

Тепловые явления



Тепловое движение

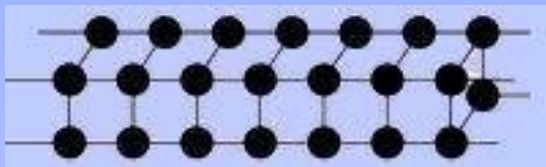
Беспорядочное перемещение частиц тела, не прекращающееся при любой температуре выше Абсолютного нуля (-273°C). $V_{\text{частиц}} \rightarrow T_{\text{тела}}$



Отличие от механического движения:
очень много частиц, каждая движется беспорядочно.

Твёрдое тело

Сохраняет форму и объём, сжимаемо.

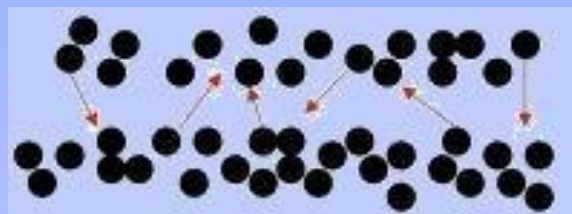


Молекулы совершают только колебания.

«оседлые»

Жидкость

Сохраняет объём, течёт, несжимаема. 1 см^3 воды содержит $3 \cdot 10^{28}$ молекул.



Перескоки молекул из одного слоя в другой.

«кочевники»

Газ

Не сохраняет объёма, формы, течёт, легко сжимается.



Молекулы беспорядочно перемещаются, почти не взаимодействуют.

«бродяги»

А г р е г а т н ы е с о с т о я н и я в е щ е с т в а

Можно ли энергию теплового движения частиц отнести к механической энергии?

Способы изменения

Опишите превращения энергии в данных примерах



Сколько способов изменения существует?

Энергия

Энергия

Составьте текст из фрагментов А, Б, В, Г, Д:

А. Средняя кинетическая энергия молекул...

1. в твёрдых телах...
2. в жидкостях...
3. газах...

Б. 1. при постоянной температуре...

2. с увеличением температуры...
3. с понижением температуры...

В. 1. уменьшается.

2. увеличивается.
3. не изменяется.

Г. Поэтому внутренняя энергия этих тел...

1. с понижением температуры...
2. при постоянной температуре...
3. с ростом температуры...

Д. 1. увеличивается.

2. уменьшается.
3. не изменяется.



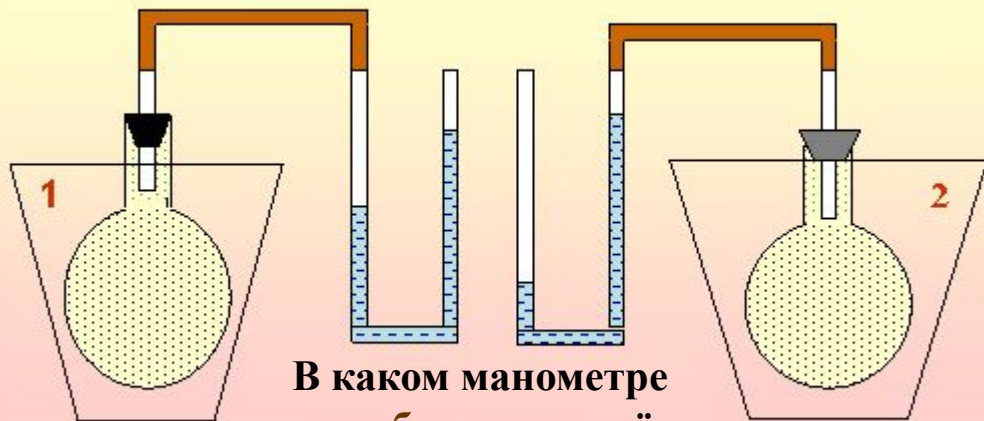
Ответы: А1Б1В3Г2Д3;

А2Б2В2Г3Д1

А3Б3В1Г1Д2

Объясни!

В каком сосуде температура выше?



В каком манометре мех. работа по подъёму жидкости выше?

Одинаково ли для брусков изменение внутренней энергии при погружении их в горячую воду?



В чём сходство и различие причин загорания спичек?



Если быстро скользить по канату, то можно обжечь руки. Почему?

Что является причиной сгорания искусственных спутников Земли при их вхождении в плотные слои атмосферы?



Теплопередача

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом



1. Чем отличаются приведённые примеры в передаче теплоты?
2. Что общего?
3. Происходит ли теплопередача, если температура тел одинакова?

Проверь себя!

Внутренняя энергия

Вам известны следующие теоретические положения:

- I. Как внутренняя энергия тела зависит от его кинетической и потенциальной энергии.**
- II. Может ли тело совершать работу за счёт своей внутренней энергии.**
- III. Как изменяется внутренняя энергия при совершении механической работы над телом или самим телом.**
- IV. Изменяется ли внутренняя энергия тела при теплопередаче.**
- V. Какая физическая величина служит мерой внутренней энергии.**

Какими из приведённых ниже примеров их можно подтвердить?

- 1. При сверлении на токарном станке сверло и заготовку надо охлаждать.**
- 2. Нагретый воздух выталкивает пробку из сосуда независимо от того, на каком этаже он находится.**
- 3. У кипящего на плите чайника крышка подскакивает.**
- 4. Воздух комнаты нагревается за счёт горячей воды, протекающей через батареи.**
- 5. При соприкосновении двух тел их температура выравнивается.**

Ответы: I - 2; II- 3; III- 1; IV- 4; V- 5.



Особенности:

1. При теплопроводности само вещество не перемещается от нагретого конца тела к холодному. Как же передаётся тепло?
2. Будет ли происходить перенос тепла в условиях невесомости?
3. Разные вещества проводят тепло по-разному. Почему?

Проводники тепла:

плохие
Жидкости, газы, пористые тела, земля...

хорошие
металлы, их расплавы, твёрдые тела и др.

Приведите свои примеры теплопроводности твёрдых тел, жидкостей и газов.

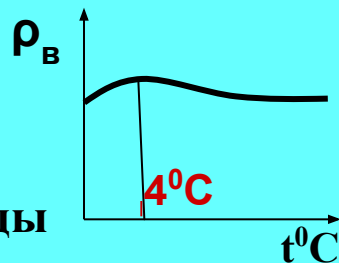
Теплопроводность вокруг нас

Почему в одинаковых условиях металл на морозе кажется холоднее дерева и горячее – при нагреве?

Деревянная ложка в стакане с горячей водой нагревается меньше, чем металлическая.

В каком чайнике скорее нагреется вода: в новом или старом, на стенках которого имеется накипь? (Чайники одинаковые)

Почему водоёмы зимой не промерзают до дна? Попробуйте ответить, используя график изменения плотности воды с температурой.



В какой обуви больше мёрзнут ноги зимой: в просторной или тесной?

Объясните

Зачем жители Средней Азии в жару носят ватные халаты и папахи?

Проверь себя!

Какое из указанных ниже веществ является...

- А. лучшим проводником теплоты? 1. Пенопласт 2. Железо
Б. самым плохим проводником теплоты? 3. Стекло 4. Серебро

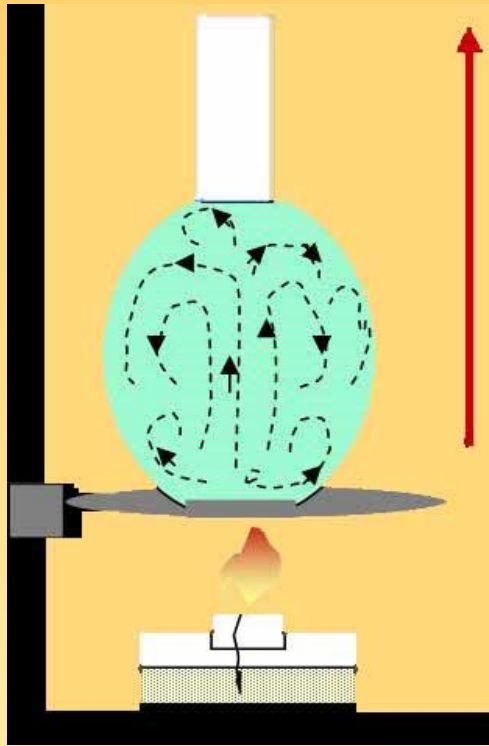
В каком состоянии вода обладает...

- В. наименьшей теплопроводностью?
Г. наибольшей теплопроводностью?
1. В твёрдом состоянии. 2. В жидком состоянии.
3. В газообразном состоянии.

Д. Каков механизм передачи теплоты при контакте по-разному нагретых твёрдых тел?

1. Быстрые частицы перемещаются из нагретых частей тела в более холодные.
2. Быстрые частицы отдают часть своей энергии менее подвижным из слоя в слой последовательно.

ОТВЕТЫ: А4; Б1; В3; Г1; Д2



Перенос тепла от нагретых тел к более холодным струями жидкости или газа.

Особенности:

1. У горячих слоёв жидкости (газа) плотность уменьшается, и они поднимаются вверх, уступая место более холодным. Возникает **циркуляция** («движение по кругу») слоёв.
2. Будет ли происходить конвекция между телами с одинаковой температурой?
3. Возможна ли конвекция в вакууме?
4. От чего зависит быстрота теплообмена?

Возможна ли конвекция на борту орбитальной космической станции в условиях невесомости?

Проверь себя!

Составьте тексты из фрагментов А, Б, В, Г, Д, Е, Ж:

В каком состоянии вещества теплота передаётся преимущественно... **А.** конвекцией? **Б.** теплопроводностью?

1. Твёрдом состоянии.
2. Жидком и газообразном.
3. Независимо от состояния вещества.

В чём состоит явление...

В. конвекции? **Г.** теплопроводности?

1. В том, что молекулы с большей энергией движения передают её менее энергичным молекулам во взаимодействии.
2. Теплота переносится струями жидкости или газа.

В состоянии невесомости...

Д. не происходит... **Е.** осуществляется...

1. теплопроводность.
2. конвекция.

Ж. Объясняется это тем, что причиной...

1. является архимедова сила.
2. тепловое хаотическое движение молекул.

ОТВЕТЫ: А2; Б1; В2; Г1; Д2; Ж1; Е1; Ж2.

Конвекция в природе

Наблюдаются ли
конвективные
потоки у
поверхности
Луны?
Марса?

Что теплее: земля или
воды океана? Днем?
Ночью?

Играет ли конвекция важную
роль

- 1) в образовании облаков?
- 2) в нагревании поверхностных вод океана?

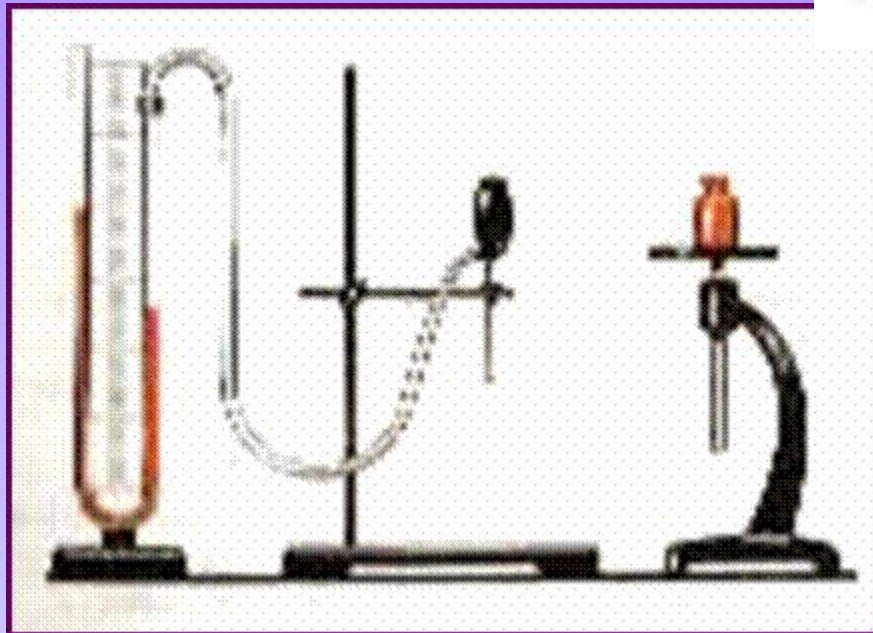
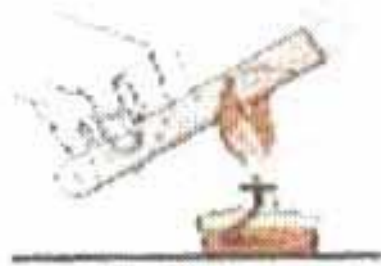
Как образуются бризы?



Составьте текст из фрагментов А, Б, В, Г:

- А.** 1. При нагревании воздуха снизу...
2. В случае нагревания одного конца металлического стержня... 3. При охлаждении жидкости снизу...
- Б.** 1. в данной части вещества увеличиваются колебания частиц и их средняя кинетическая энергия растёт.
2. циркуляции вещества практически не идёт.
3. в данной части вещества растёт средняя скорость поступательного движения молекул и их средняя кинетическая энергия.
- В.** 1. Процесс выравнивания температуры идёт очень медленно, т.к. не происходит перемешивания слоёв.
2. вещество в этом слое расширяется, его плотность уменьшается и оно поднимается вверх в виде струй, уступая место внизу более холодным слоям.
3. Быстро колеблющиеся частицы одного слоя передают энергию соседним частицам, и так от слоя к слою.
- Г.** 1. Такой способ теплопередачи называют *конвекцией*.
2. Это явление называется *теплопроводностью*.

ОТВЕТЫ: 1) А1;Б3;В2;Г1. 2) А2;Б1;В3;Г2. 3) А3;Б2;В1;Г2.





Излучение

Это особое инфракрасное (тепловое) излучение, подобное свету, но невидимое глазу

Особенности:

1. Передаётся через вакуум на большие расстояния.
2. Любое тело «светится», излучая тепловые лучи.
3. Чем больше температура тела, тем сильнее оно излучает.
4. Поглощают тепло разные тела неодинаково.

Поглощение телами:

х о р о ш е е
Чёрные тела, шероховатые поверхности, сажа и др.

п л о х о е (лучше отражают)
Белые тела, блестящие, зеркальные поверхности

Приведите свои примеры излучения и поглощения энергии разными телами

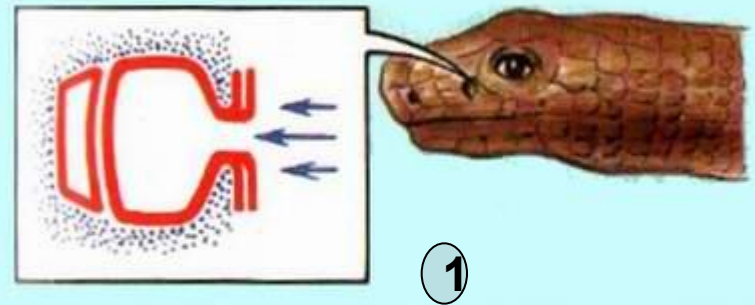
Излучение вокруг нас

Каким способом нагревается вода в ведре?



А сами туристы?

Как змея обнаруживает свою добычу?



Специальный орган, улавливающий тепло животных



Зачем крылья самолётов и воздушные шары красят серебряной краской?



В какой одежде менее жарко летом: в белой или тёмной?

Проверь себя!

Вам известно, как происходит передача теплоты...

А. в вакууме.

Б. в случае конвекции.

В. при разной теплопроводности веществ.

Различают...

Г. хорошие проводники теплоты.

Д. плохие проводники теплоты.

Какие из этих положений Вы используете для объяснения приведённых ниже конкретных фактов?

- 1. Жидкости и газы всегда нагревают снизу.**
- 2. Главным источником энергии для Земли служит Солнце.**
- 3. В доме зимой лучше сберегают тепло двойные рамы, чем одинарные рамы с толстым стеклом.**
- 4. Батареи отопления изготавливают из металла (чугуна и др.)**
- 5. Железный гвоздь невозможно сильно нагреть, держа в руке, а спичку можно держать почти до полного сгорания.**

Ответы: А2; Б1; В5; Г4; Д3

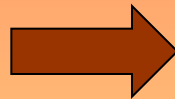
Количество теплоты

Энергия, которую получает или теряет тело при теплопередаче называют количеством теплоты

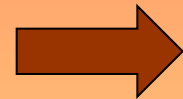
Обозначается: Q

Ед. измерения: 1 Дж

Тело
получило
(отдало)
количество
теплоты
20 кДж



Произошёл процесс,
в результате которого
внутренняя энергия
тела увеличилась
(или уменьшилась) на
20 000 Дж без
соверше-
ния работы.

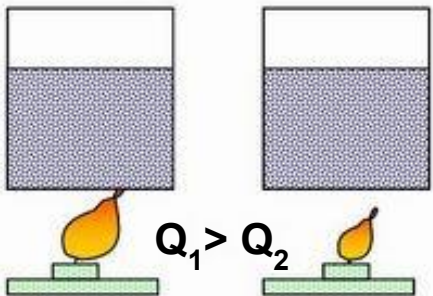
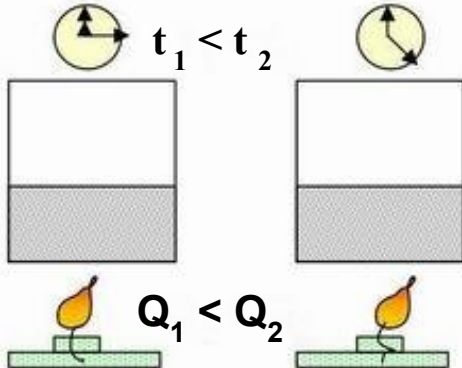
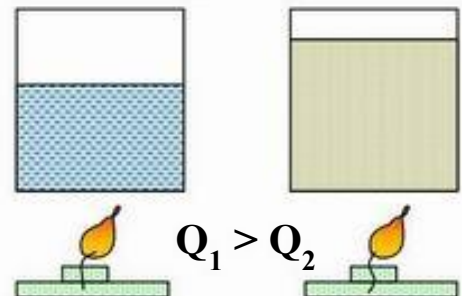


выражение:

От чего зависит величина Q ?

Что значит

Расчёт количества теплоты

<p>$t_1^{\circ}\text{C} > t_2^{\circ}\text{C}$</p>  <p>$Q_1 > Q_2$</p> <p>Разная температура</p> <p>$Q \sim \Delta t^{\circ}\text{C}$</p>	<p>$t_1 < t_2$</p>  <p>$Q_1 < Q_2$</p> <p>Разное время нагревания</p> <p>$Q \sim t$</p>	<p>$m_1 = m_2$</p>  <p>$Q_1 > Q_2$</p> <p>Разные вещества</p> <p>$Q \sim \text{роду вещества}$</p>
---	--	---

Вывод:

количество теплоты, которое получает (или отдаёт) тело, зависит от его массы, рода вещества, и изменения температуры.

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ

показывает, какое количество теплоты требуется для изменения температуры вещества массой 1 кг на 1°C .

Обозначается: C .

Единица измерения: $1 \text{ Дж} / \text{кг}^{\circ}\text{C}$

$$Q = cm(t_2^{\circ} - t_1^{\circ})$$

Проверь себя!

А. Какая из указанных величин не используется при вычислении количества теплоты:

1. разность начальной и конечной температур.
2. объём тела.
3. масса тела.
4. удельная теплоёмкость тела.

Б. Можно ли от куска льда отнять некоторое количество теплоты?

1. Нет, т. к. он и так холодный.
2. Да, но только когда окружающие тела имеют ещё более низкую температуру.

В. Может ли бочка с водой служить регулятором постоянной температуры в погребе?

1. Нет, погреб недостаточно утеплён для зимних температур.
2. Да. Благодаря высокой теплоёмкости массы воды в бочке выделяемое (поглощаемое) тепло сглаживает колебания температуры в погребе в сравнении с наружной.

Укажите единицы измерения...

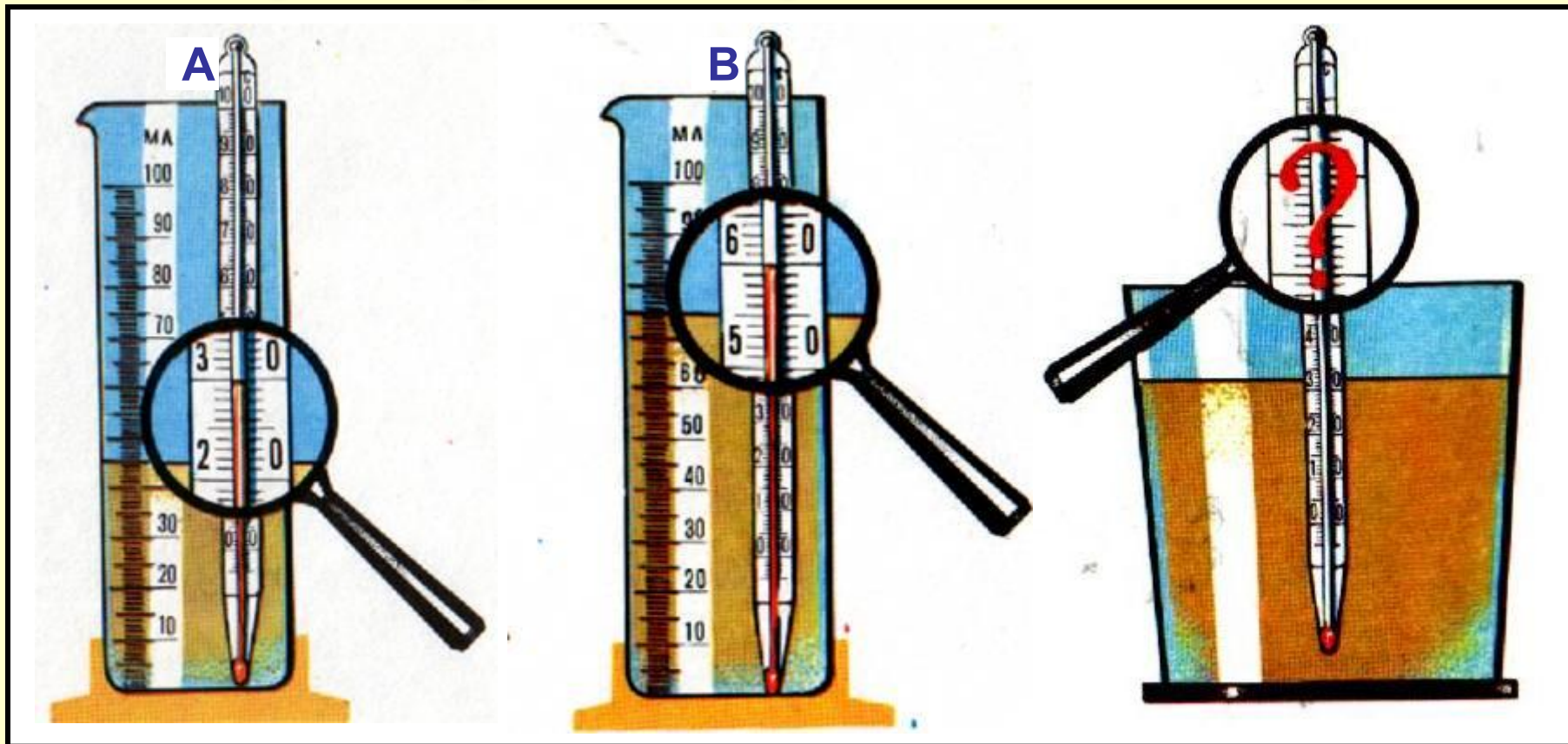
Г. удельной теплоёмкости.

Д. количества теплоты.

1. Градус ($^{\circ}\text{C}$).
2. Дж.
3. Дж / ($\text{кг } ^{\circ}\text{C}$).
4. кг.

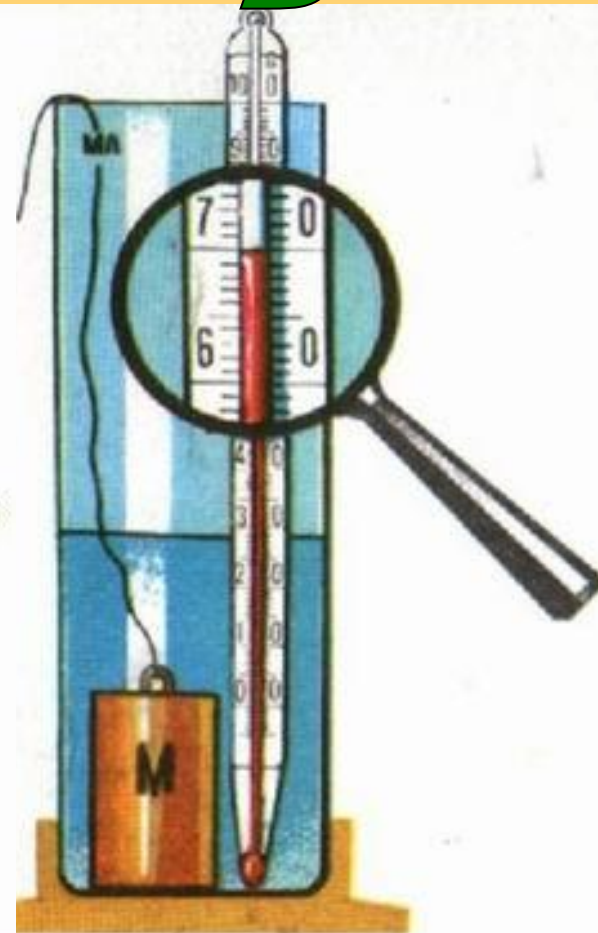
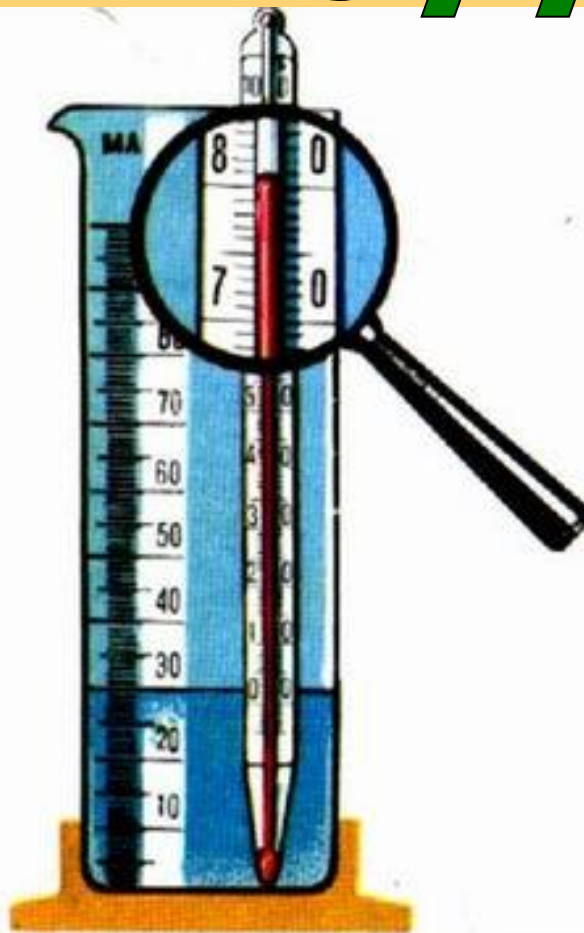
Ответы: А2; Б2; В2; Г3; Д2.

Попробуйте рассчитать!



Керосин из мензурок А и В перелили в стакан. Определите температуру керосина в стакане. Нагреванием стакана и объёмом термометра пренебречь.

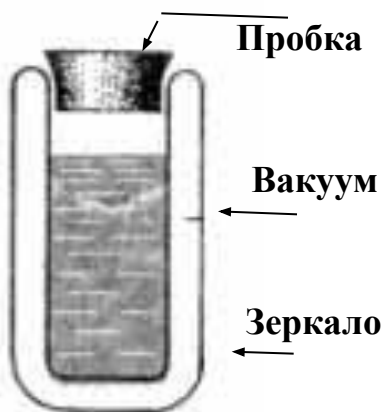
Реши задачу!



Задача. Латунное тело **M** опустили в мензурку с водой так, как показано на рисунке. Определить, на сколько градусов повысилась температура тела **M**, считая неизменной температуру мензурки. Объёмом термометра пренебречь.

ОТВЕТ: $\sim 1,1^{\circ}\text{C}$

Теплопередача в природе и технике

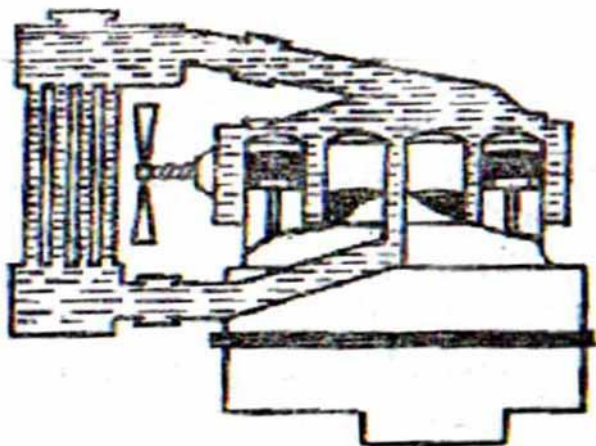


Какие виды теплопередачи устраняет пробка?
Вакуум?
Зеркало?

Какой из воробьёв

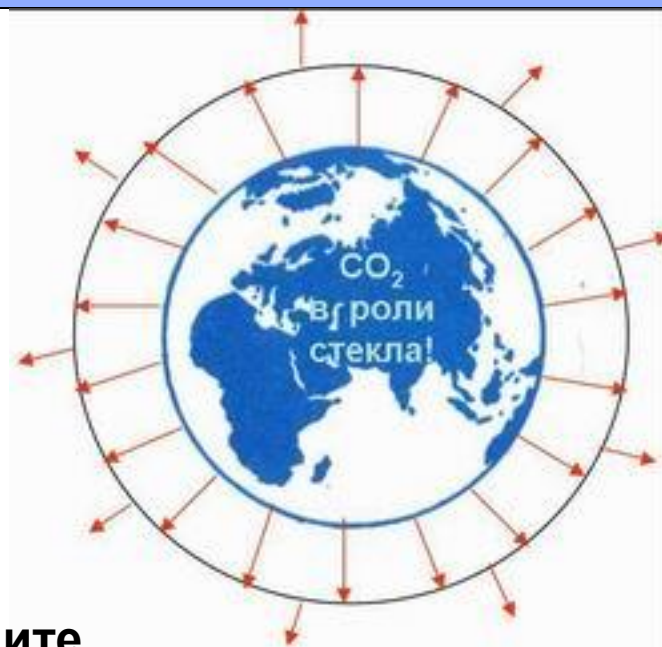


изображён летом, а какой- зимой?



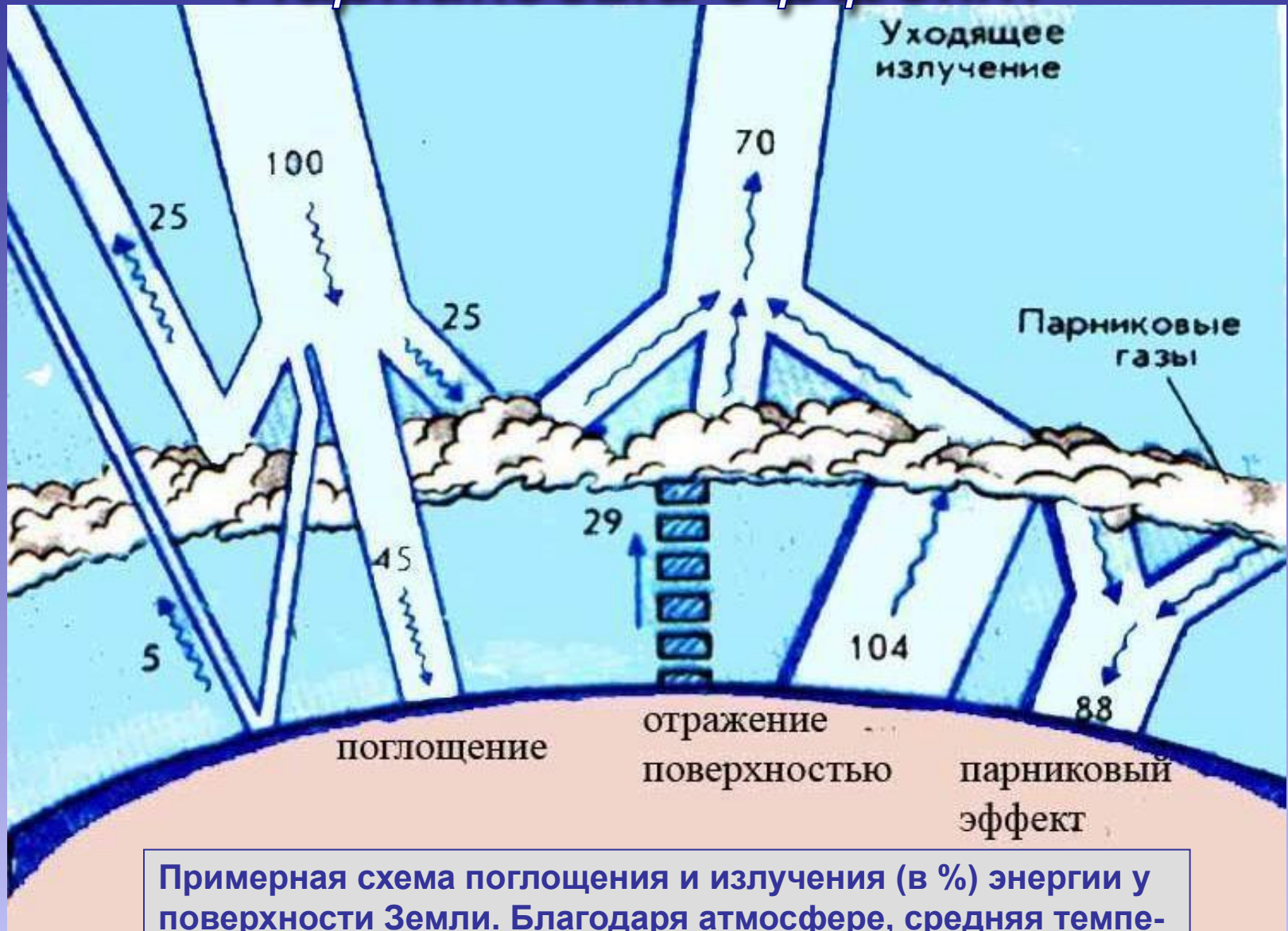
В каком направлении движется вода (вверх или вниз) при работе двигателя автомобиля?

З
е
м
л
я
н
е



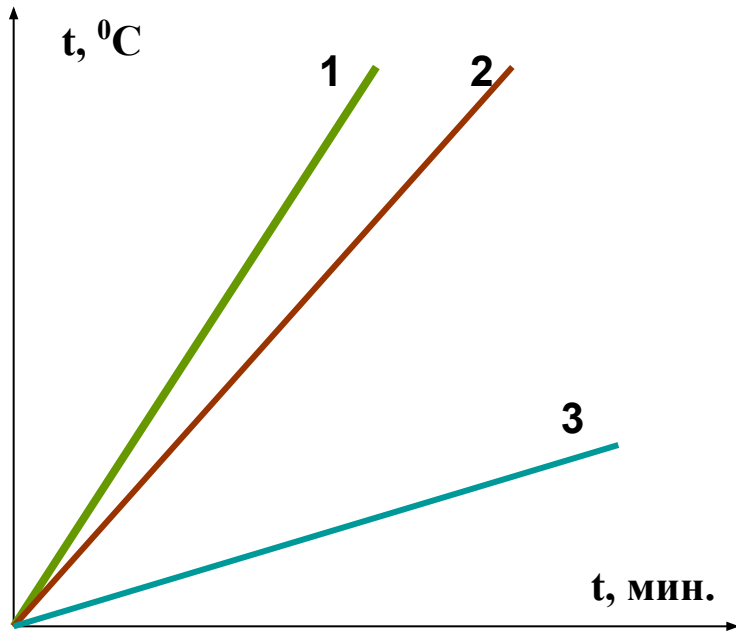
Объясните, что такое «парниковый эффект»? Вреден или полезен для планеты?

"Парниковый эффект"



Примерная схема поглощения и излучения (в %) энергии у поверхности Земли. Благодаря атмосфере, средняя температура планеты **+ 14,5 °C** (без атмосферы – **18,7 °C**).

Реши задачи!



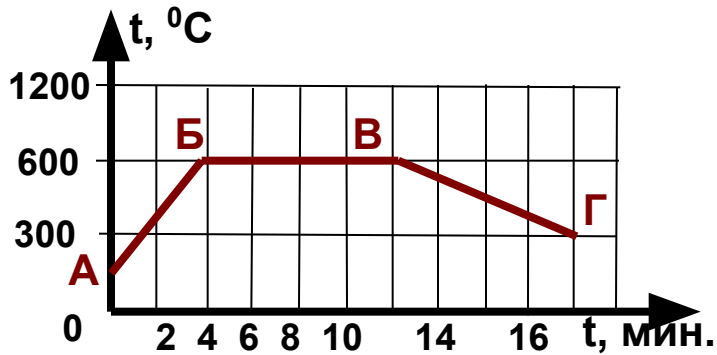
На одинаковых горелках нагревались **вода, медь, железо** равной массы.

Какой график соответствует каждому веществу?

2 В железный душевой бак, масса которого 70 кг, налили холодной воды объемом 200 л. В результате нагревания солнечным излучением температура воды повысилась с 4 до $30 ^\circ\text{C}$. Какое количество теплоты получили бак и вода?

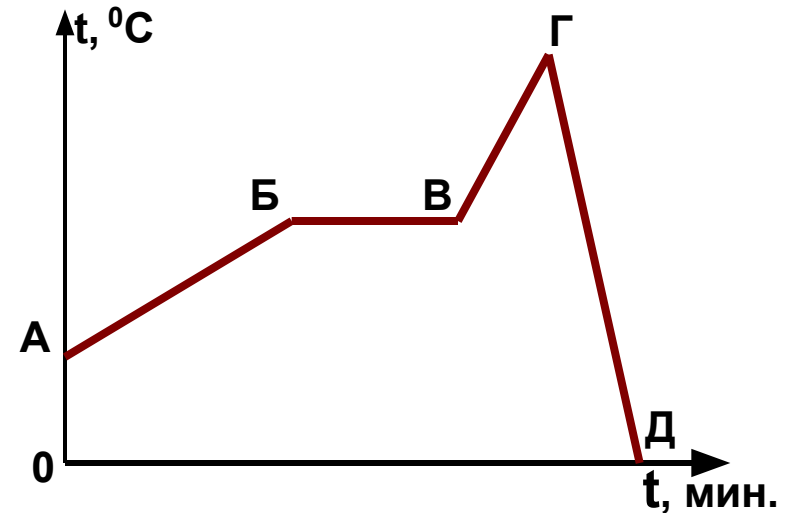
3 Какое количество теплоты передаст окружающим телам кирпичная печь массой 1,5 Т при охлаждении от $30 ^\circ\text{C}$ до $20 ^\circ\text{C}$?

"Читаем" графики



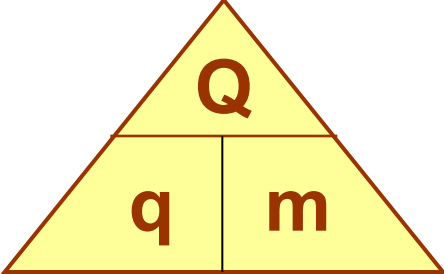
Вопросы:

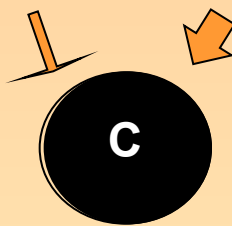
1. Какую t^0 имело тело в т. А, В, Г?
2. Какой процесс описывают участки АБ? БВ? ВГ?
3. При какой t^0 начался процесс? Закончился?
4. Какую t^0 имело тело на 4 мин.?
5. Сколько времени длился процесс охлаждения тела?
6. Что происходило с телом на отрезке БВ графика?
7. Что происходило быстрее: нагревание или охлаждение?



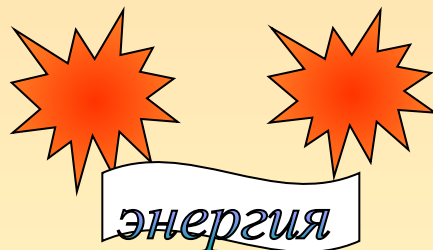
1. На каком участке телу сообщается некоторое количество теплоты Q ?
2. Когда тело отдаёт Q ?
3. Какую t^0 имеет тело к концу процесса?
4. Сравните количество теплоты, приобретённое телом в ходе процесса и отданное.
5. Сообщалось ли телу некоторое Q на участке БВ? Зачем?

Энергия топлива


$$Q = q * m$$



При горении топлива (угля, нефти, газа, сланцев) один атом углерода соединяется с двумя атомами кислорода. При образовании этой молекулы выделяется энергия.

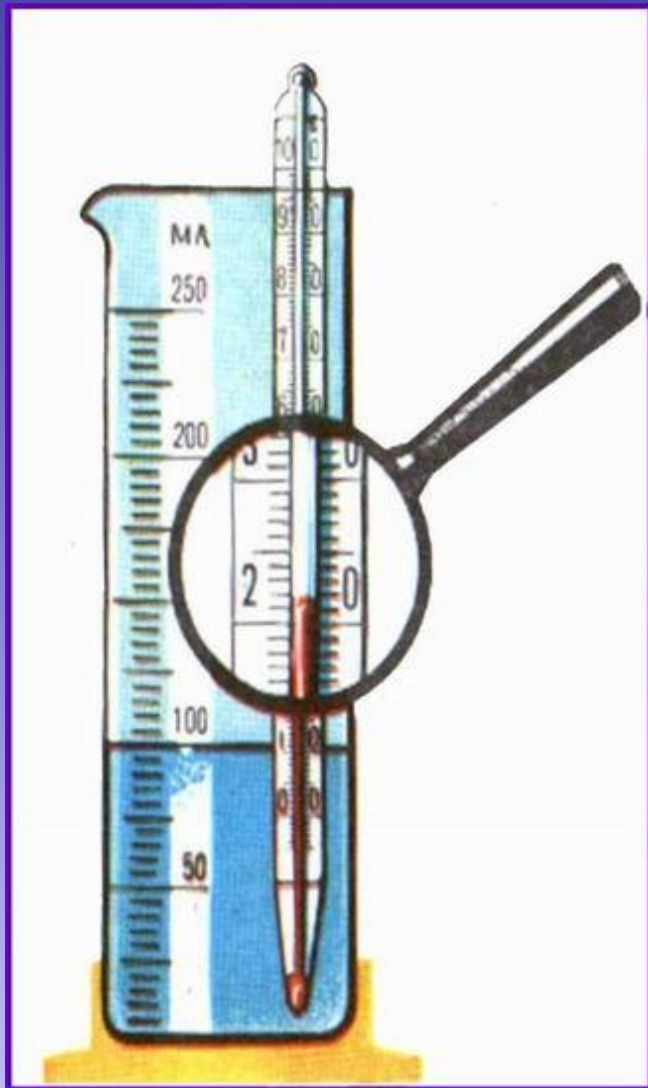


Удельная теплота сгорания топлива

показывает, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 1 кг топлива. Обозначается: q

Единица измерения: 1 Дж / кг.

Рассчитайте:



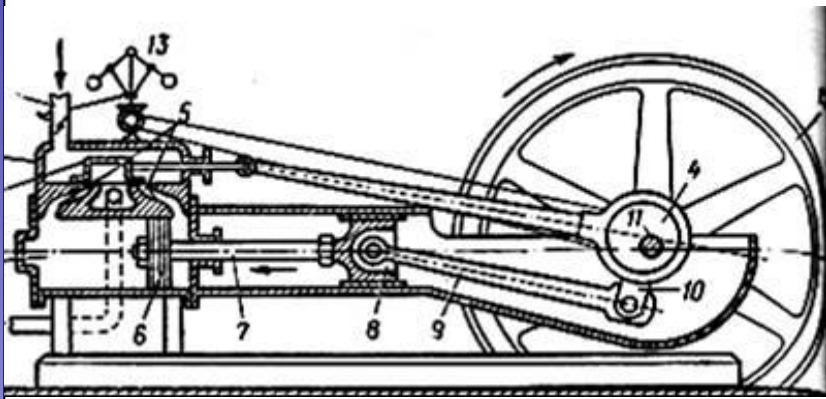
Воду из мензурки перелили в сосуд и довели до кипения. Определить **массу** сгоревшего спирта.

Помощь:

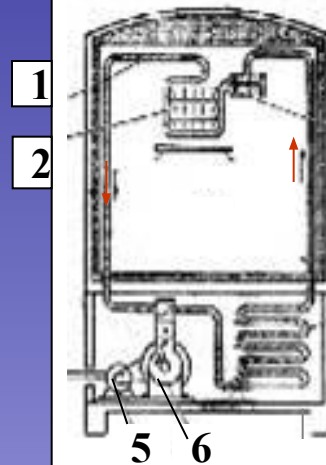
1. Определите массу воды.
2. Рассчитайте количество теплоты, необходимое для её нагревания до 100°C .
3. Найдите, какое количество спирта выделяет столько же энергии при своём сгорании.

Тепловые машины

Паровая машина

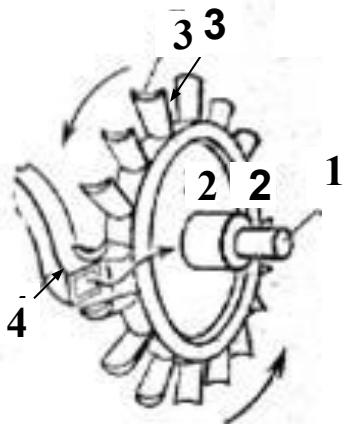


Холодильник



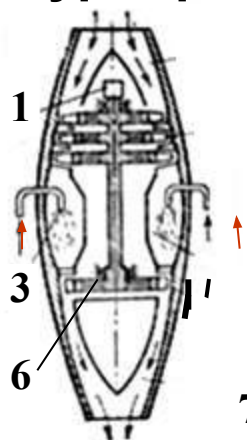
- 1 – испаритель
- 2 – морозильная камера
- 3 – регулирующий клапан испарителя
- 4 – змеевик
- 5 – мотор
- 6 – компрессор

Турбина



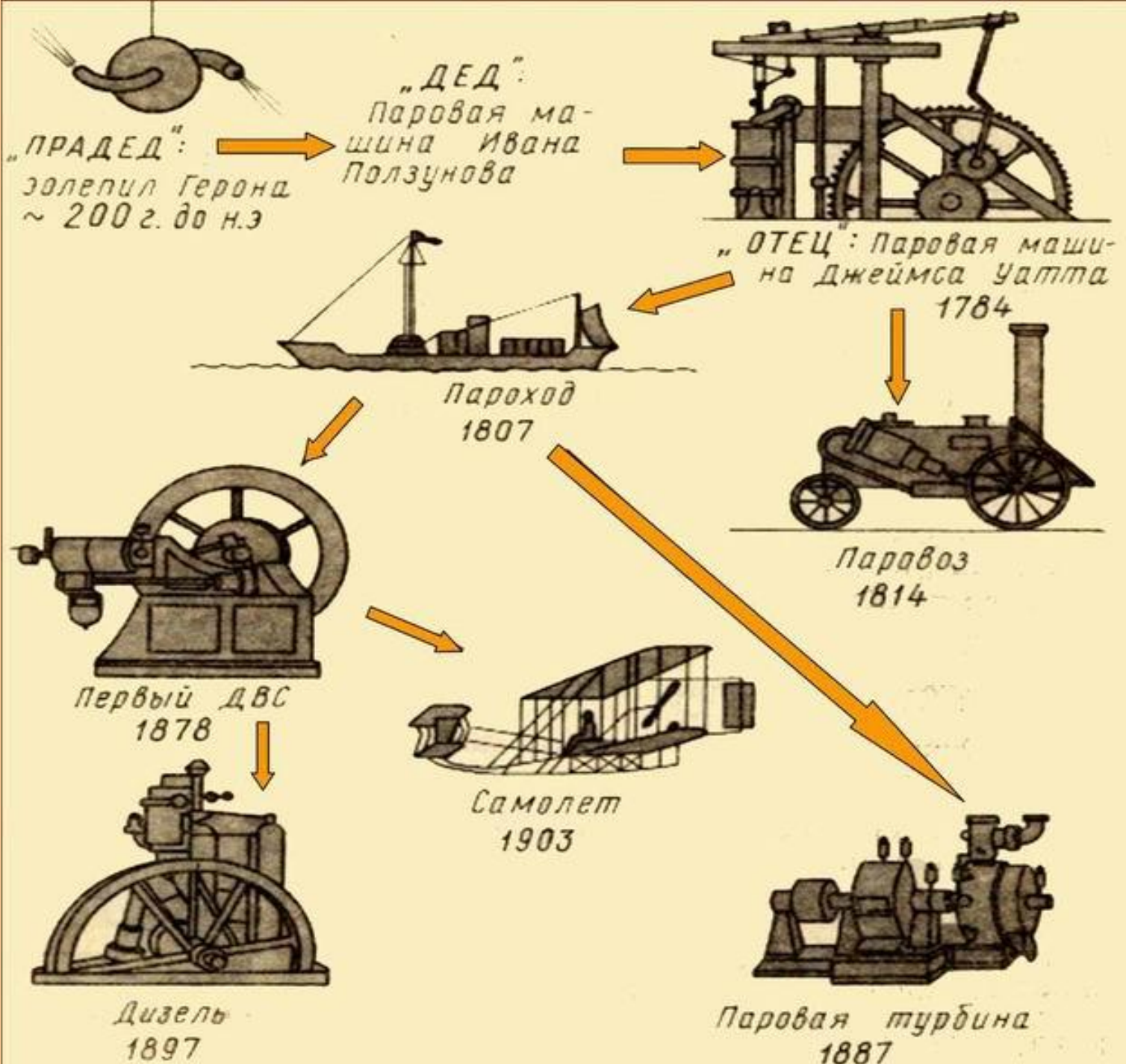
- 1 – вал
- 2 – ротор
- 3 – лопатка
- 4 – сопло

Турбореактивный двигатель



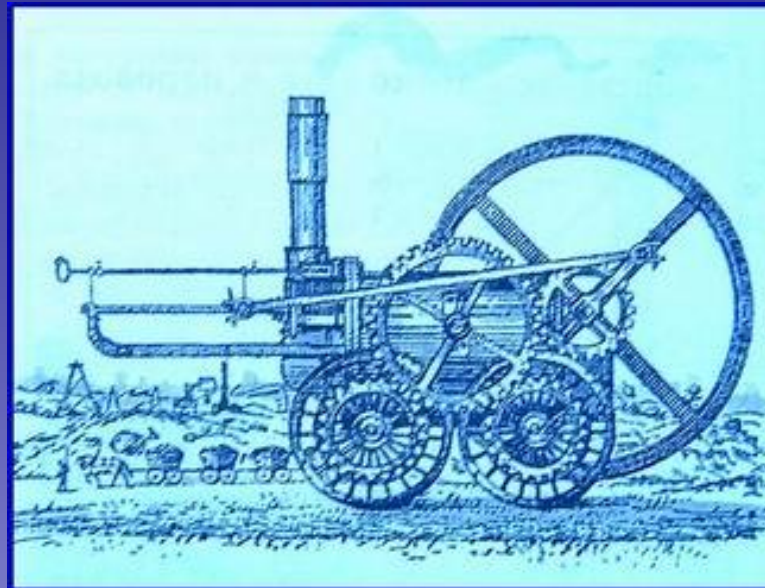
- 1 – вал турбины
- 2 – турбокомпрессор
- 3 – форсунки для подачи топлива
- 4 – камеры сгорания
- 5 – воздушный поток
- 6 – турбина
- 7 – сопло

Тепловые машины



Первый паровоз был сконструирован в 1803 г. английским изобретателем Ричардом Тревитиком.

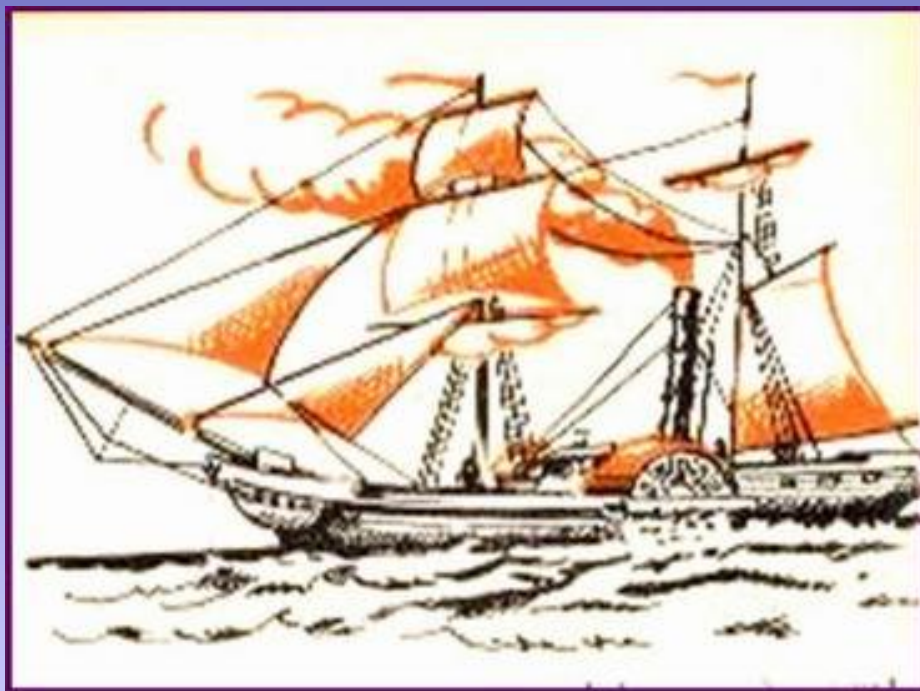
Масса паровоза составляла 5 т. Когда его стали использовать на конной чугунной дороге, он начал ломать рельсы. Второй паровоз Тревитика развивал скорость 30 км/ч, но нашёл место только в качестве аттракциона на небольшой кольцевой дороге.



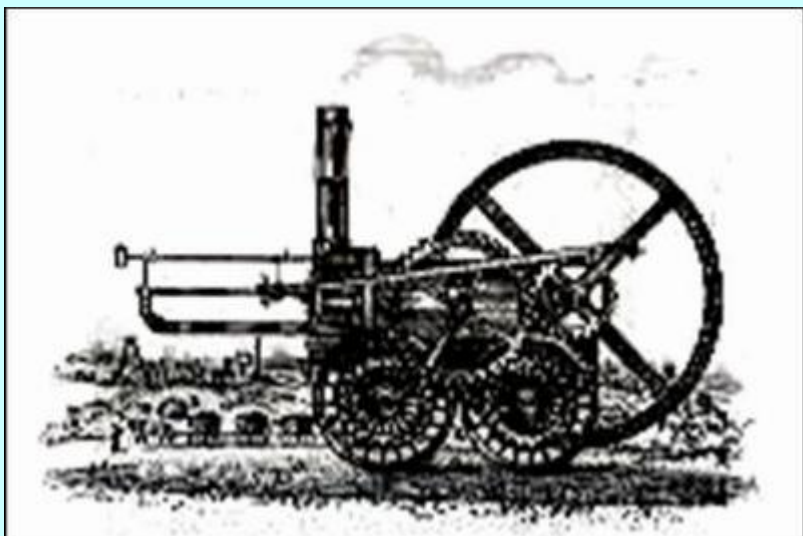
Первоначальное название парохода – *пироскаф*. Он имел ещё паруса.

Первый пароход «Клермонт» построен в Сев. Америке (1807 г.).

В России впервые пароход «Елизавета» курсировал между Санкт – Петербургом и Кронштадтом (1815 г.)



Какие виды энергии использовал пироскаф для своего движения?



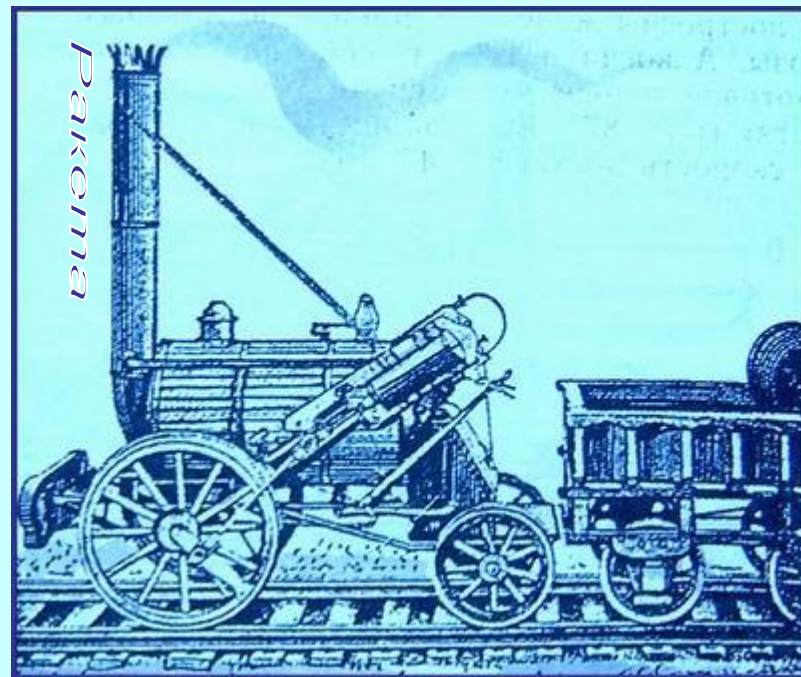
Решающая роль в развитии парового железнодорожного транспорта принадлежит английскому конструктору и изобретателю **Д. Стефенсону** (1781 – 1848).

Строить паровозы он начал с 1814 г. Уже в 1823 г. им был основан первый в мире паровозостроительный завод. Под руководством Стефенсона были построены железные дороги.

В 1829 г. состоялись соревнования лучших локомотивов. Первое место среди них занял паровоз Стефенсона «Ракета». Его мощность составляла 3 л.с., а наибольшая скорость – 47 км/ч.

В России первый паровоз был создан крепостными мастерами-самоучками отцом и сыном **Е.А. и М.Е. Черепановыми** в 1834 г.

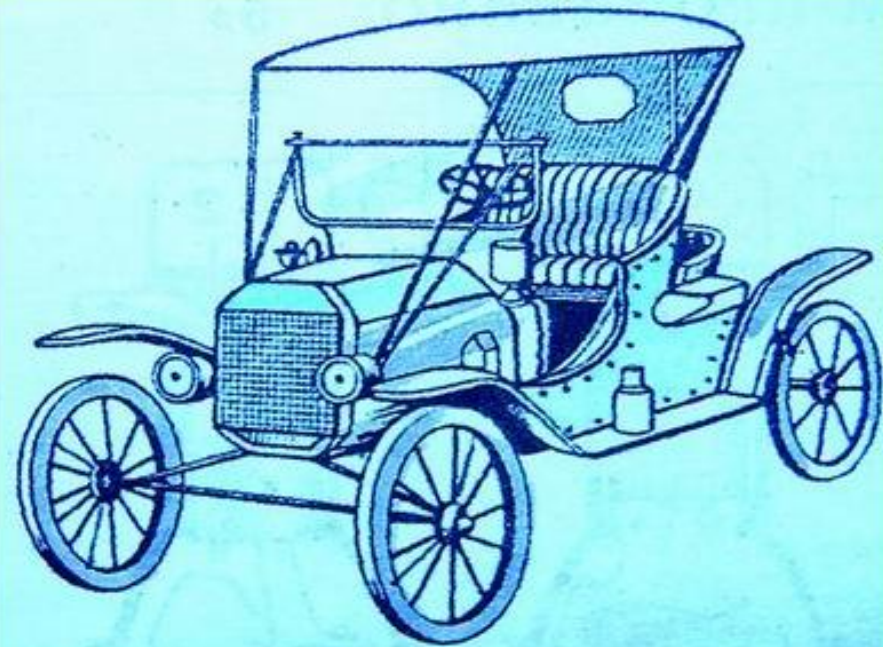
Более 100 лет паровозы были в мире главным транспортным средством



Тележка Кюньо

Первым паровым автомобилем была самодвижущаяся тележка французского инженера **Ж. Кюньо** (1770 г.).

Она предназначалась для перевозки артиллерийских орудий. Устройство было громоздким, трудноуправляемым и при первом испытании тележка налетела на стену. Несмотря на это, все были в восторге от нового вида транспорта.

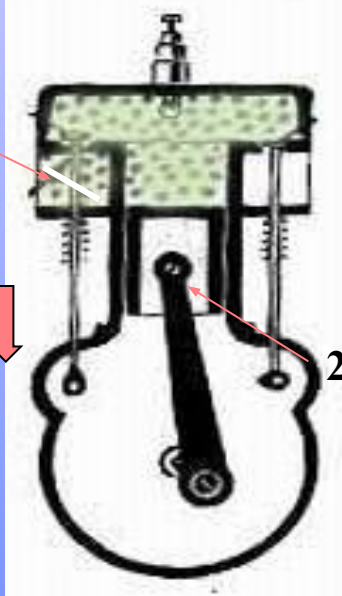


Первый автомобиль с бензиновым двигателем внутреннего сгорания был создан в 1886 г. **Г. Даймлером**. В том же году появился трёхколёсный автомобиль **К. Бенца**.

В 1892 г. свой первый автомобиль построил **Г. Форд** (США). Через 11 лет его автомобили были запущены в серийное производство и распространились по всему миру.

В 1908 г. автомобили начали производить в России («Руссо-Балт», Рига).

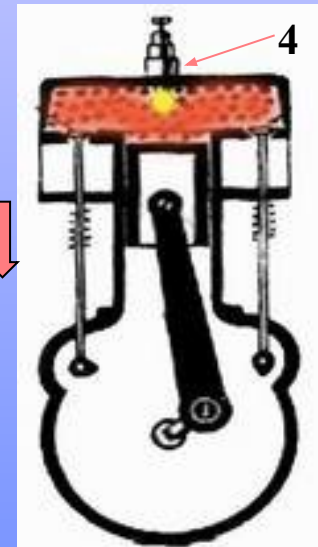
Двигатель внутреннего сгорания



I такт

Впуск

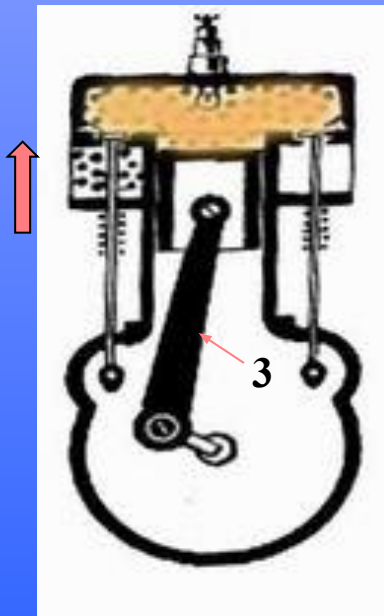
- 1 – впускной клапан
- 2 – поршень



III такт

Рабочий ход

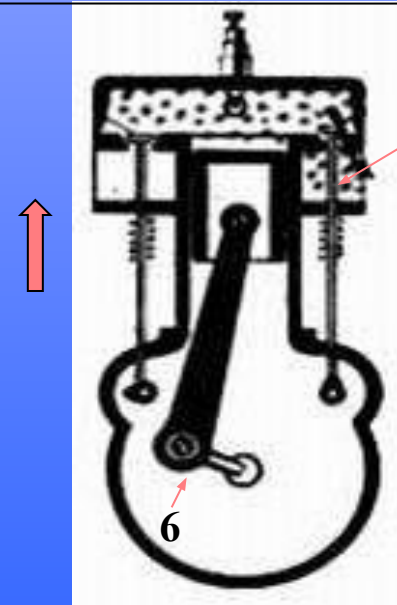
- 4 – свеча зажигания



II такт

Сжатие

- 3 – шатун



IV такт

Выпуск

- 5 – выпускной клапан
- 6 – коленчатый вал

Проверь себя!

Вы знаете устройство...

- А. паровой машины. Б. двигателя внутреннего сгорания.
В. паровой и газовой турбины. Г. реактивного двигателя.
Д. дизеля.**

Укажите приведённые ниже особенности работы каждого из них.

- 1. Истечение продуктов сгорания приводит в движение машину в сторону, противоположную направлению вылетающих продуктов сгорания.**
- 2. В цилиндре периодически происходит воспламенение от искры смеси бензина с воздухом. Расширяющиеся газы толкают поршень, приводящий в движение коленчатый вал.**
- 3. В котле подогревают воду. Сжатый пар давит на поршень, его движение приводит через шатун во вращение маховик.**
- 4. Нагретый пар (или газ) вращает устройство со специальными лопатками без помощи поршня и шатуна.**
- 5. В цилиндр впрыскивается топливо, происходит самовоспламенение смеси при сжатии. Расширяющиеся газы толкают поршень, приводящий в движение коленчатый вал.**

Ответы: А3; Б2; В4; Г1; Д5.

Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах

В природе **нет** процессов создания и уничтожения энергии



Энергия **превращается** из одного вида в другой, при этом её количество **сохраняется**

Как сохраняется и преобразуется энергия в приведённых ниже примерах?

1. При забивании гвоздя молотком гвоздь нагревается.
2. Падение воды с плотины электростанции на турбину.
3. Закручивание пружины механических часов.
4. Вылет пробки из пробирки при закипании в ней воды.
5. Нагревание ладоней при интенсивном натирании.
6. При быстром расширении жидкая углекислота становится «сухим льдом».

Проверь себя!

Вам известно:

1. Внутренняя энергия тела может превращаться в механическую.
2. Механическая энергия может превращаться во внутреннюю.
3. Потенциальная энергия может превращаться в кинетическую и наоборот.
4. Часть внутренней энергии одного тела может передаваться другим телам разными способами.
5. Механическая энергия одного тела может передаваться другим телам.

Какими из приведённых ниже примеров это можно подтвердить:

- А. Автомобиль приводится в движение энергией горячей смеси.
- Б. Падающая вода вращает турбины электростанции.
- В. При резком торможении шины автомобиля сильно нагреваются.
- Г. Для закалки свёрла сначала нагревают в печи, а потом резко охлаждают в специальном растворе.
- Д. Костёр для туриста – главное средство обогрева и приготовления пищи.

Ответы: 1А; 2В; 3Б; 4Г, 4Д; 5Б.



Из задач учителя О. Л. Фогель

Задача 1. Какое количество теплоты получит турист, выпив чашку чая массой 200 г, нагретого до $t = 46,5 \text{ }^\circ\text{C}$? ($t_{\text{тела человека}} = 36,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

-Можно ли быстро согреться таким чаем, если замёрзнешь?

-Что может случиться в бане, если выпьешь очень холодной воды?

Задача 2. Какое количество энергии приобретёт турист, если к чаю съест ещё бутерброд с маслом? (масса хлеба 100 г, масла – 20 г; удельная теплота сгорания хлеба - 9 260 000 Дж/кг, а масла – 32 690 000 Дж/кг).

Задача 3. На какую высоту в гору может подняться школьник массой 40 кг за счёт энергии бутерброда, если его организм всю эту энергию превратит в мышечную?

Дополнительно рассчитать,
если за плечами рюкзак
массой 5 кг; 10 кг.

Ответы:

1. 8,4 кДж

2. ~1,6 МДж

3. $h = Q/mg$,
4000 м;

3556 м;

3200 м.



Куда потратится дополнительная энергия, если в гору не идти, а лечь под кустом отдыхать?



Каким бывает лёд?

Горячий лёд

Мы привыкли считать, что вода не может быть в твёрдом состоянии при t выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Английский физик Бриджмен показал, что вода под давлением $p \sim 2 \cdot 10^9\text{ Па}$ остаётся твёрдой даже при $t = 76\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это так называемый «горячий лёд - 5». Взять его в руки нельзя, о свойствах этой разновидности льда узнали косвенным образом.

«Горячий лёд» плотнее воды (1050 кг/м^3), он тонет в воде.

Сегодня известно более 10 разновидностей льда с удивительными качествами.

Сухой лёд

При сгорании угля можно получить не жар, а наоборот, холод. Для этого уголь сжигают в котлах, образующийся дым очищают и улавливают в нём углекислый газ. Его охлаждают и сжимают до давления $7 \cdot 10^6\text{ Па}$. Получается жидкая углекислота. Её хранят в толстостенных баллонах.

При открывании крана жидкая углекислота резко расширяется и охлаждается, превращаясь в твёрдую углекислоту – «сухой лёд». Под влиянием теплоты хлопья сухого льда сразу переходят в газ, минуя жидкое состояние.

Можно ли считать названные разновидности льда новым агрегатным состоянием вещества?



формула по методу

$$Q = m(t_2 - t_1)$$
$$m = \frac{Q}{(t_2 - t_1)}$$
$$t_2 - t_1 = \frac{Q}{m}$$
$$t_2 = \frac{Q}{m} + t_1$$
$$t_2 = \frac{Q}{m} + t_1$$

Эсмаформа