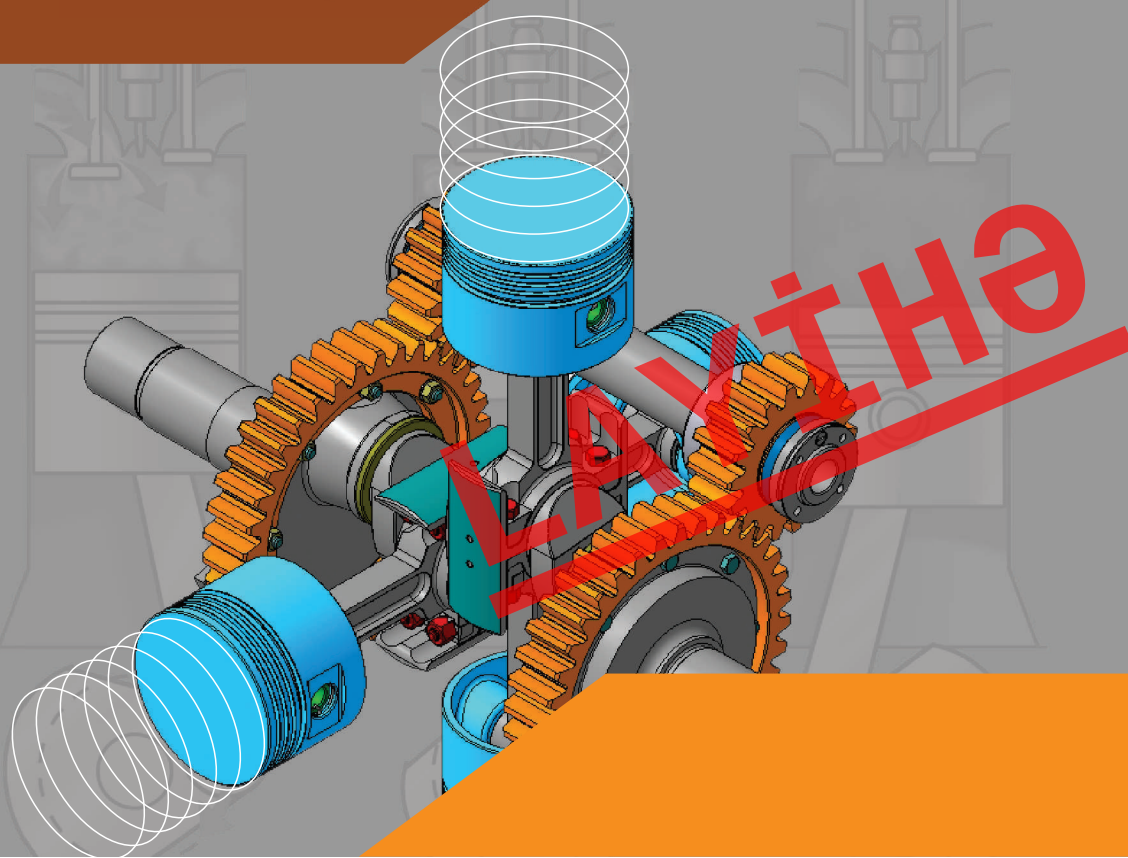
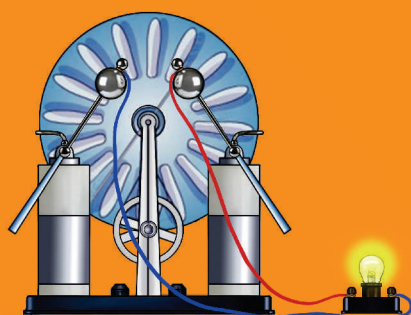


Физика

8





AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ DÖVLƏT HİMNİ

*Musiqisi Üzeyir Hacıbəylinin,
sözləri Əhməd Cavadındır.*

Azərbaycan! Azərbaycan!
Ey qəhrəman övladın şanlı Vətəni!
Səndən ötrü can verməyə cümlə hazırız!
Səndən ötrü qan tökməyə cümlə qadırız!
Üçrəngli bayrağınla məsud yaşa!
Minlərlə can qurban oldu!
Sinən hərbə meydan oldu!
Hüququndan keçən əsgər
Hərə bir qəhrəman oldu!

Sən olasan gülüstan,
Sənə hər an can qurban!
Sənə min bir məhəbbət
Sinəmdə tutmuş məkan!

Namusunu hifz etməyə,
Bayrağını yüksəltməyə
Cümlə gənclər müştəqdir!
Şanlı Vətən! Şanlı Vətən!
Azərbaycan! Azərbaycan!

LAYİHƏ



ГЕЙДАР АЛИЕВ
ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР
АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА

LAYIHƏ

Мирзали Мургузов
Расим Абдуразагов
Ровшан Алиев
Дильбяр Алиева

УЧЕБНИК
по предмету

ФИЗИКА

8

для

-го класса

общеобразовательных школ

Замечания и предложения, связанные с этим изданием,
просим отправлять на электронные адреса:
bn@bakinesht.az и derslik@edu.gov.az
Заранее благодарим за сотрудничество!

В

А

К

І



Н

Ә

Ş

Р

Физика 8

О г л а в л е н и е

Познакомьтесь с учебником! 6

1. ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

1.1. Тепловое движение молекул. Температура	8
1.2. Тепловое расширение тел	11
1.3. Тепловое равновесие. Температурные шкалы.	14
1.4. Внутренняя энергия	18
1.5. Способы изменения внутренней энергии: совершение механической работы и теплопередача	21
1.6. Теплопроводность	24
1.7. Конвекция	27
1.8. Излучение	30
• Обобщающие задания.	35

2. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ

2.1. Количество теплоты	38
2.2. Удельная теплоемкость	42
2.3. Теплота сгорания топлива	45
2.4. Закон сохранения энергии в тепловых явлениях	49
2.5. Уравнение теплового баланса	52
2.6. Практическая работа. Определение удельной теплоемкости тела	57
• Обобщающие задания	59

3. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

3.1. Плавление и отвердевание	62
3.2. Удельная теплота плавления.	66
3.3. Парообразование и конденсация	69
3.4. Насыщенный и ненасыщенный пар. Кипение	72
3.5. Удельная теплота парообразования	76
3.6. Влажность воздуха	79
3.7. Приборы для измерения влажности	82
• Обобщающие задания	87

4. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

4.1. Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплого двигателя	90
4.2. Паровая турбина	93
4.3. Двигатель внутреннего сгорания	97
4.4. Реактивный двигатель	101
4.5. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды	105
• Обобщающие задания	109

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

5.1. Электризация тел. Электрический заряд	112
5.2. Строение атома. Природа электризации.	115
5.3. Проводники и диэлектрики	119
5.4. Электростатическая индукция	123
5.5. Электроскоп. Электромметр	125
5.6. Закон сохранения электрического заряда	128
5.7. Взаимодействие электрических зарядов: закон Кулона	131
5.8. Устройства, разделяющие, накапливающие и передающие электрические заряды	134
5.9. Электрическое поле. Напряженность электрического поля	136
5.10. Силовые линии электрического поля	140
• Обобщающие задания	145

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

6.1. Электрический ток.	148
6.2. Источники тока	150
6.3. Электрическая цепь и ее элементы	154
6.4. Действия электрического тока	158
6.5. Сила тока и ее измерение	161
6.6. Напряжение и его измерение	164
6.7. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи	168
6.8. От чего зависит сопротивление проводника?	171
6.9. Последовательное соединение проводников	177
6.10. Параллельное соединение проводников	182
6.11. Работа электрического тока. Закон Джоуля-Ленца	187
6.12. Мощность электрического тока	190
6.13. Применения электрического тока и его действие на живые организмы (дополнительный материал)	194
• Обобщающие задания	198

ПОЗНАКОМЬТЕСЬ С УЧЕБНИКОМ!

- 1 **Мотивация.** Описание интересных ситуаций и явлений, завершающееся вопросами.

1.1. Тепловое движение молекул. Температура

В окружающем нас воздухе и почве оседают, вода в реках и озерах, замерзает, превращается в лед. С падением температуры воздуха и почвы начинает прогреться лед в водном слое. А летом в результате длительного таяния воды с поверхности льда и озер при погружении ледяных тучи.

• С какими физическими явлениями связаны подобные изменения, происходящие в природе?
 • Почему происходит это изменение?
 • Как можно объяснить изменение свойств воды, происходящее в природе, основываясь на знаниях о строении вещества?

ИССЛЕДОВАНИЕ • В каком сосудах диффузия происходит быстрее?

Оборудование: 2 стеклянных сосуда: с холодной (а) и горячей водой (б), улитки (или другие мелкие животные).

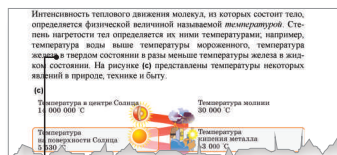
Ход работы: Опустите в каждый из сосудов одинаковое число улиток (или других мелких животных) и пронаблюдайте за происходящим.

Обсудите результаты наблюдений:

- Что наблюдалось в сосудах с холодной и горячей водой?
- Почему в горячей воде улитки быстрее начали двигаться?
- В каком из сосудов диффузия произошла быстрее?

Вода состоит из молекул, атомов или ионов. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом (беспорядочном) движении. Несмотря на то, что движение каждой молекулы (или атома) представляет собой механическое движение, общее движение огромного количества частиц, составляющих тело, представляет довольно сложное. Согласно статистическим вычислениям, в 1 см³ воды содержится $\approx 3,34 \cdot 10^{24}$ молекул. В результате непрерывного столкновения друг с другом направление движения молекулы постоянно меняется. Вследствие огромного количества молекул в теле, среднее число молекул, движущихся в данный момент в любом выбранном направлении, одинаково. Благодаря этому тепло горючим или холодным зависит от скорости хаотического движения составляющих его молекул.

• **Ключевые слова:** Анализатор, анализатор, составляющие тело, движение молекул, хаотическое.



- 3 **Разъяснение.** Главное содержание урока: основные понятия, пояснения по теме, определения и правила.

- 4 **Упражнения.** Для закрепления и углубления знаний по теме.

Упражнение 4

1. Нарисуйте условные обозначения, использованные в схемах цепи, цепи, амперметра, вольтметра, реостата, индуктивного элемента, лампы, аккумулятора и конденсатора.

2. Заполните таблицу, используя математические выражения для цепи.

№	Количество зарядов, прошедшего через поперечное сечение проводника, q, Кл	Время, t, сек	Сила тока, I, А
1	60	40	1,5
2	120	80	1,5

- 5 **Знаете ли вы?** Полезная информация, связанная с темой.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Как видно из таблицы 2.1, удельная теплоемкость воды очень большая. Поэтому в летние месяцы воды Каспийского моря поглощают большое количество тепловой энергии. В результате на побережье Каспийского моря воздух будет относительно прохладным.

ИССЛЕДОВАНИЕ-4 • «Внутренняя батарея»

Оборудование: лампа (2 шт.), медный и цинковый провод (электропровод), электровольметр (чувствительный прибор), спиральный нагреватель электрического тока в проводнике, соединительные провода.

Ход работы:

1. Изготовьте гальванический элемент, вставив в лампу на определенное расстояние друг от друга медный и цинковый электроды.
2. Соедините провода электровольметра к электродам, проверьте, работает ли так гальванический элемент.

Обсудите результаты исследования:

- Расскажите принцип работы гальванического элемента, изготовленного из ламп.
- Можно ли изготовить гальванический элемент из других фруктов? Стоит это?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Для непрерывного протекания по проводнику электрического тока необходимо создать некий источник электрического тока. В источнике тока происходит химический процесс.

Ключевые слова: Источник тока, Электрический ток, Разделение зарядов, Электрический ток, Гальванический элемент.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В чем заключается роль источника тока?
2. На каких принципах основан принцип работы электродвигателя?
3. На каком принципе основан принцип работы электродвигателя?
4. В результате электрического тока, происходящего в момент электродвигателя, на поверхности электрода образуются ионы и электроны. Каким образом электроны образуют ток и электроны? Стоит это?

1 вопрос: На чем основан принцип работы электродвигателя?

2 вопрос: Какую функцию имеет источник тока для работы электродвигателя?

А) источник тока
 Б) электрод
 В) источник тока
 Г) электрод

3. Какие превращения энергии происходят в источнике тока?

4. Объясните принцип работы гальванического элемента.

- 6 **Примените изученное.** Задания или опыты, закрепляющие полученные знания.

- 7 **Что вы узнали?** Обобщение новой информации с использованием ключевых слов.

- 9 **Проверьте свои знания.** Вопросы и задания, направленные на развитие творческих способностей и оценку знаний.

- 10 **Проект.** Проекты носят экспериментальный характер. Для их выполнения могут быть использованы различные источники.

ПРОЕКТ

Какие явления вы наблюдаете?

Оборудование: резиновый шарик, кусочек алюминиевой фольги, шерстяная ткань, лист бумаги (А4).

Ход исследования: Наблюдайте кусочек алюминиевой фольги на листе. Наэлектризовав резиновый шар трением о ткань, приблизьте его к кусочку фольги.

- 8 **Ключевые слова.** Новые понятия и термины.

- 11 **Обобщающие задания.** Вопросы и задания по каждому разделу.

6

ОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. На основе графика сила тока – время вычислите количество зарядов, прошедшего через поперечное сечение проводника в течение 10 секунд.

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

А) 4 Кл
 Б) 8 Кл
 В) 12 Кл
 Г) 16 Кл

ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ



- 1.1. Тепловое движение молекул. Температура
- 1.2. Тепловое расширение тел
- 1.3. Тепловое равновесие. Температурные шкалы
- 1.4. Внутренняя энергия
- 1.5. Способы изменения внутренней энергии: совершение механической работы и теплопередача
- 1.6. Теплопроводность
- 1.7. Конвекция
- 1.8. Излучение

• Обобщающие задания

LAYINƏ

1.1. Тепловое движение молекул. Температура

В суровую зимнюю пору и воздух, и почва охлаждаются, вода в реках и озёрах, замерзая, превращается в лёд. С приходом весны воздух и почва начинают прогреваться, лёд в водоёмах тает. А летом в результате усиленного испарения воды с поверхностей рек и озёр горы окутываются плотным туманом.



- С каким физическим явлением связаны подобные изменения, происходящие в природе?
- Почему происходят эти изменения?
- Как можно объяснить изменения свойств воды, происходящие в природе, основываясь на знаниях о строении вещества?

ИССЛЕДОВАНИЕ

• В каком сосуде диффузия происходит быстрее?

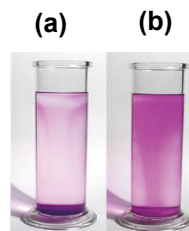
Оборудование: 2 стеклянных сосуда: с холодной (а) и горячей водой (б), гранулы пищевой краски.

Ход работы:

Опустите в каждый из сосудов одинаковое число гранул красителя и проследите за происходящим.

Обсудите результаты исследования:

- Что наблюдалось в сосудах с холодной и горячей водой после того, как вы опустили в них частички пищевой краски?
- В каком из сосудов диффузия произошла быстрее?



Все тела состоят из молекул, атомов или ионов. Эти частички находятся в непрерывном хаотическом (беспорядочном) движении. Несмотря на то, что движение каждой молекулы (или атома) представляет собой механическое движение, общее движение огромного количества частиц, составляющих тело, представляется довольно сложным. Согласно произведенным вычислениям, в 1 см^3 воды содержится $\approx 3,34 \cdot 10^{22}$ молекул. В результате непрерывных столкновений друг с другом направление движения молекул постоянно меняется. Вследствие огромного количества молекул в теле среднее число молекул, движущихся в данный момент в любом выбранном направлении, одинаково. Является тело горячим или холодным, зависит от скорости хаотического движения составляющих его молекул:

- Хаотическое движение молекул, составляющих тело, называют тепловым движением.

Интенсивность теплового движения молекул тела характеризуется физической величиной, определяющей степень нагретости тела и называемой *температурой*. Например, температура воды выше температуры мороженого, температура железа в твердом состоянии ниже его температуры в жидком состоянии.

На рисунке (с) приведены температуры некоторых природных, технических и бытовых явлений.



Молекулы любого вещества, например воды, одинаковы при любой температуре. Изменение температуры приводит лишь к изменению скорости их хаотического движения: скорость молекул горячей воды больше скорости молекул холодной воды. По этой причине молекулы горячей воды чаще сталкиваются с молекулами помещенного в нее вещества, например пищевого красителя, и поэтому скорость диффузии в горячей воде больше, чем в холодной.

• **Только ли от температуры зависит скорость движения молекул?**

Определено, что при нормальных условиях средняя скорость движения молекул водорода равна 1693 м/с, молекул кислорода – 425 м/с, углекис-

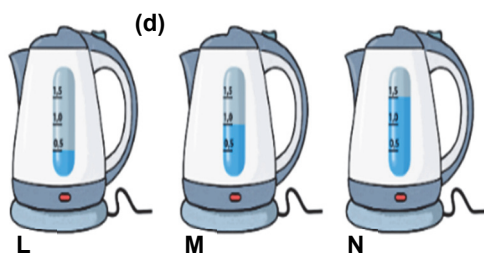
лого газа – 362 м/с. Как видим, при одинаковой температуре скорость движения молекул разных газов различна. Значит, скорость движения молекул тела зависит не только от его температуры. Скорость движения молекул зависит и от их массы. Величиной, зависящей от скорости и массы, является кинетическая энергия. Зависимость температуры тела от средней кинетической энергии его молекул доказана теоретически.

• **Температура – мера средней кинетической энергии движения молекул тела.**

Чем больше значение средней кинетической энергии составляющих тело молекул, тем выше его температура.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

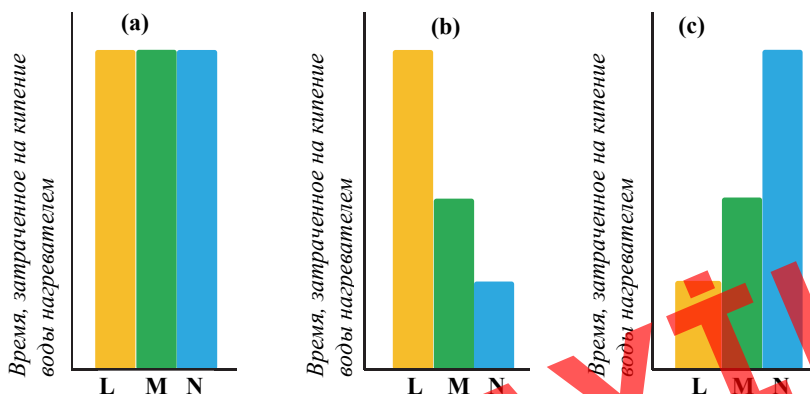
Задача. В чайники L, M и N налили различное количество воды при температуре 18°C (d). Их одновременно включили и каждый из них автоматически выключился после закипания воды.



I вопрос. Каково соотношение между кинетическими энергиями молекул воды в чайниках до их включения?

A) $E_L = E_M = E_N$ B) $E_L > E_M > E_N$ C) $E_L = E_M > E_N$ D) $E_L < E_M < E_N$ E) $E_L < E_M = E_N$

II вопрос. Какая из диаграмм верно отражает соотношение между промежутками времени до отключения нагревателей чайников? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

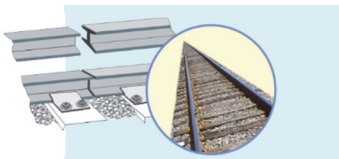
Напишите эссе на тему «Тепловое движение молекул» в рабочем листке.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какое движение называют тепловым?
2. От чего зависит скорость диффузии веществ?
3. Мерой какой физической величины является температура?
4. В чем отличие теплового движения от механического?

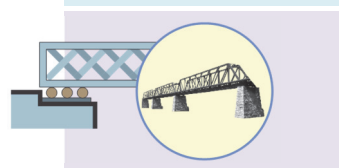
1.2. Тепловое расширение тел

Железная дорога состоит из огромного числа стальных рельсов.



- Почему между рельсами оставляют небольшие зазоры?

Свободные концы металлических конструкций мостов устанавливают на подвижной опоре, состоящей из стальных катков.



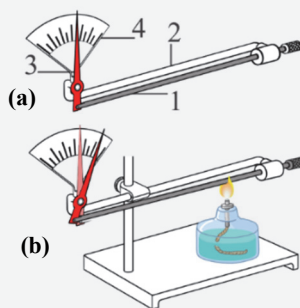
- Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Почему изменяется длина металлического стержня?

Оборудование: установка для демонстрации и изучения линейного расширения различных веществ, спиртовка (или свеча), зажигалка, штатив.

Устройство установки для изучения линейного расширения. Основная часть установки представляет собой биметаллический стержень (1), состоящий из плотно прикрепленных друг к другу тонких пластин, изготовленных из стали и алюминия (а). Стержень закреплен одним концом на металлическом рычаге (2), а другим, свободным концом, прикреплен к стрелке (3). Конец стрелки может перемещаться вправо-влево вдоль шкалы (4), прикрепленной к свободному концу стержня.



Ход работы:

1. Укрепите устройство на штативе. Обратите внимание на то, чтобы стрелка находилась в крайнем (правом или левом) положении шкалы.
2. Нагревая биметаллический стержень на пламени спиртовки в течение 1-2 минут, наблюдайте за смещением стрелки (b).
3. Потушив пламя спиртовки, продолжайте наблюдения ещё 1-2 минуты.

Обсудите результаты исследования:

- Как смещается стрелка при нагревании и последующем охлаждении биметаллического стержня?
- К какому выводу пришли от проделанного эксперимента?

Большинство тел при нагревании расширяются. Это можно объяснить тем, что нагревание тела приводит к увеличению средней кинетической энергии составляющих его атомов и молекул. В твердых телах это приводит к увеличению амплитуды колебательного движения молекул, что в свою очередь приводит к увеличению занимаемого молекулами пространства. В результате размеры твердого тела увеличиваются – оно расширяется. Расширение жидкостей и газов при нагревании также про-

исходит в результате увеличения кинетической энергии теплового движения их молекул, что также приводит к увеличению объёма занимаемого ими пространства.

При охлаждении тел происходит обратный процесс: средняя кинетическая энергия теплового движения молекул тела уменьшается. В твердых телах это приводит к уменьшению амплитуды колебаний молекул, а в жидкостях и газах к уменьшению расстояний между молекулами. В результате размеры тела сокращаются.

Особое внимание следует уделять тепловому расширению металлов в различных сферах производства. Силы, возникающие при этом, могут принимать очень большие значения и привести к серьезным разрушениям: стальные рельсы могут согнуться, тросы оборваться, металлические мосты разрушиться. Во избежание подобных явлений принимают меры, чтобы отдельные части сооружений при изменениях температуры могли свободно расширяться или сжиматься.

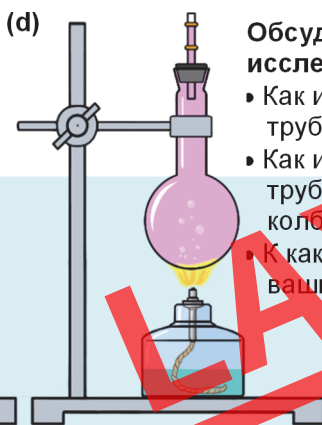
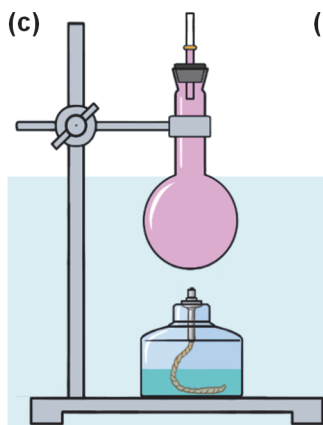
ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Проверим тепловое расширение жидкостей

Оборудование: маленькая колба, подкрашенная вода (1 л), пробка с продетой сквозь нее узкой стеклянной трубкой, спиртовка (или свеча), спички, штатив.

Ход работы: 1. Укрепив колбу на штативе, заполните её подкрашенной водой и закройте пробкой. Наденьте на трубку два резиновых колечка, отметив нижним колечком начальный уровень воды (с). 2. Поместив спиртовку под колбой, зажгите её и наблюдайте за изменениями уровня воды в трубке. 3. Через 2–3 минуты потушите спиртовку и зафиксируйте вторым резиновым колечком новый уровень воды в трубке (d). Продолжайте наблюдения во время охлаждения воды.



Обсудите результаты исследования:

- Как изменился уровень воды в трубке при нагревании колбы?
- Как изменился уровень воды в трубке после охлаждения колбы?
- К каким выводам приводят ваши наблюдения?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Вставьте вместо пропусков в тексте ключевые слова, изменяя при необходимости их окончания.

При увеличении __ атомов __ они совершают __ с большей амплитудой. В результате твердое тело __. Причиной теплового расширения жидкостей и __ является увеличение средней кинетической энергии __ их молекул.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Газ
Колебательное движение
Тепловое движение
Твердое тело
Средняя кинетическая энергия
Расширяться

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В чем причина теплового расширения твердых тел?
2. Почему при охлаждении тела уменьшаются в объеме?
3. Почему в некоторых частях нефтепровода (газопровода, водопровода) трубы привариваются не по прямой, а в «П»-образной форме?



ПРОЕКТ

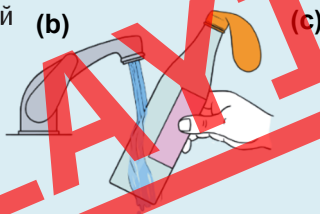
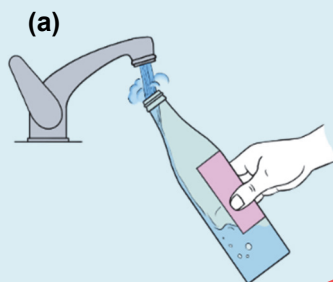
• Почему резиновый шар втягивается в бутылку?

Оборудование: стеклянная бутылка, резиновый надувной шар, кран с горячей и холодной водой, нить.

Ход работы:

1. Наполните бутылку горячей водой (а).
2. Подождя несколько минут, вылейте воду из бутылки и сразу наденьте на её горлышко резиновый надувной шар.
3. Подержите бутылку под струей холодной воды (б) и наблюдайте постепенное втягивание шара в бутылку (с).

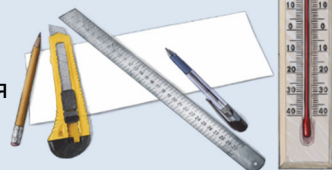
- Почему при охлаждении бутылки шар втянулся в нее? Ответ обоснуйте.



1.3. Тепловое равновесие. Температурные шкалы

Согласно показаниям термометра температура воздуха в комнате равна 20°C .

- Как можно определить температуру находящегося в комнате стола и температуру всех предметов, лежащих на его поверхности (листка бумаги, карандаша, ручки, линейки и др.)?
- Необходимо ли для этого прикасаться термометром к каждому из этих предметов в отдельности?



Ответ на этот вопрос прост – нет необходимости измерять температуру каждого тела в отдельности – длительный контакт воздуха со всеми предметами в комнате выровнял их температуры – возникло состояние *теплового равновесия*.

В результате длительного взаимодействия молекул контактирующих тел, находящихся в тепловом равновесии, происходит выравнивание средних значений кинетических энергий этих молекул: «горячее» тело, молекулы которого обладают большей кинетической энергией, отдает часть своего тепла «холодному» телу, молекулы которого обладают меньшей кинетической энергией.

ИССЛЕДОВАНИЕ

- Какое тело более горячее?

Оборудование: широкая стеклянная банка, горячая вода, две ложки приблизительно одинакового размера (деревянная и металлическая), два стержня (пластмассовый и стеклянный), лабораторный термометр.

Ход работы:

1. Налейте в банку горячей воды, немного выше середины её высоты.
2. Поместите на 5-6 минут ложки, стержни и термометр в банку с горячей водой, как показано на рисунке, и проследите за изменением показаний термометра.
3. Прикоснитесь рукой последовательно к банке, ложкам и стержням. Обсудите показания термометра и ваши тепловые ощущения от этих прикосновений.



Обсудите результаты исследования:

- Скольким градусам равна температура воды по показаниям термометра?
- Что вы можете сказать о температурах тел, помещенных в воду?
- Какое из этих тел ощущается вами как более теплое при прикосновении к каждому в отдельности?
- Почему сковородки, чайники и кастрюли изготавливают из металла, а их ручки – из пластика или дерева?

Каждое из тел, опущенных в банку с горячей водой, соприкасаясь своей выступающей из воды частью с «холодным» телом (рукой), передает ему тепло. Чем интенсивнее происходит теплообмен, тем более теплым ощущает рука это тело. Металлическая ложка интенсивнее передает тепло, поэтому мы ощущаем ее более теплой в сравнении с деревянной ложкой, пластмассовым и стеклянным стержнями, слабее передающими тепло нашей руке, и мы ощущаем их менее теплыми, хотя в действительности все эти тела имеют одинаковую температуру.

- Тела, имеющие одинаковую температуру, находятся в состоянии теплового равновесия.

- Если температуры соприкасающихся тел различны, то между ними происходит теплообмен до тех пор, пока не наступит тепловое равновесие.

• Температурные шкалы

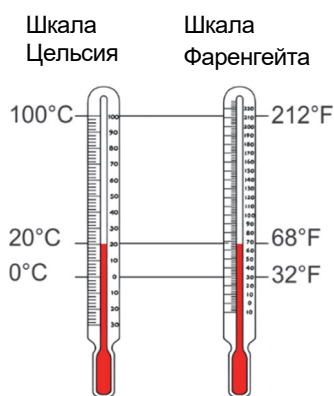
Вы уже знаете, что температуру тел измеряют термометрами (см.: «Физика–6», стр. 69). Как и любой измерительный прибор, термометр имеет шкалу. Для построения температурной шкалы на ней фиксируются два опорных значения температуры, интервал между которыми делится на равные части и градуируется в соответствующих единицах температуры. Например, термометры, используемые нами в быту, показывают температуру в *градусах Цельсия* (°C). За опорные точки шкалы этих термометров приняты: 0°C – температура замерзания воды при нормальном атмосферном давлении и 100°C – температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении.

В США и некоторых других странах пользуются термометрами, проградуированными в *градусах Фаренгейта* (°F). Температура замерзания воды (таяния льда) по шкале Фаренгейта равна 32°F, а температура кипения воды равна 212°F. Переход от температуры, измеренной по шкале Фаренгейта, к температуре, измеренной по шкале Цельсия и наоборот осуществляется выражениями:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

или

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32.$$



Уильям Томсон
(лорд Кельвин)
(1824–1907)

Английский физик.
Один из исследователей тепловых явлений и создателей основ Термодинамики.

В 1848 году английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин) предложил новую шкалу измерения температур. Эту шкалу называли шкалой *абсолютных температур*, или *шкалой Кельвина*. Абсолютная температура обозначается буквой ***T***. Единица абсолютной температуры кельвин (К) является основной единицей температуры в СИ: $[T] = 1\text{К}$.



Нулевая отметка шкалы Кельвина (0 К) называется *абсолютным нулем температуры* и соответствует самой низкой температуре в природе, при которой тепловое движение молекул прекращается, а среднее значение кинетической энергии молекул становится равным нулю. Изменение температуры тела, выраженное в кельвинах, равно изменению его температуры в градусах Цельсия: $\Delta T (\text{К}) = \Delta t (^\circ\text{С})$.

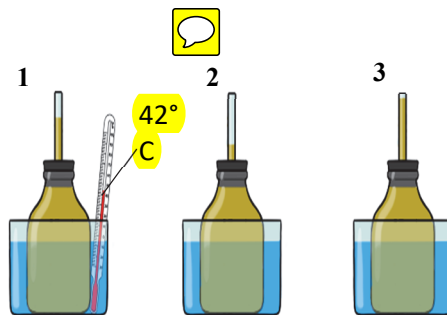
Абсолютному нулю температуры соответствует температура -273°С (точнее $-273,15^\circ\text{С}$) по шкале Цельсия. Температура таяния льда по шкале Кельвина 273К, температура кипения воды 373К. Значения температуры, измеренной по абсолютной шкале, связаны со значениями температуры по шкале Цельсия соотношениями:

$$T (\text{К}) = t (^\circ\text{С}) + 273 \quad \text{или} \quad t (^\circ\text{С}) = T (\text{К}) - 273.$$

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

Задача. Принцип работы жидкостного термометра Ариф проверял, опуская изготовленный им «масляный термометр» в 3 различных сосуда с водой, провел измерения температуры, показанные на рисунке.

I вопрос. На каком физическом явлении основан принцип действия изготовленного Арифом «масляного термометра»?



- А) На тепловом расширении газов В) На тепловом расширении твердых тел
 С) На световом явлении Е) На тепловом расширении жидкостей
 D) На действии расширенного при нагревании воздуха на поверхность оливкового масла в открытом конце трубки.

II вопрос. Измерив температуру воды во всех трех сосудах ртутным термометром, Ариф отметил, что температура воды в 1-м сосуде равна 42°С . Какими будут показания термометров во 2-м и 3-м сосудах?

	2-й сосуд	3-й сосуд
A)	42	42
B)	58	30
C)	30	58
D)	48	38
E)	43	30

III вопрос. Какими были бы показания при измерении температуры в каждом сосуде, если бы Ариф использовал термометр со шкалой Фаренгейта?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Вместо пропусков в тексте вставьте ключевые слова, изменяя при необходимости их окончания.

Тела, имеющие одинаковую температуру, находятся в состоянии _____. При соприкосновении тел, имеющих различную температуру, между ними возникает _____, который продолжается до достижения состояния теплового равновесия. Нулевое деление шкалы Кельвина соответствует наименьшей возможной температуре в природе и называется _____ температуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Абсолютный ноль
Теплообмен
Тепловое равновесие

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Заполните пропуски:

№	t (°C)	t_F (°F)	T (K)
1	36	96,8	309
2		32	
3			253

2. Имеет ли шкала Кельвина отрицательные значения температуры? Почему?

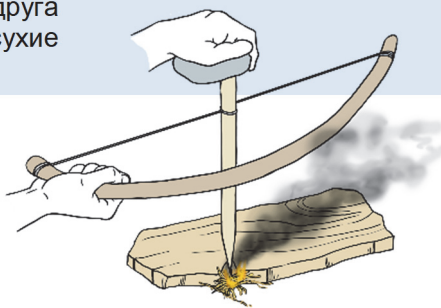
УПРАЖНЕНИЕ-1

1. Почему при прикосновении к поверхностям сухой и влажной деревянной доски в помещении влажная ощущается более холодной, чем сухая?
2. Разница между температурами таяния льда и кипения воды по шкале Цельсия равна 100°C. Скольким градусам Фаренгейта t_F (°F) и кельвинам T (K) равна эта разница?
3. От какой физической величины зависит температура тела с позиций теории о молекулярном строении вещества?
4. Температура воздуха в Баку в зимний период в среднем равна 4°C, а в летний период 27°C. Выразите эти температуры в градусах Фаренгейта.
5. Самолет летит на высоте 10 км от поверхности Земли. Температура в салоне самолета 20°C, а за пределами самолета –58°C. Определите разницу температур t (°C) в градусах Цельсия и T (K) в кельвинах.

1.4. Внутренняя энергия

Древние люди терли тела друг об друга и, поднося к трущимся частям тел сухие щепки, добывали огонь.

- В чем причина воспламенения щепок?



Согните и разогните медную проволоку в одном и том же месте несколько раз. Вы заметите одновременное утолщение и нагревание проволоки в месте сгиба.

- Что является причиной утолщения и нагревания проволоки в месте сгиба?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Куда «исчезла» механическая энергия?

Оборудование: пластилиновый шарик (диаметром 6–8 см), металлическая доска, электронный термометр.

Ход работы:

1. Измерив температуры шарика и доски, отметьте их в рабочих листах.
2. Разместите доску на полу и, подняв над ним шарик на высоту 1,5 м, отпустите его с этой высоты.
3. Достигнув поверхности доски, шарик останавливается.
Ваши последующие действия:
 - а) измерив температуру шарика и доски после их взаимодействия, отметьте их в рабочих листах;
 - б) обратите внимание на то, как деформировался шарик.



Обсудите результаты исследования:

- Какие превращения энергии происходят при свободном падении шарика?
- Исчезла ли механическая энергия шарика после его падения на доску? Можно ли сказать, что закон сохранения энергии нарушается?
- Как изменилась форма шарика после его падения на поверхность доски?
- К какому выводу приводят повышение температуры поверхности доски и температуры шарика после их взаимодействия и изменение формы шарика в результате этого взаимодействия?

Пластилиновый шарик, поднятый на некоторую высоту от пола, приобретает потенциальную энергию. При свободном падении шарика одновременно с уменьшением высоты от поверхности пола увеличивается

скорость шарика. В результате происходит соответствующее уменьшение потенциальной энергии шарика при одновременном увеличении его кинетической энергии. В момент удара шарика о поверхность доски вся его потенциальная энергия превращается в кинетическую. Но, ударившись об пол, шарик останавливается и «прилипает» к поверхности – шарик «теряет» свою и потенциальную, и кинетическую энергию. «Нарушен ли закон сохранения механической энергии?!»

• Куда «пропала» механическая энергия?

Молекулы ударившегося о доску и прилипшего к ней пластилинового шарика приходят в «возбужденное» состояние, сопровождающееся деформацией шарика и повышением его температуры. Деформация шарика приводит к изменению взаимного расположения его молекул, т.е. к изменению их потенциальной энергии. Повышение температуры шарика приводит к соответствующему увеличению средней кинетической энергии его молекул. Таким образом, механическая энергия пластилинового шарика не исчезает бесследно, она превращается во внутреннюю энергию шарика – в кинетическую энергию движения его молекул и потенциальную энергию их взаимодействия.

- Сумма кинетических энергий движения и потенциальных энергий взаимодействия молекул, из которых состоит тело, называется **внутренней энергией тела**.

Внутреннюю энергию обозначают буквой U . За единицу измерения внутренней энергии в СИ принят 1 джоуль (1 Дж).

- Полная энергия тела равна сумме его механической и внутренней энергий:

$$E = E_{\text{Мех}} + U = E_{\text{К}} + E_{\text{Р}} + U.$$

• От чего зависит внутренняя энергия?

- Внутренняя энергия тела зависит от его температуры. Чем больше скорость движения молекул (и средняя кинетическая энергия молекул), тем выше температура тела. С повышением температуры тела его внутренняя энергия увеличивается, при понижении температуры внутренняя энергия тела уменьшается.

- Внутренняя энергия тела зависит от его агрегатного состояния. Твердое, жидкое и газообразное состояния вещества отличаются друг от друга характером теплового движения молекул и расстоянием между молекулами. По этой причине средние кинетические энергии движения молекул и потенциальные энергии их взаимодействия в различных агрегатных состояниях отличаются друг от друга.

• *Внутренняя энергия тела зависит от его массы.* Масса тела образуется из массы всех составляющих его молекул. Так как внутренняя энергия тела равна сумме кинетических и потенциальных энергий составляющих его молекул, то при одинаковых прочих условиях (при неизменных значениях температуры и давления) тело большей массы будет обладать большей внутренней энергией.

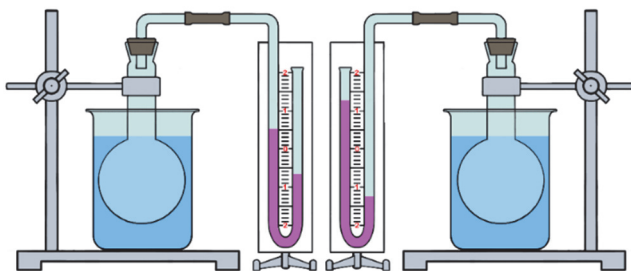
ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• В какой из колб внутренняя энергия воздуха больше?

Две одинаковые колбы соединены с манометрами. Одну колбу помещают в сосуд с горячей водой, а другую – в сосуд с холодной водой. Определите:

1. В каком сосуде температура воды выше?
2. В какой колбе внутренняя энергия воздуха увеличилась, а в какой – уменьшилась? Почему?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Перерисуйте схему в рабочий лист и заполните её, используя ключевые слова.



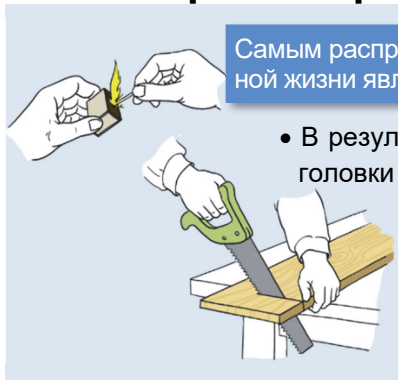
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Внутренняя энергия
Механическая энергия
Кинетическая энергия тела
Кинетическая энергия молекул
Потенциальная энергия тела
Потенциальная энергия молекул

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какую энергию называют внутренней энергией тела?
2. Какие составные части образуют полную энергию тела?
3. От чего зависит внутренняя энергия тела?
4. Приведите примеры превращения механической энергии во внутреннюю энергию.

1.5. Способы изменения внутренней энергии: совершение работы и теплопередача



Самым распространенным способом получения огня в повседневной жизни является трение головки спички о спичечную коробку.

- В результате какого процесса происходит воспламенение головки спички (возрастание её внутренней энергии)?

Распиливая древесину, мы замечаем, что пила ощутимо нагревается.

- Что является причиной возрастания внутренней энергии пилы?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Воздушное огниво

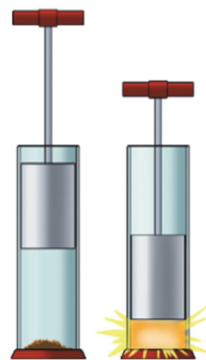
Оборудование: оснащенный поршнем толстостенный цилиндр из органического стекла (плексиглаза), кусок ваты, пропитанная спиртом.

Ход работы:

1. Удалив поршень, положите на дно цилиндра кусок ваты, пропитанная спиртом.
2. Вставьте поршень в цилиндр и, резко толкнув его вниз, сожмите воздух внутри цилиндра.

Обсудите результаты исследования:

- Что произошло, когда вы резко вдавили поршень в цилиндр?
- Что стало причиной возгорания серного порошка? Почему это простое приспособление называется «Воздушное огниво»?



Внутреннюю энергию тела можно изменить (увеличить или уменьшить) совершением механической работы. Например, причиной интенсивного нагревания рук при трении ладоней друг о друга, а также причиной нагревания пилы при распиливании древесины является увеличение внутренней энергии этих тел в результате совершения над ними работы, выполненной силой трения. В этом вы могли наглядно убедиться при проведении исследования с «Воздушным огнивом». При резком вдавливании поршня в цилиндр совершается механическая работа над воздухом внутри цилиндра – он сжимается. В результате резко повышается его температура – возрастает внутренняя энергия воздуха в цилиндре, что приводит к воспламенению серного порошка.

- Если механическая работа совершается над телом, то внутренняя энергия тела увеличивается, если же тело само совершает работу, то его внутренняя энергия уменьшается.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

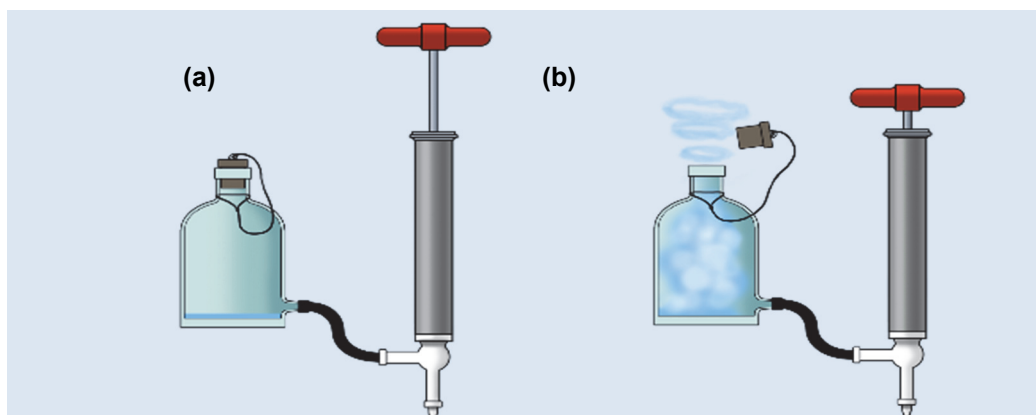
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Туман в сосуде

Оборудование: толстостенный стеклянный сосуд, резиновая пробка, шланг, воздушный насос, нить.

Ход работы:

1. Налив в сосуд немного воды, плотно закройте его пробкой. Встряхните сосуд несколько раз, чтобы повысить влажность воздуха в нем.
2. Пробку привяжите нитью к горлышку сосуда. С помощью шланга соедините сосуд с воздушным насосом (a).
3. Накачивайте воздух в сосуд до момента, когда пробка выскочит из неё и наблюдайте происходящее явление (b).



Объяснение результата исследования:

При накачивании воздуха в сосуд совершается работа, в результате которой увеличивается количество молекул в сосуде, растут их скорость и взаимодействие между ними. Это приводит к увеличению внутренней энергии воздуха в сосуде и повышению его температуры. Сжатый воздух выталкивает пробку – совершает работу, что приводит к уменьшению внутренней энергии воздуха, его температура понижается – в сосуде образуется туман.

Обсудите результаты исследования:

- В результате работы какого тела пробка была вытолкнута?
- Почему после вылета пробки в сосуде образовался туман? Что является причиной охлаждения воздуха в сосуде?

• **Можно ли изменить внутреннюю энергию тела, не совершая механическую работу?**

Горячая вода в чайнике, поставленном на холодную подставку, через некоторое время остывает. При нагревании же чайника на плите температура воды в нем повышается, и вода закипает. Вода в стакане охлаждается, если в нее бросить кусочки льда. Во всех этих примерах тела неподвижны – механическая работа не совершается, однако одни из них нагреваются – их внутренняя энергия увеличивается, а другие охлаждаются – их внутренняя энергия уменьшается.



Таким образом, при соприкосновении двух тел с различными температурами между ними возникает теплообмен: тепло передается от тела с высокой температурой телу с низкой температурой. В результате внутренняя энергия тела, отдающего тепло, уменьшается, а внутренняя энергия тела, получающего тепло, увеличивается.

• *Процесс изменения внутренней энергии без совершения механической работы, называется **теплопередачей**.*

Существуют три вида теплопередачи: *теплопроводность, конвекция и излучение.*

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При совершении ___ над телом его внутренняя энергия увеличивается, а при совершении работы самим телом его ___ уменьшается. Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Внутренняя энергия
Теплопередача
Механическая работа

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему быстрое скольжение по канату опасно?
2. Как изменятся температура и внутренняя энергия тела при совершении работы над ним?
3. Приведите примеры совершения работы за счет внутренней энергии тела.

1.6. Теплопроводность

Помещая ложку в стакан с горячим чаем, мы замечаем, что при этом нагревается не только часть ложки, опущенная в горячий чай, но и её часть, не находящаяся в чае.



- Между какими соприкасающимися телами происходит теплообмен в этом случае?
- Внутренняя энергия какого тела при этом теплообмене уменьшается, а какого тела увеличивается?
- Каким способом происходит изменение внутренней энергии ложки?

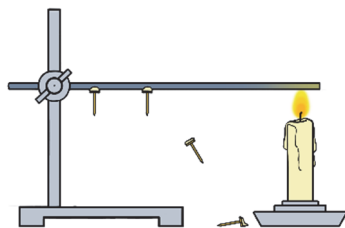
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Как происходило изменение внутренней энергии?

Оборудование: железный стержень, мелкие гвозди (4–5 шт.), воск (или пластилин), свеча (или спиртовка), штатив, спички.

Ход работы:

1. Закрепите один конец железного стержня на штативе и прикрепите к нему воском мелкие гвозди на равных расстояниях.
2. Нагревайте свободный конец стержня в пламени свечи, наблюдая за постепенным отпадением гвоздей от стержня.



Обсудите результаты исследования:

- Как изменяется и в каком направлении передается внутренняя энергия железного стержня? Ответ обоснуйте.
- Как можно объяснить изменение внутренней энергии железного стержня на основе теории молекулярного строения вещества?

Как и во всех твердых телах, атомы в железном стержне совершают колебания около положения устойчивого равновесия. При нагревании конца стержня скорость движения и амплитуда колебаний атомов в этой части металлического стержня увеличиваются. Атомы нагретой части стержня, взаимодействуя с атомами соседних частей, передают им некоторую часть своей кинетической энергии. Этот процесс передачи энергии соседним атомам происходит вдоль всего стержня и постепенно весь стержень нагревается. При этом атомы продолжают колебание, не изменяя положение равновесия, поэтому переноса вещества не происходит.

• Перенос энергии от одного из соприкасающихся тел к другому или от одной части тела к другой называется **теплопроводностью**.

В процессе теплопроводности происходит только перенос энергии, переноса вещества не происходит.

Вещества различаются по своей способности проводить тепло. Металлы являются лучшими проводниками тепла, при этом разные металлы обладают различной теплопроводностью. Теплопроводность жидкостей меньше теплопроводности металлов, а теплопроводность газов ещё меньше. Это объясняется тем, что при передаче газу энергии расстояние между его молекулами увеличивается и передача кинетической энергии от молекулы к молекуле ослабевает.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

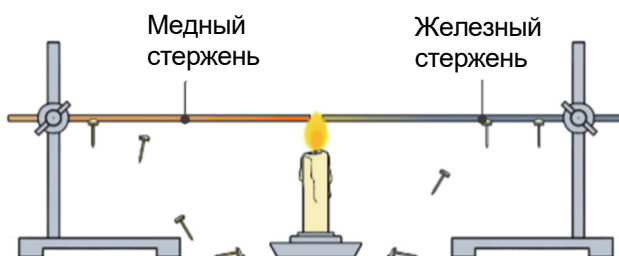
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Теплопроводность различных металлов различна

Оборудование: железный и медный стержни одинакового размера, мелкие гвозди (8–10 шт.), парафин (или пластилин), свеча (или спиртовка), штативы (2 шт.), спички.

Ход работы:

1. Закрепите на двух штативах по отдельности железный и медный стержни. Прикрепив к ним воском гвозди на равных расстояниях, расположите стержни, как показано на рисунке.
2. Разместив свечу между свободными концами стержней, зажгите её и следите за последовательностью отделения гвоздей от стержней.



Обсудите результаты исследования:

- Какой из металлов обладает большей теплопроводностью? Ответ обоснуйте.

ИССЛЕДОВАНИЕ-3

• Теплопроводность жидкостей и газов

Оборудование: пробирки (2 шт.), кусочки льда, стакан с водой, пробка, тонкая металлическая спица, гайка, спиртовка, штатив с лапкой.

Ход работы:

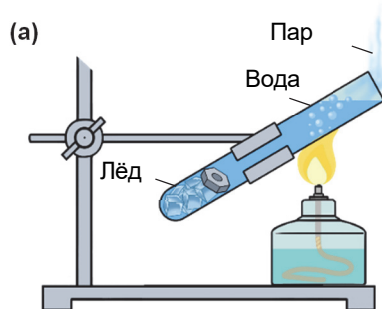
I этап.

1. Наберите в пробирку воды чуть выше половины и опустите в неё кусочки льда. Чтобы лёд не поднялся на поверхность воды, опустите в пробирку гайку.

2. Закрепите пробирку в штативе, как показано на рисунке, и нагревайте верхнюю её часть на огне спиртовки (а).
3. Обратите внимание на то, какая часть воды кипит и тают ли при этом кусочки льда.

Обсудите результаты исследования:

- Какие явления вы наблюдали при нагревании воды в пробирке?
- Почему несмотря на то, что верхняя часть воды кипит, кусочки льда на дне пробирки не тают?
- К каким выводам о теплопроводности жидкостей приводят результаты эксперимента?



II этап.

1. Закройте сухую пробирку пробкой, сквозь которую продета металлическая спица.
2. Держите за наружный конец спицы и нагревайте пробирку на огне спиртовки (б).

Обсудите результаты наблюдений:

- Ощутили ли вы рукой повышение температуры спицы при нагревании пробирки? Почему? Ответ обоснуйте.



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Воздух в 20 000 раз хуже проводит тепло, чем медь. А теплопроводность вакуума равна нулю из-за отсутствия в нем атомов и молекул.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Передача ___ от одного из соприкасающихся тел другому или от одной части тела его другой части называется _____. При теплопроводности происходит только перенос энергии, _____ не происходит.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

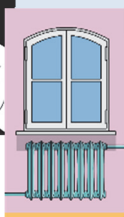
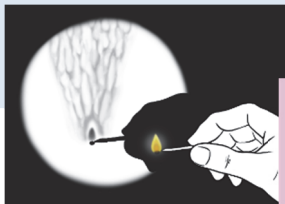
Теплопроводность
Перенос вещества
Энергия

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ:

1. Почему теплопроводность воздуха во много раз меньше теплопроводности меди?
2. Что переносится при теплопроводности?
3. Бывают годы, когда в зимний период поля под озимые промерзают, а бывают годы, когда эти поля не промерзают. Почему? Ответ обоснуйте.
4. Приведите примеры использования теплопроводности металлов.

1.7. Конвекция

Освещая фонариком горящую спичку, получите на стене тень от её пламени.



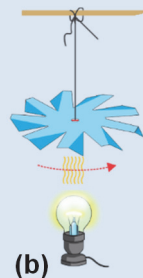
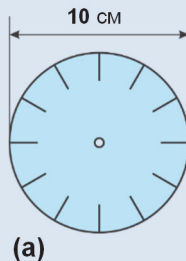
- Из чего состоят потоки, наблюдаемые над пламенем? Почему эти потоки поднимаются вверх?
- Почему отопительные радиаторы обычно размещают в нижней части комнаты?
- Почему в большинстве случаев радиаторы изготавливают в виде «гармошки», состоящей из отдельных секций?
- Почему зимой, несмотря на плотно закрытые окна помещений, наши ноги мерзнут?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Что заставляет вертушку вращаться?

Оборудование: алюминиевая фольга (10×10 см), карандаш, ножницы, ножник, тонкая нить.

Изготовление вертушки: вырежьте из фольги круг диаметром 10 см. Отметьте карандашом по краю круга на равных расстояниях 12 точек, прочертите от этих точек линии длиной 2-3 см к центру круга и ножницами надрежьте фольгу вдоль этих линий (а). Отогните концы полученных лепестков перпендикулярно плоскости круга в противоположные стороны. Прodelайте в центре круга малое отверстие, через которое проденьте один конец нити, предварительно завязав узелок на другом её конце, – вертушка готова!



Ход работы:

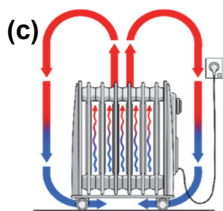
Возьмите за свободный конец нити и подвесьте вертушку так, чтобы она находилась на высоте 5-8 см над лампой, включите лампу и следите за происходящим (b).

Обсудите результаты исследования:

- Почему вертушка пришла в движение после включения лампы? Ответ обоснуйте.

• Конвекция в газах

Приближаясь к нагревательному прибору, вы чувствуете распространяющееся от него тепло. То же самое вы ощущаете, приближая руку к горячей лампе. Во всех этих случаях происходит нагревание воздуха вокруг нагревателя.



Воздух, нагретый нагревательным прибором или горячей лампой, расширяется – его плотность становится меньше плотности холодного воздуха. Под действием выталкивающей силы со стороны холодных слоев воздуха нагретый слой воздуха поднимается вверх. Холодный воздух, заняв место поднявшегося вверх теплого воздуха, тоже нагревается и тоже поднимается вверх – происходит непрерывное движение потоков воздуха вверх (с). Итак, в «Исследовании-1» вертушка приходит в движение потоками теплого воздуха, поднимающимися над лампой.

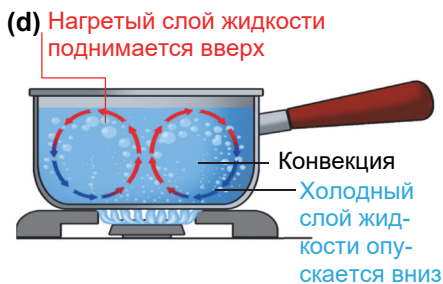
- Процесс передачи энергии струями жидкости и газа (переносом вещества) называется **конвекцией**.

Потоки жидкостей и газов, возникающие в процессе конвекции, часто называют *конвективными потоками*.

В твердых телах частицы, удерживаемые сильным взаимным притяжением, колеблются около определенного положения. Поэтому в твердых телах не могут образовываться потоки вещества – конвекция в твердых телах невозможна.

• Конвекция в жидкостях

В жидкостях теплопередача также осуществляется потоками вещества. Это происходит следующим образом: в нагреваемом слое жидкости скорость хаотического движения молекул увеличивается по всем направлениям, что приводит к расширению этого слоя, т.е. плотность нагреваемого слоя жидкости уменьшается. В результате выталкивающая сила, действующая на нагреваемый слой со стороны окружающих его холодных слоев, становится больше действующей на него силы тяжести.



В результате нагретый слой поднимается наверх, на его место опускается холодный слой – возникают потоки жидкости (d). Процесс продолжается до тех пор, пока вся жидкость в

сосуде прогревается до одинаковой температуры и прекращается при достижении *теплового равновесия*.

• Конвекция в природе

Толстый слой снега защищает почву от промерзания. Причиной является плохая теплопроводность воздуха, заполняющего пространство между снежинками в слое снега. Однако не покрытая снегом почва тоже

находится под слоем воздуха, почему же в этом случае почва промерзает? Дело в том, что непрерывный процесс конвекции воздуха над снегом нейтрализует его изолирующие свойства. Так, находящийся в контакте с почвой воздух все время находится в движении: поднимающийся вверх от земли относительно теплый воздух охлаждается в верхних слоях атмосферы и снова опускается к земле.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Конвекция в жидкостях

Оборудование: широкая стеклянная банка, холодная вода (1 литр), маленькая керамическая колба, окрашенная горячая вода (20 мл).

Ход работы:

1. Налейте в стеклянную банку холодной воды выше середины.
2. Заполните керамическую колбу окрашенной горячей водой и прикройте её отверстие пальцем. Затем, поместив колбу на дно банки с холодной водой, уберите палец.



Обсудите результаты исследования:

- Почему окрашенная горячая вода выходит из колбы и поднимается на поверхность холодной воды как извержение вулкана?
- Каким способом происходит теплопередача в наблюдаемом процессе? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

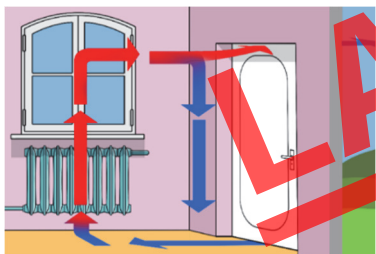
Процесс передачи энергии струями жидкости и газа называется _____. Потoki жидкости и газа, возникающие при конвекции, называют _____. Процесс конвекции продолжается до наступления _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Конвективные потоки
Тепловое равновесие
Конвекция

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему в твердых телах конвекция не происходит?
2. На рисунке изображена схема конвективных потоков воздуха в комнате. Объясните, как происходит процесс.



3. Какие примеры конвекции в природе вы можете привести?
4. Почему жидкости и газы нагревают снизу?

1.8. Излучение

Для окрашивания железнодорожных вагонов-рефрижераторов и авторефрижераторов, используемых для транспортировки скоропортящихся продуктов на дальние расстояния, используют светлые цвета.

- Почему вагоны-рефрижераторы и авторефрижераторы окрашивают не в темные, а светлые цвета?



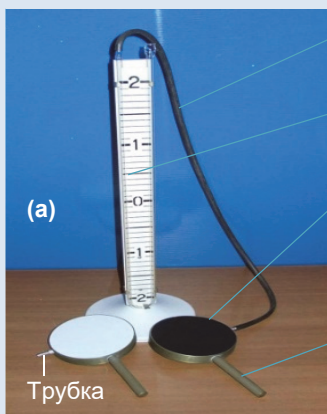
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Эксперимент с теплоприемниками

Оборудование: теплоприемники (2 шт.), резиновый шланг, жидкостные манометры (2 шт.), лампы в патроне (2 шт.: 60 Вт и 100 Вт), подставки штатива.

Устройство теплоприемника.

Прибор, называемый теплоприемником, представляет собой тонкостенную металлическую коробку цилиндрической формы. Коробка оснащена пластмассовой ручкой. Воздух, находящийся внутри коробки, легко покидает коробку через трубку (штутцер) прибора. Трубка соединяется с манометром с помощью резинового шланга. Одна из плоских поверхностей коробки черная матовая, другая – белая отполированная (а).

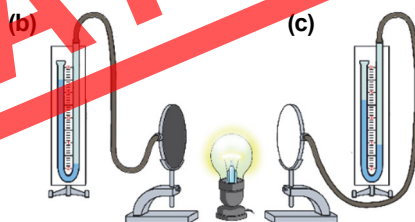


Резиновый шланг
Жидкостный манометр
Тонкостенная металлическая цилиндрическая коробка
Пластмассовая ручка

Трубка

Ход работы:

1. Укрепите теплоприемники на подставках и, подсоединив их к манометрам с помощью шлангов, поставьте друг против друга различными поверхностями.
2. Поместите между теплоприемниками на одинаковом расстоянии от них лампу мощностью 60 Вт и включите её. В течение 1 минуты следите за изменениями уровней жидкостей в манометрах (манометры показывают давление воздуха в коробках теплоприемников).
3. Выключив лампу, замените её другой, мощностью 100 Вт, и повторите опыт. Обратите внимание на изменение давления в манометрах.
4. Опустите теплоприемник с черной поверхностью ниже лампы и следите за показаниями манометра.



Обсудите результаты исследования:

- Почему манометр, подсоединенный к теплоприемнику, повернутому к зажженной лампе черной поверхностью, показывает более высокое давление, чем манометр, подсоединенный к теплоприемнику, повернутому к лампе белой поверхностью (**b** и **c**)?
- Как изменилось давление в манометрах, когда лампу заменили другой, более яркой?
- К каким выводам приводит наблюдение за изменением давления в манометре при размещении черной поверхности теплоприемника ниже лампы?
- Каким способом и с какой скоростью тепловая энергия передалась от лампы теплоприемнику? Почему теплопередача произошла так быстро?

• Излучение

Космическое пространство за пределами земной атмосферы – пространство между Землей и Солнцем – можно считать вакуумом. А в вакууме передача энергии *теплопроводностью и конвекцией* невозможна. Энергия, в колоссальных количествах поступающая на Землю от Солнца, передается другим видом теплопередачи – *излучением*.

• **Излучение – вид теплопередачи, при котором энергия передается от одного тела к другому посредством лучей (видимых и невидимых).** Излучение отличается от других видов теплопередачи следующими свойствами:

- может осуществляться в вакууме (в отсутствии вещества);
- распространяется на очень большие расстояния;
- распространяется с большой скоростью ($\approx 3 \cdot 10^5 \frac{km}{san}$);
- распространяется по всем направлениям.

Источники излучения могут быть *естественными и искусственными* (созданными людьми). Солнце – главный естественный источник излучения для Земли, излучает и свет, и тепло. Естественными источниками излучения являются способные *светиться* в темноте насекомые, глубоководные животные и др.



Искусственными являются источники излучения, созданные человеком, — лампа накаливания, керосиновая лампа и др.



• Отражение и поглощение излучения

Энергия, излучаемая телом, достигнув поверхности другого тела, частично поглощается этой поверхностью и частично отражается от неё. Внутренняя энергия тела, поглотившего энергию излучения, увеличивается и тело нагревается. Способность поверхности поглощать и отражать энергию излучения зависит от цвета этой поверхности: темные поверхности лучше поглощают энергию излучения, а светлые лучше отражают эту энергию. Вы могли проверить это в исследовании с помощью теплоприемника. Черная поверхность 1-го теплоприемника больше поглощает энергию излучения, чем отражает ее, а белая поверхность 2-го теплоприемника больше отражает энергию излучения, чем поглощает, поэтому внутренняя энергия и температура воздуха в коробке 1-го теплоприемника увеличиваются больше, чем в коробке 2-го. В результате и давление воздуха в коробке 1-го теплоприемника вырастает больше и он сильнее давит на жидкость в трубке манометра, тогда как давление воздуха в коробке 2-го теплоприемника мало изменяется и он незначительно давит на жидкость в трубке соединенного с ним манометра.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Все тела, вне зависимости от их температуры, излучают энергию. Однако при низких температурах тело испускает невидимое излучение. С ростом температуры тело начинает светиться — возникает видимое излучение, цвет которого зависит от температуры: сначала излучаются лучи красного цвета, затем оранжевого, желтого и др. Экспериментально установлено, что при температуре 5800°C тело излучает в основном лучи желтого цвета. Температура поверхности Солнца определена согласно этим знаниям.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

На рисунке изображены способы нагревания рук и металлического стержня от огня костра. Какими цифрами обозначены на рисунке способы передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением?

Ответы обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ – передача энергии от одного тела другому ___ (видимыми и невидимыми). Темные и светлые поверхности обладают различной ___ способностью. Так, темные поверхности лучше поглощают излучаемую энергию, а светлые поверхности лучше ___ эту энергию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

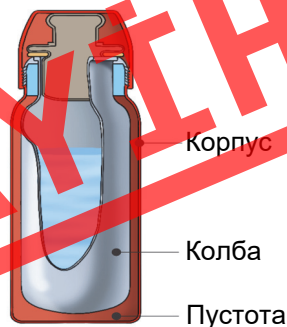
Лучи
Поглощающая
Отражает
Излучение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

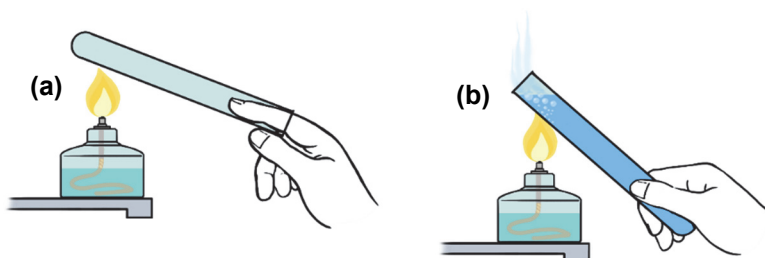
1. Чем отличается излучение от других способов теплопередачи?
 2. Почему летом предпочитают одевать белую одежду, а зимой – одежду темного цвета?
 3. Почему снег, покрытый сажой, тает быстрее чистого снега?
 4. Какая почва быстрее прогревается Солнцем: чернозем или краснозем?
- Ответ обоснуйте.

УПРАЖНЕНИЕ-2

1. На рисунке изображен термос в разрезе. Он состоит из колбы с двойными стенками, воздух между которыми откачан. Поверхность колбы покрыта блестящим металлическим слоем, а сама колба помещена во внешний корпус. Почему колбу изготавливают с двойными стенками, которые покрывают блестящим слоем?
2. Некоторые птицы, например фазан, тетерев, куропатка и др., зарываются в снег и могут прятаться в нем несколько суток. Почему птицы не мерзнут в таких укрытиях?



3. Почему в случаях, изображенных на рисунках, руки не ощущают высокую температуру воздуха (a) и воды (b) в нагреваемых пробирках? Ответ обоснуйте.



4. Основной проблемой исследователей Арктики является защита от сильных морозов. Главную роль в борьбе с холодом играет одежда полярника. Замерзнет или нет человек на морозе зависит от способности его одежды сохранять тепло.



I вопрос. Из каких материалов следует шить одежду полярника?

II вопрос. Что может служить одеждой полярника? Отметьте ответы «Да» или «Нет».

1	Нейлоновый комбинезон с капюшоном с наполнителем из лебяжьего пуха	да /нет
2	Брюки, рубашка и шарф, сшитые из шелковой ткани	да /нет
3	Плотно прилегающие кожаные туфли	да /нет
4	Дубленка	да /нет
5	Кожаные перчатки без меха и подкладки	да /нет
6	Шапка и перчатки, связанные из шерсти	да /нет

III вопрос. Но одежда недолго бережет тепло человеческого тела. Если полярник оказывается в чрезвычайной ситуации под открытым небом продолжительное время, например 2-3 суток, то ему обязательно следует соорудить жилище. Единственным строительным материалом в Арктике является снег. Ему легко придать необходимую форму, но самое главное это то, что внутри дома из снега температура будет на 15 – 20°C выше, чем снаружи.

Почему снежные стены могут продолжительное время сберечь тепло?



ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Как изменятся внутренняя энергия и температура тела, если оно больше излучает энергию, чем поглощает?

- A) Внутренняя энергия увеличится, температура уменьшится.
- B) Внутренняя энергия уменьшится, температура уменьшится.
- C) Внутренняя энергия увеличится, температура увеличится.
- D) Внутренняя энергия уменьшится, температура увеличится.
- E) Внутренняя энергия и температура тела не изменятся.

2. Как изменится внутренняя энергия каждого из двух тел температурами 20°C (I тело) и 65°C (II тело) в результате теплообмена между ними?

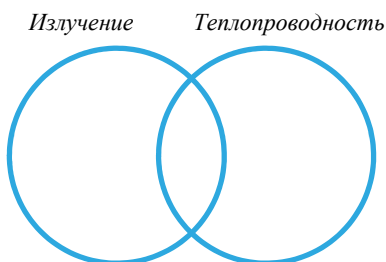
- A) Внутренняя энергия I тела увеличится, внутренняя энергия II тела уменьшится.
- B) Внутренняя энергия I тела уменьшится, внутренняя энергия II тела увеличится.
- C) Внутренняя энергия I тела не изменится, внутренняя энергия II тела уменьшится.
- D) Внутренняя энергия I тела увеличится, внутренняя энергия II тела не изменится.
- E) Внутренняя энергия и I тела, и II тела не изменится.

3. Запишите в скобке «В», если предложение верное, и «Н», если оно неверное.

- Вода и лед состоят из одинаковых молекул – (...)
- Атомы состоят из молекул – (...)
- Масляное пятно, расплываясь на поверхности воды, может занять произвольную площадь поверхности – (...)
- Вещества состоят из частиц, слабо различаемых невооруженным глазом – (...)
- Объем газа при нагревании увеличивается, так как при этом увеличивается объем каждой молекулы – (...)
- Твердые тела при нагревании уменьшаются в объеме – (...)
- Молекулы водяного пара отличаются от молекул воды – (...)
- Охлаждаясь, жидкости уменьшаются в объеме, так как уменьшается расстояние между их молекулами – (...)
- При нагревании тел растёт средняя кинетическая энергия их молекул – (...)
- Газ, находящийся в закрытом двухлитровом сосуде, может заполнить пятилитровый сосуд – (...)
- Потенциальная и внутренняя энергия мяча, брошенного вверх, увеличивается, а его кинетическая энергия при этом уменьшается – (...)
- Потенциальная и внутренняя энергия мяча, брошенного вниз с балкона 8-го этажа, увеличивается, а его кинетическая энергия уменьшается – (...)

4. Отметьте соответствующие цифры в диаграмме Венна.

- 1 – вид теплопередачи, который осуществляется столкновениями молекул соприкасающихся тел и обменом энергией между ними.
- 2 – возникает вокруг произвольного тела и распространяется и в среде, и в вакууме.
- 3 – вид теплопередачи, заключающийся в излучении энергии очень нагретым телом, распространении этого излучения и поглощении менее нагретым телом.
- 4 – осуществляется столкновениями молекул и обменом энергией между молекулами частей одного тела.
- 5 – приводит к изменению внутренней энергии тел.



5. Средняя температура воздуха в зимние месяцы в Шеки равна -5°C , а в летние месяцы $+28^{\circ}\text{C}$. Выразите эти температуры в кельвинах.

- A) 278 К и 301 К.
 - B) 278 К и 245 К.
 - C) 268 К и 301 К.
 - D) 268 К и 245 К.
 - E) 5 К и 29 К.
- 6. Самир и Арзу спорят о том, каким способом можно быстрее охладить бутылку с газированной водой. Самир считает, что лучше поместить бутылку в снег, Арзу – в измельченный лед. Кто из них, по-вашему, выиграет спор? Ответ обоснуйте.**

LAYİNHƏ

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ



- 2.1. Количество теплоты
- 2.2. Удельная теплоемкость
- 2.3. Теплота сгорания топлива
- 2.4. Закон сохранения энергии в тепловых процессах
- 2.5. Уравнение теплового баланса
- 2.6. **Практическая работа.** Определение удельной теплоемкости тела

• Обобщающие задания

LAYINƏ

2.1. Количество теплоты

Чтобы согреть остывший в чашке чай, мы обычно добавляем к нему небольшое количество кипятка. Между чаем в чашке и добавленным к нему кипятком происходит теплообмен до выравнивания их температур. Этот процесс сопровождается изменением внутренних энергий участвующих в теплообмене жидкостей.



- Как изменяется внутренняя энергия чая в чашке и добавленного кипятка при теплообмене: внутренняя энергия какого из них уменьшается, а какого увеличивается? Почему?
- Можно ли определить количественную меру увеличения или уменьшения внутренней энергии жидкости?

Изменение внутренней энергии в процессе теплообмена характеризуется физической величиной, называемой *количеством теплоты*.

• **Количество теплоты** – это энергия, полученная или отданная телом при теплопередаче.

Количество теплоты обозначается буквой Q , единицей его измерения в СИ является **джоуль**:

$$[Q] = 1 \text{ Дж.}$$

**ЗНАЕТЕ ЛИ
ВЫ?**

Существует внесистемная единица измерения количества теплоты, называемая *калорией*. Калория – количество теплоты, необходимое для нагревания воды массой 1 г на 1°C . Между калорией и джоулем существует следующее соотношение:

$$1 \text{ кал} \approx 4,19 \text{ Дж.}$$

Калория (или килокалория) обычно используется для определения энергетической ценности пищевых продуктов. Так, калорийность пищи определяется количеством теплоты, вырабатываемым организмом при усваивании различных компонентов съеденной пищи: белков, жиров и углеводов.

• От чего зависит количество теплоты?

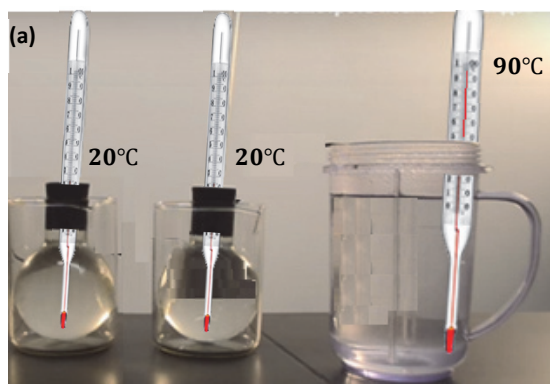
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Как количество теплоты зависит от массы?

Оборудование: лабораторные стаканы (300 мл, 2 шт.), колбы (150 мл, 2 шт.), пробки для колбы с отверстиями для термометров (2 шт.), горячая вода (500 мл), вода комнатной температуры (300 г), лабораторные термометры (3 шт.).

Ход работы:

1. Налейте в одну из колб 100 г, а в другую 50 г воды и поместите их в лабораторные стаканы, предварительно закрыв пробкой.
2. Опустите термометры в колбы, подождите 1-2 минуты и отметьте начальные температуры жидкостей (**а**).



3. Налейте в лабораторные стаканы одинаковое количество горячей воды температурой 85 – 90°C и наблюдайте 2-3 минуты за показаниями термометров.

Обсудите результаты исследования:

- В какой из двух колб при получении обеими одинакового количества теплоты вода нагрелась быстрее?
- К какому выводу приводит эксперимент: от чего зависит количество теплоты, переданное данной жидкости для нагревания её до определенной температуры?

Как показало исследование, несмотря на то, что стаканы с водой получали в течение одного и того же времени одинаковое количество теплоты, стакан с водой большей массы нагрелся меньше стакана с водой меньшей массы.

- *Количество теплоты, необходимое для нагревания данного тела до определенной температуры, зависит от массы этого тела.*

Это означает, что при одинаковом изменении температуры тел различной массы тело большей массы получает большее количество теплоты.

Примечание.

Изменение произвольной физической величины обозначают греческой буквой «дельта» (Δ) перед знаком изменяющейся величины. Например, если начальная температура тела была t_1 , а после теплообмена стала равна t_2 , то изменение его температуры отмечается как:

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

При обратном процессе выполняется та же закономерность:

• *При охлаждении тел различной массы от одной температуры до другой тело большей массы отдает окружающим телам большее количество теплоты.*

– В каком случае требуется большее количество теплоты: для нагревания две воды одинаковой массой, взятой при комнатной температуре, например $t_1 = 18^\circ\text{C}$, первый до температуры 50°C , другое до температуры 100°C ? Конечно же, во втором случае требуется большее количество теплоты.

В этом случае температура воды изменится больше, чем в первом случае:

$$\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 50^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 100^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C} = 82^\circ\text{C}.$$

• *Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, зависит от изменения температуры тела.*

– Для нагревания какого из двух тел одинаковой массы с одинаковыми значениями начальной температуры до одной и той же конечной температуры требуется большее количество теплоты: 200 г воды или 200 г подсолнечного масла?

Опыты показывают: чтобы изменить на одинаковую величину температуру двух тел одинаковой массы, изготовленных из разных материалов, им надо передать различное количество теплоты. Это означает, что:

• *Количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела на определенную величину, зависит от рода вещества, из которого оно изготовлено.*

Таким образом:

• *Количество теплоты, необходимое для нагревания тела (или выделяющееся телом при его охлаждении), зависит от массы тела, от изменения его температуры и от рода вещества, из которого оно изготовлено.*

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

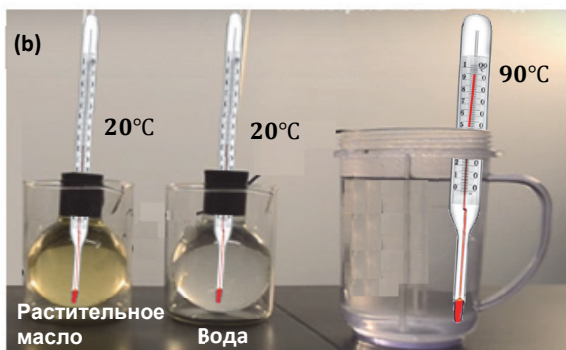
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

- Количество теплоты зависит от того, из какого вещества состоит тело

Оборудование: лабораторные стаканы (300 мл, 2 шт.), колбы (150 мл, 2 шт.), пробки с отверстиями для термометров (2 шт.), горячая вода (500 мл), растительное масло комнатной температуры (100 г), вода комнатной температуры (100 г), лабораторные термометры (3 шт.).

Ход работы:

1. Налив в одну из колб 100 г растительного масла, а в другую 100 г воды, закройте их пробками и поместите в лабораторные стаканы.
2. Опустите термометры в колбы через отверстия в пробках и, подождя 1-2 минуты, отметьте начальные температуры жидкостей в колбах **(b)**.
3. Налейте в лабораторные стаканы одинаковое количество горячей воды (температуры 85 – 90°C) и, подождя 5 минут, отметьте показания термометров **(c)**.



Обсудите результаты исследования:

- В этом эксперименте обеим колбам одновременно было передано одинаковое количество теплоты. Что вы далее наблюдали?
- От чего зависит количество теплоты, переданное данным жидкостям для нагревания их до определенной температуры?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Энергия, полученная или отданная телом в процессе теплопередачи, называется _____. Количество теплоты, необходимое для нагревания тела (или выделяемое при его охлаждении), зависит от _____ этого тела, _____ тела и _____, из которого оно состоит.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Количество теплоты
Масса
Вещество
Изменение температуры

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая физическая величина характеризует изменение внутренней энергии тела при теплопередаче?
2. Почему изменение температуры тела сопровождается изменением его внутренней энергии?
3. От чего зависит количество теплоты, выделяемое телом при охлаждении?
4. Какие единицы количества теплоты вы можете назвать?

2.2. Удельная теплоемкость



Физические свойства воды делают её одним из лучших средств борьбы с пожарами.

- Какие свойства воды используют для борьбы с пожарами?



Вследствие тех же физических свойств воды климат вблизи больших водоемов воды, например, вдоль бакинского бульвара, бывает относительно мягким.

- Почему на территориях вблизи больших водоемов воды летом не очень жарко, а зимой не очень холодно?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Как количество теплоты зависит от массы и изменения температуры?

Задача-1

Экспериментально установлено, что для повышения температуры 1 кг воды на 1°C требуется 4200 Дж, а для повышения температуры 2 кг воды на 1°C требуется 8400 Дж количества теплоты. Также установлено, что для нагревания 1 кг керосина на 1°C требуется 2100 Дж количества теплоты, а нагревания 2 кг керосина на 1°C требуется 4200 Дж количества теплоты. Как количество теплоты, требуемое для нагревания тела, зависит от его массы?

Задача-2

Экспериментально установлено, что для повышения температуры 1 кг воды на 10°C требуется 42 000 Дж энергии, а для нагревания 1 кг керосина на 10°C требуется 21 000 Дж энергии. Учитывая эти данные и данные предыдущей задачи, ответьте на вопрос: как количество теплоты, требуемое для нагревания тела, зависит от изменения его температуры?

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, прямо пропорционально массе нагреваемого тела и изменению его температуры:

$$Q \sim m\Delta t$$

или

$$Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1).$$

Здесь Q – количество теплоты, m – масса тела, t_1 – начальная температура тела, t_2 – его конечная температура, c – коэффициент пропорциональности, называемый *удельной теплоемкостью вещества*:

Формула	Единица измерения
$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$	$[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$
Определение	Определение
Удельная теплоемкость – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 кг данного вещества на 1°С (или на 1 К).	$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ – удельная теплоемкость такого вещества, для нагревания 1 кг которого на 1°С (или 1К) ему необходимо передать количество теплоты, равное 1 Дж.

Удельная теплоемкость зависит от рода вещества, из которого состоит тело. В таблице 2.1 даны экспериментально определенные удельные теплоемкости некоторых веществ.

Таблица 2.1. Удельная теплоемкость некоторых веществ

Вещество	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Вещество	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Вещество	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Золото	130	Сталь	500	Воздух	1000
Ртуть	140	Чугун	540	Растительное масло	1700
Свинец	140	Камень	800	Водяной пар	2000
Олово	230	Стекло	840	Лёд	2100
Серебро	250	Мрамор	840	Керосин	2100
Медь	400	Кирпич	880	Спирт	2500
Железо	460	Алюминий	920	Вода	4200

Физическая величина, равная произведению массы тела на удельную теплоемкость вещества, из которого тело состоит, называется *теплоемкостью тела* (C):

$$C = cm.$$

Теплоемкость – физическая величина, численно равная количеству теплоты, потраченному на нагревание данного тела на 1°С (или на 1К).

$$C = \frac{Q}{(t_2 - t_1)}.$$

Единица измерения теплоемкости тела:

$$[C] = \frac{[Q]}{[t_2 - t_1]} = 1 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{K}}.$$

Внимание! Формула $Q = cm(t_2 - t_1)$ позволяет вычислить и количество теплоты, выделяемое телом при его охлаждении. Так как конечная температура тела t_2 при охлаждении меньше его начальной температуры t_1 , то изменение температуры тела будет иметь отрицательное значение, что указывает на уменьшение внутренней энергии тела.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Как видно из таблицы 2.1, удельная теплоемкость воды больше теплоемкости других веществ. Поэтому летом вблизи больших водоемов (Каспийского моря) не бывает очень жарко – вода, поглощая большое количество теплоты, нагревается, в результате этого воздух на берегу становится прохладнее. Зимой, наоборот, море, остывая, отдает огромное количество теплоты окружающей среде и в прибрежных районах климат бывает мягче по сравнению с другими регионами.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

- На уроке физики учитель предложил Асифу, Васифу и Агасифу выбрать из разных металлических цилиндров одинаковой массы, нагреваемых одним и тем же нагревателем, тот, который быстрее нагреется от температуры 20°C до температуры 60°C . Асиф выбрал стальной, Васиф – алюминиевый, а Агасиф – медный цилиндр.

I вопрос. Кто из учеников выбрал металл, который быстрее нагреется, а кто сделал неправильный выбор? Ответ обоснуйте.

II вопрос. В какой последовательности по скорости остывания произойдет охлаждение этих цилиндров от 60°C до 20°C ? Почему?

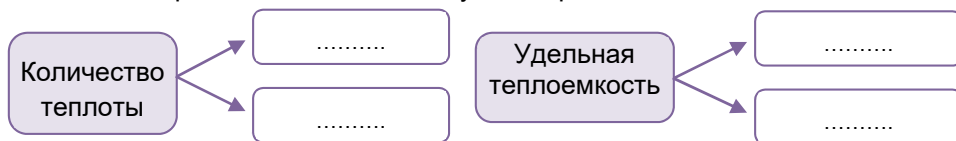
- Какое количество теплоты потребуется для нагревания спирта массой 2 кг от температуры 18°C до температуры 43°C ?

Дано	Решение	Вычисления
$m = 2 \text{ кг},$ $t_1 = 18^\circ\text{C},$ $t_2 = 43^\circ\text{C},$ $c_{\text{спирт}} = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$	$Q = cm(t_2 - t_1).$	$Q = 2500 \cdot 2 \cdot (43 - 18) \times$ $\times \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = 125\,000 \text{ Дж} = 125 \text{ кДж}.$
Q – ?		Ответ: 125 кДж.

- Для нагревания тела массой 0,05 кг на 100°C потребовалось 4 кДж. Определите, из какого вещества изготовлено тело.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Перенесите схему в рабочие листы и вместо точек впишите формулы и единицы измерения в СИ соответствующих физических величин.

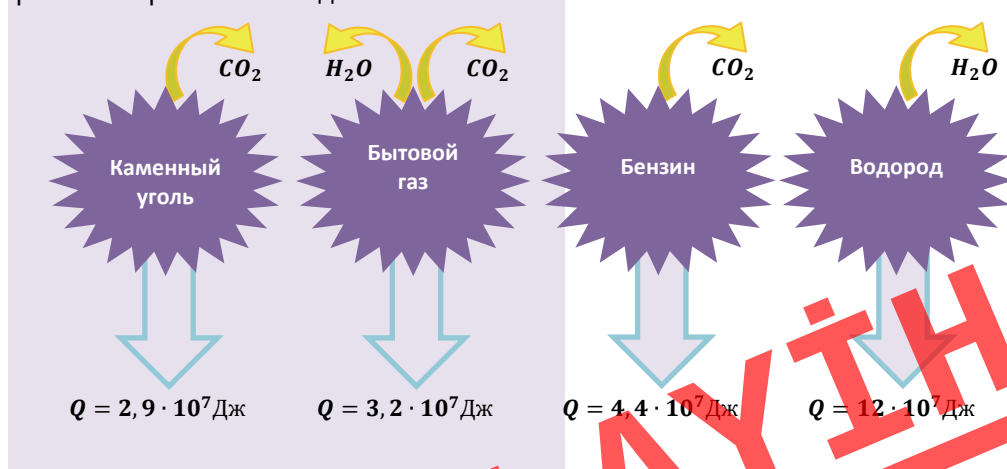


ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что называют удельной теплоемкостью?
2. Что является единицей измерения удельной теплоемкости в СИ?
3. Какое из двух тел выделит большее количество теплоты при остывании от 100°C до 20°C: чугун массой 200 г или вода той же массы?

2.3. Теплота сгорания топлива

Различные виды топлива являются основным источником энергии, используемым в быту, на производстве и в транспорте. На рисунке приведены данные о количестве теплоты, выделяющемся при полном сгорании 1 кг различных видов топлива:



- Почему одинаковые массы различных видов топлива выделяют при полном сгорании различное количество теплоты?
- Какой из этих видов топлива считается самым рентабельным? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива

Задача

Установлено, что при полном сгорании 1 кг бензина выделяется $44 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты, а при полном сгорании 2 кг бензина выделяется $88 \cdot 10^6$ Дж энергии.

При полном сгорании 1 кг сухих дров выделяется $11 \cdot 10^6$ Дж энергии, при полном сгорании 2 кг сухих дров выделяется $22 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты. От чего зависит количество теплоты, выделяемое при полном сгорании различных видов топлива?

Существуют различные виды топлива: нефть, каменный уголь, дрова, торф, природный газ, спирт, бензин, дизельное топливо, порох и др. Но в быту выгодней использовать те из них, которые широко распространены в природе, легко добываются и транспортируются, выделяют при сжигании больше тепла и меньше безвредных отходов.

• **Энергию, выделяемую при полном сгорании топлива, называют теплотой сгорания топлива.**

Анализируя данные исследования, выясняем, что теплота сгорания топлива зависит от вида топлива и его массы:

$$Q = qm.$$

Здесь Q – теплота сгорания топлива, m – масса топлива, q – удельная теплота сгорания топлива.

Удельная теплота сгорания топлива – физическая величина, определяющая различие между энергиями, выделяемыми при полном сгорании различных видов топлива одинаковой массы:



Формула	Единица измерения
$q = \frac{Q}{m}$	$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Определение	Определение
Удельная теплота сгорания топлива – физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделяемому при полном сгорании 1 кг топлива.	$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ – удельная теплота сгорания такого топлива, при полном сгорании 1 кг которого выделяется количество теплоты 1 Дж.

Удельная теплота сгорания топлива зависит от рода топлива. В таблице 2.2 приведены значения удельной теплоты сгорания для различных видов топлива, измеренные экспериментально.

Таблица 2.2. Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива

Топливо	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Топливо	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Топливо	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Порох	3,8	Спирт	28	Керосин	41
Сухие дрова	11	Каменный уголь	29	Дизельное топливо	43
Торф	14	Древесный уголь	31	Бензин	44
Сланец (горючий сланец)	15	Бытовой газ	32	Пропан	48
Метанол	23	Мазут	40	Водород	120

Обмен веществ в организме человека осуществляется за счет энергии, выделяемой при «сгорании» съеденной им пищи. Под «сгоранием» пищи имеются в виду реакции окисления белков, жиров и углеводов. Таким образом, роль «топлива» играет принимаемая им пища. Пищевые продукты также обладают различными значениями удельной теплоты сгорания (таблица 2.3).

Таблица 2.3. Удельная теплота сгорания некоторых пищевых продуктов в организме

Пищевой продукт	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Пищевой продукт	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Пищевой продукт	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Свежие огурцы	0,5	Катык	2,7	Мороженое	8
Морковь	1,7	Молоко	2,8	Пшеничный хлеб	9,3
Грибы	1,7	Рыба	3,5	Баранина	9,6
Яблоки	2	Картошка	3,7	Мед	15
Виноград	2,4	Мясо курицы	5,4	Сахар	17
Смородина	2,5	Яйца	7	Сливочное масло	32, 7
Вишня	2,7	Говядина	7,5	Подсолнечное масло	39

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Что необходимо знать для определения удельной теплоты сгорания топлива?
2. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании керосина объемом 0,8 л ($\rho_{\text{керосин}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)?
3. Дневная норма энергии, получаемой при сгорании пищи в организме школьника вашего возраста, составляет 1,2 МДж. Восполнят ли потерянную вашим организмом энергию съеденные вами в течение дня 200 г катыка, 100 г пшеничного хлеба, 100 г свежих огурцов, 100 г винограда, 100 г куриного мяса, 50 г сливочного масла и 100 г мороженого (для вычислений используйте информацию, приведенную в таблице 2.3)? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Энергия, выделяемая при полном сгорании __, называется __ топлива. __ топлива – физическая величина, равная количеству теплоты, выделившейся при полном сгорании 1 кг топлива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплота сгорания
Удельная теплота сгорания
Топливо

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие виды топлива вы знаете?
2. С помощью какой формулы вычисляется энергия, выделяемая при полном сгорании топлива?
3. Удельная теплота сгорания сливочного масла равна $32,7 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$. Что это означает?
4. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 20 кг каменного угля?

УПРАЖНЕНИЕ-3

1. Стальной стержень массой 250 г нагрели до температуры 80°C , передав ему 8 кДж количества теплоты. Определите начальную температуру стержня (для проведения вычислений используйте дополнительные сведения из таблицы 2.1).
 2. Чайник, в котором находится 3 л воды при температуре 16°C , поставили на газовую плиту и вскипятили. Вычислите количество теплоты, переданное воде (для проведения вычислений используйте дополнительную информацию из таблицы 2.1).
 3. Оленеводы на севере обычно для обогрева своего жилья сжигают китовый жир как топливо.
- I вопрос.** Чему равна удельная теплота сгорания китового жира, если при полном сгорании 10 кг этого жира выделяется 350 МДж теплоты?
- II вопрос.** Какое топливо при полном сгорании обогреет шатер лучше: китовый жир или керосин той же массы? Ответ обоснуйте.
4. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 5 л мазута (плотность мазута $890 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)?
 5. На коробке конфет написано: «калорийность 100 г составляет 580 ккал». Выразите калорийность пищевого продукта в джоулях.



2.4. Закон сохранения энергии в тепловых явлениях



Орнитологи выяснили, что лебеди (одни из самых крупных перелетных птиц), непрерывно летая на высоте 100 м, могут преодолеть в течение дня расстояние 800-1000 км.



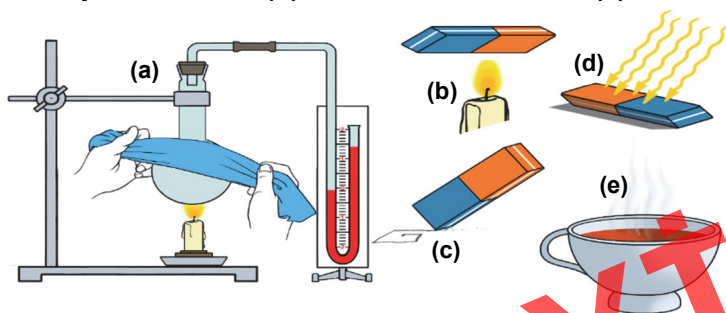
Южноамериканская гарпия – крупная хищная птица из семейства ястребиных. Охотясь на обезьяну, она может поднять и унести жертву в свое гнездо, находящееся на высоте 70-90 м.

- Какие превращения энергии происходят при перелете стаи птиц в теплые страны и при переносе хищной птицей тяжелого улова в свое гнездо?
- На что тратятся эти изменения энергии согласно законам физики?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Чему равно изменение внутренней энергии?

Исследуйте изображенные явления: колба с воздухом внутри, соединенная с манометром, одновременно подогревается снизу и натирается тканью (а); резиновый ластик: подогревается на огне свечи (b), стирает линию на бумаге (c), освещается лучами Солнца (d); чай в чашке остывает (e).



Обсудите результаты исследования:

- На каком рисунке изменение внутренней энергии тела происходит только в результате совершения работы? Чему равно изменение внутренней энергии в этом случае?
- На каком рисунке изменение внутренней энергии тела происходит только в результате теплопередачи? Чему равно изменение внутренней энергии тела в этом случае?

- На каком рисунке изменение внутренней энергии тела происходит в результате и совершения работы, и теплопередачи? Чему равно изменение внутренней энергии в этом случае?
- В каком случае внутренняя энергия тела растёт, а в каком – убывает?

Изменение внутренней энергии может происходить как в результате одновременно происходящих процессов теплопередачи и совершения работы, так и в результате только совершения работы, или только теплопередачи.

- Если внутренняя энергия тела или **системы**, состоящей из нескольких тел, изменяется только в результате совершения работы, то изменение внутренней энергии равно совершенной работе:

$$\Delta U = A.$$

- Если внутренняя энергия системы изменяется только в результате теплопередачи, то изменение внутренней энергии равно переданному системе количеству теплоты:

$$\Delta U = Q.$$

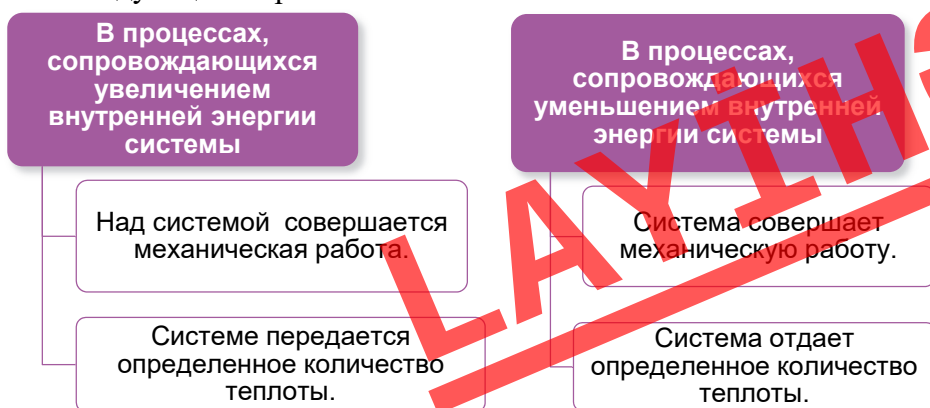
- Если внутренняя энергия системы изменяется в результате и совершения работы, и теплопередачи одновременно, то изменение внутренней энергии равно сумме совершенной работы и переданному системе количеству теплоты:

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

Эта формула выражает закон сохранения энергии в тепловых процессах.

- Как можно определить изменение внутренней энергии системы в различных процессах?

Изменение внутренней энергии в соответствующих процессах определяется следующим образом:



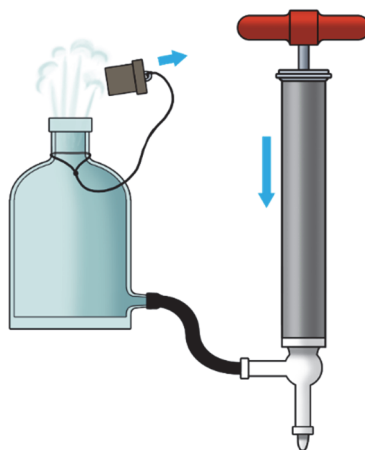
ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

При закачивании воздуха в плотно закрытый толстостенный сосуд пробка выскакивает из отверстия сосуда, когда совершенная работа равна $2 \cdot 10^7$ Дж.

1. В результате чего изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде?
2. Как изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде: увеличилась или уменьшилась? Ответ обоснуйте.
3. Скольким джоулям будет равно произошедшее изменение внутренней энергии воздуха в сосуде?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если изменение внутренней энергии происходит в результате и ___, и теплопередачи одновременно, то ___ равно сумме совершенной работы и полученному ___. В этом заключается закон ___ в тепловых процессах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Изменение внутренней энергии
Сохранение энергии
Количество теплоты
Совершение механической работы

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В каких случаях внутренняя энергия тела может уменьшаться?
2. Как выражается закон сохранения энергии для тепловых процессов?
3. Газ сжимают, совершив над ним работу, равную 5,5 кДж. В процессе сжатия окружающей среде передано 3,3 кДж количества теплоты. Вычислите изменение внутренней энергии газа. Увеличилась или уменьшилась внутренняя энергия газа в этом процессе?
4. Приведите примеры о процессах, сопровождающихся увеличением внутренней энергии системы.
5. Приведите примеры о процессах, сопровождающихся уменьшением внутренней энергии системы.

2.5. Уравнение теплового баланса

Мама попросила дочку-восьмиклассницу Назрин помочь ей приготовить воду для купания младшего брата:

- Чтобы искупать Арифа я налила в ванну 10 кг воды комнатной температуры (18°C). Теперь надо подсчитать, сколько воды при температуре 88°C следует к ней добавить, чтобы температура смеси стала 38°C ?



- Что Назрин должна знать, чтобы помочь маме?
- Как она может вычислить массу воды, которую следует добавить в ванну?

При соприкосновении двух тел различной температуры между ними начинается теплообмен: более нагретое тело, отдавая часть своей внутренней энергии менее нагретому, остывает, а менее нагретое тело, получая эту энергию, нагревается. Этот процесс продолжается до выравнивания температур обоих тел. Если эти тела составляют изолированную систему – внешние тела не участвуют в процессе теплопередачи (тепло не передается внешним телам и от них не поступает), то общая внутренняя энергия системы остается неизменной, т.е. сохраняется:

$$U_0 = U_{\text{кон}} \text{ или } U_{\text{кон}} - U_0 = 0. \quad (1)$$

Здесь U_0 – начальное значение внутренней энергии системы, $U_{\text{кон}}$ – конечное значение внутренней энергии системы. Это означает, что в изолированной системе количество теплоты, отданное более нагретым телом (или телами) (Q_2), равно абсолютному значению количества теплоты, полученного менее нагретым телом (телами) (Q_1):

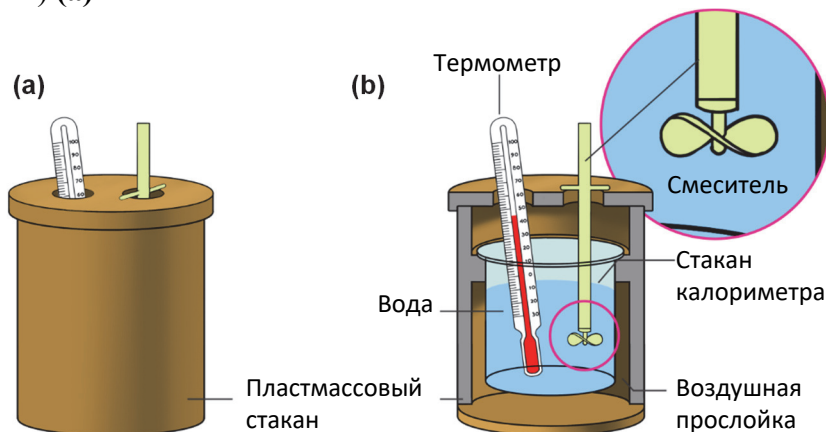
$$|Q_2| = |Q_1| \text{ или } Q_1 + Q_2 = 0. \quad (2)$$

Равенство (2) называется *уравнением теплового баланса* и наряду с равенством (1) выражает закон сохранения энергии:

• Внутренняя энергия изолированной системы, между телами которой происходят только процессы теплопередачи, остается неизменной.

Отметим, что для определения количества теплоты, полученного или отданного телами изолированной системы в процессе теплопередачи, а также для определения удельной теплоемкости вещества, используют

прибор, называемый *калориметром* (от лат. *calor* – «тепло» и *metreo* – «измеряю») (а).



Простой школьный калориметр состоит из двух стаканов цилиндрической формы: внутреннего алюминиевого и внешнего пластмассового, которые в целях теплоизоляции разделены воздушной прослойкой. Внешний стакан оснащен крышкой с отверстиями, через которые в него опускают термометр и мешалку (b).

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Применение уравнения теплового баланса

1. Поможем Назрин в решении поставленной задачи:

Дано	Решение
$t_1 = 18^\circ\text{C}$, $m_1 = 10\text{ кг}$, $t_2 = 88^\circ\text{C}$, $\theta = 38^\circ\text{C}$ <i>(θ – греческая буква тета),</i> $m_2 = ?$	Количество теплоты, отданное горячей водой: $Q_2 = cm_2(\theta - t_2)$. Количество теплоты, полученное холодной водой: $Q_1 = cm_1(\theta - t_1)$. Запишем уравнение теплового баланса (потери тепла и теплоемкость ванны не учитываются): $cm_2(\theta - t_2) + cm_1(\theta - t_1)$ или $m_2(t_2 - \theta) = m_1(\theta - t_1) \rightarrow m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)}$
Вычисления	$m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)} = \frac{10 \text{ кг} \cdot (38 - 18)^\circ\text{C}}{(88 - 38)^\circ\text{C}} = \frac{10 \text{ кг} \cdot 20^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C}} = 4 \text{ кг}.$
Ответ: 4 кг	

2. В стакане имелось 50 г растительного масла при температуре 20°C . К нему добавили 120 г растительного масла при температуре 80°C . Определите

установившуюся температуру смеси θ (потери тепла и теплоемкость стакана не учитываются).

- Что из изученного в этой теме следует применить для решения задания?
- Что необходимо знать для проведения вычислений?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если между телами ___ системы происходят только процессы ___, то ___ этой системы не изменяется. В изолированной системе ___, отданное горячим телом (или телами), равно абсолютному значению количества теплоты, полученного холодным телом (телами). Это равенство называют ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплопередача (теплообмен)
Внутренняя энергия
Уравнение теплового баланса
Количество теплоты
Изолированная

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какую закономерность выражает уравнение теплового баланса?
2. Для нагревания алюминиевого шарика на $\Delta t = 120^\circ\text{C}$ ему было передано 450 Дж количества теплоты. Какое количество теплоты выделится при охлаждении этого шарика на $\Delta t = 120^\circ\text{C}$? Ответ обоснуйте.
3. В сосуд с кипятком ($t = 100^\circ\text{C}$) погрузили стеклянный и медный шарики одинаковой массы, имеющие одинаковую температуру.
 - а) Сравните изменение температуры шариков.
 - б) Получат ли шарики одинаковое количество теплоты?

LAYIHE

УПРАЖНЕНИЕ-4

1. Сколько воды температурой 86°C следует добавить к воде массой 500 г при температуре 6°C , чтобы температура полученной смеси стала 36°C (потери тепла не учитываются).
2. Внутренняя энергия какой системы остается неизменной в процессе теплопередачи? Ответ обоснуйте.
3. Определите изменение температуры воды массой 100 г , считая, что на его нагревание потрачено количество теплоты, выделенное при сгорании спирта массой 3 г .

Дано	Перевод	Решение
$m_{\text{сп}} = 3\text{ г},$ $m_{\text{в}} = 100\text{ г},$ $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}},$ $q = 28 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$	$0,003\text{ кг}$ $0,1\text{ кг}$ $28 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Так как по условию все количество теплоты, выделенное при сгорании спирта, потрачено на нагревание воды, то в соответствии с законом сохранения энергии: $Q = Q_{\text{в}} \text{ или } q_{\text{сп}} m_{\text{сп}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta t.$ $\Delta t = \frac{q_{\text{сп}} m_{\text{сп}}}{c_{\text{в}} m_{\text{в}}}.$
$\Delta t - ?$		
Вычисления: $\Delta t = \frac{q_{\text{сп}} m_{\text{сп}}}{c_{\text{в}} m_{\text{в}}} = \frac{28 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,003\text{ кг}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 0,1\text{ кг}} = 20^{\circ}\text{C}.$ Ответ: $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}.$		

4. На сколько градусов нагреется ртуть массой 2 кг , если ей передать количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг воды на 5°C (потери теплоты не учитываются)?
5. Решите такую экспериментальную задачу: наполните бумажный стакан водой чуть выше середины и поместите его в кольцо, укрепленное на штативе. Под стакан поместите зажженную спиртовку (или свечу) так, чтобы пламя окутало стакан целиком. Вы думаете, что бумажный стакан вот-вот воспламенится, а вода из него выльется. Однако происходит следующее: пламя продолжает обволакивать стакан, а вода в нем нагреваться.
 - Почему бумажный стакан не воспламеняется? Ответ обоснуйте.
 - Можно ли в этом стакане сварить яйцо? Почему?
 - До каких пор бумажный стакан «выдержит» и не воспламенится?



6. В калориметр налили 250 г воды при температуре 100°C . Через некоторое время в нём установилась температура 95°C . Определите теплоемкость калориметра, если его начальная температура была равна 20°C .

Дано	Перевод	Решение
$m_{\text{в}} = 250\text{г},$ $t_{\text{в}} = 100^{\circ}\text{C},$ $t_{\text{к}} = 20^{\circ}\text{C},$ $\theta = 95^{\circ}\text{C},$ $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}.$	0,25 кг	Количество теплоты, отданное горячей водой: $Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - \theta).$ Количество теплоты, полученное калориметром: $Q_{\text{к}} = C_{\text{к}} (\theta - t_{\text{к}}).$ Запишем уравнение теплового баланса: $Q_{\text{в}} = Q_{\text{к}}$ или $c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - \theta) = C_{\text{к}} (\theta - t_{\text{к}}).$ $C_{\text{к}} = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - \theta)}{(\theta - t_{\text{к}})}.$
$C_{\text{к}} - ?$		

Вычисления
$C_{\text{к}} = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - \theta)}{(\theta - t_{\text{к}})} = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,25 \text{ кг} \cdot (100 - 95)^{\circ}\text{C}}{(95 - 20)^{\circ}\text{C}} = 70 \frac{\text{Дж}}{^{\circ}\text{C}}.$
Ответ: $C_{\text{к}} = 70 \frac{\text{Дж}}{^{\circ}\text{C}}.$

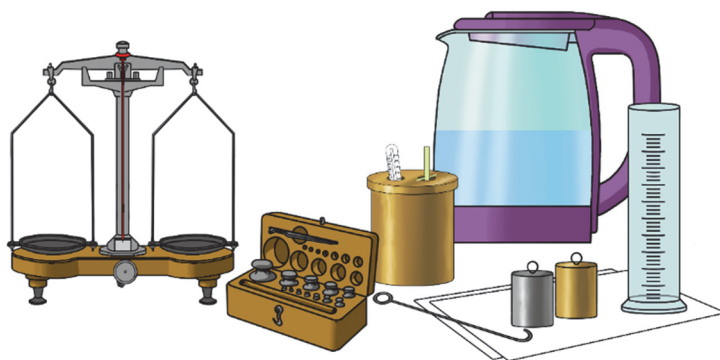
LAYINƏ

2.6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА.

Определение удельной теплоемкости тела

Цель работы: экспериментальное определение удельной теплоемкости металлического цилиндра.

Оборудование: калориметр, лабораторный термометр, весы, разновесы, мензурка, алюминиевый и медный цилиндры, проволока с крючком, вода, бумажная салфетка, электрочайник.



Ход работы:

1. Определите массу стакана калориметра, взвесив его на весах. Налейте в стакан 200 г холодной воды и измерьте ее температуру – это будет начальной температурой воды и калориметра.
2. Вскипятите воду в электрочайнике.
3. Определите массу алюминиевого цилиндра (тело) с помощью весов, затем, укрепив его на проволоке с крючком, опустите в кипяток (температура кипятка, т.е. 100°C, будет начальной температурой тела). Выждав некоторое время, выньте цилиндр из кипятка и, быстро обсушив его салфеткой, полностью погрузите в калориметр. Закройте крышку калориметра.
4. Смешайте воду в калориметре с помощью мешалки и зафиксируйте установившуюся температуру воды.
5. Результаты произведенных измерений и вычислений занесите в следующую таблицу:

№.	$m_{\text{т.}}$ (кг)	$t_{\text{т.}}$ (°C)		$m_{\text{в.}}$ (кг)	$m_{\text{к.}}$ (кг)	$t_{\text{в}} = t_{\text{к.}}$ (°C)		$c_{\text{в.}}$ $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	$c_{\text{к.}}$ $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	$c_{\text{т.}}$ $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
		нач.	кон.			нач.	кон.			
1		100						4200	920	
2		100						4200	920	

6. Произведя все измерения, запишите уравнение теплового баланса для трех тел, участвующих в процессе: воды, алюминиевого цилиндра и стакана калориметра. Таким образом:

$$|Q_T| = Q_B + Q_K.$$

Здесь Q_T – количество теплоты, отданное нагретым металлическим цилиндром (при вычислениях получается отрицательное значение), Q_B – количество теплоты, полученное водой, Q_K – количество теплоты, полученное калориметром.

Количество теплоты, полученное стаканом калориметра и водой в стакане при погружении в него нагретого до 100°C цилиндра, соответственно равно:

$$Q_B = c_B m_B (\theta - t_1) \quad \text{и} \quad Q_K = c_K m_K (\theta - t_1).$$

Здесь t_1 и θ – начальная и конечная температура воды и калориметра. Остывая, тело (алюминиевый цилиндр) отдает количество теплоты:

$$|Q_T| = |c_T \cdot m_T \cdot (\theta - t_2)|$$

или

$$Q_T = c_T \cdot m_T \cdot (t_2 - \theta).$$

Здесь t_2 и θ – начальная и конечная температура цилиндра, а c_T – его удельная теплоемкость. Согласно уравнению теплового баланса:

$$c_T m_T (t_2 - \theta) = c_B m_B (\theta - t_1) + c_K m_K (\theta - t_1).$$

Отсюда определяется удельная теплоемкость цилиндра:

$$c_T = \frac{c_B m_B (\theta - t_1) + c_K m_K (\theta - t_1)}{m_T (t_2 - \theta)}.$$

7. Сравните полученное из опыта значение удельной теплоемкости алюминия с его табличным значением.
8. Повторите опыт, заменив алюминиевый цилиндр на медный.

LAYINƏ

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Какое количество теплоты необходимо, чтобы тело теплоемкостью

$490 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$ нагреть

с 18°C до 52°C ?

- A) 34 300 Дж
- B) 25 480 Дж
- C) 8 820 Дж
- D) 16 660 Дж
- E) 7 Дж

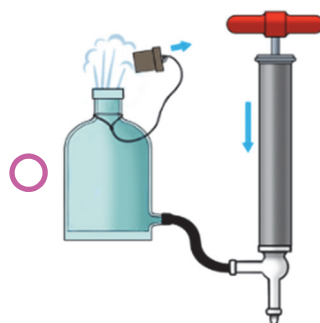
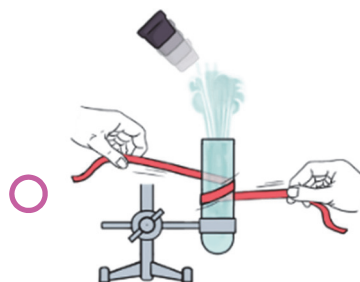
2. Какое количество теплоты требуется для нагревания воды в бассейне длиной 100 м, шириной 6 м и глубиной 2 м с 16°C до 25°C ?

($c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$,

$\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)?

- A) 45 360 МДж
- B) 4 536 МДж
- C) 453,6 МДж
- D) 4,536 МДж
- E) 45,36 МДж

3. Стрелками укажите соответствия:



Внутренняя энергия системы увеличивается.



Внутренняя энергия системы уменьшается.



LAYIHE

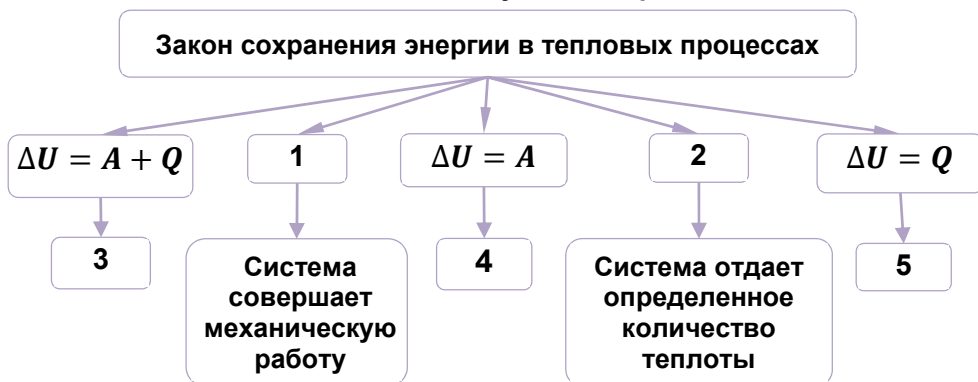
4. При полном сгорании 50 кг топлива выделилось 1450 МДж теплоты. Определите вид топлива.

- A) сухие дрова
- B) каменный уголь
- C) торф
- D) спирт
- E) горючий сланец

5. Определите температуру, установившуюся после смешивания воды массой $m_1 = 200$ г, взятой при температуре $t_1 = 40^\circ\text{C}$, с водой массой $m_2 = 300$ г при температуре $t_2 = 10^\circ\text{C}$.

- A) 22°C
- B) 69°C
- C) 36°C
- D) 18°C
- E) 30°C

6. Впишите вместо чисел соответствующие выражения.



LAYINƏ

ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА



- 3.1. Плавление и отвердевание
- 3.2. Удельная теплота плавления
- 3.3. Парообразование и конденсация
- 3.4. Насыщенный и ненасыщенный пар.
Кипение
- 3.5. Удельная теплота парообразования
- 3.6. Влажность воздуха
- 3.7. Приборы для измерения влажности

• Обобщающие задания

LAYINƏ

3.1. Плавление и отвердевание

Наверное, вы уже знаете о существовании жидких металлов (например, ртуть) и о плавлении металлов при определенных температурах. Однако, согласитесь, что таяние твердого металла на нашей ладони подобно таянию мороженого является необычным для нас явлением. Таким металлом является галлий. Он плавится при температуре $29,8^{\circ}\text{C}$. Его плавление можно наблюдать, погрузив кусочки галлия в стакан с горячей водой.



- А при какой температуре галлий отвердевает?
- Как изменяется внутренняя энергия вещества в процессах плавления и отвердевания?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Таяние льда

Оборудование: кубики льда (из морозильной камеры холодильника), колба, термометр, спиртовка (или другой нагреватель), штатив, спички, пробка с отверстием, секундомер.

Ход работы:

1. Поместите в колбу кубики льда температурой -5°C , закройте колбу пробкой и опустите в нее термометр.
2. Закрепите колбу на штативе и нагревайте её спиртовкой.
3. Отметьте начальную температуру льда в таблице 3.1, предварительно перенесенной в рабочий лист, и включите секундомер.
4. Отметьте показания термометра и секундомера в момент, когда лед полностью превратится в воду.
5. Продолжая наблюдение, отмечайте изменение температуры воды с течением времени.

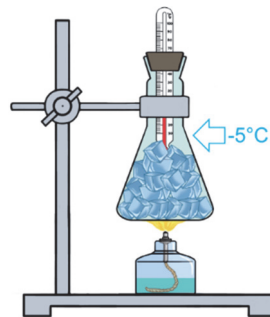


Таблица 3.1.

Время (t, мин.)	0	1	2	3	4	5	6	...
Температура (t, $^{\circ}\text{C}$)								

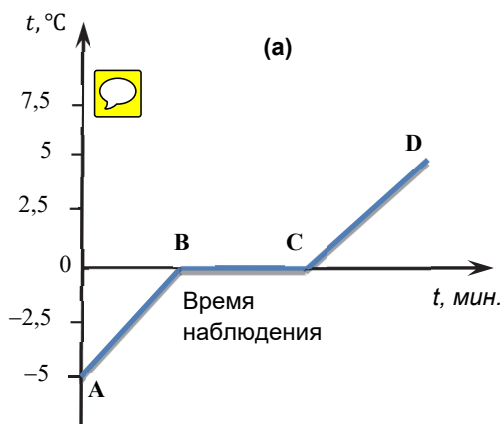
Обсудите результаты исследования:

- При какой температуре лёд начал таять?
- Как изменялась температура в процессе таяния льда?
- Через какой промежуток времени температура воды в колбе начала расти? Почему?
- Как изменилась внутренняя энергия льда в процессе таяния?

- Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое называется **плавлением**.

Плавление твердого вещества представляет собой сложный физический процесс. Это подтверждается графиком (а) температура – время льда, построенным на основе данных таблицы 3.1.

Как видно из графика, лёд нагревался некоторое время от -5°C до температуры 0°C (участок графика АВ), при которой началось плавление льда. Несмотря на непрерывное нагревание колбы спиртовкой, показания термометра не менялись до тех пор, пока весь лёд не растаял (участок ВС).



- На что же тратится сообщенное количество теплоты?

Количество теплоты, сообщенное льду, нагретому до температуры 0°C , тратится на разрушение его кристаллической решетки. Силы притяжения между частицами в кристалле не могут удерживать их в прежнем упорядоченном состоянии. В результате упорядоченное расположение частиц превращается в беспорядочное: вещество переходит в жидкое состояние. Постоянство температуры вещества в процессе его плавления означает неизменность кинетической энергии частиц вещества.

Количество теплоты, сообщенное веществу после полного перехода его в жидкое состояние, тратится на увеличение скорости и кинетической энергии частиц жидкости, его температура увеличивается (участок CD).

Из многочисленных опытов с различными веществами выяснилось, что каждое кристаллическое вещество плавится только при присущей ему определенной температуре (см.: таблица 3.2)

- Температуру, при которой кристаллическое вещество плавится, называют **температурой плавления**.

При охлаждении жидкости до определенной температуры она переходит в твердое состояние.

- Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое называется **отвердеванием** или **кристаллизацией**.

- Температура, при которой жидкость отвердевает, называется **температурой отвердевания**. Температура кристаллизации данного вещества равна температуре его плавления.

Таблица 3.2. Температура плавления некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении.

Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
Водород	-259	Калий	63	Алюминий	660
Кислород	-219	Нафталин	80	Серебро	962
Азот	-210	Натрий	98	Золото	1064
Спирт	-114	Олово	232	Медь	1085
Ртуть	-39	Свинец	327	Сталь	1500
Лёд	0	Янтарь	360	Железо	1539
Цезий	29	Цинк	420	Вольфрам	3387

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

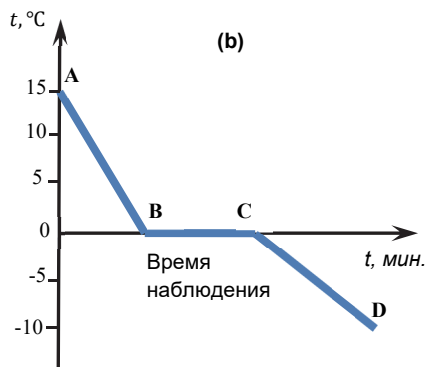
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• «Прочитайте» график

Дан график зависимости температуры воды, помещенной в морозильную камеру холодильника, от времени (**б**).

Обсудите результаты исследования:

- Какому процессу соответствует участок АВ графика?
- Какому процессу соответствует участок ВС? Почему на этом участке температура не изменяется?
- Какой процесс отражен на участке CD графика?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Перенесите схему в рабочий лист и вместо точек впишите соответствующие определения.

ПЛАВЛЕНИЕ

→ ...

ТЕМПЕРАТУРА
ПЛАВЛЕНИЯ

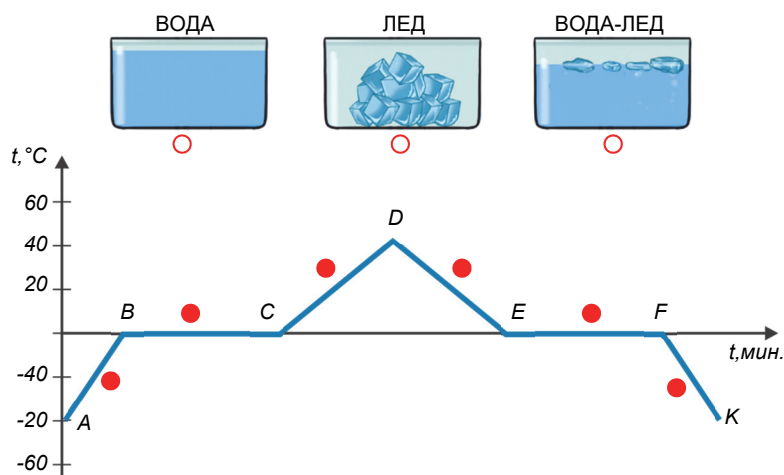
→ ...

ТЕМПЕРАТУРА
ОТВЕРДЕВАНИЯ

→ ...

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Нарисуйте рисунок в рабочем листе и стрелками укажите соответствия.



2. На что тратится количество теплоты, получаемое веществом в процессе плавления?

3. Возможно, вы наблюдали, как зимой посыпают тротуары и проезжую часть дорог, чтобы они не промерзли. Как можно объяснить причину этого явления?



LAYINƏ

3.2. Удельная теплота плавления

Месяц март. Солнце, «выглядывающее» из-за гор, постепенно нагревает воздух. Однако горы все ещё не торопятся полностью освободиться от укрывшего их «белого покрывала» и только местами начинают темнеть холмики, прорастающие сквозь постепенно тающий снег, становятся прозрачными толстые покрытия стоячей воды вдоль русла горной реки.



- Почему весной, несмотря на потепление воздуха, весь снег и лёд тают не сразу, а постепенно в течение продолжительного времени?
- Что произошло бы, если бы весь снег и лёд растаяли мгновенно?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• От чего зависит теплота плавления?

Оборудование: кубики льда, кусочки олова (20 г), колбы (4 шт.), электронагреватель, секундомер.

Ход работы:

I этап:

1. Поместив в одну колбу лёд массой 50 г, а в другую лёд массой 100 г, начните одновременно нагревать их на одном и том же нагревателе.
2. Включите секундомер и с его помощью зафиксируйте время полного плавления кристалликов льда в каждой колбе.

II этап:

1. Поместите в одну из колб кубики льда массой 20 г, а в другую кусочки олова массой 20 г и начните одновременно нагревать их на одном и том же нагревателе.



2. Включив секундомер, измерьте время полного перехода в жидкое состояние кубиков льда и кусочков олова.

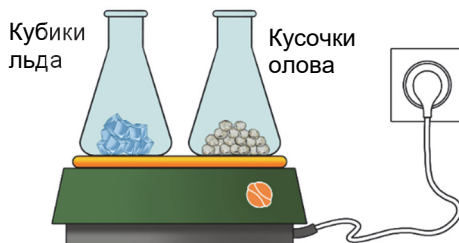
Обсудите результаты исследования:

- На плавление вещества в какой из колб затрачено большее количество теплоты?
 - Выяснили ли вы в исследовании, от чего зависит количество теплоты, необходимое для плавления твердого тела?
- Количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического вещества, взятого при температуре плавления, называется теплотой плавления.**

Вы смогли выяснить в исследовании, что теплота плавления зависит от массы и рода кристаллического вещества:

$$Q = \lambda m.$$

здесь Q – теплота плавления, m – масса тела, λ – удельная теплота плавления вещества. Удельная теплота плавления – физическая величина, показывающая различие количеств теплоты, требуемых для плавления различных кристаллических веществ массой 1 кг, взятых при температуре плавления.



Формула	Единица измерения
$\lambda = \frac{Q}{m}.$	$[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$
Определение	Определение
Удельная теплота плавления вещества – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для плавления 1 кг данного кристаллического вещества, взятого при температуре плавления.	$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ – удельная теплота плавления такого кристаллического вещества, для полного плавления 1 кг которого необходимо потратить 1 Дж количества теплоты.

Удельная теплота плавления зависит от рода вещества. В таблице 3.3 приведены значения удельной теплоты плавления некоторых веществ.

Таблица 3.3. Удельная теплота плавления некоторых веществ.

Вещество	λ , кДж/кг	Вещество	λ , кДж/кг	Вещество	λ , кДж/кг
Ртуть	12	Золото	67	Нафталин	150
Кислород	14	Сталь	84	Медь	210
Свинец	25	Серебро	87	Железо	270
Олово	59	Цинк	120	Лёд	340
Водород	59	Парафин	150	Алюминий	390

В процессе отвердевания внутренняя энергия жидкости уменьшается – жидкость отдает часть своей внутренней энергии окружающей среде.

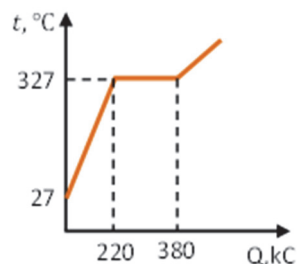
- Согласно закону сохранения энергии, количество теплоты, выделяемое веществом данной массы в процессе кристаллизации, равно количеству теплоты, поглощенному этим же веществом такой же массы в процессе плавления.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

Задача

На основе графика зависимости температуры свинцового тела данной массы от полученного им количества теплоты определите количество теплоты, потраченное только на его плавление.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Количество теплоты, необходимое для плавления __ вещества, взятого при __, называется __. __ вещества – физическая величина, равная количеству теплоты, необходимому для плавления 1 кг данного кристаллического вещества при температуре плавления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплота плавления
Удельная теплота плавления
Температура плавления
Кристаллическое

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как вычисляется количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела, взятого при температуре плавления?
2. Удельная теплота плавления ртути равна $12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Что это означает?
3. В таблице приведены данные о массе и удельной теплоте плавления чистых веществ **L, M, N** и **O**.

Вещество	L	M	N	O
Удельная теплота плавления (Дж/г)	175, 64	22, 86	118, 10	332, 07
Масса (г)	100	100	50	50

I вопрос. Какое из этих веществ, взятых при температурах их плавления и нагреваемых на одном и том же нагревателе, расплавится быстрее других?

- A) Только L B) Только M C) Только N D) Только O E) M и O

II вопрос. Для полного плавления какого из этих веществ потребуется большее количество теплоты?

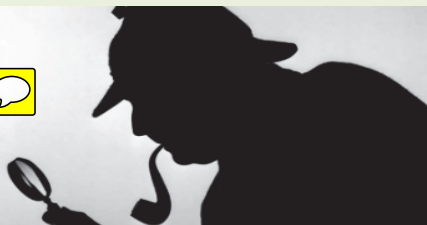
- A) Только L B) Только M C) Только N D) Только O E) M и O

3.3. Парообразование и конденсация

Шерлок Холмс был вызван в антикварную лавку, в которой была совершена кража. Он с удивлением оглядел продавца и удивленно спросил:

- Вы, здоровый молодой человек высокого роста, могли бы легко догнать вора. Почему вы не преследовали его?
 - Я сразу же бросился за ним, однако на морозе стекла моих очков запотели, я не мог что-либо видеть и он убежал, – сожалел продавец.
- Холмс достал лупу и вышел из лавки, однако сразу вернулся и легко нашел вора.

- Почему Холмс без особых усилий определил вора?

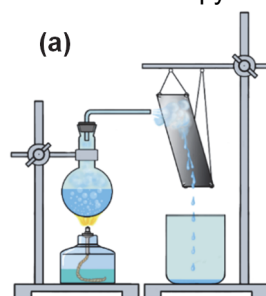


ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Какое изменение в состоянии вещества произошло?

Оборудование: колба, стакан, пробка с продетой сквозь неё стеклянной трубкой, вода (50 мл), спиртовка, металлическая пластина, спички, штативы (2 шт.).

Ход работы: 1. Закрепите колбу на штативе и, налив в неё до половины воды, закройте пробкой. 2. Нагревая колбу на пламени спиртовки, дождитесь кипения воды в ней и образования пара над ней (а). 3. Подвесьте на втором штативе металлическую пластину, расположив её напротив выходящего из стеклянной трубки пара и поместите под пластину стакан. 4. Наблюдайте происходящее несколько минут.



Обсудите результаты исследования:

- Почему пар, касаясь холодной пластины, снова превращается в воду?
- Какие изменения в состоянии вещества произошли во время опыта? Почему?

Ежедневные наблюдения показывают, что количество воды, спирта, духов и других жидкостей в открытых сосудах постепенно уменьшается. Причина этого заключается в испарении этих жидкостей.

• Процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное) называется **парообразованием**. Процесс превращения жидкости в газ (пар) называется **парообразованием**.

Существует два способа парообразования: *испарение* и *кипение*.

• Испарение

Испарение – парообразование с открытой поверхности жидкости, происходящее при любой температуре. Как объясняется процесс испарения? Хаотически двигаясь с различными скоростями, молекулы жидкости сталкиваются и передают друг другу кинетическую энергию. В результате скорость некоторых молекул значительно увеличивается. Если такая молекула окажется у поверхности жидкости, то она может легко преодолеть притяжение соседних молекул и, оторвавшись от них, покинуть жидкость. Молекулы, вылетевшие с поверхности жидкости, образуют над ней пар.

В процессе испарения поверхность жидкости покидают молекулы, обладающие большой кинетической энергией, поэтому среднее значение кинетической энергии оставшихся в жидкости молекул уменьшается, что приводит к охлаждению жидкости.

Значит, в процессе испарения внутренняя энергия жидкости уменьшается. Это можно подтвердить простым опытом: капните на руку несколько капелек одеколона – вы сразу же почувствуете прохладу в этом месте. Испаряющийся одеколон, охлаждаясь, забирает у вашей руки некоторое количество теплоты.

Испарение происходит при любой температуре, однако скорость испарения зависит от различных причин:

- **скорость испарения зависит от рода жидкости.** Например, если на пластинку из стекла капнуть одинаковые по массе капли воды, спирта и растительного масла, то сначала испарится спирт, потом вода, а испарение масла будет продолжаться не один день;
- **скорость испарения жидкости зависит от площади её открытой поверхности.** Например, чай быстрее испаряется из блюдца, чем из стакана;
- **скорость испарения зависит от температуры жидкости.** Например, лужи на солнечной части улицы испаряются быстрее;
- **скорость испарения зависит от влажности воздуха и его движения.** Так, в сухую погоду влажное белье сохнет быстрее; в ветреную погоду также белье сохнет быстрее, чем в безветренную.

• Конденсация

Одновременно с процессом выхода молекул с поверхности жидкости происходит обратный процесс: часть совершающих хаотическое движение над жидкостью молекул снова возвращается на поверхность жидкости.

• *Процесс превращения пара в жидкость называется конденсацией.*

Процесс конденсации пара сопровождается выделением энергии.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Конденсация происходит и в случаях, когда пар не соприкасается с жидкостью. Примером является образование облаков: молекулы водяного пара, поднимающиеся с поверхности Земли, в более холодных слоях атмосферы, группируясь, образуют мелкие капли воды. А из этих капель образуются «парящие» в небе облака.

• Испаряются ли твердые тела?

Процесс испарения твердых тел называют *сублимацией*, а обратный процесс называют *десублимацией*.

• **Сублимация** – процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое.

Например, «сухой лёд» (CO_2 в твердом состоянии) испаряется без перехода в жидкое состояние. Запахи некоторых твердых тел, например нафталина, мы ощущаем в результате их сублимации.

• **Десублимация** – процесс перехода вещества из газообразного состояния непосредственно в твердое.

Например, образование инея на оконных стеклах в морозную погоду происходит в результате превращения содержащегося в воздухе водяного пара непосредственно в лёд.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

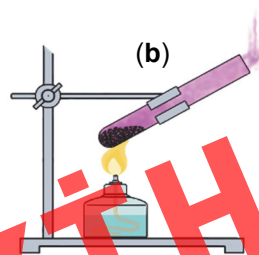
• Какое явление вы наблюдали?

Оборудование: пробирка, спиртовка, кристаллики йода, спички, штатив.

Ход работы: 1. Закрепите пробирку на штативе, предварительно поместив в него кристаллики йода. 2. Нагревая пробирку на пламени спиртовки, наблюдайте за изменениями в состоянии кристалликов йода (b).

Обсудите результаты исследования:

- В результате какого явления внутренние стенки нагреваемой пробирки приобрели фиолетовый оттенок?
- Какое явление наблюдалось в ходе эксперимента?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное) называется _____. ____ – парообразование, происходящее с открытой поверхности жидкости. Процесс превращения пара в жидкость называется _____. ____ – процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое. ____ – процесс перехода вещества из газообразного состояния непосредственно в твердое.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Испарение
Десублимация
Сублимация
Парообразование
Конденсация

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Загрязнение поверхности морей и океанов нефтяной пленкой называют экологической катастрофой. Почему?
2. Почему жирный суп остывает дольше?
3. Стекланная бутылка и глиняный кувшин наполнены холодной водой. В каком из сосудов вода останется прохладной, а в каком потеплеет? Почему?
4. При испарении вода забирает тепло у окружающих тел, что приводит к их охлаждению. Учйывая это, какие из нижеприведенных явлений можно считать не происходящими в результате испарения?
 - 1 – Озноб вспотевшего человека.
 - 2 – Влага на поверхности продуктов, вынутых из морозильной камеры холодильника летом.
 - 3 – Прикладывание влажного компресса ко лбу больного с высокой температурой.
 - 4 – Духота, ощущаемая в воздухе после дождя в жаркие летние дни.
 - 5 – Запотевание (покрытие паром) стекол очков при выходе из теплого помещения на улицу в холодную погоду.
 - 6 – Потение (покрытие паром) стекол очков при входе в теплое помещение с холодной улицы.
 - 7 – Ощущение прохлады при выходе из воды на пляже.

3.4. Насыщенный и ненасыщенный пар. Кипение

На фотографиях и в фильмах о бескрайних песчаных пустынях можно увидеть, как мало зеленых растений произрастает в этом климате.



- Как эти растения «живут» в условиях таких пустынь с сухим и жарким климатом, где годами не бывает дождей?

• Два вида пара

Существует два вида пара: *насыщенный* и *ненасыщенный*. Молекулы воды, находящейся в сосуде, закрытом крышкой, испаряются в пространство между поверхностью воды и крышкой. Некоторая часть этих молекул снова возвращается в воду. Наступает момент, когда число вернувшихся в

жидкость в единицу времени молекул становится равным числу молекул, покинувших её в единицу времени. Возникает состояние, которое называется *динамическим равновесием*. В состоянии динамического равновесия количество жидкости и пара остается неизменным.

• *Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называют насыщенным паром.*

От чего зависят плотность и давление насыщенного пара?

Предположим, что в закрытом сосуде находятся жидкость и её насыщенный пар. Сосуд нагревают. С ростом температуры число покидающих жидкость молекул становится больше числа молекул, вернувшихся в жидкость. Нарушаются динамическое равновесие и состояние насыщения. Но через некоторое время динамическое равновесие восстанавливается, однако из-за увеличения числа испарившихся в замкнутое пространство молекул плотность насыщенного пара над жидкостью увеличивается. С ростом плотности пара растет и его давление.

• *Плотность и давление насыщенного пара зависят от температуры: они увеличиваются с повышением температуры.*

В сосуде с открытой поверхностью динамическое равновесие не возникает, так как большая часть покинувших жидкость молекул распространяется в окружающее пространство. Такой пар является *ненасыщенным*.

• *Пар, не находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называют ненасыщенным.*

• Кипение

Дома вы часто наблюдаете процесс кипения воды в чайнике.

- Как происходит кипение?
- Почему нагревание воды сопровождается шумом до кипения, а при кипении шум уменьшается?

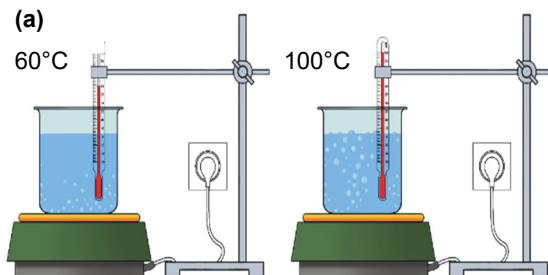
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Как происходит процесс кипения?

Оборудование : стеклянный сосуд, электронагреватель, вода, термометр, штатив.

Ход работы:

1. Включите нагреватель. Наберите в сосуд воды выше середины и поставьте сосуд на нагреватель.
2. Закрепите термометр на штативе и, опустив его в сосуд, следите за изменением температуры воды, одновременно наблюдая процесс, происходящий внутри воды (**а**).



Обсудите результаты исследования:

- Как изменяются размеры содержащихся в воде пузырьков воздуха в процессе нагревания воды, как они движутся?
- Как ведут себя содержащиеся в воде пузырьки в процессе кипения? Почему?

Внутри воды всегда присутствуют растворенный воздух и очень мелкие частицы твердых тел. При нагревании этот растворенный воздух выделяется в виде воздушных пузырьков на дне и стенках сосуда. При нагревании воды происходит её испарение внутрь этих пузырьков. Так как пузырьки замкнуты, водяной пар в них является насыщенным. С повышением температуры жидкости увеличивается количество пара в каждом пузырьке, значит, растет и давление пара на стенки пузырька. В результате пузырьки увеличиваются в размере и под действием силы Архимеда отрываются от внутренней поверхности сосуда и поднимаются вверх. В верхних более холодных слоях воды внутри пузырьков происходит конденсация водяного пара. Пузырьки уменьшаются в размерах и схлопываются. Этот процесс сопровождается характерным шумом. При температуре, равной 100°C при нормальном атмосферном давлении, весь объём воды за счет конвекции приобретает одинаковую температуру. При этом объём поднимающихся пузырьков уже не уменьшается, а наоборот увеличивается, давление насыщенного пара в них становится чуть больше атмосферного и пузырьки, достигнув поверхности воды, лопаются и выпускают пар в атмосферу – происходит кипение.

• Парообразование, происходящее при определенной температуре со всего объёма жидкости, называют кипением.

Опыты показывают, что температура жидкости и пара над ней во время кипения не изменяется.

• Температуру, при которой жидкость кипит, называют температурой кипения.

В таблице 3.4 приведены значения температуры кипения некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении.

Таблица 3.4. Температура кипения некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении.

Вещество	t, °C	Вещество	t, °C
Водород	– 253	Ртуть	357
Кислород	– 183	Свинец	1740
Эфир	35	Медь	2567
Спирт	78	Железо	2750
Вода	100	Золото	2950

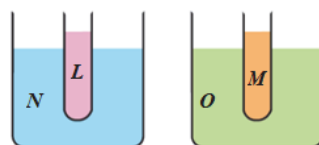
Температура кипения зависит от внешнего давления на жидкость. С ростом внешнего давления температура кипения увеличивается, и наоборот, при уменьшении внешнего давления температура кипения уменьшается.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Каждая из жидкостей **L**, **M**, **N** и **O** взята при температуре кипения. Жидкость **L** опущена в жидкость **N**, а жидкость **M** в жидкость **O** так, как это показано на рисунке.



В таком случае:

а) при испарении жидкости **N** температура жидкости **L** уменьшается;

б) при испарении жидкости **M** температура жидкости **O** уменьшается.

В каком случае температуры кипения жидкостей выражены верно?

Вещество \ Выбор	L	M	N	O
A)	60°C	80°C	50°C	–30°C
B)	60°C	–30°C	50°C	80°C
C)	50°C	60°C	80°C	–30°C
D)	50°C	80°C	60°C	–30°C
E)	–30°C	60°C	80°C	50°C

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Пар, находящийся в ___ со своей жидкостью, называют ___. Пар, не находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называют ___. Процесс парообразования, происходящий при определенной температуре со всего объема жидкости, называют ___. Температуру, при которой жидкость кипит, называют ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Кипение

Ненасыщенный пар

Насыщенный пар

Динамическое равновесие

Температура кипения

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. От чего зависят плотность и давление насыщенного пара?
2. На графике изображена диаграмма температура – время, отражающая результаты сообщения количества теплоты воде в сосуде.

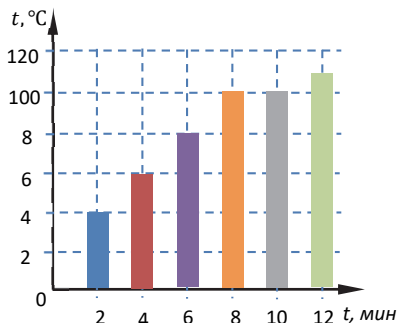
I вопрос. На какой минуте, согласно данным диаграммы, закипела вода?

II вопрос. В каком агрегатном состоянии находилась вода в конце 6-й минуты?

3. В каком месте температура кипения воды: а) равна 100°C ; б) ниже 100°C ; в) выше 100°C ? Почему?

1 – в Пиргули (на высоте 1500 м над уровнем моря). 2 – на уровне моря.

3 – в шахте в Соме (на глубине 2000 м от уровня моря).



3.5. Удельная теплота парообразования

Чтобы превратить жидкость в пар, ей сообщают определенное количество теплоты, при конденсации же пар выделяет количество теплоты.

- От чего зависит это количество теплоты?

Различным веществам следует сообщить различное количество энергии, чтобы перевести их из жидкого состояния в пар. Эта энергия характеризуется физической величиной, называемой *удельной теплотой парообразования*.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

Задача

Экспериментально установлено, что на превращение в пар 1 кг воды при температуре кипения тратится 2,3 МДж, а на превращение в пар той же массы спирта при температуре её кипения тратится 0,9 МДж количества теплоты. Для превращения в пар 2 кг воды при тех же условиях тратится 4,6 МДж, а спирта той же массы при тех же условиях 1,8 МДж энергии.

Обсудите результаты исследования:

- От чего зависит количество теплоты, необходимое для превращения в пар различных видов жидкостей?

Количество теплоты, необходимое для превращения жидкости в пар при постоянной температуре, называется теплотой парообразования.

При анализе исследования выясняется, что теплота парообразования зависит от вида жидкости и её массы:

$$Q = Lm.$$

Где Q – теплота парообразования, m – масса жидкости, L – удельная теплота парообразования жидкости.

Удельная теплота парообразования является величиной, выражающей различие количеств теплоты, необходимых для превращения в пар различных жидкостей одинаковой массы.

Формула	Единица измерения
$L = \frac{Q}{m}$	$[L] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Определение	Определение
Удельная теплота парообразования вещества – физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для превращения в пар 1 кг жидкости при температуре кипения.	$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ – это теплота парообразования такой жидкости, для превращения 1 кг которой в пар при температуре кипения необходимо потратить 1 Дж количества теплоты.

Удельная теплота парообразования зависит от рода жидкости. В таблице 3.5 приведены значения удельной теплоты парообразования некоторых жидкостей.

Таблица 3.5. Значения удельной теплоты парообразования некоторых жидкостей (при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении).

Вещество	L, МДж/кг
Жидкий воздух	0,2
Ртуть	0,3
Эфир	0,4
Спирт	0,9
Жидкий аммиак	1,4
Вода	2,3

Количество теплоты, выделяемое при конденсации пара данной массы, взятой при температуре кипения, равно количеству теплоты, потраченному для превращения в пар такой же массы соответствующей жидкости при той же температуре.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2



ЛАЙФНА

Задача

В таблице приведены значения удельной теплоты парообразования веществ **L**, **M** и **N**. В пар превращены соответственно 22 г, 42 г и 10 г этих веществ (при температуре кипения).

Вещество	L	M	N
Удельная теплота парообразования (Дж/г)	480	380	620

I вопрос. Каким будет соотношение между количествами теплоты, переданными этим веществам? Почему?

- A) $Q_L > Q_M > Q_N$ B) $Q_M > Q_L > Q_N$ C) $Q_N > Q_M > Q_L$
 D) $Q_L = Q_M > Q_N$ E) $Q_L = Q_N > Q_M$

II вопрос. Каким будет соотношение между количествами теплоты, выделяемыми в процессе полной конденсации данной массы этих же веществ? Почему?

- A) $Q_L > Q_M > Q_N$ B) $Q_M > Q_L > Q_N$ C) $Q_N > Q_M > Q_L$
 D) $Q_L = Q_M > Q_N$ E) $Q_L = Q_N > Q_M$

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Количество теплоты, потраченное на превращение жидкости в пар при постоянной температуре, называют _____. Количество теплоты, необходимое для превращения в пар 1 кг жидкости при постоянной температуре, называют _____. выделяющееся при ____ пара данной массы, равно количеству теплоты, необходимому для ____ такой же массы соответствующей жидкости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Количество теплоты

Конденсация

Парообразование

Теплота парообразования

Удельная теплота парообразования

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В таблице приведены значения удельной теплоты парообразования некоторых веществ.

Вещество	Ртуть	Эфир	Ацетон	Спирт
Удельная теплота парообразования (Дж/г)	300	400	520	900

I вопрос. Для полного превращения в пар какого из этих веществ, взятых при одинаковой температуре и равной массе, требуется меньшее количество теплоты?

II вопрос. Какое из веществ, взятых в газообразном состоянии при температурах кипения, передаст окружающей среде большее количество теплоты при полном превращении в жидкость при той же температуре?

a – 100 г ацетона; **b** – 100 г ртути; **c** – 200 г спирта; **d** – 200 г эфира.

2. Что означает, что удельная теплота парообразования ртути равна 0,3 МДж/кг?

3. Какое количество теплоты необходимо для превращения в пар 5 кг воды, взятой при температуре кипения?

3.6. Влажность воздуха

Ариф и его дедушка сидели вечером в саду и вели такую беседу:

- Дедушка, какой будет погода завтра?
- Завтра будет дождь.
- А откуда ты узнал, что завтра будет дождь?
- Мне об этом говорит сама природа. Обрати внимание на туман в деревне: если он расположен выше деревьев, значит, завтра будет дождь. Если он расстилается близко к поверхности земли, то ожидается сухая погода.



- Что означает туманная погода? Как туман образуется?
- Выпадает ли роса каждое утро? Что является причиной её образования?

В воздухе всегда присутствует водяной пар. Он образуется при испарении воды с поверхностей океанов, морей, озер и др. Самочувствие людей, жизнь животных и растений, а также состояние технических и строительных объектов зависят от количества водяного пара в воздухе. Количество водяного пара в воздухе определяет влажность воздуха. Влажность воздуха характеризуется двумя физическими величинами: *абсолютная влажность* и *относительная влажность*.

- **Абсолютная влажность** – физическая величина, численно равная массе водяного пара, содержащейся в 1 м^3 воздуха:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Здесь ρ – абсолютная влажность (плотность водяного пара), V – объём воздуха, m – масса содержащегося в воздухе водяного пара. Так как масса водяного пара в 1 м^3 воздухе очень мала, то её выражают в граммах. За единицу абсолютной влажности принят 1 г/м^3 :

$$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{1 \text{ г}}{1 \text{ м}^3} = 1 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}.$$

Равенство абсолютной влажности $\rho = 20 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ означает, что в каждом 1 м^3 воздуха содержится 20 г водяного пара.

Отметим, что зная только абсолютную влажность, нельзя определить, в какой степени имеющееся состояние водяного пара в воздухе отличается от состояния насыщения. Если водяной пар в земной атмосфере был бы насыщенным, то вся земная поверхность была бы покрыта невысыхающими каплями воды. Наоборот, если содержание водяного пара в воздухе

будет намного меньше, чем в состоянии насыщения, то возникнет засуха, которая нанесет большой вред природе.

Величину, показывающую, насколько водяной пар при данной температуре отличается от насыщенного водяного пара, принято называть относительной влажностью.

• **Относительная влажность – величина, равная отношению плотности водяного пара в воздухе при данной температуре к плотности насыщенного пара при той же температуре, выраженная в процентах:**

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%.$$

Здесь φ – относительная влажность, ρ – плотность водяного пара в воздухе при данной температуре, ρ_0 – плотность насыщенного пара в воздухе при той же температуре.

Скорость испарения воды с поверхности кожи человека зависит от влажности воздуха. С ростом относительной влажности воздуха испарение воды с поверхности кожи замедляется. В результате нарушается тепловое равновесие организма, затрудняется дыхание и самочувствие человека ухудшается. При понижении влажности воздуха (при повышенной сухости воздуха) скорость испарения воды с кожного покрова человека увеличивается, он сильно потеет, губы и слизистая оболочка дыхательных путей высыхают, что также приводит к ухудшению его самочувствия. Наиболее благоприятной для жизнедеятельности человека является относительная влажность воздуха 50-60%.

В таблице 3.6 приведены значения плотности насыщенного водяного пара ρ_0 при различных температурах.

Таблица 3.6. Плотность насыщенного водяного пара ρ_0 при различных температурах.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$
-5	3,2	7	7,8	15	12,8
0	4,8	8	8,3	16	13,6
1	5,2	9	8,8	17	14,5
2	5,6	10	9,4	18	15,4
3	6,0	11	10,0	19	16,3
4	6,4	12	10,7	20	17,3
5	6,8	13	11,4	30	30,3
6	7,3	14	12,1	50	83,0

Как определяется плотность ρ водяного пара в воздухе? – Для этого следует знать *точку росы*.

• **Точкой росы называют температуру, при которой содержащийся в воздухе пар переходит в состояние насыщения.**

При охлаждении воздуха до точки росы содержащийся в нем водяной пар начинает конденсироваться: образуется туман, выпадает роса. Плотность водяного пара в воздухе в точке росы становится равной плотности насыщенного пара.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

Задача

- Относительная влажность воздуха 80%, а температура 4°C. Чему равна плотность водяного пара в воздухе? Плотность насыщенного пара при этой температуре равна $6,4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$.
- Температура воздуха в комнате объёмом 100 м³ равна 20°C, а её влажность равна 60%. Сколько граммов воды содержится в воздухе?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Напишите эссе на тему «Влажность воздуха», используя ключевые слова.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Точка росы; Абсолютная влажность; Водяной пар; Влажность воздуха; Относительная влажность

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

- Какие из выражений «абсолютная влажность», «точка росы» и «относительная влажность» следует написать вместо точек в данных выражениях?
 I. ... – масса водяного пара в граммах, содержащаяся в данный момент в 1 м³ воздуха.
 II. ... – отношение плотности содержащегося в воздухе при данной температуре водяного пара к плотности насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в процентах.
 III. ... – температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар переходит в насыщенное состояние.

Выбор \ Понятие	Абсолютная влажность	Точка росы	Относительная влажность
A)	I	II	III
B)	II	I	III
C)	II	III	I
D)	III	I	II
E))	I	III	II

- Какое влияние оказывает влажность воздуха на жизнедеятельность человека?
- Почему при повышении температуры окружающей среды растёт значение абсолютной влажности воздуха?

3.7. Приборы для измерения влажности

На рисунках показаны покрытая плесенью стена комнаты, вспотевшее оконное стекло, высохшая поверхность почвы.



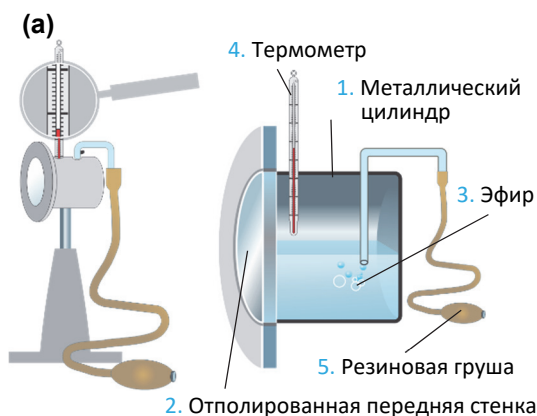
- В чем причина возникновения этих явлений?
- Насколько важно измерение влажности воздуха дома, в классе?



Влажность воздуха измеряется специальными приборами – *гигрометром* и *психрометром*. Греческое слово *higros* – означает «влажный» (жидкий), а *psixros* – «холодный».

• Конденсационный гигрометр

С его помощью определяется точка росы. Конденсационный гигрометр состоит из металлического цилиндра (1), с зеркальной передней стенкой (2). В цилиндр заливают быстроиспаряющуюся жидкость – эфир (3) и опускают в него термометр (4). В цилиндр также опускают один конец трубки, другой конец которой присоединен к резиновой груше (5) (а).



При помощи резиновой груши продувают воздух через эфир и ускоряют его испарение. Испаряясь, эфир охлаждается и при какой-то температуре зеркальная поверхность цилиндра запотевает – на ней образуются капли росы. Значит, водяной пар перешел в состояние насыщения. Термометр в этот момент показывает температуру, соответствующую точке росы. Зная точку росы и температуру воздуха и используя специальные таблицы (см.: таблицы 3.6 и 3.7), можно определить абсолютную

и относительную влажность воздуха. Отметим, что какой бы привлекательной ни казалась возможность проводить исследования с помощью такого гигрометра, измерения могут оказаться неточными. В настоящее время для более точного и мгновенного измерения влажности воздуха используются цифровые гигрометры (b).

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Решите задачу в соответствии с образцом

Образец

Температура воздуха равна 20°C, а определенная с помощью гигрометра точка росы равна 8°C. Определите относительную влажность воздуха.

Объяснение решения:

По таблице 3.6 определяется плотность насыщенного водяного пара в воздухе при 20°C ($\rho_0 = 17,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$) и плотность водяного пара при температуре 8°C ($\rho = 8,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$) (при температуре 8°C водяной пар в воздухе переходит в насыщенное состояние). Далее вычисляется относительная влажность воздуха при 20°C.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% = \frac{8,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}}{17,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}} 100\% \approx 50\%.$$

Задача

Температура воздуха равна 18°C, а определенная гигрометром точка росы равна 10°C. Определите относительную влажность воздуха.

Обсудите результаты исследования:

- При какой температуре относительная влажность воздуха больше: при 20°C или при 18°C?

• Психрометр

Ещё один прибор, позволяющий измерить относительную влажность воздуха, называется *психрометр*. Принцип его работы основан на охлаждении испаряющейся воды. Психрометр состоит из двух одинаковых термометров. Один из них измеряет температуру воздуха. Нижний конец другого термометра обмотан тканью и опущен в воду. Испаряющаяся жидкость охлаждается, поэтому показания этого термометра ниже показаний сухого термометра (c).

Чем суше воздух (меньше его влажность), тем интенсивнее испаряется вода с влажной ткани и тем ниже показания влажного термометра – разница показаний термометров будет больше.

(c)



Если водяной пар в воздухе находится в состоянии насыщения, то вода с ткани не будет испаряться и показания обоих термометров будут одинаковы. Относительная влажность воздуха при этом будет 100%. Значит, разница показаний термометров зависит от относительной влажности воздуха. Зная разницу показаний сухого и влажного термометров, можно определить относительную влажность воздуха по специальным психрометрическим таблицам (см.: таблица 3.7).

Таблица 3.7. Психрометрическая таблица.

Показания сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	4
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Используя психрометрическую таблицу, определите относительную влажность воздуха по показаниям психрометра, изображенного в учебнике (см.: рис. b).

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Влажность воздуха измеряется приборами, называемыми ___ и ___. ___ определяется непосредственно ___. Принцип работы психрометра основан на охлаждении ___.

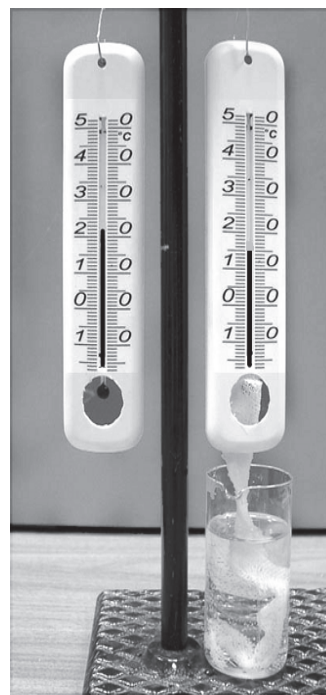
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
 Конденсационный
 Испаряющаяся вода
 Психрометр
 Точка росы
 Гигрометр

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Чему будет равна относительная влажность воздуха, если содержащийся в нем водяной пар перейдет в состояние насыщения?
2. Как с помощью конденсационного гигрометра определяется точка росы?
3. Объясните эту зависимость: почему с ростом влажности воздуха уменьшается разница между показаниями сухого и влажного термометров психрометра (с ростом влажности испарение ослабевает, влажный термометр остывает меньше, температуры мало отличаются)?
4. На рисунке изображены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха в классной комнате.

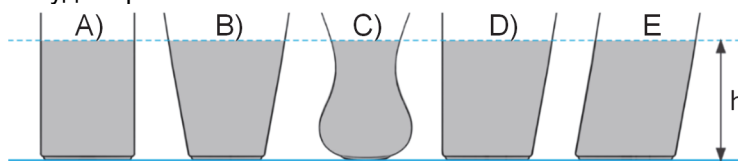
I вопрос. Скольким процентам равна относительная влажность воздуха в классе (см.: таб. 3.7)?

II вопрос. Сколько градусов будет показывать влажный термометр, если при той же температуре относительная влажность будет равна 68% (см.: таб. 3.7)?



УПРАЖНЕНИЕ-5

1. В каком сосуде горячий чай остынет позже?



2. В чем заключается физический смысл удельной теплоты плавления?

- 1 – Удельная теплота плавления – показывает, какое количество теплоты тратится на плавление кристалла единичной массы при температуре плавления.
- 2 – Удельная теплота плавления – показывает, какое количество теплоты тратится на плавление кристалла произвольной массы при температуре плавления.
- 3 – Удельная теплота плавления – показывает, какое количество теплоты выделяется при отвердевании единичной массы жидкости при температуре отвердевания.
- 4 – Удельная теплота плавления – показывает, какое количество теплоты выделяется при отвердевании произвольной массы жидкости при температуре отвердевания.

A) только 3 B) только 2 C) 1 и 3 D) 2 и 4 E) только 1

3. Даны графики температура – время для олова и свинца.

I вопрос. В каком агрегатном состоянии были: свинец на участке графика АВ и олово на участке графика DE?

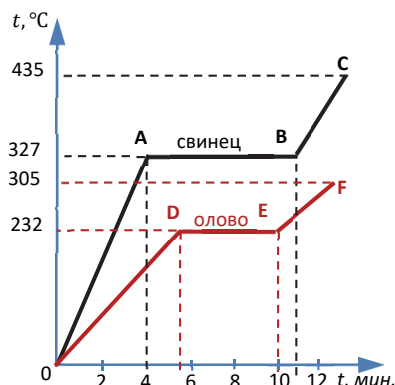
II вопрос. Почему участок DE расположен ниже участка АВ?

III вопрос. Какой металл начал плавиться раньше?

IV вопрос. Какой металл расплавился позже?

V вопрос. Чему равны температуры плавления свинца и олова?

VI вопрос. Что показывают участки графиков ВС и EF?



4. При обсуждениях в группах Ариф, Назрин и Тогрул высказали следующее.



Кто из учащихся высказал верное выражение?

- А) Ариф и Тогрул В) Только Назрин С) Назрин и Тогрул
 D) Ариф, Назрин и Тогрул Е) Только Ариф

5. Назрин хочет определить, является ли температура кипения отличительным свойством вещества. Для опыта она выбрала жидкости **L** и **M** с температурами кипения 60°C и 35°C соответственно. Проведение какого эксперимента поможет Назрин выяснить, различны ли температуры кипения этих жидкостей?

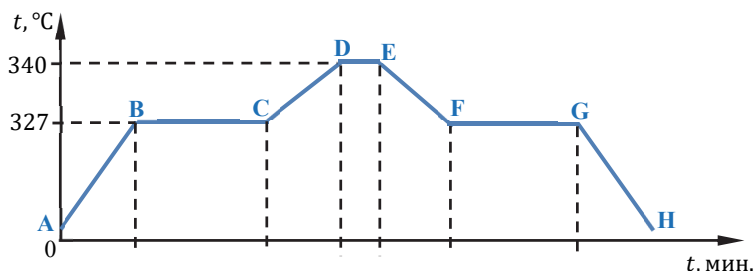
- 1 – налив жидкости **L** и **M** в одинаковые пробирки и нагревая на пламени спиртовки, измерить температуру их кипения;
- 2 – налив жидкости **L** и **M** в различные пробирки и нагревая их на пламени спиртовки, измерить температуру, при которой жидкости начинают кипеть;
- 3 – измеряя количество теплоты, которое жидкости **L** и **M** передают окружающей среде при температуре кипения;
- 4 – налив жидкость **L** в пробирку и нагревая ее на пламени спиртовки, измерить время, потраченное на полное превращение её в пар.

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Сколько олова, взятого при температуре плавления, можно расплавить, потратив 2,95 МДж количества теплоты ($\lambda = 59 \text{ кДж/кг}$)?

- A) 20 кг B) 30 кг C) 40 кг D) 50 кг E) 60 кг

2. На рисунке изображен график температура – время для свинца данной массы. Ответьте на приведенные ниже вопросы:



I вопрос. Какие участки соответствуют увеличению и уменьшению внутренней энергии свинца?

II вопрос. Какие участки соответствуют процессу получения свинцом количества теплоты и, наоборот, процессу передачи количества теплоты в окружающее пространство?

III вопрос. Какие процессы характеризуют соответственно участки графика CD, DE и EF?

IV вопрос. В каком агрегатном состоянии будет свинец при температурах, соответствующих точкам B и G графика?

V вопрос. В каком агрегатном состоянии будет свинец при температурах, соответствующих точкам C и F графика?

VI вопрос. Какие процессы характеризуют участки графика AB и GH?

3. Какое количество теплоты необходимо для полного плавления меди массой 2 кг, взятой при температуре плавления ($\lambda = 180 \text{ кДж/кг}$)?

- A) 180 кДж B) 360 кДж C) 240 кДж D) 420 кДж E) 300 кДж

4. Как протекает теплообмен вещества с окружающей средой при испарении жидкости и конденсации пара?

- A) Жидкость, испаряясь, отдает тепло; пар, конденсируясь, получает тепло.
 B) Жидкость, испаряясь, получает тепло; пар, конденсируясь, отдает тепло.
 C) Жидкость, испаряясь, и пар, конденсируясь, получают тепло.
 D) Жидкость, испаряясь, и пар, конденсируясь, отдают тепло.
 E) При испарении жидкости и конденсации пара теплообмен не происходит.

5. В таблице приведены температуры отвердевания и кипения чистых веществ L, M, N и O при нормальных условиях. Эти вещества нагреваются от начальной температуры -25°C до температуры 80°C .

Вещество	Температура отвердевания ($^\circ\text{C}$)	Температура кипения ($^\circ\text{C}$)
L	0	100
M	-39	35
N	48	210
O	-10	60

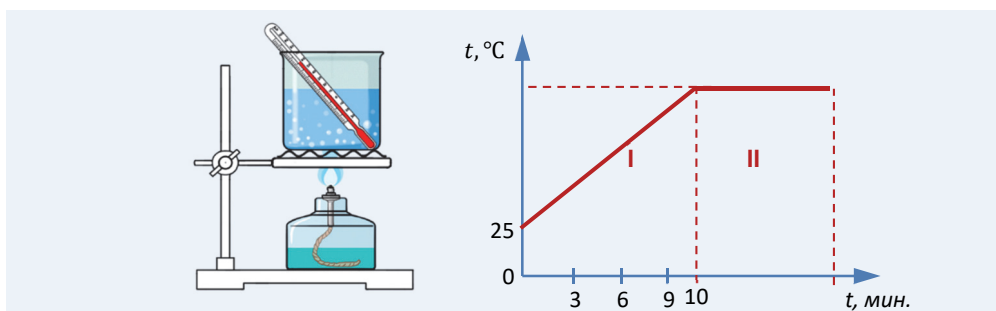
I вопрос. Какое вещество при таком изменении температуры изменяет свое агрегатное состояние, переходя из твердого в жидкое, затем из жидкого в газообразное?

- А) только L В) только M С) только N С) только O Е) M и O

II вопрос. Какое вещество при этом изменении температуры переходит из жидкого состояния в газообразное?

- А) только L В) только M С) только N С) только O Е) M и O

6. Асаф, Фарах и Хамза во время практической работы нагревали над пламенем спиртовки воду в мензурке и каждые 3 минуты измеряли и отмечали в рабочих листах температуру воды. Построив на основе измерений график зависимости температуры от времени, они обратили внимание на то, что в течение первых 10 минут температура воды повышалась, но затем никаких изменений не наблюдалось.



Каждый из учеников по-своему объяснял полученный график:

Асаф – количество теплоты, переданное воде, в I части тратится на изменение его состояния, а во II части на нагревание.

Фарах – количество теплоты, переданное воде, в I части тратится на его нагревание, а во II части на изменение его состояния.

Хамза – до достижения температуры, при которой происходит изменение агрегатного состояния, вода тратит полученное извне количество теплоты на нагревание до этой температуры – температура воды повышается, как происходит в первой части графика. При достижении точки изменения агрегатного состояния полученное количество теплоты тратится на это изменение. В этом состоянии температура воды не изменяется – II часть графика.

I вопрос. Кто верно объяснил график зависимости температуры воды от времени?

II вопрос. Какому агрегатному состоянию воды соответствуют I и II части графика?

7. Вычислите количество теплоты, переданное спирту массой 1 кг для превращения его в пар при постоянной температуре? ($L = 9 \cdot 10^5$ Дж/кг).

- А) 500 кДж В) 600 кДж С) 700 кДж С) 800 кДж Е) 900 кДж

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

4

- 4.1. Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплового двигателя
- 4.2. Паровая турбина
- 4.3. Двигатель внутреннего сгорания
- 4.4. Реактивный двигатель
- 4.5. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды

- Обобщающие задания

LAYINƏ

4.1. Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплового двигателя



- Что является общим для различных видов транспорта?
- За счет какого вида энергии совершается механическое движение этих транспортных средств?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Простой тепловой двигатель

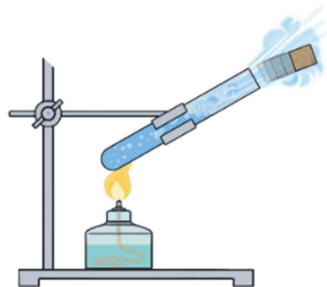
Оборудование: пробирка, спиртовка, штатив с лапкой, пробка, вода (40–50 мл).

Ход работы:

1. Налейте в пробирку воды и плотно закройте её пробкой.
2. Укрепите пробирку в лапке штатива, как показано на рисунке, и нагревайте на пламени спиртовки. Дождитесь закипания воды и проследите за происходящим явлением.

Обсудите результаты исследования:

- Что вы наблюдали после того, как вода в пробирке закипела?
- Какие превращения энергии произошли во время эксперимента: на что было потрачено количество теплоты, переданное пламенем спиртовки воде в пробирке?



Создание *тепловых двигателей*, которые совершают механическую работу, используя внутреннюю энергию различных видов топлива, произвело в начале XVIII века научно-техническую революцию. Двигатели внутреннего сгорания (карбюраторный и дизельный), паровые и газовые турбины, реактивные двигатели являются различными видами тепловых двигателей. Без этих двигателей не было бы тепловых электростанций, автомобилей, самолетов, космических ракет, кораблей, локомотивов, тракторов, эскалаторов и многих других устройств.

• Тепловой двигатель – устройство, превращающее внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.

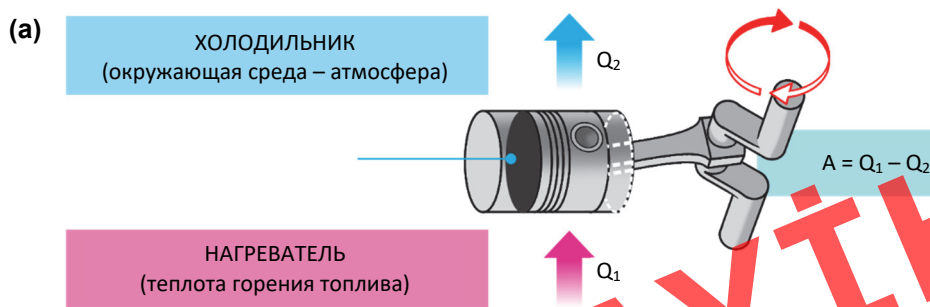
• В принципе работы всех видов тепловых двигателей присутствует общая закономерность

Тепловые двигатели состоят из трех частей: *нагреватель* (источник теплоты, выделяемой при сгорании топлива), *рабочее тело* (пар или продукты сгорания топлива) и *холодильник* (окружающая среда – атмосфера). Действия составных частей обеспечивают непрерывную работу двигателя:

1. В процессе работы двигателя рабочее тело получает от нагревателя определенное количество теплоты Q_1 .
2. Некоторая часть теплоты, полученной от нагревателя, тратится на совершение механической работы (A) рабочим телом, расширенным при нагревании, а именно на приведение в движение подвижных частей двигателя (поршень, вал турбины и др.).
3. Процесс расширения рабочего тела протекает очень быстро. Каждый раз после расширения рабочее тело следует вернуть в первоначальное состояние: оно должно сжаться, а процесс должен снова повториться. Сжимаясь, рабочее тело передает холодильнику определенное количество теплоты Q_2 ($Q_2 < Q_1$). Значит, во всех тепловых двигателях только часть внутренней энергии топлива ($Q_1 - Q_2$) тратится на совершение рабочим телом полезной работы (A_p):

$$A_p = Q_1 - Q_2.$$

Таким образом, работа произвольного теплового двигателя состоит из повторяющихся *циклов* (др.греч. слово *kiklos* означает «окружность», «замкнутый процесс»). Схематически процесс можно изобразить следующим образом (а).



Важной характеристикой любого теплового двигателя является коэффициент полезного действия (КПД). *КПД показывает, какая часть энергии, полученной от нагревателя, тратится на совершение полезной работы.*

• Коэффициентом полезного действия теплового двигателя называют отношение совершенной двигателем полезной работы к количеству теплоты, полученному от нагревателя.

КПД обозначают греческой буквой η (эта), он выражается в процентах:

$$\eta = \frac{A_n}{Q_1} \cdot 100\%$$



или

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% .$$

Повысить КПД теплового двигателя можно, увеличив количество теплоты, получаемое от нагревателя, и уменьшив количество теплоты, отдаваемое холодильнику.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

На совершение полезной работы $2,2 \cdot 10^4$ кДж тепловой двигатель израсходовал 2 кг бензина. Вычислите КПД этого двигателя (удельная теплота сгорания бензина $4,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$).

Обсудите результаты исследования:

- Какая часть внутренней энергии топлива была потрачена тепловым двигателем на совершение полезной работы?
- Какова физическая суть КПД теплового двигателя?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Устройство, превращающее внутреннюю энергию топлива в механическую энергию, называется _____. Все тепловые двигатели состоят из _____ (источник теплоты), _____ (пар или продукты сгорания топлива) и _____ (окружающая среда – атмосфера). Отношение совершаемой тепловым двигателем полезной работы к получаемому им от нагревателя количеству теплоты называется _____ теплового двигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Холодильник
Рабочее тело
Коэффициент полезного действия
Тепловой двигатель
Нагреватель

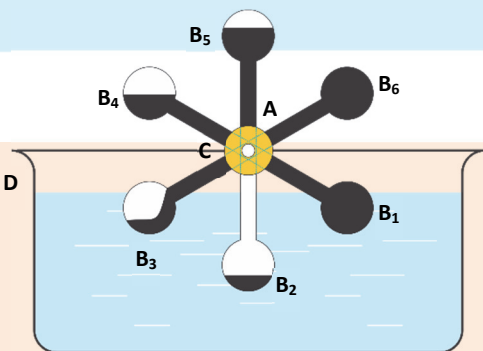
ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в простом тепловом двигателе, состоящем из пробирки и спиртовки (см: исследование-1)?
2. Какая последовательность действий обеспечивает цикличность работы теплового двигателя?
3. КПД теплового двигателя равен 50%. Что это означает?
4. Можно ли с помощью теплового двигателя превратить в механическую энергию всю внутреннюю энергию топлива? Ответ обоснуйте.

4.2. Паровая турбина

На рисунке изображена схема устройства эфирного теплового двигателя. Три стеклянные трубки А закреплены на барабане С, имеющем ось вращения. В шариках на концах каждой трубки находится серный эфир ($B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$).

Часть барабана ниже оси вращения погружена в бак D с теплой водой ($35-40^\circ\text{C}$).



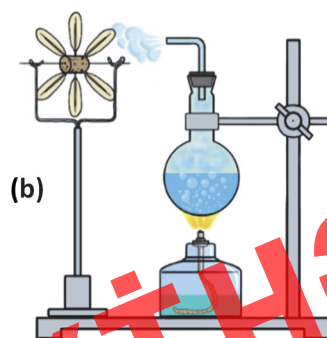
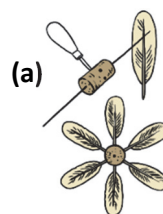
- Объясните принцип работы двигателя.
- В каком направлении вращается барабан?
- Будет ли работать двигатель, если все его шарiki будут погружены в воду?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Моделью какой установки является это устройство?

Оборудование: небольшая колба, изогнутая трубка малого диаметра, продетая через резиновую пробку, спиртовка, штатив с лапкой, пробка, тонкая стальная спица, птичьи перья, шило, медная или алюминиевая проволока (50-70 см), вода (70-100 мл).

Ход работы: 1. Налейте в пробирку воды, закройте плотно пробкой и, укрепив на штативе, нагревайте на пламени помещенной под нее спиртовки. 2. Проденьте стальную спицу сквозь пробку. С помощью шила сделайте на поверхности пробки 6 симметричных отверстий по кругу и вдените в них перья. Вы изготовили колесо с шестью лопастями (a). 3. Согните медную проволоку пополам и закрепите место сгиба на подставке. Верхние концы проволоки изогните в форме рогатки. Концы спицы поместите на рогатке так, чтобы колесо могло свободно вращаться. 4. Нагревая воду в колбе, доведите её до кипения, приблизьте перья колеса к струе вырывающегося из трубки пара и наблюдайте происходящее явление (b).

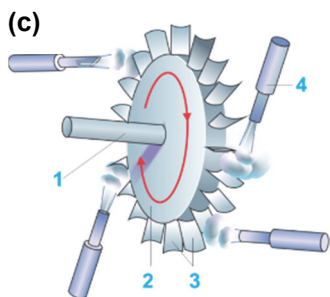


Обсудите результаты исследования:

- Модель какой установки вы изготовили?
- В какой последовательности происходят превращения энергии в этой установке?
- Какие части изготовленной вами установки являются нагревателем, рабочим телом и холодильником?

Первым тепловым двигателем, использованным на производстве и в технике, является *паровая турбина*.

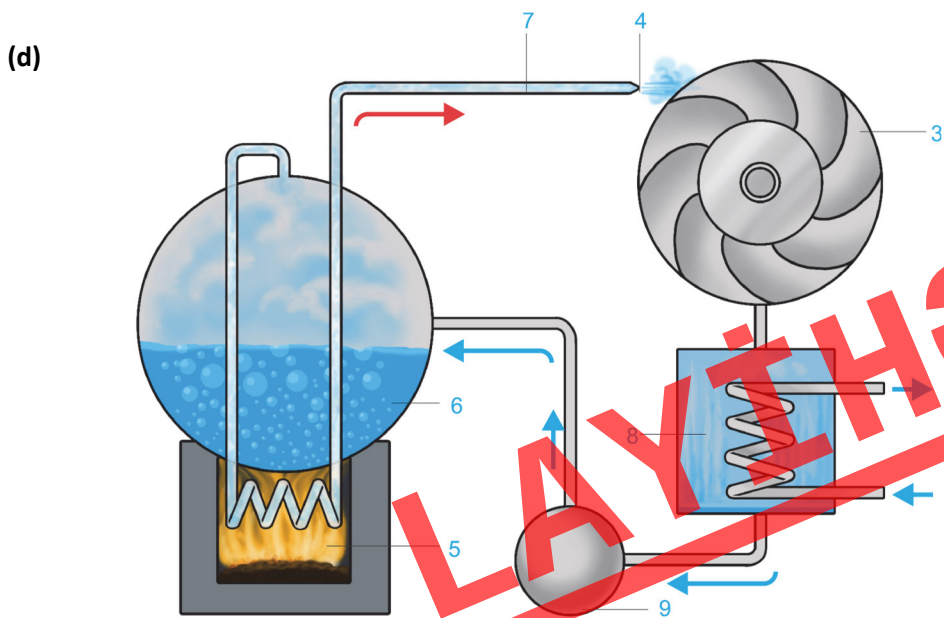
- *Паровая турбина – тепловой двигатель, в котором внутренняя энергия водяного пара превращается в механическую энергию.*



Простейшая паровая турбина состоит из вала (1), насаженного на этот вал диска (2) с закрепленными по ободу лопатками (3) и труб, называемых соплами (4), по которым из котла поступает пар (с). Вал и диск с лопатками называют ротором паровой турбины и помещают в специальный корпус. Несмотря на видимую простоту схемы, паровая турбина представляет собой довольно сложную машину.

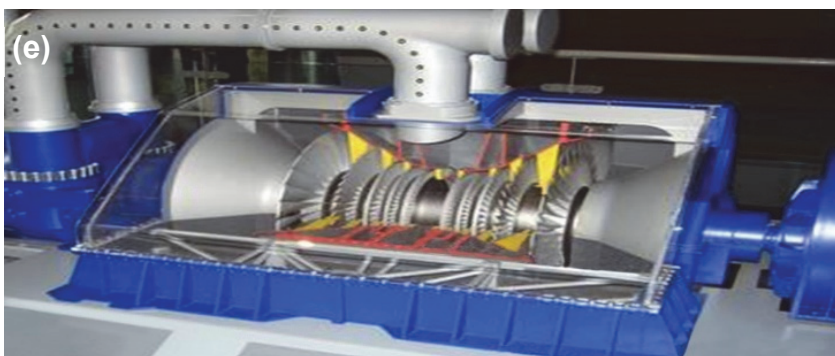
Принцип ее работы схематически изображен на рисунке (d). Количество теплоты, полученное от нагревателя (5), передается воде в паровом котле (6). Образованный при кипении воды пар (рабочее тело), проходя по трубе, дополнительно нагревается в паронагревателе (7) до температуры 500°C при давлении $\approx 3 \cdot 10^7 \text{ Па}$.

Поступая в сопло, пар расширяется и его внутренняя энергия превращается в кинетическую энергию направленной струи пара. Вырывающаяся из сопла струя пара оказывает значительное давление на лопатки и передает им часть своей кинетической энергии, что приводит во вращение ротор турбины. Отработанный пар конденсируется в специальном устройстве, называемом конденсатором (8), и с помощью насоса (9) снова попадает в котел.



Роторы современных паровых турбин состоят не из одного, а из десятков дисков. Вблизи каждого диска находятся несколько сопел (е). Струи

пара, вырывающиеся из них, действуя на лопатки, приводят диски во вращение с частотой 50 с^{-1} (3000 об/мин.).



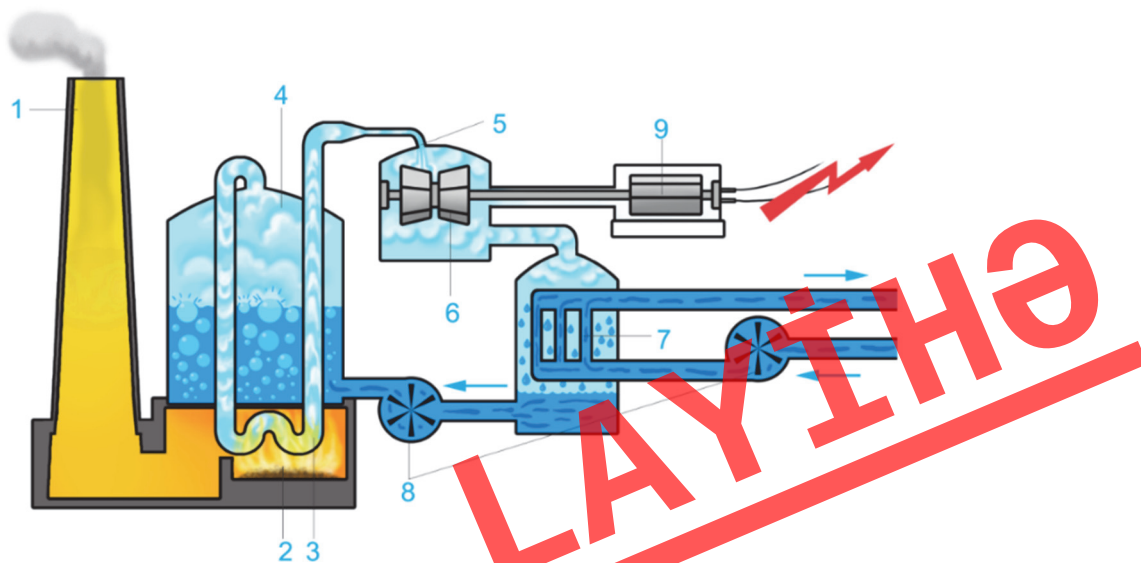
Паровые турбины незаменимы в работе современных тепловых и атомных электростанций. КПД паровых турбин достигает 40%.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Схема тепловой электростанции

На рисунке изображена схема тепловой электростанции (ТЭС). На основе цифр и стрелок исследуйте принцип работы станции.



Обсудите результаты исследования:

- Какими цифрами обозначены соответствующие составные части ТЭС?
- Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в паровой турбине?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___, превращающий внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию, называется ___. Нагревателем турбины является ___, рабочим телом - ___ и холодильником - ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

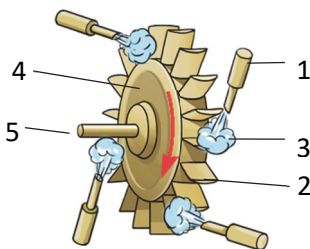
Пар
Паровая турбина
Паровой котел
Конденсатор
Тепловой двигатель

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. На рисунке изображена схема простейшей паровой турбины.

I вопрос. Какими цифрами обозначены вал и сопло?

II вопрос. Какие превращения энергии происходят в этой турбине?

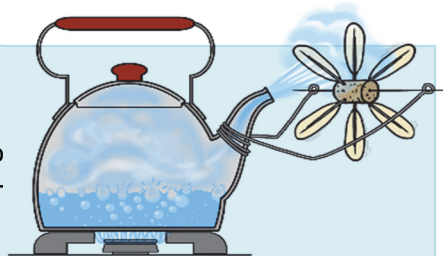


2. Температура пара, вырывающегося из сопла, равна 500°C , а при поступлении в конденсатор его температура 300°C . Что является причиной падения температуры пара?

ПРОЕКТ**• «Паровая турбина» на кухне**

Оборудование: чайник, колесо с шестью птичьими перышками, медная (или алюминиевая) проволока (50 – 70 см).

Ход работы:



1. Закрутите концы проволоки в виде колец и закрепите на носике чайника, как показано на рисунке.
2. Проденьте стальную спицу через кольца проволоки так, чтобы колесо могло свободно вращаться.
3. Налейте в чайник воды ниже середины и вскипятите воду. Пар, вырывающийся из носика чайника, вращает колесо с перьями.

• Напишите эссе о принципе работы изготовленной вами «паровой турбины». Не забудьте отметить, что в ней является нагревателем, рабочим телом и холодильником.

4.3. Двигатель внутреннего сгорания

Ариф с отцом посетили автосалон, чтобы выбрать новый автомобиль. Ариф удивился тому, что один из двух одинаковых автомобилей стоит 11 000 манатов, а другой 14 000 манатов. Продавец объяснил, что разница в цене возникла из-за того, что двигатель относительно недорогого автомобиля работает на бензине, а двигатель дорогого – на дизельном топливе. Отец спросил: «Какую из них ты купил бы, сынок?» – «Я бы купил недорогую», – ответил Ариф.

- Какой автомобиль купили бы вы? Почему?
- Чем отличается двигатель, работающий на бензине, от двигателя, работающего на дизельном топливе?
- Почему в автомобилях не используют паровые двигатели?

Все автомобили, ежедневно сокращающие для нас время перемещения на любые расстояния, используемые для транспортировки и людей, и грузов, оснащены *двигателями внутреннего сгорания*.

• *Двигатель внутреннего сгорания – тепловой двигатель, в котором топливо сгорает в цилиндре непосредственно внутри самого двигателя.*

Первый поршневой двигатель внутреннего сгорания сконструировал французский инженер Этьен Ленуар (1822–1900). В настоящее время существует два вида двигателя внутреннего сгорания: *карбюраторный двигатель* (создан немецким инженером Отто Николаусом (1832–1891) в 1876 году) и *дизельный двигатель* (создан немецким инженером Рудольфом Дизелем (1858 –1913) в 1897 году).

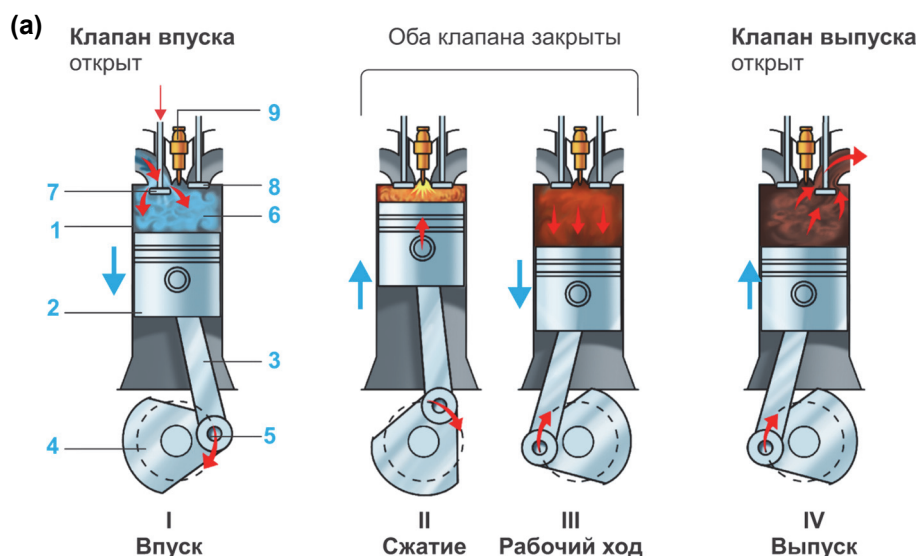
В карбюраторном двигателе топливная смесь (смесь бензина и воздуха) готовится в расположенном отдельно от двигателя специальном устройстве, называемом карбюратором, и оттуда поступает в цилиндр двигателя. В дизельном же двигателе топливная смесь готовится непосредственно в самом цилиндре.

Главным превосходством двигателя внутреннего сгорания в сравнении с предшествующими тепловыми двигателями является создание в нем значительной силы тяги при относительно малых размерах и небольшой массе. По этой причине уже более 130 лет двигатель внутреннего сгорания широко используется в транспортных средствах: автомобилях, тракторах, тепловозах, в авиации и пароходстве.

• Устройство и принцип работы двигателя внутреннего сгорания

Карбюраторный двигатель внутреннего сгорания состоит из приведенных ниже частей (**а**). Топливная смесь сгорает в цилиндре (**1**) двигателя. Поршень (**2**) в цилиндре соединен с шатуном (**3**). Поступательное движение

поршня при помощи коленчатого вала (4), надетого на шатун, создает вращательное движение дискового колена (5). К валу же крепится металлический маховик (см.: рис. б). При движении поршня вверх он не доходит до крышки цилиндра. Поэтому между крышкой цилиндра и поршнем всегда имеется пустое пространство, то есть камера сгорания (6). Встроенные в крышку цилиндра клапаны (7) (впуска) и (8) (выпуска) обеспечены связью с двумя каналами. Клапаны в нужное время автоматически открываются: из клапана впуска в цилиндр поступает топливная смесь, а по клапану выпуска выбрасываются отходы горения топлива. В крышке цилиндра кроме клапанов имеется также свеча зажигания (9). Электрическая искра, создаваемая свечой зажигания, поджигает топливную смесь.



Каждое движение вверх или вниз поршня в двигателе внутреннего сгорания называют *такты*. Полный рабочий цикл двигателя происходит за четыре такта, поэтому такой двигатель называют *четырёхтактным*: **I такт — впуск**. Поршень движется вниз. В цилиндре над поршнем создается разрежение, открывается впускной клапан 7 и горючая смесь поступает в цилиндр. В конце впускного такта клапан 7 закрывается, клапан 8 тоже закрыт.

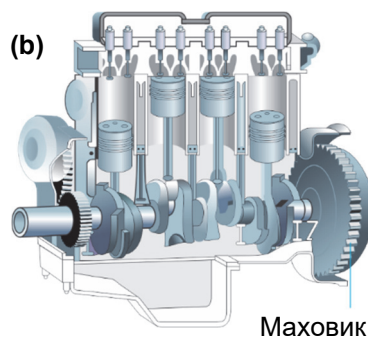
II такт — сжатие. Поршень движется вверх и сжимает горючую смесь. Во время сжатия топливная смесь сильно нагревается. В конце такта сжатия, когда поршень приближается к крайнему верхнему положению, горючая смесь воспламеняется от создаваемой свечой электрической искры.

III такт — рабочий ход. Образующиеся в результате сгорания горючей смеси газы давят на поршень с большой силой и толкают его вниз. В результате движение поршня через шатун передается коленчатому валу, а прикрепленный к валу маховик вращается с большой скоростью. Массивный маховик продолжает вращение по инерции, обеспечивая движение поршня во время следующих тактов.

IV такт — выпуск. Клапан 8 открывается (клапан 7 закрыт), поршень движется вверх и продукты сгорания выводятся из цилиндра в атмосферу. В конце такта клапан 8 закрывается и снова начинается первый такт — впуск.

Таким образом, в двигателе внутреннего сгорания *нагреватель* — топливная смесь, сгорающая в цилиндре; *рабочее тело* — продукты сгорания в цилиндре, которые, расширяясь при нагревании, совершают механическую работу; *холодильник* — атмосфера.

В автомобилях в основном используются четырехцилиндровые двигатели внутреннего сгорания. Поршни цилиндров поочередно совершают рабочий ход, сообщая коленчатому валу вращательное движение (b). Существуют и более мощные восьмицилиндровые и двенадцатицилиндровые автомобильные двигатели.



• Дизельный двигатель

Этот двигатель тоже четырехтактный. Но он отличается от карбюраторного двигателя тем, что в первом такте в цилиндр всасывается не горючая смесь, а чистый воздух. Во время такта «сжатие» уменьшение объема воздуха в 15–20 раз приводит к повышению его температуры до 500–600°C. К концу второго такта с помощью специального насоса в цилиндр впрыскивается дизельное топливо, которое, попав в сильно сжатый и нагретый до высокой температуры воздух, моментально воспламеняется. Образованные при воспламенении газы создают в цилиндре давление 6–9 МПа, а температура поднимается до 2000°C. Расширяющийся газ, действуя на поршень с большой силой, толкает его вниз — совершается рабочий ход. В конце такта давление и температура под поршнем снова уменьшаются (0,5 МПа и 700 – 900°C соответственно). Во время четвертого такта клапан выпуска открывается и поршень, поднимаясь вверх, выталкивает отработанные газы в атмосферу.

Дизельный двигатель в сравнении с карбюраторным имеет некоторые преимущества:

- дизельный двигатель обладает более высоким КПД;
- он потребляет меньше топлива;
- в этом двигателе используется более дешевое топливо (дизельное топливо);
- обладает способностью создавать большую силу тяги.

С учетом этих преимуществ на тракторах, танках, тепловозах, теплоходах, грузовиках, автобусах и некоторых легковых автомобилях устанавливают дизельный двигатель.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

- Ещё раз рассмотрим двигатель внутреннего сгорания

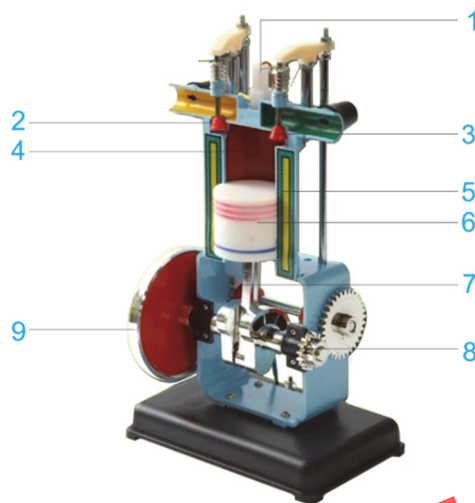
Оборудование: модель карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.

Ход работы:

Исследуйте принцип работы двигателя на основе цифр, соответствующих отдельным частям двигателя.

Обсудите результаты исследования:

- Какие части двигателя обозначены соответствующими цифрами?
- Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в двигателе внутреннего сгорания?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ – двигатель, в котором топливо сгорает непосредственно в цилиндре внутри самого двигателя. Полный рабочий цикл двигателя происходит за четыре ___. По этой причине такой двигатель называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Такт

Двигатель внутреннего сгорания

Четырехтактный двигатель

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В чем основное отличие карбюраторного двигателя от дизельного?
2. Какой физический процесс происходит во время такта «впуск»?
3. Что происходит во время тактов «сжатие», «рабочий ход» и «выпуск»?

4.4. Реактивный двигатель



Представим, что вы космонавт и выполняете ремонтные работы за пределами космической станции.

Случайно канат разъединяется, и вы остаетесь в подвешенном состоянии в открытом космическом пространстве, на расстоянии 5-6 м от медленно удаляющейся космической станции.

В ваших руках ничего кроме ремонтных инструментов нет. Если не сможете вернуться на станцию, то можете длительное время оставаться в космосе и погибнуть.

- Что бы вы сделали для возвращения на космическую станцию в космосе?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Моделью какого теплового двигателя является эта установка?

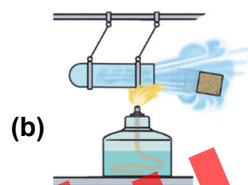
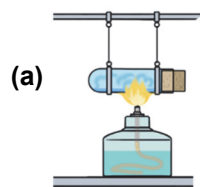
Оборудование: пробирка, спиртовка, штатив с лапкой, пробка, вода (40–50 мл) и нить.

Ход работы:

1. Налейте в пробирку воды и плотно прикройте пробкой.
2. Нагрейте пробирку на пламени спиртовки, подвесив её на штативе в вертикальном положении (а).
3. Обсудите с одноклассниками явления, произошедшие после закипания воды.

Обсудите результаты исследования:

- Какая сила толкает пробирку в сторону, противоположную направлению движения вытолкнутой паром пробки (b)?
- Какие превращения энергии произошли во время эксперимента: на что была потрачена внутренняя энергия водяного пара?
- Какой тип теплового двигателя вы смоделировали?



В проведенном эксперименте вы наблюдали, как два взаимодействующих тела (пробирка и пробка), отталкиваясь друг от друга, движутся в противоположных направлениях.

• **Реактивное движение** – это движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части, при котором тело приобретает определенную скорость в противоположном направлении.

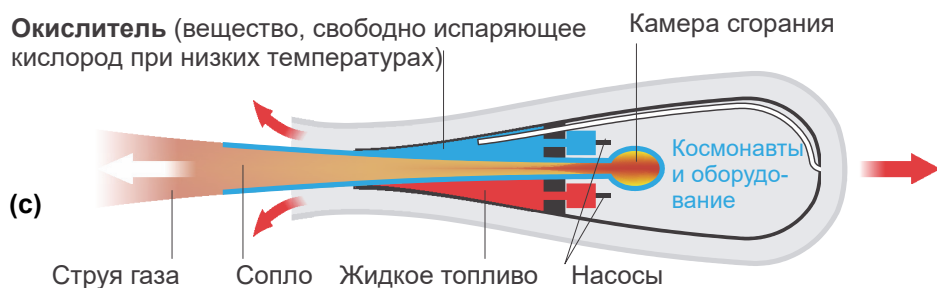
Реактивный двигатель – современный тип теплового двигателя, сообщаящий телам реактивное движение.

• **Реактивный двигатель** – это тепловой двигатель, преобразующий внутреннюю энергию топлива в кинетическую энергию струи газа и создающий силу тяги, равную силе реакции газовой струи.

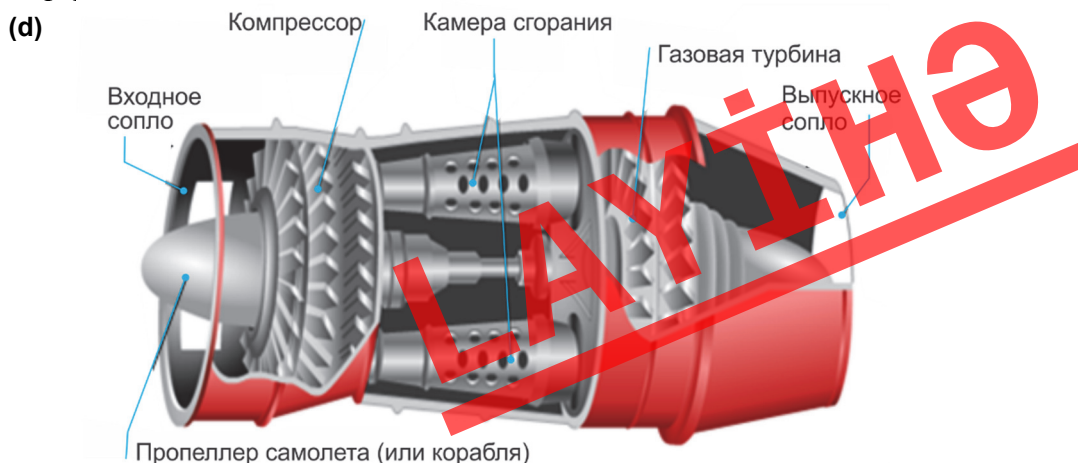
Существует два вида реактивных двигателей: ракетный двигатель и воздушно-реактивный двигатель.

1. **Ракетный двигатель** не использует для своей работы атмосферный кислород. Топливо и окисляющее вещество (окислитель), используемые в ракетном двигателе, переносятся вместе с двигателем.

Топливо и окислитель закачиваются в камеру сгорания (нагреватель) двигателя при помощи насосов. Образующиеся в результате воспламенения топливной смеси газы (рабочее тело) создают в камере сгорания высокую температуру и давление. Газовая струя под высоким давлением выбрасывается из сопла ракеты в атмосферу (холодильник), создавая реакцию газовой струи: на ракету действует сила тяги, равная силе реакции выброшенной массы газа (с).



2. **Воздушно-реактивный двигатель** – тепловой двигатель, переносящий с собой только топливо и использующий в качестве окислителя атмосферный воздух (d).



В камеру сгорания (нагреватель) из компрессора закачивается сжатый воздух при температуре 200°C и одновременно под высоким давлением впрыскивается жидкое топливо (керосин). В результате возгорания топлива образуются газы (рабочее тело), раскаленные до температуры $1500 - 2000^{\circ}\text{C}$. Резко расширяясь, продукты сгорания с большой скоростью перетекают к выходному соплу. При этом струя газа проходит сквозь турбину, затрачивая часть своей внутренней энергии на вращение турбины, в результате чего температура струи понижается до 550°C .

Часть переданной турбине механической энергии затрачивается на вращение лопастей турбины самолета (или корабля) и создание силы тяги. Отработанные продукты сгорания выбрасываются в атмосферу через выходное сопло под давлением, близким по значению к атмосферному, со скоростью $\approx 500 \text{ м/с}$ (см.: рис. **d**).

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

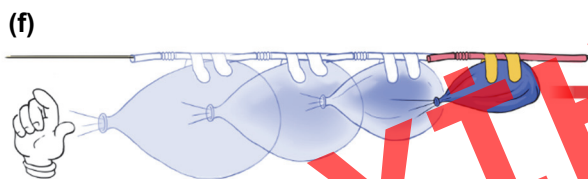
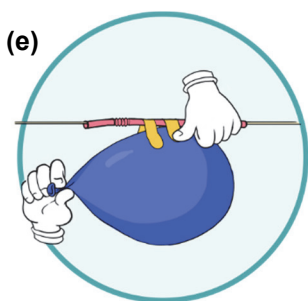
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Какое движение мы наблюдаем?

Оборудование: надувной шар, леска (12–15 м), трубочка для питья напитков, скотч (клеякая лента).

Ход работы:

1. Проденьте леску сквозь трубку. Натянув леску через всю комнату, прикрепите её концы к двум неподвижным точкам, например, к ручкам окна и двери.
2. Надув шар, прикрепите к нему скотчем трубочку (**e**).
3. Освободите отверстие шара и наблюдайте за происходящим (**f**).



Обсудите результаты исследования:

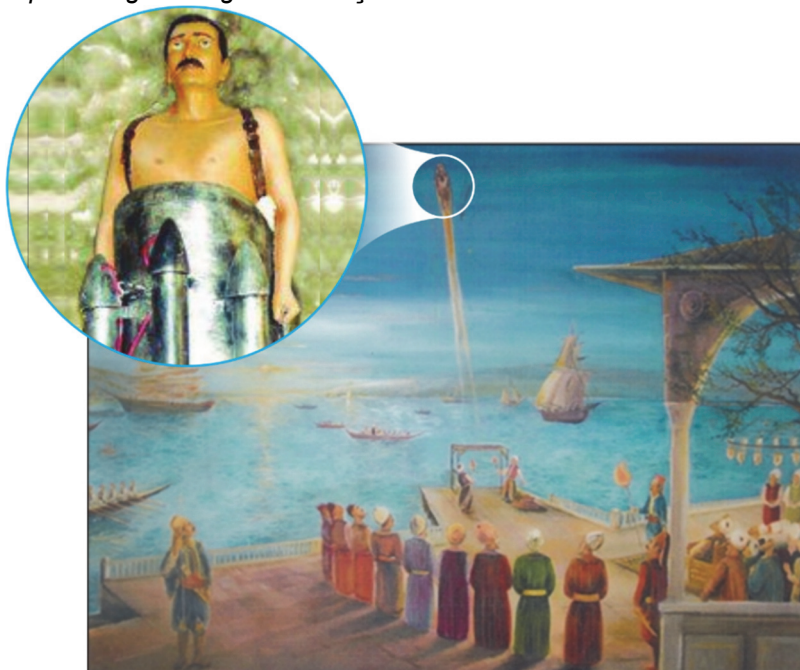
- Что приводит шар в движение?
- Какое движение вы смоделировали?

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Первый успешный пилотируемый полет с применением реактивного двигателя был успешно осуществлен в 1633 году турецким изобретателем Лагари Хасан-Челеби.

На примитивной ракете, имеющей камеру, заполненную порохом, Лагари поднялся на высоту 300 м и находился в воздухе в течение 20 секунд, затем с помощью прикрепленных к спине самодельных крыльев спустился на воду (автор произведения живописи: Шюкрю Чаглайан; местонахождение: библиотека Музея ВВС Турции в Стамбуле).

Источник: tr.wikipedia.org/wiki/lagari_hasan_çelebi.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Движение тела, возникающее в результате отделения от него с определенной скоростью некоторой части и направленное в сторону, противоположную скорости оторвавшейся части, называют _____. Тепловой двигатель, превращающий _____ топлива в кинетическую энергию газовой струи и создающий силу тяги, равную силе реакции газовой струи, называется _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Реактивный двигатель

Внутренняя энергия

Реактивное движение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какое движение называют реактивным?
2. Каково главное отличие реактивного двигателя от других видов тепловых двигателей?
3. Какие части реактивного двигателя являются нагревателем, рабочим телом и холодильником?

4.5. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды

Ариф с отцом продолжали ознакомление с автомобилями в автосалоне. Они обратили внимание на то, что цена одного из двух одинаковых автомобилей 9000 манатов, а другого 9500 манатов. Продавец объяснил эту разницу тем, что на первом авто не установлен *каталитический нейтрализатор* (устройство для снижения выброса вредных веществ в атмосферу). Отец снова спросил Арифа: «Какой из них ты бы выбрал?» – «Я бы купил недорогой», – ответил Ариф.

- Какой автомобиль купили бы вы: недорогой или дорогой? Почему?
- Какие экологические проблемы возникают при использовании тепловых двигателей? Что бы вы предложили для решения этой проблемы?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Какой двигатель загрязняет окружающую среду больше?

На рисунке изображены автомобили с дизельным и карбюраторным двигателем. Подробно исследуйте, какое количество продуктов сгорания топлива выбрасывается в атмосферу через выхлопные трубы этих двигателей.

Дизельный двигатель

N_2 – 76 – 78%
 O_2 – 2 – 19%
 H_2O – 0,5 – 4,0%
 CO_2 – 1,0 – 10,0
 H_2 – 0%

Нетоксичные
(не ядовитые)

CO – 0,01 – 0,5%
 NO_x – 0,0002 – 0,5 г
Углеводороды – 0,009 – 0,5 г
Альдегид – 0,001 – 0,09 $\frac{мг}{л}$
Сажа – 0,01 – 1,1 $\frac{г}{м^3}$
Бензапирен – 10 $\frac{мкг}{м^3}$

Токсичные
вещества



Карбюраторный двигатель, работающий на бензине

N_2 – 74 – 77%
 O_2 – 0,3 – 8%
 H_2O – 0,3 – 8
 CO_2 – 5,0 – 12,0
 H_2 – 0 – 0,5%

Нетоксичные
(не ядовитые)

CO – 0,5 – 12,0%
 NO_x – 0,8 г
Углеводороды – 0,2 – 3,0 г
Альдегид – 0,2 $\frac{мг}{л}$
Сажа – 0 – 0,04 $\frac{г}{м^3}$
Бензапирен – (10 ÷ 20) $\frac{мкг}{м^3}$

Токсичные
вещества

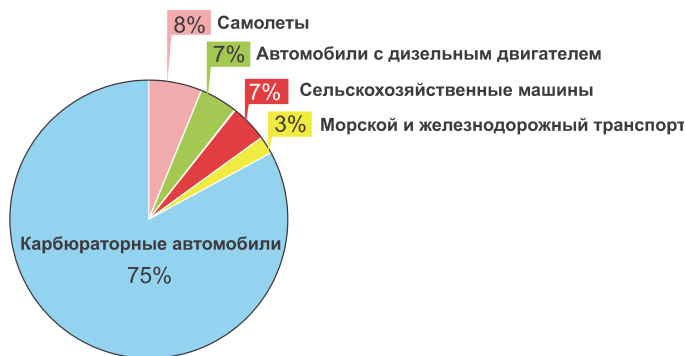


Обсудите результаты исследования:

- Какой из двигателей больше загрязняет окружающую среду: дизельный или карбюраторный?

Тепловые двигатели превращают лишь определенную часть энергии топлива (обычно 30 – 40%) в другой вид энергии, остальная часть тратится на нагревание воздуха атмосферы и окружающих тел. Неиспользованная энергия топлива приносит серьезный ущерб окружающей среде. Во-первых, процесс горения сопровождается поглощением колоссального количества кислорода из атмосферного воздуха. Во-вторых, выделение большого количества теплоты приводит к повышению температуры ближайшего к поверхности Земли слоя атмосферы. В-третьих, выбросы продуктов сгорания топлива загрязняют воду, почву и воздух атмосферы. В-четвертых, работа тепловых двигателей создает шумовое загрязнение, нарушающее жизнедеятельность живых организмов и человека и др. Исследования определили, какую долю составляет вред, наносимый отдельными видами транспортных средств окружающей среде.

Степень загрязнения
окружающей среды
транспортными
средствами



С целью уменьшения количества вредных выбросов в атмосферу специалисты создали особые каталитические нейтрализаторы – устройства, уменьшающие выброс в атмосферу оксида углерода (угарного газа, CO) на 80% и оксида азота (NO) на 50%. В настоящее время борьба с последствиями использования тепловых двигателей в транспортных средствах ведется в нескольких направлениях:

1. Усовершенствование тепловых двигателей: совершение равной по величине механической работы при сгорании меньшего количества топлива.
2. Добиться полного сгорания топлива, например, использовать природный или сжиженный газ вместо бензина.
3. Усовершенствование электромобилей и их массовое использование.
4. Применение солнечных батарей в автомобилях.
5. Применение электродвигателей в поездах на магнитной «подушке» и др.

Огромный вред окружающей среде приносит также и использование тепловых двигателей на тепловых электростанциях. Наряду с выбросами в атмосферу вредных для живых организмов веществ эти станции способствуют глобальному потеплению атмосферы Земли.

Поэтому главная проблема, которую необходимо решить человечеству на сегодняшний день, – поиск путей создания здоровой естественной среды обитания. Одним из путей является использование альтернативных источников энергии – энергии Солнца, ветра, морских приливов и др.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Насколько чист воздух в Баку?

Задача

Проведенные практические исследования показали, что карбюраторный двигатель одного легкового автомобиля в течение года поглощает 40 т кислорода из атмосферного воздуха, а взамен выбрасывает в атмосферу вместе с продуктами сгорания 800 кг угарного газа (CO), 40 кг оксида азота и 200 кг углеводов. По данным 2014 года, по улицам Баку ежедневно передвигаются 750 000 легковых автомобилей. Какой ущерб наносят воздушной среде эти автомобили в течение года?

Обсудите результаты исследования:

- Какое количество кислорода поглощается из атмосферного воздуха и какое количество угарного газа и оксида азота выбрасывается в атмосферу карбюраторными двигателями легковых автомобилей в Баку в течение года?
- Что вы предложили бы для уменьшения вреда, наносимого автомобилями? Что, по-вашему, следует сделать для уменьшения вреда, наносимого автомобилями?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Выбрасываемые тепловыми двигателями __ наносят серьезный вред окружающей среде: во-первых, __ из атмосферного воздуха, необходимый для __, во-вторых, выделяется большое __, что приводит к повышению температуры ближайшего к поверхности Земли слоя атмосферы, в-третьих, огромное количество выделяемых продуктов сгорания загрязняет воздух, почву и воды, в-четвертых, двигатели создают очень много __, и др.

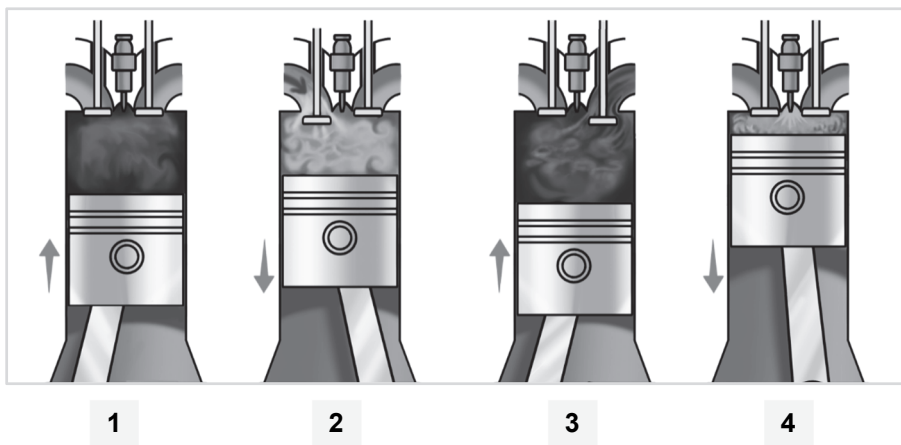
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Поглощается кислород
Продукты сгорания
Шум
Количество теплоты
Сгорание топлива

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие вредные отходы выбрасываются в атмосферу тепловыми двигателями?
2. Как можно уменьшить вред, наносимый использованием тепловых двигателей?
3. В какой части Баку воздух более загрязнен?
4. Какой автомобиль, с карбюраторным или дизельным двигателем, вы купили бы, учитывая его меньший вред для окружающей среды?

УПРАЖНЕНИЕ-6

1. Сколько раз открываются клапаны впуска и выпуска в течение двух полных оборотов коленчатого вала четырехтактного двигателя?
2. На рисунке показан разрез цилиндра четырехтактного двигателя.



- I вопрос.** Какими цифрами обозначены такты впуска и выпуска?
- II вопрос.** Какими цифрами обозначены такты сжатия и рабочего хода?
- III вопрос.** Что в этом двигателе является нагревателем, рабочим телом и холодильником?
3. В каком тепловом двигателе струя нагретого до высокой температуры пара или газа вращает вал двигателя без поршня, шатуна и коленчатого вала?
 4. Большую часть пути космическая ракета проходит вне земной атмосферы. Объясните причину возможности движения в безвоздушном пространстве.
 5. Тепловой двигатель получает от нагревателя количество теплоты, равное 0,8 МДж, а холодильнику отдает 0,6 МДж теплоты. Чему равен КПД этого двигателя?

LAYINƏ

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. КПД паровой турбины равен 35%.

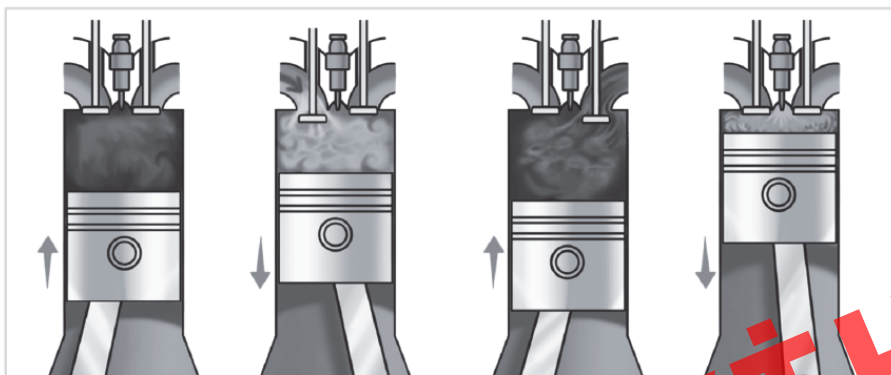
Это означает, что ...

- A) 65% энергии, выделенной при полном сгорании топлива, расходуется на совершение полезной работы.
- B) 35% энергии, выделенной при полном сгорании топлива, расходуется на совершение полезной работы.
- C) 65% энергии, выделенной при полном сгорании топлива, превращается во внутреннюю энергию частей двигателя.
- D) 35% энергии, выделяемой при полном сгорании топлива, превращается во внутреннюю энергию частей двигателя.
- E) 35% энергии, выделяемой при полном сгорании топлива, превращается во внутреннюю энергию пара.

2. Из чего состоит горючая смесь, поступающая в цилиндр карбюраторного двигателя?

- A) Из различных видов жидкого топлива
- B) Из распыленного керосина и воздуха
- C) Из воздуха и паров бензина
- D) Из машинного масла и бензина
- E) Из воды, машинного масла и бензина

3. Какой последовательностью цифр обозначены такты впуска, сжатия, рабочего хода и выпуска в рисунках?



1

2

3

4

A) 2, 1, 4, 3

B) 1, 3, 2, 4

C) 2, 4, 3, 1

D) 1, 2, 3, 4

E) 1, 4, 3, 2

4. Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в реактивном двигателе?

- А) Нагреватель – камера сгорания, рабочее тело – продукты сгорания топлива, холодильник – атмосфера
- В) Нагреватель – продукты сгорания топлива, рабочее тело – камера сгорания, холодильник – атмосфера
- С) Нагреватель – атмосфера, рабочее тело – камера сгорания, холодильник – продукты сгорания топлива
- Д) Нагреватель – атмосфера, рабочее тело – продукты сгорания топлива, холодильник – камера сгорания
- Е) Нагреватель – продукты сгорания топлива, рабочее тело – атмосфера, холодильник – камера сгорания

5. Тепловой двигатель, получив от нагревателя 150 МДж количества теплоты, отдал холодильнику 100 МДж. Чему равен КПД двигателя?

- А) 10% В) 15% С) 50% Д) 30% Е) 33%

6. Назрин и её родители выехали из пыльного, загазованного Баку и приехали в родную деревню на склоне гор. Панораму открывающихся перед Назрин пейзажей живописной природы полностью нарушал их запыленный автомобиль с грохочущим двигателем. Назрин погрузилась в мысли о том, как можно было бы восстановить нарушенную гармонию: «Был бы наш автомобиль ▲, он бы не нарушил эту красоту».

I вопрос. Определите автомобиль, отмеченный знаком ▲, который имела в виду Назрин:

- А) Автомобиль с паровым двигателем
- В) Автомобиль с дизельным двигателем
- С) Автомобиль с реактивным двигателем
- Д) Автомобиль с электрическим двигателем
- Е) Автомобиль с карбюраторным двигателем

II вопрос. Где будет парковать свой личный автомобиль Назрин в будущем: на газоне под окнами своего дома, в котором живет, между деревьями в парке недалеко от дома или на парковке, находящейся в двух кварталах от дома?

LAYLINE

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

5

- 5.1. Электризация тел. Электрический заряд
- 5.2. Строение атома. Природа электризации
- 5.3. Проводники и диэлектрики
- 5.4. Электростатическая индукция
- 5.5. Электроскоп. Электромметр
- 5.6. Закон сохранения электрического заряда
- 5.7. Взаимодействие электрических зарядов:
закон Кулона
- 5.8. Устройства, разделяющие,
накапливающие и передающие
электрические заряды
- 5.9. Электрическое поле. Напряженность
электрического поля
- 5.10. Силовые линии электрического поля

- Обобщающие задания

LAYIHA

5.1. Электризация тел. Электрический заряд

Расчесав расческой чистые и сухие волосы и приблизив её к мелким обрывкам бумаги, вы сможете наблюдать притяжение кусочков бумаги к расческе. Если потереть ручкой о волосы и приблизить её к тонкой струе воды или к пламени свечи, то можно наблюдать отклонение струи и пламени к ручке.



- Почему после расчесывания волос расческа притягивает к себе мелкие кусочки бумаги?
- В чем причина отклонения струи воды и пламени свечи к ручке, потертой о волосы?

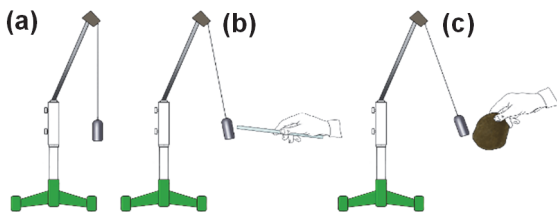
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- **Какое новое свойство приобрели тела в результате трения?**

Оборудование: пластмассовый штатив, металлическая спица с резиновой пробкой на конце, небольшой цилиндр, изготовленный из фольги и прикрепленный к нити (алюминиевая гильза), стеклянная палочка, шерстяная ткань, булавка.

Ход работы:

1. Закрепите металлическую спицу на штативе. Привяжите свободный конец нити к булавке, продетой в резиновую пробку (a).
2. Поочередно приближайте стеклянную палочку и шерстяную ткань к подвешенной на нити алюминиевой гильзе и наблюдайте за происходящим.
3. Потерев стеклянную палочку о шерстяную ткань, поднесите к подвешенной на нити гильзе сначала палочку, а затем ткань и следите за происходящими явлениями (b и c).



Обсудите результаты исследования:

- Что наблюдалось при приближении стеклянной палочки и шерстяной ткани к подвешенной на нити гильзе в начале эксперимента?
- Какое новое свойство вы обнаружили у стеклянной палочки и шерстяной ткани при повторном поднесении их к подвешенной на нити гильзе, после трения их друг о друга?

Подобные явления были известны еще в глубокой древности. В 624–547 гг. до нашей эры древнегреческий философ Фалес Милетский обнаружил, что

при трении желтого янтаря (его добывали из-под земли в виде затвердевшей смолы) о шерстяную или шелковую ткань он надолго приобретает свойство притягивать к себе концы волос, сухие листья, соломинки и др. «Электрон» – греческое название янтаря. Тело, притягивающее к себе другие тела, называли наэлектризованным.

- Тело, приобретающее в результате трения свойство притягивать (или отталкивать) другие тела, называют **наэлектризованным**. Говорят, что оно приобрело или потеряло **электрический заряд**. Процесс передачи телу или потери телом электрического заряда называется **электризацией**.

- В каких случаях наэлектризованные тела притягивают, а в каких случаях отталкивают друг друга?

Проведенное исследование показывает, что:

- 1) при трении двух одинаковых тел об одну и ту же ткань эти тела электризуются зарядами одинакового вида;
- 2) тела, обладающие зарядами одинакового вида, отталкиваются;
- 3) тела, обладающие зарядами разного вида, притягиваются.

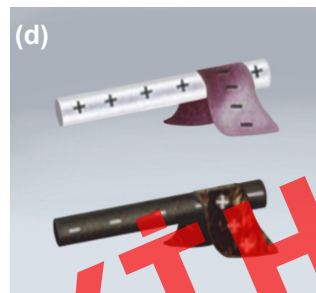
- Каким видом электрического заряда электризуются трущиеся тела (например, эбонитовая палочка и шерстяная ткань)?

В результате многочисленных опытов было выяснено, что при трении двух тел друг об друга они электризуются зарядами разного вида. Условно эти заряды называли положительными и отрицательными. Заряд стеклянной палочки, потертой о шелк, принято считать положительным («+»), шелк при этом приобретает отрицательный заряд. Заряд эбонитовой палочки, потертой о шерсть, считается отрицательным («-»), шерсть при этом приобретает положительный заряд (d).

- В природе существует два вида зарядов: заряды положительного знака и заряды отрицательного знака.

Электрические заряды одинакового знака (оба положительные или оба отрицательные) называют **одноименными**, электрические заряды разного знака (один положительный, другой отрицательный) называют **разноименными** зарядами.

Электрический заряд обозначают буквой **q**. Все наэлектризованные тела обладают электрическим зарядом, отличным от нуля. Тела, не имеющие электрический заряд, называют **электронейтральными** (электрически нейтральными) или **незаряженными** телами. В честь французского физика Шарля Кулона единицу электрического заряда в СИ назвали **кулон (Кл)**: $[q] = 1 \text{ Кл}$.



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

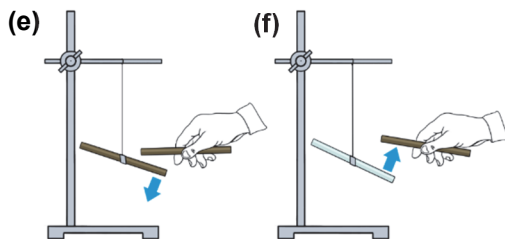
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Взаимодействие наэлектризованных тел

Оборудование: эбонитовые палочки (2 шт.), стеклянная палочка, шелковая и шерстяная ткани, шелковая нить.

Ход работы:

1. Потрите эбонитовые палочки о шерстяную ткань. Одну из палочек подвесьте на штативе, другую поднесите к ней **(е)**.
2. Потрите эбонитовую палочку о шерстяную ткань и поднесите к висящей на штативе стеклянной палочке, потертой о шелковую ткань **(ф)**. Сравните наблюдаемые явления.



Обсудите результаты исследования:

- Почему наэлектризованная эбонитовая палочка отталкивает висящую на нити наэлектризованную эбонитовую палочку и притягивает висящую на нити наэлектризованную стеклянную палочку?
- К каким выводам приводят результаты исследования?

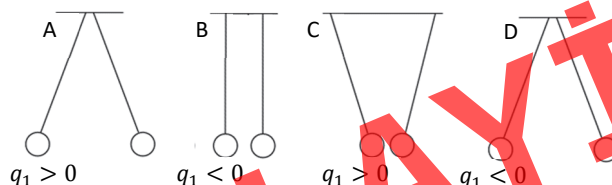
ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Тело, приобретающее в результате трения свойство притягивать (или отталкивать) другие тела, называют _____. Говорят, что (оно приобрело или потеряло) ему передан или у него отнят _____. Тела, не имеющие электрический заряд, называют _____ (электрически нейтральными) или _____ телами. Единицей электрического заряда в СИ является _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
 Электрический заряд
 Электронейтральный
 Кулон
 Незаряженное тело
 Электризация

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что означает наэлектризованность тел?
2. На шелковых нитях попарно висят одинаковые легкие шарики, имеющие одинаковые по модулю заряды. Знак заряда одного из парных зарядов показан на рисунке.



I вопрос. На каком рисунке показана ситуация, когда знак второго шарика отрицательный?

II вопрос. Какой рисунок соответствует ситуации, когда второй заряд обладает положительным зарядом?

III вопрос. На каком рисунке изображена ситуация, когда второй шарик не обладает зарядом?

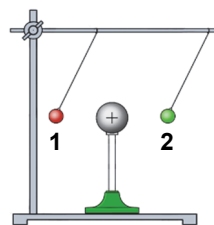
3. Висящие на шелковых нитях бумажные шарики 1 и 2 наэлектризованы. Определите знаки их зарядов.

4. Какое тело является электронейтральным?

- А) тело, у которого число «+» зарядов больше, чем число «-» зарядов;
- В) тело, в котором число «+» зарядов меньше, чем число «-» зарядов;
- С) тело, в котором число «+» зарядов равно числу «-» зарядов;
- Д) тело, в составе которого нет ни «+», ни «-» зарядов.
- Е) тело, заряженное только «+» зарядом.

5. Висящая на шелковой нити гильза **L** отталкивает гильзу **M** и притягивает гильзу **N**. Что можно сказать об электрических зарядах гильз **L**, **M** и **N**?

- А) L(+), M(+) и N(+)
- В) L(+), M(+) и N(-)
- С) L(+), M(-) и N(+)
- Д) L(-), M(-) и N(-)
- Е) L(-), M(+) и N(-)



5.2. Строение атома. Природа электризации

Изучая паутину, ученые открыли странное явление. Они выяснили, что колеблющаяся при легком дуновении ветерка эластичная паутина легко притягивает и приклеивает к себе несколько насекомых из пролетающей мимо стайки. Так деформирующаяся паутина помогает пауку изловить добычу. Исследования показали, что причина происходящего явления заключена в электризации деформированной паутины и пролетающей стайки насекомых.



- Постарайтесь объяснить, как электризуются паутина и насекомые.
- Какие насекомые из пролетающей мимо стайки притягиваются к паутине?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что произойдет, если приблизить лист бумаги к резиновому валику?

Оборудование: сухая стеклянная пластина (или тексолитовая пластина), лист бумаги (формата А4), резиновый валик на ручке.

Ход работы: 1. Поместив стеклянную пластину на поверхности стола, положите на нее лист бумаги. 2. Прижмите резиновый валик к листу бумаги и несколько раз прокатите его по поверхности листа. 3. Взяв за один конец листа, снимите его со стеклянной пластинки и, приближая к валику, внимательно следите за происходящим явлением.

Обсудите результаты исследования:

- Как вы объясните наблюдаемое явление?



• Строение атома

Частичка вещества, обладающая отрицательным зарядом, впервые была обнаружена в 1897 году английским ученым Джозефом Томсоном. Эта частичка, названная *электроном*, обладает самым малым отрицательным электрическим зарядом.

• *Абсолютное значение самого маленького электрического заряда называют элементарным зарядом.*

Элементарный заряд обозначают буквой e , его абсолютное значение равно:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Элементарный заряд очень мал и если учесть, что в небольшом кусочке вещества содержатся десятки миллионов атомов, то число электронов в теле трудно представить, так как электроны входят в состав атома. В обычном состоянии атом электронейтрален. Это означает, что в состав атома должна входить частичка, обладающая положительным зарядом, равным по модулю суммарному заряду всех электронов, входящих в состав атома. Эта частичка была обнаружена английским физиком Эрнестом Резерфордом в 1911 году в ходе проведенных им экспериментов.



Джозеф Томсон

(1856–1940)

Английский ученый. Он открыл электрон и предложил первую модель строения атома.



Эрнест Резерфорд

(1871–1937)

Английский ученый. Предложил планетарную модель атома, осуществил первую искусственную ядерную реакцию.

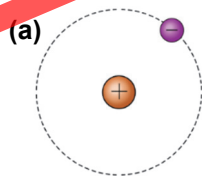
Он выяснил, что атом состоит из *положительно заряженного ядра*, расположенного в центре атома, и вращающихся вокруг ядра *отрицательно заряженных электронов*. Впоследствии было установлено, что само ядро состоит из *протонов* и *нейтронов*. Протон – частица, обладающая положительным зарядом. Нейтрон не обладает зарядом, он электронейтрален.

Самое простое ядро – ядро атома водорода. Оно состоит из одного протона. Вокруг него вращается один электрон

(а). Заряд протона равен элементарному заряду:

$$q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Число протонов в ядре атома равно порядковому номеру (Z) химического элемента в периодической таблице



элементов. Поэтому заряд ядра произвольного атома равен произведению порядкового номера химического элемента Z на элементарный заряд:

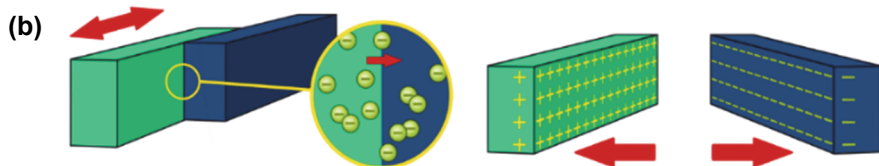
$$q_N = Ze.$$

В нейтральном атоме количество электронов тоже равно Z . Заряд протона так же, как и заряд электрона, невозможно ни увеличить, ни уменьшить.

Внимание. Определено, что земная кора и ее атмосфера совместно электрически нейтральны. Однако по отдельности земная кора и ее атмосфера обладают противоположными по знаку зарядами. Так, земная кора заряжена отрицательно, а атмосфера земли – положительно.

• Природа электризации

Все окружающие нас тела, можно сказать, электрически нейтральны: положительные заряды атомного ядра компенсируются отрицательными зарядами электронов. Электризация тел объясняется тем, что при соприкосновении двух тел (или при трении их друг о друга) некоторая часть электронов одного тела переходит на другое. В результате оба тела электризуются: тело, получившее лишние электроны, *электризуется отрицательным зарядом*, а тело, потерявшее электроны, *электризуется положительным зарядом (b)*.



• Ионы также являются частицами, обладающими электрическим зарядом

• **Ион** – это атом, потерявший или присоединивший к себе электрон. Атом, потерявший электрон, превращается в **положительный ион**, а атом, получивший дополнительный электрон, превращается в **отрицательный ион**. Например, в водном растворе поваренной соли (химическая формула: $NaCl$) носителями электрического заряда являются положительно заряженные ионы натрия (Na^+) и отрицательно заряженные ионы хлора (Cl^-).

• **Электрический заряд переносится только заряженными частицами.** Это означает, что не существует заряда без частичек. Поэтому заряженные частички называют **носителями электрического заряда**.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. В периодической системе химических элементов медь (Cu) занимает 29-ю позицию, йод (I) 53-ю позицию и свинец (Pb) 82-ю позицию. Определите электрический заряд ядер атомов этих элементов.

2. Тело обладает электрическим зарядом $q = 1$ Кл. Что это означает?

Решение. Элементарный заряд равен $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, поэтому число элементарных зарядов в 1 Кл определяется следующим образом:

$$q = Ne \rightarrow N = \frac{q}{e}$$

$$q = 1 \text{ Кл} = \frac{q}{e} \cdot e = \frac{1 \text{ Кл}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \cdot e = 0,625 \cdot 10^{19} e = 6,25 \cdot 10^{17} e.$$

Ответ. Равенство заряда тела $q = 1$ Кл означает, что на этом теле не хватает $6,25 \cdot 10^{17}$ электронов.

Обсудите результаты исследования:

- Электрический заряд ядра какого химического элемента больше? Почему?
- Сколько электронов имеется в нейтральных атомах этих химических элементов?
- Что означает наличие на теле электрического заряда $q = -1$ Кл?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Атом состоит из положительно заряженного ___ в центре и вращающихся вокруг ядра отрицательно заряженных ___. Атомное ядро образовано из ___ и ___. Заряд электрона называют ___.

___ – это атом, потерявший или получивший дополнительный электрон. Атом, потерявший электрон, называют ___, а получивший дополнительный электрон, называют ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ядро
Протон
Положительный ион
Элементарный заряд
Отрицательный ион
Электрон
Ион
Нейтрон

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая частица обладает наименьшим отрицательным, а какая частица наименьшим положительным зарядом?
2. Почему в обычном состоянии атом электронейтрален?
3. Что означает наэлектризованность тела отрицательным зарядом?
4. Что означает наэлектризованность тела положительным зарядом?

5.3. Проводники и диэлектрики

Во время работы электрослесарь надевает резиновые перчатки или использует инструменты с резиновыми или пластмассовыми ручками.



- Почему при работе с электрическими приборами используют оборудование с резиновыми (или пластмассовыми) ручками?

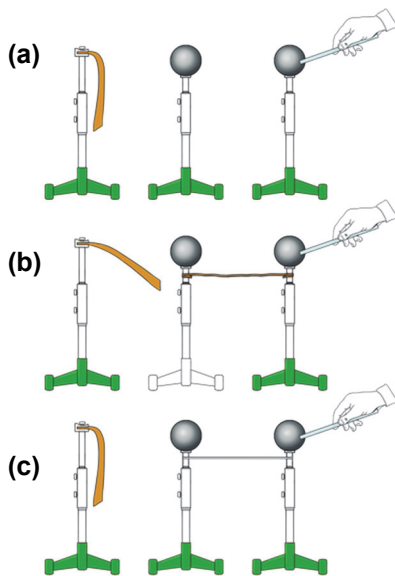
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Тела, проводящие и непроводящие электричество

Оборудование: закрепленные на пластмассовом штативе металлические шары (2 шт.); тонкая бумажная лента, приклеенная к концу пластмассового штатива; алюминиевая (или медная) проволока; полиэтиленовая (или резиновая) нить; стеклянная палочка; шерстяная (или шелковая) ткань.

Ход работы:

1. Расположите пластмассовые штативы на поверхности стола вдоль прямой линии. Наэлектризовав стеклянную палочку, прикоснитесь ею к правому шару **(а)**. Обратите внимание на то, «как ведет себя» при этом бумажная лента.
2. Соединив шары алюминиевой (или медной) проволокой, повторите опыт. Проследите за изменением поведения бумажной ленты **(б)**.
3. Заменяя металлическую проволоку, соединяющую шары, полиэтиленовой (или резиновой) нитью, повторите опыт еще раз, продолжая наблюдать за поведением бумажной ленты **(с)**.



Обсудите результаты исследования:

- Наблюдались ли какие-либо изменения в положении бумажной ленты при электризации правого шара наэлектризованной стеклянной палочкой?
- Почему бумажная лента притягивается к левому шару при электризации правого шара, соединенного с левым шаром металлической проволокой?
- Почему бумажная лента была неподвижной при электризации правого шара, соединенного с левым шаром полиэтиленовой (или резиновой) нитью?
- К каким выводам приводят результаты исследования?

• Проводники

При проведении исследования мы обнаружили еще одно свойство тел: тела могут проводить или не проводить электричество. При соединении металлических шаров металлической проволокой электрический заряд переходит с правого шара на левый и притягивает легкую бумажную ленту. Значит, металлический проводник хорошо проводит электрические заряды.

• *Вещества, проводящие электрический заряд, называются проводниками.*

К проводникам относятся металлы, водные растворы солей и кислот и др.

Почему проводники легко переносят электрический заряд?

В проводящих электричество веществах имеются носители электрических зарядов, способные перемещаться в них во всех направлениях. В металлах такими носителями зарядов являются покинувшие атом свободные электроны, а в растворах – положительные и отрицательные ионы.

При электризации проводника носители зарядов распределяются по всей его поверхности. По этой причине невозможно наэлектризовать трением металлический стержень, держа его в руке, так как возникающие при электризации заряды переходят на тело человека, тоже являющееся проводником.

• Диэлектрики

В проведенном исследовании электрический заряд не переходит с правого шара на левый при соединении их полиэтиленовой нитью, и поэтому бумажная лента остается неподвижной. Значит, полиэтиленовая (или резиновая) нить не проводит электрические заряды.

• *Вещества, не проводящие электрические заряды, называют диэлектриками.*

К диэлектрикам относятся пластмассы, резина, стекло, эбонит, сухая древесина, воздух, керамика и др. Тела, изготовленные из диэлектриков, называют изоляторами. Ручки электрических приборов изготавливают из диэлектриков.

Диэлектрики тоже можно наэлектризовать, причем возникающие в них при трении или касании заряды не перемещаются, а остаются в тех местах тела, где они возникли. Например, потерев один конец стеклянной палочки о шерстяную ткань, можно наэлектризовать этот конец отрицательным зарядом, а другой конец этой палочки потереть о шелковую ткань и наэлектризовать положительным зарядом.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

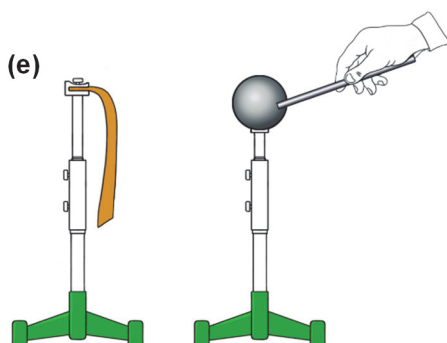
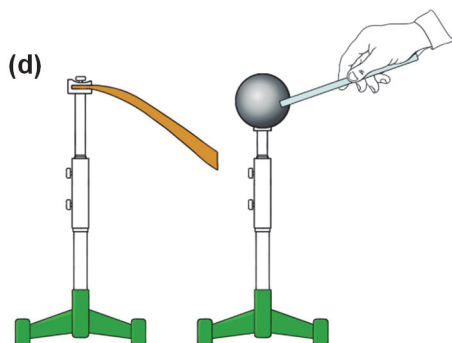
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Проверка электризации проводников и диэлектриков

Оборудование: металлический шар на пластмассовом штативе; приклеенная к концу пластмассового штатива узкая бумажная лента; металлический стержень; стеклянная палочка; шерстяная (или шелковая) ткань; резиновые перчатки; медная проволока.

Ход работы:

1. Расположите штативы на поверхности стола близко друг к другу. Наэлектризовав стеклянную пластину трением о ткань, прикоснитесь ею к шару (d). Обсудите с одноклассниками причину притяжения бумажной ленты к шару.
2. Прикоснитесь к шару рукой и разрядите его. Затем, потерев металлический стержень о шерстяную ткань, прикосните его к металлическому стержню, наблюдая за поведением бумажной ленты (e).



Обсудите результаты исследования:

- Почему при прикосновении наэлектризованной стеклянной палочки к металлическому шару бумажная лента притягивается к шару, а при прикосновении к шару металлического стержня, потертого о шерстяную ткань, бумажная лента остается неподвижной?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

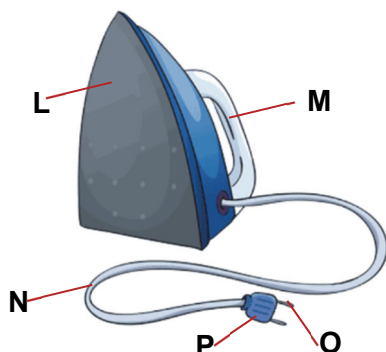
Вещества, проводящие электрические заряды, называют __. Вещества, не проводящие электрические заряды, называют __. При электризации проводника электрические заряды __ по всей его поверхности. __, возникающие на диэлектрике в результате трения или касания, остаются в той же части диэлектрика, в которой возникли.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Диэлектрики
Электрические заряды
Распределяться
Проводники

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

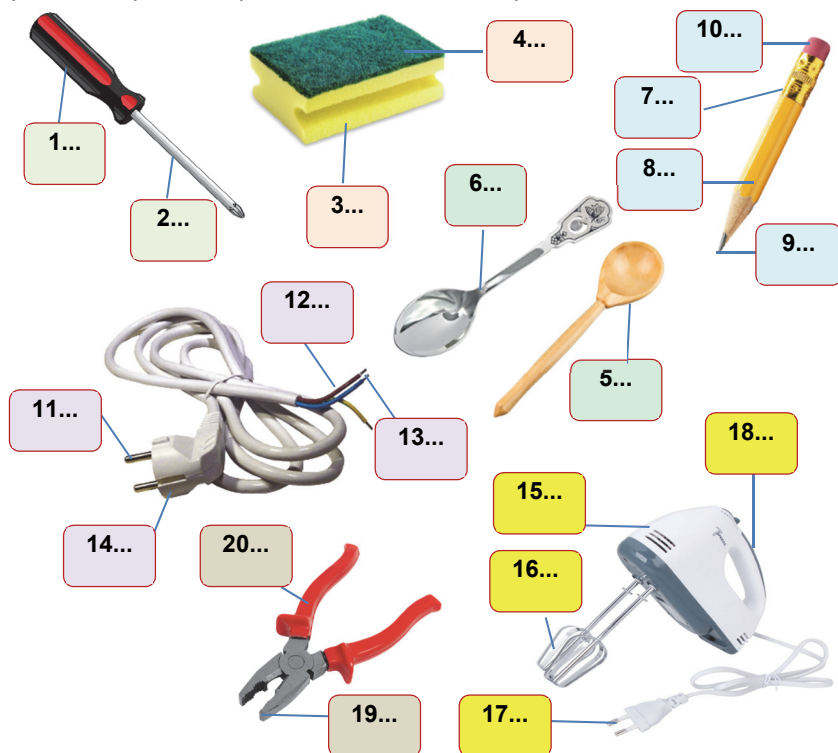
- Какие части изображенного на рисунке утюга изготовлены из проводника, а какие из диэлектрика?



	Проводник	Диэлектрик
A)	Только O	L, M, N и P
B)	Только O	Только M
C)	Только L	M, N, O и P
D)	L и O	M, N и P
E)	L, N и O	M и P

ЛАЙФХАК

2. На рисунке изображены различные бытовые принадлежности.



I вопрос. На какой из них имеются и части из проводника, и части из диэлектрика?

II вопрос. Какое слово следует вписать в рамки: проводник или диэлектрик?

3. Невозможно наэлектризовать металлический стержень, потеряв его о шерстяную ткань? Как бы вы добились этого?

4. В таблице указано, какие из тел **L**, **M** и **N** являются проводниками, а какие диэлектриками.

В каком случае тела соответствуют указаниям таблицы?

	Проводник	Диэлектрик
L	+	
M		+
N	+	

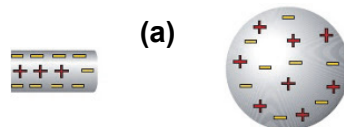
- L**
- A) Медная проволока
B) Пластмассовая расческа
C) Серебряная ложка
D) Пластмассовая расческа
E) Серебряная ложка

- M**
- Серебряная ложка
Медная проволока
Пластмассовая расческа
Серебряная ложка
Медная проволока

- N**
- Пластмассовая расческа
Серебряная ложка
Медная проволока
Медная проволока
Пластмассовая расческа

5.4. Электростатическая индукция

На рисунке изображены часть эбонитовой палочки и расположенная вдали от нее металлическая сфера (а).



- Что можно сказать об электрических зарядах эбонитовой палочки и металлической сферы на основе этого изображения?
- Какие изменения в распределении зарядов на этих телах произойдут при приближении палочки к сфере?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

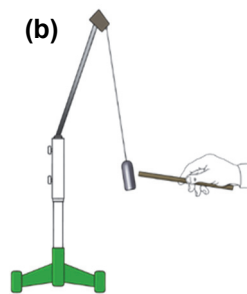
• Электризация тела без соприкосновения

Оборудование: диэлектрический штатив, подвешенная на шелковой нити алюминиевая гильза, эбонитовая (или стеклянная) палочка, шерстяная ткань.

Ход работы: приблизьте наэлектризованную эбонитовую палочку к подвешенной на нити гильзе и обсудите с одноклассниками причину наблюдаемого явления.

Обсудите результаты исследования:

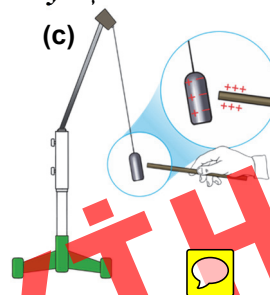
- Почему при приближении наэлектризованной палочки к электрически нейтральной гильзе она притягивается к палочке (b)?



В результате исследования вы выяснили, что можно наэлектризовать тело и без прикосновения с каким-либо наэлектризованным телом.

- *Электризация тел без соприкосновения называется **электризация влиянием (наведением)** или **электростатической индукцией**.*

Почему возникает электростатическая индукция? При приближении наэлектризованной эбонитовой палочки (например, заряженной положительным зарядом) к алюминиевой гильзе свободные электроны в гильзе, притягиваясь к палочке, перемещаются. В результате на той стороне гильзы, которая ближе к палочке, накапливаются электроны, и она заряжается отрицательно. В противоположной части гильзы образуется недостаток электронов, и эта часть заряжается положительно. Отрицательно заряженная часть гильзы ближе к палочке, поэтому гильза притянется к ней (c).



Похожее явление происходит при приближении наэлектризованного тела к ненаэлектризованному диэлектрику. На поверхности диэлектрика возникают заряды разных знаков: на участке диэлектрика, близком к телу, возникают заряды, по знаку противоположные заряду тела. Поэтому между диэлектриком и телом возникает взаимное притяжение. Отметим, что электрические заряды на поверхности диэлектрика возникают не из-за перемещения свободных электронов (их в диэлектрике нет), а из-за вращения и изменения формы молекул диэлектрика.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

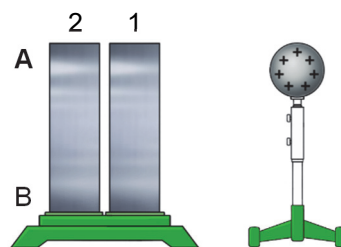
• Электростатическая индукция

Задача

Металлические пластины **1** и **2** расположены параллельно на диэлектрической подставке.

Если к пластине **1** приблизить наэлектризованный положительным зарядом металлический шарик, то:

а) как распределится электрический заряд на пластинах?
 б) каким зарядом наэлектризуется участок **AB** пластины **2**? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

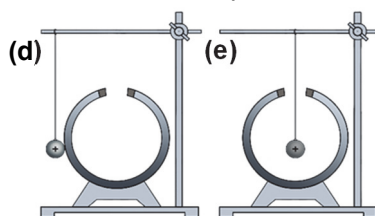
Электризация тел без соприкосновения называется ___ или ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электризация влиянием
 Электростатическая индукция

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

- Чем отличается явление электростатической индукции, происходящее в проводниках, от аналогичного явления, происходящего в диэлектриках?
- Металлический шарик, подвешенный на шелковой нити, наэлектризован положительным зарядом. Как зарядится расположенная на диэлектрической подставке пустотелая сфера, если металлический шарик:
 - Коснется его внешней стенки (**d**)?
 - Будет висеть внутри сферы, не касаясь его стенок (**e**)?



ПРОЕКТ

• Какое явление вы наблюдаете?

Оборудование: надувной шар, мелкие кусочки алюминиевой фольги, шерстяная ткань, лист бумаги (A4).

Ход работы: рассыпьте кусочки фольги на листе бумаги. Наэлектризовав шар трением о ткань, приблизьте его к кусочкам фольги.

Обсудите результаты исследования:

- Подготовьте эссе о причине наблюдаемого явления.



5.5. Электроскоп. Электрометр

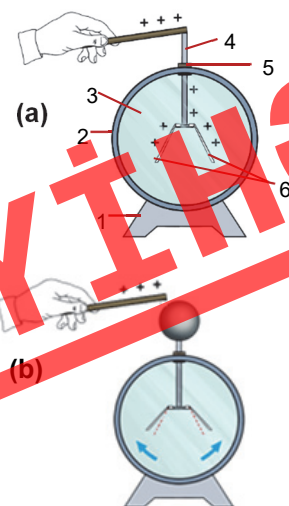
На рисунке изображены приборы, изготовленные в разные годы для наблюдения электризации тел.



- Что общего в принципе работы этих приборов?

• Электроскоп

Простейшим прибором, используемым для обнаружения электрических зарядов на телах и определения, каким знаком заряда наэлектризовано тело, является *электроскоп* (от греческих слов *elektro* – «электрон» и *skopeo* – «наблюдать», «обнаруживать»). Принцип его действия основан на взаимодействии наэлектризованных тел. Электроскоп состоит из укрепленного на диэлектрических ножках (1) корпуса (2). Корпус с двух сторон закрыт стеклами (3). В отверстие в верхней части корпуса вставлена диэлектрическая пробка (5), через которую пропущен металлический стержень (4), на нижнем конце которого прикреплены два листочка (6) из бумаги или алюминиевой фольги (а). В целях накопления большего заряда верхний конец стержня оборудован металлическим шариком или сферой (б). При прикосновении заряженным телом к металлическому стержню (или шарiku) стержень и листочки электризуются зарядами одинакового знака. В результате листочки, отталкиваясь друг от друга, расходятся. Чем более наэлектризован электроскоп, тем на больший угол расходятся листочки.



ИССЛЕДОВАНИЕ-1

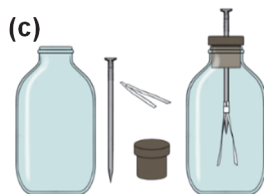
• Изготовление электроскопа

Оборудование: стеклянная бутылка с широким отверстием (или стеклянная банка), резиновая пробка (или полиэтиленовая крышка), металлическая спица (или гвоздь), тонкая бумажная лента (2 шт.), клей, эбонитовая (или стеклянная) палочка (с).

Ход работы: 1. Изготовьте электроскоп из приготовленных предметов. 2. Проверьте работу изготовленного вами прибора с помощью наэлектризованной палочки.

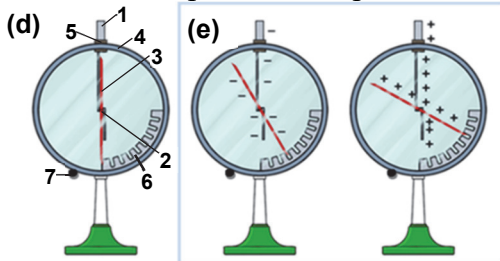
Обсудите результаты исследования:

1. Что наблюдается, если к незаряженному стержню электроскопа прикоснуться эбонитовой палочкой, заряженной «+» или «-» зарядом? 2. Что произойдет, если к стержню «+» заряженного электроскопа прикоснуться стеклянной палочкой, заряженной большим количеством «-» заряда? 3. Какое положение примут листочки «-» заряженного электроскопа, если к его стержню прикоснуться эбонитовой палочкой, наэлектризованной таким же количеством «-» заряда?



• Электрометр

Для количественного исследования наэлектризованных тел и их свойств используются приборы, называемые *электрометрами*. Принцип его работы также основан на взаимодействии наэлектризованных тел. К оси (2) неподвижного металлического стержня (1) прикреплена легкая подвижная металлическая стрелка (3). Чтобы защитить стрелку от внешних воздействий, ее помещают в корпус (4), с обеих сторон закрытый стеклами. Металлический стержень изолирован от корпуса резиновой (или пластмассовой)



пробкой (5). В нижней части корпуса имеется шкала с делениями (6) и зажим (7) для заземления (d).

При соприкосновении наэлектризованного тела с металлическим стержнем электрометра и стержень, и стрелка электризуются зарядами одинакового знака, поэтому стрелка

отталкивается от стержня (e). По углу отклонения стрелки можно определить степень наэлектризованности тела: чем больший заряд получают стрелка и стержень, тем больше угол отклонения стрелки.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Какое явление исследуется электрометром?

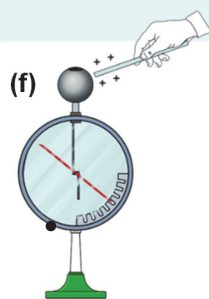
Оборудование: электрометр с надетой на его стержень полый сферой, стеклянная палочка, шерстяная (или шелковая) ткань.

Ход работы:

- Приблизьте к сфере электрометра наэлектризованную положительным зарядом стеклянную палочку, не касаясь ее (f), и проследите за изменением положения стрелки.

Обсудите результаты исследования:

- Что происходит при приближении наэлектризованной стеклянной палочки к шарiku электрометра? Зарядами какого знака электризуются при этом металлический шарик, металлический стержень и стрелка? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

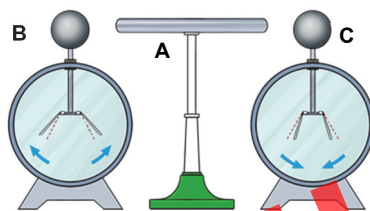
Для обнаружения наэлектризованности тел в лабораторных условиях используется простой прибор, называемый _____. С целью исследования свойств _____ тел и электрического заряда используется прибор, называемый _____. Принцип работы обоих приборов основывается на _____ наэлектризованных тел.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электризация
Электроскоп
Взаимодействие
Электрометр

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

- Объясните устройство и принцип работы электрометра.
- Тело, наэлектризованное большим количеством положительного заряда, соприкасается со стержнем электроскопа, заряженным малым количеством отрицательного заряда. Что при этом происходит?
А) Листья электроскопа полностью сходятся
В) Листья электроскопа сходятся немного
С) Листья электроскопа немного расходятся
D) Листья электроскопа сначала сходятся, затем расходятся
E) Расстояние между листьями электроскопа не изменяется
- К металлической палочке **A** приближают, не касаясь, одинаковые заряженные электроскопы **B** и **C**. При этом листочки электроскопа **B** немного расходятся, а листочки электроскопа **C** немного сближаются. Определите знаки зарядов палочки **A**, электроскопов **B** и **C**.
- При приближении эбонитового шарика **K**, потертого о шерстяную ткань, к электроскопу его листочки немного сближаются. Что можно сказать о зарядах шарика **K** и электроскопа на основе этого факта?



	Шарик K	Электроскоп
A)	+	+
B)	-	+
C)	+	-
D)	-	-
E)	электронейтрален	-



5.6. Закон сохранения электрического заряда

Проведя исследование, вы выяснили, что при трении двух тел друг об друга они оба электризуются.

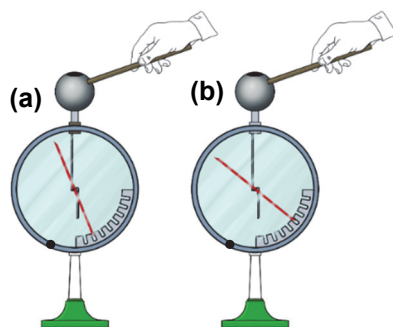
- Каково соотношение между электрическими зарядами этих наэлектризованных тел?
- Как меняется общий заряд тел при соприкосновении одного наэлектризованного тела с другим наэлектризованным телом?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Электрический заряд суммируется

Оборудование: электрометр с металлической сферой, эбонитовая палочка, шерстяная (или шелковая) ткань.

Ход работы: 1. Наэлектризуйте эбонитовую палочку, потерев её о шерстяную ткань, и, прикоснувшись палочкой к сфере электрометра, удалите от нее (а). 2. Вновь наэлектризуйте эбонитовую палочку, потерев её о шерстяную ткань, и снова прикоснитесь палочкой к сфере электрометра. Проследите за тем, как изменяется угол отклонения стрелки электрометра (b).



Обсудите результаты исследования:

- Как изменился общий электрический заряд электрометра при повторном прикосновении эбонитовой палочки к металлической сфере?
- Какое свойство электрического заряда выявлено в ходе исследования?

Электрические заряды можно передавать от одного тела другому, заряд тела можно увеличить, уменьшить или нейтрализовать, достаточно дотронуться наэлектризованным телом к другому телу.

- Какова закономерность распределения электрических зарядов между телами?

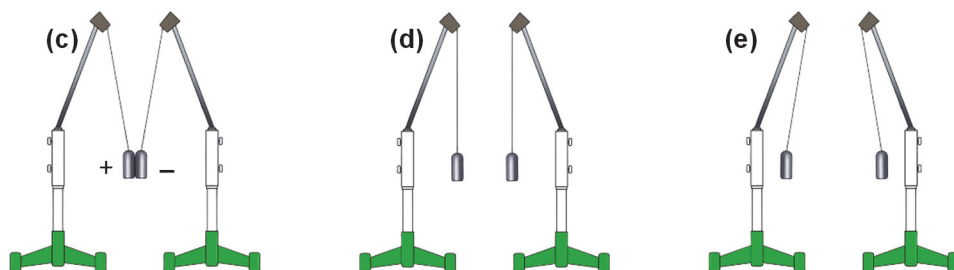
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Закономерность распределения электрических зарядов

Оборудование: висящие на диэлектрическом штативе алюминиевые гильзы (2 шт.), эбонитовая или стеклянная палочка, шерстяная и шелковая ткань.

Ход работы:

1. Наэлектризуйте одинаковые алюминиевые гильзы зарядами противоположного знака. Сближая штативы, создайте условия для соприкосновения гильз (c).
2. После касания происходит одно из двух: или взаимное притяжение между гильзами полностью исчезает – они нейтрализуются (d), или гильзы отталкиваются друг от друга (e).



Обсудите результаты исследования:

- В каком случае взаимное притяжение между гильзами после касания полностью исчезает – они нейтрализуются, а в каком случае гильзы после касания отталкиваются?
- Что можно сказать о модулях и знаках зарядов на гильзах после их касания?

Соприкосновение двух тел, наэлектризованных зарядами противоположного знака, может сопровождаться одним из двух явлений.

I явление: взаимное притяжение между телами полностью исчезает, тела нейтрализуются (разряжаются). Это означает, что модули положительных и отрицательных зарядов в этих телах равны и они компенсируют друг друга. Это происходит в следующей последовательности:

- Модули зарядов противоположного знака двух одинаковых тел до соприкосновения равны:

$$q_1 = -q_2.$$

- Общий заряд системы тел при соприкосновении равен алгебраической сумме зарядов отдельных тел системы (с учетом их знаков):

$$q_1 + (-q_2) = 0.$$

- После соприкосновения оба тела электрически нейтрализуются и притяжение между ними исчезает:

$$q'_1 = 0; \quad q'_2 = 0.$$

Здесь q_1 и $(-q_2)$ – электрические заряды тел до соприкосновения, q'_1 и q'_2 – электрические заряды этих же тел после их соприкосновения.

Внимание. Если размеры наэлектризованных проводящих шариков различны, то при их соприкосновении большая часть общего электрического заряда передается шарiku большего размера. **Заземление** (соединение тела с Землей) металлических тел основывается на этом правиле перераспределения электрических зарядов. Вследствие гигантских размеров Земли все заземленные тела теряют свои электрические заряды.

II явление: взаимное притяжение между телами переходит во взаимное отталкивание. Это происходит в случае, когда абсолютные значения электрических зарядов соприкасающихся тел различны. В момент соприкосновения тел электрические заряды противоположных знаков



Майкл Фарадей
(1791–1867)
Английский физик.
Открыл ряд законов по электричеству.

на них нейтрализуются, а лишние электрические заряды одного знака (положительного или отрицательного) распределяются между телами и они отталкиваются. Таким образом, рассмотренные явления и проведенное исследование приводят к следующему выводу: при соприкосновении заряженных тел между ними происходит обмен зарядами – заряды складываются с учетом их знаков.

- *Общий заряд системы соприкасающихся тел равен алгебраической сумме зарядов тел системы, и если система замкнута, то алгебраическая сумма зарядов остается постоянной:*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

- *В электрически замкнутой системе тел алгебраическая сумма электрических зарядов тел остается неизменной.*

Это один из фундаментальных законов природы – **закон сохранения электрического заряда**, установленный английским ученым Майклом Фарадеем в 1843 году.

- *Электрически замкнутая система – это система, в которую не передаются электрические заряды из окружающей среды и из которой заряды не передаются в окружающую среду.*

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-3 • Сколько заряда осталось на шариках?

Решите задачу в соответствии с приведенным образцом.

Образец

Заряд одного из двух удаленных друг от друга одинаковых металлических шариков равен $q_1 = 9e$, а другого $q_2 = -15e$. Шарiki привели в соприкосновение, а затем развели на прежнее расстояние. Определите оставшиеся на шариках заряды q'_1 и q'_2 .

Дано	Решение
$q_1 = 9e,$ $q_2 = -15e.$ $q'_1 = ?, q'_2 = ?$	$q = q_1 + q_2.$ Так как шарики одинаковы, то на каждом из них останется половина общего заряда: $q'_1 = q'_2 = \frac{q}{2} = \frac{q_1 + q_2}{2}.$
	Вычисление $q'_1 = q'_2 = \frac{9e + (-15e)}{2} = \frac{-6e}{2} = -3e.$ Ответ: $q'_1 = -3e; q'_2 = -3e.$

Задача

Заряды двух удаленных друг от друга одинаковых металлических сфер равны $q_1 = 26e$ и $q_2 = -12e$. Сферы привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние. Определите оставшиеся на сферах заряды q'_1 и q'_2 .

Обсудите результаты исследования:

- Что будет наблюдаться, если еще раз привести сферы в соприкосновение и развести? Почему?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Общий ___ системы соприкасающихся тел равен ___ тел этой системы. В электрически ___ алгебраическая сумма зарядов тел системы остается неизменной. Это утверждение – ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Алгебраическая сумма зарядов

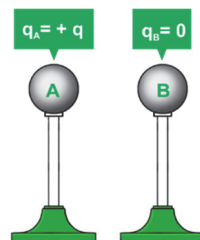
Закон сохранения электрических зарядов

Замкнутая система

Электрический заряд

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Можно ли уменьшить электрический заряд тела до нуля? Ответ обоснуйте.
2. При каких условиях выполняется закон сохранения электрического заряда?
3. Два металлических шарика **A** и **B** на диэлектрических подставках размещены, как показано на рисунке. Заряд шарика **A** равен $+q$, а заряд шарика **B** равен нулю. Чему будут равны заряды каждого из этих шариков, если их привести в соприкосновение и снова развести в исходное положение?

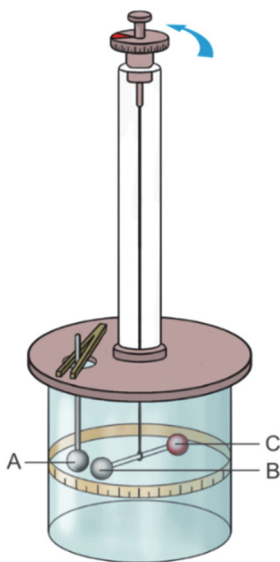


5.7. Взаимодействие электрических зарядов: закон Кулона

Вам уже известно, что наэлектризованные тела взаимно действуют друг на друга: между телами, обладающими зарядами одинакового знака, возникают силы взаимного отталкивания, а между телами, обладающими зарядами противоположного знака, возникают силы взаимного притяжения.

- Как характеризуется сила этого взаимодействия количественно?
- От каких физических величин зависит сила взаимодействия?

В 1785 году французский физик Шарль Кулон экспериментально установил, от каких величин и как зависит сила взаимодействия между наэлектризованными телами. Силу взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов он измерял в своих опытах с помощью крутильных весов.



• **Точечным называют заряд**, размерами носителя которого по сравнению с расстоянием, на котором рассматривается электростатическое взаимодействие, можно пренебречь.

В качестве точечных зарядов Кулон использовал маленькие заряженные шарики. Основная часть крутильных весов представляет собой стеклянную палочку, подвешенную на тонкой упругой проволоке. На одном конце палочки закреплен металлический шарик В, а на другом конце уравнивающий его шарик С. Еще один шарик А закреплен на крышке весов неподвижно. При сообщении шарикам А и В зарядов одинакового знака они отталкиваются, и стеклянная палочка поворачивается на некоторый угол. По углу поворота определяется сила взаимодействия шариков А и В. Изменяя количество зарядов шариков и расстояние между ними, Кулон установил, что сила

взаимодействия точечных зарядов зависит от расстояния между ними и от произведения модулей этих зарядов. Опыты Кулона привели к открытию важнейшего закона электростатики:

• **Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:**

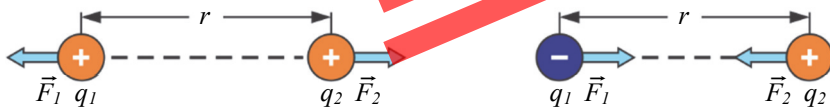
$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

где q_1 и q_2 – величины неподвижных зарядов, r – расстояние между ними, F – модуль силы взаимодействия неподвижных зарядов (ее часто называют *кулоновской силой*, или *силой Кулона*), k – коэффициент пропорциональности. Числовое значение коэффициента пропорциональности k было определено экспериментально:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

Это означает, что если расположить два точечных заряда по 1 Кл каждый на расстоянии 1 м друг от друга, то между ними возникнет сила взаимодействия, равная $9 \cdot 10^9 \text{ Н}$.

Силы взаимодействия точечных зарядов направлены вдоль прямой, соединяющей эти заряды, в противоположные стороны.





Шарль Кулон

(1736–1806)

Французский физик.

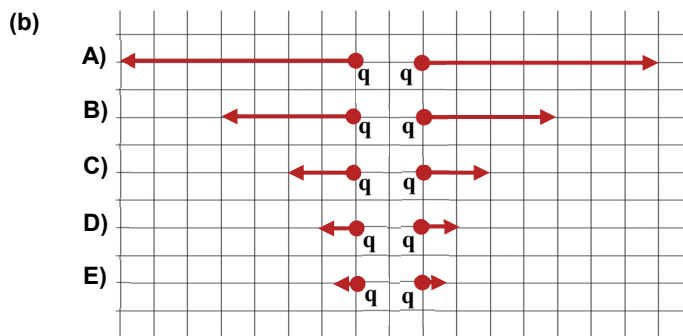
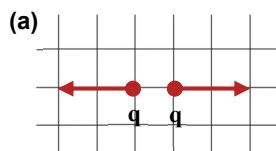
Экспериментально установил закон взаимодействия наэлектризованных тел.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• В каком случае сила Кулона выражена верно?

На рисунке показаны два одинаковых заряда и указаны силы их кулоновского взаимодействия (a). Какой из ответов, приведенных на рисунке (b), правильно отражает силы взаимодействия этих зарядов при изменении расстояния между ними, показанного на этом рисунке?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Сила __ двух неподвижных __ в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Сила этого взаимодействия называется __, а закон называют __.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Взаимодействие
Закон Кулона
Точечный заряд
Крутильные весы
Кулоновская сила

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какой характер носит сила Кулона: притяжения или отталкивания? Ответ обоснуйте.
2. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ и $q_2 = -18 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ равно 60 см. Вычислите силу их кулоновского взаимодействия.
3. Как изменится сила кулоновского взаимодействия между точечными электрическими зарядами при увеличении расстояния между ними в 5 раз?
4. Электрический заряд одной из двух материальных точек, находящихся на расстоянии 3 см, равен $q_1 = +5e$, вторая незаряжена. Чему равна сила Кулона между этими материальными точками?

5.8. Устройства, разделяющие, накапливающие и передающие электрические заряды

При отсутствии достаточного количества воды, необходимой нам в больших количествах для удовлетворения повседневных бытовых потребностей, мы используем запасы воды, заранее накопленные в специальных баках.

- А можно ли заранее накапливать и создавать большие запасы электрических зарядов с целью их использования в необходимый момент?

• Конденсатор

При исследовании электрических явлений часто возникает необходимость использования большого количества электрических зарядов разных знаков. Такое количество зарядов невозможно получить трением эбонитовой или стеклянной палочки о ткань.

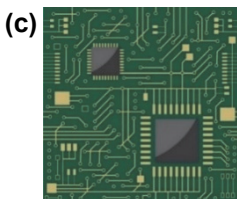
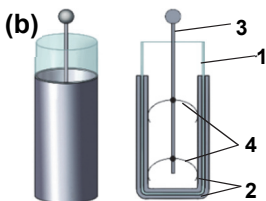
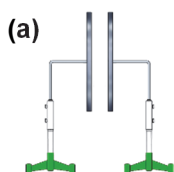
• *Устройство, используемое для накопления электрических зарядов, называется конденсатором* (от лат. слова *condensare* – «уплотнять»). Простейшим конденсатором является **плоский конденсатор**. Он состоит из двух близко расположенных параллельных металлических пластин, разделенных тонким слоем диэлектрика (например, воздуха) (а). Пластины называют также *обкладками конденсатора*. Пластины конденсатора электризуются равными по модулю и противоположными по знаку зарядами. Эти заряды

сохраняются на пластинах в результате взаимного притяжения. За заряд конденсатора принимают абсолютное значение заряда одной из пластин.

Способность конденсатора накапливать электрические заряды характеризуется физической величиной, называемой *электроемкостью*. Конденсатор с большей электроемкостью накапливает на своих обкладках больше электрического заряда.

Первый конденсатор, названный *лейденской банкой* (в честь голландского города Лейден), был изготовлен голландским ученым Питером ван Мушенбруком. Лейденская банка (b) состоит из: 1 – стеклянной банки, 2 – металлической фольги, покрывающей банку изнутри и снаружи – это обкладки конденсатора, 3 – металлического стержня, 4 – упругих контактов (они соединяют металлический стержень с внутренней обкладкой).

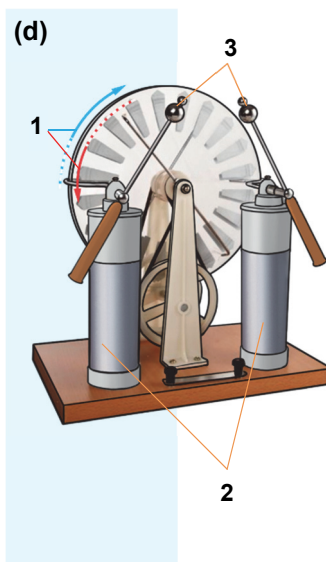
Конденсатор является одной из основных частей самых сложных современных электронных устройств



(компьютеров, телевизоров, мобильных телефонов и др.). Конденсаторы, используемые в этих устройствах, имеют настолько малые размеры, что их можно рассмотреть только с помощью увеличительных приборов (с).

• Электрофорная машина

Электрофорная машина – устройство, используемое для разделения, накопления и передачи большого количества зарядов разных знаков (d). Электрофор по-гречески означает «переносящий электричество». Электрофорная машина состоит из двух параллельных пластмассовых дисков (1), разделенных воздушной прослойкой. Диски приводятся во вращение в противоположных направлениях при помощи ручки (ручку на рисунке не видно). Вращаясь с большой скоростью, диски в результате трения о воздушную прослойку электризуются зарядами разного знака. С помощью металлических щеток, касающихся дисков, эти заряды накапливаются на лейденских банках (2) и передаются шаровидным металлическим кондукторам (3). В результате на одном из кондукторов возникает положительный, а на другом отрицательный электрический заряд. Чтобы разрядить электрофорную машину, необходимо, взяв кондукторы за диэлектрические ручки, привести в соприкосновение их шары.



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Искра между кондукторами

Оборудование: электрофорная машина.

Ход работы:

1. Разведите кондукторы электрофорной машины, взяв их за диэлектрические ручки, и наэлектризуйте диски, приведя их во вращение.
2. Прекратите вращение дисков и, взяв кондукторы за ручки, приблизьте их друг к другу без касания.

Обсудите результаты исследования:

- Что вы наблюдали при приближении наэлектризованных кондукторов друг к другу? Объясните причину происходящего явления.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Устройство для накопления электрических зарядов называют _____. Способность конденсатора накапливать электрические заряды характеризуется физической величиной, называемой _____. _____ является первым конденсатором. Устройством для разделения, накопления и передачи большого количества электрических зарядов разного знака является _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
 Электрофорная машина
 Емкость
 Конденсатор
 Лейденская банка

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как можно зарядить и разрядить конденсатор?
2. Для каких целей используется электрофорная машина?
3. Почему соприкосновение конденсаторов друг с другом приводит к разрядке электрофорной машины?

5.9. Электрическое поле. Напряженность электрического поля

Вы уже знаете, что тела, наэлектризованные зарядами одинакового знака, отталкиваются, а тела, наэлектризованные зарядами противоположного знака, притягиваются. Проводя исследования, вы наблюдали, что взаимодействие наэлектризованных тел друг с другом происходит на расстоянии. Также вы наблюдали, что с уменьшением расстояния между наэлектризованными телами силы их взаимодействия увеличиваются.

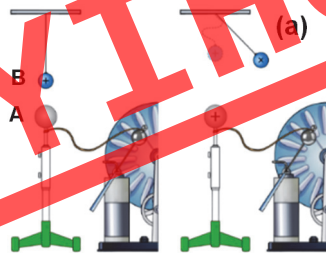
- С помощью чего осуществляется электрическое взаимодействие тел на расстоянии?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что осуществляет электрическое взаимодействие тел на расстоянии?

Оборудование: металлический шарик, закрепленный на диэлектрической подставке, подвешенная на шелковой нити легкая металлическая сфера, электрофорная машина, медная проволока.

Ход работы: 1. Зарядите висющую на нити металлическую сферу **В**, приведя ее в соприкосновение с кондуктором электрофорной машины. 2. Соедините металлический шарик на диэлектрической подставке **А** с тем же кондуктором электрофорной машины и расположите его под металлической сферой на некотором расстоянии (**а**). 3. Вращая ручку электрофорной машины, наэлектризуйте шарик и наблюдайте за возникшим между телами взаимодействием.



Обсудите результаты исследования:

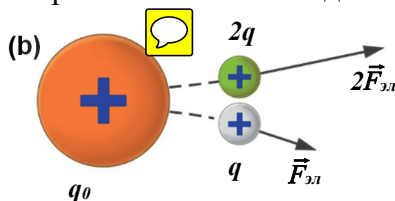
- Каков характер наблюдаемого между наэлектризованными телами (шариком и сферой) взаимодействия?
- В чем заключается механизм передачи этого действия на расстоянии?

Впервые на этот вопрос ответил английский ученый М.Фарадей в начале XIX века: «*вокруг каждого электрического заряда (частицы или тела с электрическим зарядом) существует электрическое поле*».

Электрическое тело невидимо, о его существовании можно судить только по его действию. Электрические заряды посредством своих электрических полей действуют друг на друга с определенной силой. Сила, действующая на электрический заряд со стороны электрического поля, называется электрической силой $\vec{F}_э$.

Из многочисленных опытов определено, что сила действия поля на электрический заряд прямо пропорциональна абсолютному значению этого заряда:

$F, \sim |q|$. На частицу с большим по модулю зарядом электрическое поле действует с большей силой. Например, электрическое поле неподвижного положительного заряда q_0 действует на помещенный в это поле положительный заряд $2q$ с силой, в 2 раза большей, чем на заряд q , находящийся на таком же расстоянии (b).



Примечание.

- Поле, созданное неподвижными электрическими зарядами, называется **электростатическим полем**.
- Электрический заряд, вносимый в поле, называется **пробным зарядом**.

• Силовая характеристика электрического поля – напряженность электрического поля

Вы уже знаете, что силовой характеристикой гравитационного поля является напряженность гравитационного поля.

- Как направлена напряженность гравитационного поля?
- От каких физических величин зависит модуль напряженности гравитационного поля?
- Что можно сказать о силовой характеристике электрического поля, сравнивая ее с характеристикой гравитационного поля: как она направлена и от каких физических величин зависит ее модуль?

Силовой характеристикой электрического поля является **напряженность электрического поля**.

Напряженность электрического поля является векторной величиной, направление которой совпадает с направлением действующей на положительный заряд электрической силы.

- **Напряженность электрического поля** – физическая величина, измеряемая отношением силы, с которой электрическое поле действует на внесенный в поле пробный заряд, к величине этого заряда:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_3}{q}.$$

Здесь $\vec{E}$ – напряженность электрического поля, q – внесенный в поле заряд, $\vec{F}_3$ – сила, действующая на пробный заряд. Напряженность электрического поля является векторной величиной. Направление вектора $\vec{E}$ совпадает с направлением силы, с которой поле действует на положительный заряд.

- **Напряженность электрического поля** в данной точке численно равна силе, действующей на единичный заряд (1 Кл), помещенный в эту точку поля.

Единицей напряженности электрического поля в СИ является:

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{1\text{Н}}{1\text{Кл}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Электрическая сила равна произведению напряженности электрического поля и величины пробного заряда:

$$\vec{F}_3 = q\vec{E}.$$

Так как по закону Кулона модуль электрической силы, действующей на пробный заряд q в поле точечного заряда q_0 , равен

$$F_3 = k \frac{|q_0||q|}{r^2},$$

то напряженность электрического поля будет:

$$E = \frac{F_3}{q} = k \frac{|q_0||q|}{|q|r^2} = k \frac{|q_0|}{r^2},$$

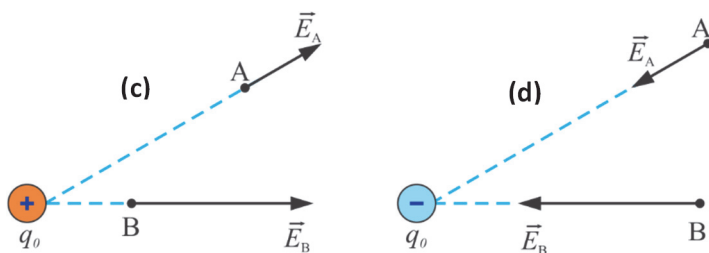
$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

- **Модуль интенсивности электрического поля точечного заряда** в данной точке прямо пропорционален величине этого заряда и обратно пропорционален квадрату расстояния от заряда до этой точки. Напряженность электрического поля не зависит от величины внесенного в это поле пробного заряда.

- **Как определяется направление вектора напряженности электрического поля точечного заряда в произвольной точке пространства?**

- Если электрический заряд q_0 , создающий электрическое поле, положительный, то вектор напряженности созданного им поля в произвольной

точке направлен радиально от заряда, если же заряд отрицательный, то вектор напряженности направлен радиально к заряду (с и d).



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• В какой точке электрического поля модуль напряженности электрического поля больше?

Задача

Исследуйте электрические поля положительного и отрицательного заряда (см.: с и d). На рисунках изображены векторы напряженности $\vec{E}_A$ и $\vec{E}_B$ созданных этими зарядами электрических полей в точках пространства A и B.

Определите соотношение между модулями напряженностей полей в соответствующих точках.

Обсудите результаты исследования:

• В какой точке электрического поля модуль напряженности больше? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Вокруг каждого электрического заряда существует ___. Сила, с которой электрическое поле действует на электрический заряд, называется ___. Заряд, внесенный в электрическое поле, называют ___. Силовой характеристикой электрического поля является ___. Напряженность электрического поля является ___ и ее направление совпадает с направлением силы, с которой поле действует на положительный заряд. Поле, созданное неподвижным электрическим зарядом, называют ___. Модуль напряженности электрического поля, созданного ___ в данной точке поля, прямо пропорционален ___ и обратно пропорционален квадрату расстояния от заряда до этой точки.

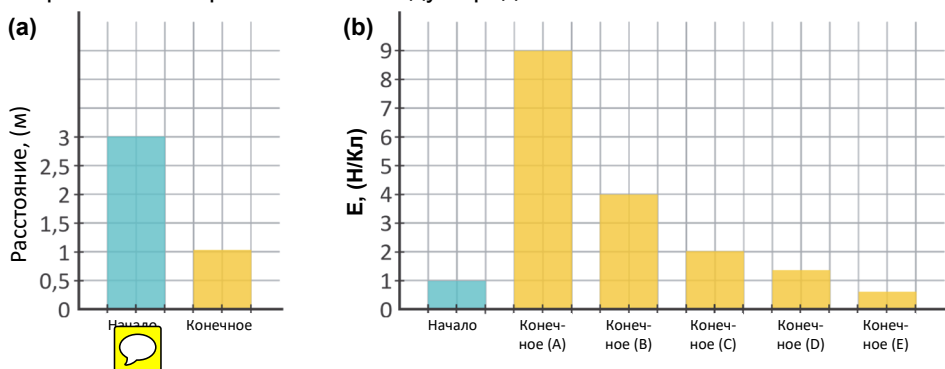
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Точечный заряд
Векторная величина
Напряженность электрического поля
Пробный заряд
Электрическая сила
Величина заряда
Электростатическое поле
Электрическое поле

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Когда возникает электрическое поле и как распознается?
2. Наэлектризованное тело действует на заряженную частицу, расположенную в его электрическом поле, действует ли частица на это тело?

3. Поднимающаяся вверх пылинка в результате трения о воздух электризуется положительным зарядом. Как направлена сила, с которой на эту пылинку действует электрическое поле Земли?
4. Электрическое поле создано положительным зарядом q_0 . На диаграмме показаны начальное и конечное расстояния между зарядом q_0 и внесенным в его поле отрицательным пробным зарядом q (a). На рисунке (b) показана диаграмма напряженности поля при начальном расстоянии между зарядами. Какая из приведенных диаграмм соответствует напряженности поля при конечном расстоянии между зарядами?



5.10. Силовые линии электрического поля

- Можно ли визуализировать электрическое поле?
- Чем отличаются картины полей зарядов разных знаков?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Картина силовых линий электрического поля

Оборудование: металлические шарики с диэлектрической ручкой (2 шт.), электрофорная машина, стеклянная пластина, манная крупа.

Ход работы: 1. Поместите один из шариков под стеклянную пластину, предварительно наэлектризовав его с помощью электрофорной машины. 2. Насыпьте немного манной крупы на поверхность стекла и постучите по пластине ручкой. Сфотографируйте картину, образованную на поверхности пластины из манной крупы, с помощью мобильного телефона (a).



3. Повторите опыт с двумя шариками, наэлектризованными сперва одноименными, а затем разноименными зарядами. Сфотографируйте полученные в обоих случаях картины (b и c).

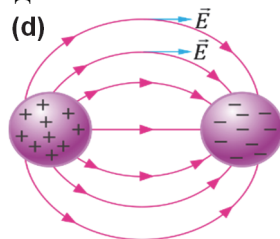
Обсудите результаты исследования:

- Что изображает картина, полученная на стекле во время опыта?
- Как можно прокомментировать соответствие двух последних картин, полученных на пластине, и знаков зарядов шариков (**b** и **c**)?
- К какому выводу о направлении силовых линий электрического поля можно прийти на основе сравнения полученных картин?

Наглядное представление об электрическом поле можно получить с помощью *силовых линий*. Изображать электрическое поле в виде силовых линий предложил английский физик Майкл Фарадей.

• **Силовыми линиями электрического поля называют линии, касательные к которым в каждой точке совпадают по направлению с вектором напряженности $\vec{E}$ в этой точке.**

Вектор напряженности электрического поля, созданного двумя разноименно заряженными частицами, в произвольной точке поля направлен вдоль касательной к силовой линии поля (**d**).



Примечание. Силовые линии – условно принятое понятие. Эти линии лишь позволяют наглядно представить картину распределения электрического поля в пространстве.

В картинах силовых линий полей, создаваемых различными зарядами, имеется определенная закономерность:

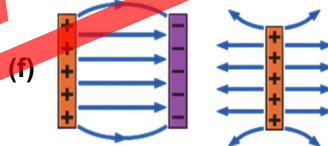
Во-первых, силовые линии электрического поля не замкнуты. Они начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах (**e**).



Во-вторых, силовые линии непрерывны (сплошные линии) и не пересекаются друг с другом. Через каждую точку пространства можно провести только одну силовую линию.

В-третьих, плотность силовых линий больше там, где напряженность поля больше.

В-четвертых, силовые линии электрического поля между наэлектризованными параллельными пластинами параллельны и расположены на одинаковом расстоянии друг от друга. Такое электрическое поле называют однородным (**f**).



• **Электрическое поле, во всех точках которого вектор напряженности одинаков и по модулю, и по направлению, называется однородным электрическим полем.**

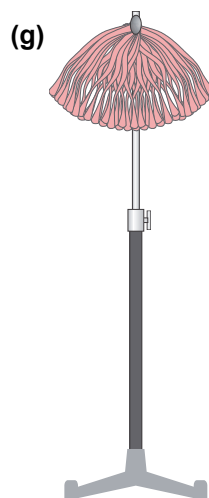
ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Опыт с «электрическим султаном»

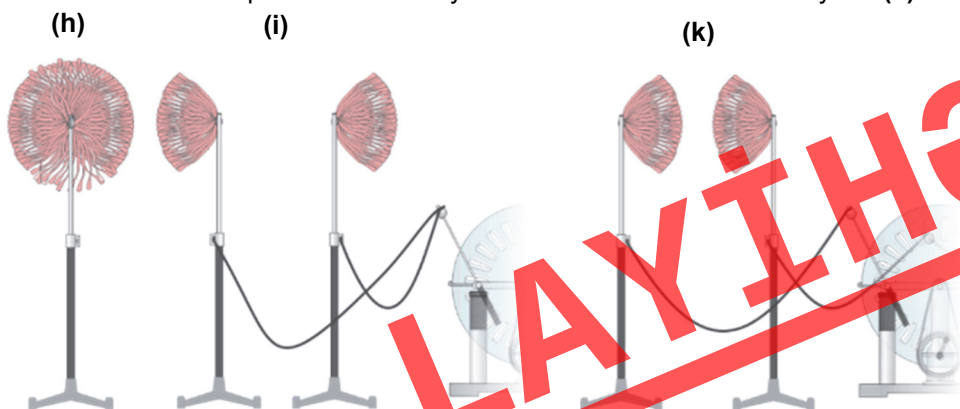
Оборудование: «электрический султан» (2 шт.), электрофорная машина, соединительные провода.

Описание прибора: «электрический султан» – металлическая трубочка, на конце которой закреплено множество тоненьких листочков бумаги. Трубочка надевается на пластмассовый штатив (g). Если трубочке сообщить электрический заряд, то каждый листочек превращается в пробный заряд и выстраивается в направлении силовых линий поля.



Ход работы:

1. Наэлектризуйте один из «электрических султанов», соединив с помощью провода с кондуктором электрофорной машины, и обратите внимание на взаимное расположение его бумажных листочков (h).
2. Затем, расположив два султана на небольшом расстоянии друг от друга, наэлектризуйте их одноименными зарядами. Обратите внимание на расположение их бумажных листочков (i).
3. Наэлектризовав «электрические султаны» разноименными зарядами, обратите внимание на расположение бумажных листочков в этом случае (k).



Обсудите результаты исследования:

- Какие выводы можно сделать на основе проведенных опытов?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ электрического поля называются линии, касательные к которым в любой точке совпадают с направлением ___ в этой точке. Силовые линии электрического поля ___, они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных.

Электрическое поле, во всех точках которого вектор напряженности $\vec{E}$ одинаков и по модулю, и по направлению, называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

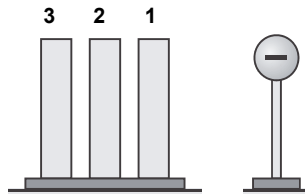
Вектор напряженности
Однородное электрическое поле
Непрерывный
Силовые линии

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

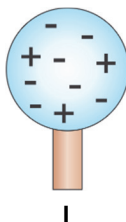
1. Какая закономерность наблюдается в картине силовых линий электрического поля?
2. Почему силовые линии электрического поля не пересекаются?
3. Какое поле называется однородным и как изображаются его силовые линии?

УПРАЖНЕНИЕ-7

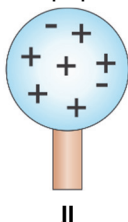
1. Металлические пластины **1**, **2** и **3** размещены на диэлектрической подставке параллельно друг другу. Как распределятся электрические заряды на пластинах при поднесении наэлектризованного отрицательным знаком металлического шарика к пластине **1**?



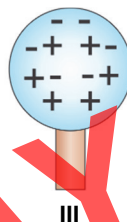
2. На рисунке изображены металлические сферы, закрепленные на диэлектрике. Каким зарядом обладают эти сферы?



I



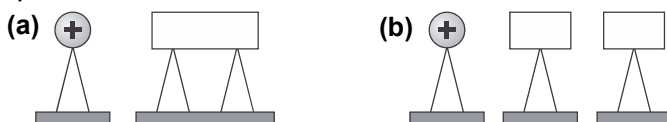
II



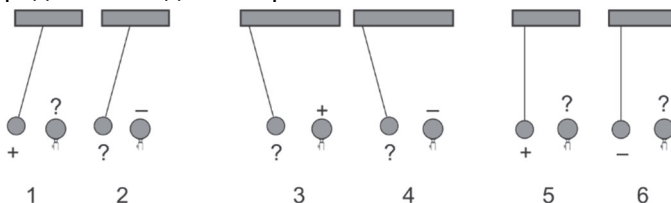
III

	I	II	III
A)	Отрицательн.	Эл. нейтрален	Положительн.
B)	Положительн.	Отрицательн.	Эл. нейтрален
C)	Эл. нейтрален	Положительн.	Отрицательн.
D)	Эл. нейтрален	Отрицательн.	Положительн.
E)	Отрицательн.	Положительн.	Эл. нейтрален

3. Металлический цилиндр поместили в электрическое поле шарика, наэлектризованного положительным зарядом (а). В этом положении цилиндр разделили на две части. Как распределится заряд на отдельных частях цилиндра (b)?

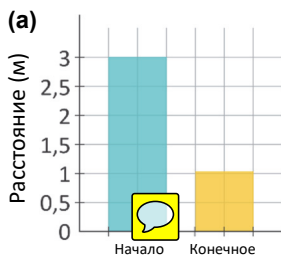


4. Какими зарядами обладают шарики?

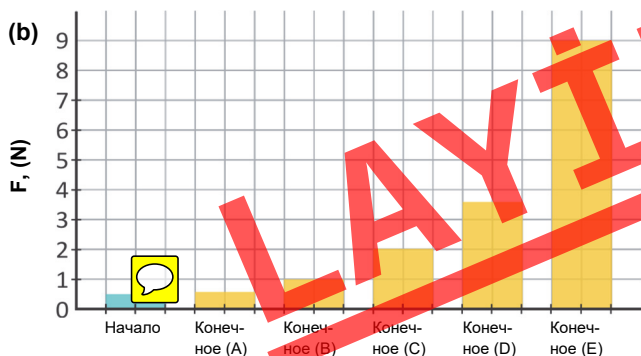


5. Ядро нейтрального атома бериллия состоит из 9 частиц. Вокруг ядра вращаются 4 электрона. Из какого количества протонов и нейтронов состоит ядро этого атома?

6. На диаграмме изображены начальное и конечное расстояния между двумя точечными зарядами (a).

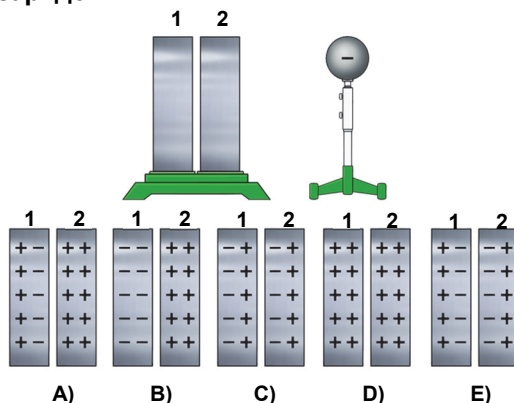


Сила Кулона, возникшая между этими зарядами на начальном расстоянии, приведена на диаграмме (b). Какая из изображенных на этой диаграмме конечных сил соответствует конечному расстоянию?

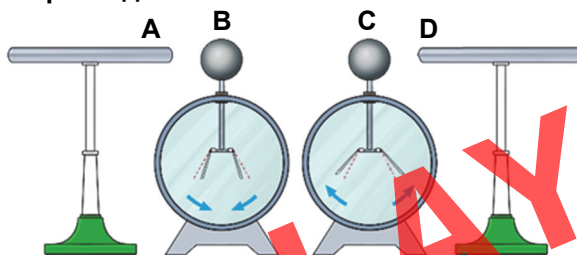


ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. На диэлектрической подставке размещены параллельно друг другу металлические пластины 1 и 2. Как распределятся заряды на пластинах, если к пластине 2 приблизить металлический шарик, наэлектризованный отрицательным зарядом?



2. С какой силой однородное электрическое поле напряженностью $4 \frac{\text{кН}}{\text{Кл}}$ действует на помещенный в него заряд $8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$?
 А) 0,5 мН В) 2 мН С) 1,5 мН D) 2,5 мН E) 32 мН
3. Два одинаковых металлических шара с зарядами $+1 \text{ нКл}$ и -3 нКл привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние. Как изменилась сила их взаимодействия?
 А) увеличилась в 3 раза В) уменьшилась в 3 раза С) увеличилась в 9 раз
 D) уменьшилась в 9 раз E) не изменилась
4. Электроскопы В и С наэлектризованы зарядами противоположного знака. При приближении наэлектризованной палочки А к электроскопу В его листочки сходятся, а при приближении палочки D к электроскопу С его листочки расходятся.



Это происходит потому, что:

- 1 – электрические заряды на палочках А и D разноименные.
- 2 – электрические заряды на палочке А и электроскопе В одноименные.
- 3 – электрические заряды на палочке D и электроскопе С одноименные.

- А) 1 и 2 В) только 2 С) 1 и 3 D) 2 и 3 E) только 1

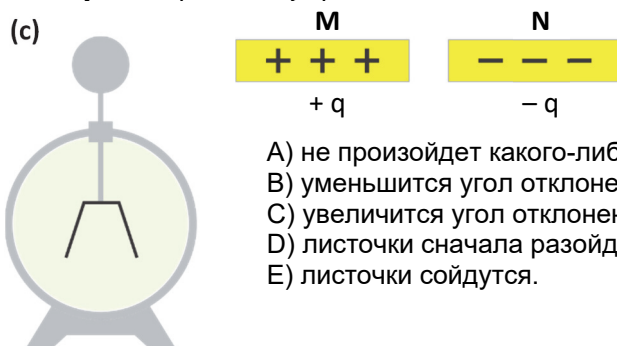
5. На рисунке изображены незаряженный электроскоп и расположенная вдали от него проводящая палочка **М** с зарядом $+q$ (а).



I вопрос. Каким зарядом наэлектризуются металлическая сфера электроскопа и его листочки при приближении проводящей палочки **М** с зарядом $+q$ к электроскопу без касания? (b)

- А) металлическая сфера и листочки зарядятся «+».
- В) металлическая сфера и листочки зарядятся «-».
- С) металлическая сфера зарядится «+» зарядом, а листочки «-» зарядом.
- Д) металлическая сфера зарядится «-» зарядом, а листочки «+» зарядом.
- Е) ни один из них не зарядится.

II вопрос. Какое движение совершат листочки электроскопа, если проводящую палочку **Н** с зарядом $-q$ приблизить к палочке **М**? (с)



- А) не произойдет какого-либо движения;
- В) уменьшится угол отклонения листочков;
- С) увеличится угол отклонения листочков.
- Д) листочки сначала разойдутся, потом сойдутся;
- Е) листочки сойдутся.

6. Наличие на теле электрического заряда $q = 8\text{ Кл}$ означает, что на теле

- А) $1,6 \cdot 10^{19}$ лишних электронов
- В) не хватает $5 \cdot 10^{19}$ электронов
- С) не хватает $8 \cdot 10^{19}$ электронов
- Д) $8 \cdot 10^{19}$ лишних электронов
- Е) $5 \cdot 10^{19}$ лишних электронов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

6

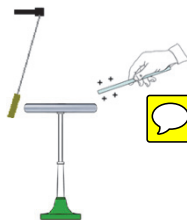
- 6.1. Электрический ток
- 6.2. Источники тока
- 6.3. Электрическая цепь и ее элементы
- 6.4. Действия электрического тока
- 6.5. Сила тока и ее измерение
- 6.6. Напряжение и его измерение
- 6.7. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи
- 6.8. От чего зависит сопротивление проводника?
- 6.9. Последовательное соединение проводников
- 6.10. Параллельное соединение проводников
- 6.11. Работа электрического тока. Закон Джоуля-Ленца
- 6.12. Мощность электрического тока
- 6.13. Применения электрического тока и его действие на живые организмы (дополнительный материал)

- Обобщающие задания

ЛАУТНЭ

6.1. Электрический ток

Один конец алюминиевой трубки, закрепленной на диэлектрической подставке, касается гильзы из алюминиевой фольги. При приближении к другому концу трубки наэлектризованной эбонитовой палочки наблюдается отталкивание гильзы от трубки.



- Как можно объяснить наблюдаемое явление?

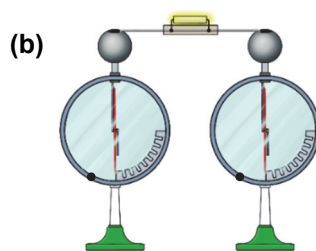
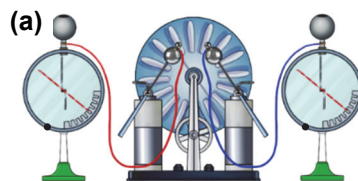
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что является причиной свечения неоновой лампы?

Оборудование: два электрометра с одинаковыми сферами, маленькая лампочка, припаянная к середине проволоки (проводника), соединительные провода, электрофорная машина.

Ход работы:

1. Наэлектризуйте металлические сферы электрометров с помощью электрофорной машины одинаковым количеством зарядов противоположного знака (a).
2. Отсоединив сферы от кондукторов электрофорной машины и соединив их проволокой с припаянной неоновой лампочкой посередине, observe the observed phenomenon (b).



Обсудите результаты исследования:

- Почему при соединении наэлектризованных электрометров проволокой с припаянной посередине лампочкой электрометры разрядились?
- В чем причина мгновенного возгорания и угасания лампочки, припаянной к проволоке, соединяющей сферы электрометров?

Моментальная разрядка наэлектризованных электрометров при соединении их металлических сфер проволокой означает то, что сферы потеряли свои заряды. Значит, эти заряды свободно переместились по проводнику. Прохождение свободных зарядов через лампу стало причиной ее свечения.

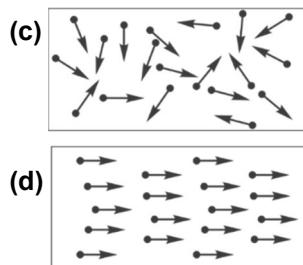
- **Упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц называют электрическим током.**

Как видно из определения, для существования непрерывного электрического тока в веществе необходимо выполнение определенных условий:

- наличие в веществе способных перемещаться по всему веществу заряженных частиц (носителей заряда);
- на эти частицы должна действовать электрическая сила, движущая их в определенном направлении;
- проводник, по которому проходит электрический ток (состоящая из проводников электрическая цепь), должен быть замкнутым.

Первое условие выполняется для всех проводников: в металлах носители заряда – *свободные электроны*, а в проводящих электричество жидкостях – *положительные и отрицательные ионы*.

Для выполнения второго условия в проводнике создается электрическое поле: беспорядочное движение носителей зарядов в проводнике (c) под действием этого поля принимает направленный (упорядоченный) характер (d).

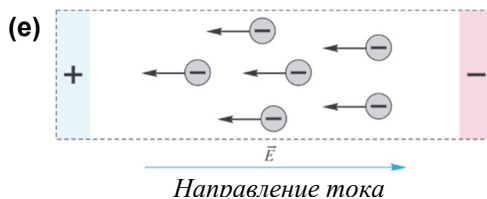


В проведенном исследовании электрическое поле создается вокруг наэлектризованных металлических сфер. При соединении этих сфер проволокой поле создается и в ней. Возникшее в проволоке поле действует на свободные электроны.

В результате электроны совершают направленное движение от отрицательно заряженной сферы к положительно заряженной – по проводнику и лампочке проходит электрический ток. Однако этот ток будет кратковременным – лампа загорается и гаснет в одно мгновение: нейтрализация зарядов на металлических сферах приводит к исчезновению электрического поля и прекращению действия электрической силы на свободные электроны. В результате прекращается упорядоченность движения электронов – прекращается электрический ток.

• За направление электрического тока условно принято направление вектора напряженности существующего в проводнике электрического поля.

Другими словами, за направление электрического тока принято направление движения положительных зарядов (противоположное направлению движения свободных электронов) (e).



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Условия, необходимые для возникновения и существования непрерывного электрического тока

Заполните соответствующие клетки данной таблицы:

Для возникновения непрерывного электрического тока:

...	...	...
-----	-----	-----

Обсудите результаты исследования:

- Что означает выражение “Электрический ток – упорядоченное движение свободных носителей заряда”?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Упорядоченное движение заряженных ___ называют ___. Направление электрического тока совпадает с направлением ___ в проводнике. Носителями заряда в металлах являются ___, а в растворах положительные и отрицательные ___. Для существования непрерывного электрического тока необходимо наличие: ___ в веществе; ___, сообщаемого им ___; замкнутость проводника, по которому течет ток.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
 Электрическое поле
 Свободные электроны
 Свободный носитель заряда
 Электрический ток
 Напряженность поля
 Частица
 Упорядоченное движение
 Ионы

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. С какими токами в природе и технике вы знакомы? Чем отличается от них электрический ток?
2. Выполнение каких условий является необходимым для существования непрерывного электрического тока?
3. Направление движения каких частиц в растворах совпадает с направлением электрического тока в них?

6.2. Источники тока

В темное время суток для освещения дороги обычно используются электрические фонарики. Нажатием кнопки вы можете включить или выключить лампочку фонарика.

- Что обеспечивает продолжительное прохождение тока через лампочку фонарика?
- С какими устройствами, обеспечивающими создание непрерывного электрического тока, вы знакомы?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что обеспечивает непрерывность электрического тока?

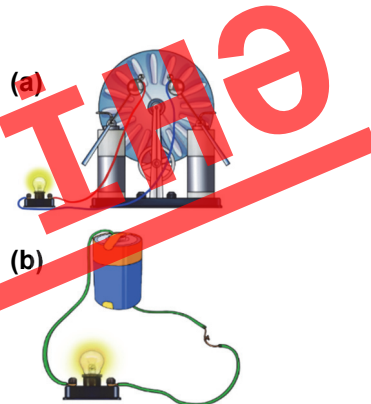
Оборудование: электрофорная машина, лампа в патроне, электрический фонарик, батарейка, клейкая лента, соединительные провода.

Ход работы:

I этап: 1. Соприкоснув друг с другом кондукторы электрофорной машины, убедитесь в ее нейтрализации. 2. Соедините клеммы лампы с кондукторами электрофорной машины и наэлектризуйте их вращением ручки (а). 3. Электризируйте электрофорную машину с перерывами (прекращая вращение ручки) и проследите происходящее явление.

II этап:

1. Соедините лампу и батарейку проводами, как изображено на рисунке (б). 2. Пронаблюдайте явление, происходящее при соединении и разъединении открытых концов проводов.

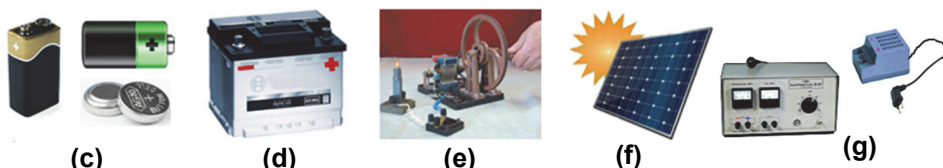


Обсудите результаты исследования:

- Что стало причиной свечения лампы на первом этапе исследования?
- Как долго длилось это свечение? Почему?
- Что обеспечивало прохождение электрического тока через лампу на втором этапе исследования?

Чтобы по проводнику продолжительное время проходил электрический ток, надо непрерывно создавать в нем электрическое поле: необходимо обеспечить непрерывное накопление электрических зарядов на концах проводника. С этой целью используют устройства, называемые источниками тока или генераторами.

Примерами источников тока являются электрофорная машина, различные виды батарей (сухие гальванические элементы) (с) или аккумуляторы (d), генератор тока с постоянными магнитами (e), солнечные батареи (f) и используемые в физических лабораториях выпрямители тока (g).



В источниках тока идут процессы распределения зарядов. В этих процессах механическая, химическая, внутренняя или энергия любого другого вида превращается в электрическую энергию. Например, в электрическую энергию превращается: механическая энергия – в электрофорной машине и генераторе с постоянным магнитом; химическая энергия – в аккумуляторах; энергия световых лучей – в солнечных батареях.

Одним из создателей современных источников тока является Алессандро Вольта. Он установил, что если между медной и цинковой пластинами поместить смоченную в кислоте ткань, то медная пластина электризуется положительным зарядом, а цинковая – отрицательным. Это означает, что между зарядами произошло *перераспределение зарядов*. При соединении этих пластин, названных *электродами*, проводником в нем возникает электрический ток.



Алессандро Вольта
(1745–1827)

Итальянский ученый.

Один из основателей учения об электричестве. В 1800 году изготовил *гальванический элемент*, работающий на основе химической реакции.

• Почему в изготовленном Вольтой источнике тока происходит разделение зарядов?

Из опытов стало известно, что медный электрод, вступив в химическую реакцию с кислотой, теряет электроны и электризуется положительным зарядом. Цинковый же электрод, наоборот, вступая в реакцию с кислотой (теряет положительные ионы), получает от нее электроны и электризуется отрицательным зарядом. Эти электроды называют *полюсами источника тока* – соответственно *положительным* и *отрицательным* (h).

Таким образом:

- В источниках тока происходит разделение зарядов: положительные заряды накапливаются на одном из его полюсов, отрицательные – на другом.

Источник тока, принцип работы которого основан на химической реакции, называется **гальваническим элементом**. Он назван в честь итальянского ученого Луиджи Гальвани, который во время проведения экспериментов над животными обнаружил явление электризации, возникающее при сокращении мышц.

Гальванические элементы являются одними из самых широко используемых источников тока на сегодняшний день – это известные вам батарейки и аккумуляторы.

Современный сухой гальванический элемент состоит из цинкового сосуда (2) и вставленного в него угольного стержня (1). Угольный стержень помещается в полотняный мешочек (3), заполненный смесью оксида марганца и угля. Мешочек окружен клейстером (4), приготовленным из муки и раствора нашатыря. Цинковый сосуд помещается в картонную коробку (5) и заливается сверху слоем смолы. В результате происходящей внутри гальванического элемента химической реакции угольный стержень становится положительно заряженным, а цинковый сосуд – отрицательно заряженным (i).

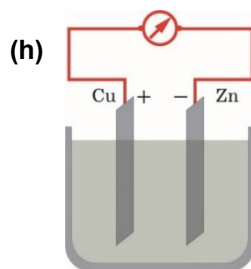
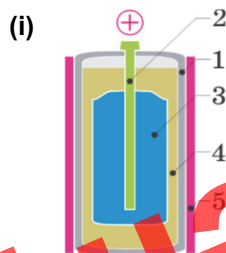


Схема гальванического элемента



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Впервые в истории гальванический элемент был изготовлен за 2000 лет до рождения Л. Гальвани в Багдаде.

Этот элемент, обнаруженный в результате проведенных в 1938 году археологических раскопок, состоял из железного и медного проводов, помещенных внутрь керамического сосуда с помощью крышки из густой смолы. Археологи считают этот гальванический элемент самым древним источником электрической энергии.

Адрес: www.factruz.ru/history_mystery/baghdad-battery.htm



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• «Вкусная» батарейка

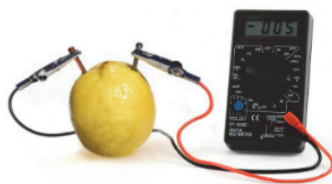
Оборудование: лимоны (2 шт.), медный и цинковый провода (электроды), электровольтметр (чувствительный прибор, определяющий наличие электрического тока в проводнике), соединительные провода.

Ход работы:

1. Изготовьте «гальванический элемент», воткнув в лимон на определенном расстоянии друг от друга медный и цинковый электроды.
2. Соединив провода электровольтметра к «электродам», проверьте, работает или нет «гальванический элемент».

Обсудите результаты исследования:

- Разъясните принцип работы гальванического элемента, изготовленного из лимона.
- Можно ли изготовить гальванический элемент из других фруктов? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Для непрерывного прохождения ___ по проводнику необходимо непрерывно создавать в нем ___. С этой целью используются устройства, называемые ___ или ___. В источниках тока происходит ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Источник тока
Электрическое поле
Разделение зарядов
Электрический ток
Генератор

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В чем заключается роль источника тока?
2. На рисунке изображена схема установки, регистрирующей землетрясение. В результате сотрясений установки, происходящих в момент землетрясения, на поверхности жидкости образуется волна и конец цепи **М** касается жидкости.



I вопрос. На чем основан принцип работы установки?

II вопрос. Какую жидкость нельзя использовать для работы установки в момент землетрясения?

- А) морскую воду
- В) уксус
- С) подслащенную воду
- Д) минеральную воду
- Е) кислую воду

3. Какие превращения энергии происходят в источниках тока?

6.3. Электрическая цепь и ее элементы

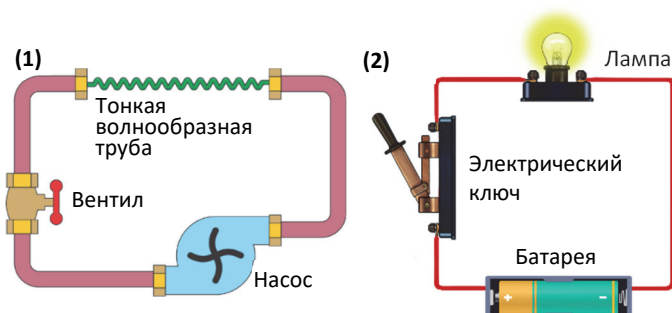
Одним из необходимых условий непрерывного существования электрического тока является замкнутость любого электрического устройства – устройство должно образовать *замкнутую электрическую цепь*.

- Как можно определить, замкнута электрическая цепь или нет?
- Из каких элементов может состоять электрическая цепь?
- Приведите примеры электрических цепей в быту.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что общего у системы водоснабжения и электрической цепи?

На рисунке изображены схемы системы водоснабжения и простой электрической цепи.



Обсудите результаты исследования:

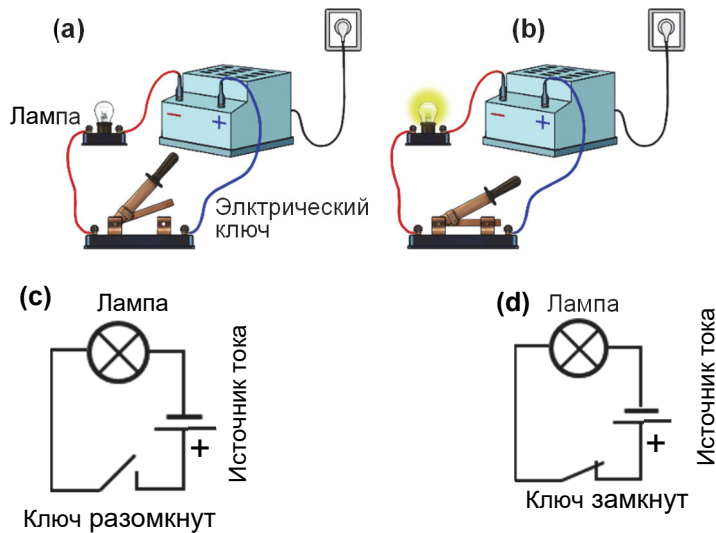
- Какие качества (свойства) системы водоснабжения и электрической цепи являются общими?
- Какие условия должны выполняться, чтобы эти системы работали?
- Что обеспечивает бесперебойное течение в соответствующих системах воды и электрического тока?
- Какой участок может препятствовать свободному течению воды в системе водоснабжения и соответственно прохождению электрического тока в электрической цепи? Почему?
- В чем главное отличие этих систем?

Электрическая цепь может состоять из различных элементов:

- 1) источник тока;
- 2) потребитель электрической энергии (лампа, электрический звонок, электрический нагреватель, телевизор и др.);
- 3) электрический ключ;
- 4) электроизмерительные приборы (амперметр, вольтметр и др.);
- 5) соединительные провода.

Источник тока, электрическая лампа, соединительные провода и ключ составляют простую электрическую цепь (а). Ключ является устройством, подключающим и отключающим в любой момент потребителя от электрической цепи.

Лампа светится, только если цепь замкнута **(b)**. Элементы этой цепи схематически изображаются условными обозначениями **(c и d)**.



Внимание! Электрическая цепь собирается только при разомкнутом положении ключа!

В таблице 6.1 приведены условные обозначения элементов, которые вам придется наиболее часто использовать в схемах электрических цепей.

Таблица 6.1. Условные обозначения некоторых элементов электрической цепи

Элементы электрической цепи		Условное обозначение
Гальванический элемент		
Соединение проводов		
Клеммы источника тока		
Электрический ключ:	в разомкнутом положении	
	в замкнутом положении	
Электрическая лампа		
Батарея элементов или аккумулятор		
Амперметр		
Вольтметр		
Конденсатор		
Резистор		
Электрический звонок		

Реостат	
Плавкий предохранитель	
Нагревательный элемент	
Заземление (соединение с землей)	
Антенна	
Электродвигатель	

Каждая замкнутая электрическая цепь состоит из двух частей: *внешней* и *внутренней*. *Внешнюю часть* цепи составляют подсоединенные к клеммам источника тока соединительные провода, электрические потребители и измерительные приборы. *Внутренняя часть* цепи находится внутри источника тока. Если цепь замкнута, то через внешнюю часть цепи проходит ток и потребители начинают работать. Использование электрической энергии в цепи должно привести к нейтрализации электрических зарядов на полюсах источника, однако этого не происходит, так как внутри источника тока происходит непрерывное разделение электрических зарядов и на полюсах постоянно накапливаются заряды разных знаков.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

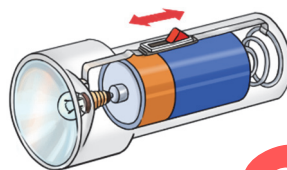
- Нарисуйте схему электрической цепи карманного фонаря

Оборудование: изображение карманного фонаря в разрезе.

Ход работы: используя таблицу 6.1, нарисуйте схему электрической цепи фонаря.

Обсудите результаты исследования:

- Из каких элементов состоит электрическая цепь карманного фонаря?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Одним из необходимых условий существования является замкнутость __, через которую проходит ток. Электрическая цепь может состоять из различных __. Элементы, составляющие электрическую цепь, изображаются на схемах __. Замкнутая электрическая цепь состоит из двух частей: __ и __.

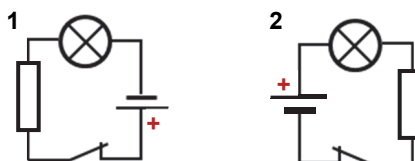
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
 Условное обозначение
 Внешняя часть
 Элемент
 Электрическая цепь
 Внутренняя часть
 Электрический ток

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В каком случае обозначения соответствуют названиям?

	Гальванический элемент	Лампа	Разомкнутый ключ	Резистор	Реостат
A)					
B)					
C)					
D)					
E)					

2. Нарисовав на доске электрические цепи, состоящие из одинаковых элементов, учитель обратился к классу с таким вопросом: «Что вы можете сказать об этих цепях?»



Айнур: – Лампа во 2-й цепи будет светиться ярче.

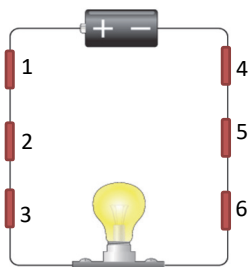
Тогрул: – По 1-й цепи ток не будет проходить.

Назрин: – В обеих цепях будет проходить одинаковый ток.

• Чей ответ вы считаете верным? Почему?



3. Какая часть электрической цепи, приведенной на рисунке, препятствует свечению лампы?



Часть соединения	Используемое тело
1	Спичечная коробка
2	Металлический стержень
3	Золотое кольцо
4	Стекло очков
5	Грифель карандаша
6	Пенопласт

A) 1 и 5 B) 3, 4 и 6 C) 2, 5 и 6 D) 3, 5 и 6 A) 1, 4 и 6

6.4. Действия электрического тока

На вопрос учителя «Почему нить накала внутри лампы изготавливают в виде спирали?» некоторые из учеников ответили следующим образом:



Айнур: «Чтобы сопротивление было большим»



Турал: «Чтобы она вмещалась в лампу»

Лейла: «Чтобы она была более прочной»



- Кто из учащихся верно ответил на вопрос?
- Какие действия электрического тока наблюдаются при свечении этой лампы?

Электрический ток можно обнаружить по его действиям, широко используемым на практике.

• Световое и тепловое действия электрического тока

Эти действия электрического тока наглядно наблюдались вами в исследовании цепей с лампой накаливания:

нить накала лампы, через которую проходит ток, и светится, и нагревается. Световое действие тока было исследовано многими учеными. Среди них можно отметить итальянского ученого А.Вольту, русских изобретателей В.Петрова (открытие электрической дуги) и П.Яблочкова (разработка электрической дуги для освещения), американского изобретателя Т.Эдисона (изобрел современную лампу накаливания). Результатом их исследований является создание различных видов ламп для освещения (а).

(а)



(б)



Тепловое действие электрического тока используется в нагревательных электрических приборах (например, в чайниках, отопительных приборах и др.) (б).

• Химическое действие электрического тока

Это действие тока легко наблюдается при прохождении тока через водные растворы различных веществ.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

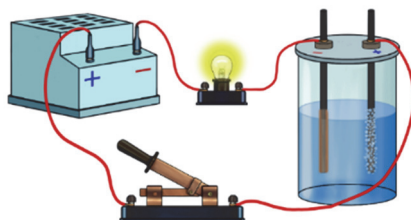
Создает ли химическую реакцию электрический ток?

Оборудование: источник тока, ключ, два графитовых (угольных) электрода (эти электроды не вступают в химическую реакцию с раствором), стеклянный сосуд с водным раствором хлорида меди (II), лампа в патроне, соединительные провода.

Ход работы: 1. Опустив электроды в сосуд с раствором, соберите изображенную на рисунке цепь (с).

2. Замкните ключ: при зажигании лампы внимательно следите за происходящим с электродами и раствором.

(с)



Обсудите результаты исследования:

- Какие изменения наблюдались после замыкания ключа с началом свечения лампы?
- К какому полюсу источника соединен электрод, на поверхности которого образуется осадок, а к какому полюсу соединен электрод, на котором образуются пузырьки газа?
- Какие предположения о причинах наблюдаемых явлений можно выдвинуть?

При прохождении электрического тока через водные растворы различных веществ, в которые помещены электроды, на поверхности этих электродов образуется новое вещество: в результате химической реакции частицы твердых тел, собираясь на поверхности электродов, образуют осадок, выделяющийся газ в виде пузырьков поднимается на поверхность жидкости. В исследовании вы могли наблюдать это: из раствора выделяется и оседает на поверхности электрода, соединенного с отрицательным полюсом источника, новое вещество – медь. В результате этот электрод покрывается осадком оранжевого цвета. Около электрода, соединенного с положительным полюсом источника, наблюдается образование пузырьков хлора (чувствуется его специфический запах), поднимающихся к поверхности жидкости.

• *Процесс выделения вещества на электродах при прохождении тока через раствор называется электролизом.*

В процессе эле

ктролиза осуществляются хромирование и никелирование изделий. Химическое действие тока проявляется и в газах. Например, в грозу в воздухе ощущается запах озона (озон – особая форма кислорода, его молекула состоит из трех атомов кислорода: O_3).

Химическое действие тока наблюдается не всегда. Не всегда наблюдается и тепловое действие тока, например, при прохождении слабого

тока через хорошо проводящую электричество медную проволоку в нем не чувствуется тепловое действие.

- Существует ли такое действие тока, которое наблюдается (проявляется) всегда?

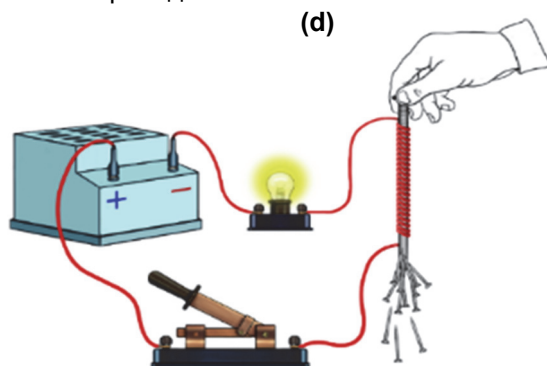
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

- Магнитное действие тока

Оборудование: источник тока, ключ, большой гвоздь (150 мм), мелкие гвозди (5–6 шт.), лампа в патроне, соединительные провода.

Ход работы:

1. Один из проводов намотайте на большой гвоздь и при разомкнутом ключе подсоедините его к цепи вместе с другими элементами.
2. Рассыпьте мелкие гвозди на поверхности стола и приблизьте к ним большой гвоздь с намотанной проволокой, касаясь их.
3. Замкните ключ и повторите опыт. Обсудите наблюдаемое явление (d).



Обсудите результаты исследования:

- Наблюдались ли какие-либо изменения в цепи при проведении опыта с разомкнутым ключом?
- Какие действия электрического тока вы наблюдали после замыкания ключа?

Еще одним действием электрического поля является его магнитное действие. *В отличие от других действий магнитное действие проявляется всегда.* По этой причине оно имеет широкое практическое применение: принцип работы электроизмерительных приборов, электрических звонков, телеграфных аппаратов (используемых в прошлом) и используемых на металлургических заводах магнитных кранов основан на магнитном действии электрического тока.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-3

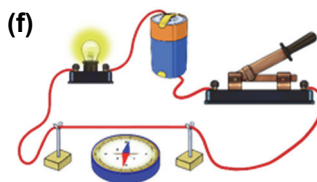
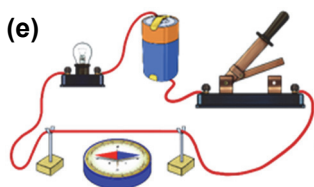
- Магнитное действие тока проявляется всегда

Оборудование: источник тока, ключ, лампа в патроне, соединительные провода, компас, клейкая лента.

Ход работы:

1. При разомкнутом положении ключа расположите компас около проводника и дождитесь установления его стрелки в естественном положении (синий конец стрелки указывает на север) (e).

2. Замкните ключ и следите за происходящим явлением (f).



Обсудите результаты исследования:

- Каким действием электрического тока сопровождалось его прохождение по проводнику? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Прохождение ___ по проводнику сопровождается различными его действиями. В работе электрических ламп и нагревателей широко используются ___ и ___ тока. ___ тока обнаруживается при прохождении электрического тока через водные растворы различных веществ. Единственным действием, всегда сопровождающим электрический ток, является его ___.

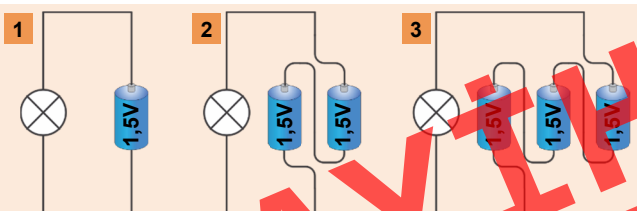
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Световое действие
Электрический ток
Магнитное действие
Химическое действие
Тепловое действие

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как можно определить, проходит по проводнику электрический ток или нет?
2. Приведите примеры теплового и химического действия электрического тока.
3. В чем главное отличие магнитного действия тока от других его действий?
4. Какое действие тока обнаружится при прохождении тока через морскую воду?

6.5. Сила тока и ее измерение

На рисунке приведены схемы трех электрических цепей одной и той же лампы.



- Какая лампочка светит ярче? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- В чем причина отличия яркости свечения ламп?

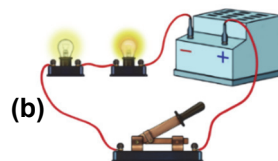
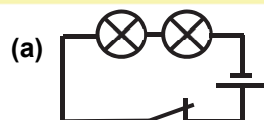
Оборудование: источник тока, ключ, две разные лампы (2 Вт и 4 Вт), соединительные провода.

Ход работы: 1. Соберите электрическую цепь на основе данной схемы (а).

2. Замкните ключ и наблюдайте свечение ламп (б).

Обсудите результаты исследования:

- Почему разные лампы, подключенные к одному и тому же источнику тока, отличаются яркостью свечения?
- К каким выводам приводит исследование? Выскажите свои предположения.



Для сравнения и вычисления количества электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за данный промежуток времени, используется физическая величина, называемая *силой тока*:

Формула	Единица измерения
$I = \frac{q}{t},$ где I – сила тока, q – количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за время t.	$[I] = 1 \frac{[q]}{[t]} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = 1 \text{А}.$ Единицей измерения силы тока в СИ является <i>ампер (1А)</i>.
Определение	Определение
Сила тока – скалярная величина, численно равная количеству электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за одну секунду.	Один ампер (1А) – это сила такого постоянного тока, при прохождении которого по двум бесконечным параллельным проводникам, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызывает на каждом участке этих проводников длиной 1 метр взаимодействие с силой $2 \cdot 10^{-7} \text{Н}$.

Единица силы тока названа в честь французского ученого Андре Ампера и является одной из основных единиц СИ. На практике используются дробные и кратные значения единицы силы тока:

$$1 \text{мА} = 10^{-3} \text{А}; \quad 1 \text{мкА} = 10^{-6} \text{А}; \quad 1 \text{кА} = 10^3 \text{А}.$$



Андре Мари Ампер

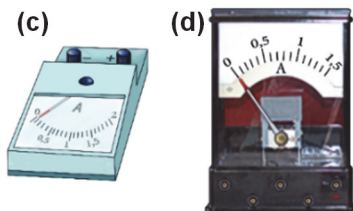
(1775–1836)

Французский ученый.

Один из основателей учения об электричестве и магнетизме. Установил закон взаимодействия проводников с током (закон Ампера), изготовил различные приборы с использованием магнитного действия проводника с током.

• Измерение силы тока

Сила тока измеряется прибором, называемым *амперметром*. В кабинете физики используются два вида амперметра: лабораторный амперметр (с) и демонстрационный амперметр (d).



На шкале амперметра ставят букву **A**. На схемах он изображается в виде кружка с буквой **A** (таблица 6.1).

Для измерения силы тока в потребителе (например, в лампе) амперметр включают в цепь последовательно с этим потребителем (e). При этом и через потребитель, и через амперметр проходит одинаковый ток.



Внимание! Включая амперметр в цепь, надо обратить внимание, чтобы его клемма со знаком «+» была соединена с проводом, идущим от положительного полюса источника, а клемма со знаком «-» соединена с отрицательным полюсом источника, в противном случае стрелка прибора двинется в обратную сторону и амперметр может выйти из строя.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Через поперечное сечение проводника за 10 секунд проходит 4 Кл заряда. Какое количество заряда проходит через поперечное сечение этого проводника за 3 минуты?

Дано	Решение
$t_1 = 10 \text{ с},$ $q_1 = 4 \text{ Кл},$ $t_2 = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с},$ $q_2 = ?$	Из математического выражения для силы тока определяется количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника: $q_1 = I \cdot t_1 \text{ в } q_2 = I \cdot t_2$ Сравнивая, получаем: $\frac{q_1}{q_2} = \frac{t_1}{t_2}$
Вычисление $q_2 = \frac{4 \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 60 \text{ с}}{10 \text{ с}} = 72 \text{ Кл}.$	Ответ: 72 Кл.

2. Сила тока в проводнике равна 10 А. Вычислите количество заряда, проходящего через поперечное сечение проводника в течение 5 минут.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Физическая величина, численно равная количеству электрического заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за 1 секунду, называется _____. Единицей силы тока в СИ является _____. Силу тока измеряют _____. Он включается в цепь _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ампер
Последовательно
Амперметр
Сила тока

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что характеризует сила тока?
2. Каким прибором измеряют силу тока, как этот прибор условно обозначается на схемах и как его подключают к цепи?
3. Чему равна сила тока в проводнике, если через его поперечное сечение за 10 минут проходит 200 Кл электрического заряда?

6.6. Напряжение и его измерение

Несмотря на спокойное течение Куры и Вяльвяля по низменности, обе впадают в Каспийское море. Причина этого – разница уровней истоков этих рек и их устьев – мест впадения в море: реки текут от мест, где их воды обладают большей потенциальной энергией, к местам, где их потенциальная энергия меньше.

- Аналогично, что является причиной прохождения электрического тока по цепи? Существует ли в электрической цепи разность энергий?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Какую величину в цепи изменяет источник тока?

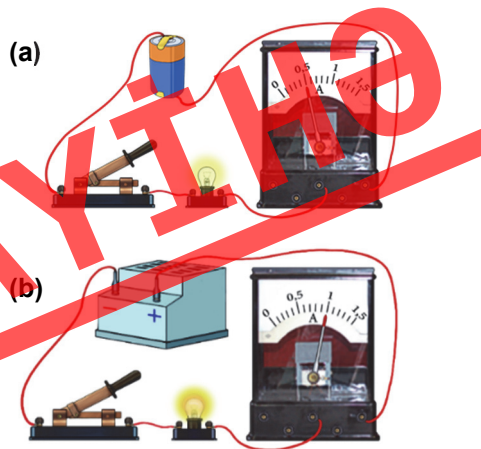
Оборудование: источник тока (батарейка или выпрямитель), ключ, лампа в патроне, соединительные провода, амперметр, клейкая лента.

Ход работы:

1. Соберите цепь из батареи, лампы, амперметра и ключа (a).
2. Замкните ключ и обратите внимание на яркость свечения лампы и показания амперметра.
3. Разомкните ключ и замените батарейку на другой источник тока.
4. Замкните ключ и следите за яркостью свечения лампы и показаниями амперметра (b).

Обсудите результаты исследования:

- Почему при замене источника тока яркость свечения лампы и показания амперметра изменились?



Известно, что электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов. Двигаясь во внешней части цепи от отрицательного полюса источника к его положительному полюсу, электроны взаимодействуют с ионами кристаллической решетки. В результате часть энергии кинетической энергии электронов превращается во внутреннюю энергию проводника, и он нагревается. Поддержание постоянного значения скорости упорядоченного движения электронов в электрической цепи и восстановление потерянной ими кинетической энергии происходят за счет совершения работы, которую во внешней части цепи совершает электрическое поле, то есть электрические силы. Работу, совершаемую электрическим полем при перемещении единичного заряда между двумя точками этого поля и являющуюся энергетической характеристикой поля, называют *электрическим напряжением*.

Формула	Единица измерения
$U = \frac{A}{q}.$ Здесь U – напряжение, q – электрический заряд, A – работа, совершаемая электрической силой при перемещении электрического заряда между двумя произвольными точками цепи.	$[U] = 1 \frac{[A]}{[q]} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1 \text{В}.$ Единица электрического напряжения в СИ – <i>вольт (1В)</i>.
Определение	Определение
Электрическое напряжение – физическая величина, равная отношению работы электрического поля при перемещении электрического заряда между двумя точками поля к количеству перенесенного заряда.	1 вольт – это напряжение между двумя точками такого электрического поля, которое, перемещая заряд 1 Кл между этими точками, совершает работу 1 Дж.

Как видно из формулы напряжения, работа электрического поля при перенесении заряда из одной точки поля в другую равна произведению значения этого заряда на электрическое напряжение между этими точками:

$$A = q \cdot U.$$

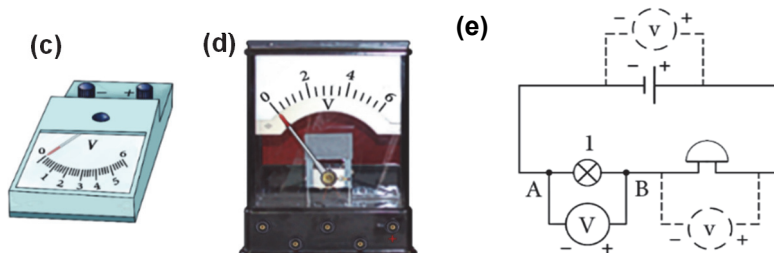
• Измерение напряжения

Напряжение измеряют *вольтметром*. В кабинете физики имеются два вида вольтметров: лабораторный вольтметр (**с**) и демонстрационный вольтметр (**д**).

На шкале вольтметра ставят букву **V**. На схемах вольтметр изображают кружочком с буквой **V** внутри (таблица 6.1).

Клеммы вольтметра подсоединяют к тем точкам цепи, напряжение между которыми надо измерить. Например, если надо измерить напряжение на лампе, то вольтметр подсоединяют к клеммам лампы, а для измерения напряжения на электрическом звонке вольтметр подсоединяют к клеммам

этого звонка. Для измерения напряжения на источнике тока вольтметр подсоединяют непосредственно к полюсам этого источника тока (е).



• В каких случаях используется термин «напряжение»?

Начало и конец внешней части любой замкнутой электрической цепи подсоединяются к полюсам источника тока. Источники тока различаются создаваемым ими во внешней цепи напряжением. Часто используются такие термины, как «напряжение на батарейке 1,5 В», «напряжение в сети равно 220 В», «на участок цепи подано напряжение», «проводники под напряжением». В физических лабораториях используются приборы, регулирующие напряжение.

Внимание!

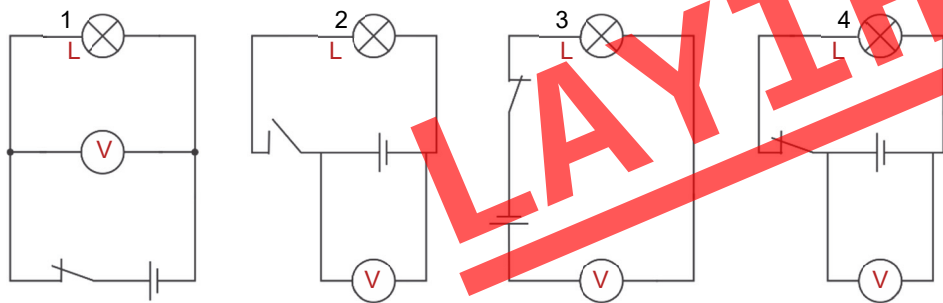
- Вольтметр включают параллельно к участку цепи, на котором измеряют напряжение.
- Включая вольтметр в цепь, обязательно следует соединять его клемму со знаком «+» с проводом, идущим от положительного полюса источника, а клемму со знаком «-» с проводом, идущим от отрицательного полюса источника, иначе вольтметр может выйти из строя.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

На рисунке изображены схемы четырех электрических цепей.



В какой из цепей вольтметр L может измерять напряжение на концах лампы.

- А) только 1 В) 1 и 2 С) 2 и 3 Д) 1 и 4 Е) только 2

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

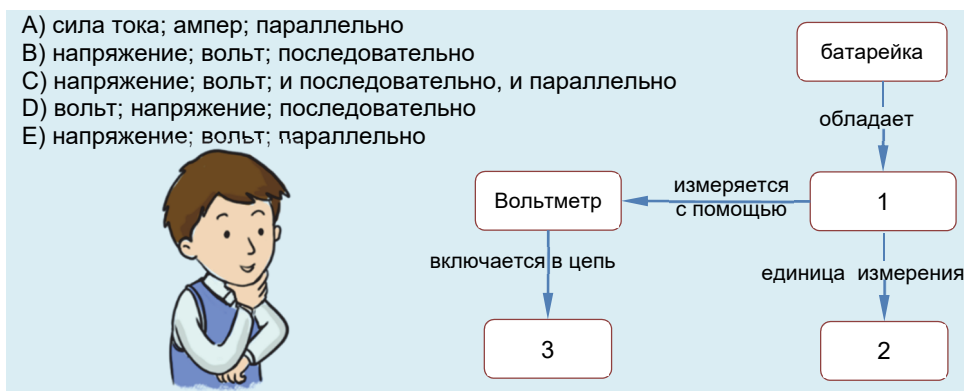
Энергетическую характеристику ___ называют ___.
Электрическое напряжение – физическая величина, равная отношению ___, совершенной при перемещении заряда между двумя точками поля, к ___. Напряжение измеряют ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Количество заряда
Напряжение
Вольтметр
Работа поля
Электрическое поле

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что характеризует электрическое напряжение?
2. Какие слова должен вписать Турал в клетки 1, 2 и 3, чтобы заполнить карту понятий?

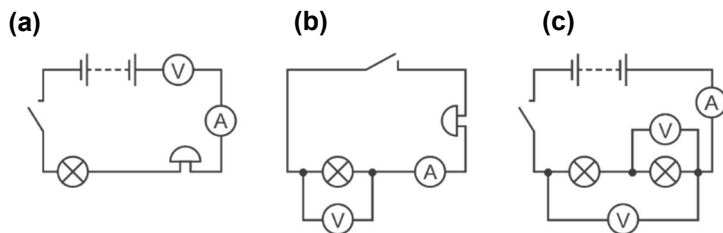


УПРАЖНЕНИЕ-8

1. Нарисуйте схематические обозначения аккумулятора, ключа, резистора, электрического звонка, лампы, амперметра и вольтметра.
2. Используя математическое выражение силы тока, дополните таблицу.

№	Количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника: q , Кл	Время t , с	Сила тока I , А
1	60	40	
2		30	2

3. В ящике перемешано большое количество железных винтов и медных гаек. Как можно быстро отделить их друг от друга, если для этого вам даны аккумулятор, длинная медная проволока и железный стержень?
4. Через поперечное сечение проводника в течение 4-х минут проходит заряд 120 Кл. Вычислите силу тока в проводнике.
5. На рисунке изображены схемы трех электрических цепей. Исследуя схемы, определите правильно ли они составлены. Если имеется ошибка, исправьте ее.



6.7. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи

Вы уже знаете, что основными характеристиками электрического тока являются сила тока и напряжение.

- Что же является основной характеристикой проводника?
- От чего зависит сила тока, проходящего по участку цепи?
- В цепи какого потребителя сила тока больше: электрического нагревателя или мобильного телефона? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Зависит ли сила тока от напряжения?

Оборудование: источник с переменным напряжением, два различных резистора, ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Описание резистора. Резистор – проводник, изготовленный из специального сплава в форме спирали с клеммами на концах (а). На электрических схемах резистор изображают прямоугольником с буквой R (б).



В микросхемах используют различные резисторы (с).



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь в соответствии с представленной схемой (d). Включите в цепь один из резисторов (R_1).
2. Замкнув ключ и измерив силу проходящего через резистор тока и напряжение на его концах, занесите их в таблицу в рабочем листе.

3. Изменяя напряжение, отмечайте в таблице показания амперметра и вольтметра.
4. При разомкнутом ключе замените резистор R_1 на резистор R_2 . Замкнув снова ключ, повторите опыт.
5. Изменяя напряжение, отмечайте показания амперметра и вольтметра.
6. Постройте графики зависимости силы тока от напряжения для обоих резисторов, используя данные соответствующих таблиц (е).

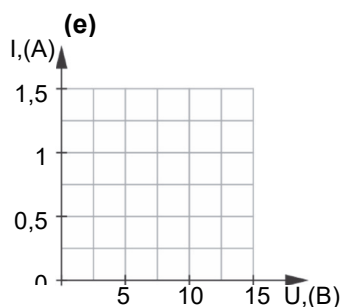
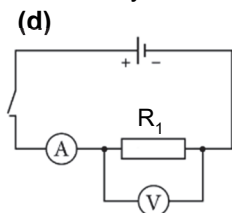


Таблица 1.

№	R_1	I, (A)	U, (V)
1			
2			
3			

Таблица 2.

№	R_2	I, (A)	U, (V)
1			
2			
3			

Обсудите результаты исследования:

- Как сила тока зависит от напряжения?
- Какое отличие в силах тока в резисторах вы определили при одинаковом значении напряжения на концах обоих резисторов?

Исследуя показания амперметра и вольтметра, можно убедиться, что при увеличении напряжения на концах резистора в несколько раз во столько же раз увеличивается и сила тока в резисторе.

• Сила тока в данном проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах: $I \sim U$.

Эта зависимость записывается в виде формулы:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U, \quad (1)$$

где I – сила тока в проводнике или на участке цепи, U – напряжение на концах этого проводника или этого участка цепи, $\frac{1}{R}$ – коэффициент

пропорциональности. Здесь R – характеристика проводника, называемая *электрическим сопротивлением*. Из формулы (1) получаем выражение для сопротивления проводника:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Электрическое сопротивление проводника – скалярная физическая величина, *не зависящая от силы тока в проводнике и напряжения на его концах*.

Единицей измерения электрического сопротивления в СИ является *ом* (1 Ом), названная так в честь немецкого ученого Георга Ома:

$$[R] = 1 \frac{[U]}{[I]} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}} = 1 \text{ Ом}.$$

• 1 Ом – это сопротивление такого проводника, в котором при напряжении на его концах 1 вольт сила тока равна 1 амперу.

• Закон Ома для участка цепи

Впервые зависимость между силой тока на участке цепи, напряжением на его концах и сопротивлением этого участка была установлена в 1827 году немецким ученым Георгом Омом на основе многочисленных экспериментов. Эту зависимость называют *законом Ома для участка цепи*:

• *Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению:*

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2)$$

В ходе исследования вы могли убедиться, что, согласно закону Ома, при неизменном напряжении в резисторе с большим сопротивлением сила тока будет меньше: если $R_1 > R_2$, то $I_1 < I_2$.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ [пв1]

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

На рисунке дан график зависимости силы тока в проводнике от его сопротивления при неизменном значении напряжения на концах проводника. Чему равно это напряжение?



Георг Ом
(1787–1854)
Немецкий физик.
Установил закономерную связь между силой тока в электрической цепи, напряжением и сопротивлением.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Характеристику проводника называют ___. Единицей его измерения в СИ является ___. ___ на участке цепи прямо пропорциональна ___ на его концах и обратно пропорциональна его ___. Это утверждение называется ___ для ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Напряжение; Электрическое сопротивление; Ом; Участок цепи; Сила тока; Закон Ома

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как сила тока в проводнике зависит от напряжения на его концах? Изобразите эту зависимость графически.
2. Как сила тока в проводнике зависит от его сопротивления при постоянном значении напряжения на концах проводника? Постройте график этой зависимости.
3. Что принято за единицу электрического сопротивления?
4. Как формулируется закон Ома для участка цепи?

6.8. От чего зависит сопротивление проводника?



Опытный мастер при замене электропроводки в квартире считает целесообразным использовать медные провода.

- Почему использование медных проводов при ремонте электропроводки более целесообразно?

Надземные и подземные высоковольтные линии прокладывают, используя кабели диаметром от 50 мм^2 до 240 мм^2 .



Такие кабели, в зависимости от силы протекающего по ним тока, могут состоять из 5+98 медных или алюминиевых проводов.

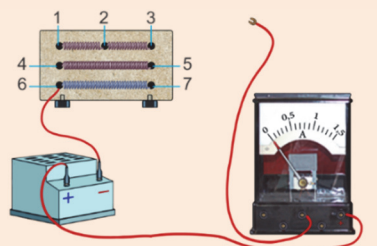
- Почему в высоковольтных линиях используют кабели большого диаметра?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• От чего зависит сопротивление проводника?

Оборудование: источник постоянного тока (4-вольтный выпрямитель), амперметр, соединительные провода, набор разных проводов, прикрепленных к щиту.

Устройство щита. Изучаемый проводник состоит из трех нихромовых и одной железной спирали одинаковой длины и площади поперечного сечения. Одна из нихромовых спиралей, с зажимом 2 в центре, крепится к зажимам 1–3. Две другие нихромовые спирали, накладываясь друг на друга (площадь поперечного сечения увеличивается вдвое), крепятся к зажимам 4–5. Железная спираль крепится к зажимам 6–7.

**Ход работы:**

1. Соберите электрическую цепь из выпрямителя, амперметра и исследуемого щита. Сначала измерьте силу тока, проходящего через нихромовую спираль, включив в цепь участок 1–3. Затем включите в цепь участок 1–2 и измерьте силу тока через половину нихромовой спирали. Сравните результаты показаний амперметра.
2. Измерьте сначала силу тока, проходящего через одну спираль, прикрепленную к зажимам 1–3, затем измерьте силу тока, проходящего через две спирали, прикрепленные к зажимам 4–5, и сравните их.
3. Поочередно включайте в цепь проводники, прикрепленные к зажимам 1–3 и 6–7, и, измерив силу тока в нихромовом и железном проводниках одинаковой длины и площади поперечного сечения, сравните показания амперметров.
4. Нарисуйте в рабочих листах схему электрической цепи и отметьте полученные результаты измерений.

Обсудите результаты исследования:

- Как отличается сила тока в целом нихромовом проводнике от силы тока в половине этого проводника? Как сопротивление проводника зависит от его длины?
- Как отличается сила тока в одном проводнике от силы тока в другом проводнике, площадь поперечного сечения которого в два раза больше? Как сопротивление проводника зависит от площади его поперечного сечения?
- Одинакова ли сила тока в проводниках одинаковой длины и площади поперечного сечения, но из разных материалов? От чего зависит сопротивление проводника?

• Как возникает электрическое сопротивление проводника?

Вы уже знаете, что под действием электрического поля свободные электроны в проводниках совершают упорядоченное перемещение. При этом свободные электроны в металлах сталкиваются с положительными ионами, совершающими колебательное движение в узлах кристаллической решетки. В результате часть кинетической энергии электронов передается ионам решетки и скорость упорядоченного движения электронов уменьшается. Таким образом, ионы кристаллической решетки металла

противодействуют упорядоченному движению электронов (току). Это противодействие и есть *сопротивление проводника*.

• **От чего зависит электрическое сопротивление?**

Выполненное исследование привело к трем важным выводам:

1. Сила тока в проводнике, подключенном к источнику постоянного напряжения ($U = \text{const}$), в 2 раза меньше силы тока в половине этого проводника. Это значит, что, согласно закону Ома ($I = \frac{U}{R}$), сопротивление целого проводника в 2 раза больше сопротивления половины этого проводника.

• **Сопротивление проводника прямо пропорционально его длине.**

2. Сила тока в проводнике, подключенном к источнику постоянного напряжения ($U = \text{const}$), в 2 раза меньше силы тока в проводнике из того же материала, такой же длины, но в 2 раза большей площадью поперечного сечения. Это значит, что, согласно закону Ома ($I = \frac{U}{R}$), сопротивление проводника, площадь поперечного сечения которого в 2 раза больше, будет в 2 раза меньше.

• **Сопротивление проводника обратно пропорционально площади его поперечного сечения.**

3. Сила тока в железном проводнике, подключенном к источнику постоянного напряжения ($U = \text{const}$), в 10 раз больше силы тока в нихромовом проводнике такого же размера, подключенном к тому же источнику, а сопротивление железного проводника в 10 раз меньше.

• **Сопротивление проводника зависит от того, из какого вещества он изготовлен.**

Таким образом, формулу сопротивления проводника можно записать в следующем виде:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Где R – сопротивление проводника, l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника, ρ – *удельное сопротивление* вещества. Удельное сопротивление – физическая величина, зависящая от *рода вещества, из которого изготовлен проводник*. В таблице 6.2 приведены экспериментально определенные значения удельных сопротивлений некоторых веществ. Из формулы для удельного сопротивления, выведенной из выражения для сопротивления проводника,

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

видно, что при длине проводника $l = 1$ м и площади его поперечного сечения $S = 1$ м², получаем $\rho = R$.

• Удельное сопротивление вещества численно равно сопротивлению проводника из данного вещества длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м². Единицей измерения удельного сопротивления в СИ является ом·метр (1 Ом·м):

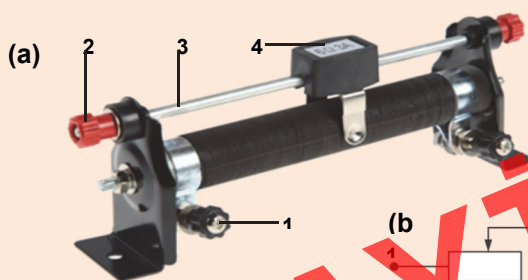
$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ м}^2}{1 \text{ м}} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Так как площадь поперечного сечения проводников бывает небольшой, ее удобнее выражать в мм², поэтому чаще удобнее пользоваться единицей удельного сопротивления в виде $[\rho] = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Таблица 6.2. Удельное сопротивление некоторых веществ (при t = 20°C).

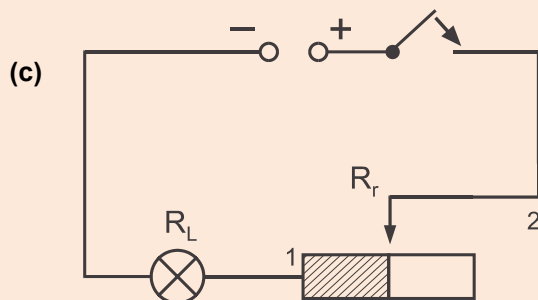
Вещество	$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Вещество	$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
Серебро	0,016	Манганин (сплав)	0,43
Медь	0,017	Константан (сплав)	0,5
Золото	0,024	Ртуть	0,96
Алюминий	0,028	Нихром (сплав)	1,1
Вольфрам	0,055	Фехраль (сплав)	1,3
Железо	0,1	Графит	13
Свинец	0,21	Керамика	10 ¹⁹
Никелин (сплав)	0,4	Эбонит	10 ²⁰

Внимание! Для регулирования силы тока в цепи широко применяются специальные приборы – реостаты. Принцип работы ползункового реостата основан на зависимости сопротивления проводника от его длины. Он состоит из намотанной на керамический цилиндр проволоки из никелина (или другого сплава), имеющего большое удельное сопротивление (а).



Один конец проволоки прикрепляется к клемме (1). Латунный ползунок (4), прижатый своими контактами к виткам обмотки, способен перемещаться в обе стороны по проводнику (3), имеющему очень малое сопротивление. Ползунок соединяется в цепь с помощью зажима (2). Условное обозначение реостата и его соединение в электрическую цепь показаны на рисунке (b).

Принцип работы реостата легче изучается по схеме электрической цепи (с). Полное сопротивление цепи образуют сопротивление лампы R_L и сопротивление части проволоки реостата, включенной в цепь (заштрихованная часть) R_p . Незаштрихованная часть реостата не участвует в цепи. Передвигая ползунок, можно увеличить или уменьшить длину включенной в цепь проволоки реостата, а следовательно, увеличить или уменьшить его сопротивление R_p , а значит, регулировать силу тока в цепи.



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Установите соответствия

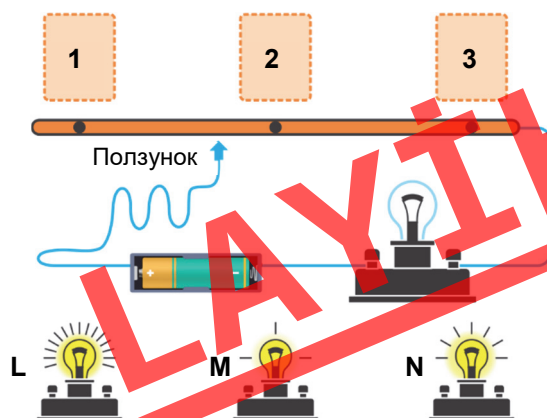
Задача

Изготовив на уроке простую модель реостата, Лала и Ахмед проверяют его работу с помощью электрической цепи, изображенной на рисунке. Двигая ползунок реостата, они должны прикреплять к рамкам в положениях 1, 2 и 3 ползунка картинки, отражающие соответствующую яркость свечения лампы.

I вопрос. В какой последовательности Лала и Ахмед должны прикрепить к рамкам картинки **L**, **M** и **N**, чтобы поставленная цель была достигнута?

II вопрос. Как будет выглядеть схема цепи, собранной Лалой и Ахмедом?

Проводник с сопротивлением R



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Используя ключевые слова, заполните пустые клетки таблицы:

Прямо пропорционально
Обратно пропорционально
Зависит
Не зависит

Физическая величина	От длины проводника	От площади его поперечного сечения	От вещества проводника
Удельное сопротивление	...	...	...
Сопротивление проводника	<i>Прямо пропорционально</i>	...	...

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. От чего зависит сопротивление проводника?
2. Вычислите сопротивление серебряного провода длиной 100 метров и площадью поперечного сечения 2 мм^2 ($\pi = 3$; $\rho_{\text{серебра}} = 0,016 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).
3. Как изменится сопротивление проводника при увеличении его длины в три раза и уменьшении площади его поперечного сечения в три раза?

УПРАЖНЕНИЕ-9

1. Чему равно сопротивление медного провода длиной 25 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 ?
2. Площадь поперечного сечения нихромового провода электрической плиты равна $0,5 \text{ мм}^2$, а его сопротивление равно $49,5 \text{ Ом}$. Вычислите длину провода (для нихрома $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).
3. При подключении никелинового проводника площадью поперечного сечения $0,2 \text{ мм}^2$ к источнику напряжения $4,5 \text{ В}$ сила проходящего по нему тока равна 300 мА . Определите длину проводника.
4. Определите сопротивление железной обмотки длиной 200 м и площадью поперечного сечения 2 мм^2 .
5. Какое напряжение следует подать на концы проводника сопротивлением 20 Ом , чтобы в нем возник ток, сила которого равна 50 мА ?
6. Реостат изготовлен из никелиновой проволоки длиной 50 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 . Чему будет равна сила тока в нем, если напряжение на его концах равно 45 В ?
7. Сила тока в нихромовом проводнике длиной 20 м и площадью поперечного сечения $0,8 \text{ мм}^2$ равна $0,4 \text{ А}$. Чему равно напряжение на концах проводника (для нихрома $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$)?

6.9. Последовательное соединение проводников

Вспомните веселье, которое вы устраиваете в день “Od çərşənbəsi”, когда вы, держа друг друга за руки, водите хоровод вокруг костра.



- Какое соединение проводников в электрической цепи напоминает ваш хоровод?

Если в гирлянде из лампочек на новогодней елке отвернуть одну лампочку, то остальные сразу погаснут.



- Почему при удалении одной лампочки из гирлянды остальные сразу гаснут?

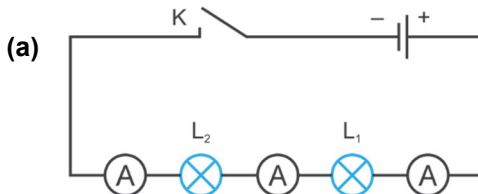
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- **Сила тока в последовательно соединенных проводниках**

Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампы (2 шт.), амперметры (3 шт.), ключ и соединительные провода.

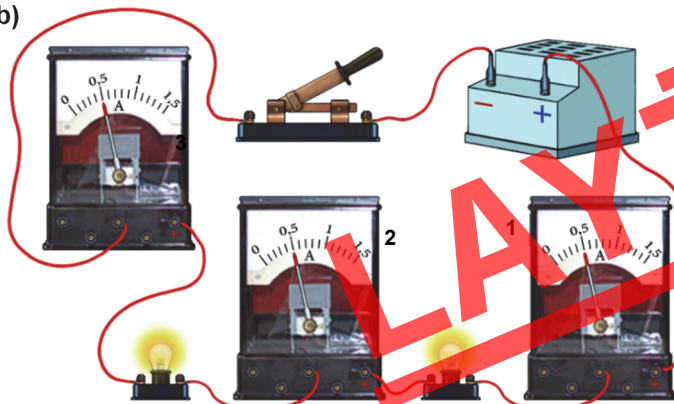
Ход работы:

1. Перерисуйте в рабочие листы изображенную на рисунке схему, состоящую из источника тока, трех амперметров, двух ламп и ключа (а).



2. Соберите электрическую цепь на основе этой схемы. Замкните ключ, следите за свечением ламп и показаниями амперметров (b).

(b)



3. Удалите одну из ламп и проследите за происходящим.

Обсудите результаты исследования:

- Как соединены друг с другом потребители: последовательно или смешанно?
- Силу тока в какой части цепи измеряют амперметры 1, 2 и 3 при таком соединении?
- К какому выводу приводит сравнение общего значения силы тока в цепи со значениями силы тока, проходящего через каждую лампу?
- Что наблюдалось при удалении одной из ламп из цепи? Почему?

Каждый участок электрической цепи в отдельности – источник тока, измерительные приборы, потребители, соединительные провода – обладает определенным сопротивлением. Одним из простых видов электрических цепей является *последовательное соединение* проводников.

• *При последовательном соединении конец первого проводника соединяется с началом второго, конец второго проводника с началом третьего и так далее.*

Вы исследовали такую цепь. Так как сопротивления источника тока, амперметров и соединительных проводов во много-много раз меньше сопротивления ламп, то их можно не принимать во внимание. Значит, в исследуемой цепи последовательно соединены два потребителя с сопротивлениями R_1 и R_2 . При последовательном соединении выполняются три закономерности.

I закономерность: *при последовательном соединении сила тока одинакова на всех участках цепи:*

$$I_1 = I_2 = I. \quad (1)$$

Эта закономерность показывает, что при прохождении тока через последовательно соединенные проводники электрический заряд не накапливается в них: сколько заряда проходит в единицу времени через первый проводник, столько же заряда за это время проходит и через другие проводники.

II закономерность: *полное напряжение цепи последовательно соединенных проводников равно сумме напряжений на отдельных участках цепи:*

$$U = U_1 + U_2. \quad (2)$$

Здесь U – полное напряжение последовательно соединенных проводников, U_1 и U_2 – напряжение на концах отдельных участков. Эта закономерность вытекает из закона сохранения энергии.

Вам уже известно, что напряжение, являясь энергетической характеристикой электрического поля, численно равно работе поля по перемещению заряда 1 Кл. Эта работа выполняется за счет энергии движущихся зарядов. Поэтому энергия, затраченная на всей цепи, равна сумме энергий, затраченных на отдельных ее частях.

III закономерность: полное сопротивление последовательно соединенных проводников равно сумме сопротивлений отдельных участков этой цепи:

$$R_{\text{пос}} = R_1 + R_2. \quad (3)$$

Полное сопротивление цепи, состоящей из n последовательно соединенных проводников сопротивлениями R , в n раз больше сопротивления каждого из них:

$$R_{\text{пос}} = nR. \quad (4)$$

Эта закономерность следует из пропорциональности сопротивления длине проводника. Так как при последовательном соединении проводников увеличивается их общая длина, следовательно, увеличивается и полное сопротивление цепи.

Последовательное соединение проводников находит широкое применение в быту и технике. Например, электрический звонок соединяется последовательно с кнопкой, при нажатии которой цепь замыкается и звонок звенит. Электрические выключатели также соединяются с потребителями (лампа, электрическая мясорубка, телевизор и др.) последовательно, чтобы включать и отключать их при необходимости.

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

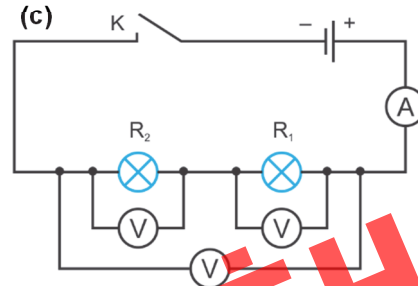
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Напряжение при последовательном соединении

Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампы (2 шт.), вольтметры (3 шт.), ключ и соединительные провода.

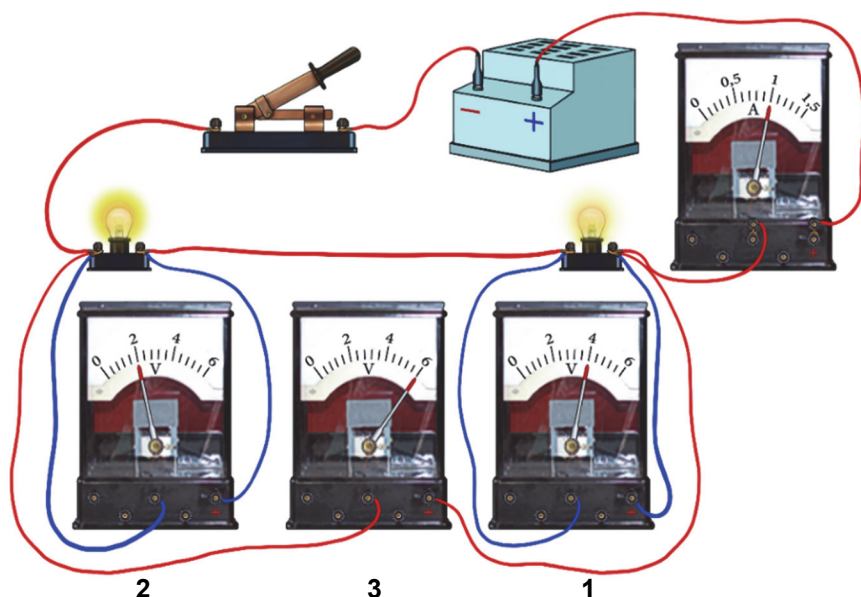
Ход работы:

1. Перерисуйте в рабочие листы изображенную на рисунке схему электрической цепи, состоящей из источника тока, трех вольтметров, одного амперметра, двух ламп и ключа (с).
2. Соберите цепь на основе этой схемы. Замкнув ключ, проследите свечение ламп и отметьте показания амперметра и вольтметров (d).
3. Внесите значения силы тока и напряжений в приведенную ниже таблицу, вычислите сопротивления ламп и общее сопротивление цепи.



Сила тока	Напряжение на концах лампы		Сопротивление лампы		Полное напряжение	Полное сопротивление
I	U_1	U_2	R_1	R_2	U	R

(d)



Обсудите результаты исследования:

- Как соединены друг с другом лампы в электрической цепи?
- Напряжение на концах каких участков цепи измеряют вольтметры 1, 2 и 3?
- К каким выводам приводит сравнение значений общего напряжения с напряжениями на лампах?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При ___ на всех участках цепи ___ одинакова. При последовательном соединении полное ___ цепи равно сумме напряжений на отдельных участках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока

Напряжение

Последовательное соединение

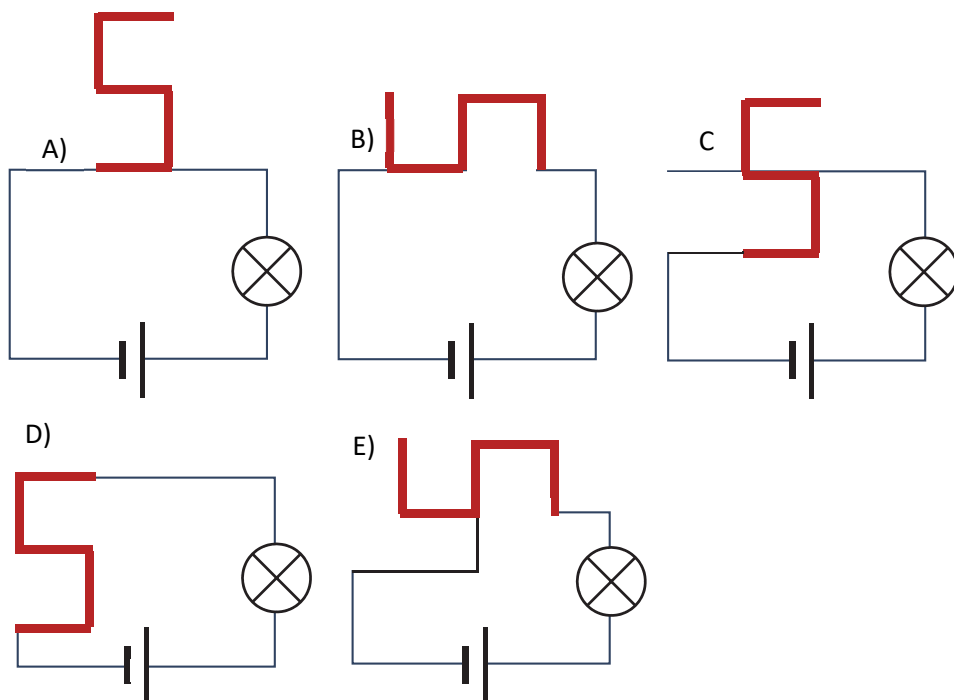
ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Провод длиной $5l$, изображенный на рисунке I, складывают так, как показано на рисунке II.

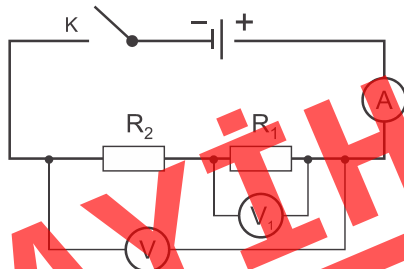


I вопрос. При каком включении сложенного проводника в цепь лампа будет светить наиболее ярко?

II вопрос. При каком включении сложенного проводника в цепь лампа будет светить наименее ярко?



- Можно ли после последовательного соединения двух ламп с надписями на них "16 В; 0,5 А" и "6 В; 5 А" подключить это соединение к источнику тока с напряжением 24 В? Почему?
- Почему при последовательном соединении общее напряжение цепи равно сумме напряжений на отдельных участках этой цепи?
- Определите показания электроизмерительных приборов цепи, представленных на рисунке. Общее напряжение в цепи $U = 12$ В, а сопротивление резисторов $R_1 = 30$ Ом и $R_2 = 20$ Ом. Сопротивление амперметра очень мало, а сопротивление вольтметра бесконечно велико.



6.10. Параллельное соединение проводников

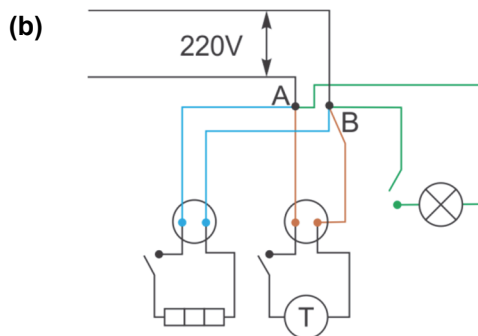
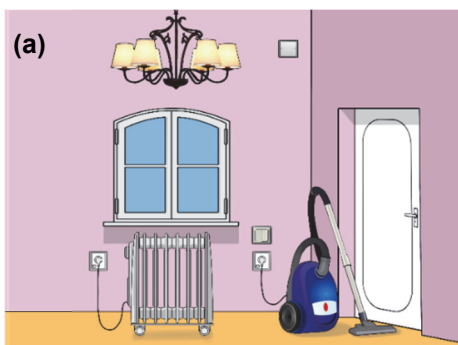
Для исследования электрических цепей с последовательным соединением проводников мы воспользовались амперметром и вольтметром.

- Как включается в цепь вольтметр?
- Какое соединение называют параллельным?
- Какое соединение используется на практике чаще? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Почему другие приборы работают?

В своих квартирах мы используем бытовые электрические приборы (нагреватели, пылесосы, люстры и др.), включая и выключая их из общей сети только при необходимости их использования **(а)**. При одновременной работе нескольких приборов выключение одного из них не приводит к отключению остальных от сети. На рисунке **(б)** изображена схема соединения этих приборов в электрическую сеть. Внимательно исследуйте эту схему.



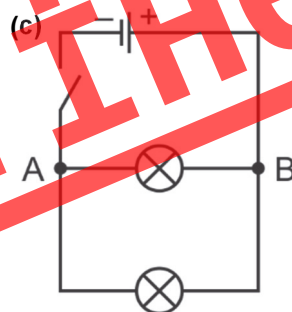
Обсудите результаты исследования:

- Какая особенность характерна для соединения этих приборов в сеть?
- Почему отключение от сети (выключение) одного прибора не влияет на работу других приборов?

На практике *параллельное соединение* электрических приборов встречается чаще последовательного.

- *Параллельным называют такое соединение, при котором все проводники одним своим концом присоединяются к одной точке цепи (к точке А), а вторым концом присоединяются к другой точке цепи (точке В) (рис. б и с).*

При параллельном соединении выполняются три закономерности:



I закономерность: напряжение на концах параллельно соединенных проводников одинаково:

$$U_1 = U_2 = U. \quad (1)$$

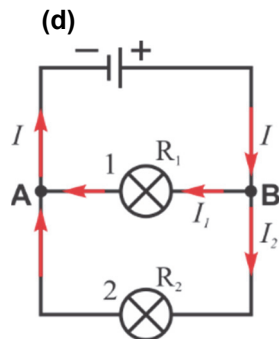
Почему?

Все проводники (потребители) при параллельном соединении своими концами подсоединены к точкам **А** и **В** цепи, поэтому при подключении вольтметра к концам этого участка он будет измерять напряжение на концах каждого потребителя.

II закономерность: сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в отдельных параллельно соединенных проводниках:

$$I = I_1 + I_2. \quad (2)$$

Согласно схеме, в точке **В** электрическая цепь разветвляется (расходится). Часть тока проходит через лампу 1, другая часть через лампу 2, а затем токи вновь сходятся в точке **А** (**d**).



III закономерность: величина, обратная общему (полному) сопротивлению параллельно соединенных проводников, равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников:

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots \quad (3)$$

Как это установлено? Используя закон Ома и выразив в формуле (2) силу тока через общее напряжение и сопротивления ламп R_1 и R_2 , получим (см. **d**):

$$\frac{U}{R_{\text{пар}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Где $R_{\text{пар}}$ – общее сопротивление параллельно соединенных проводников.

Из выражения (3) следует, что общее сопротивление участка цепи, состоящего из двух параллельно соединенных проводников, можно вычислить по формуле:

$$R_{\text{пар}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Соответственно, общее сопротивление n параллельно соединенных проводников с одинаковыми сопротивлениями R в n раз меньше сопротивления каждого из них:

$$R_{\text{пар}} = \frac{R}{n}.$$

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

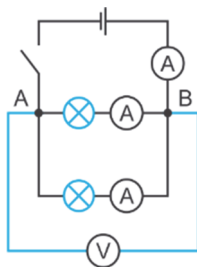
- Исследуем цепь параллельно соединенных проводников

Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампы (2 шт.), амперметры (3 шт.), вольтметр, ключ, соединительные провода.

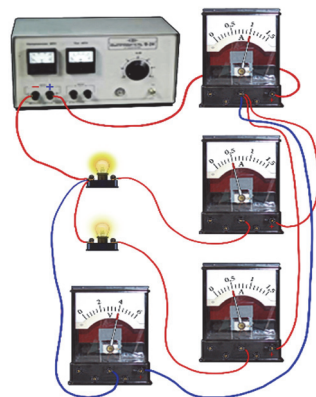
Ход работы:

1. Перерисуйте в рабочие листы изображенную на рисунке схему электрической цепи (е).
2. Соберите электрическую цепь на основе этой схемы (f). Замкнув ключ, следите за свечением ламп, отметьте показания амперметров и вольтметра.
3. Занесите показания вольтметра и амперметров в таблицу, вычислите сопротивления ламп и общее сопротивление участка цепи.

(е)



(f)



Сила тока в неразветвленной части цепи	I	
Сила тока в лампах	I ₁	
	I ₂	
Напряжение между точками разветвления	U	
Сопротивления ламп	R ₁	
	R ₂	
Полное (общее) сопротивление	R	

Обсудите результаты исследования:

- Укажите точки разветвлений в цепи, собранной на основе схемы.
- Чем отличаются закономерности параллельного соединения от закономерностей последовательного соединения?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ на концах проводников при ___ одинаково.
Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме ___ в отдельных параллельно соединенных проводниках. Величина, обратная общему сопротивлению параллельно соединенных проводников, равна сумме величин, обратных ___ отдельных проводников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока

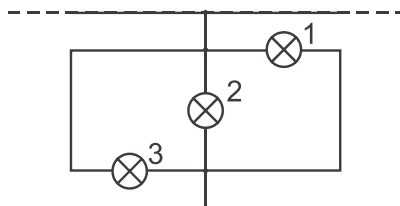
Напряжение

Параллельное соединение

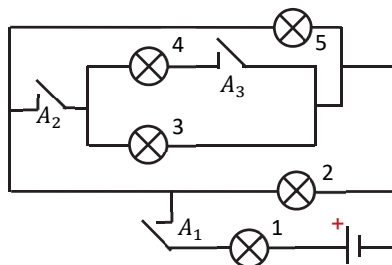
Сопротивление

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. При каком соединении одинаковых проводников общее сопротивление цепи меньше: при последовательном или параллельном? Почему?
2. Сколько проводников с сопротивлением по 30 Ом каждый следует соединить параллельно, чтобы их общее сопротивление составило 5 Ом?
3. Как соединены лампы 1, 2 и 3, изображенные на схеме? Ответ обоснуйте.



4. На рисунке изображена схема смешанного соединения ламп в цепи.



I вопрос. Какая лампа светится только при замыкании всех трех ключей?

II вопрос. Какие лампы загорятся, если замкнуть только ключ A_1 ?

- А) 1, 2, 3 и 5 В) 1 и 3 С) 1, 3 и 4 Д) 1, 2, 3 и 4 Е) 1, 2 и 5

III вопрос. Какие лампы загорятся, если замкнуты только ключи A_1 и A_2 ?

- А) 1, 2, 3 и 5 В) 1 и 3 С) 1, 3 и 4 Д) 1, 2, 3 и 4 Е) 1, 2 и 5

IV вопрос. Какие лампы загорятся, если замкнуть только ключи A_1 и A_3 ?

- А) 1, 2, 3 и 5 В) 1 и 3 С) 1, 3 и 4 Д) 1, 2, 3 и 4 Е) 1, 2 и 5

V вопрос. Какие лампы загорятся, если замкнуть только ключи A_2 и A_3 ?

УПРАЖНЕНИЕ-10

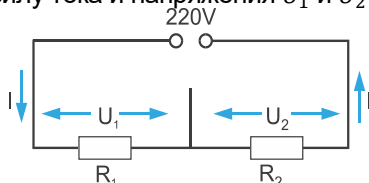
1. В дачном доме семьи восьмиклассника Арифа электропроводку делал их сосед дядя Всезнайка. Однажды вечером одна из ламп, перегорев, вышла из строя, а свет погас во всех комнатах.

I вопрос. Как вы думаете, почему после того, как одна лампа вышла из строя, свет погас во всех комнатах?

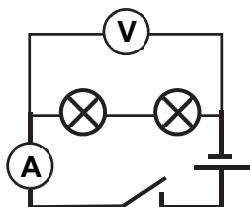
II вопрос. Какой совет дали бы вы дяде Всезнайке относительно проведения линий электропроводки в комнатах?

III вопрос. Нарисуйте свой вариант схемы электролиний, соединяющей 3 лампы.

2. Два резистора сопротивлениями $R_1=10\text{ Ом}$ и $R_2=30\text{ Ом}$ включены последовательно в цепь постоянного тока под напряжением 220 В . Определите общее сопротивление цепи, силу тока и напряжения U_1 и U_2 на концах резисторов.



3. Турал и Солмаз собрали электрическую цепь по приведенной ниже схеме. На рисунках изображены положения стрелок на шкале вольтметра и амперметра после замыкания ключа.

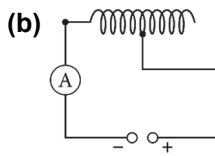
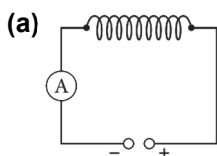


I вопрос. Чему равны напряжение на концах ламп и сила тока в цепи?

II вопрос. Какое значение общего сопротивления получили Турал и Солмаз?

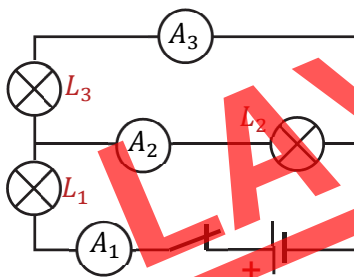
- A) $6,13\text{ Ом}$ B) 5 Ом C) 4 Ом D) $4,13\text{ Ом}$ E) 3 Ом

4. Металлическую спираль сопротивлением 28 Ом включают в цепь, как показано на рисунках (a) и (b). Определите показания амперметра, если в обоих случаях напряжение равно 4 В .

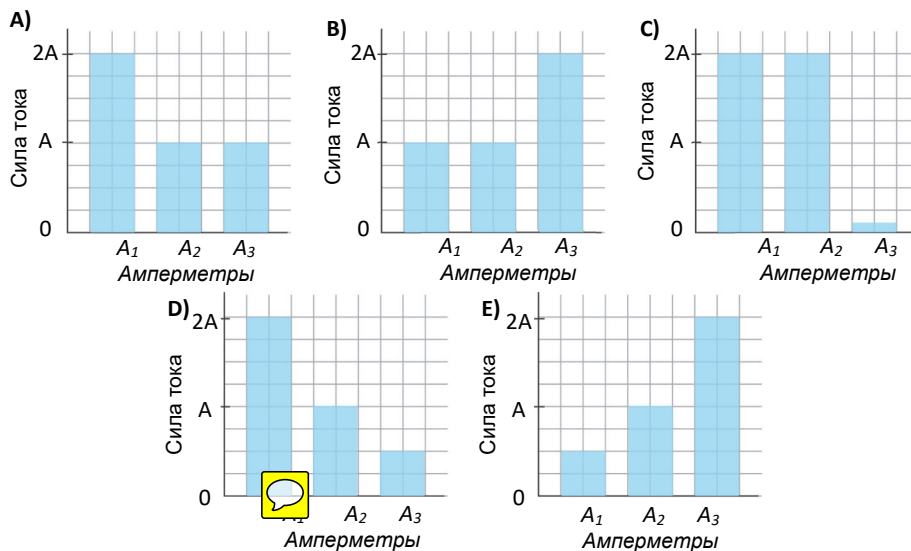


5. Провод с каким сопротивлением надо соединить параллельно проводу сопротивлением 30 Ом , чтобы общее их сопротивление стало равно 20 Ом ?

6. Три лампы соединены в цепь как показано на рисунке.



I вопрос. На какой диаграмме верно отражено соотношение между показаниями амперметров A_1 , A_2 и A_3 ?



II вопрос. Какая из ламп светится ярче при замкнутом ключе?

III вопрос. Как можно упростить данную схему?

6.11. Работа электрического тока. Закон Джоуля–Ленца

Вы уже знаете, что прохождение электрического тока через проводник сопровождается различными его действиями (тепловым, химическим, магнитным), в каждом из которых энергия электрического тока превращается в энергию другого вида (внутреннюю, механическую, химическую). Процесс же превращения энергии является результатом совершения работы. Значит, проходящий по проводнику электрический ток совершает работу.

- Что нужно измерять для определения работы, совершаемой электрическим током?

Известно, что совершаемая электрическим полем работа зависит от количества электрического заряда q , прошедшего через поперечное сечение проводника и напряжения U на концах этого проводника:

$$A = qU.$$

Количество заряда, прошедшего через проводник, равно произведению силы тока на время прохождения этого заряда: $q = It$, тогда совершаемая электрическим током работа будет равна:

$$A = IUt. \quad (1)$$

• **Работа электрического тока на участке цепи равна произведению силы тока в нем на напряжение на его концах и на время прохождения тока по этому участку.**

Так как работа в СИ измеряется в джоулях, то из формулы (1) следует:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}$$

Принимая во внимание выражения $U = IR$ и $I = \frac{U}{R}$ (из закона Ома) в формуле (1), работу электрического тока можно выразить следующим образом:

$$A = I^2 R t, \quad (2)$$

$$A = \frac{U^2}{R} t. \quad (3)$$

При последовательном соединении сила тока в проводниках постоянна, поэтому при таком соединении удобнее пользоваться выражением (2), а при параллельном соединении постоянным остается напряжение, и удобнее использовать выражение (3).

Согласно закону сохранения энергии работа электрического поля в неподвижном проводнике идет на увеличение его внутренней энергии – на нагревание проводника, и в результате этого проводник выделяет количество теплоты Q , равное совершенной работе:

$$A = Q.$$

Отсюда получаем:

$$Q = I U t.$$

В ходе исследования определяются две закономерности:

I. *Количество теплоты, выделяемое при последовательном соединении проводников, прямо пропорционально общему сопротивлению этих проводников (вследствие неизменности силы тока):*

$$Q = I^2 R t.$$

Соотношение между этими величинами экспериментально получили независимо друг от друга английский ученый Дж. Джоуль и русский ученый Э. Ленц, поэтому оно названо *законом Джоуля-Ленца*.

• **Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока.**



Джеймс Джоуль
(1818–1889)
Английский физик. Изучал тепловое действие электрического тока. Единица энергии в СИ названа в его честь джоулем.



Эмилий Христианович Ленц
(1804–1865)
Российский физик. Изучал тепловое действие тока, определил направление электрического тока, возникающего под действием магнитного поля.

II. Количество теплоты, выделяемое параллельно соединенными проводниками, обратно пропорционально общему сопротивлению этих проводников (вследствие неизменности напряжения):

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Решите задачу

Задача

Резисторы сопротивлением $R_1 = 40$ Ом и $R_2 = 60$ Ом включены в цепь параллельно. Сила тока в неразветвленной части цепи равна 2 А. Определите работу, совершенную током в каждом резисторе за 1 минуту.

- В какой очередности осуществляется пошаговое решение задачи?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ на участке цепи равна произведению силы тока, на ___ на концах участка и на время прохождения тока по участку. ___, выделяемое при ___ проводников, прямо пропорционально общему сопротивлению этих проводников. Количество теплоты, выделяемое при ___ проводников, обратно пропорционально общему сопротивлению проводников. Количество теплоты, выделяемое в проводнике с током, равно произведению квадрата силы тока, ___ проводника и времени прохождения тока по проводнику.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Последовательное соединение
Напряжение
Работа тока
Параллельное соединение
Сопротивление
Количество теплоты

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Запишите три формулы работы тока и объясните, какую из них в каком случае удобнее использовать.
2. В проводнике с силой тока 2 А за 5 с ток совершает работу 100 Дж. Чему равно напряжение на концах проводника?
3. К источнику тока (выпрямителю) параллельно подключены две лампы. При замыкании цепи одна из ламп светится ярче другой. В какой из ламп совершаемая током работа больше? Почему?



6.12. Мощность электрического тока

На корпусах большинства электроприборов или в инструкциях по их эксплуатации, наряду с прочей информацией, отмечается очень важная характеристика: *электрическая мощность* прибора. Например, на электрических лампах можем увидеть 15 Вт, 40 Вт, 60 Вт, на информационном щитке телевизора 40 Вт, на электрическом утюге 1200 Вт, электрическом чайнике 1000 Вт или 1400 Вт.

- Какая лампа будет ярче освещать комнату? Какой чайник быстрее нагреет воду?
- От каких физических величин зависит мощность электрического тока?

Мощность электрического тока – физическая величина, характеризующая быстроту передачи электрической энергии или быстроту ее превращения в другие виды энергии.

• **Мощность электрического тока равна отношению работы, совершенной током, ко времени, затраченному на ее совершение:**

$$P = \frac{A}{t}. \quad (1)$$

Здесь P – мощность тока.

Учитывая выражение $A = IUt$ в формуле (1), получим:

$$P = \frac{IUt}{t} = IU. \quad (2)$$

• **Мощность электрического тока равна произведению силы тока на напряжение.**

Единицей мощности электрического тока в СИ является ватт (Вт):

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с.}$$

Как следует из формулы мощности, $1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot \text{В}$.

Наряду с формулами (1) и (2) мощность можно вычислять также и следующими формулами (3) и (4):

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (3)$$

$$P = I^2 R. \quad (4)$$

При любом соединении мощность тока во внешней цепи (вне источника тока) равна сумме мощностей токов на отдельных его участках.

Зная мощность электропотребителя, можно вычислить совершаемую электрическим током работу за определенный промежуток времени:

$$A = Pt. \quad (5)$$

Эта работа равна электрической энергии W , полученной потребителем от источника тока. Например, при непрерывной работе в течение месяца (30 дней) электронагреватель мощностью $P = 1800$ Вт получает от источника тока энергию, равную:

$W = Pt = 1800 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 24 \cdot 30 = 46,656 \cdot 10^8 \text{ Дж} = 4\,665\,600 \text{ кДж}$
Часто при вычислениях электроэнергии ее значение выражают не в джоулях, а в киловатт-часах:

• **Киловатт-час равен работе, совершенной электрическим током мощностью 1 кВт за 1 час:**

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3600 \text{ кДж.}$$

Тогда электронагреватель в течение одного месяца работы потребляет:

$$W = \frac{4665600 \cdot 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{3600} = 1296 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

электроэнергии. Если учесть, что сегодня стоимость электроэнергии в нашей республике составляет 7 гяпик (0,07 маната) за 1 кВт·ч электроэнергии, то за энергию, потребляемую электронагревателем мощностью 1800 Вт в течение месяца непрерывной работы, придется заплатить

$$0,07 \text{ ман} \cdot 1296 = 90 \text{ ман. } 72 \text{ гяп.}$$

ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Решите задачу

Задача

Используемую для освещения двора лампу мощностью 150 Вт забывали выключать в дневное время, и она в течение месяца оставалась включенной. Какую оплату необходимо будет внести в конце месяца за использованную этой лампой электроэнергию из расчета 7 гяпик за 1 кВт·ч?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

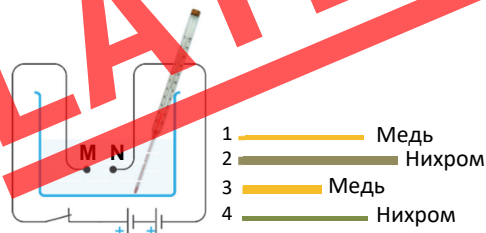
___ равна отношению ___ ко времени, затраченному на ее совершение. Мощность электрического тока равна произведению ___ на напряжение. ___ равен работе электрического тока мощностью 1 кВт, совершенной за 1 час.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока
Киловатт-час
Мощность тока
Совершенная током работа

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Чтобы исследовать связь между родом проводника с током и количеством теплоты, выделяющимся этим проводником, Назрин собрала изображенную на рисунке электрическую цепь.



I вопрос. Какие провода Назрин должна присоединить к концам цепи М и N, чтобы правильно провести исследование?

А) 1 и 2 В) 2 и 3 С) 3 и 4 D) 1 и 4 Е) 2 и 4

II вопрос. Какое количество теплоты выделится в одном из выбранных проводников за 1 минуту, если его сопротивление равно 100 Ом, а мощность проходящего через него тока равна 900 Дж/с?

2. На рисунке изображены участки цепи из последовательно (а) и параллельно (b) соединенных проводников. Сравните мощности тока на этих участках (напряжения на концах обоих участков одинаковы).



УПРАЖНЕНИЕ-11

1. В магазине электротоваров Ариф собирался купить новую лампу, чтобы заменить перегоревшую лампу торшера. Он увидел две одинаковые лампы, отличающиеся по цене.

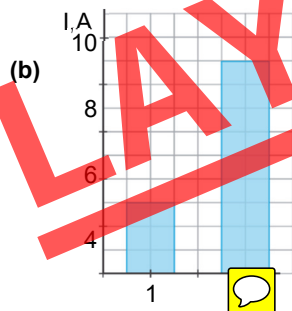
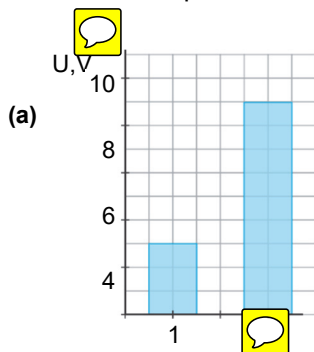
Лампа №1	Лампа №2
Напряжение: 220-240 В	Напряжение: 220-240 В
Мощность: 60 Вт	Мощность: 60 Вт
Цена: 40 гяп.	Цена: 3 ман. 60 гяп.

Спросив у продавца причину такого различия цен на эти лампы, Ариф получил следующее разъяснение: гарантийный срок работы лампы №1 равен 60 дням, а лампы №2 – 2 годам.

Какую из ламп вы посоветовали бы Арифу купить? Почему?

2. Спираль электронагревателя изготовлена из нихромового провода длиной 10 м и площадью поперечного сечения 0,25 мм². Чему будет равна мощность проходящего по спирали тока при подключении нагревателя к источнику тока напряжением 220 В?

3. На диаграмме изображены напряжения проводников 1 и 2, обладающих одинаковыми сопротивлениями (а).



I вопрос. Каково соотношение между работами тока в этих проводниках A_1 и A_2 , совершенными за одно и то же время?

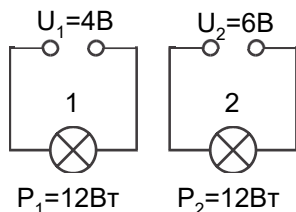
- A) $A_1 = A_2$
- B) $A_1 = 3A_2$
- C) $9A_1 = A_2$
- D) $3A_1 = A_2$
- E) $A_1 = 9A_2$

II вопрос. Каково будет соотношение между работами тока A_1 и A_2 , совершенными в этих проводниках за одно и то же время, если значения силы тока в них будут соответствовать диаграмме **(b)**?

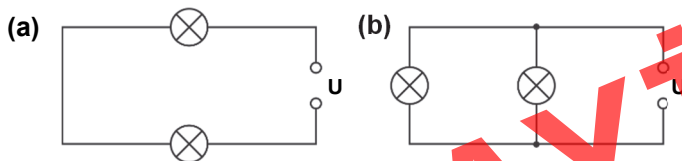
- A) $A_1 = A_2$
- B) $A_1 = 3A_2$
- C) $9A_1 = A_2$
- D) $3A_1 = A_2$
- E) $A_1 = 9A_2$

III вопрос. Какой из проводников выделит за одно и то же время большее количество теплоты?

4. На рисунке изображены схемы двух электрических цепей. На основе приведенных данных определите, в какой цепи сила тока и сопротивление больше.



5. На рисунках изображены цепи, в одной из которых две одинаковые лампы соединены последовательно **(a)**, а в другой эти же лампы соединены параллельно **(b)**. В каком случае мощность тока больше? Напряжение на концах обеих цепей одинаково.



6.13. Применения электрического тока и его действие на живые организмы (дополнительный материал)

Помня, что просмотр любимого фильма «Волшебный халат» совпадет по времени со временем обязательного мытья в ванной, Тогрул приготовил ванную комнату для этого и уверен, что сделал все правильно.

- Что должен сделать Тогрул для обеспечения безопасности?



Родители Тогрула обсуждают вопрос о размещении новой стиральной машины. Отец предлагает установить ее на кухне, а мама хочет установить в ванной комнате. Вмешиваясь в обсуждение, Тогрул выступает за предложение мамы.

- Чье предложение является целесообразным с позиций безопасности? Укажите несколько причин.

• Негативное воздействие электрического тока на живые организмы

Человеческое тело является проводником электрического тока. Отдельные ткани тела отличаются способностью проводить электрический ток. Костное вещество, кожный покров и соединительные ткани плохо проводят электрический ток. Удельное сопротивление этих тканей очень велико, порядка $10^7 - 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Спинномозговая жидкость, плазма, кровь и нервно-мышечная ткань хорошо проводят электрический ток. Удельное сопротивление этих тканей меняется в пределах $0,6 - 0,7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Электрический ток в человеческом теле создается ионами. Это ионы железа, кальция, фосфора, калия, натрия и других химических элементов. Прохождение электрического тока сопровождается рядом физиологических процессов. Могут наблюдаться раздражение, сокращение мышц, нарушение дыхания, паралич и даже возможна смерть. Степень тяжести

нанесенных током повреждений зависит от силы тока, характера тока (является ток постоянным или переменным), времени и пути прохождения тока через организм. Наиболее опасным считается прохождение через сердце и мозг.

В таблице 6.3 приведена зависимость действия тока на организм взрослого человека от силы тока при прохождении тока в направлениях рука-рука и рука-нога.

Таблица 6.3.

Сила тока (мА)	Действия тока	
	Постоянный ток	Переменный ток ($\nu = 50$ Гц)
2–3	Не чувствуется	Сильное дрожание пальцев рук
5–10	Ощущается нагревание	Ощущаются боли. Руки сводит судорога
12–15	Нагревание усиливается	Сильные боли в пальцах и костях рук. Можно выдержать 5–10 секунд
20–25	Дальнейшее усиление нагревания. Слегка сокращаются мышцы рук	Руки парализуются, их невозможно оторвать от проводов. Дыхание затруднено. Можно выдержать не более 5 секунд
50–80	Мышцы рук сокращаются. Дыхание затруднено	Паралич дыхания. Нарушение работы сердца
90–110	Паралич дыхания	Паралич дыхания. При длительности 3 с и более происходит паралич сердца. Смерть

Как видим из таблицы, при значении силы тока 100 мА возможна смерть. Сопротивление организма не постоянно. Оно зависит от состояния человека, его кожи, от наличия или отсутствия пота на коже. Сопротивление сухой и огрубевшей кожи значительно больше сопротивления нежной и увлажненной кожи. Сопротивление сухой кожи от пальцев одной руки до пальцев другой руки равно приблизительно 10^5 Ом. Сопротивление же потной кожи порядка 1500 Ом. Вычислим соответствующие этим сопротивлениям значения напряжений, вызывающих смерть организма:

$$U_{\text{сух}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 10^5 \text{ Ом} = 10000 \text{ В};$$

$$U_{\text{вл}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 1500 \text{ Ом} = 150 \text{ В}.$$

• Положительное действие электрического тока на живые организмы

Наряду с негативным воздействием электрического тока на организм человека возможно и положительное его действие. В медицине

электрический ток используют в лечебных целях. Например, прикладывают электроды, через которые пропускают слабый постоянный ток, к определенным частям тела. Это оказывает болеутоляющий эффект, улучшает кровообращение. Раздражая мозг электрическим током, лечат ряд нервных заболеваний.

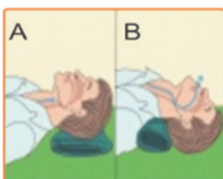


• Первая помощь пострадавшим от электрического тока

При работе с электрическими цепями необходимо соблюдать большую осторожность и выполнять определенные правила безопасности. Свод этих правил имеется в каждом кабинете физики.

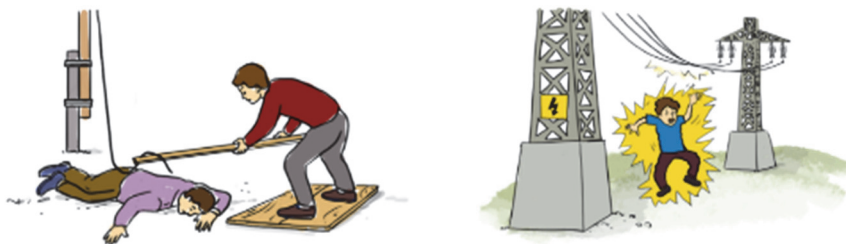
ИССЛЕДОВАНИЕ

На приведенных ниже рисунках показано, как удалить от линий тока человека, которого «ударил током», и оказывать ему первую помощь. Исследуйте и прокомментируйте их.



ПРИМЕНИТЕ ИЗУЧЕННОЕ

1. Какие ткани человеческого тела хорошо проводят электрический ток?
2. Прокомментируйте изображения.



3. Электрическое сопротивление человеческого тела, можно сказать, определяется сопротивлением верхнего слоя кожи (эпидермиса). Тонкая, нежная, увлажненная (или потная) кожа, а также поврежденная кожа хорошо проводит электрический ток. Напротив, сухая и огрубевшая кожа очень плохо проводит ток. В зависимости от состояния кожи и направления тока сопротивление человеческого тела может принимать значения в пределах от $9,5 \div 1$ Ом до 100 кОм. Определено, что при напряжении между влажными руками 220 В сопротивление его тела равно 1,5 кОм.

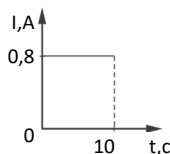
I вопрос. На основе приведенных данных определите соответствующую силу тока, проходящего через тело человека.

II вопрос. При каком данном в тексте значении сопротивления и напряжении 220 В проходящий через человеческое тело ток будет для него смертельным?

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

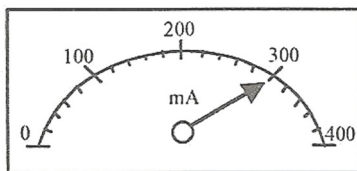
1. На основе графика сила тока – время вычислите количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника в течение 10 секунд.

- A) 4 Кл
B) 8 Кл
C) 1,25 Кл
D) 0,125 Кл
E) 16 Кл

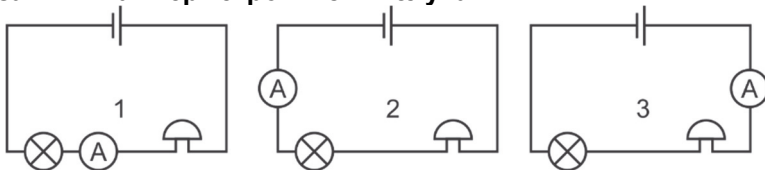


2. Каковы показания миллиамперметра, изображенного на рисунке, и цена его деления?

- A) 300 A; 20 A
B) 0,3 A; 0,2 A
C) 30 A; 1 A
D) 300 A; 10 A
E) 0,3 A; 0,02 A



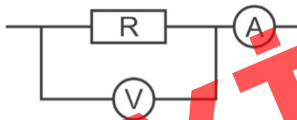
3. На рисунках изображены различные подключения амперметра к цепи, состоящей из одинаковых элементов. Каково соотношение между показаниями амперметров в этих случаях?



- A) $I_1 = I_2 = I_3$ B) $I_1 > I_2 > I_3$ C) $I_1 < I_2 < I_3$
D) $I_1 = I_3 > I_2$ E) $I_1 = I_3 < I_2$

4. Вычислите показания вольтметра при $R = 40 \text{ Ом}$ и $I = 4 \text{ А}$.

- A) 160 V
B) 10 V
C) 20 V
D) 5 V
E) 150 V

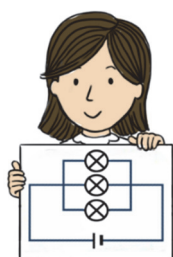


5. С помощью каких приборов можно определить сопротивление проводника?

1. термометр
2. вольтметр
3. линейка
4. часы
5. манометр
6. амперметр

- A) 2 и 5
B) 1 и 3
C) 2 и 6
D) 1 и 4
E) 3 и 6

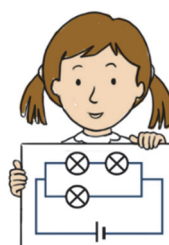
6. Учитель дал классу такое задание: нарисуйте в рабочих листах такую цепь, состоящую из 3-х ламп и батареи, чтобы при удалении любой из ламп две другие продолжали светиться. Кто правильно нарисовал цепь?



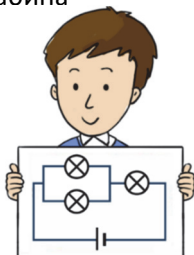
Сабина



Азер



Малейка

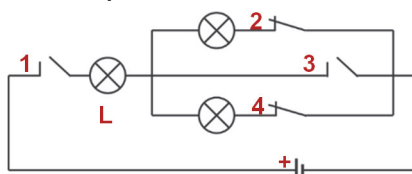


Турал



Назрин

7. На изображенной электрической цепи ключи 1 и 3 разомкнуты, а ключи 2 и 4 замкнуты. Какое из приведенных ниже условий должно выполняться, чтобы в этой цепи светила только лампа L?



- A) ключ 1 замкнуть, ключ 4 разомкнуть
- B) ключ 1 замкнуть, ключ 2 разомкнуть
- C) ключи 1 и 3 замкнуть
- D) ключ 1 замкнуть
- E) ключ 3 замкнуть, ключ 2 разомкнуть

8. За 3 секунды электрический ток в проводнике, напряжение на концах которого равно 3 В, совершил работу 18 Дж. Чему равна сила тока в этом проводнике?

- A) 2 А B) 1 А C) 3 А D) 5 А E) 2,5 А

9. Сила тока в проводнике сопротивлением 20 Ом равна 5 А.

Какое количество теплоты выделится в проводнике за 10 минут?

- A) 250 кДж B) 300 кДж C) 100 кДж D) 150 кДж E) 30 кДж

FİZİKA – 8

*Ümumtəhsil məktəblərinin 8-ci sinfi üçün
fizika fənni üzrə dərslik
Rus dilində*

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər:	Mirzəli İsmayıl oğlu Murquzov Rasim Rəşid oğlu Abdurazaqov Rövşən Mirzə oğlu Əliyev Dilbər Zirək qızı Əliyeva
Tərcümə	F.Babazadə
Nəşriyyat redaktoru	K.Abbasova
Bədii redaktor	T.Məlikov
Texniki redaktor	Z.İsayev
Dizayner	T.Məlikov
Rəssamlar	M.Hüseynov, E.Məmmədov
Korrektor	O.Kotova

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 08.06.2015-ci il tarixli 645 №-li
əmrinə əsasən təsdiq olunmuşdur.*

© Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi – 2019

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri
və yaxud onun hər hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq,
elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

Hesab-nəşriyyat həcmi 10. Fiziki çap vərəqi 12,5. Səhifə sayı 200.
Kağız formatı 70×100¹/₁₆. Tiraaj 11159. Pulsuz. Bakı – 2019

“Bakı” nəşriyyatı
Bakı, AZ 1001, H.Seyidbəyli küç. 30

Pulsuz



Əziz məktəbli !

Bu dərslik sənə Azərbaycan dövləti tərəfindən bir dərs ilində istifadə üçün verilir. O, dərs ili müddətində nəzərdə tutulmuş bilikləri qazanmaq üçün sənə etibarlı dost və yardımçı olacaq.

İnanırıq ki, sən də bu dərsliyə məhəbbətlə yanaşacaq, onu zədələnmələrdən qoruyacaq, təmiz və səliqəli saxlayacaqsan ki, növbəti dərs ilində digər məktəbli yoldaşın ondan sən kimi rahat istifadə edə bilsin.

Sənə təhsildə uğurlar arzulayırıq!



LAYİHƏ