

Глава 1: Теплопередача

• О чем гласит первый закон термодинамики?

Термодинамика – это раздел физики, изучающий механизмы передачи энергии между системами. Речь идет о макроскопических характеристиках системы, таких как температура и давление.

Первый закон термодинамики гласит, что энергия не возникает сама по себе и не исчезает в никуда. Количество теплоты, сообщаемое термодинамической системе, равно сумме изменений ее внутренней энергии и работы, совершаемой системой против внешних сил.



Кастрюля с кипящей водой на плите – это пример конвекционного нагревания

• Рекомендуемый фильм

- Законы термодинамики

Дополнительные вопросы

В1. Какова формулировка второго закона термодинамики?

Первый закон термодинамики гласит, что энергия сохраняется и не исчезает, однако одного закона недостаточно, чтобы описать перемещение энергии. К примеру, когда холодный предмет, вроде кубика льда, передавший тепло окружающей среде, становится еще холоднее и нагревает воздух вокруг себя, то это не нарушает первый закон. Тем не менее, такое не произойдет, так как это было бы нарушением второго закона термодинамики.

Существуют различные формулировки второго закона. Согласно первой формулировке, тепло не перейдет самопроизвольно от холодного тела к горячему. Для того, чтобы это произошло, необходимо совершить работу. Второй закон также гласит, что термодинамический процесс не может быть на 100% эффективным: часть энергии всегда рассеивается в окружающую среду.

Иначе второй закон можно рассматривать как описание изменения энтропии системы. Он подразумевает, что энтропия изолированной системы, должна всегда увеличиваться (или оставаться неизменной). Если энтропия системы уменьшается, это приведет к большому или равному увеличению энтропии в другом месте.

В2. Сформулируйте нулевой закон термодинамики.

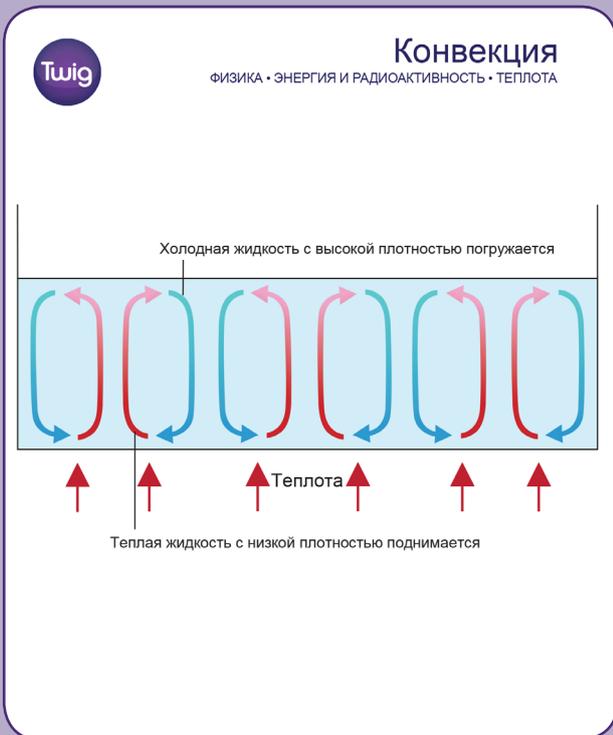
Если два тела находятся в тепловом равновесии, то это значит, что температура обоих тел одинакова, и между ними теплообмен происходить не будет.

Нулевой закон гласит, что если два тела находятся в тепловом равновесии с третьим, то они также должны находиться в тепловом равновесии и друг с другом. Это может дать определение температуре в целом, как о свойстве, которое должно быть одинаковым для каждого из этих трех объектов.

Несмотря на то, что нулевой закон термодинамики был сформулирован и принят после других законов термодинамики, все сходятся во мнении, что нулевой закон является наиболее фундаментальным законом из всех, и поэтому, не став четвертым законом термодинамики, он был пронумерован нулевым и расположился перед другими законами.

• Каким образом распространяется тепло?

ДИАГРАММА 01:



Различают три способа переноса тепла: теплопроводность, конвекция и излучение. При теплопроводности атомы или молекулы, которые находятся рядом, вибрируя, передают энергию друг другу, вызывая отток тепла из зоны с высокой температурой в зону низкой температуры.

Конвекция происходит при нагревании материи и последовательного расширения. Во время процесса нижние слои вещества, нагреваясь, становятся легче и всплывают, а верхние слои, наоборот, остывая, становятся тяжелее и опускаются вниз, после чего процесс повторяется снова и снова.

Все объекты испускают электромагнитное излучение. Частота этих излучений увеличивается с повышением температуры тела. Именно по этой причине раскаленные предметы светятся красным или желтым, ну а при температуре чуть ниже или около 500°C излучение происходит, в основном, в виде инфракрасного света. Это излучение передает тепло другим объектам, которые, поглощая его, повышают свою температуру. Тепло от Солнца достигает Землю благодаря излучению.

• **Рекомендуемый фильм**
- Теплопередача

Дополнительный вопрос

В3. Как можно предотвратить теплообмен?

Мы можем уменьшить теплопередачу. Термос сохраняет постоянную температуру содержимого за счет остановки или уменьшения теплопроводности, конвекции и излучения. Теплопроводность (и конвекция) снижаются за счет изолирования системы. Сосуд состоит из двух контейнеров, один из которых помещен в другой. Между ними создается вакуум, и поэтому о теплопроводности между содержимым и окружающей средой не может быть и речи. Сосуд плотно закрыт, что опять-таки минимизирует теплопроводность и останавливает конвекцию.

Внутренний сосуд имеет отражающее покрытие, которое отражает любой инфракрасный или видимый свет. Это защищает тепло от излучения изнутри и извне, способное повлиять на содержимое.

• Как работают холодильники?

Рабочие вещества, используемые в холодильниках, называются хладагентами. Они имеют низкую температуру кипения и, как правило, при комнатной температуре находятся в газообразном состоянии, однако в результате сжатия они могут перейти в жидкое состояние.

Работа холодильников основана на способности изолированных жидкостей испаряться. Поскольку для этого требуется энергия, происходит охлаждение. Тепло из холодильника движется в охлаждающее вещество, охлаждая содержимое холодильника и нагревая вещество. Затем хладагент сжимается, а, следовательно, повышается и его температура. Тепло передается в окружающее пространство, и хладагент снова готов испаряться.



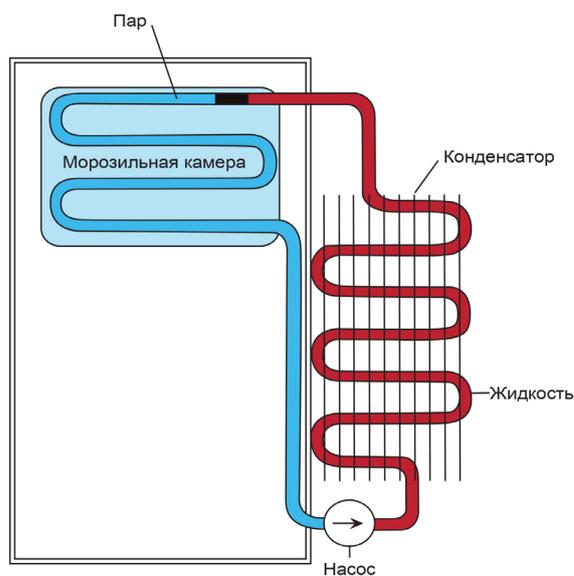
До того как холодильники стали общедоступными, для охлаждения использовали лед

ДИАГРАММА 02:



Принцип работы холодильников

ФИЗИКА • ЭНЕРГИЯ И РАДИОАКТИВНОСТЬ • ТЕПЛОТА



Дополнительные вопросы

В4. Как работала индустрия ледяных охладителей?

Перед тем как холодильники стали общедоступны, для охлаждения использовался лед. Поначалу лед добывали из замерзших озер или прудов в зимний период времени и хранили в погребах домов. Чтобы минимизировать таяние, лед хранили большими блоками, накрывали их соломой или опилками для теплоизоляции.

Позже, в начале XIX века, лед стал использоваться более широко, что способствовало развитию промышленности ледяных охладителей. Для клиентов, у которых не было доступа ко льду, осуществлялась специальная доставка из замерзших озер, и часто даже на очень большие расстояния. Такой лед стоил очень дорого, а потери от таяния во время транспортировки и хранения были очень большими. Однако индустрия с XX века, когда морозильные камеры стали доступными, а вода замораживалась по необходимости, пережила новое рождение.

В5. Почему соль растапливает лед на дорогах?

Вода замерзает при 0°C . А морская вода имеет более низкую температуру замерзания. Поваренная соль – это хлорид натрия. Раствор хлорида натрия в воде может понизить температуру замерзания воды ниже -20°C . Именно по этой причине, когда лед посыпают солью, он тает. Тем не менее, при очень низких температурах этого не происходит.

Глава 2: Отопления и охлаждения

• Почему тормоза нагреваются?

Чтобы движущийся объект замедлил движение, на него должна подействовать сила, и его кинетическая энергия должна уменьшиться. Обычно для остановки транспортного средства используются тормоза, а необходимая сила обеспечивается за счет силы трения, что, в свою очередь, обуславливает преобразование кинетической энергии транспорта в тепло. Именно по этой причине тормозные диски должны выдерживать очень высокую температуру.

• Рекомендуемый фильм

- Раскалённый докрасна: Аварийная остановка

• Причиной каких проблем является расширение и сжатие?

При повышении температуры почти все вещества расширяются, а когда температура снижается – сжимаются. Эти свойства должны быть учтены при строительстве крупных сооружений, таких как мосты и железнодорожные пути. Часть материала, температура которого повышается, может расширяться. А если для расширения не хватает пространства, они могут деформироваться. Сжатие также может привести к дополнительным трудностям, например, электрические кабели могут сжаться и разорваться в холодную погоду, если натянuty туго.

• Рекомендуемые фильмы

- Расширение и сжатие
- Воздушные шары

Дополнительные вопросы

В6. Почему поведение воды необычно?

Как только вода охлаждается, она сжимается и становится плотнее, опускается на дно, а теплая вода, менее плотная, остается у поверхности. Однако при температуре ниже 4°C вода начинает расширяться, а не сжиматься, как обычно происходит при понижении температуры. Это очень необычно, и,

следовательно, холодная вода начинает подниматься на поверхность. До того, пока вода замерзает, такое поведение продолжается. Плотность образовавшегося льда меньше плотности воды, и поэтому он плавает на поверхности. Следовательно, вода замерзает сверху вниз. Такое поведение материи необычно, и это означает, что в холодную погоду крупные водоемы не замерзнут, так как твердый поверхностный слой льда изолирует воду от окружающей среды. Все это позволяет рыбам и другим организмам выжить холодной зимой. Если бы природа воды была устроена по-другому, то вполне вероятно, что жизнь в озерах и океанах была бы невозможной. Замерзшая поверхность воды опускалась бы на дно, где изолировалась слоем воды и вряд ли когда-нибудь растаяла. Такое продолжалось бы до тех пор, пока вся вода не застынет.

Есть и другие вещества, которые расширяются при заморозках вместо того, чтобы сжиматься, но вода является единственным известным неметаллом, обладающим этим свойством.

В7. Почему водопроводные трубы лопаются в холодную погоду?

Потому что плотность льда меньше плотности воды. Если вода в трубах застывает и превращается в лед, то ее объем увеличивается (примерно на 10%). Это может привести к разрыву труб в холодную погоду, хотя лед замораживает трубы и предотвращает утечку. Тем не менее, когда температура снова повышается, и лед тает, вода вытекает из прорвавшейся трубы.



Горелки нагревают воздух в воздушных шарах, создавая необходимый подъем, для их взлета

• Что такое удельная теплоемкость?

При нагревании вещества его температура увеличивается. Количество энергии, необходимое для повышения температуры 1 кг вещества на 1 градус Кельвина, известно как удельная теплоемкость и измеряется в Дж/кгК.

Разные вещества имеют разные удельные теплоемкости. Вода имеет высокую удельную теплоемкость (около 4200 Дж/кгК), и поэтому, чтобы повысить ее температуру, требуется относительно большое количество энергии. По этой причине вода может быть использована в качестве хладагента, так как потребуется большее количество тепла, прежде чем ее температура значительно повысится. Высокая удельная теплоемкость воды также означает, что для нагревания и остывания требуется много времени, и именно поэтому море все еще может быть холодным, несмотря на то, что Солнце светило в течение многих часов, и может оставаться теплым долгое время, даже после заката.

Дополнительные вопросы

В8. Что такое латентная теплота?

Если вещество нагревается достаточно для того, чтобы изменить свое физическое состояние, то для плавления или испарения потребуется энергия. Энергия, необходимая для преодоления притяжения между атомами или молекулами в веществе, может быть относительно большой. Например, около 333 000 Дж потребуется для того, чтобы расплавить 1 кг льда, и около 2 260 000 Дж необходимо для испарения такого же количества воды. Для сравнения, только около 4200 Дж энергии требуется для повышения температуры 1 кг воды на 1°C.

В9. Каким образом выделение пота помогает нам остывать?

Чтобы превратить вещество из жидкого состояния в газообразное, требуется большое количество энергии. Наш организм использует это свойство, чтобы охлаждаться, благодаря выделению пота. После того как выделяется пот, в основном состоящий из воды, он испаряется с поверхности кожи, что является очень энергозатратным. Эта энергия берется из организма, благодаря чему температура снижается. Этот механизм позволяет поддерживать оптимальную постоянную температуру тела около 37°C даже в очень жарких условиях, пока мы способны восстанавливать потерянную воду и минеральные вещества.

Глава 3: Экстремальная температура

• Что такое абсолютный ноль?



Резиновый мяч, который был заморожен почти до абсолютного нуля жидким гелием

Абсолютный ноль является самым низким пределом температуры. Это происходит при $-273,15^{\circ}\text{C}$. При такой температуре движение частиц внутри вещества почти равно нулю, при этом из него не может быть высвобождено тепло. Заморозить что-либо до температуры абсолютного нуля практически невозможно, хотя самая холодная температура, когда-либо достигнутая, была в пределах ста триллионов в степени абсолютного нуля.

• Рекомендуемые фильмы

- В погоне за абсолютным нулем: Сжиженный газ
- В погоне за абсолютным нулем: Лазерное охлаждение
- Факты: Экстремальные температуры

Дополнительные вопросы

В10. Что такое шкала Кельвина?

Несмотря на то, что шкала Цельсия широко используется в повседневной жизни, она не всегда подходит для использования в физике. Нуль по Цельсию – это температура плавления льда, но это не самая возможная низкая температура. Самая низкая температура – это абсолютный нуль: $-273,15^{\circ}\text{C}$.

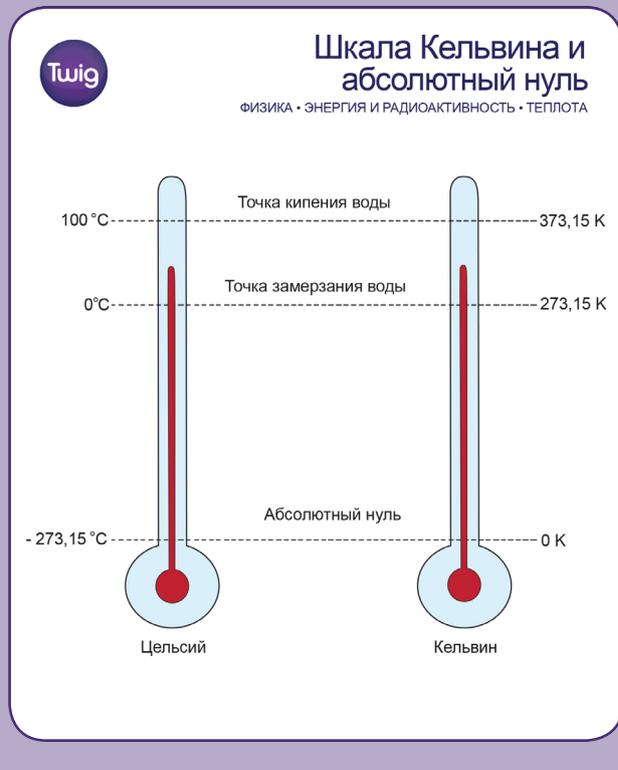
Шкала Кельвина похожа на шкалу Цельсия, так как размер градусов Цельсия такой же, как и размер градуса Кельвина (K). Разница лишь в том, что нуль на шкале Кельвина устанавливается при абсолютном нуле. Это означает, что масштабы смещены, так что 20°C является $293,15\text{ K}$.

Шкала Кельвина используется в тех случаях, когда надо определить влияние температуры на давление и объем.

В11. Сформулируйте третий закон термодинамики.

Третий закон термодинамики гласит, что энтропия вещества стремится к нулю при абсолютном нуле (хотя такое возможно только в идеальном кристалле). Третий закон означает и то, что невозможно опустить температуру материи до абсолютного нуля ($-273,15^{\circ}\text{C}$) за ограниченное количество шагов.

ДИАГРАММА 03:



• Рекомендуемый фильм

- Кавитация

• Почему шумит чайник с водой перед самым закипанием и шум резко спадает в момент закипания?

При нагревании воды в чайнике в первую очередь нагревается вода в нижней части. Эта вода превращается в пар, образуя пузырьки, которые поднимаются к поверхности. При прохождении пузырьков через прохладную часть воды, пар остывает и конденсируется обратно в воду, после чего пузырьки лопаются, издавая громкий шум. Это продолжается до тех пор, пока вся вода в чайнике не станет достаточно горячей, и пузырьки, больше не лопаются, достигнут поверхности воды.

• Тест

Теплопередача

Основной

• Что из перечисленного не является формой теплопередачи?

- A – теплопроводность
- B – диффузия
- C – конвекция
- D – излучение

• Что происходит при повышении температуры атомов?

- A – они начинают распадаться
- B – их вибрации уменьшаются
- C – связь между ними становится сильнее
- D – их вибрации увеличиваются

• Как называется прямая теплопередача между двумя объектами?

- A – теплопроводность
- B – диффузия
- C – конвекция
- D – излучение

• Что из нижеперечисленного является хорошим проводником тепла?

- A – древесина
- B – стекло
- C – железо
- D – резина

Углубленный

• Что такое теплопроводность?

- A – расширение и продвижение вверх горячей жидкости или газа
- B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения
- C – передача тепловой энергии между соседними молекулами или атомами
- D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

• Что такое конвекция?

- A – расширение и продвижение вверх горячей жидкости или газа
- B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения
- C – передача тепловой энергии между соседними молекулами или атомами
- D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

• При каких условиях объекты излучают тепло?

- A – когда они движутся на высокой скорости
- B – когда они соприкасаются с горячими объектами
- C – когда они сталкиваются с другими объектами
- D – когда их температура выше температуры окружающей среды

Теплопередача

Основной

• Что испускается вибрирующими атомами в виде тепла?

- A – звук
- B – электромагнитные волны
- C – частицы
- D – ультрафиолетовый свет

Углубленный

• Способно ли инфракрасное излучение Солнца добраться до нас?

- A – да, так как оно может перемещаться сквозь космический вакуум
- B – нет, так как оно не может перемещаться сквозь космический вакуум
- C – нет, потому что оно не содержит частиц
- D – да, но только потому, что в пространстве образуется конвекция

• Что такое тепловое излучение?

- A – расширение и продвижение вверх горячей жидкости или газа
- B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения
- C – передача тепловой энергии между соседними молекулами или атомами
- D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

Законы термодинамики

Основной

• Когда огромный астероид столкнулся с Землей?

- A – 10 миллионов лет назад
- B – 35 миллионов лет назад
- C – 65 миллионов лет назад
- D – 120 миллионов лет назад

• Чему эквивалентна энергия, выделившаяся при столкновении Земли с астероидом?

- A – энергии, выделяющейся при взрыве атомной бомбы
- B – энергии, выделяющейся при взрыве ста атомных бомб
- C – энергии, выделяющейся при взрыве всех мировых атомных бомб
- D – большей энергии, чем всё атомное оружие мира

• Какое количество энергии хранит Вселенная?

- A – бесконечное количество
- B – непостоянное количество
- C – постоянное количество
- D – количество постепенно увеличивается

Углубленный

• Что гласит первый закон термодинамики об энергии?

- A – тепловая энергия не может быть преобразована в другие формы энергии
- B – часть энергии всегда исчезает во время процесса преобразования
- C – энергия не возникает из ниоткуда и не исчезает в никуда
- D – ни один процесс, при котором преобразуется энергия, не может быть эффективным на 100%

• Что утверждает второй закон термодинамики об энергии?

- A – тепловая энергия не может быть преобразована в другие формы энергии
- B – часть энергии всегда исчезает во время процесса преобразования
- C – энергия не возникает из ниоткуда и не исчезает в никуда
- D – ни один процесс, при котором преобразуется энергия, не может быть эффективным на 100%

• Что такое КПД машины?

- A – отношение совершенной полезной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя
- B – отношение энергии, полученной от нагревателя, к энергии совершенной работы двигателя
- C – отношение энергии, полученной от нагревателя, к энергии совершенной полезной работы двигателя
- D – отношение энергии совершенной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя

Расширение и сжатие

Основной

• Как называется состояние материи, при котором тело занимает больше места?

- A – расширение
- B – излучение
- C – сжатие
- D – диффузия

• Как называется состояние материи, при котором тело занимает меньше места?

- A – расширение
- B – излучение
- C – сжатие
- D – диффузия

• В каких случаях объекты сжимаются?

- A – когда они теряют тепловую энергию
- B – когда их температура повышается
- C – когда их молекулы начинают двигаться быстрее
- D – когда они получают тепловую энергию

• Почему воздушные шары расширяются при нагревании?

- A – так как масса воздуха внутри увеличивается
- B – так как поверхность шара увеличивается
- C – так как воздух внутри расширяется
- D – так как поверхность шара ослабевает

Углубленный

• Каким образом температура не влияет на объекты?

- A – изменением их веса
- B – изменением их размеров
- C – изменением их формы
- D – изменением их плотности

• Что обычно не происходит, когда тепло воздействует на вещество?

- A – оно занимает больше места
- B – его молекулы двигаются быстрее
- C – его молекулы получают энергию
- D – его молекулы сближаются

• Каким образом обычно ведут себя твердые вещества при нагревании?

- A – при нагревании различные твердые тела сжимаются с различной скоростью
- B – при нагревании различные твердые тела расширяются с различной скоростью
- C – при нагревании все твердые тела расширяются с одинаковой скоростью
- D – при нагревании все твердые тела сжимаются с одинаковой скоростью

• Почему жидкие вещества расширяются с различной скоростью?

- A – потому что скорость расширения зависит от формы объекта
- B – потому что скорость расширения зависит от природной связи молекул
- C – потому что вещества имеют разные плотности
- D – потому что скорость расширения зависит от способа нагревания

• Ответы

Теплопередача

Основной

• Что из перечисленного не является формой теплопередачи?

A – теплопроводность

C – конвекция

D – излучение

• Что происходит при повышении температуры атомов?

A – они начинают распадаться

B – их вибрации уменьшаются

C – связь между ними становится сильнее

• Как называется прямая теплопередача между двумя объектами?

B – диффузия

C – конвекция

D – излучение

• Что из нижеперечисленного является хорошим проводником тепла?

A – древесина

B – стекло

D – резина

Углубленный

• Что такое теплопроводность?

A – расширение и продвижение вверх горячей жидкости или газа

B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения

D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

• Что такое конвекция?

B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения

C – передача тепловой энергии между соседними молекулами или атомами

D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

• При каких условиях объекты излучают тепло?

A – когда они движутся на высокой скорости

B – когда они соприкасаются с горячими объектами

C – когда они сталкиваются с другими объектами

Теплопередача

Основной

• Что испускается вибрирующими атомами в виде тепла?

A – звук

B – электромагнитные волны

C – частицы

D – ультрафиолетовый свет

Углубленный

• Способно ли инфракрасное излучение Солнца добраться до нас?

A – да, так как оно может перемещаться сквозь космический вакуум

B – нет, так как оно не может перемещаться сквозь космический вакуум

C – нет, потому что оно не содержит частиц

D – да, но только потому, что в пространстве образуется конвекция

• Что такое тепловое излучение?

A – расширение и продвижение вверх горячей жидкости или газа

B – испускание горячим объектом инфракрасного излучения

C – передача тепловой энергии между соседними молекулами или атомами

D – распространение частиц за счет их случайного перемещения

Законы термодинамики

Основной

• Когда огромный астероид столкнулся с Землей?

A – 10 миллионов лет назад

B – 35 миллионов лет назад

C – 65 миллионов лет назад

D – 120 миллионов лет назад

• Чему эквивалентна энергия, выделившаяся при столкновении Земли с астероидом?

A – энергии, выделяющейся при взрыве атомной бомбы

B – энергии, выделяющейся при взрыве ста атомных бомб

C – энергии, выделяющейся при взрыве всех мировых атомных бомб

D – большей энергии, чем всё атомное оружие мира

• Какое количество энергии хранит Вселенная?

A – бесконечное количество

B – непостоянное количество

C – постоянное количество

D – количество постепенно увеличивается

Углубленный

• Что гласит первый закон термодинамики об энергии?

A – тепловая энергия не может быть преобразована в другие формы энергии

B – часть энергии всегда исчезает во время процесса преобразования

C – энергия не возникает из ниоткуда и не исчезает в никуда

D – ни один процесс, при котором преобразуется энергия, не может быть эффективным на 100%

• Что утверждает второй закон термодинамики об энергии?

A – тепловая энергия не может быть преобразована в другие формы энергии

B – часть энергии всегда исчезает во время процесса преобразования

C – энергия не возникает из ниоткуда и не исчезает в никуда

D – ни один процесс, при котором преобразуется энергия, не может быть эффективным на 100%

• Что такое КПД машины?

A – отношение совершенной полезной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя

B – отношение энергии, полученной от нагревателя, к энергии совершенной работы двигателя

C – отношение энергии, полученной от нагревателя, к энергии совершенной полезной работы двигателя

D – отношение энергии совершенной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя

Расширение и сжатие

Основной

• Как называется состояние материи, при котором тело занимает больше места?

B – излучение

C – сжатие

D – диффузия

• Как называется состояние материи, при котором тело занимает меньше места?

A – расширение

B – излучение

D – диффузия

• В каких случаях объекты сжимаются?

B – когда их температура повышается

C – когда их молекулы начинают двигаться быстрее

D – когда они получают тепловую энергию

• Почему воздушные шары расширяются при нагревании?

A – так как масса воздуха внутри увеличивается

B – так как поверхность шара увеличивается

D – так как поверхность шара ослабевает

Углубленный

• Каким образом температура не влияет на объекты?

B – изменением их размеров

C – изменением их формы

D – изменением их плотности

• Что обычно не происходит, когда тепло воздействует на вещество?

A – оно занимает больше места

B – его молекулы двигаются быстрее

C – его молекулы получают энергию

• Каким образом обычно ведут себя твердые вещества при нагревании?

A – при нагревании различные твердые тела сжимаются с различной скоростью

C – при нагревании все твердые тела расширяются с одинаковой скоростью

D – при нагревании все твердые тела сжимаются с одинаковой скоростью

• Почему жидкие вещества расширяются с различной скоростью?

A – потому что скорость расширения зависит от формы объекта

C – потому что вещества имеют разные плотности

D – потому что скорость расширения зависит от способа нагревания