow t_k \downarrow$ (варка в горах)

$p \uparrow \Rightarrow t_k \uparrow$ («скороварка»)

1 кг воды — $23 \cdot 10^5$ Дж $\Rightarrow 23 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

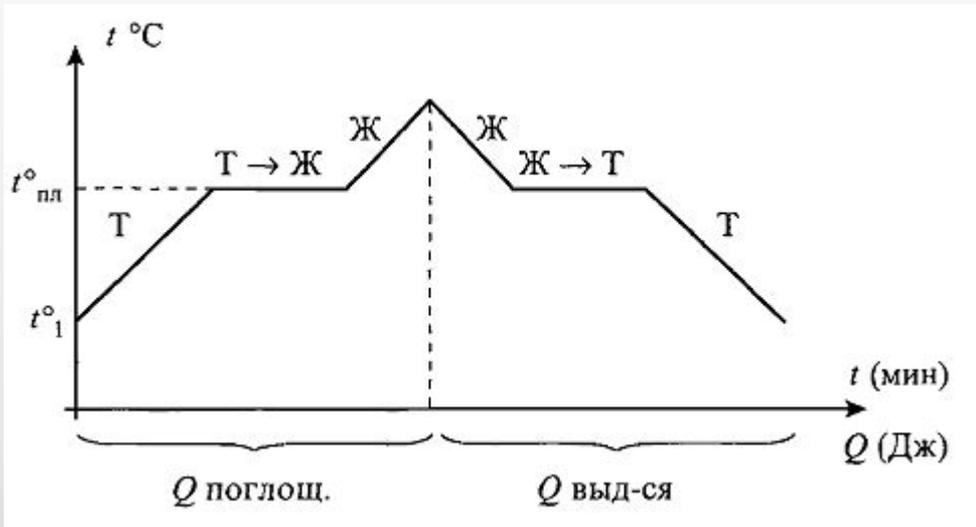
1 кг спирта — $9 \cdot 10^5$ Дж $\Rightarrow 9 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация

- **Плавление** — переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.
- **Отвердевание или кристаллизация** - переход вещества из жидкого состояния в твердое.
- Температура при которой вещество начинает плавиться называется **температурой плавления**.
- Во время плавления вещества его температура не изменяется, т.к. энергия, получаемая веществом, тратится на разрушение кристаллической решетки. При отвердевании образуется кристаллическая решетка, при этом энергия выделяется и температура вещества не изменяется.
- У аморфных тел нет определенной температуры плавления.



Плавление и отвердевание



Кристаллы плавятся при определенной t° — t° плавления

$t^\circ_{\text{плавл.}} = t^\circ_{\text{отверд}} - \text{const}$ для данного вещества

λ — удельная теплота плавления

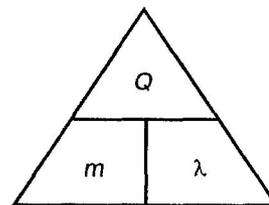
$$Q = \lambda \cdot m$$

$$[\lambda] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$1 \text{ кг льда} - 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж} \Rightarrow 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$1 \text{ кг меди} - 2,1 \cdot 10^5 \text{ Дж} \Rightarrow 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Схема для запоминания формулы расчета количества теплоты при плавлении и отвердевании



Температура кипения воды зависит от

1. мощности нагревателя
2. вещества сосуда, в котором нагревается вода
3. атмосферного давления
4. начальной температуры воды

Весной при таянии льда в водоеме температура окружающего воздуха

1. уменьшается
2. увеличивается
3. не изменяется
4. может увеличиваться или уменьшаться

Как изменяется внутренняя энергия кристаллического вещества в процессе его плавления?

1. увеличивается для любого кристаллического вещества
2. уменьшается для любого кристаллического вещества
3. для одних кристаллических веществ увеличивается, для других – уменьшается
4. не изменяется

Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °С	95	88	81	80	80	80	77	72

В стакане через 7 мин после начала измерений находилось вещество

1. только в жидком состоянии
2. только в твердом состоянии
3. и в жидком, и в твердом состояниях
4. и в жидком, и в газообразном состояниях

Основные формулы

при нагревании и
охлаждении

$$Q = cm\Delta T$$

при горении

$$Q = qm$$

при плавлении и
кристаллизации

$$Q = \lambda m$$

при
парообразовании
и конденсации

$$Q = rm$$

5. Количество теплоты

Температура и тепловое движение

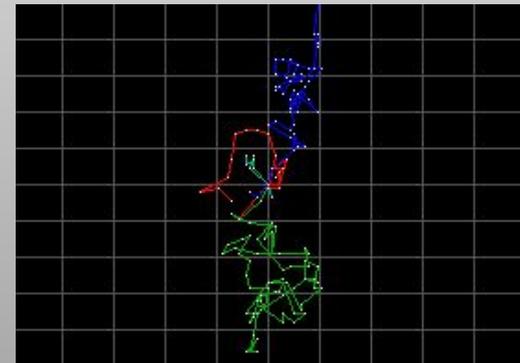
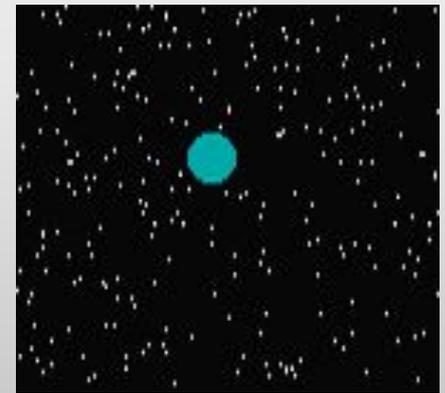
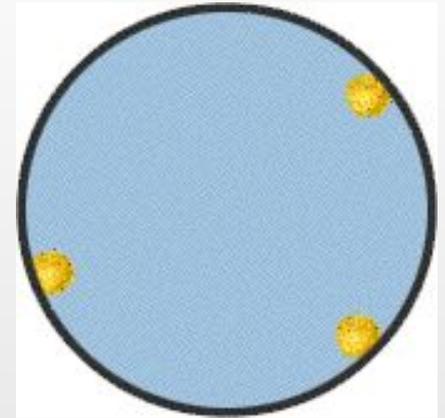
Тепловое движение. Температура

Тепловое движение – беспорядочное движение молекул вещества.

- В жидкостях и газах молекулы беспорядочно движутся, соударяясь друг с другом.
- В твёрдых телах тепловое движение состоит в колебаниях частиц около положения равновесия.
- От скорости движения молекул зависит температура тела. Чем больше скорость движения молекул, тем выше температура тела.
- Обратим внимание на то, что тепловое движение отличается от механического тем, что в нём участвует очень много частиц и каждая движется беспорядочно.

Тепловое движение молекул

- Беспорядочное хаотическое движение молекул называется тепловым движением. Доказательством теплового движения является броуновское движение и диффузия.
- Броуновское движение – это тепловое движение мельчайших частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под действием ударов молекул окружающей среды.
- Диффузией называется явление проникновения двух или нескольких соприкасающихся веществ друг в друга.
- Скорость диффузии зависит от агрегатного состояния вещества и температуры тела.



Источник информации о температуре

Из жизненного опыта нам известно, что различные тела могут быть нагреты до различной степени.

Однако ощущение тепла и холода является субъективным фактором.

Проверим это на опыте.



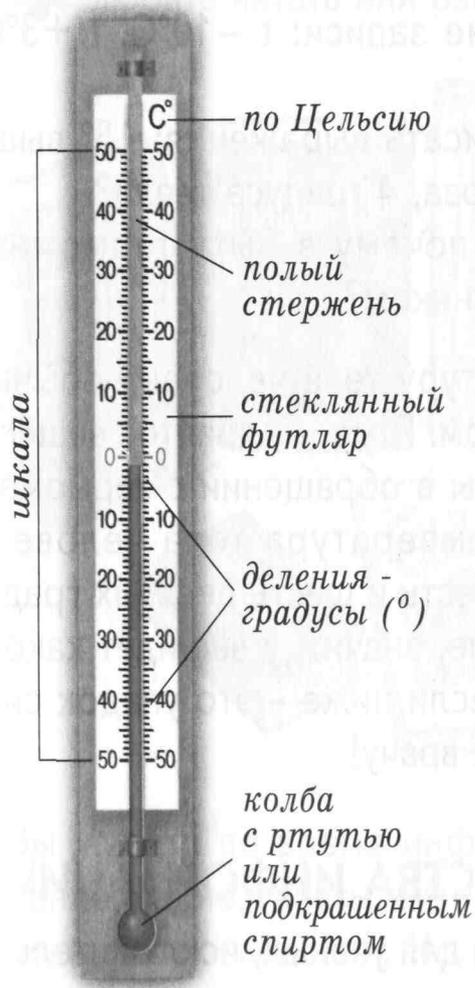
**Вывод: с помощью ощущений
судить о температуре
невозможно!**

Физический смысл температуры

- Каков физический смысл температуры? Для этого надо ответить на вопрос, чем холодная вода отличается от горячей? Тёплая вода состоит из таких же молекул, как и холодная.
- Опыт по диффузии в горячей и холодной воде показывает: чем выше температура, тем больше проникновение одного вещества в другое. Причиной диффузии является движение молекул. Так как в горячей воде диффузия происходит быстрее, значит и скорость движения молекул в ней выше.
- В теле с большей температурой молекулы в среднем движутся быстрее. Температура вещества определяется не только средней скоростью движения молекул, но и их массой.
- **Температура является мерой средней кинетической энергией частиц тела.**

Термометр

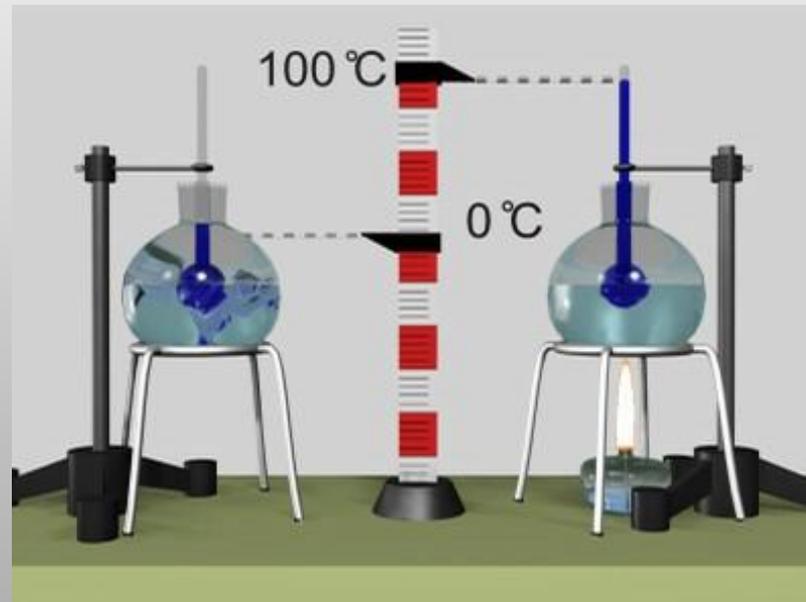
- Итак, у нас возникла проблема: нужно найти такой признак или такое свойство тел, которое ясно указывало бы на то, как тело нагрето. Таким признаком может быть расширение тел при нагревании.
- Чем более нагрето тело, тем больше его объём, тем интенсивнее хаотичное движение молекул и атомов.
- Прибор, в котором используется такое свойство тел – термометр. От греческого «therme» - тепло и «metreo» - измеряю
- Жидкостный термометр – прибор, принцип действия которого основан на использовании свойства теплового расширения жидкости. В зависимости от температурной области жидкостный термометр заполняют ртутью, этиловым спиртом и другими жидкостями.
- **Любой термометр показывает свою собственную температуру. Для определения температуры среды термометр надо поместить в эту среду и подождать до тех пор, пока температура прибора перестанет изменяться, приняв значение, равное температуре среды.**



Ртутный термометр

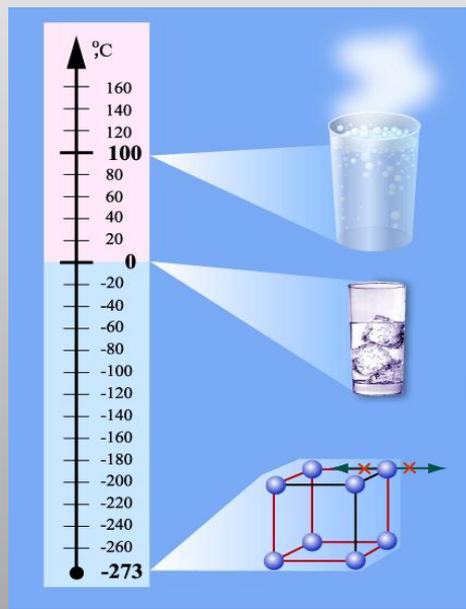
Температурная шкала Цельсия

Температурная шкала Цельсия была предложена в 1742 году шведским учёным А. Цельсием и названа в его честь. За ноль градусов шкалы Цельсия принимают температуру таяния льда, а за 100 градусов – температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении (760 мм. рт. ст.). Интервал между этими температурами разделён на 100 равных частей, по 1 градусу Цельсия (1°C).

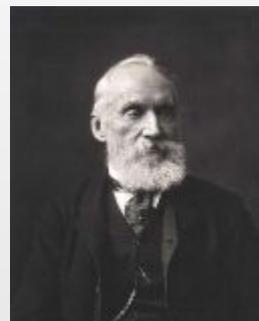


Шкалы температур

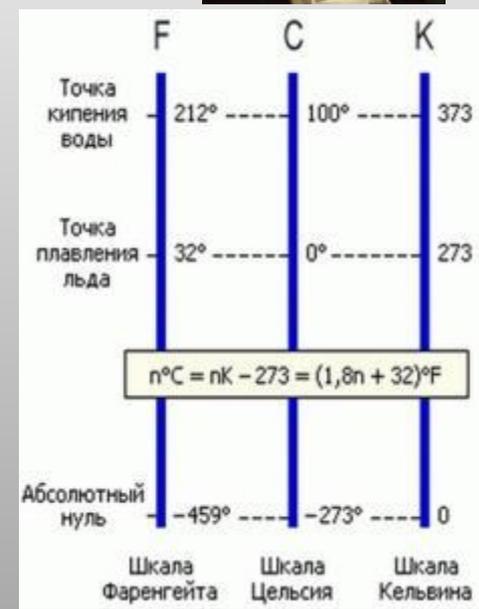
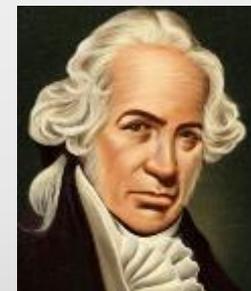
Шкала Цельсия



Шкала Кельвина



Шкала Фаренгейта



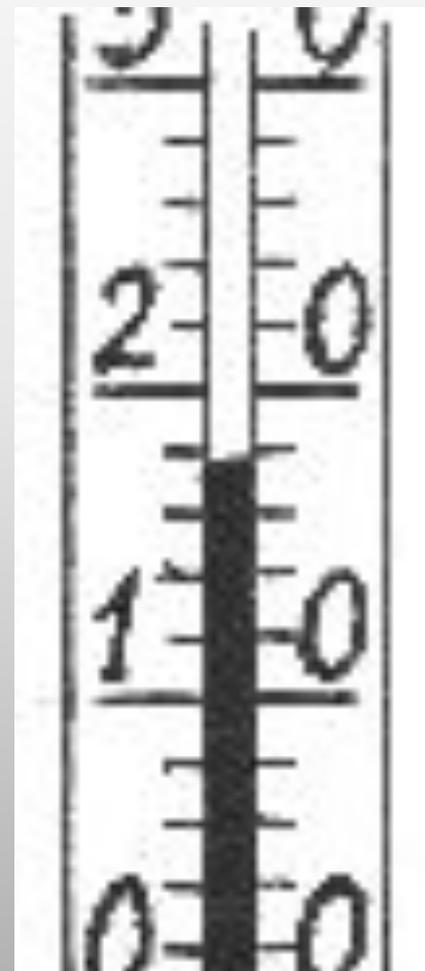
Абсолютная температура

- **Температура** характеризует степень нагретости тела.
- **Тепловое равновесие** – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все макроскопические параметры тел остаются неизменными.
- **Температура** – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии.
- Для измерения температуры используются физические приборы – **термометры**.
- Существует минимально возможная температура, при которой прекращается хаотическое движение молекул. Она называется **абсолютным нулем температуры**.
- Температурная шкала Кельвина называется **абсолютной шкалой температур**.

$$T = t + 273$$

На рисунке показана часть шкалы термометра, висящего за окном. Температура воздуха на улице равна

1. 18°C .
2. 14°C
3. 21°C .
4. 22°C .



Согласно расчетам, температура жидкости должна быть равна 143 К. Между тем термометр в сосуде показывает температуру не более -130°C . Это означает, что

1. термометр не рассчитан на высокие температуры и требует замены
2. термометр показывает более высокую температуру
3. термометр показывает более низкую температуру
4. термометр показывает расчетную температуру

Какой из перечисленных ниже опытов (А, Б или В) подтверждает вывод молекулярно-кинетической теории о том, что скорость молекул растет при увеличении температуры?

А. Интенсивность броуновского движения растет с повышением температуры.

Б. Давление газа в сосуде растет с повышением температуры.

В. Скорость диффузии красителя в воде повышается с ростом температуры.

1. только А
2. только Б
3. только В
4. А, Б и В

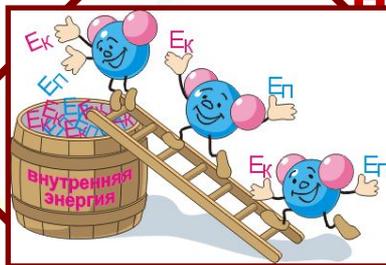
Внутренняя энергия

Внутренняя энергия

- Все тела состоят из молекул, которые непрерывно движутся и взаимодействуют друг с другом. Они обладают одновременно **кинетической и потенциальной** энергией. Эти энергии и составляют внутреннюю энергию тела.
- **Внутренняя энергия** - это энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело.
- **Зависит:**
 - 1) от температуры
 - 2) массы тела
 - 3) агрегатного состояния
- **Не зависит :**
 - 1) от механического движения
 - 2) от положения тела относительно других тел

Молекулы обладают
потенциальной
энергией, т.к.
взаимодействуют
друг с другом

Молекулы обладают
кинетической
энергией, т.к.
непрерывно движутся



E_p зависит от
расстояния между
молекулами
(агрегатного
состояния вещества)

E_k зависит от
скорости движения
молекул
(температуры)

Внутренняя энергия тела

$E_{вн} = E_p + E_k$ всех молекул

тела

Внутренняя энергия связана с температурой

- При понижении температуры Земного шара всего на один градус выделилась бы энергия, примерно в миллиард раз превосходящая вырабатываемую ежегодно всеми электростанциями мира!



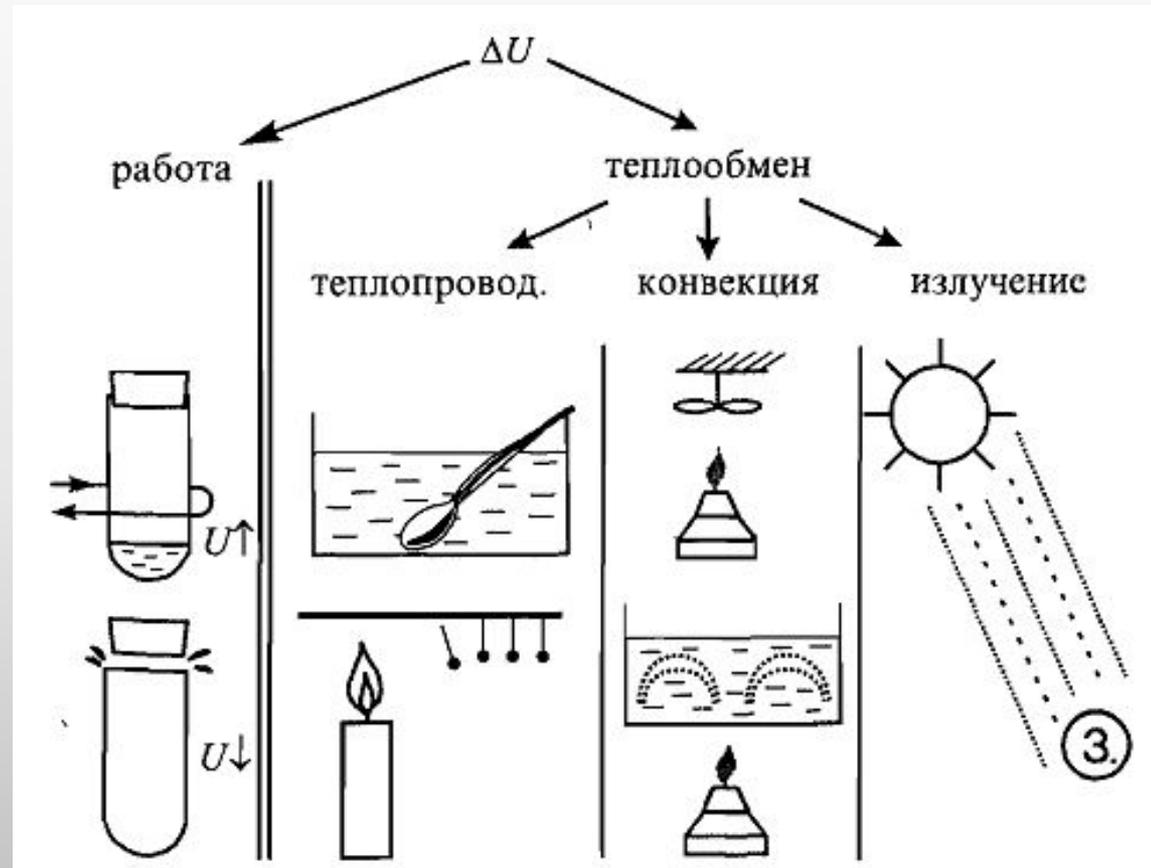
При испарении жидкость остывает. Молекулярно-кинетическая теория объясняет это тем, что чаще всего жидкость покидают молекулы, кинетическая энергия которых

1. равна средней кинетической энергии молекул жидкости
2. превышает среднюю кинетическую энергию молекул жидкости
3. меньше средней кинетической энергии молекул жидкости
4. равна суммарной кинетической энергии молекул жидкости

Способы изменения внутренней энергии

Изменение внутренней энергии

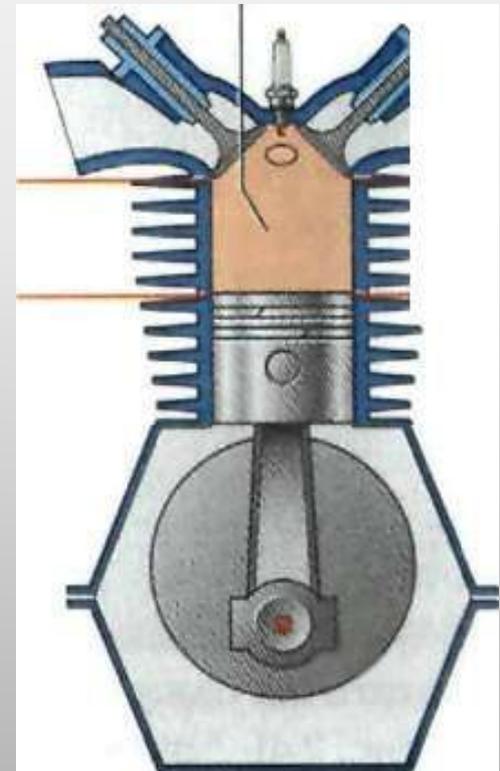
$$\Delta U = A + Q$$



Q – кол-во ΔU при теплообмене

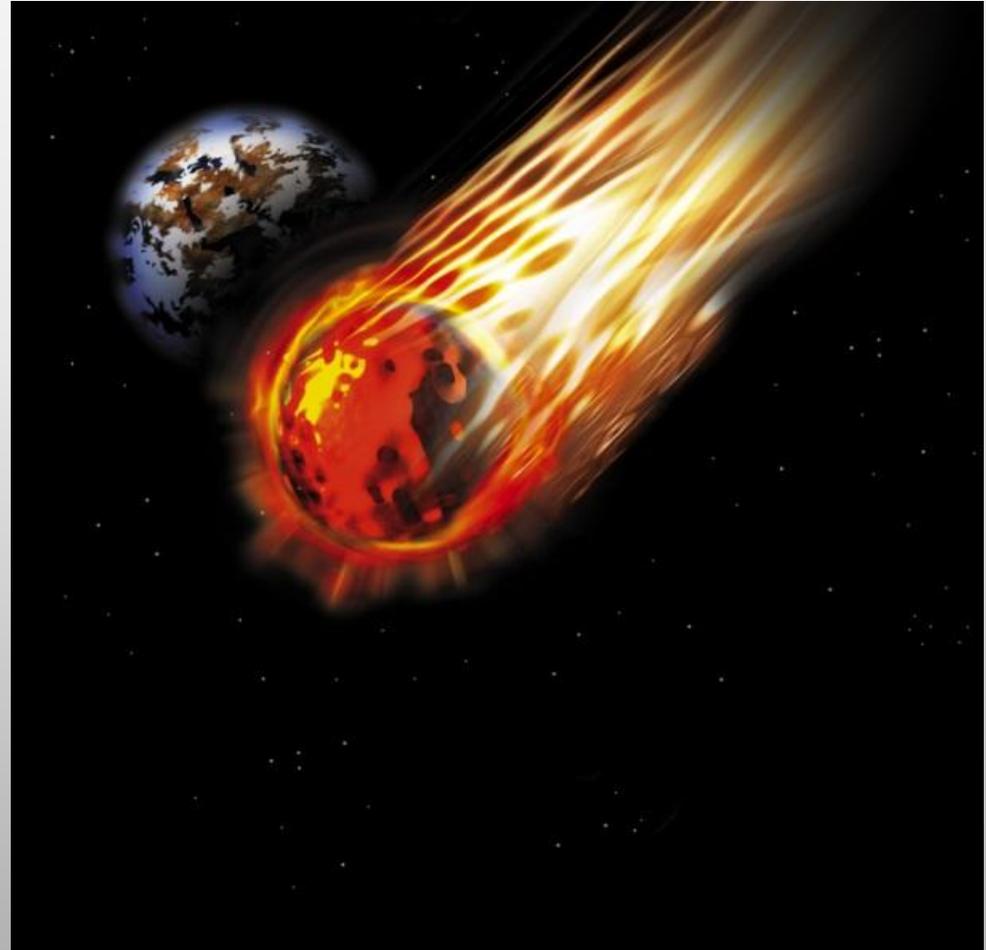
$[Q] = \text{Дж}$

Внутренняя энергия может превращаться в механическую



Преобразование механической энергии во внутреннюю

- Механическая энергия может превращаться во внутреннюю энергию



Первый закон термодинамики

- **Первый закон термодинамики** – это закон сохранения и превращения энергии для термодинамической системы.
- **Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе.**

$$\Delta U = A + Q$$

- Если работу совершает система, а не внешние силы:

$$Q = \Delta U + A'$$

- **Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.**

Идеальному газу сообщили количество теплоты 400 Дж. Газ расширился, совершив работу 600 Дж. Внутренняя энергия газа при этом

1. увеличилась на 1000 Дж
2. увеличилась на 200 Дж
3. уменьшилась на 1000 Дж
4. уменьшилась на 200 Дж

$$Q = A' + \Delta U \Rightarrow \Delta U = Q - A' = 400 - 600 = -200 \text{ Дж}$$

Количество теплоты

- **Количеством теплоты** называют количественную меру изменения внутренней энергии тела при теплообмене (теплопередаче).
- Количество теплоты, необходимое для нагревания тела или выделяемого им при охлаждении:
- **c – удельная теплоемкость** – физическая величина, показывающая, какое количество теплоты требуется для нагревания 1 кг вещества на 1°C .
- **Количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива.**
- **q – удельная теплота сгорания** – величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг.

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

$$Q = qm$$

Теплоемкость вещества. Теплотворность топлива

« c » — удельная теплоемкость

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$1 \text{ кг воды} - 1^\circ - 420 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \Rightarrow 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$1 \text{ кг спирта} - 1^\circ - 2500 \text{ Дж} \Rightarrow 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

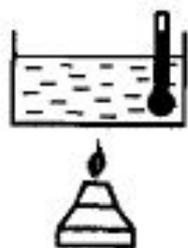
$$1 \text{ кг меди} - 1^\circ - 400 \text{ Дж} \Rightarrow 400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

« q » — теплотворность топлива

$$Q = q \cdot m$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

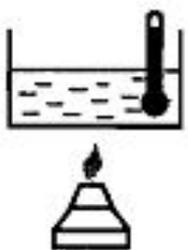
Расчет количества теплоты



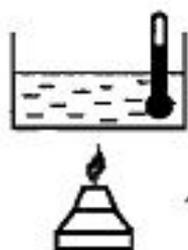
$$c_1 = c_2$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2$$



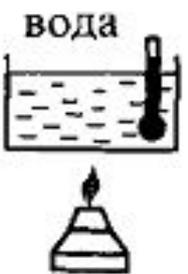
$$Q = f(m)$$



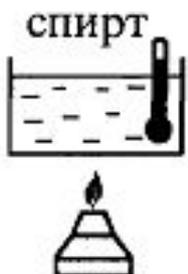
$$m_1 = m_2$$
$$c_1 = c_2$$



$$m_1 = m_2$$
$$Q = f(\Delta t)$$

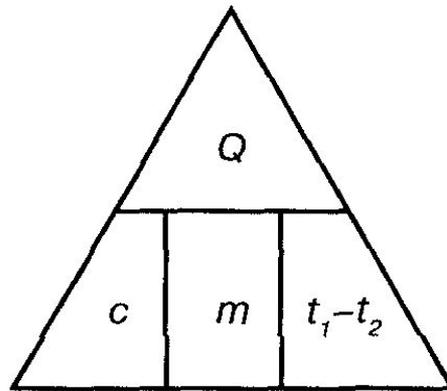


$$m_1 = m_2$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2$$

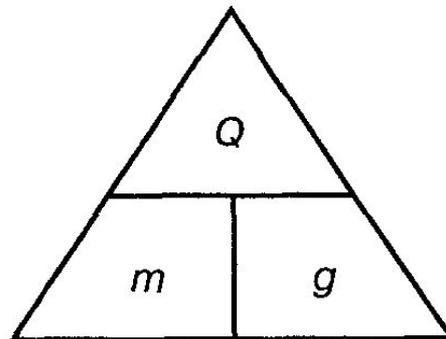


$$Q = f(\text{рода в-ва})$$

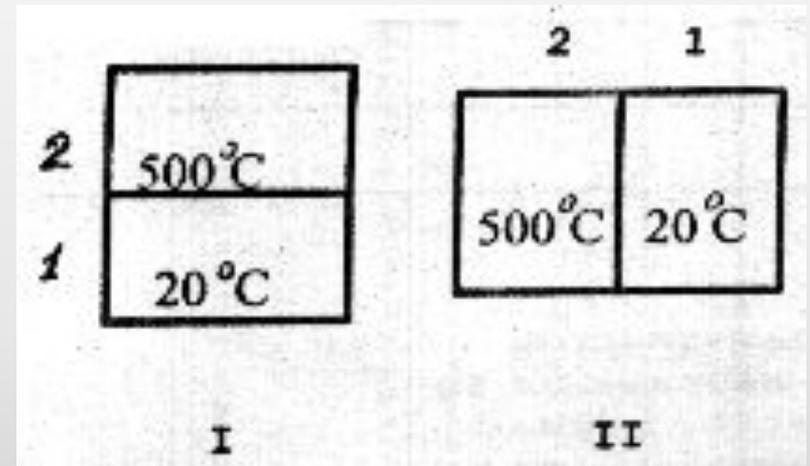
**Схема для запоминания расчета количества
теплоты, массы, теплоемкости, температуры**



**Схема для запоминания расчета количества
теплоты, массы вещества,
удельной теплоты сгорания топлива**



Тела, имеющие разные температуры, приведены в соприкосновение двумя способами (I и II). Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?

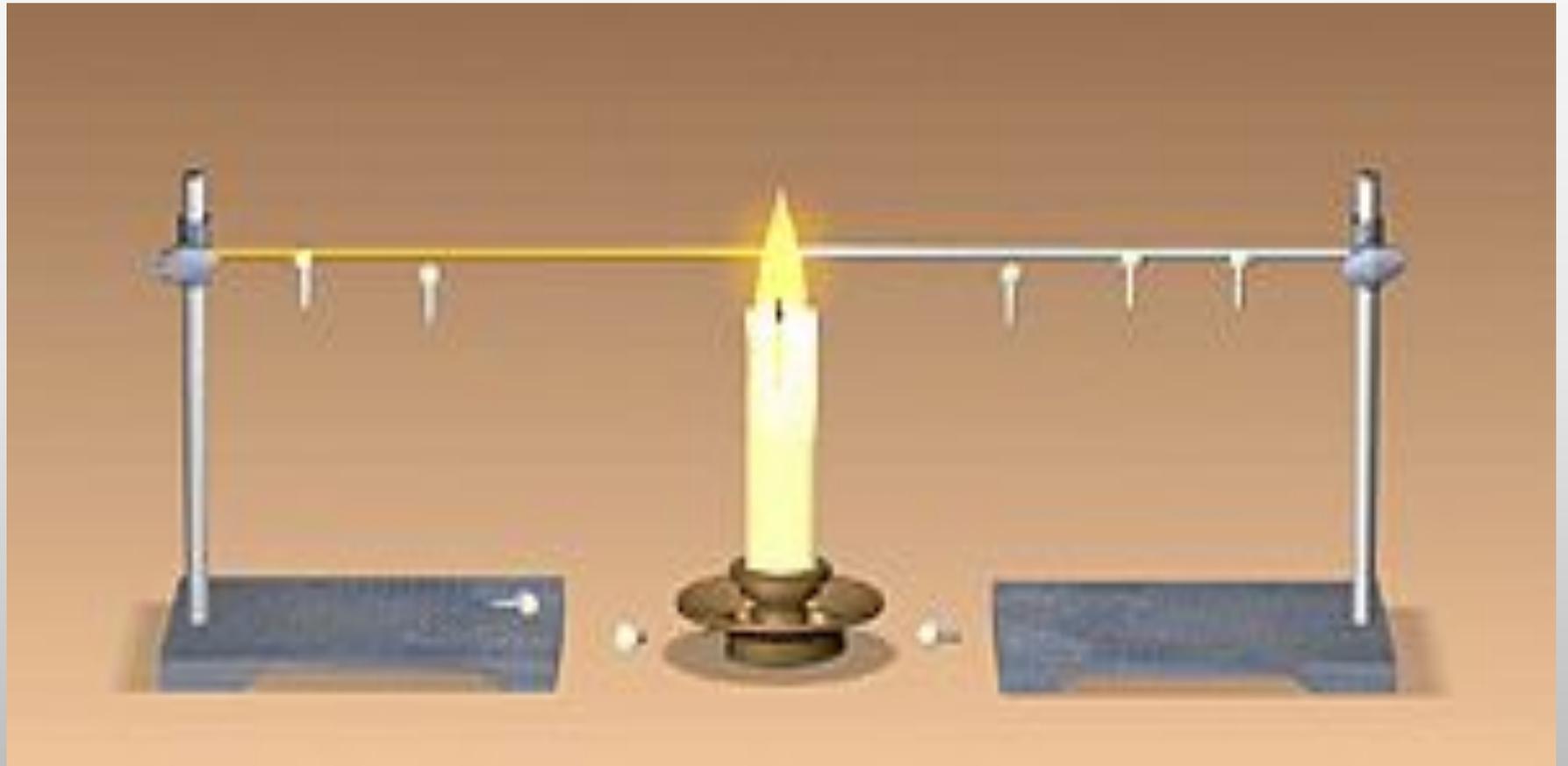


1. В положении I теплопередача осуществляется от тела 1 к телу 2.
2. В положении II теплопередача осуществляется от тела 1 к телу 2.
3. В любом положении теплопередача осуществляется от тела 2 к телу 1.
4. Теплопередача осуществляется только в положении II.

Теплопередача



Теплопроводность



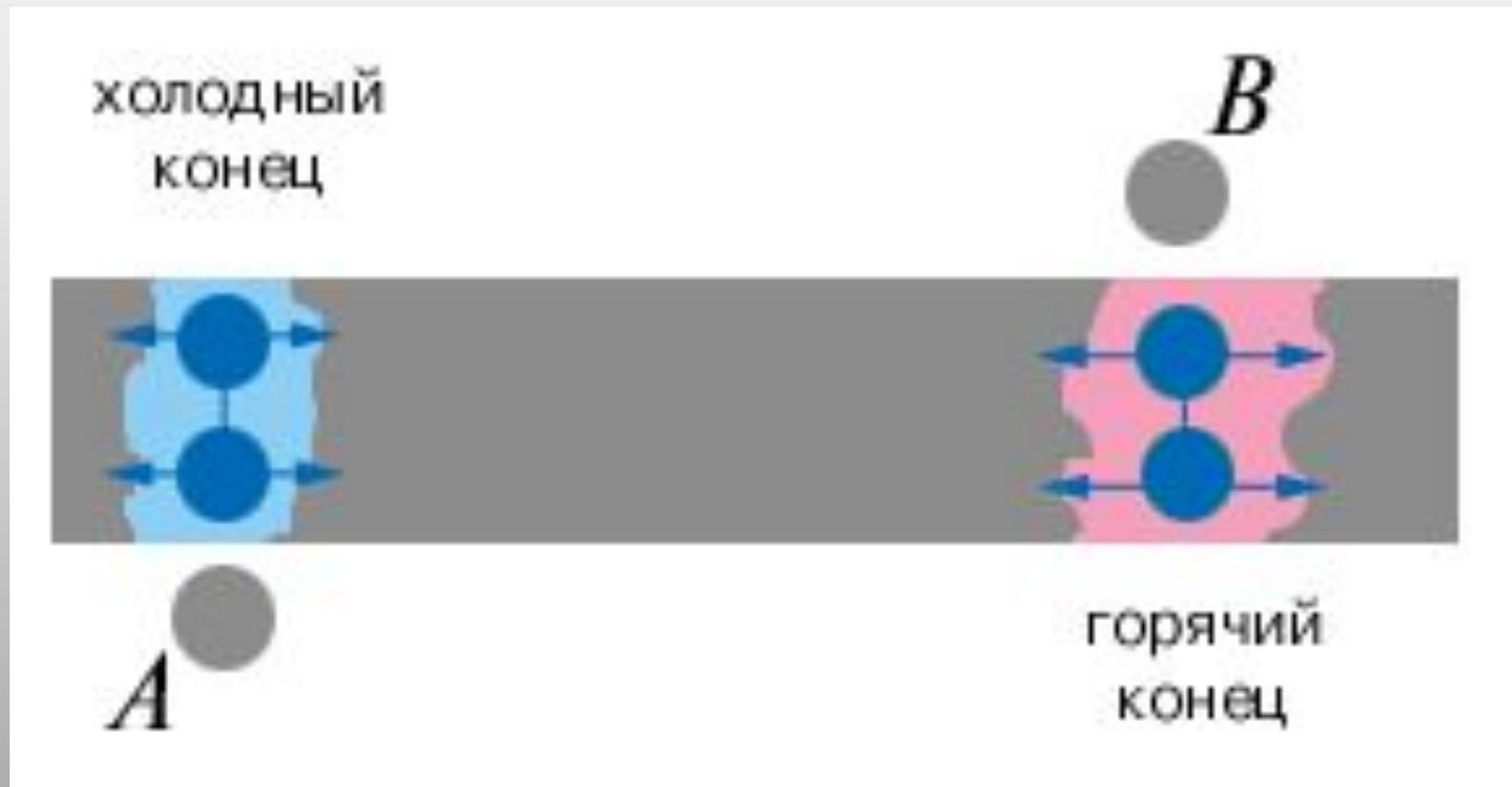
Теплопроводность – это вид теплообмена, при котором происходит непосредственная передача энергии от частиц более нагретой части тела к частицам его менее нагретой части.

Само вещество не перемещается вдоль тела-переносится лишь энергия.

Механизм теплопроводности

Амплитуда колебаний атомов в узлах кристаллической решетки в точке А меньше, чем в точке В.

Вследствие взаимодействия атомов друг с другом амплитуда колебаний атомов, находящихся рядом с точкой В, возрастает.

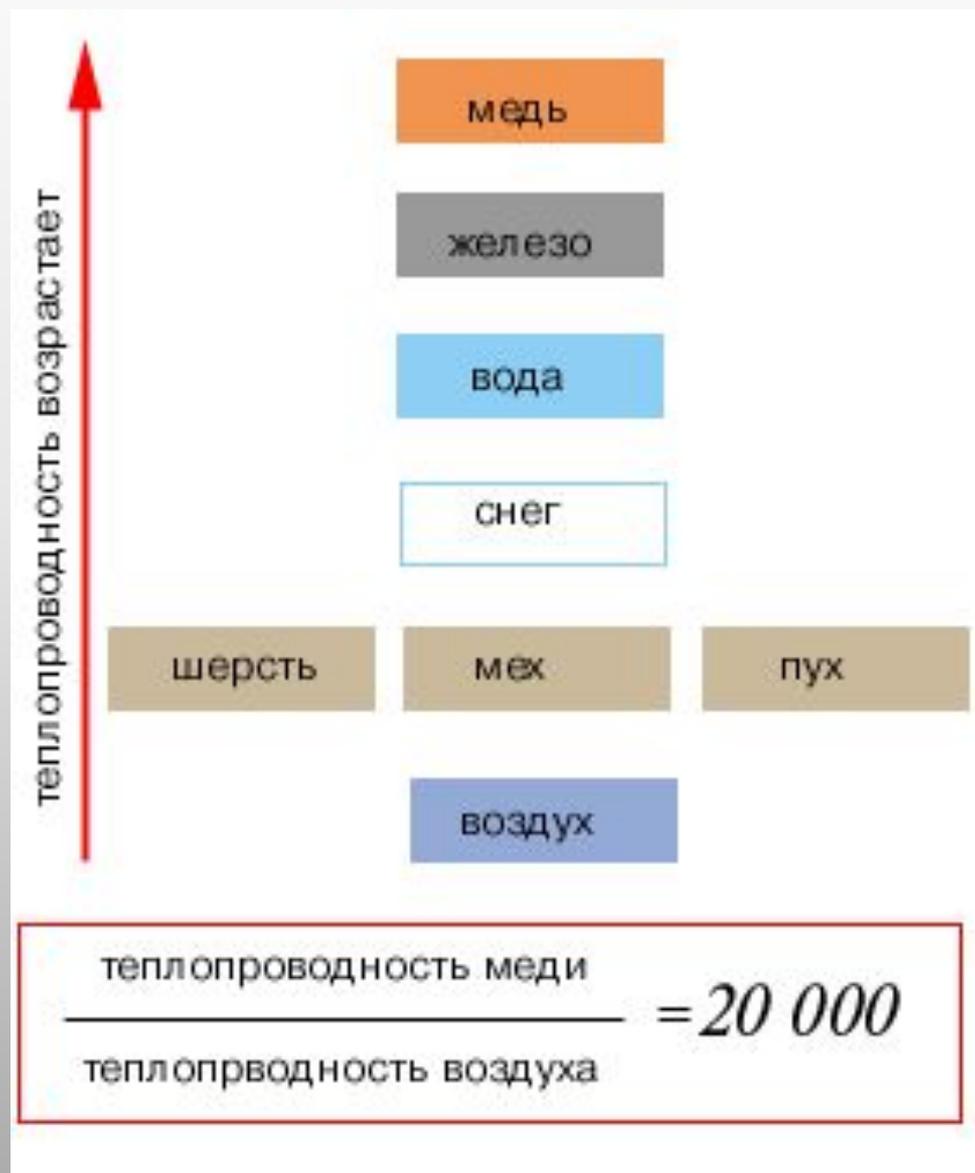


Теплопроводность веществ

Металлы
обладают хорошей
теплопроводностью

Меньшей - обладают жидкости

Газы плохо проводят тепло



Конвекция

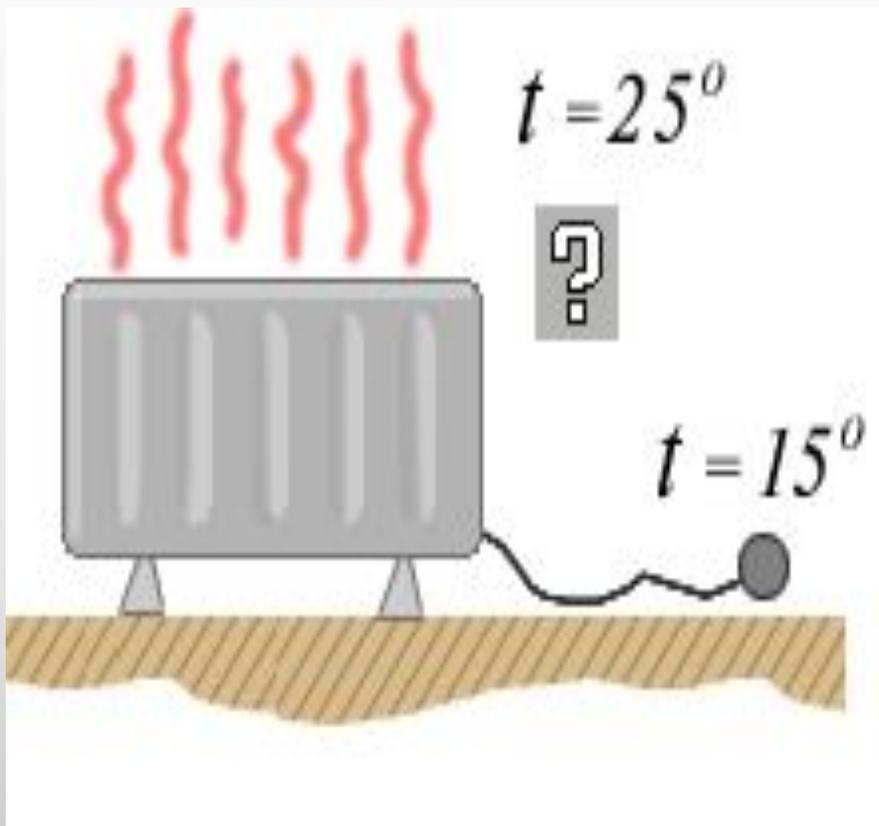
**Конвекция – это перенос тепла струями
жидкости или газа.**

Конвекция в твердых телах и вакууме
происходить не может



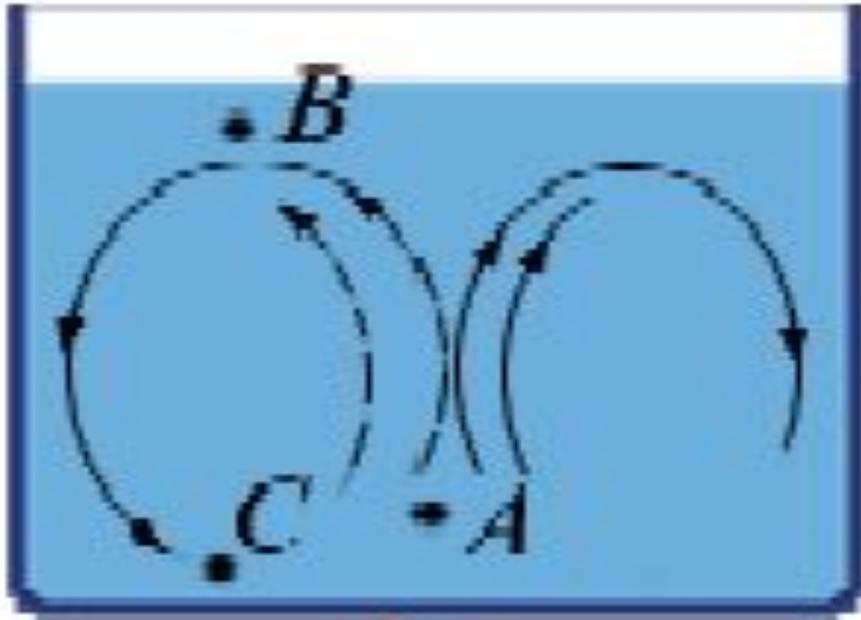
Нагревающийся от
лампочки воздух,
поднимается вверх,
переноса с собой энергию.

Механизм конвекции в газах



Теплый воздух имеет меньшую плотность и со стороны холодного воздуха на него действует сила Архимеда, направленная вертикально вверх.

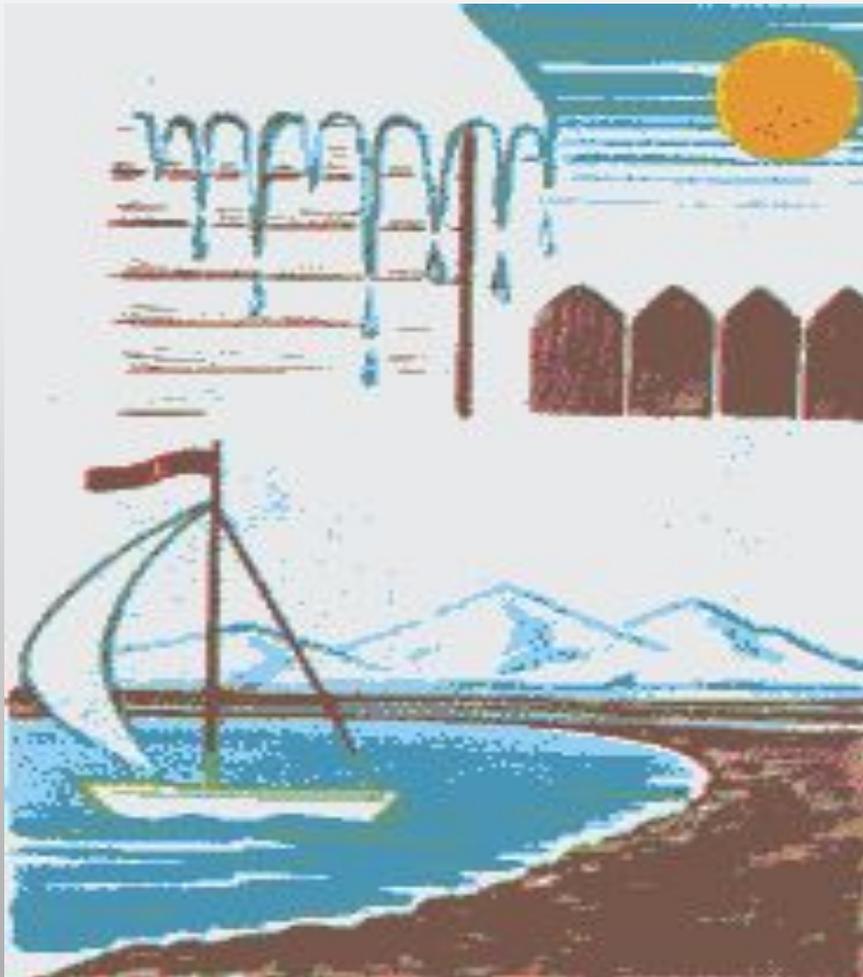
Механизм конвекции в жидкостях



А – жидкость нагревается и вследствие уменьшения ее плотности, движется вверх.

В – нагретая жидкость поднимается вверх.

С – на место поднявшейся жидкости приходит холодная, процесс повторяется.



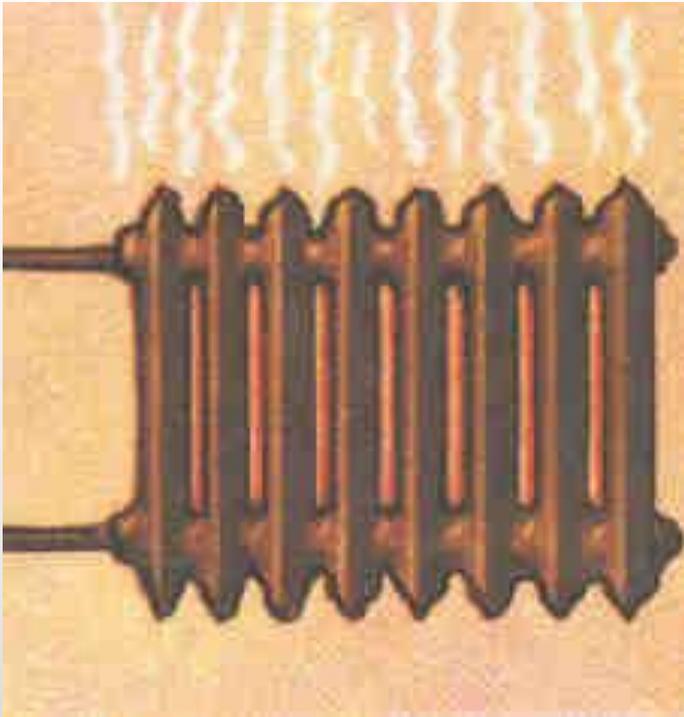
В результате **конвекции** в атмосфере образуются ветры у моря - это дневные и ночные бризы.



**охлаждается корпус
космического корабля,
обеспечивается водяное
охлаждение двигателей
внутреннего сгорания.**



**Где и почему именно там
размещают батареи в
помещениях?**



Излучение



**Солнце нагревает Землю, моря,
океаны.**

**Однако причиной такой теплопередачи
не может быть ни теплопроводность,
ни конвекция!**

Почему?

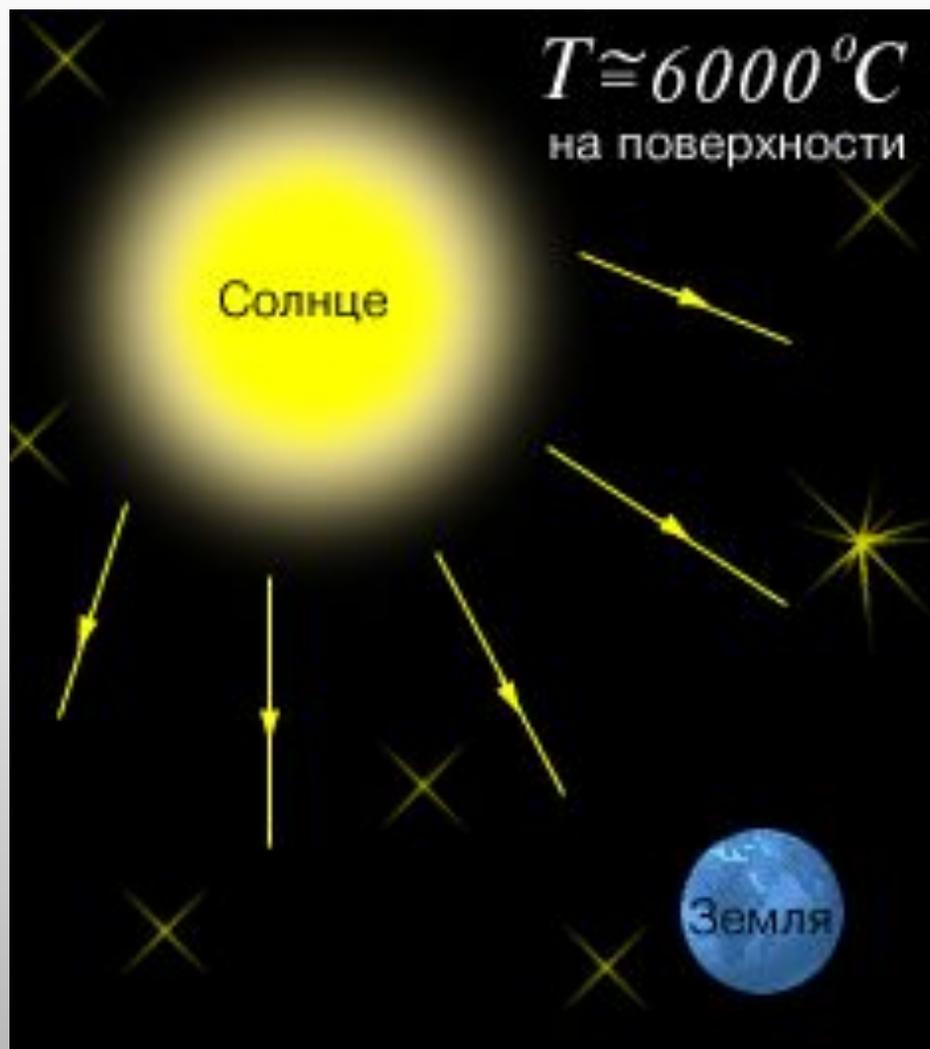
**Тепло от костра передается человеку
путем излучения энергии,
так как теплопроводность воздуха мала,
а конвекционные потоки направлены вверх**



ИЗЛУЧЕНИЕ - это теплообмен, при котором энергия переносится различными лучами.



Механизм излучения

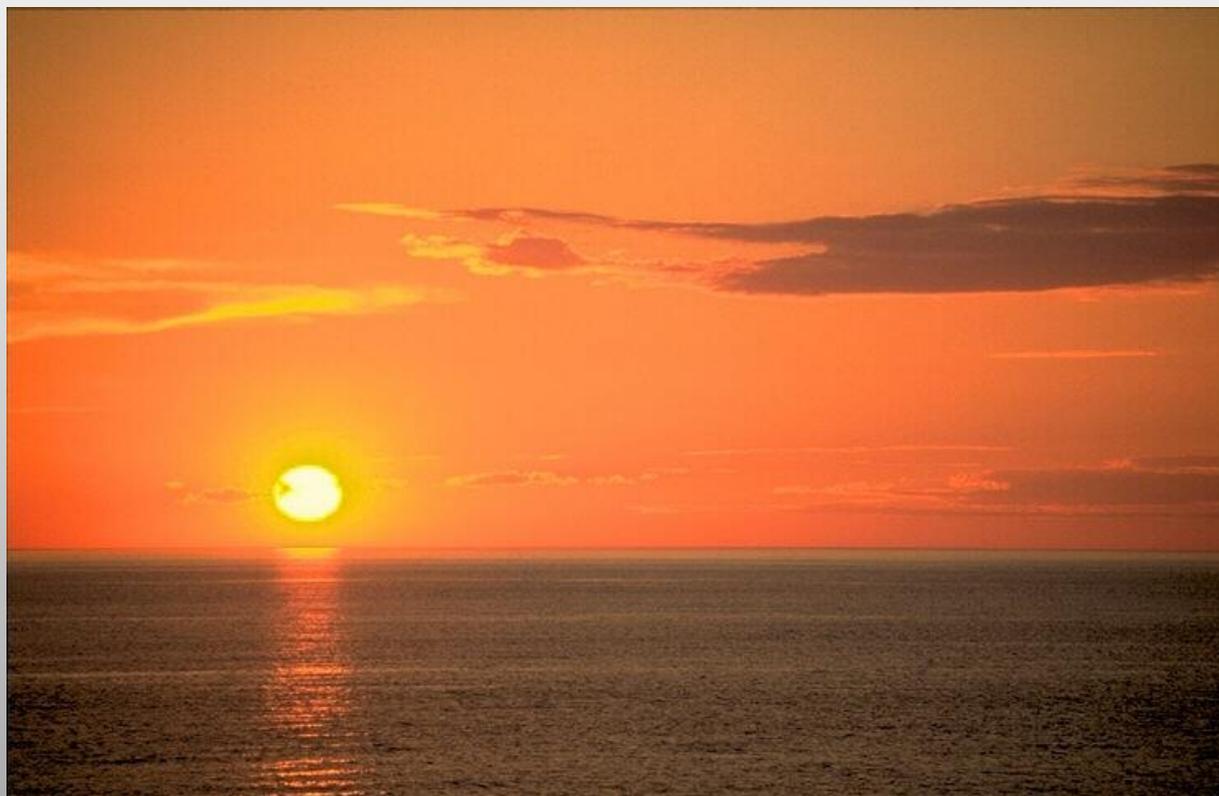


Температура Солнца очень высока, поэтому оно излучает много энергии

**Нагретые тела
излучают
электромагнитные
волны
в различных
диапазонах.**

**Излучение может
распространяться
и
в вакууме**

Около 50% энергии излучаемой Солнцем является лучистой энергией, эта энергия - источник жизни на Земле.



Почему одному мальчику жарко, а другому нет?



Темные тела лучше поглощают излучение и быстрее нагреваются, чем светлые.

Темные тела быстрее охлаждаются



Какой из чайников быстрее остынет?



Применение в технике



- сушка и нагрев материалов,
- приборы ночного видения (бинокли, оптические прицелы),
- создание системы самонаведения на цель снарядов и ракет.

Вопросы

Вопрос №1. Чашку с горячим чаем переставили со стола на полку. Как при этом изменилась внутренняя энергия чая?

Ответ: Внутренняя энергия тела не изменилась, т.к. она не зависит от положения тела относительно других тел.

Вопрос №2. Автомобиль в процессе движения изменил свою скорость с 36 км/ч на 90 км/ч. Как при этом изменилась его внутренняя энергия?

Ответ: Внутренняя энергия тела не изменилась, т.к. она не зависит от механического движения тела.

Вопрос №3. Два одинаковых латунных шара упали с одной и той же высоты. Первый упал в глину, а второй, ударившись о камень, отскочил и был пойман рукой на некоторой высоте. Который из шариков больше изменил свою внутреннюю энергию?

Ответ: Первый. При падении механическая энергия превращается во внутреннюю. У второго шара только часть механической энергии превратилась во внутреннюю.

Домашнее задание

Лабораторная работа «Измерение температуры тела»

Цель работы: установление связи температуры тела с увеличением кинетической энергии молекул.

Оборудование: термометр.

Ход работы

1. Зажмите термометр в кулаке, так чтобы видеть значение температуры на шкале.
2. Наблюдайте за подъёмом столбика ртути (спирта).

Ответьте письменно на вопросы :

1. Почему столбик ртути (спирта) поднимается вверх?
2. Когда столбик ртути (спирта) остановится?
3. Что измеряет термометр?
4. Можно ли вынимать термометр из среды, температуру которой измеряют? Почему?
5. Что можно сказать о величине кинетической энергии молекул ртути (спирта) при подъёме столбика?
6. Каким прибором вы пользовались для определения температуры тела?
7. Какова цена деления этого прибора?
8. Какую минимальную (максимальную) температуру можно измерить этим прибором?

Вопросы

1. Какую энергию называют внутренней энергией?
2. В какую энергию превращается механическая энергия мяча при его ударе о землю?
3. Может ли тело обладать механической энергией, но не иметь при этом внутренней энергии?
4. Может ли тело обладать внутренней энергией, но не иметь при этом механической энергии? Приведите пример.
5. В одном стакане находится горячий чай, а в другом стакане холодный компот такой же массы. Одинакова ли их внутренняя энергия? Ответ обоснуйте.

Задачи

1	2
<p>1. Какое количество теплоты выделяется при конденсации 200 г водяного пара, имеющего температуру 100 °С, и дальнейшем охлаждении воды до 20 °С? (527,2 кДж.)</p> <p>2. Воду нагрели с 30 °С и испарили. Какое количество теплоты на это пошло, если объем воды 2 л? (5,188 МДж.)</p> <p>3. Как изменяется внутренняя энергия жидкости при испарении? (Увеличивается.)</p> <p>4. Медную деталь объемом 200 см³ нагрели от 10 до 50 °С. Какую энергию на это затратили? (28,5 кДж.)</p> <p>5. 2 кг воды, взятой при 20 °С, превратили в пар с температурой 100 °С. Какую энергию на это затратили? (5,272 МДж.)</p> <p>6. Сколько древесного угля нужно сжечь, чтобы нагреть 100 г воды на 50 °С? (0,78 г.)</p>	<p>1. Какое количество теплоты необходимо, чтобы из 5 кг льда, взятого при –10 °С, получить пар при 100 °С? (15,4 МДж.)</p> <p>2. Сколько энергии выделяется при конденсации пара и последующем образовании 500 г воды с температурой 20 °С? (1,318 МДж.)</p> <p>3. Как изменяется скорость молекул жидкости при испарении? (Увеличивается.)</p> <p>4. Березовые дрова объемом 400 см³ сгорают в печи. Сколько энергии при этом выделяется? (2,8 МДж.)</p> <p>5. 4 кг льда взяли при –20 °С и превратили в воду с температурой 0 °С. Какое количество теплоты при этом поглотилось? (1,52 МДж.)</p> <p>6. Сколько воды при 100 °С можно испарить, если считать, что вся энергия, выделяемая при сгорании 100 г бензина, идет на этот процесс? (2 кг.)</p>