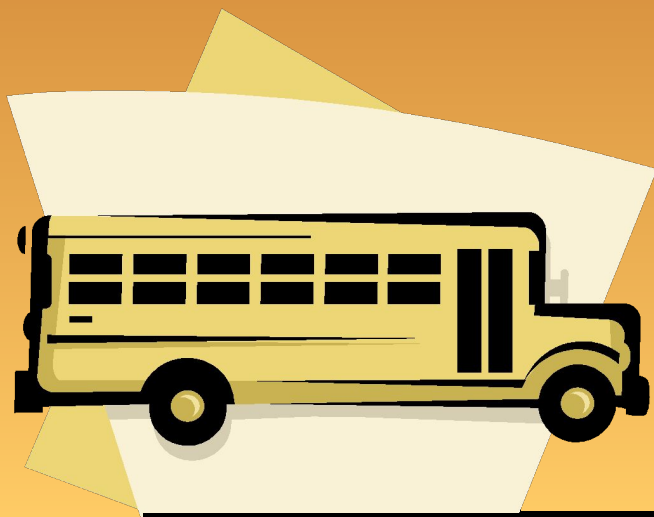


# Тепловые явления



# Тепловое движение

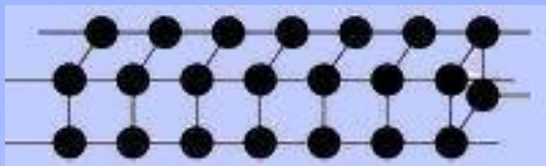
Беспорядочное перемещение частиц тела, не прекращающееся при любой температуре выше Абсолютного нуля ( $-273^{\circ}\text{C}$ ).  $V_{\text{частиц}} \rightarrow T_{\text{тела}}$



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

## Твёрдое тело

Сохраняет форму и объём, сжимаемо.

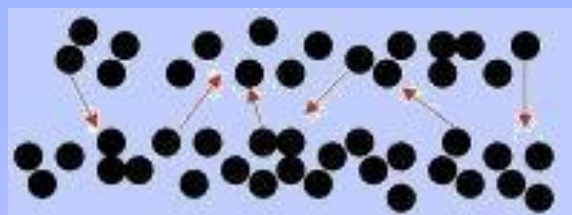


Молекулы совершают только колебания.

«оседлые»

## Жидкость

Сохраняет объём, течёт, несжимаема.  $1\text{ см}^3$  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;**

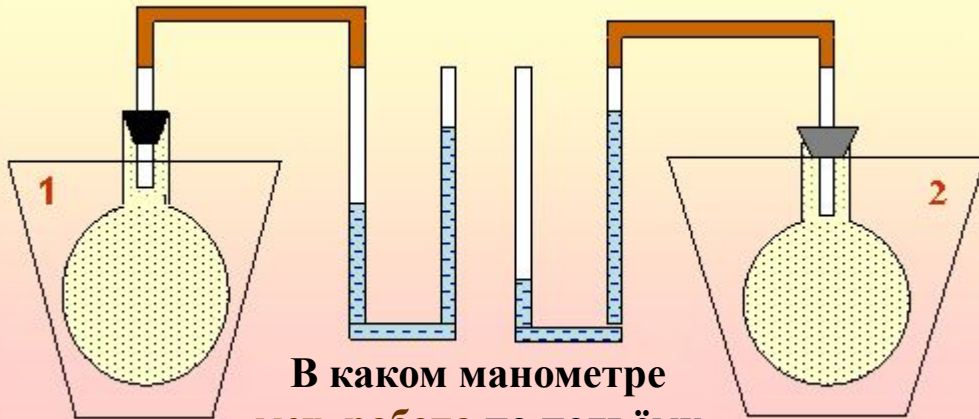
**А2Б2В2Г3Д1**

**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.



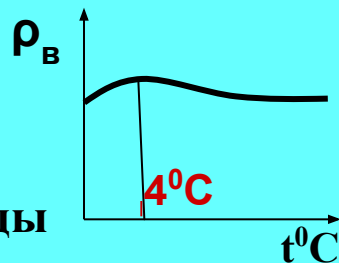
# Теплопроводность вокруг нас

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

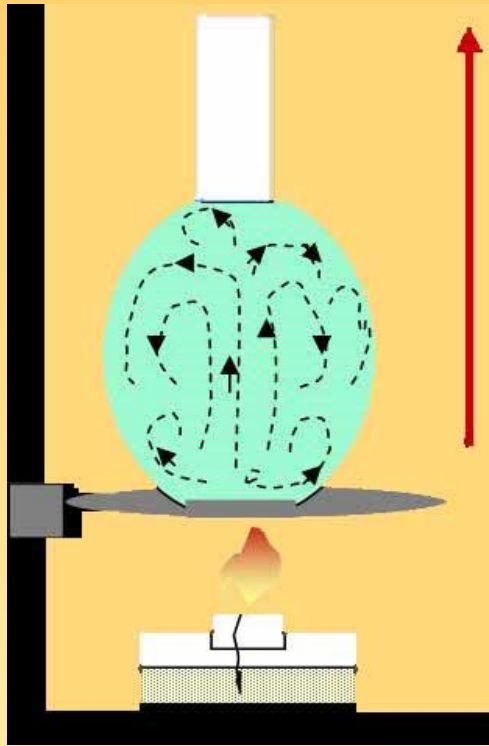
В каком состоянии вода обладает...

- 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?

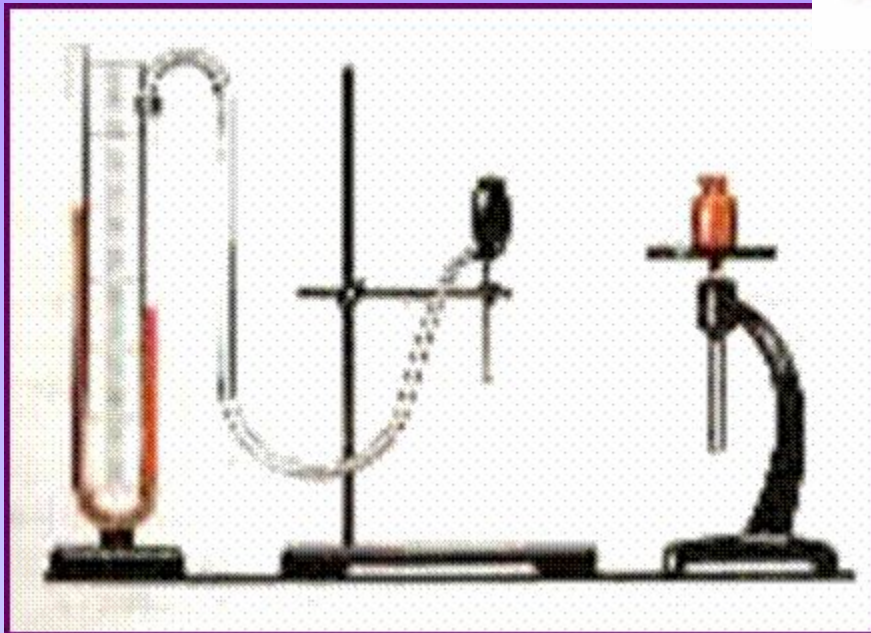
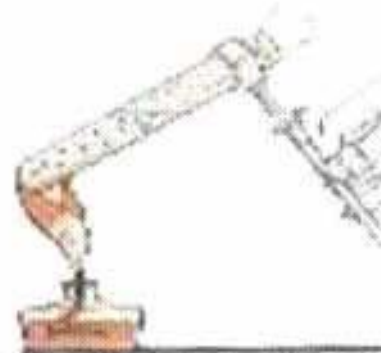
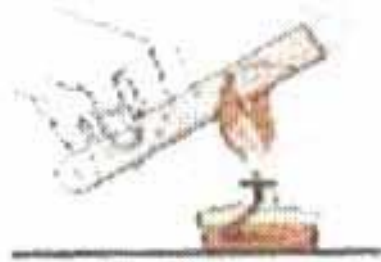
Как образуются бризы?



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**



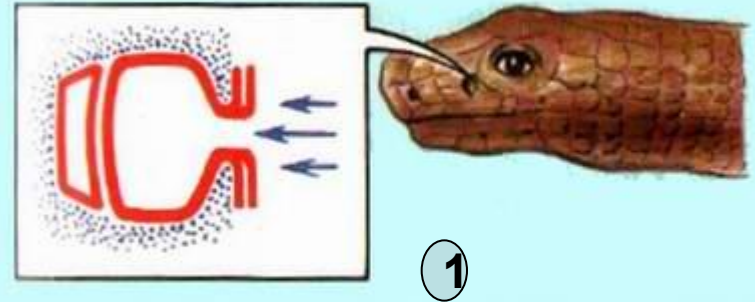
# Излучение вокруг нас

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**

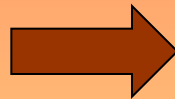
# Количество теплоты

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

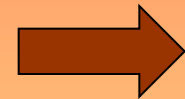
Обозначается:  $Q$

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.

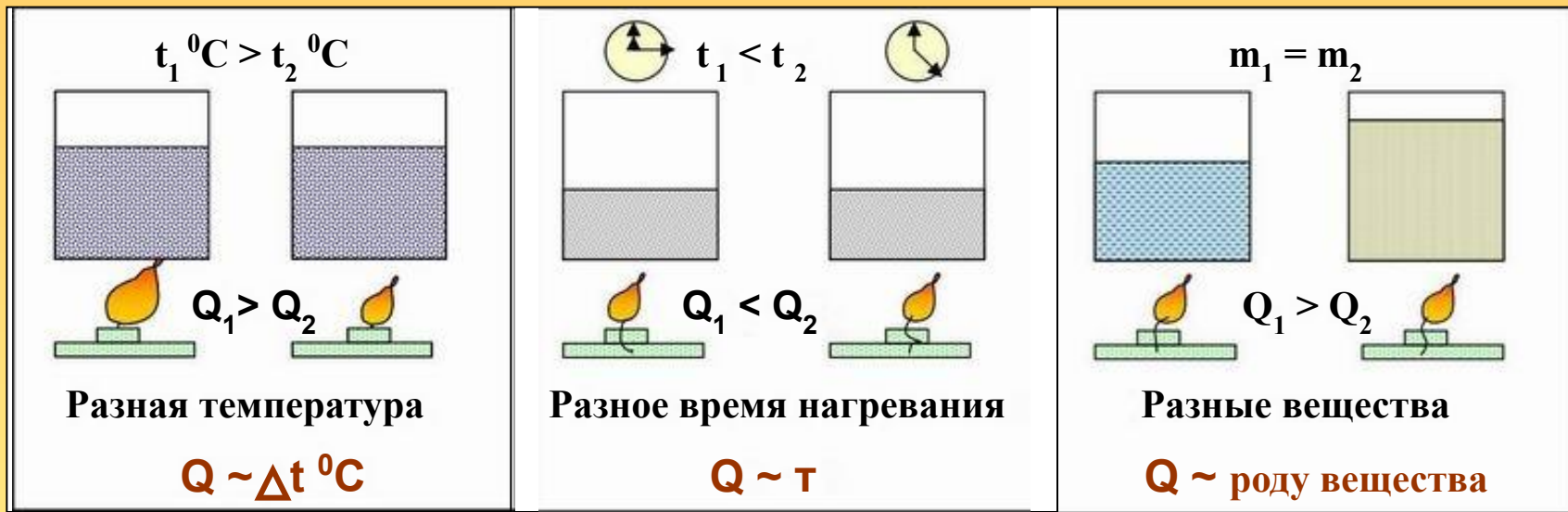


выражение:

От чего зависит величина  $Q$  ?

Что значит

# Расчёт количества теплоты



**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 Дж / кг °C**

$$Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$$



# 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...**

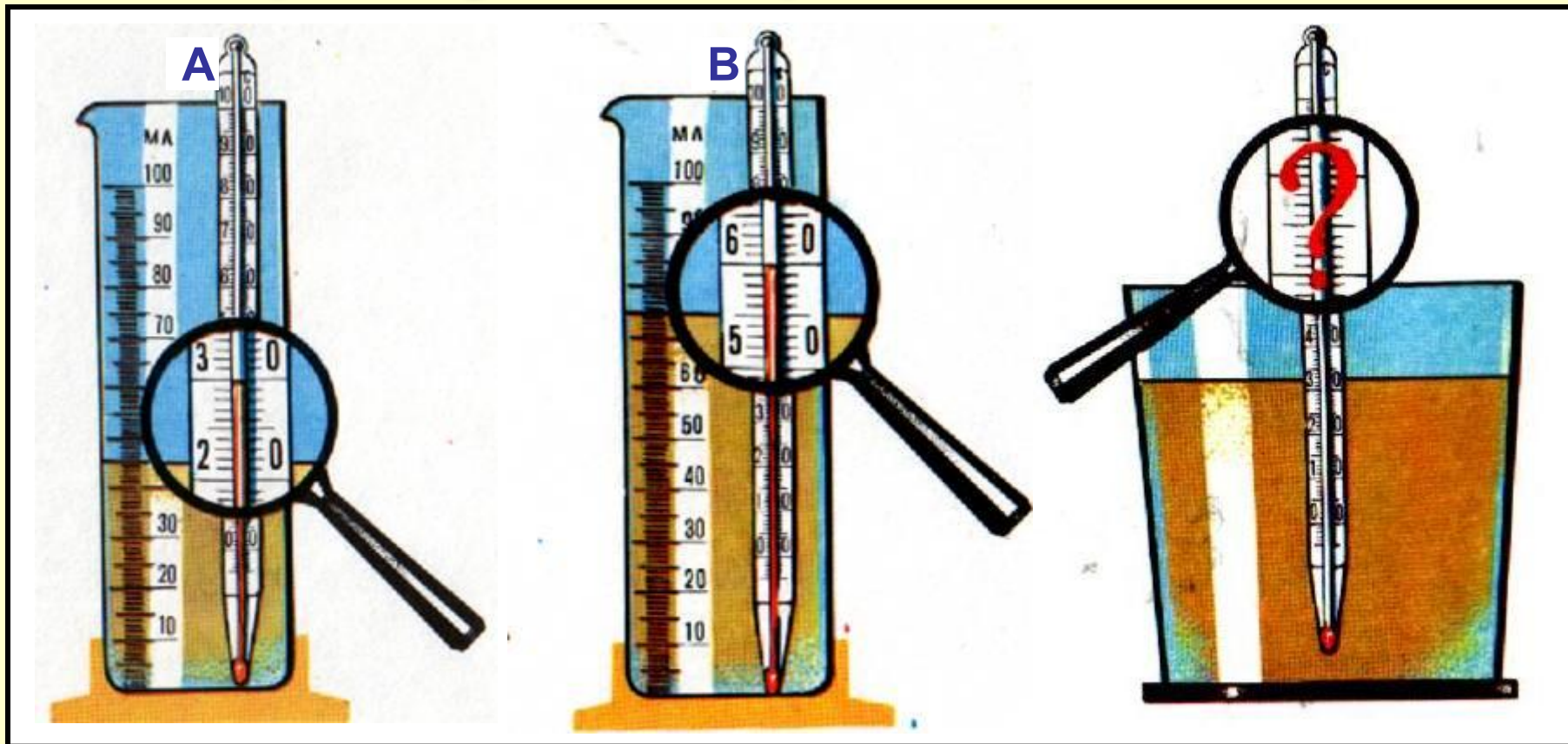
**Г. удельной теплоёмкости.**

**Д. количества теплоты.**

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

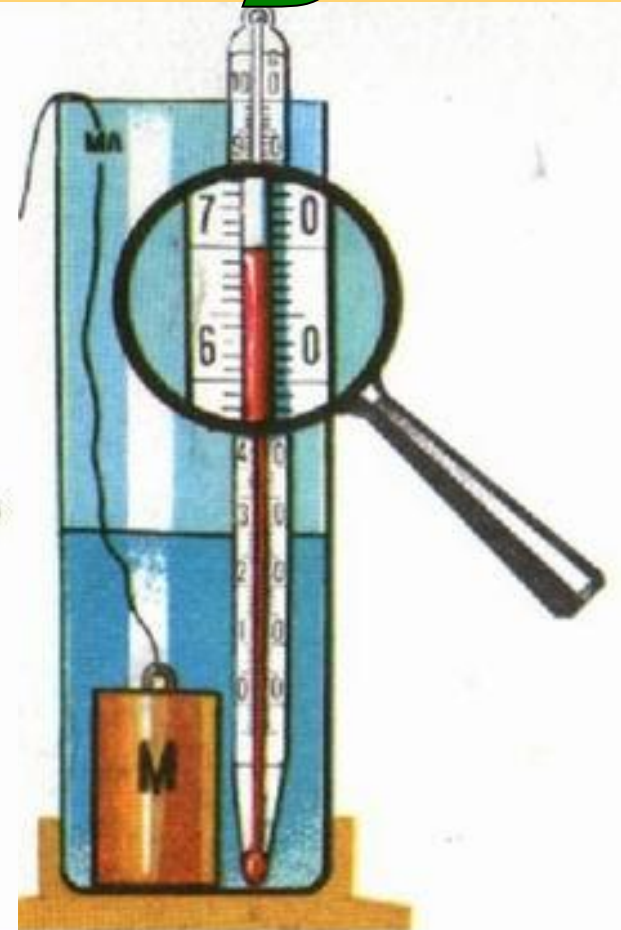
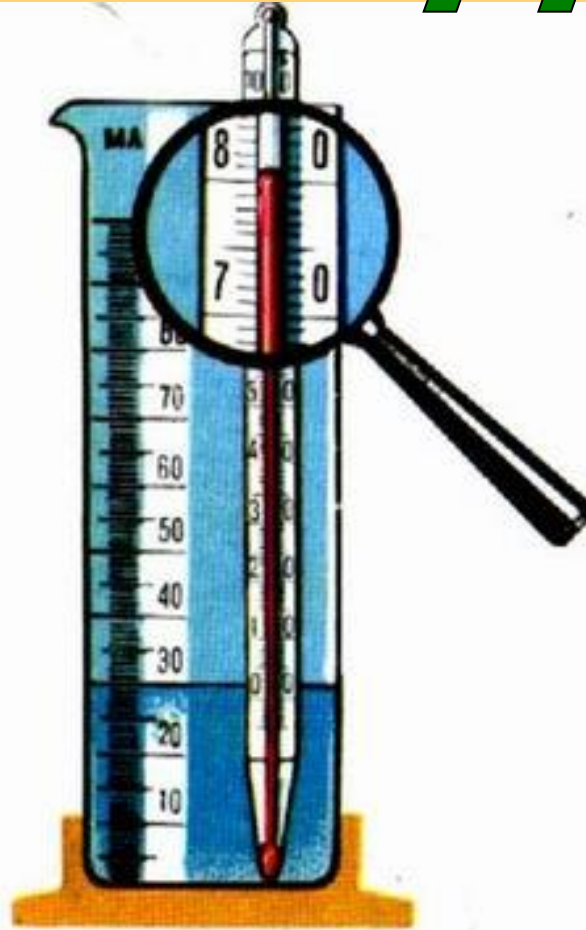
**Ответы: А2; Б2; В2; Г3; Д2.**

# 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

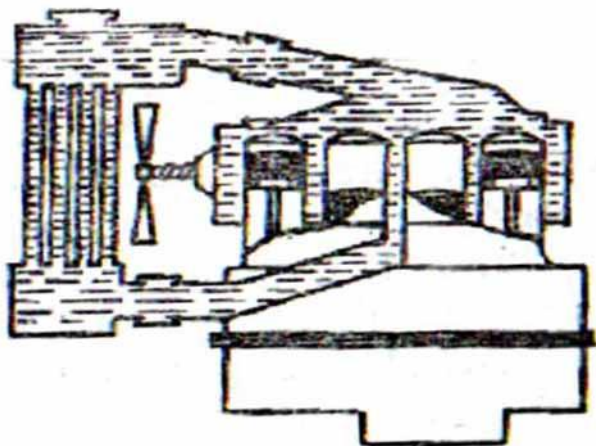


Какие виды теплопередачи устраняет пробка?  
Вакуум?  
Зеркало?

Какой из воробьёв

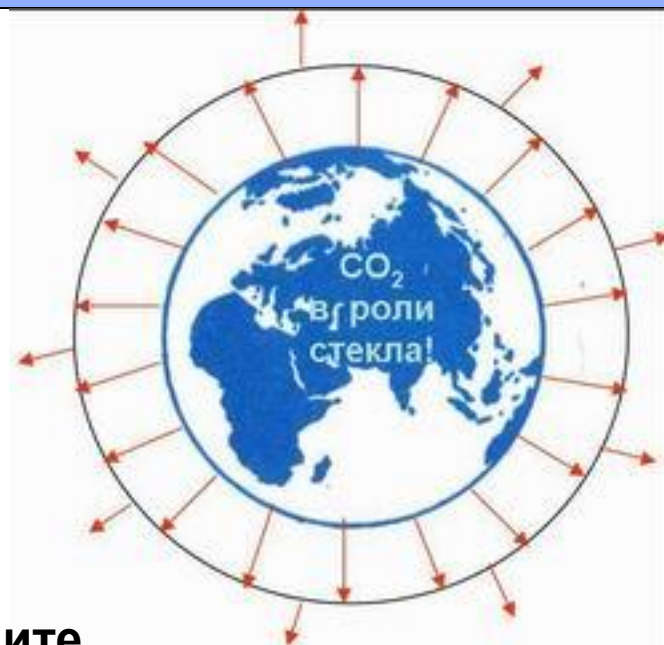


изображён летом, а какой- зимой?



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

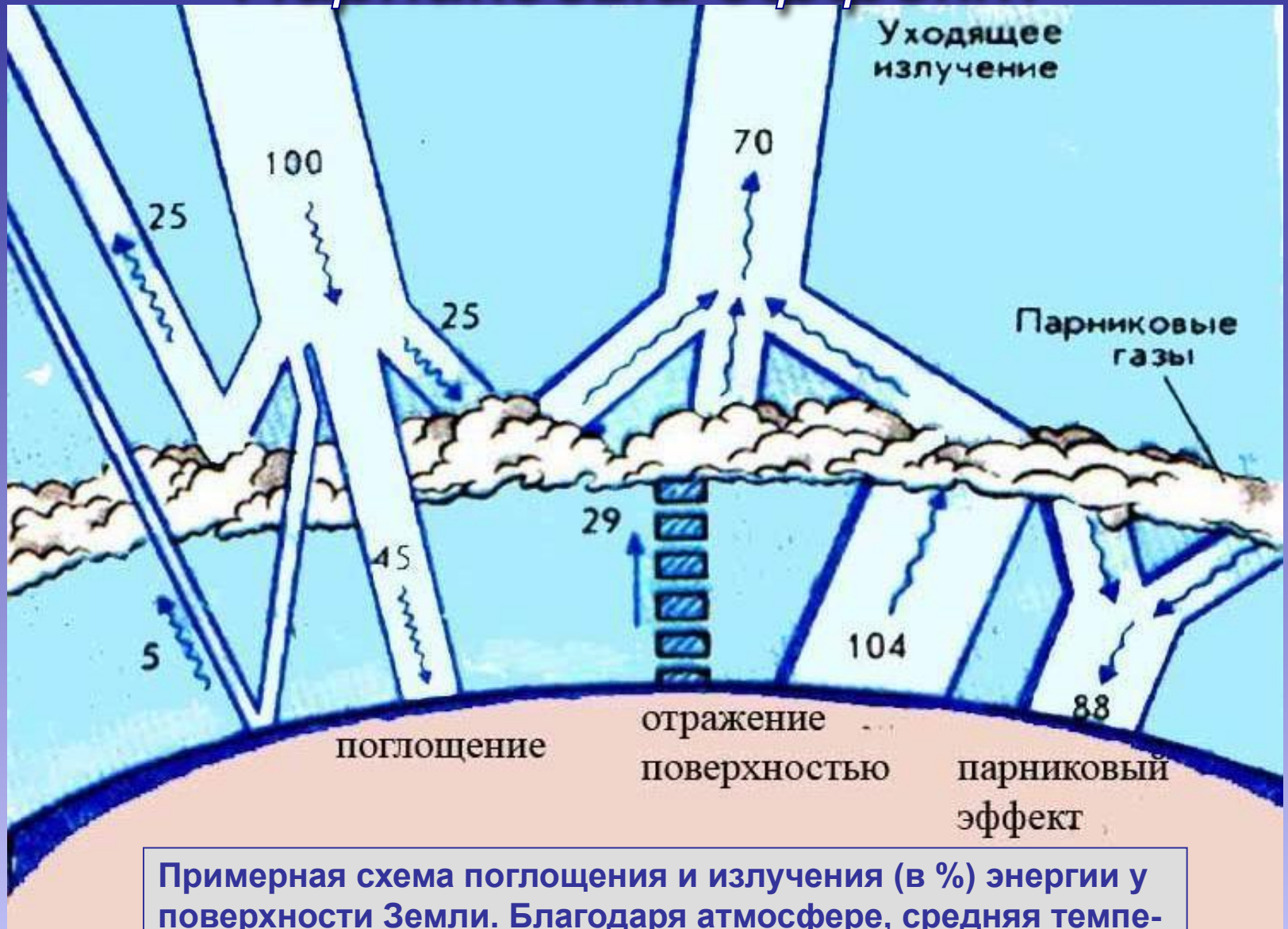
З  
е  
м  
л  
я  
н  
е



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



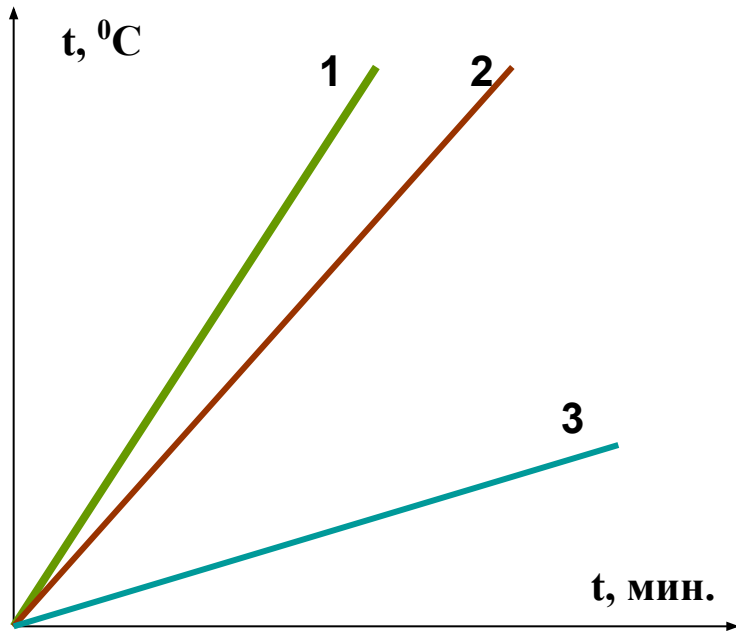
# "Парниковый эффект"



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!



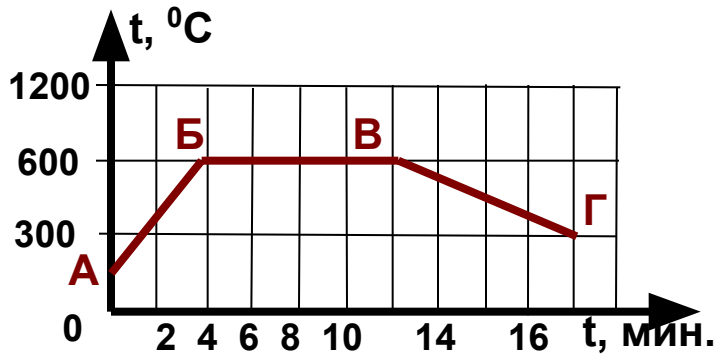
На одинаковых горелках нагревались **вода, медь, железо** равной массы.

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?

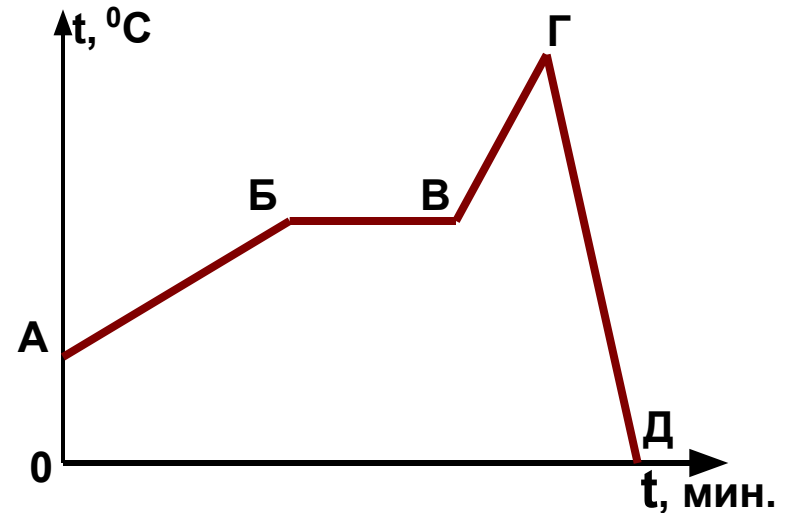
3 Какое количество теплоты передаст окружающим телам кирпичная печь массой 1,5 Т при охлаждении от  $30 ^\circ\text{C}$  до  $20 ^\circ\text{C}$ ?

# "Читаем" графики



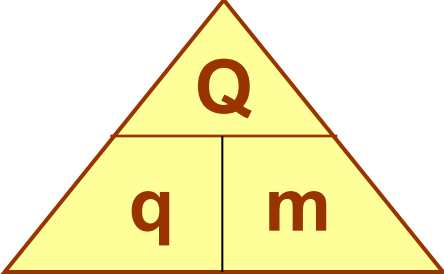
## Вопросы:

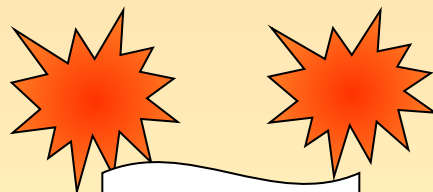
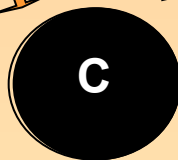
1. Какую  $t^{\circ}$  имело тело в т. А,В,Г?
2. Какой процесс описывают участки АБ? ВВ? ВГ?
3. При какой  $t^{\circ}$  начался процесс? Закончился?
4. Какую  $t^{\circ}$  имело тело на 4 мин.?
5. Сколько времени длился процесс охлаждения тела?
6. Что происходило с телом на отрезке ВВ графика?
7. Что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



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

# Энергия топлива


$$Q = q * m$$



энергия

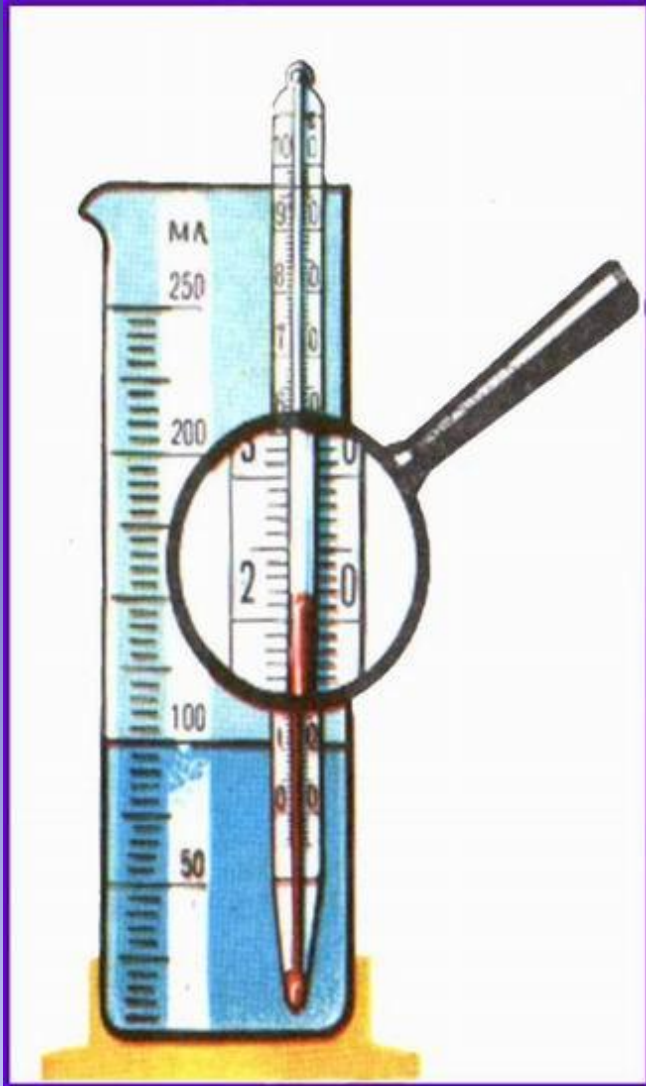
При горении топлива (угля, нефти, газа, сланцев) один атом углерода соединяется с двумя атомами кислорода. При образовании этой молекулы выделяется энергия.

## Удельная теплота сгорания топлива

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

Единица измерения: 1 Дж / кг.

# Рассчитайте:



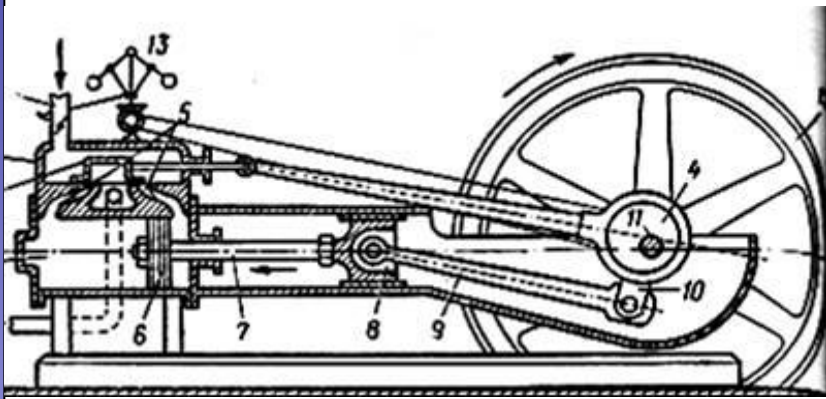
Воду из мензурки перелили в сосуд и довели до кипения. Определить **массу** сгоревшего спирта.

## Помощь:

1. Определите массу воды.
2. Рассчитайте количество теплоты, необходимое для её нагревания до  $100^{\circ}\text{C}$ .
3. Найдите, какое количество спирта выделяет столько же энергии при своём сгорании.

# Тепловые машины

## Паровая машина

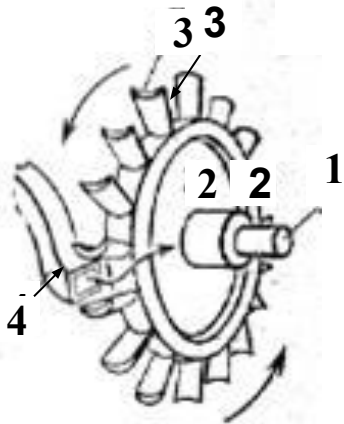


## Холодильник



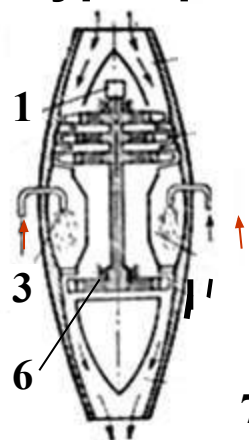
- 1 – испаритель
- 2 – морозильная камера
- 3 – регулирующий клапан испарителя
- 4 – змеевик
- 5 – мотор
- 6 – компрессор

## Турбина



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

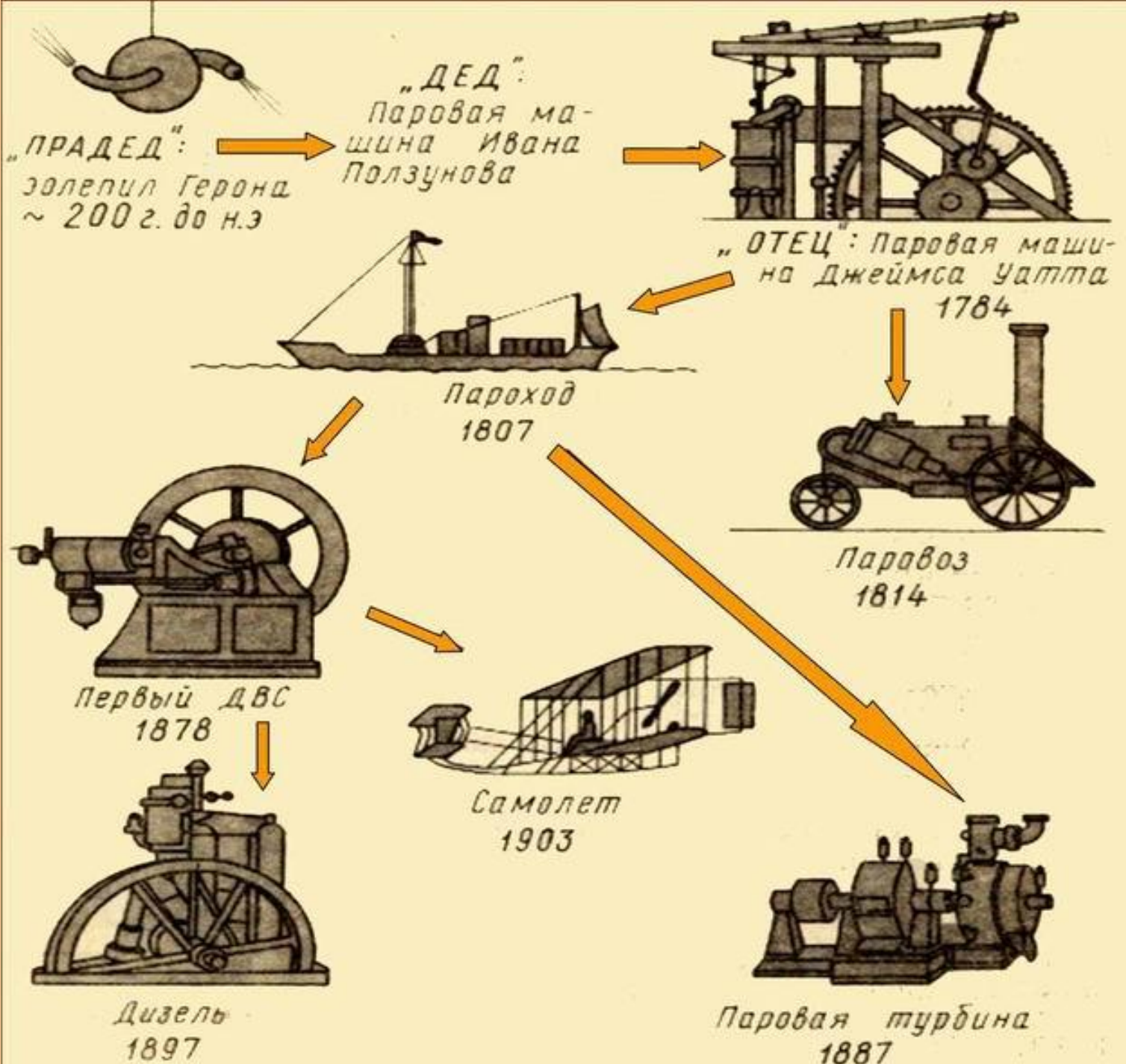
## Турбореактивный двигатель



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

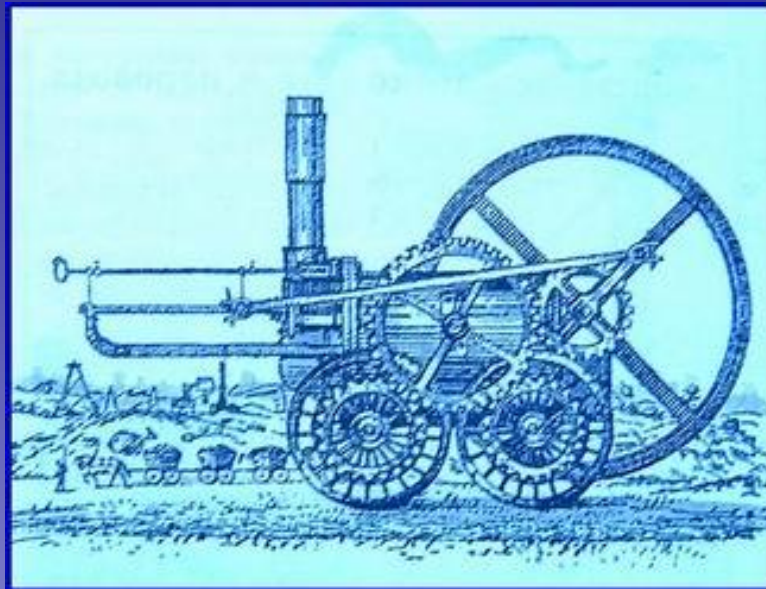


# Тепловые машины



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

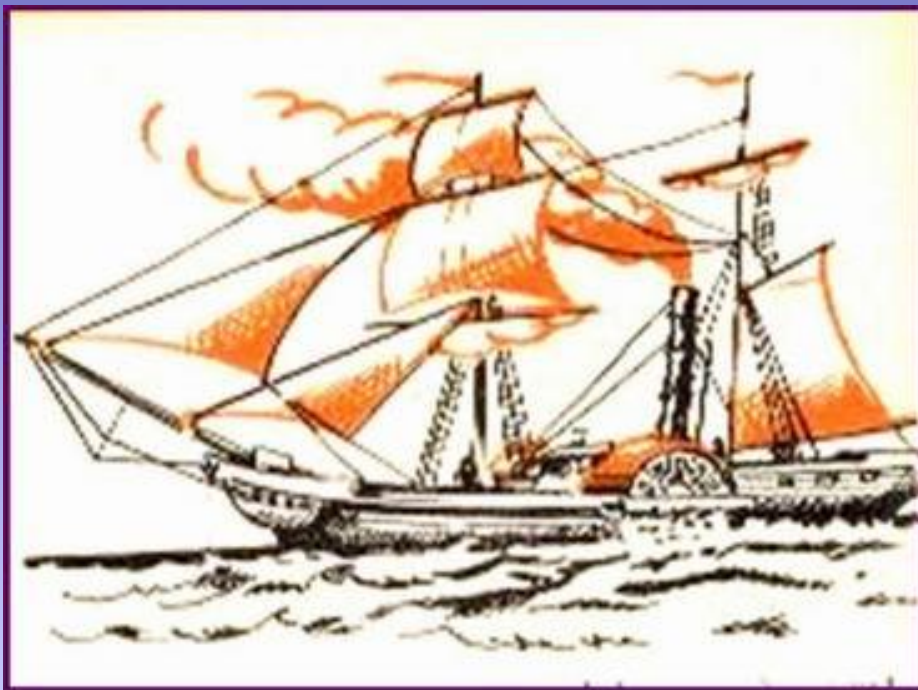
Масса паровоза составляла 5 т. Когда его стали использовать на конной чугунной дороге, он начал ломать рельсы. Второй паровоз Тревитика развивал скорость 30 км/ч, но нашёл место только в качестве аттракциона на небольшой кольцевой дороге.



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

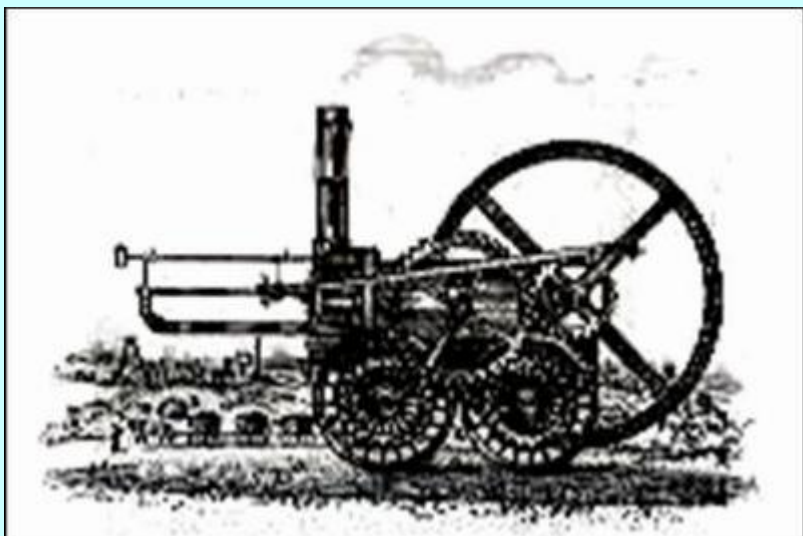
Первый пароход «Клермонт» построен в Сев. Америке (1807 г.).

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



*Какие виды энергии использовал пироскаф для своего движения?*





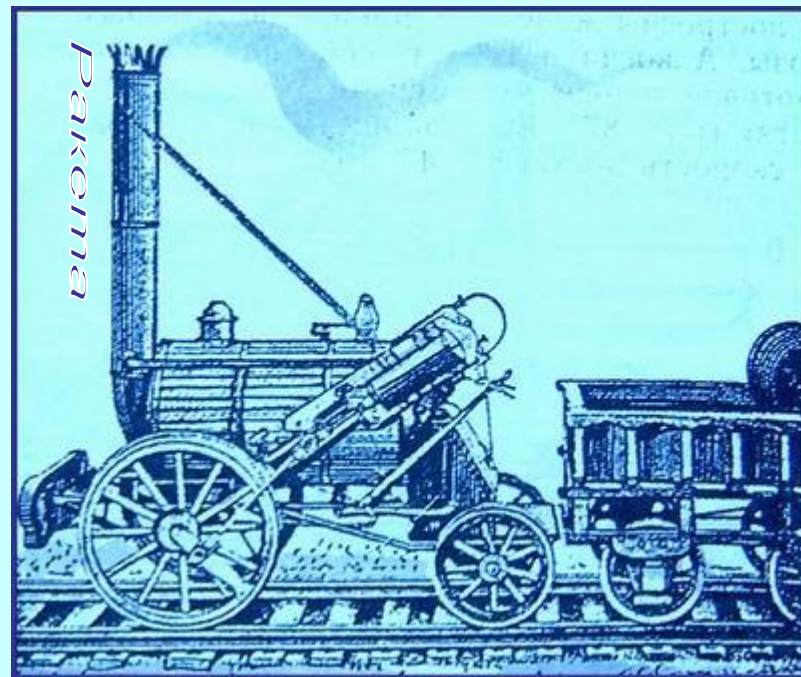
Решающая роль в развитии парового железнодорожного транспорта принадлежит английскому конструктору и изобретателю **Д. Стефенсону** (1781 – 1848).

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.

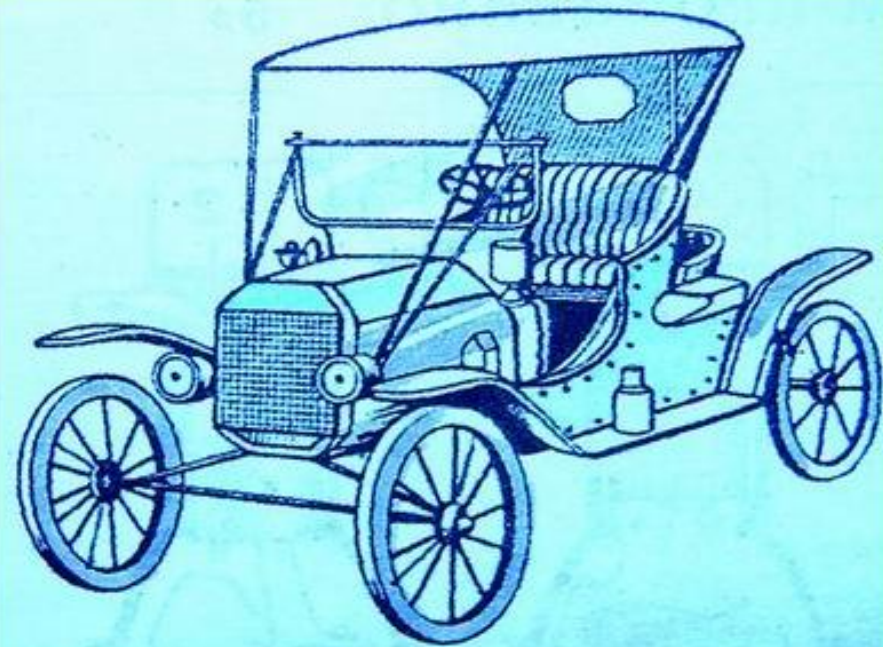
*Более 100 лет паровозы были в мире главным транспортным средством*



# 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.



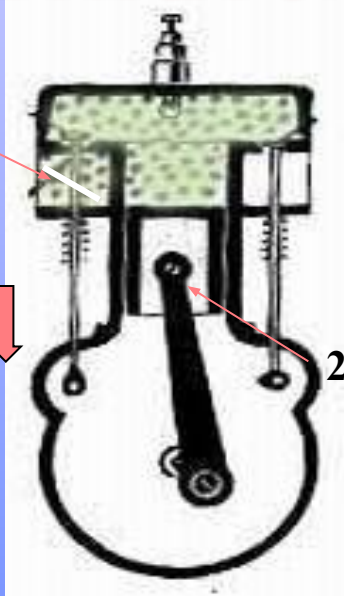
Первый автомобиль с бензиновым двигателем внутреннего сгорания был создан в 1886 г. **Г. Даймлером**. В том же году появился трёхколёсный автомобиль **К. Бенца**.

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).



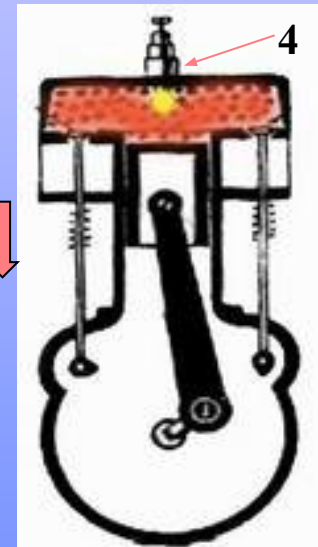
# Двигатель внутреннего сгорания



I такт

Впуск

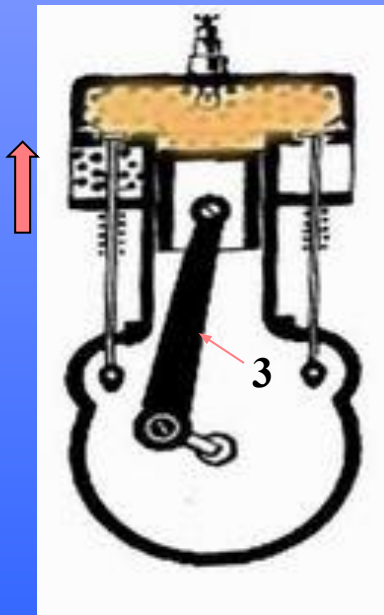
1 – впускной клапан  
2 – поршень



III такт

Рабочий ход

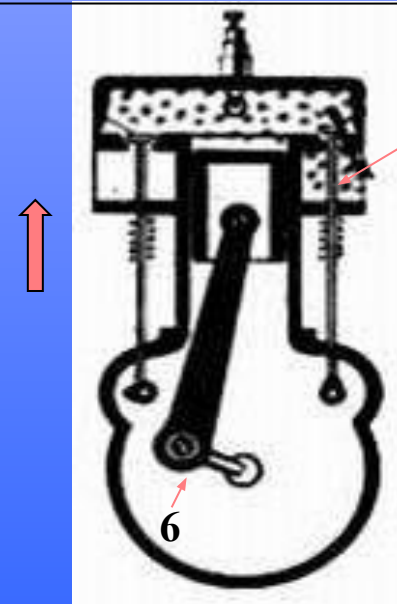
4 – свеча зажигания



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 ( $1050\text{ кг/м}^3$ ), 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 метлоте

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

# Эсмаформа