



ГЕЙДАР АЛИЕВ
ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР
АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА

Çap için değil

Мирзали Мургузов
Расим Абдуразагов
Ровшан Алиев
Дильбяр Алиева

Физика

8

УЧЕБНИК
по предмету Физика для 8-го класса
общеобразовательных школ

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

В

А

К

І



Н

Ə

Ş

Р

Баку – 2017

Физика

Оглавление

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.	16
1.4. Внутренняя энергия	20
1.5. Способы изменения внутренней энергии: совершение механической работы и теплопередача	23
1.6. Теплопроводность	26
1.7. Конвекция	29
1.8. Излучение	33
• Обобщающие упражнения	38

2. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ

2.1. Количество теплоты	40
2.2. Удельная теплоемкость	44
2.3. Теплота сгорания топлива	47
2.4. Закон сохранения энергии в тепловых процессах	51
2.5. Уравнение теплового баланса	55
2.6. Практическая работа. Определение удельной теплоемкости тела	60
• Обобщающие задания	62

3. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

3.1. Плавление и отвердевание	64
3.2. Удельная теплота плавления	68
3.3. Парообразование и конденсация	71
3.4. Насыщенный и ненасыщенный пар. Кипение	74
3.5. Удельная теплота парообразования	78
3.6. Влажность воздуха	80
3.7. Приборы для измерения влажности	83
• Обобщающие задания	88

4. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

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

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

5.1. Электризация тел. Электрический заряд	112
5.2. Строение атома. Природа электризации.	116
5.3. Проводники и диэлектрики	119
5.4. Электростатическая индукция	122
5.5. Электроскоп. Электромметр	125
5.6. Закон сохранения электрического заряда	128
5.7. Взаимодействие электрических зарядов: закон Кулона	132
5.8. Устройства, разделяющие, накапливающие и передающие электрические заряды	134
5.9. Электрическое поле. Напряженность электрического поля	137
5.10. Силовые линии электрического поля	141
• Обобщающие задания	145

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

6.1. Электрический ток.	148
6.2. Источники тока	151
6.3. Электрическая цепь и ее элементы	155
6.4. Действия электрического тока	158
6.5. Сила тока и ее измерение	162
6.6. Напряжение и его измерение	165
6.7. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи	169
6.8. От чего зависит сопротивление проводника?	173
6.9. Последовательное соединение проводников	179
6.10. Параллельное соединение проводников	183
6.11. Работа электрического тока. Закон Джоуля-Ленца	189
6.12. Мощность электрического тока	192
6.13. Применение электрического тока и его воздействие на живые организмы (дополнительное чтение)	195
• Обобщающие задания	198

ПОЗНАКОМЬТЕСЬ С УЧЕБНИКОМ!

1 Мотивация. Описание интересных ситуаций и явлений, завершающиеся вопросами.

1.1. Тепловое движение молекул. Температура



Во время суровой зимы, воздуха и земли сильно охлаждается, а вода в реках и озерах, замерзая, превращается в лёд. С наступлением весны, наоборот, воздух и земля прогреваются, а лёд тает. Бывает же, увеличивается охлаждение воды в реках и озерах, а горы окутывают туманы.

- С какими физическими явлениями связаны такие изменения происходящие в природе?
- Что является источником возникновения этого явления?
- Как можно объяснить эти изменения состояния воды, происходящие в природе, на основании положений строения веществ?

ИССЛЕДОВАНИЕ

В какой воде диффузия происходит с большей скоростью?

Оборудование: стеклянная посуда 2 штук, в одной холодной, а другой тёплой воды, зерна пищевого красителя.

Ход исследования: В каждую из посуды добавить одинаковое количество зерен пищевого красителя и наблюдать происходящее явление.

Обсудите результаты:

- Что наблюдаете при помещении зерен пищевого красителя в посуду с водой?
- Почему явление диффузии в теплой воде происходит с большей скоростью?

Вода всегда состоит из атомов, молекул и ионов. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом (беспорядочном) движении. Несмотря на то, что движение каждой молекулы (или атома) является механическим

Игнорирование теплового движения молекул, из которых состоит тело, определяется физической величиной называемой *температурой*. Степень нагретости тела определяется из этих температур, например, температура воды выше температуры морозногого, температура железа в твердом состоянии в разы меньше температуры железа в жидком состоянии. На рисунке (е) представлены температуры некоторых явлений в природе, технике и быту.



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

4 Упражнения. Для закрепления и углубления знаний по теме.

Упражнение 4

- Нарисуйте условные обозначения, используемые в схемах цепей, для амперметра, лампы, резистора, конденсатора, звонка, лампы, амперметра и вольтметра.
- Завершите таблицу, используя математическое выражение силы тока.

№	Количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, q , Кл	Время, t , сек	Сила тока, I , А
1			
2			

2 Исследование. Различные задания, лабораторные работы и опыты, направленные на выявление причинно-следственных связей исследуемых явлений.

6 Применение полученных знаний. Задания или опыты, закрепляющие полученные знания.

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

математическое выражение силы тока: $I = \frac{q}{t}$ (или $I = \frac{Q}{t}$)

Как видно, из таблицы 2.1, удельная теплоемкость воды очень большая. Поэтому в летние месяцы воды Канальского моря поглощает большое количество теплоты нагреваясь. В результате на побережье Канальского моря воздух будет относительно прохладным. Зимой же, наоборот, морская вода, охлаждаясь, передает большое количество теплоты, поглощая теплоту в воздухе на побережье, отно-

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ 3

"Мгновенное действие электрического тока проявляет себя всегда"

Оборудование: источник тока (батарей), ключ, лампа в патроне, соединительные провода, амперметр, лампа галогенная.

Ход исследования:

- Разместите, при открытом ключе, клеммы под проводом и выведите установление равновесия его стрелки (самый кончик стрелки должен быть направлен на север) (а).
- Замкните ключ, проследите за происходящим явлением (б).

Обсудите результаты:

- Каковы действия электрического тока, сопровождаются его протеканием через провод?
- Ответ обсудите.

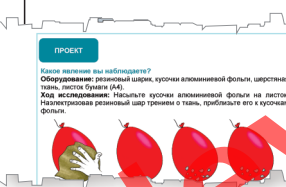
ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При протекании... через проводник, наблюдается действие его действия... в лампе и магнитном, широко применяется... При протекании электрического тока через проводник выделяется теплота, в них происходит... электрического тока является единственными действиями, которые наблюдаются всегда.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

- Как можно определить протекание электрического тока через проводник?
- Приведите примеры тепловых и химических действий электрического тока.
- Каковы основные признаки наличия действия электрического тока от действия его действия?
- Какие действия происходят при протекании электрического тока через морскую воду?

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



8 Ключевые слова. Новые понятия и термины.

11 Обобщающие задания. Вопросы и задания по каждому разделу.

ОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

- Вычислите количество заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, за 10 сек, на основании графика силы тока от времени.

A) 4 Кл	L.A.B
B) 8 Кл	
C) 1.25 Кл	
D) 0.125 Кл	
E) 0 Кл	

ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

1

стр. 7–38

- 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 упражнения

1.1. Тепловое движение молекул. Температура



В суровые зимние месяцы воздух и земля охлаждаются, а вода в реках и озерах замерзает и превращается в лед. С наступлением весны, наоборот, воздух и земля прогреваются, а лед тает. Летом же увеличивается испарение воды в реках и озерах, а горы окутывают туманы.

- С каким физическим явлением связаны такие изменения, происходящие в природе?
- Почему происходят такие явления?
- Как можно объяснить эти изменения состояния воды, происходящие в природе, на основании положений о строении вещества?

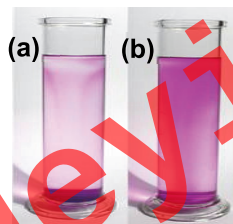
ИССЛЕДОВАНИЕ

- В какой воде диффузия происходит с большей скоростью?

Оборудование: стеклянный сосуд (2 штуки; в одном холодная, в другом теплая вода), зерна пищевого красителя.

Ход исследования:

В каждый из сосудов добавьте одинаковое количество зерен пищевого красителя и наблюдайте за происходящим явлением.



Обсудите результаты:

- Что вы наблюдали при помещении зерен пищевого красителя в сосуд с водой?
- В каком сосуде диффузия происходит с большей скоростью?

Все тела состоят из атомов, молекул или ионов. Эти частицы движутся непрерывно хаотически (беспорядочно). Механическое движение молекул (или атомов), из которых состоит тело, является очень сложным движением. Причина заключается в большом количестве частичек в объеме 1 см^3 вещества. Расчеты показывают, что 1 см^3 воды содержит $\approx 3,34 \cdot 10^{22}$ молекул. Их движение по всем направлениям одинаково.

Причиной этому является непрерывное столкновение частиц друг с другом, что приводит к постоянному изменению направления их движения.

Число молекул в веществе очень велико, и они движутся хаотически, поэтому число молекул, движущихся во всех направлениях одинаково. Температура вещества (тела) зависит от скорости хаотического движения молекул, из которых оно состоит:

- Хаотическое движение молекул, из которых состоит тело называется **тепловым движением**.

Интенсивность теплового движения молекул, из которых состоит тело, связана с физической величиной, называемой *температурой*. Степень нагретости тел различаются их температурой; например, температура воды выше температуры мороженого, температура железа в твердом состоянии в разы меньше температуры железа в жидком состоянии. На рисунке (с) представлены температуры при некоторых природных, технических и бытовых явлениях.



У одного и того же тела, например, у холодной и теплой воды, молекулы одинаковые, однако с изменением температуры меняется скорость их хаотического движения: молекулы теплой воды двигаются с большей

скоростью, чем молекулы холодной воды. По этой причине молекулы теплой воды с большей скоростью сталкиваются с молекулами другого вещества, помещенного в воду, например, пищевого красителя. Поэтому процесс диффузии в теплой воде протекает с большей скоростью, чем в холодной воде.

Только ли от температуры зависит скорость молекул?

Установлено, что при нормальных условиях средняя скорость молекул водорода составляет 1693 м/с, средняя скорость молекул кислорода – 425 м/с, средняя скорость молекул углекислого газа – 362 м/с. Как видно, для разных газов при одной и той же температуре скорость молекул разная. Значит, средняя скорость молекул зависит не только от температуры, но также от их массы. А физическая величина, зависящая от скорости и массы молекулы, – это кинетическая энергия. Теоретически установлено, что температура тела зависит от средней кинетической энергии молекул, из которых оно состоит.

• **Температура – это мера средней кинетической энергии молекул, из которых состоит тело.**

Чем больше средняя кинетическая энергия молекул, из которых состоит тело, тем выше его температура.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

1. Как меняется скорость хаотического движения молекул газа в сосуде при его нагревании и охлаждении?
2. Масса молекулы кислорода $5,12 \cdot 10^{-26}$ кг и скорость $v_{O_2} = 425 \frac{м}{с}$, масса молекулы водорода $3,35 \cdot 10^{-27}$ кг и скорость $v_{H_2} = 1693 \frac{м}{с}$, масса молекулы углекислого газа $7,3 \cdot 10^{-26}$ кг и скорость $v_{CO_2} = 362 \frac{м}{с}$.
Вычислите в соответствии с приведенным примером для данных частиц средние кинетические энергии.

Дано	Формула	Вычисления
$m_{O_2} = 5,12 \cdot 10^{-26}$ кг, $m_{H_2} = 3,35 \cdot 10^{-27}$ кг, $m_{CO_2} = 7,3 \cdot 10^{-26}$ кг, $v_{O_2} = 425 \frac{м}{с}$, $v_{H_2} = 1693 \frac{м}{с}$, $v_{CO_2} = 362 \frac{м}{с}$.	$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$	$E_{kO_2} = \frac{m_{O_2} \cdot v_{O_2}^2}{2} = \frac{5,12 \cdot 10^{-26} \cdot 425^2}{2} \frac{кг \cdot м^2}{с^2} = 4,62 \cdot 10^{-21} Дж.$
$E_{kO_2} - ?$ $E_{kH_2} - ?$ $E_{kCO_2} - ?$		
Ответ: $4,62 \cdot 10^{-21} Дж.$		

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ молекул, из которых состоит тело, называется тепловым движением. ___ мера ___ молекул, из которых состоит тело.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Температура

Хаотическое движение

Средняя кинетическая энергия

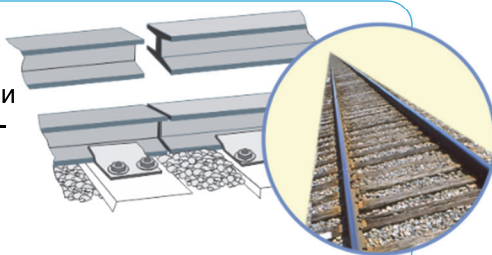
ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какое движение называется тепловым движением?
2. От чего зависит скорость диффузии в веществах?
3. Мерой какой физической величины является температура?

1.2. Тепловое расширение тел

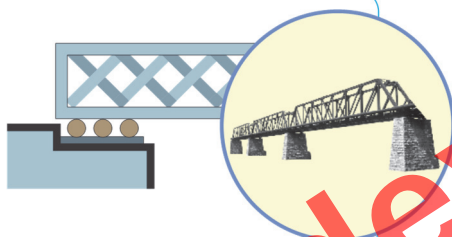
Железная дорога состоит из множества стальных рельсов.

- Почему между этими рельсами оставляют небольшие просветы?



Свободный конец мостов металлической конструкции устанавливают на валиках.

- Для чего это делается?

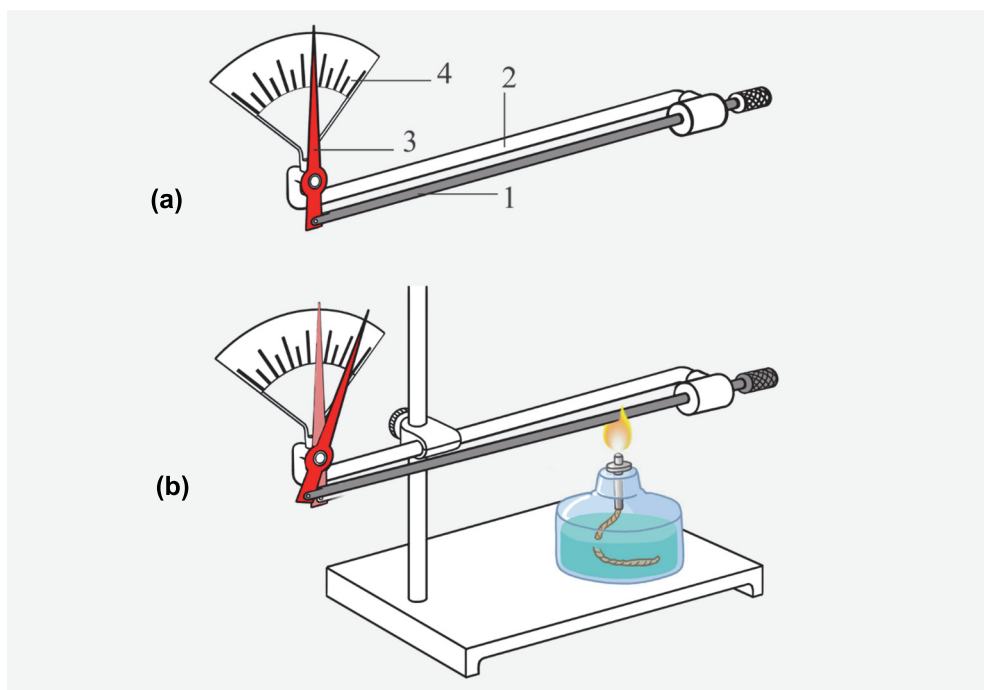


ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Почему изменяется длина металлической пластины?

Устройство установки линейного расширения.

Основная часть установки состоит из биметаллической пластины (1). Она изготовлена из двух тонких – стальной и алюминиевой – пластин, скрепленных друг с другом. Один конец пластины прикрепляется к стальному рычагу (2), а свободный конец к стрелке (3). Стрелка, прикрепленная к другому концу рычага (2), может совершать движения по шкале (4) вправо-влево.



Оборудование: установка линейного расширения, спиртовка (или свеча), спички, штатив.

Ход исследования:

1. Закрепите установку в штативе. Обратите внимание, чтобы стрелка в это время находилась в крайнем правом (или левом) положении.
2. Нагрейте в течение 1–2 минут зажженной спиртовкой биметаллическую пластину и проследите за изменением положения стрелки (**b**).
3. Потушив спиртовку, продолжите наблюдения еще в течение 1-2 минут.

Обсудите результаты:

- Как изменяет свое положение стрелка при нагревании и охлаждении биметаллической пластины?
- К какому выводу вы пришли в результате опыта?

При нагревании тела в основном расширяются. Это можно объяснить увеличением средней кинетической энергии молекул или атомов, из которых состоят эти тела; например, увеличение средней кинетической энергии атомов твердого тела приводит к увеличению их амплитуды колебания. Для этого им необходимо гораздо больше пространства. В результате твердое тело расширяется. Причина теплового расширения жидкостей и газов заключается в том, что в результате увеличения средней кинетической энергии теплового движения их молекул, они перемещаются, занимая больший объем.

При охлаждении же тела наблюдается обратный процесс: уменьшается средняя кинетическая энергия теплового движения молекул. В результате уменьшается амплитуда колебания атомов твердых тел, а в жидкостях и газах молекулы удаляются друг от друга незначительно и происходит сжатие тел. Отметим, что способности теплового расширения металлов уделяется серьезное внимание на производстве. Так, тепловое расширение твердых тел сопровождается сильным воздействием сил. В результате, стальные рельсы могут изгибаться, тросы – обрываться, металлические мосты – разрушаться. С учетом этого создаются условия для свободного удлинения или укорачивания деталей таких сооружений.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

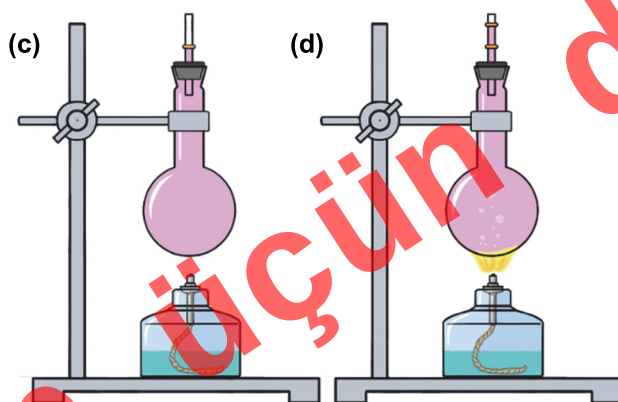
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Проверим тепловое расширение жидкости

Оборудование: небольшая колба, подкрашенная вода (1 литр), пробка со стеклянной трубкой малого диаметра посередине, спиртовка (или свеча), спички, штатив.

Ход работы:

1. Закрепите на штативе колбу, наполните ее водой и плотно закройте пробкой. На стеклянную трубку наденьте два резиновых кольца и одно из них поместите на первоначальном уровне воды в трубке (**с**).
2. Поместите спиртовку под колбой, зажгите ее и проследите за изменением уровня воды в трубке.
3. Через некоторое время (2–3 минуты) потушите спиртовку и поместите второе резиновое кольцо на новом уровне воды в колбе (**д**). Наблюдение продолжайте до охлаждения воды в колбе.



Обсудите результаты:

- Как изменился уровень воды в трубке при нагревании колбы?

- Как изменился уровень воды в трубке после охлаждения колбы?
- К какому выводу вы пришли в результате опыта?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При увеличении __ атомов __, они двигаются с еще большей амплитудой __.

В результате твердое тело испытывает __.

Причина теплового расширения жидкости и __ в том, что увеличивается средняя кинетическая энергия __ свободных молекул.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Газ
Колебательное движение
Тепловое движение
Твердое тело
Средняя кинетическая энергия
Расширение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какова причина теплового расширения твердых тел?
2. Почему объем тела при охлаждении уменьшается?
3. Почему на некоторых прямолинейных участках нефтепроводов (или газопроводов, водопроводов) производят сварку трубы в форме “П”?



Çarpıcı bir şekilde
üçün deyil

ПРОЕКТ

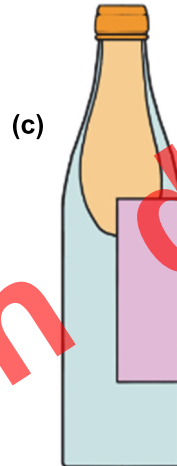
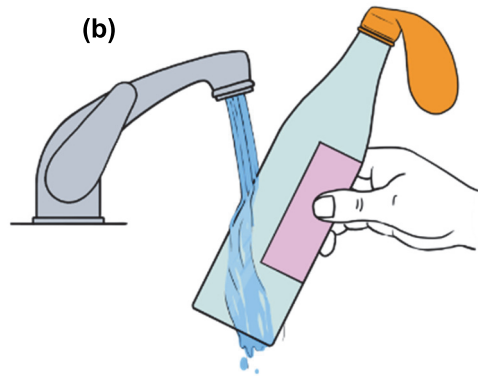
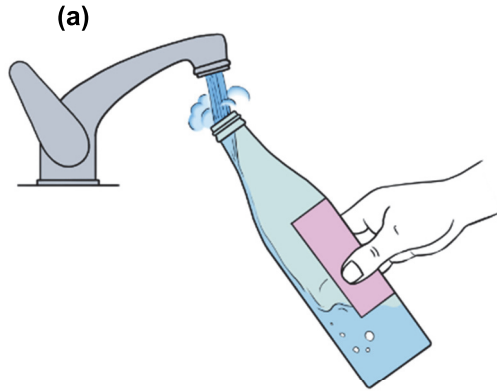
• Почему резиновый шар втянулся в бутылку?

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

Ход работы:

1. Наполните бутылку теплой водой (а).
2. Через несколько минут воду вылейте и сразу оденьте резиновый шар на горлышко бутылки.
3. Поместите бутылку под струю холодной воды (б) и проследите за постепенным втягиванием шара в бутылку (с).

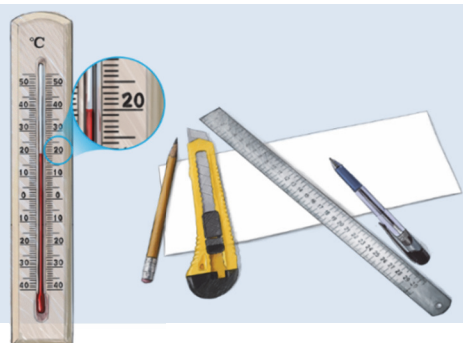
- Почему при охлаждении бутылки шар втягивается вовнутрь? Напишите обоснованный ответ.



1.3. Тепловое равновесие. Температурные шкалы

Термометр показывает температуру воздуха в комнате 20 °С.

- Как можно определить температуру стола в комнате, а также листка бумаги, карандаша, ручки, металлической линейки на поверхности стола?
- Нужно ли прикасаться термометром к каждому из этих предметов?



Чтобы ответить на эти вопросы, нет нужды измерять температуру каждого предмета в отдельности. В результате длительного контакта всех объектов в комнате с воздухом возникает *тепловое равновесие*.

В результате длительного взаимодействия молекул тел при тепловом равновесии возникает равенство их средней кинетической энергии: “*теплое*” тело, обладающее молекулами с большей энергией, передает часть своего тепла “*холодному*” телу, обладающему молекулами с меньшей кинетической энергией. Такой теплообмен между телами продолжается до равенства средней кинетической энергии их молекул.

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Что теплее?

Оборудование: широкая банка, теплая вода, приблизительно одинаковых размеров металлическая и деревянная ложки, стеклянная и пластмассовая палочки, лабораторный термометр.

Ход работы: 1. Наполните банку выше середины теплой водой и поместите туда термометр. 2. Поместив ложки и палочки, как показано на рисунке, на 5–6 минут в воду, проследите за показаниями термометра. 3. Прикоснитесь последовательно к банке, ложкам и палочкам. Обсудите показание термометра и ваши ощущения о теплоте предметов в воде.



Обсудите результаты:

- Сколько градусов показывает термометр в воде?
- Что можете сказать о температуре предметов, помещенных в воду?
- Какой из предметов вам показался более теплым при последовательном прикосновении к ним?
- Почему сковородки, чайники и кастрюли изготавливаются из металла, а ручки к ним из пластмассы или дерева?

Каждый предмет в теплой воде при соприкосновении с “холодным” телом (рукой) передает ему тепло. Если теплопередача происходит слабо, то рука чувствует слабое повышение температуры при соприкосновении с предметом (деревянная ложка, пластмассовая и стеклянная палочки); если же теплопередача происходит с большей скоростью, то рука чувствует большую теплоту предмета (металлическая ложка). На самом же деле температура всех объектов в воде равна ее температуре.

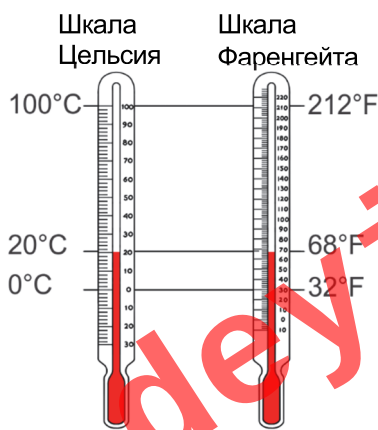
- Если температура тел одинаковая, то они находятся в тепловом равновесии.
- Если температура соприкасающихся тел разная, то между этими телами происходит теплообмен до установления теплового равновесия.

Температурные шкалы

Как вы знаете, температуру тел измеряют прибором, который называется *термометром* (см: “Физика – 6”). Как и любой измерительный прибор, термометр имеет шкалу. Для построения шкалы термометра берутся две основные температурные точки, затем, разделив расстояние между этими точками на равные части, градуируются по соответствующей единице измерения температуры.

Например, используемый в быту термометр показывает температуру в *градусах Цельсия* ($^{\circ}\text{C}$). В этой температурной шкале за опорные температурные точки приняты температура плавления льда – 0°C и температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении – 100°C .

Используемые в США и Англии шкалы термометров градуируются в единицах *градусов по Фаренгейту* ($^{\circ}\text{F}$). Температура плавления льда и кипения воды по шкале Фаренгейта, соответственно, равны 32°F и 212°F . Соотношение между шкалами Цельсия и Фаренгейта следующее:



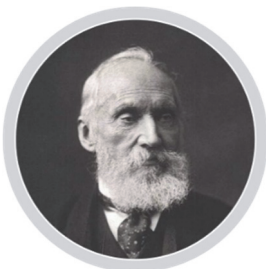
$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

или

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

В 1848 году английский физик Вильям Томсон (лорд Кельвин) предложил новую температурную шкалу. Эта шкала называется *абсолютной температурной шкалой*, или *шкалой Кельвина*. Абсолютная температура обозначается буквой T и ее единица измерения – *кельвин* (K). Нулевая точка ($0K$)

шкалы Кельвина, являясь низшей возможной температурой в природе, называется *температурой абсолютного нуля*. При температуре абсолютного нуля тепловое движение молекул вещества прекращается, то есть средняя кинетическая энергия молекул становится равна нулю.



Вильям Томсон (лорд Кельвин)

(1824–1907)

Английский физик

Один из основоположников термодинамики – науки, исследующей тепловые явления.

По шкале Цельсия температура абсолютного нуля соответствует температуре -273°C (точнее, $273,15^{\circ}$). По шкале Кельвина температура плавления льда 273 K , а температура кипения воды 373 K . Соотношение между температурами по шкалам Кельвина и Цельсия следующее:

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

Заполните таблицу:

№	$t (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{F}} (^{\circ}\text{F})$	$T (\text{K})$
1	36	96,8	309
2		32	
3			253

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если температура тел одинаковая, то они находятся в _____. Если же температура соприкасающихся тел разная, то между этими телами происходит _____ до наступления теплового равновесия. Нулевая точка (0K) шкалы Кельвина, являясь низшей возможной температурой в природе, называется температурой _____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Абсолютный нуль
Теплообмен
Тепловое равновесие

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

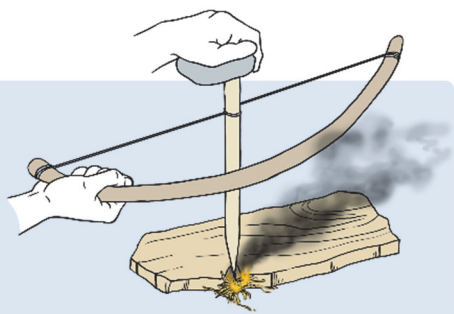
1. В каком случае, при помещении термометра в воду, он забирает тепло, а в каком случае отдает?
2. Выразите температуру своего тела в $t_F(^{\circ}F)$ и $T(K)$.
3. Имеется ли отрицательная температура на шкале Кельвина? Почему?

УПРАЖНЕНИЕ-1

1. Почему, прикасаясь рукой к влажной и сухой доскам в комнате, вы ощущаете влажную доску более холодной?
2. Разность между температурой плавления льда и температурой кипения воды по шкале Цельсия равна $100^{\circ}C$. Какова эта разность по шкалам Фаренгейта и Кельвина, соответственно $t_F(^{\circ}F)$ или $T(K)$?
3. От каких физических величин зависит температура с позиции молекулярного строения вещества?
4. В Баку средняя температура зимой равна $-2^{\circ}C$, а летом $33^{\circ}C$. Выразите эти температуры в Фаренгейтах.
5. Самолет совершает полет на высоте 10 км. Температура в салоне самолета $20^{\circ}C$, а за его бортом $-58^{\circ}C$. Какова разность температур в $t(^{\circ}C)$ и $T(K)$?

1.4. Внутренняя энергия

В древности люди, поместив соломку на место трения тел друг о друга, добывали огонь.



- В чем причина воспламенения соломинок?

Согните и выпрямите медную проволоку в одном и том же месте несколько раз. В результате в этом месте наблюдается некоторое утолщение проволоки и одновременно сильное нагревание.

- Какова причина утолщения и нагревания в месте сгиба проволоки?

ИССЛЕДОВАНИЕ -1

- Куда исчезла механическая энергия?

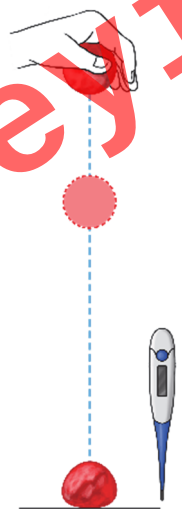
Оборудование: пластилиновый шарик (диаметром 6-8см), металлическая пластина, электронный термометр.

Ход исследования:

1. Измерив температуру шарика и пластины, запишите их в рабочий листок.
 2. Поместите пластинку на полу и свободно опустите шарик на нее с высоты 1,5 м.
 3. Шарик, упав на пластинку, останавливается.
- В это время:
- а) измерьте температуру шарика и пластины после их взаимодействия и отметьте в рабочем листке;
 - б) обратите внимание на деформацию шарика.

Обсудите результат:

- Какое превращение энергии происходит при свободном падении шарика?
- Шарик, упав на пластинку, останавливается. Исчезла ли в это время механическая энергия шарика? Можно ли утверждать, что нарушается закон сохранения энергии?
- Какое изменение формы происходит после падения шарика на поверхность пластины?
- На какой вывод наталкивает повышение температуры шарика и пластины после их взаимодействия и происшедшей деформации шарика?



Поднятое и удерживаемое на определенной высоте тело (пластилиновый шарик) получает потенциальную энергию. Свободно падающий шарик постепенно теряет высоту, однако его скорость увеличивается, то есть потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая увеличивается. В момент удара шарика о пластину на полу вся механическая энергия шарика превращается в кинетическую энергию. Однако, ударившись о пластину, пластилиновый шарик прилипая к ней и становится неподвижным. Шарик теряет как потенциальную энергию, так и кинетическую. Нарушается ли закон сохранения механической энергии?

Куда исчезла механическая энергия?

Молекулы пластилинового шарика, прилипшего при ударе к поверхности пластины, “возбуждаются”. Это сопровождается деформацией и повышением температуры шарика. Повышение температуры связано с увеличением средней кинетической энергии молекул, а деформация – с изменением межмолекулярного расстояния и взаимодействия между ними.

Таким образом, механическая энергия пластилинового шарика не исчезает бесследно, она превращается во внутреннюю энергию тела, то есть в кинетическую энергию молекул и потенциальную энергию взаимодействия молекул.

- *Внутренняя энергия – это сумма кинетических энергий движения и потенциальных энергий взаимодействия молекул, из которых состоит тело.* Внутренняя энергия обозначается буквой U , а единица ее измерения в системе СИ – джоуль (Дж).

- *Полная энергия тела – это сумма его механической и внутренней энергий:*

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

От чего зависит внутренняя энергия?

- ***Внутренняя энергия зависит от температуры тела.***

Чем выше скорость движения (средняя кинетическая энергия) молекул, тем выше температура тела. С повышением температуры тела внутренняя энергия увеличивается, а с понижением температуры внутренняя энергия тела уменьшается.

- ***Внутренняя энергия зависит от агрегатного состояния тела.***

Молекулы тел в твердом, жидком и газообразном состоянии отличаются характером теплового движения, а также расстояниями между ними. По этой причине средняя кинетическая энергия и потенциальная энергия взаимодействия молекул различаются.

- ***Внутренняя энергия зависит от массы тела.***

Общая масса всех молекул в теле образует его массу. Так как внутренняя энергия тела состоит из суммы средних кинетических и потенциальных энергий всех молекул, то при всех прочих равных условиях (одинаковое значение температуры и давления) тело с большей массой обладает и большей внутренней энергией.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

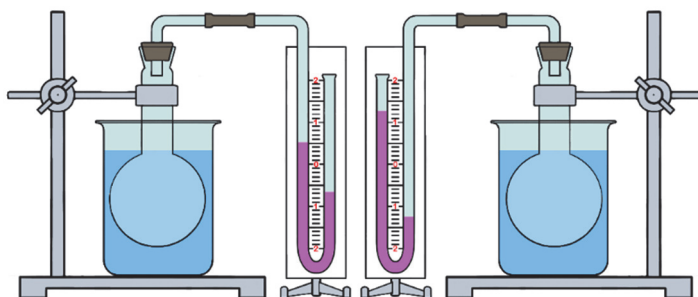
ИССЛЕДОВАНИЕ -2

• В какой из колб внутренняя энергия воздуха больше?

Каждая из двух одинаковых колб подсоединяется к одинаковым манометрам. Одну из колб помещают в сосуд с теплой водой, а другую – в сосуд с холодной водой.

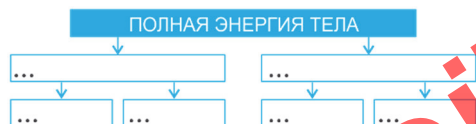
Определите:

1. В каком из сосудов вода более теплая?
2. В какой из колб внутренняя энергия воздуха увеличилась, а в какой – уменьшилась? Почему?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Нарисуйте схему на рабочем листке и, используя ключевые слова, заполните ее.



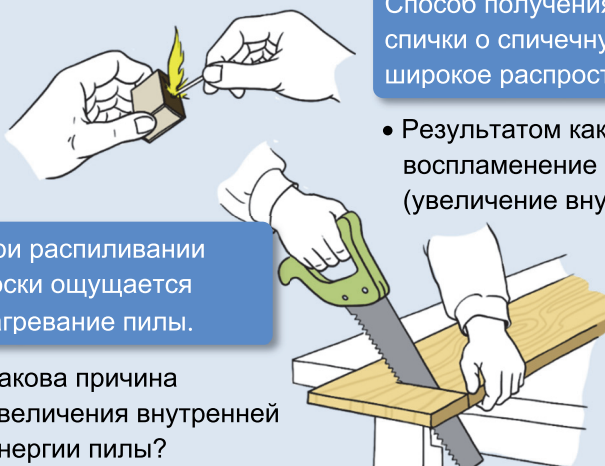
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Внутренняя энергия
Механическая энергия
Кинетическая энергия тела
Средняя кинетическая энергия молекул тела
Потенциальная энергия тела
Потенциальная энергия молекул тела

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая энергия является внутренней энергией тела?
2. Из чего состоит полная энергия тела?
3. От чего зависит внутренняя энергия тела?
4. Приведите примеры превращения механической энергии во внутреннюю.

1.5. Способы изменения внутренней энергии: совершение механической работы и теплопередача



Способ получения огня трением головки спички о спичечную коробку получило широкое распространение в быту.

- Результатом какого процесса является воспламенение головки спички (увеличение внутренней энергии)?

При распиливании доски ощущается нагревание пилы.

- Какова причина увеличения внутренней энергии пилы?

ИССЛЕДОВАНИЕ -1

• Воздушная зажигалка

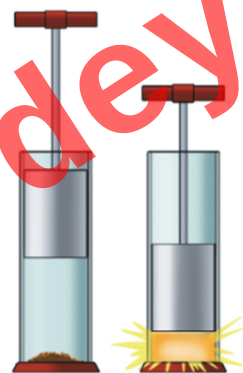
Оборудование: толстостенный цилиндр изготовленный из оргстекла (плексиглас) с поршнем и сера, счищенная с головок спичек.

Ход исследования:

1. Вынув поршень, насыпьте на дно цилиндра серу.
2. Поместив поршень в цилиндр, резким ударом вниз сожмите воздух в нем.

Обсудите результат:

- Что наблюдалось при резком ударе по поршню?
- Что воспламеняет серу спичек? Почему это простое приспособление называется "воздушным огнивом"?



Совершая механическую работу, можно изменить (увеличить или уменьшить) внутреннюю энергию тела. Например, причиной резкого нагревания рук при трении ладоней друг о друга, пилы при распили-

вании доски и т.д., является увеличение внутренней энергии тел в результате механической работы, проделанной силой трения. Это наглядно было проверено в исследовании с “воздушной зажигалкой”. При резком движении поршня вниз от удара над воздухом в цилиндре совершается работа – он сжимается. В результате температура воздуха резко увеличивается: внутренняя энергия воздуха увеличивается, и он воспламеняет серу спичек.

- При совершении механической работы над телом его внутренняя энергия увеличивается, а если работу совершает само тело, его внутренняя энергия уменьшается.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

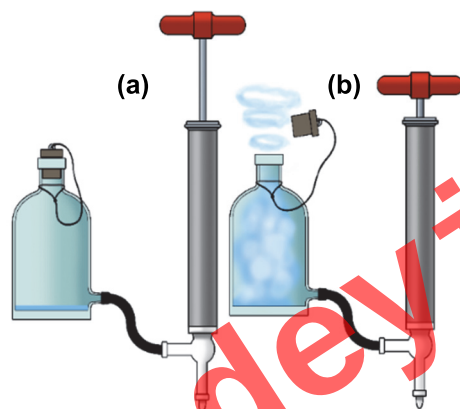
ИССЛЕДОВАНИЕ -2

• Туман в сосуде

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

Ход исследования:

1. Налив в сосуд небольшое количество воды, плотно закройте его пробкой. Для повышения влажности воздуха в сосуде несколько раз встряхните его.
2. Привяжите пробку нитью к горлышку сосуда и соедините его с воздушным насосом (а).
3. Накачивайте воздух в сосуд до выброса пробки и внимательно проследите наблюдаемое явление (b).



Обсудите результат:

- За счет работы какого тела вылетает пробка?
- Почему после выброса пробки в сосуде образуется туман? Какова причина охлаждения воздуха в сосуде?

Исследование объясняется так: накачивая воздух в сосуд, вы совершаете работу. Количество молекул в сосуде увеличивается, увеличивается их скорость и взаимодействие. В результате внутренняя энергия и температура воздуха повышаются. Затем сжатый воздух, выталкивая пробку, совершает работу, в это время внутренняя энергия воздуха уменьшается и температура воздуха в сосуде падает, в результате в сосуде возникает туман.

Можно ли изменить внутреннюю энергию тела не совершая механическую работу?

Если чайник с горячей водой поставить на холодную подставку, то через определенное время вода в нем остынет. Если же нагревать чайник на плите, то, наоборот, температура воды повышается, и она закипает. При помещении в стакан с водой кусочков льда вода охлаждается. Во всех этих примерах тела оставались неподвижными, то есть механическая работа не совершалась, однако некоторые из них нагревались – внутренняя энергия увеличивалась, а некоторые из них охлаждались – внутренняя энергия уменьшалась.

Итак, между двумя телами с различными температурами при соприкосновении происходит теплообмен: тепло от тела с более высокой температурой переходит к телу с более низкой температурой. В



результате внутренняя энергия тела, отдающего тепло, уменьшается, а у тела, принимающего тепло, увеличивается.

• Процесс передачи тепла от теплого тела (или части тела) к холодному телу (или части тела) называется **теплопередачей**.

Определение можно выразить и так:

• Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения механической работы над ним 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 передачи тепла от более нагретого тела (или части тела) к телу, менее нагретому (или части тела) называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Внутренняя энергия
Теплопередача
Механическая работа

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему быстро скользить по канату опасно?
2. Как изменится температура и внутренняя энергия тела при совершении над ним работы?
3. Приведите пример совершения работы за счет внутренней энергии тела.
4. Чем отличается изменение внутренней энергии способом теплопередачи (теплообмен), от способа совершения механической работы?

1.6. Теплопроводность

При помещении ложки в стакан с горячим чаем часть ложки, находящаяся в чае, нагревается, так же как и часть ложки, не погруженная в чай.



- Между какими соприкасающимися телами в этом процессе происходит теплообмен?
- У какого тела во время теплообмена внутренняя энергия уменьшается, а у какого тела внутренняя энергия увеличивается?
- Каким способом произошло изменение внутренней энергии ложки?

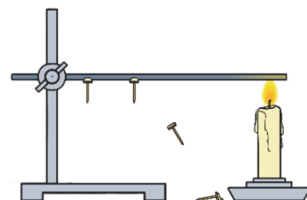
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Как происходит изменение внутренней энергии?

Оборудование: металлический стержень, мелкие гвозди (4-5 шт.), парафин (или пластилин), свеча (или спиртовка), штатив, спички.

Ход исследования:

1. Закрепите металлический стержень в штативе и при помощи парафина прикрепите гвозди к нему на равных друг от друга расстояниях.
2. Пламя горячей свечи поместите под свободным концом стержня и наблюдайте последовательность падения гвоздей.



Обсудите результат:

- В каком направлении и как изменяется внутренняя энергия металлического стержня? Ответ обоснуйте.
- Как вы объясните с молекулярной позиции изменение внутренней энергии металлического стержня?

Как и во всех твердых телах, атомы металлического стержня совершают колебательные движения вокруг определенного положения равновесия. При нагревании пламенем свечи свободного конца стержня увеличивается скорость колебательного движения, и амплитуда колебания атомов металла. Эти атомы, находясь во взаимодействии с соседними атомами, передают им часть своей энергии. Таким образом, происходит процесс теплопроводности вдоль всего стержня, и он постепенно прогревается. Отметим, что передача атомами твердого тела части своей энергии не приводит к изменению положения его точки равновесия, то есть в теле перенос вещества не происходит.

- Процесс передачи энергии от одной части тела к другой, или от одного из соприкасающихся тел другому называется **теплопроводностью**.

При теплопроводности происходит только перенос энергии, передача вещества не происходит.

Теплопроводность у различных веществ различна. В природе металлы лучше остальных передают тепло, однако их теплопроводность не одинаковая.

Теплопроводность жидкостей меньше теплопроводности металлов, а теплопроводность газов еще меньше. Это объясняется тем, что за счет переданной газам энергии расстояние между молекулами увеличивается. Так как при теплопроводности кинетическая энергия передается от одной молекулы другой, увеличивается и расстояние между молекулами, что ослабляет обмен энергией между ними.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

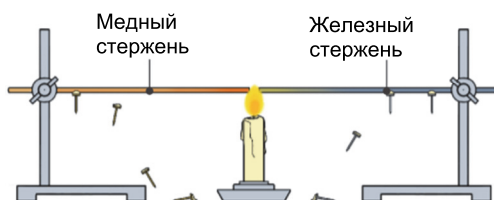
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Теплопроводность различных металлов различна

Оборудование: одинакового размера стержни из железа и меди, мелкие гвозди (8-10 шт.), парафин (или пластилин), свеча (или спиртовка), штатив (2 шт.), спички.

Ход исследования:

1. Закрепите железный и медный стержни каждый в отдельности в штативах и при помощи парафина прикрепите гвозди к ним на равных друг от друга расстояниях.
2. Разместив стержни, как показано на рисунке, поместите их свободные концы в пламя свечи и наблюдайте последовательность падения гвоздей.



Обсудите результат:

- У какого из металлов теплопроводность лучше? Ответ обоснуйте.

ИССЛЕДОВАНИЕ-3

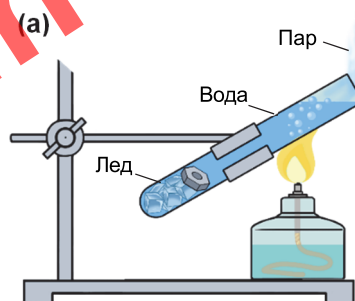
• Теплопроводность жидкостей и газов

Оборудование: пробирка (2 шт.), кусок льда, стакан с водой, пробка, тонкий металлический стержень, гайка, спиртовка, штатив с лапкой.

Ход работы:

I этап.

1. Наполните пробирку более чем наполовину водой и бросьте в нее кусочек льда. Положите на лед гайку, чтобы он не поднимался на поверхность.



2. Закрепите пробирку в штативе так, как показано на рисунке, и при помощи спиртовки нагревайте ее верхнюю часть **(a)**.
3. Обратите внимание, в какой части пробирки вода кипит, плавится в это время кусочек льда или нет?

Обсудите результат:

- Что наблюдается при нагревании воды в пробирке?
- Почему, несмотря на то, что вода в нагреваемой части пробирки кипела, кусочек льда не растаял?
- К какому результату вы пришли о теплопроводной способности жидкости?



II этап.

1. Закройте сухую пробирку пробкой с металлическим стержнем в середине.
2. Нагревайте пробирку на спиртовке, удерживая ее за свободный конец стержня **(b)**.

Обсудите результат:

- Почувствовали нагревание металлического стержня одновременно с нагреванием пробирки? Почему? Ответ обоснуйте.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Вода по сравнению с медью тепло проводит в 20 000 раз слабее. А в вакууме из-за отсутствия атомов и молекул теплопроводность равна нулю.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Процесс передачи __ от одной части тела к другой или от одного из соприкасающихся тел другому называется __. При теплопроводности происходит только перенос энергии, а вещество не происходит.

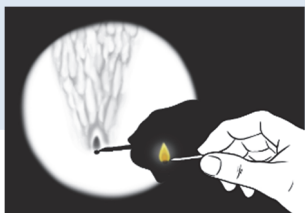
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Теплопроводность
Перенос вещества
Энергия

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

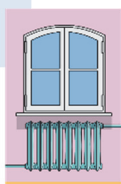
1. Почему теплопроводность воздуха во много раз слабее теплопроводности меди?
2. Что переносится теплопроводностью при изменении внутренней энергии?
3. Бывают такие годы, когда в морозные зимы озимая пшеница в полях не замерзает, а бывает, что замерзает. Почему? Ответ обоснуйте.
4. В каких целях используется способность высокой теплопроводности металлов? Приведите примеры.

1.7. Конвекция

Пропустите свет от фонаря через пламя горящей спички и получите тень на стене.



- Потоки чего наблюдаете над пламенем? Почему они поднимаются вверх?
- Почему обычно отопительные радиаторы помещают в нижней части комнаты?
- Почему во многих случаях радиаторы изготавливаются в форме “гармошки”?



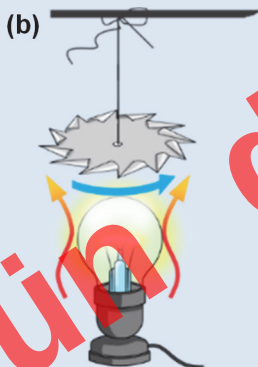
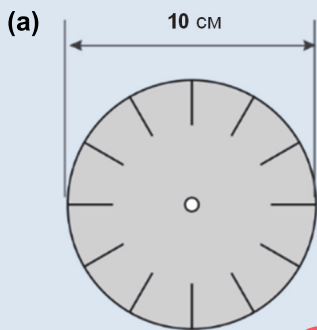
- Несмотря на плотно закрытые окна, иногда зимой ногам холодно. Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Что вращает пропеллер?

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

Изготовление пропеллера: вырежьте из фольги круг диаметром 10 см. Отметив по краю круга 12 точек карандашом на равных расстояниях, прочертите линии к центру по радиусу длиной 7-8 см и при помощи ножниц вырежьте по этим линиям круг (а). Разверните кончики полученных лепестков перпендикулярно плоскости круга в противоположные стороны. Прodelайте в центре круга отверстие и пропустите через него один конец нити, предварительно сделав на другом конце нити узел. Пропеллер готов



Ход работы:

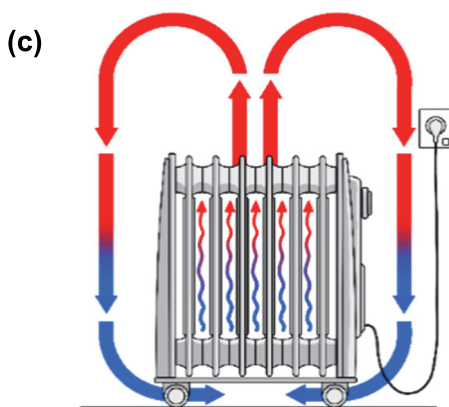
Взяв за свободный конец нить, поместите пропеллер на высоте 5–8 см над лампой, включите лампу (b) и проследите наблюдаемое явление.

Обсудите результат:

- Почему пропеллер, помещенный над включенной лампой, начинает двигаться? Ответ обоснуйте.

Конвекция в газах

Рядом с нагревателем ощущается распространение от него теплого воздуха. Такой же процесс теплопередачи чувствуется при приближении руки к включенной лампе. Во всех этих процессах рядом с нагревателем и лампой происходит процесс нагревания воздуха. В результате нагретый воздух расширяется и его плотность уменьшается. Поэтому на нагретую воздушную массу со стороны холодного воздуха действует сила Архимеда (**с**), которая выталкивает ее вверх. Затем на место массы теплого воздуха перетекает холодный воздух, то есть возникает течение воздуха.



Таким образом, ощущаемый около нагревателя поток воздуха приводит в движение пропеллер, что мы наблюдаем во время исследования и т.д.

- Процесс переноса энергии течением жидкости или газа (перенос вещества) называется **конвекцией**.

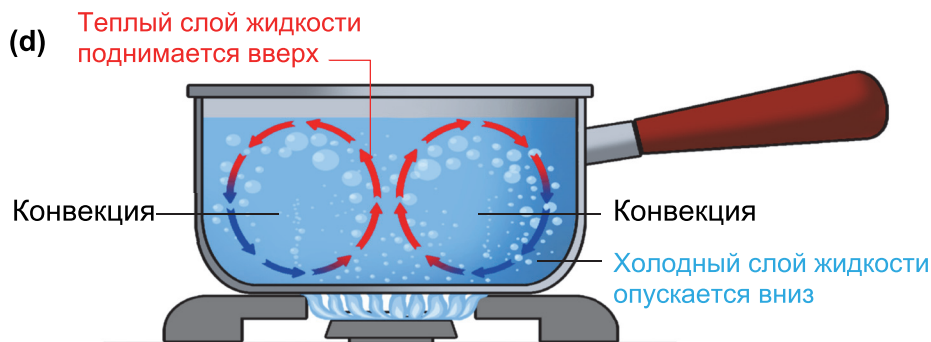
Иногда возникающее течение жидкости и газа в процессе конвекции называется *конвективным течением*.

Так как при теплопередаче в твердых телах перенос вещества не происходит (на основании молекулярного строения), явление конвекции в них не происходит.

Конвекция в жидкостях

Теплопередача в жидкостях также осуществляется при помощи переноса вещества. Это происходит так: в результате теплового движения молекулы нагретого слоя жидкости, распространяясь в различных направлениях, приводят к расширению данного слоя. В результате плотность данного слоя уменьшается и действующая на этот слой жидкости сила тяжести становится меньше выталкивающей силы Архимеда, действующей со стороны окружающих его других слоев жидкости.

В результате нагретый слой жидкости поднимается вверх, а на его место перемещается слой холодной воды, то есть возникает течение жидкости **(d)**. Процесс протекает до полного равномерного прогрева всей жидкости, то есть до возникновения *теплового равновесия*.



Конвекция в природе

Толстый слой снега оберегает землю от замерзания. Причина этого в том, что неподвижный воздух между снежинками плохо проводит тепло. Однако не прикрытая снегом земля тоже находится под слоем воздуха, почему голая (без снега) земля на морозе замерзает? Причина этого в том, что теплоизоляционные свойства воздуха нейтрализуются конвекцией. Так, воздух, находящийся в теплообмене с землей, всегда находится в конвективном движении: относительно теплые слои воздуха у земли, поднимаясь в верхние слои атмосферы, охлаждаются и снова возвращаются к земле.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Конвекция в жидкости

Оборудование: стеклянная банка с широким горлышком, холодная вода (1 литр), небольшая фаянсовая колба, подкрашенная теплая вода (0,2 литра).

Ход исследования:

1. Налейте в банку воды выше середины.
2. Наполните колбу подкрашенной теплой водой, затем, закрыв пальцем горлышко, опустите в банку с холодной водой и откройте ее.



Обсудите результат:

- Почему вытекающая из колбы теплая вода поднимается к поверхности холодной воды, как извержение вулкана?
- Каким способом происходит наблюдаемый процесс теплопередачи? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Процесс переноса энергии течением жидкости и газа (перенос вещества) называется ____.

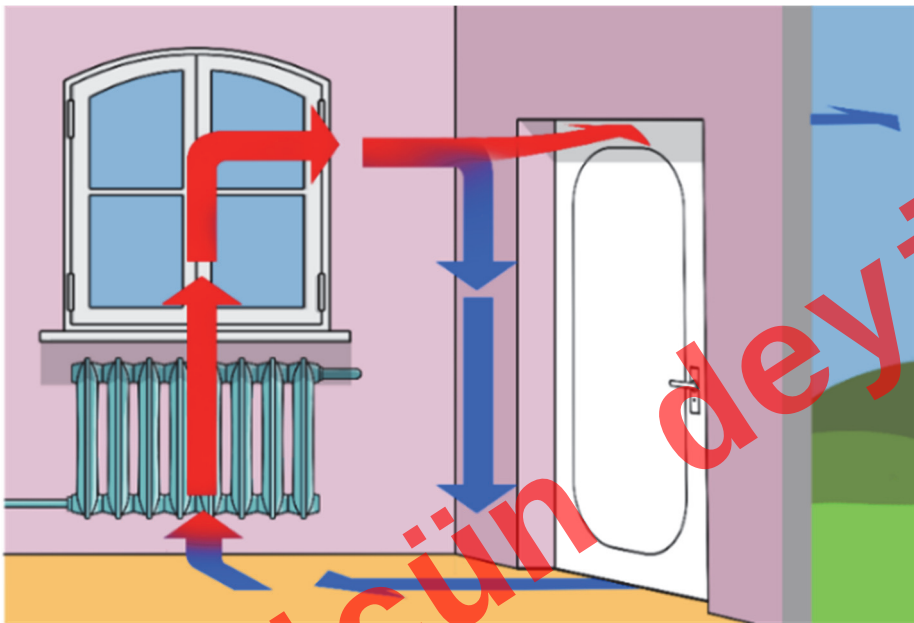
Возникающее течение жидкости и газа в процессе конвекции называется ____.

Процесс конвекции протекает до возникновения ____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Конвективное течение
Тепловое равновесие
Конвекция

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему в твердых телах конвекция не наблюдается?
2. На рисунке представлена схема конвективного течения воздуха в комнате. Объясните процесс.
3. Какие примеры можно привести по конвекции в природе?
4. Почему жидкости и газы, как правило, нагревают снизу?



1.8. Излучение

Основным источником энергии всех планет, в том числе и Земли, является Солнце. Ученые выяснили, что хотя Земля и расположена на расстоянии 150 000 000 км от Солнца, она получает от него 10^{14} Дж энергии каждую секунду. Эта энергия прогревает атмосферу, землю, моря и океаны, обеспечивает жизнь на Земле.

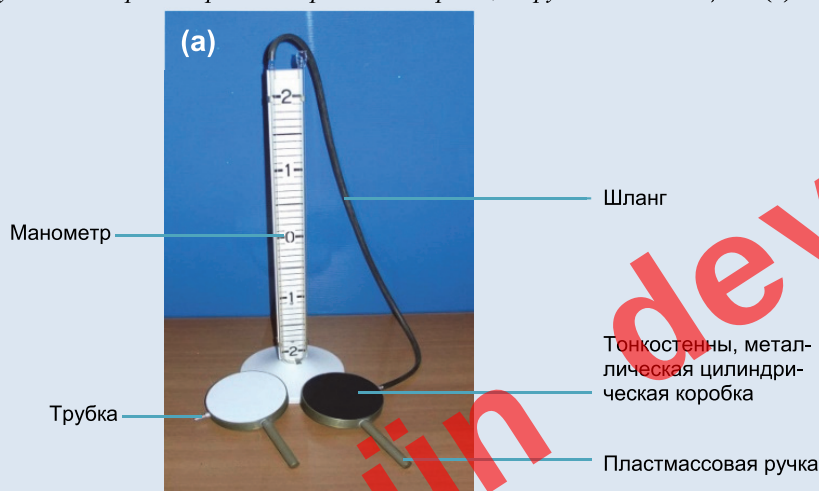
- Каким способом передается энергия от Солнца Земле и другим планетам?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Эксперимент с теплоприемником

Оборудование: теплоприемники (2 шт.), резиновый шланг, жидкостной манометр (2 шт.), ножницы (2 шт.: 60 Вт и 100 Вт), подставка от штатива.

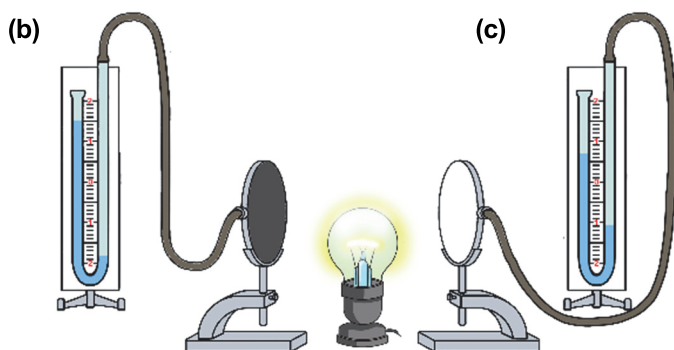
Устройство теплоприемника: прибор, называемый теплоприемником, представляет собой небольшую тонкостенную металлическую цилиндрическую коробку. Коробка имеет пластмассовую ручку. Имеющийся внутри коробки воздух может с легкостью покидать ее через трубку прибора. Эту трубку подсоединяют при помощи шланга к манометру. Одна сторона коробки покрашена в черный, а другая – в белый цвет (а).



Ход исследования:

1. Подсоедините при помощи шланга манометры к теплоприемникам на подставке, предварительно повернув их друг к другу разными поверхностями.
2. Включите лампу в 60 Вт и поместите ее между теплоприемниками на одинаковом расстоянии. Подождите 1 минуту и наблюдайте изменение уровня жидкости в манометрах (манометры показывают давление воздуха в коробках).

3. Отключив лампу, замените ее на 100 Вт-ную и повторите опыт. Обратите внимание на изменение давления в манометрах.
4. Поместите теплоприемник с черной поверхностью около лампы и наблюдайте за манометром.



Обсудите результат:

- Почему при включенной лампе подсоединенный к теплоприемнику манометр с черной поверхностью показывает более высокое давление, чем подсоединенный к теплоприемнику манометр с белой поверхностью (b и c)?
- Как изменилось давление в манометре, когда заменили лампу более мощной лампой?
- Какой вывод можно сделать, основываясь на изменении давления в манометре, при помещении теплоприемника с черной поверхностью около лампы?
- Каким способом и с какой скоростью передается тепло от лампы к теплоприемнику? Почему теплопередача происходит с большей скоростью?

Излучение

Пространство за пределами земной атмосферы – космическое пространство между Солнцем и Землей – можно сказать, представляет собой вакуум. А передача тепловой энергии при помощи *теплопроводности и конвекции* в вакууме совершенно невозможна. Поэтому, говоря, что от Солнца на Землю поступает колоссальное количество энергии, мы сталкиваемся с новым способом теплопередачи, это **излучение**.

• **Излучение** – передача энергии от одного тела к другому при помощи лучей (видимых и невидимых).

Излучение отличается некоторыми свойствами от других способов теплопередачи:

- может распространяться в вакууме (среда, в которой отсутствует любое вещество);
- может распространяться на большие расстояния;
- может распространяться с очень большой скоростью ($\approx 3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$);
- может распространяться во всех направлениях.

Источник излучения может быть естественным и искусственным (созданным человеком). Для Земли самым большим естественным источником излучения является Солнце, излучающее как свет, так и тепло. Сверчки, медузы и другие, обладающие свойством светиться в темноте, являются естественными источниками света.



Созданные же человеком электрическая лампа накаливания, керосиновая лампа и другие являются искусственными источниками света и тепла.



Отражение и поглощение света

При попадании энергии излучения от одного тела на поверхность другого часть этой энергии поглощается поверхностью, а другая часть отражается. При поглощении энергии телом его внутренняя энергия увеличивается, и оно нагревается. Поверхности темных и светлых тонов обладают различной способностью поглощения излучения. Так, поверхности темных (черных) тонов лучше поглощают энергию излучения, а поверхности светлых тонов, наоборот, лучше отражают излучение. Вы проверили это при помощи теплоприемника в исследовании: в результате поглощения большей энергии черной поверхностью приемника наблюдается увеличение внутренней энергии и температуры воздуха в коробке, что приводит к увеличению давления воздуха в колене манометра и большему выдавливанию жидкости вниз. А светлая поверхность приемника лучше отражает излучение, то есть он меньше поглощает энергию. Внутренняя энергия и температура воздуха в коробке изменяются мало, и в результате давление изменяется так же мало, и жидкость в колене манометра опускается очень незначительно.

Зависимость способности тела поглощать излучение от цвета его поверхности широко применяется в технике и быту. Например, обычно поверхность самолета покрывается серебристой краской для сильного отражения излучения Солнца во время полета его в верхних слоях атмосферы и слабого нагревания. Наоборот, с целью использования энергии Солнца для нагревания поверхности соответствующих установок покрывают темной краской. В качестве примера таких установок можно привести солнечные батареи, водяные нагреватели и другие.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

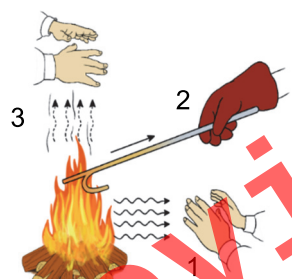
Все тела независимо от их температуры излучают энергию. Однако если температура тела низкая, то оно излучает невидимые глазом лучи. С повышением температуры тело начинает светиться и создает видимое излучение: сначала красное, затем оранжевое, желтое и т.д. свечение. Экспериментально было определено, что при температуре тела 5800°C оно излучает в основном лучи желтого цвета. По этому признаку была определена температура на поверхности Солнца.

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

На рисунке представлено нагревание огнем рук и металлического стержня теплом от костра. Какими цифрами обозначены процессы теплопередачи: теплопроводность, конвекция или излучение?

Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Передача энергии от одного тела к другому при помощи ___ (видимых и невидимых) называется ___. Поверхности темных и светлых тонов обладают различной способностью ___. Поверхности темных тонов лучше поглощают энергию излучения, а поверхности светлых тонов, наоборот, лучше ___ излучение.

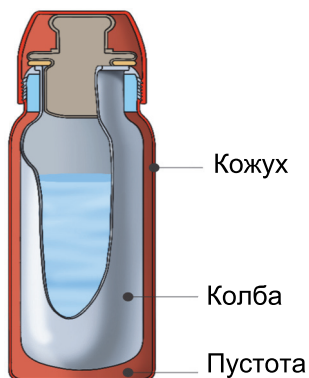
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Луч
Поглощение излучения
Отражение
Излучение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

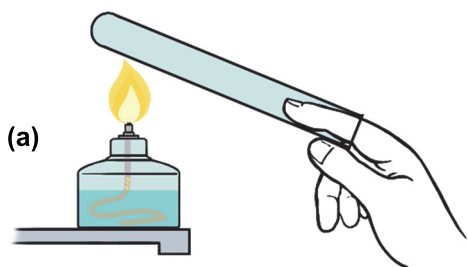
1. Чем отличается излучение от других способов теплопередачи?
2. Почему летом предпочитают надевать светлую одежду, а зимой темную?
3. Почему покрытый пеллом снег тает быстрее чистого снега?
4. Какая из почв под лучами Солнца прогревается быстрее: чернозем или желтозем? Ответ обоснуйте.

УПРАЖНЕНИЕ-2

1. На рисунке показан термос в разрезе. Он состоит из двустенной колбы, между которыми откачан воздух. Поверхность колбы покрыта блестящим серебряным слоем. Почему колба покрывается блестящим слоем и изготавливается двустенной?



2. Некоторые птицы, например, тетерев, зяблик, глухарь и другие, прячутся в снежных сугробах и могут оставаться в них по несколько суток. Почему?
3. Воздух в пробирке прогревается **(а)**, вода же кипит **(б)**. Но рука не чувствует высокую температуру. Почему? Ответ обоснуйте.



4. Передать тепло от нагретого тела, находящегося на космической станции, вращающейся вокруг Земли, трудно. Почему?
5. Каким способом происходит теплообмен между двумя телами в вакууме: конвекцией, излучением или теплопроводностью?

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Как изменится внутренняя энергия и температура тела, если поглощаемая энергия больше энергии, которую оно излучает?

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

2. Как изменяется внутренняя энергия двух тел с температурами 20°C (I тело) и 65°C (II тело) при теплообмене 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 I тела не изменится, внутренняя энергия II тела не изменится.

3. Изменение, какой физической величины может быть причиной изменения внутренней энергии тела (без учета сопротивления и трения)?

- A) Потенциальной энергии тела.
- B) Кинетической энергии тела.
- C) Скорости тела.
- D) Температуры тела.
- E) Расстояния тела от Земли.

4. В каком теле конвекция невозможна?

- A) Только в жидкости.
- B) Только в газе.
- C) Только в твердом теле.
- D) В жидкости и газе.
- E) В твердом теле и жидкости.

5. Средняя температурам воздуха в Шеки зимой равна -5°C , а летом 28°C . Выразите эти температуры в Кельвинах.

- A) 278 K и 301 K.
- B) 278 K и 245 K.
- C) 268 K и 301 K.
- D) 268 K и 245 K.
- E) 5 K и 29 K.

6. Температура тела зависит от ... молекул, из которых состоит тело.

- A) количества
- B) размеров
- C) расположения
- D) расстояния между
- E) скорости

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ

2

стр. 39–62

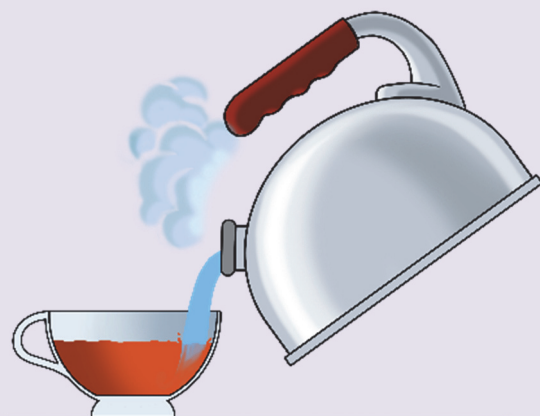
- 2.1. Количество теплоты
- 2.2. Удельная теплоемкость
- 2.3. Теплота сгорания топлива
- 2.4. Закон сохранения энергии в тепловых процессах
- 2.5. Уравнение теплового баланса
- 2.6. **Практическая работа.** Определение удельной теплоемкости тела

- Обобщающие задания

Çar
üçün
deyil

2.1. Количество теплоты

Обычно для того, чтобы подогреть теплый чай в чашке, в нее добавляют определенное количество горячей воды. Между теплым чаем в чашке и горячей водой возникает теплообмен, до установления теплового равновесия меняется внутренняя энергия жидкости.



- Как изменяется внутренняя энергия чая в чашке и воды во время теплообмена: у какой жидкости внутренняя энергия уменьшается, а у какой внутренняя энергия увеличивается? Почему?
- Можно ли определить, на сколько внутренняя энергия веществ увеличилась или уменьшилась?

Процесс изменения внутренней энергии тел при помощи теплопередачи характеризуется физической величиной, называемой *количеством теплоты*.

• **Количество теплоты – это энергия, получаемая или отдаваемая телом в процессе теплопередачи.**

Количество теплоты обозначается буквой Q и в системе СИ его единица измерения джоуль: $[Q] = 1 \text{ Дж}$.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Имеется и другая единица измерения количества теплоты, называемая *калорией*. Калория – это количество теплоты, необходимое для нагревания воды массой 1 г на 1°C . Соотношение между джоулем и калорией следующее:

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

Обычно калории (или килокалории) используются для оценки энергетической ценности продуктов питания. Так, количество калорий в продуктах питания определяется количеством энергии, получаемой от него организмом. Организм получает калории от таких составных частей продуктов питания, как белки, жиры и углеводы.

От чего зависит количество теплоты?

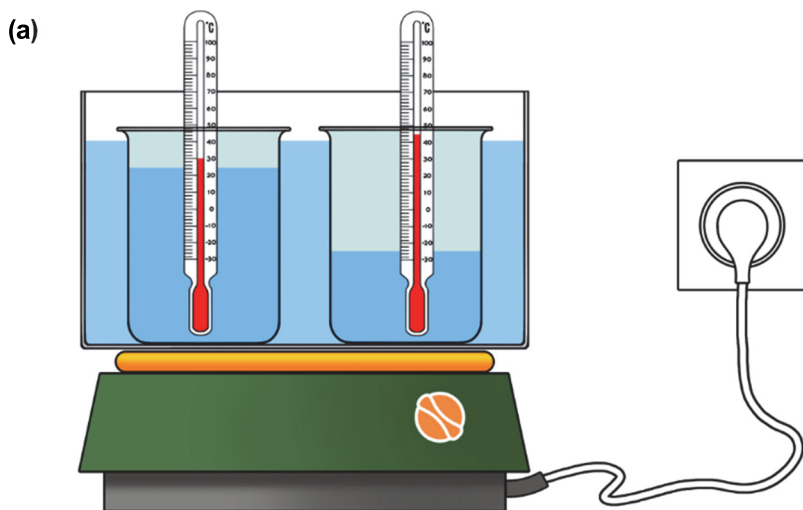
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Как зависит количество теплоты от массы?

Оборудование: электрическая плитка (нагреватель), плоская алюминиевая посуда (диаметром 18–24 см), лабораторный стакан (2 шт. по 150 г), вода (2 л), лабораторный термометр (2 шт.), мензурка.

Ход работы:

1. Наполнив один из стаканов 100 г, а другой 50 г. воды, поместите их в алюминиевую посуду. Затем, наполнив алюминиевую посуду водой чуть выше уровня жидкости в первом стакане, поместите ее на электрическую плитку (**а**).



2. Поместите термометры в стаканы. Подождите 1 минуту и отметьте первоначальную температуру воды в стаканах (показания их одинаковы).
3. Включите нагреватель и начинайте подогревать стаканы с водой в водяной ванне. Подождите 5 минут и отметьте показания термометров в стаканах.

Обсудите результат:

- Что наблюдается при постепенном нагревание воды в стаканах?
- К какому выводу приводит эксперимент: от чего зависит количество теплоты, переданное данной жидкости для нагревания ее до определенной температуры?

Исследование показало, что, хотя за одно и то же время вода в стаканах получает одинаковое количество теплоты, вода с большей массой нагревается меньше, чем вода меньшей массы.

Примечание.

Изменение произвольной физической величины обозначается написанием греческой буквы дельта (Δ) перед этой величиной. Например, если начальная температура тела t_1 , а после теплообмена его температура t_2 , то в этом случае изменение температуры записывается так:

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

- Требуемое для нагревания данного тела до определенной температуры количество теплоты зависит от массы этого тела.

Это означает, что для нагревания тел разной массы до одной и той же температуры телу с большей массой необходимо передать большее количество теплоты.

При обратном процессе наблюдается следующая закономерность:

- При остывании тел разной массы тело с большей массой передает большее количество теплоты окружающим его телам.

– В каком случае требуется большее количество теплоты: при нагревании 100 г воды от комнатной температуры (например, $t_1=18^\circ\text{C}$) до температуры, например, $t_2=50^\circ\text{C}$, или при нагревании этой же воды до температуры кипения ($t_2=100^\circ\text{C}$)? Конечно, при нагревании 100 г воды от комнатной температуры до температуры кипения требуется большее количество теплоты. В этом случае изменение температуры воды больше:

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

- Количество теплоты, требуемое для нагревания тела, зависит от изменения температуры данного тела.

Какому из тел для нагревания до одной и той же температуры требуется большее количество теплоты: для 200 г воды или для 200 г подсолнечного масла?

Опыты показывают, что для нагревания разных тел одинаковой массы до одной и той же температуры необходимо передать им разное количество теплоты. Это означает, что:

- Необходимое количество для нагревания тела до определенной температуры зависит от вещества, из которого состоит данное тело.

Итак:

- Количество теплоты необходимое для нагревания тела (или выделяемое при охлаждении количество теплоты) зависит от массы тела, изменения его температуры и вещества, из которого оно состоит.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

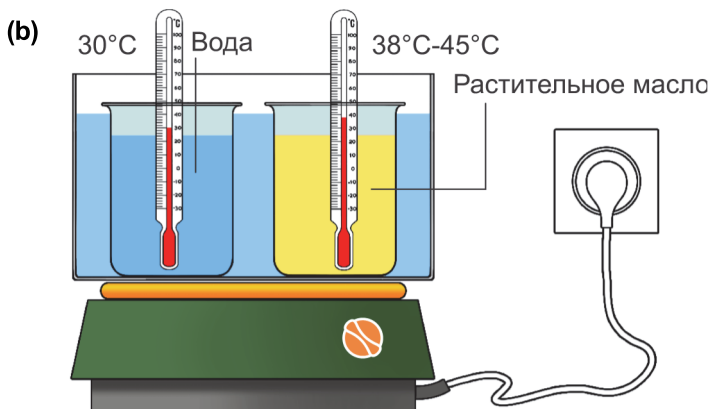
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Количество теплоты зависит от материала тела

Оборудование: электрическая плитка (нагреватель), плоская алюминиевая посуда, лабораторный стакан (2 шт. по 150 г), вода (2 л), растительное масло (100 г), лабораторный термометр (2 шт.), мензурка.

Ход работы:

1. Налив в один из стаканов 100 г воды, а в другой 100 г растительного масла, поместите их в алюминиевую посуду как в 1-м исследовании (b).
2. Поместите термометры в стаканы. Подождите 1 минуту и отметьте первоначальную температуру жидкостей; она одинакова.
3. Включите нагреватель, начинайте подогревать жидкости в стаканах. Подождите 5 минут и отметьте показания термометров.



Обсудите результаты:

- В этом эксперименте вы одновременно передали одинаковое количество теплоты обоим стаканам? Что вы наблюдали?
- От чего зависит количество теплоты, переданное данным жидкостям для нагревания их до определенной температуры?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ это энергия, получаемая или отдаваемая телом в процессе теплопередачи. Для нагревания тела требуемое количество теплоты (или выделяемое при охлаждении количество теплоты) зависит от ___ тела, ___ и ___ а тела, из которого оно состоит.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Количество теплоты
Масса
Вещество
Изменение температуры

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какой физической величиной характеризуется изменение внутренней энергии путем теплопередачи?
2. Почему при изменении температуры тела изменяется его внутренняя энергия?
3. От чего зависит количество теплоты, выделяемое при охлаждении тела?
4. Какие единицы измерения количества теплоты вы знаете?

2.2. Удельная теплоемкость

Вы знаете, что количество теплоты, передаваемое телу при нагревании и получаемое от него при охлаждении, зависит от массы тела, изменения температуры и вещества, из которого оно изготовлено.

- Как можно определить эту зависимость?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Как зависит количество теплоты от массы и изменения температуры?

Задача 1. Опытным путем было установлено, что для увеличения температуры 1 кг воды на 1°C требуется количество теплоты 4200 Дж, а при увеличении температуры 1 кг керосина на 1°C требуется количество теплоты 2100 Дж. При увеличении температуры 2 кг воды на 1°C требуется количество теплоты 8400 Дж, а при увеличении температуры на 1°C такой же массы керосина расходуется количество теплоты 4200 Дж. Как зависит количества теплоты от массы тела?

Задача 2. Как установлено опытом, для увеличения температуры 1 кг воды на 10°C требуется количество теплоты 42000 Дж, а для увеличения температуры 1 кг керосина на 10°C требуется количество теплоты 21000 Дж. Как зависит количество теплоты от изменения температуры тела?

При нагревании тела передаваемое ему количество теплоты прямо пропорционально массе и изменению температуры тела:

$$Q \sim m\Delta t$$

или

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

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

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 – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимого для нагревания 1кг вещества на 1°C (или 1K).	1 джоуль на килограмм/градус – это удельная теплоемкость такого вещества, для нагревания 1 кг массы которого на 1°C (или 1K) требуется 1Дж количества теплоты.

Удельная теплоемкость зависит от рода вещества. В таблице 2.1 приведены удельные теплоемкости некоторых веществ, установленные опытным путем.

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	Лед	2100
Серебро	250	Мрамор	840	Керосин	2100
Медь	400	Кирпич	880	Спирт	2500
Железо	460	Алюминий	920	Вода	4200

Физическая величина, равная произведению удельной теплоемкости вещества на ее массу, называется **теплоемкостью** тела (C):

$$C = cm.$$

Для вычисления теплоемкости тела необходимо разделить количество теплоты, затраченное на его нагревание, на изменение температуры:

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

Единицу измерения теплоемкости джоуль разделить на градус Цельсия или Джоуль разделить на Кельвин:

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

Итак: *теплоемкость* – это физическая величина – численно равная затраченному количеству теплоты для нагревания тела произвольной массы на 1°C (или 1 K).

Внимание.

Формула $Q = cm(t_2 - t_1)$ позволяет вычислить и количество теплоты, выделяемое телом. Так как конечная температура t_2 охлаждаемого тела меньше ее начальной температуры t_1 , значение изменения температуры тела отрицательно. Поэтому и количество теплоты, выделяемое телом, имеет отрицательное значение, а это показывает, что внутренняя энергия данного тела уменьшается.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Как видно из таблицы 2.1., удельная теплоемкость воды очень большая. Поэтому в летние месяцы Каспийское море, поглощая большое количество теплоты, нагревается. В результате на побережье Каспийского моря воздух бывает относительно прохладным. Зимой же, наоборот, морская вода, охлаждаясь, передает большое количество теплоты окружающей среде и воздух на побережье Каспия бывает умереннее, чем в других местах.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

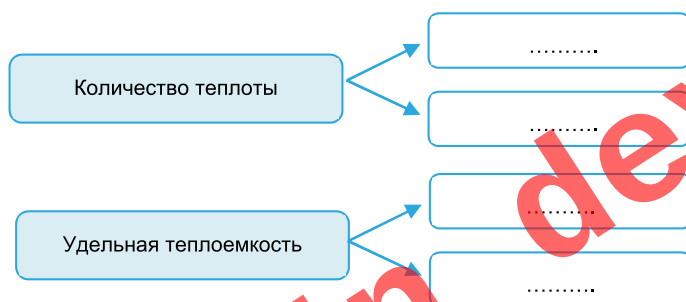
1. Какое из тел нагреется быстрее от температуры 20°C до температуры 100°C: сталь, массой 100 г или алюминий такой же массы? Почему?
2. Какое количество теплоты требуется для нагревания спирта массой 2 кг от температуры 18°C до температуры 43°C?

Дано	Формула	Вычисления
$m = 2 \text{ кг},$ $t_1 = 18^\circ\text{C},$ $t_2 = 43^\circ\text{C},$ $c_{\text{спирт}} = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$	$Q = cm(t_2 - t_1).$	$Q = 2500 \cdot 2 \cdot (43 - 18) \times$ $\times \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} = 125000 \text{ Дж} =$ $= 125 \text{ кДж}.$
Q — ?		Ответ: 125 кДж.

3. Для повышения температуры тела массой 0,05 кг на 200°C затрачивается 4 кДж количества теплоты. Из какого вещества изготовлено тело?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Зарисуйте схему в рабочий листок и запишите вместо многоточий соответствующие физическим величинам формулы и единицы измерения в системе СИ.



ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что такое удельная теплоемкость?
2. В каких единицах выражается в СИ удельная теплоемкость?
3. Какое тело при охлаждении от температуры 120°C до температуры 20°C выделяет большее количество теплоты: чугун массой 200 г или такая же масса воды? Почему?

2.3. Теплота сгорания топлива

С самых древних времен и по сегодняшний день люди используют получаемую от горения разных видов топлива теплоту для приготовления пищи, обогрева помещения, приведения в движение разных установок и т.д.

- Какие виды топлива на сегодняшний день используются в быту и технике?
- От чего зависит количество теплоты, выделяемое во время горения топлива? Можно ли вычислить количество этой теплоты?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Количество теплоты, выделяемое при горении топлива

Задача. При полном сгорании 1 кг бензина выделяется $44 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты, а при полном сгорании сухих дров той же массы выделяется $11 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты.

При полном сгорании бензина массой 2 кг выделяется $88 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты, а при полном сгорании сухих дров той же массы выделяется $22 \cdot 10^6$ Дж количества теплоты.

Обсудите результаты:

- От чего зависит количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива разных видов?

В природе существуют разные виды топлива: дрова, торф, каменный уголь, нефть, природный газ, спирт, бензин, дизельное топливо, порох и другие. Однако в быту наиболее выгодно использовать такие виды топлива, которые широко распространены в природе, легко добываются и транспортируются, выделяют большое количество тепла при горении, имеют малое количество отходов и безвредны.

• **Энергия, выделяемая во время полного сгорания топлива, называется теплотой сгорания топлива.**

Анализ исследования показывает, что теплота сгорания топлива зависит от массы и вида топлива:

$$Q = qm,$$

где Q — теплота сгорания топлива, m — масса топлива, q — удельная теплота сгорания топлива.



Удельная теплота сгорания топлива – это физическая величина, используемая для выявления разности выделяемой теплоты при полном сгорании топлива одинаковой массы разных видов:

Формула	Единица измерения
$q = \frac{Q}{m},$ где q – удельная теплота сгорания топлива, m – масса топлива, Q – теплота горения топлива.	$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$
Определение	Определение
Удельная теплота сгорания топлива – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, выделяемой при полном сгорании топлива массой 1 кг.	1 джоуль на килограмм – это удельная теплота сгорания такого топлива, 1 кг массы которого при сгорании выделяет 1 Дж количества теплоты.

Удельная теплота сгорания топлива зависит от вида топлива. В таблице 2.2. приведены значения удельной теплоты сгорания для некоторых видов топлива, определенные в результате опытов.

Таблица 2.2. Удельная теплота сгорания для 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
Горящий пласт (сланец)	15	Бытовой газ	32	Пропан	48
Метанол	23	Мазут	40	Водород	120

Обмен веществ в организме человека поддерживается за счет энергии, выделяемой в процессе “горения” принятой им пищи. Под “горением” пищи подразумевается химическая реакция окисления жиров, белков и

углеводов в организме. Таким образом, роль топлива в организме человека играет пища, принимаемая в готовом виде.

Продукты питания, как и топливо, имеют разную удельную теплоту сгорания (таблица 2.3.).

Таблица 2.3. Удельная теплота сгорания для некоторых продуктов питания в организме.

Продукты питания	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Продукты питания	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Продукты питания	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Свежие огурцы	0,5	Катык	2,7	Мороженое	8
Морковь	1,7	Молоко	2,8	Пшеничный хлеб	9,3
Клубника	1,7	Рыба	3,5	Баранина	9,6
Яблоко	2	Картофель	3,7	Мед	15
Виноград	2,4	Куриное мясо	5,4	Сахар	17
Смородина	2,5	Яйцо	7	Сливочное масло	32, 7
Вишня	2,7	Говядина	7,5	Подсолнечное масло	39

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Что нужно знать для определения удельной теплоты сгорания топлива?
2. Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании керосина объемом 0,8 л ($\rho_{\text{керосина}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)?
3. Норма энергии, получаемой при "горении" принимаемой пищи в течение дня, необходимая организму школьника в вашем возрасте, составляет 1,2 МДж. Восполняет ли дневную потерю энергии принятие вами 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 (дополнительную информацию для вычислений возьмите из таблицы 2.3)? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплота горения
Удельная теплота сгорания
Топливо

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие виды топлива вы знаете?
2. По какой формуле вычисляется энергия, выделяемая при полном сгорании топлива?
3. Что означает удельная теплота сгорания сливочного масла $32,7 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$?
4. Какое количество теплоты выделяется во время полного сгорания каменного угля массой 20 кг?

УПРАЖНЕНИЕ-3

1. При передаче стальному стержню массой 250 г количества теплоты 8 кДж он нагревается до температуры 80°C . Определите начальную температуру стержня (дополнительную информацию для вычислений возьмите из таблицы 2.2).
2. Чайник емкостью 3 л наполните водой температурой 16°C , поставьте его на электрическую плитку. Через некоторое время вода закипит. Вычислите количество теплоты, переданное воде (дополнительную информацию для вычислений возьмите из таблицы 2.2).
3. Для нагревания изделия массой 0,5 кг с 10°C до 90°C затрачивается количество теплоты 16000 Дж. Определите удельную теплоемкость изделия. Из какого вещества изготовлено изделие?
4. Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 5л мазута? Плотность мазута $890 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
5. На коробке с конфетами написано: калорийность 100 г – 580 ккал. Выразите калорийность продукта в джоулях.

2.4. Закон сохранения энергии в тепловых процессах

Все тепловые процессы объясняются изменением внутренней энергии тела.

- По какой причине может произойти изменение внутренней энергии тела?

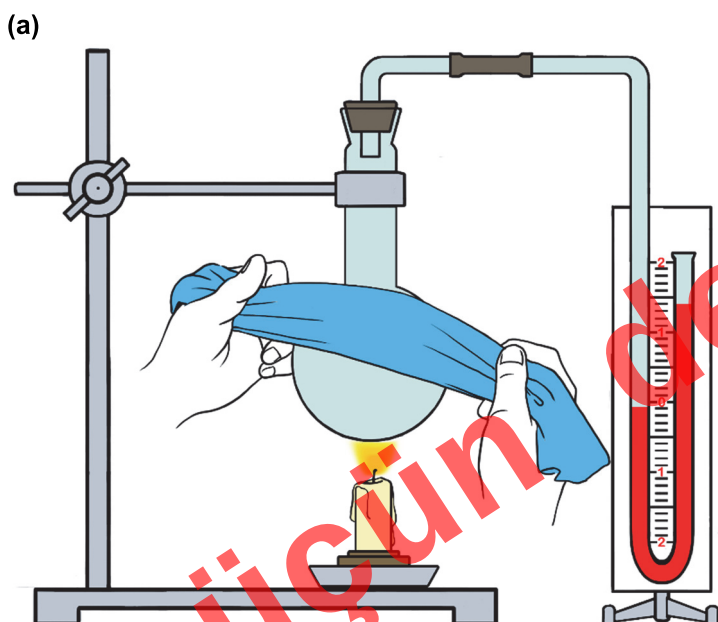
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

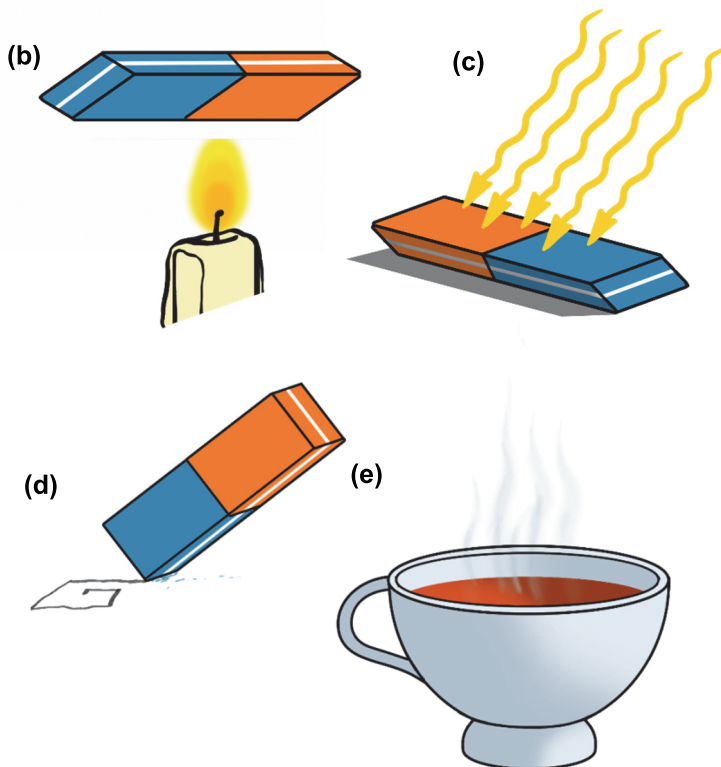
- Чему равно изменение внутренней энергии?

Исследуйте представленное на рисунке: колба с воздухом внутри, подключенная к манометру, одновременно нагревается и натирается куском материи (a).

Резиновый ластик нагревается в пламени свечи (b), стирает линию на листке (d), освещается лучами Солнца (c).

Чай в чашке остывает (e).





Обсудите результаты:

- На каком изображении изменение внутренней энергии происходит только за счет механической работы? Чему равно изменение внутренней энергии в этом случае?
- На каком изображении изменение внутренней энергии происходит только за счет теплопередачи? Чему равно изменение внутренней энергии в этом случае?
- На каком изображении изменение внутренней энергии происходит как за счет работы, так и за счет теплопередачи? Чему равно изменение внутренней энергии в этом случае?
- На каком изображении внутренняя энергия тела увеличивается, а в каких уменьшается?

Изменение внутренней энергии происходит путем только механической работы, только теплопередачи или одновременно работы и теплопередачи:

– если внутренняя энергия тела или системы из нескольких тел изменяется только механической работой, то изменение внутренней энергии равно совершенной работе:

$$\Delta U = A;$$

- если внутренняя энергия системы изменяется только теплопередачей, то изменение внутренней энергии равно количеству теплоты, переданной системе:

$$\Delta U = Q;$$

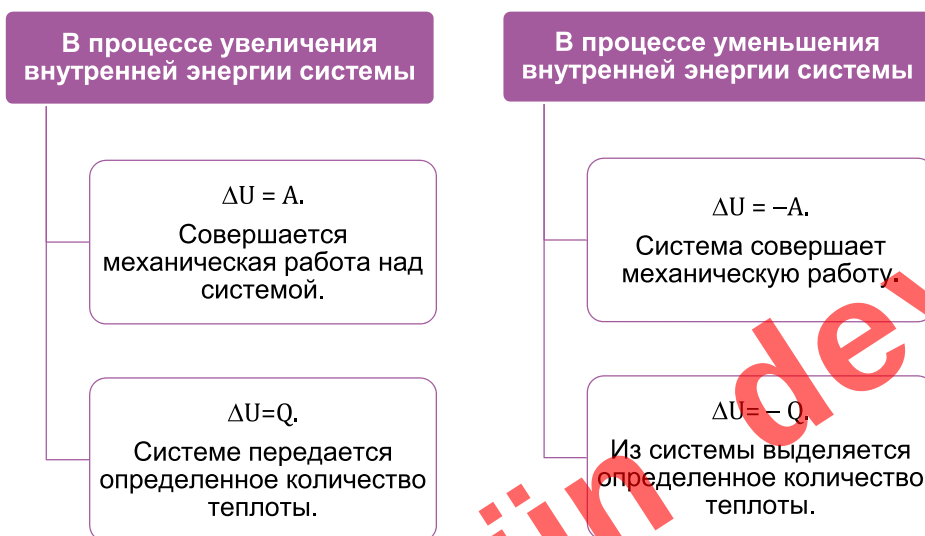
- если внутренняя энергия системы изменяется одновременно в результате механической работы и теплопередачи, то изменение внутренней энергии равно сумме совершенной работы и переданному количеству теплоты:

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

Это выражение закона сохранения энергии в тепловом процессе.

- Как можно вычислить изменение внутренней энергии в процессе увеличения и уменьшения внутренней энергии системы?

Как определяется изменение внутренней энергии системы в соответствующих процессах, показано ниже:

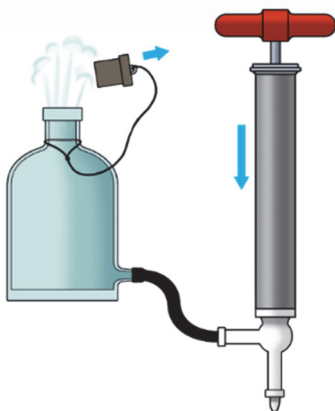


ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Если в процессе закачивания воздуха в толстостенный сосуд совершается работа, равная $2 \cdot 10^7$ Дж, пробка выбивается из сосуда.



В это время:

- а) за счет чего изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде: механической работы или теплопередачи?
 - б) на сколько джоулей изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде?
 - с) как изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде: увеличилась или уменьшилась?
- Ответы обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если внутренняя энергия системы изменяется одновременно в результате ___ и теплопередачи, то ___ равна сумме совершенной работы и переданному _____. Это выражение закона ___ в тепловом процессе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Изменение внутренней энергии
Сохранение энергии
Количество теплоты
Совершение механической работы

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В каком случае может уменьшиться внутренняя энергия тела?
2. Как выражается закон сохранения энергии для тепловых процессов?
3. Газ сжимается путем совершения 5,5 кДж механической работы. В процессе сжатия окружающей среде было передано количество теплоты в 3,3 кДж. Вычислите изменение внутренней энергии газа. Внутренняя энергия газа в этом процессе увеличилась или уменьшилась?
4. Что выражают формулы $\Delta U = A$ или $\Delta U = -A$? Приведите примеры для этих процессов.
5. Что выражают формулы $\Delta U = Q$ или $\Delta U = -Q$? Приведите примеры для этих процессов.

2.5. Уравнение теплового баланса

Мать Назрин, ученицы 8-го класса, попросила оказать ей помощь искупать младшего брата Арифа:

– Назрин, я налила в ванну воду массой 10 кг и температурой 18°C. Сколько теперь необходимо добавить в ванну воды с температурой 88°C в ванну, чтобы конечная температура воды составила 38°C?

- Что должна знать Назрин, чтобы оказать помощь матери?
- По какой формуле она может вычислить массу добавляемой теплой воды?

При соприкосновении друг с другом двух тел с разной температурой между ними происходит процесс теплопередачи: теплое тело, остывая, часть своей внутренней энергии передает холодному телу, холодное же тело, приняв эту энергию, несколько нагревается. Теплопередача между телами продолжается до уравнивания их температур. Если эта система, состоящая из двух тел, изолированная система, то есть если посторонние тела не участвуют в теплопередаче (посторонние тела не отдают и не получают тепло), то общая внутренняя энергия системы не изменяется, сохраняется:

$$U_0 = U_{\text{кон}},$$

или

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

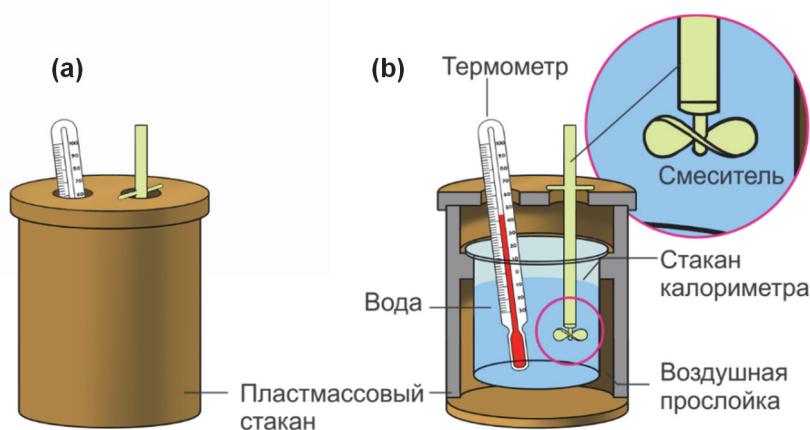
здесь, U_0 — начальная внутренняя энергия системы, $U_{\text{кон}}$ — конечная внутренняя энергия системы. Это означает, что в изолированной системе абсолютное значение количества теплоты ($Q_{\text{пер}}$), переданное теплым телом (или телами), равно количеству теплоты ($Q_{\text{пол}}$), полученного холодным телом (или телами):

$$|Q_{\text{пер}}| = Q_{\text{пол}} \cdot (2)$$

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

• Если в изолированной системе между телами происходит только процесс теплопередачи, то в этой системе внутренняя энергия не изменяется.

Отметим, что для определения получения или передачи количества теплоты телами в изолированной системе, а также удельной теплоемкости тел используется прибор, называемый *калориметром* (а).



Простой школьный *калориметр* (от лат. *calor* – тепло и *metor* – измерять) состоит из алюминиевого стакана цилиндрической формы. Для изоляции от теплового воздействия он помещается в пластмассовый стакан относительно большего размера. Пластмассовый стакан обеспечен крышкой с двумя отверстиями для термометра и смесителя. Стаканы изолированы друг от друга воздушной прослойкой (b).

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Применение уравнения теплового баланса

1. Поможем Назрин в решении проблемы:

Дано	Формула
$t_1 = 18^\circ\text{C}$, $m_1 = 10 \text{ кг}$, $t_2 = 88^\circ\text{C}$, $\theta = 38^\circ\text{C}$ $(\theta - \text{греческая буква тета})$, $c_{\text{воды}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, $m_2 = ?$	Количество теплоты, переданное теплой водой: $Q_{\text{пер}} = cm_2(t_2 - \theta)$, количество теплоты, полученное холодной водой: $Q_{\text{пол.}} = cm_1(\theta - t_1)$. Из уравнения теплового баланса получаем (тепловые потери и теплоемкость ванны не учитываются): $Q_{\text{пер}} = Q_{\text{пол}} \rightarrow cm_2(t_2 - \theta) = cm_1(\theta - t_1)$ или $m_2(t_2 - \theta) = m_1(\theta - t_1)$, $m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)}$
Вычисление	$m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)} = \frac{10 \text{ кг} \cdot (38 - 18)^\circ\text{C}}{(88 - 38)^\circ\text{C}} = \frac{10 \text{ кг} \cdot 20^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C}} = 4 \text{ кг}.$
Ответ: 4 кг.	

2. В стакане имеется растительное масло массой 50 г и температурой 20°C. Добавив в стакан растительное масло массой 120 г и температурой 80°C, закройте его крышкой.

Определите общую температуру θ (тепловые потери и теплоемкость стакана не учитываются).

- Что необходимо применить для выполнения задания?
- Что нужно знать для проведения вычисления?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если в ___ системе происходит только процесс ___, то в этой системе ___ не изменяется.

В изолированной системе абсолютное значение ___, переданное теплым телом (или телами), равно количеству теплоты, полученного холодным телом (или телами).

Это равенство называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплопередача
Внутренняя энергия
Уравнение теплового баланса
Количество теплоты
Изолированный

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какую закономерность выражает уравнение теплового баланса?
2. Для нагревания алюминиевого шарика на $\Delta t = 120^\circ\text{C}$ ему передается количество теплоты 450 Дж. Какое количество теплоты выделяется этим шариком при охлаждении на $\Delta t = 120^\circ\text{C}$? Ответ обоснуйте.
3. В сосуд с горячей водой ($t = 100^\circ\text{C}$) опускают стеклянный и медный шарики с разными массой и начальной температурой.

При этом:

- а) как различается изменение температур шариков?
- б) получают ли шарики одинаковое количество теплоты?

УПРАЖНЕНИЕ-4

1. Сколько воды температурой 86°C необходимо добавить в воду массой 500 г и температурой 6°C , чтобы конечная температура смеси составила 36°C (потери тепла не учитываются).
2. У какой системы в процессе теплопередачи внутренняя энергия остается неизменной? Ответ обосновать.
3. При нагревании 100 г воды при помощи спиртовки выгорел спирт массой 3 г. Насколько изменится температура воды?

Дано	Перевод	Формула
$m_c = 3 \text{ г},$ $m_b = 100 \text{ г},$ $c_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}},$ $q = 28 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$	$0,003 \text{ кг}$ $0,1 \text{ кг}$ $28 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Так как по закону сохранения энергии для процесса теплопередачи теплота горения топлива затрачивается на нагревание тела, получим: $Q_2 = Q_b$ или $q_c m_c = c_b m_b \Delta t.$ $\Delta t = \frac{q_c m_c}{c_b m_b}.$
$\Delta t - ?$		
Решение $\Delta t = \frac{q_c m_c}{c_b m_b} = \frac{28 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,003 \text{ кг}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,1 \text{ кг}} = 20^{\circ}\text{C}$ Ответ: $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}.$		

4. На сколько градусов нагреется ртуть массой 2 кг, если ей передать количество теплоты, необходимое для нагревания воды массой 1 кг на 5°C (потери тепла не учитывать)?
5. В калориметре имеется вода массой 150 г при температуре 18°C . Если поместить в эту воду тело массой 80 г и температурой 100°C , через некоторое время конечная температура воды в калориметре будет равна 70°C .

Определите удельную теплоемкость тела (теплоемкость калориметра не учитывается).

6. В калориметр наливается вода массой 250 г при температуре 100°C. Через некоторый промежуток времени в калориметре установилась температура 95°C. Определите теплоемкость калориметра, если начальная температура его была равна 20°C.

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

Решение

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

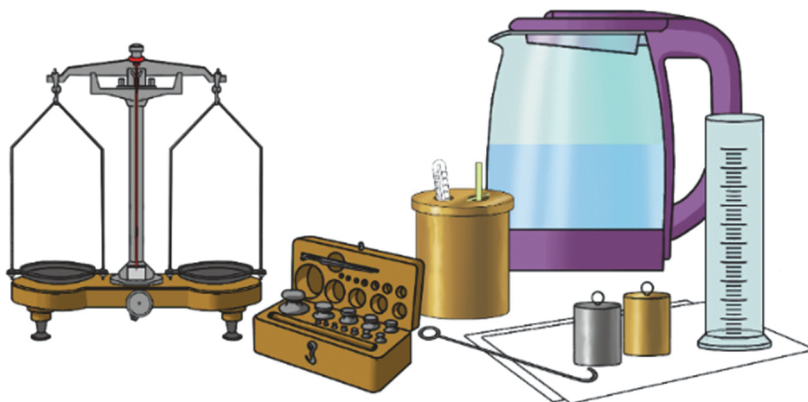
Ответ: $C_{\text{кал}} = 70 \frac{\text{Дж}}{^{\circ}\text{C}}.$

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, фильтровальная бумага, электрический чайник.



Ход работы:

1. Взвесьте массу стакана калориметра на весах. Налив в стакан 200 г холодной воды, измерьте ее температуру. Это начальная температура как воды, так и калориметра.
2. Включив электрический чайник, вскипятите воду.
3. Измерьте массу алюминиевого цилиндра на весах, а потом опустите его при помощи проволоки с крючком в горячую воду. Немного подождав, быстро выньте цилиндр из воды, высушите бумагой и полностью погрузите в калориметр. Закройте калориметр крышкой. Начальная температура цилиндра равна температуре горячей воды, то есть 100°C .
4. Перемешайте смесителем воду в течение минуты и отметьте конечную температуру воды после стабилизации показания термометра.
5. Все измерения занесите в таблицу на рабочем листке:

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

6. После всех измерений запишите уравнение теплового баланса из трех тел, участвующих в процессе теплопередачи: воды, металлического цилиндра и стакана из калориметра.

Таким образом:

$$|Q_T| = Q_{\text{воды}} + Q_{\text{кал}},$$

здесь Q_T — количество теплоты, переданное нагреваемым металлическим цилиндром (в вычислениях получается отрицательное значение), $Q_{\text{в}}$ — количество теплоты, полученное водой, $Q_{\text{кал}}$ — количество теплоты, полученное калориметром.

Количество теплоты, полученное, соответственно, водой и стаканом калориметра при погружении цилиндра с температурой 100°C в калориметр:

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (\theta - t_1)$$

или

$$Q_{\text{кал}} = c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1),$$

где t_1 и θ — начальная и конечная температура воды и калориметра.

Количество теплоты, передаваемое при охлаждении алюминиевого цилиндра:

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

или

$$Q_T = c_T m_T (t_2 - \theta),$$

где t_2 и θ — начальная и конечная температура цилиндра, $c_{\text{тела}}$ — его удельная теплоемкость.

По уравнению теплового баланса:

$$c_T m_T (t_2 - \theta) = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (\theta - t_1) + c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1).$$

Отсюда определяется удельная теплоемкость цилиндра:

$$c_T = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} (\theta - t_1) + c_{\text{кал}} m_{\text{кал}} (\theta - t_1)}{m_T (t_2 - \theta)}.$$

7. Сравните полученное значение удельной теплоемкости алюминия с его значением в таблице.

8. Повторите эксперимент для медного цилиндра.

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Какое количество теплоты требуется для нагревания тела теплоемкостью $490 \frac{\text{Дж}}{\text{град}}$ от 18°C до 52°C ?

- A) 34300 Дж
- B) 25480 Дж
- C) 8820 Дж
- D) 16660 Дж
- E) 7 Дж

2. Какое количество теплоты необходимо для нагревания воды в бассейне длиной 100 м, шириной 6 м и глубиной 2 м температурой 16°C до температуры 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) 45360 МДж
- B) 4536 МДж
- C) 453,6 МДж
- D) 4,536 МДж
- E) 45,36 МДж

3. При нагревании стальной пластины массой 400 г при помощи спиртовки сгорает спирт массой 2 г. На сколько при этом изменилась температура пластины ($c_{\text{сталь}} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, $q_{\text{с}} = 28 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$)?

- A) 280°C
- B) 28°C
- C) 2800°C
- D) $2,8^\circ\text{C}$
- E) $0,28^\circ\text{C}$

4. При полном сгорании топлива массой 50 кг выделяется количество теплоты 1450 МДж. Какое это топливо?

- A) Сухие дрова
- B) Каменный уголь
- C) Торф
- D) Спирт
- E) Горючий сланец

5. Определите установившуюся температуру при смешивании воды массой $m_1 = 200$ г и температурой $t_1 = 40^\circ\text{C}$, воды массой $m_2 = 30$ г и температурой $t_2 = 10^\circ\text{C}$.

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

ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

3

стр. 63–88

- 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

Çar üçün deyil

3.1. Плавление и отвердевание

Как вы знаете, одно и то же вещество может находиться в трех агрегатных состояниях: в твердом, жидком и газообразном. В зимние, осенние и весенние месяцы при температуре воздуха 0°C снег и лед тают, то есть превращаются в жидкость, однако одновременно при этой же температуре вода замерзает – превращается в лед. На Севере и в Антарктиде бывают морозы до -40°C . При таких низких температурах ртутные термометры не используются (потому что ртуть при -39°C замерзает), там используются спиртовые термометры (температура замерзания спирта -114°C).

- При изменении агрегатного состояния у вещества:
 - а) как изменяется его внутренняя энергия?
 - б) как изменяется энергия и построение молекул?
 - в) как изменяется температура?

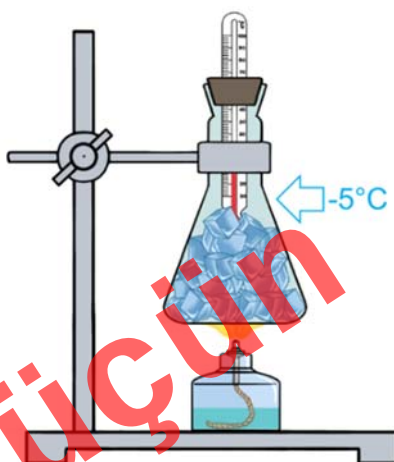
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Таяние льда

Оборудование: кристаллики льда (приготовленные в морозилке холодильника), колба, термометр, спиртовка (или другой нагреватель), штатив, спички, пробка с отверстием, секундомер.

Ход работы:

1. Наполнив колбу кристалликами льда температурой -5°C , поместите термометр в пробку и закройте ею колбу.



2. Закрепите колбу в штативе и нагрейте ее с помощью спиртовки.
3. Отметьте в таблице 3.1., составленной на рабочем листке, начальную температуру плавления льда и включите секундомер.

4. Отметьте показания термометра и секундомера при полном превращении льда в воду.
5. Продолжите свои наблюдения. Отметьте, как меняются температура воды и время, затраченное на это изменение.

Таблица 3.1.

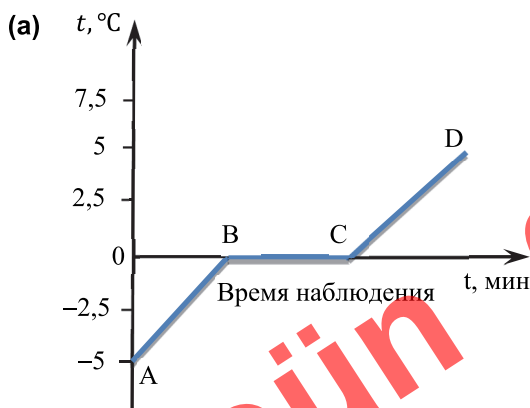
Время (t, мин)	0	1	2	3	4	5	6	...
Температура (t, °C)								

Обсудите результат:

- При какой температуре лед начинает таять?
- Как меняется температура в процессе таяния льда?
- Через какое время температура воды в колбе начинает повышаться? Почему?
- Как изменилась внутренняя энергия льда в процессе таяния?

• Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое состояние называется плавлением.

Плавление твердого тела – сложный физический процесс. Сложность этого процесса подтверждает график зависимости температуры льда от времени, построенный на основании данных из таблицы 3.1, полученных в ходе исследования (а).



Как видно из графика, в течение некоторого времени лед нагревается от температуры -5°C до температуры 0°C (на графике часть АВ). При температуре 0°C лед начинает таять.

Несмотря на непрерывность передачи тепла нагревателем (спиртовкой), эта температура остается неизменной до полного таяния льда (на графике часть ВС) (а).

На что же затрачивается переданное количество теплоты?

После достижения температуры 0°C передаваемое льду количество теплоты затрачивается на разрушение его кристаллической решетки. Силы притяжения между частицами уже не могут удерживать их в прежнем положении. В результате молекулы кристалла переходят из упорядоченного строения в беспорядочное: вещество переходит в жидкое состояние. Сохранение постоянной температуры в процессе таяния означает неизменность кинетической энергии частиц вещества. После перехода вещества полностью в жидкое состояние передаваемое количество теплоты увеличивает скорость и кинетическую энергию частиц и, как следствие, температура жидкости повышается (на графике часть **CD**) (а).

Многочисленные опыты, проведенные с разными веществами, выявили, что для каждого кристаллического вещества имеется только ему соответствующая температура плавления (см.: таблица 3.2.).

- *Температура, при которой плавится кристаллическое вещество, называется **температурой плавления**.*

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

- *Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое состояние называется **кристаллизацией** или **отвердеванием**. Температура кристаллизации данного вещества равна ее температуре плавления.*

- *Температура, при которой жидкость переходит в твердое состояние, называется **температурой кристаллизации** или **отвердевания**.*

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

Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$	Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$	Вещество	$t_{\text{пл}}, ^{\circ}\text{C}$
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
Лед	0	Янтарь	360	Железо	1539
Цезий	29	Цинк	420	Вольфрам	3387

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

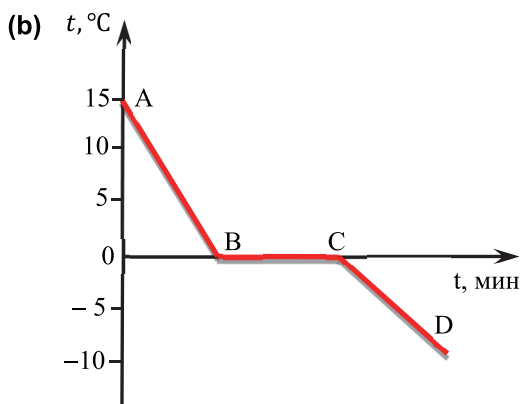
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• “Прочитайте” график отвердевания жидкости

Дан график зависимости температуры воды, помещенной в морозилку холодильника, от времени (b).

Обсудите результат:

- Что представляет собой часть графика АВ?
- Какому процессу соответствует часть ВС? Почему в этом процессе температура остается постоянной?
- Что означает часть графика СД?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Зарисуйте схему на рабочем листке и запишите вместо точек соответствующие определения.

ПЛАВЛЕНИЕ

→ ...

ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ

→ ...

ТЕМПЕРАТУРА ОТВЕРДЕВАНИЯ

→ ...

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. На что затрачивается количество теплоты, переданное веществу в процессе плавления?
2. Можно ли расплавить олово в стальной ложке или сталь в оловянной ложке? Почему?
3. В каком из процессов — плавлении и отвердевании — энергия поглощается или выделяется?

3.2. Удельная теплота плавления

Известно, что для плавления твердого вещества ему передается количество теплоты, а при кристаллизации жидкости из нее выделяется количество теплоты.

- От чего зависит теплота плавления и кристаллизации (отвердевания)?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

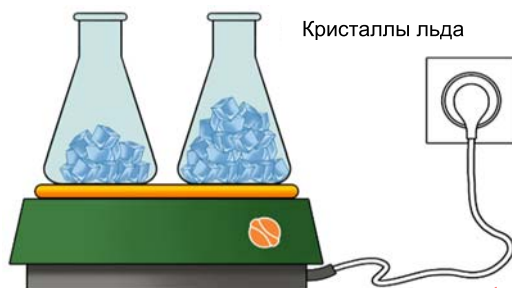
- От чего зависит теплота плавления?

Оборудование: кристаллы льда, дробинки олова (20 г), колба (4 шт.), электронагреватель, секундомер.

Ход работы:

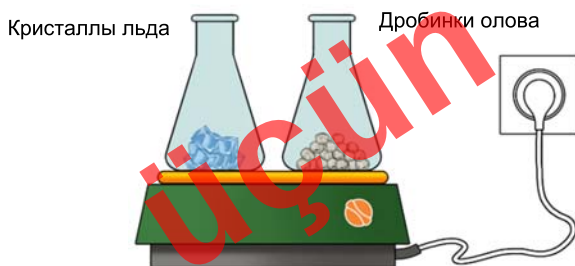
I этап:

1. Поместив 50 г льда в одну колбу и 100 г льда в другую колбу, нагрейте их на одном и том же электронагревателе.
2. Включив секундомер, определите время полного плавления кристаллов льда в колбах.



II этап:

1. Поместив 20 г льда в одну колбу, а 20 г олова в другую колбу, нагрейте их на одном и том же электронагревателе.



2. Включив секундомер, определите время полного плавления кристаллов в колбах.

Обсудите результат:

- Для полного плавления кристаллов в какой колбе затрачивается большее количество теплоты?
- Выясните, от чего зависит переданное количество теплоты для плавления твердого тела в проведенном исследовании?

• **Количество теплоты, переданное для плавления кристаллического вещества, взятого при температуре плавления, называется теплотой плавления.**

В ходе исследования вы определили, что теплота плавления зависит от массы и вида кристалла:

$$Q = \lambda m,$$

где Q — теплота плавления, m — масса тела, λ — *удельная теплота плавления вещества*. Удельная теплота плавления — это физическая величина, используемая для определения разницы затрачиваемой теплоты во время полного плавления твердых тел разных видов массой 1 кг при температуре плавления.

Формула	Единица измерения
$\lambda = \frac{Q}{m}.$	$[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$
Определение	Определение
Удельная теплота плавления вещества — это физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимого для плавления 1 кг кристаллического вещества, взятого при температуре плавления.	1 джоуль на килограмм — это такая удельная теплота плавления, когда для плавления 1 кг кристаллического вещества затрачивается 1 Дж количества теплоты.

Удельная теплота плавления зависит от вида веществ. В таблице 3.3. дана удельная теплота 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	Лед	340
Водород	59	Парафин	150	Алюминий	390

В процессе отвердевания жидкость передает окружающей среде часть своей внутренней энергии. Поэтому при затвердевании энергия жидкости уменьшается.

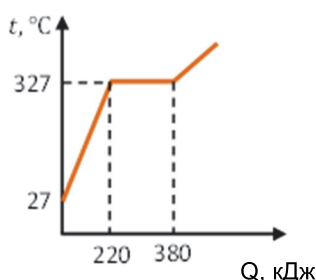
• На основании закона сохранения энергии количество теплоты, выделяемое в процессе кристаллизации жидкости данной массы, равно количеству теплоты, полученному в процессе перехода вещества той же массы из твердого состояния в жидкое.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Определите количество теплоты, затраченное только на плавление свинца, на основании графика зависимости температуры свинца данной массы от полученного им количества теплоты.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Количество теплоты, переданное для плавления ___ вещества, взятого при ___, называется ___. ___ – это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимому для плавления 1 кг кристаллического вещества при температуре плавления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Теплота плавления
Удельная теплота плавления
Температура плавления
Кристалл

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как вычисляется количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела, взятого при температуре плавления?
2. Удельная теплота плавления ртути $12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Что это значит?
3. От чего зависит удельная теплота плавления кристалла?

3.3. Парообразование и конденсация

Иногда мы пьем горячий чай, наливая его в блюдце, дуем на ложку при “обжигании” губ супом, а в жаркие летние дни используем веер.

- Что является общей чертой для этих бытовых явлений?

Если закрыть крышкой сосуд с горячей водой, а через несколько минут поднять крышку, то на внутренней поверхности крышки можно увидеть капельки воды.

- Откуда образовались эти капельки на внутренней поверхности крышки?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- **Какие изменения произошли в состоянии вещества?**

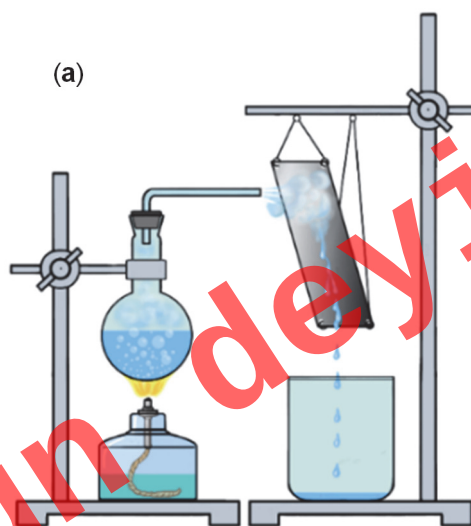
Оборудование: колба, стакан, стеклянная трубка, продетая в пробку, вода (50 мл), спиртовка, металлическая пластинка, спички, штатив (2 шт.).

Ход работы:

1. Закрепив колбу в штативе, налейте до половины воду и заткните ее пробкой.
2. Зажгите спиртовку, добейтесь кипения воды и образования пара (а).
3. Направьте струю пара из стеклянной трубки на металлическую пластину, закрепленную в штативе, подставив под нее стакан.
4. Пронаблюдайте несколько минут процесс парообразования воды.

Обсудите результат:

- Почему пар при соприкосновении с поверхностью холодной металлической пластины снова превращается в воду?
- Какие изменения происходят в состоянии вещества в процессе опыта? Почему?



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

- **Процесс превращения вещества из жидкого состояния в состояние газа (пара) называется парообразованием.**

Существуют два вида парообразования: *испарение* и *кипение*.

Испарение

Испарение – это парообразование с открытой поверхности жидкости. Как объясняется испарение?

Известно, что молекулы жидкости двигаются хаотично с разными скоростями. При таком движении молекулы, сталкиваясь друг с другом, передают друг другу кинетическую энергию. В результате скорость некоторых молекул значительно возрастает. Молекулы, расположенные у поверхности жидкости и получившие достаточно большую скорость, преодолевая силы притяжения со стороны соседних молекул, вылетают из жидкости. Молекулы, покинувшие свободную поверхность жидкости, образуют над ней пар.

Испарение жидкости – это процесс вылета молекул со свободной поверхности жидкости. В процессе испарения жидкость покидают молекулы, обладающие большой кинетической энергией, а уменьшение средней кинетической энергии оставшихся молекул приводит к охлаждению жидкости. Значит, в процессе испарения внутренняя энергия жидкости уменьшается. Это можно проверить на простом опыте: накапайте несколько капель одеколона на руку, и в тот же момент почувствуете прохладу на этом участке руки. Испаряющийся одеколон наряду с охлаждением забирает у руки еще и некоторое количество теплоты.

Испарение происходит при любой температуре жидкости, однако его скорость зависит от разных причин:

- **скорость испарения зависит от вида жидкости.** Например, капнув на стеклянную пластинку одинаковое количество воды, спирта и подсолнечного масла, увидим, что сначала испарится спирт, а затем вода. Полное же испарение масла может растянуться на несколько дней;
- **скорость испарения зависит от площади поверхности жидкости.** Например, горячий чай в блюде остывает быстрее чая в стакане;
- **скорость испарения зависит от температуры жидкости.** Например, вода в стакане у нагревателя испаряется быстрее воды в стакане на столе;
- **скорость испарения зависит от движения и влажности воздуха.** Например, мокрое белье, вешенное на балконе, при одной и той же температуре высыхает быстрее в ветреную погоду, чем в безветренную.

Конденсация

Наряду с вылетом молекул с поверхности жидкости одновременно происходит и обратный процесс: часть молекул, совершая хаотическое движение у поверхности жидкости, снова возвращается на ее поверхность.

• **Процесс перехода пара в жидкость называется конденсацией.**

В процессе конденсации из пара выделяется энергия.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Конденсация происходит и в том случае, если пар соприкасается с жидкостью. В качестве примера можно привести образование облаков: молекулы водяного пара, поднимаясь с поверхности Земли, группируясь, создают небольшие водяные капли в относительно холодных слоях атмосферы. Эти капли создают в небе “парящие” облака.

Испаряются ли твердые тела?

Процесс испарения твердого тела называется *сублимацией*, а обратный процесс – *десублимацией*.

• **Сублимация – это процесс перехода вещества из твердого состояния непосредственно в газообразное состояние.**

Например, “сухой лед” (CO_2 в твердом состоянии) испаряется, не переходя в жидкое состояние. Запах некоторых твердых тел, например, запах нафталина, мы ощущаем в результате его сублимации.

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

Например, образование инея на оконных стеклах при морозной погоде: иней образуется в результате перехода водяного пара в воздухе непосредственно в лед.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• **От чего зависит скорость испарения?**

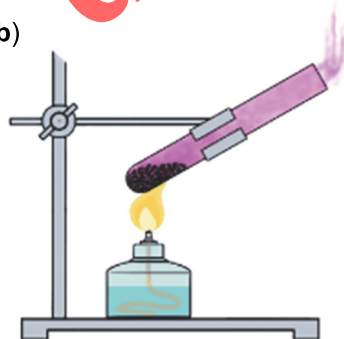
Оборудование: пробирка, спиртовка, кристаллы йода, спички, штатив.

Ход работы: 1. Насыпав в пробирку кристаллы йода, закрепите ее в штативе. 2. Нагрейте пробирку при помощи спиртовки и наблюдайте изменения в состоянии кристаллов йода (b).

Обсудите результат:

- Какова причина окрашивания внутренней стенки пробирки в фиолетовый цвет при нагревании пробирки?
- Какое явление наблюдается в ходе опыта?

(b)



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Процесс превращения вещества из жидкого состояния в состояние газа (пара) называется процессом _____. Это парообразование, происходящее со свободной поверхности жидкости. Процесс перехода пара в жидкость называется _____. Это процесс перехода вещества из твердого состояния непосредственно в газообразное состояние. _____ это процесс перехода вещества из газообразного состояния непосредственно в твердое состояние.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Испарение
Десублимация
Сублимация
Парообразование
Конденсация

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему загрязнение поверхности вод океанов и морей нефтяной пленкой является экологической катастрофой?
2. Почему жирный суп остывает долго?
3. Стекланную бутылку и керамический кувшин наполнили водой. В каком из сосудов вода останется прохладной? Почему?
4. Почему при выходе на пляже из воды ощущается прохлада?

3.4. Насыщенный и ненасыщенный пар. Кипение

Вы узнали, что в закрытом сосуде вода также испаряется.

- Чем отличается испарение жидкости в закрытом сосуде от испарения этой же жидкости в открытом сосуде?

Виды пара

Существуют два вида пара: *насыщенный* и *ненасыщенный пар*. Молекулы, покидая воду в закрытом сосуде, собираются в пространстве между крышкой и поверхностью воды. Некоторые молекулы опять возвращаются в жидкость за это же время. Так как сосуд закрыт крышкой, то большая часть пара конденсируется и превращается в жидкость.

Наконец, наступает такой момент, когда число молекул, покидающих жидкость в единицу времени, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость. Такое состояние называется *динамическим равновесием*. Количество пара и жидкости в сосуде в состоянии динамического равновесия не изменяется.

- *Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным паром.*

От чего зависят плотность и давление насыщенного пара?

Предположим, что в закрытом сосуде имеется жидкость и ее насыщенный пар. Сосуд нагревается. С увеличением температуры число молекул,

покидающих жидкость, становится больше, чем число молекул, возвращающихся в жидкость. В этом случае динамическое равновесие и насыщенное состояние пара нарушается. Через некоторое время динамическое равновесие восстанавливается, однако рост числа молекул в единице объема, замкнутого пространства увеличивает плотность насыщенного пара. А с увеличением плотности увеличивается давление пара. Таким образом:

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

В сосуде же с открытой поверхностью состояние динамического равновесия не возникает, потому что большая часть молекул, покинувших жидкость, рассеивается в окружающей среде. Такое состояние пара называется *ненасыщенным*.

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

Кипение

В домашних условиях вы часто наблюдаете процесс кипения воды в чайнике.

- Как происходит процесс кипения?
- Почему до закипания воды наблюдается шум, а при кипении шум прекращается?

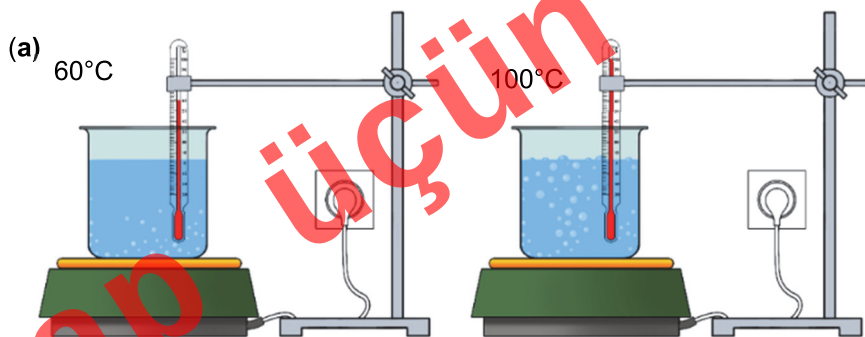
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• **Как происходит процесс кипения?**

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

Ход работы:

1. Включить нагреватель. Наполненный водой выше середины сосуд положите на нагреватель.
2. Закрепив термометр в штативе, опустите его в сосуд. Пронаблюдайте, как увеличивается температура воды и протекающий в это время процесс внутри ее (а).



Обсудите результаты:

- Как изменяются размеры пузырьков в жидкости во время процесса нагревания воды и как они двигаются?
- Как себя “ведут” пузырьки внутри воды во время процесса нагревания? Почему?

Через несколько минут после нагревания воды внутри ее наблюдается образование большого количества пузырьков. Причина их возникновения – наличие в составе воды растворенного воздуха и взвешенных частиц твердого тела. С нагреванием воды жидкость испаряется в эти пузырьки. Так как пузырьки замкнутые, то пар в них насыщенный. С увеличением температуры жидкости количество пара в каждом пузырьке увеличивается, значит, увеличивается и оказываемое давление пара на стенки пузырька. В результате размеры пузырька увеличиваются, и он под действием силы Архимеда поднимается к поверхности жидкости. А когда пузырьки переходят в относительно меньше подогретые слои жидкости, содержащийся в них пар конденсируется. Пузырьки уменьшаются в объеме и исчезают. Этот процесс сопровождается специфическим шумом. При нагревании воды до определенной температуры – до 100°C при нормальной атмосфере – за счет конвенции температура по всему объему жидкости выравнивается.

- *Процесс парообразования по всему объему жидкости при определенной температуре называется **кипением**.*

Кипение возникает тогда, когда давление насыщенного пара внутри пузырька равно давлению на поверхности жидкости. Как показывает опыт, во время кипения температура жидкости и пара над ней остается неизменной.

- *Температура, при которой кипит жидкость, называется **температурой кипения**.*

В таблице 3.4. приводятся температуры кипения для некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении.

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

Вещество	$t, ^{\circ}\text{C}$	Вещество	$t, ^{\circ}\text{C}$
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, оказываемого на жидкость. С увеличением внешнего давления температура кипения повышается, а при уменьшении внешнего давления, наоборот, – понижается.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Где температура кипения воды: а) ниже; б) выше; с) 100 °С? Почему?

1. На уровне моря.
2. В Пиргули (выше уровня моря на 1500 м).
3. В шахте Сомы (ниже уровня моря на 2000 м).

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Пар, находящийся в ___ со своей жидкостью, называется ___.

Пар, не находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется ___.

Процесс парообразования по всему объему жидкости при определенной температуре называется ___.

Температура, при которой кипит жидкость, называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Кипение
Ненасыщенный пар
Насыщенный пар
Динамическое равновесие
Температура кипения

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. От чего зависят давление и плотность насыщенного пара?
2. Почему при кипении жидкости температура ее не изменяется?
3. В каком из сосудов вода закипит быстрее: с открытой поверхностью или с закрытой? Почему?
4. Почему с увеличением внешнего давления температура кипения жидкости повышается, а при уменьшении внешнего давления температура кипения понижается?

3.5. Удельная теплота парообразования

Для испарения жидкости ей передается определенное количество теплоты, а при конденсации пара из него выделяется определенное количество теплоты.

- От чего зависит это количество теплоты?

Для преобразования разных веществ из жидкого состояния в газообразное требуется разное количество энергии. Эта энергия характеризуется физической величиной, называемой *удельной теплотой парообразования*.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- **От чего зависит теплота парообразования?**

Задача

Опытом установлено, что для испарения 1 кг воды необходимо передать 2,3 МДж количества теплоты, а для испарения такого же количества спирта 0,9 МДж. Для испарения 2 кг воды необходимо передать 4,6 МДж количества теплоты, а для испарения такого же количества спирта требуется 1,9 МДж количества теплоты.

Обсудите результаты:

- От чего зависит количество теплоты, необходимое для испарения жидкостей разного рода?

- **Количество теплоты, затраченное на превращение жидкости при постоянной температуре в пар, называется теплотой парообразования.**

Анализ исследования показывает, что теплота парообразования зависит от вида и массы жидкости:

$$Q = Lm,$$

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

Удельная теплота парообразования жидкости – это физическая величина, используемая для определения разности требуемого количества теплоты для превращения разных жидкостей одинаковой массы в пар.

Формула	Единица измерения
$L = \frac{Q}{m}$	$[L] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Определение	Определение
Удельная теплота парообразования жидкости – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для испарения 1 кг жидкости.	1 джоуль на килограмм – это количество теплоты такой жидкости, для испарения 1 кг которой необходимо количество теплоты 1 Дж.

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

Таблица 3.5. Удельная теплота парообразования некоторых веществ (при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении).

Вещества	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, равно количеству теплоты, требуемому для испарения этой же массы соответствующей жидкости при постоянной температуре.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Что нужно знать для определения удельной теплоты парообразования?
2. Какое количество теплоты выделяется при конденсации водяного пара массой 1 кг при температуре 100°C?
3. Пары серебра конденсируются при температуре 2466 К. Какое количество теплоты выделяется при конденсации 0,5 кг серебра? Удельная теплота парообразования серебра составляет 2,34 МДж/кг.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Количество теплоты, затраченное на превращение жидкости при постоянной температуре в пар, называется _____. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости в пар, называется _____. ____, выделяемая при _____ пара данной массы, равно количеству теплоты, требуемому для _____ этой же массы соответствующей жидкости при постоянной же температуре.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Количество теплоты
Конденсация
Испарение
Теплота парообразования
Удельная теплота парообразования

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Почему удельная теплота парообразования характеризует вещество, а не тело?
2. Удельная теплота парообразования ртути равна 0,3 МДж/кг? Что это означает?
3. Какое количество теплоты нужно для испарения воды массой 5 кг?

3.6. Влажность воздуха

Большая часть населения Баку плохо переносят холод зимой, а жару летом.

- Почему даже при тепле в 25°C многие жители Баку себя чувствуют не хорошо, а жители Кюрдамира легко переносят более высокую температуру воздуха?

В воздухе всегда имеется водяной пар. Он возникает при испарении воды с поверхности Земли (океаны, моря, озера и др.). Настроение людей, жизнь животных и растений, а также состояние объектов строительства и техники зависят от количества водяного пара в воздухе. Количество водяного пара в воздухе определяет его *влажность*.

Влажность воздуха определяется двумя физическими величинами: *абсолютной влажностью* и *относительной влажностью*.

- **Абсолютная влажность** – это физическая величина, численно равная массе водяного пара в объеме воздуха 1 м³:

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

Здесь ρ – абсолютная влажность (плотность водяного пара), V – объем воздуха, m – масса водяного пара в воздухе.

Ввиду того, что масса водяного пара в воздухе очень мала, она выражается в граммах. За единицу измерения абсолютной влажности принят грамм в кубическом метре:

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

Абсолютная влажность $\rho = 20 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ означает, что в объеме воздуха 1 м³ имеется 20 г водяного пара.

Отметим, что зная лишь абсолютную влажность водяного пара при данных условиях невозможно определить степень его отличия от насыщенного состояния. Если водяной пар в атмосфере Земли будет насыщенным, то вся поверхность земного шара будет покрыта никогда не высыхающими водяными каплями. Наоборот, если водяного пара в воздухе будет во много раз меньше насыщенного состояния, то произойдет засуха, наносящая большой вред природе. Вот поэтому была введена физическая величина, называемая *относительной влажностью*, показывающая, насколько отличается водяной пар при данной температуре от его насыщенного состояния.

• **Относительная влажность** – это отношение плотности водяного пара в воздухе при данной температуре к плотности насыщенного водяного пара при той же температуре, выражающееся в процентах:

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

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

Скорость испарения воды с поверхности кожи человека зависит от относительной влажности воздуха. При увеличении относительной влажности испарение воды с тела человека уменьшается. В результате нарушается тепловой обмен в организме, затрудняется дыхание и человек чувствует себя не хорошо. В сухую же погоду вода испаряется с кожи человека с большой скоростью, он сильно потеет, губы и дыхательные пути в горле предохраняет слизистая оболочка, и он опять чувствует себя плохо. Наиболее комфортной для жизни человека является относительная влажность воздуха 50–60%.

В таблице 3.6. даны значения плотности насыщенного водяного пара ρ_0 при разных температурах.

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

t, °C	ρ , г/м ³	t, °C	ρ , г/м ³	t, °C	ρ , 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 водяного пара в воздухе ρ при данной температуре? Для этого необходимо знать *точку росы*.

• **Точка росы** – это температура, при которой водяной пар в воздухе переходит в состояние насыщенного пара.

При охлаждении воздуха до точки росы начинается конденсация пара: возникает туман, выпадает роса. Плотность водяного пара в воздухе становится равной плотности насыщенного пара, соответствующей точке росы.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Решите задачи

1. Относительная влажность воздуха 80%, температура 4°C. Какова плотность водяного пара в воздухе? Давление насыщенного водяного пара при этой температуре составляет $6,4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$.
2. Температура воздуха в комнате объемом 100 м^3 – 20°C, а влажность 60%. Сколько граммов воды находится в воздухе?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Водяной пар в воздухе характеризуется ____.

____ это физическая величина, численно равная массе водяного пара в объеме воздуха 1 м^3 .

____ это отношение плотности ____ в воздухе при данной температуре к плотности насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в процентах.

____ это температура, при которой водяной пар в воздухе переходит в состояние насыщенного пара.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Точка росы
Абсолютная влажность
Водяной пар
Влажность
Относительная влажность

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что значит абсолютная влажность воздуха $9,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$?
2. При каких условиях происходит выпадение росы?
3. Какую роль в жизни человека играет влажность?
4. Почему при повышении температуры окружающей среды абсолютная влажность воздуха увеличивается?

3.7. Приборы для измерения влажности

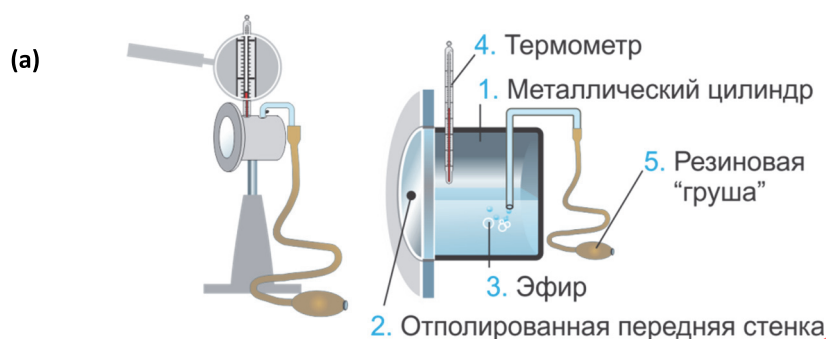
При сообщениях синоптиков о прогнозе погоды, как правило, находят место и информация о влажности воздуха.

- Как получают информацию о влажности воздуха?
- Можем ли мы сами определить абсолютную и относительную влажность воздуха в комнате, в кабинете физики или во дворе?

Влажность воздуха измеряется специальными приборами – *гигрометром* и *психрометром*. Греческие слова: *higros* означает “влажный”, а *psixros* – “холодный”.

Конденсационный гигрометр

Им определяется непосредственно точка росы. Конденсационный гигрометр состоит из металлического цилиндра (1). Его передняя стенка отполирована (2).



В цилиндр заливается быстро испаряющаяся жидкость – эфир (3) и помещается термометр (4). К трубке, соединенной с цилиндром, подсоединяют резиновую “грушу” (5) (а). При закачивании в цилиндр при помощи резиновой “груши” воздуха эфир быстро испаряется и цилиндр охлаждается. При этом отполированная поверхность стенки запотевают – возникают капельки росы.

Значит, водяной пар переходит в состояние насыщенного пара. В этот момент термометр показывает температуру, соответствующую точке росы. Зная температуру точки росы и воздуха, при помощи специальных таблиц (см.: таблицы 3.6. и 3.7) можно определить абсолютную и относительную влажность воздуха.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Решите задачу в соответствии с данным образцом

Образец

Температура воздуха 20 °С, а температура точки росы, определенная гигрометром, 8 °С. Определите относительную влажность воздуха.

Решение с объяснениями:

Из таблицы 3.6 определяются плотность насыщенного водяного пара при температуре 20°С ($\rho_o = 17,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$) и плотность водяного пара при температуре 8°С ($\rho = 8,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$) (при температуре 8°С водяной пар в воздухе полностью переходит в насыщенное состояние). Затем вычисляется относительная влажность воздуха при температуре 20°С:

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

Задача

Температура воздуха 18 °С, а температура точки росы, определенная гигрометром, равна 10 °С. Определите относительную влажность воздуха.

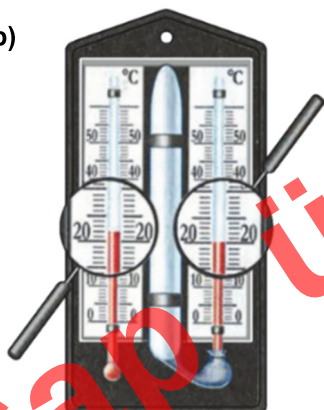
Обсудите результат:

- При какой температуре воздуха относительная влажность выше: при 20°С или при 18°С?

Психрометр

Один из приборов, дающий возможность определить относительную влажность воздуха, — это *психрометр*. Его принцип работы основывается на охлаждении испаряющейся воды. Психрометр состоит из двух одинаковых термометров. Один из них измеряет температуру воздуха. Ртутный (или спиртовой) баллончик на конце другого термометра об-

(b)



рачивается куском марли, опущенной в сосуд с водой. Из-за охлаждения испаряющейся воды показание этого термометра меньше показания сухого термометра (b).

Насколько суше (без влаги) будет воздух, настолько быстрее будет испаряться вода с мокрой ткани и влажный термометр покажет более низкую температуру. Разница между показаниями термометров может быть большой.

Если водяной пар в воздухе будет в насыщенном состоянии, то вода с марли не будет испаряться и показания термометров будут одинаковые.

В этом состоянии относительная влажность воздуха составляет 100%. Значит, разность в показаниях термометров зависит от относительной влажности воздуха. На основании разности между показаниями сухого и мокрого термометров при помощи специальной психрометрической таблицы (см.: таблица 3.7.) определяется относительная влажность воздуха.

Таблица 3.7. Психрометрическая таблица.

Показание сухого тер- мометра, °C	Разность в показаниях 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

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Используя психрометрическую таблицу, определите относительную влажность воздуха, основываясь на показаниях психрометра, изображенного в учебнике (см: рис. б).

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Влажность воздуха измеряется при помощи приборов, называемых ___ и ___.

___ определяется непосредственно ___ гигрометром.

Принцип работы психрометра основан на охлаждении ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

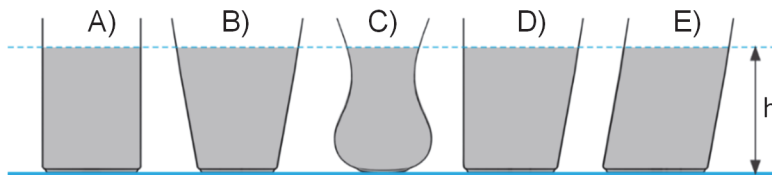
Конденсационный
Испаряющаяся вода
Психрометр
Точка росы
Гигрометр

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Чему будет равна относительная влажность, если водяной пар в воздухе достигнет насыщенного состояния?
2. Как определяется точка росы при помощи конденсационного гигрометра?
3. Как определяется относительная влажность воздуха при помощи психрометра?

УПРАЖНЕНИЕ-5

1. В каком из сосудов горячий чай остынет позже?



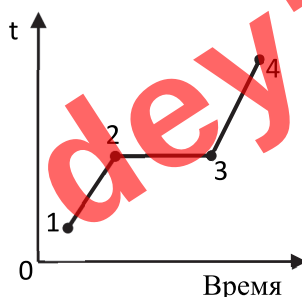
2. Каков физический смысл удельной теплоты плавления?

1. Удельная теплота плавления – это количество теплоты, затраченное на плавление единицы массы кристалла при температуре плавления.
2. Удельная теплота плавления показывает количество теплоты, затраченное на плавление произвольной массы кристалла при температуре плавления.
3. Удельная теплота плавления показывает количество теплоты, выделившееся при переходе единицы массы жидкости в твердое состояние при температуре отвердевания жидкости.
4. Удельная теплота плавления показывает количество теплоты, выделившееся при переходе произвольной массы жидкости в твердое состояние при температуре отвердевания жидкости.

- A) Только 3
B) Только 2
C) 1 и 3
D) 2 и 4
E) Только 1

3. На рисунке дан график зависимости температуры от времени при плавлении кристалла. Какому процессу соответствует участок графика 3-4?

- A) Плавлению
B) Испарению
C) Нагреванию кристалла
D) Нагреванию расплава
E) Отвердеванию



4. Испаряется ли вода в открытом сосуде при температуре 0°C ?

- A) Нет, потому что вода при этой температуре замерзает
B) Да, потому что вода испаряется при любой температуре
C) Нет, потому что вода испаряется только при температуре 100°C
D) Нет, потому что вода испаряется только при температуре выше 0°C
E) Да, испаряется только при давлении на поверхности воды выше нормального атмосферного давления.

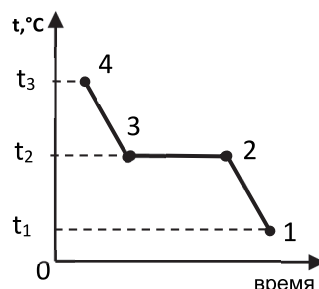
ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

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

- А) 20 кг
- В) 30 кг
- С) 40 кг
- Д) 50 кг
- Е) 60 кг

2. На рисунке дан график зависимости температуры от времени в процессе кристаллизации жидкости. Какому процессу соответствует участок графика 3–2?

- А) Плавлению
- В) Сублимации
- С) Нагреванию кристалла
- Д) Остыванию твердого тела
- Е) Кристаллизации



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

- А) 180 кДж
- В) 360 кДж
- С) 240 кДж
- Д) 420 кДж
- Е) 300 кДж

4. Какой теплообмен вещества происходит с окружающей средой при испарении жидкости и конденсации пара?

- А) При испарении жидкости теплота передается окружающей среде, а при конденсации пара теплота забирается из окружающей среды.
- В) При испарении жидкости теплота забирается из окружающей среды, а при конденсации пара теплота выделяется в окружающую среду.
- С) И при испарении жидкости, и при конденсации пара теплота забирается из окружающей среды.
- Д) И при испарении жидкости, и при конденсации пара теплота выделяется в окружающую среду.
- Е) И при испарении жидкости, и при конденсации пара теплообмена с окружающей средой не происходит.

5. Вычислите количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг спирта в пар при постоянной температуре ($L=9 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$).

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

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

4

стр. 89–110

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

- Обобщающие задания

Çar üçün deyil

4.1. Тепловой двигатель. Коэффициент полезного действия теплового двигателя



- Что общего между всеми видами транспорта?
- За счет какой энергии происходит механическое движение этих видов транспорта?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

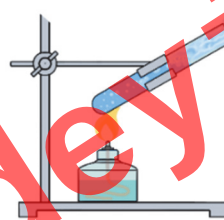
• Простые тепловые двигатели

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

Ход работы: 1. Налит воду в пробирку, плотно закройте ее пробкой. 2. Закрепив пробирку в штативе, как показано на рисунке, нагрейте ее в пламени спиртовки. Проследите за тем, что происходит после закипания воды.

Обсудите результат:

- Что наблюдается после закипания воды в пробирке?
- Какие превращения энергии произошли в эксперименте: на что затрачивается количество теплоты, переданное пламенем спиртовки воде в пробирке?



В начале XVIII века в результате создания *тепловых двигателей*, выполняющих механическую работу за счет внутренней энергии разных видов топлива, произошла научно-техническая революция. Двигатель внутреннего сгорания (карбюраторный и дизельный), паровые и газовые турбины, реактивные двигатели являются разными видами тепловых двигателей. Если бы не было таких двигателей, то и не было бы многих машин и устройств, таких как тепловые электростанции, автомобили, самолеты, космические ракеты, корабли, локомотивы, тракторы и экскаваторы.

- *Тепловой двигатель – это устройство, преобразующее внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.*

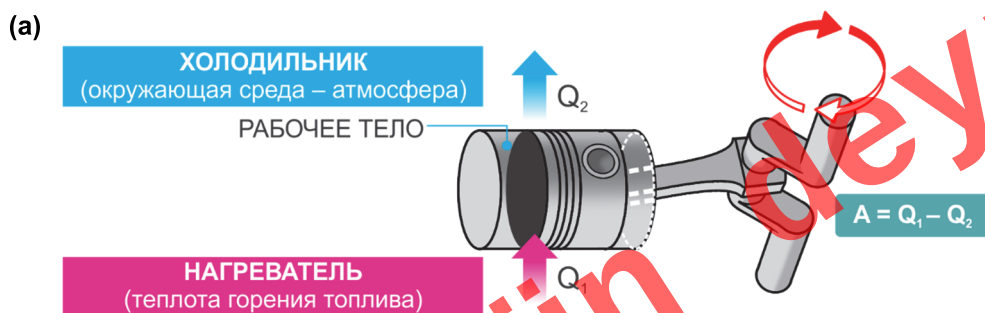
В принципе работы всех тепловых двигателей имеются общие закономерности

Тепловые двигатели состоят из трех частей: *нагреватель* (источник тепла, получаемого за счет горения топлива и др.), *рабочее тело* (пар или продукты горения топлива) и *холодильник* (окружающая среда – атмосфера). Эти части обеспечивают непрерывную работу двигателя.

1. В процессе работы двигателя рабочее тело получает определенное количество теплоты Q_1 от нагревателя.
2. Часть теплоты, полученная от нагревателя, затрачивается на совершение механической работы A рабочего тела при его расширении и приведении в движение подвижной части двигателя (поршня, вала турбины и др.).
3. Процесс расширения рабочего тела очень кратковременный. Оно каждый раз после расширения должно вновь вернуться в первоначальное состояние: рабочее тело сжимается и процесс повторяется. Для сжатия рабочего тела от него холодильнику передается определенное количество теплоты Q_2 ($Q_2 < Q_1$). Значит, во всех тепловых двигателях только часть внутренней энергии топлива ($Q_1 - Q_2$) затрачивается на совершение рабочим телом полезной работы ($A_{\text{полез}}$):

$$A_{\text{полез}} = Q_1 - Q_2.$$

Таким образом, работа произвольного теплового двигателя состоит из повторяющихся *циклов* (по-гречески *kiklos* – “круг”, “замкнутый процесс”). Схематически процесс можно представить как на рисунке (а).



Важной характеристикой произвольного теплового двигателя является его *коэффициент полезного действия* (КПД). КПД показывает, какая часть общей энергии, полученной от нагревателя, затрачивается на полезную работу.

• *Отношение совершенной двигателем полезной работы к количеству теплоты, полученной от нагревателя, называется коэффициентом полезного действия двигателя.*

КПД обозначается греческой буквой η (эта) и выражается в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{Q_1} \cdot 100\%$$

или

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

Для увеличения КПД теплового двигателя необходимо увеличить количество теплоты, получаемое от нагревателя, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшить.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Тепловой двигатель получает от нагревателя 0,5 МДж количества теплоты, а холодильнику отдается 0,4 МДж количества теплоты. Какую полезную работу совершило рабочее тело?
2. Рабочее тело двигателя, получив от нагревателя 100 МДж теплоты, совершает 40 МДж механической работы. Определите КПД двигателя.

Обсудите результат:

- Какая часть внутренней энергии топлива в тепловом двигателе затрачивается рабочим телом на совершение полезной работы?
- Что значит КПД двигателя?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ это машина, преобразующая внутреннюю энергию топлива в механическую.

Все тепловые двигатели состоят из ___ (источник тепла), ___ (пар или продукты горения топлива) и ___ (окружающая среда, то есть атмосфера). Отношение совершенной полезной работы двигателя к количеству теплоты, полученной от нагревателя, называется ___ двигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Холодильник
Рабочее тело
Коэффициент полезного действия
Тепловой двигатель
Нагреватель

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Укажите из чего состоит топливо, нагреватель, рабочее тело и холодильник в собранном вами при помощи пробирки и спиртовки простого теплового двигателя (см: 4.1, исследование-1).
2. По какой схеме обеспечивается цикличность работы теплового двигателя?
3. КПД теплового двигателя равно 50%. Что это значит?
4. Возможно ли преобразование всей внутренней энергии теплового двигателя в механическую работу? Ответ обоснуйте.

4.2. Паровая турбина

В современной технике и производстве используют такие тепловые двигатели, посредством которых внутренняя энергия водяного пара преобразуется в механическую энергию.

- Как называется двигатель, преобразующий внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию и где он применяется?
- Что может служить в этих двигателях нагревателем, рабочим телом и холодильником?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Это модель какого двигателя?

Оборудование: небольшая колба, резиновая пробка с пропущенной сквозь нее трубкой малого диаметра, спиртовка, штатив с лапкой, винная пробка, тонкий металлический стержень, птичьи перья, шило, проволока из меди или алюминия (50–70 см), вода (70–100 мл).

Ход работы:

1. Налив в пробирку воды, плотно закройте ее резиновой пробкой. Закрепите пробирку в штативе и поместите ее над пламенем спиртовки.
2. Пропустите металлический стержень сквозь винную пробку. При помощи шила сделайте в пробке по кругу симметрично 6 отверстий и закрепите в них перья. Вы изготовили шестиперчатое колесо (а).
3. Сложите медную проволоку пополам и закрепите место сгиба в подставке, а изогнув, ее концы, сделайте рогатку. Расположите концы стержня на рогатке так, чтобы колесо могло свободно вращаться.
4. После закипания воды в колбе приблизьте колесо с перьями к струе пара, выходящего из трубки (б). Обсудите наблюдаемое явление.

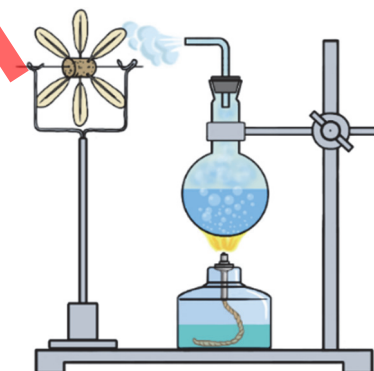
Обсудите результат:

- Модель какого двигателя вы изготовили?
- Какова последовательность превращения энергий в этом двигателе?
- Что является в изготовленном вами двигателе нагревателем, рабочим телом и холодильником?

(а)



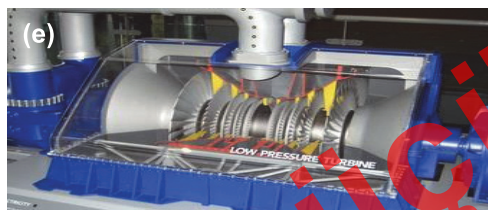
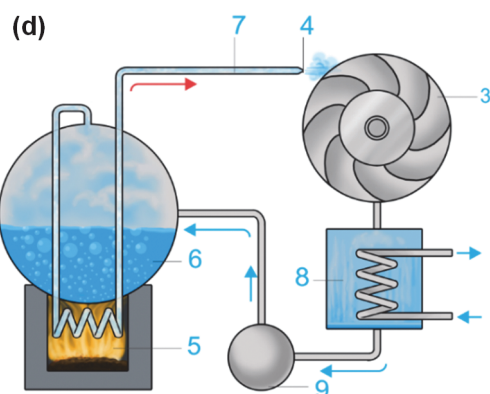
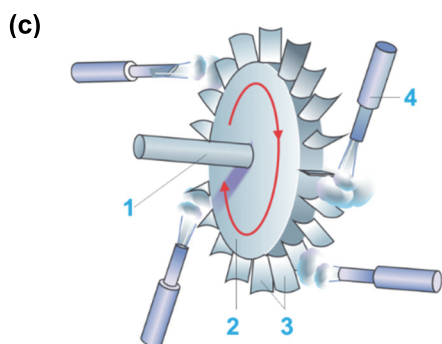
(б)



Паровая турбина – первый тепловой двигатель, используемый в производстве и технике.

• *Паровая турбина* – тепловой двигатель, преобразующий внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию.

Самая простая паровая турбина состоит из вала (1), диска, надетого на вал (2), лопастей, закрепленных на обруче диска (3), и трубки, называемой соплом (4) (с). Вал и диск с лопастями в целом называются *роотором* паровой



турбины, и он размещается в специальном корпусе. Несмотря на внешнюю простоту, паровая турбина является тепловой машиной сложного строения. Ее принцип работы схематически показан на рисунке (d). Количество теплоты, отданное *нагревателем* (5), кипятил воду в паровом котле (6). Образованный пар (*рабочее тело*), проходя через нагревающую трубу (7), еще раз нагреваясь, достигает давления $\approx 10^7$ Па, а температура доходит до 500°C .

Пар, попадая в сопло, ускоряется, и внутренняя энергия направленного пара превращается в кинетическую энергию струи пара. Обладающие большой кинетической энергией струи пара, выходящие из сопла, оказывая давление на лопасти турбины, передают ей часть своей энергии и ротор вращается с большой скоростью. Использованный пар при помощи специального устройства, которое называется *конденсатором* (8), охлаждаясь, превращается в воду и с помощью насоса (9) заново подается в котел.

Современные паровые турбины состоят не из одного ротора, а из десятков дисков. Вблизи каждого диска помещается несколько сопел (е). Выходящий из сопла пар, действуя на лопасти, заставляет вращаться диск с частотой 50 с^{-1} (3000 об/мин).

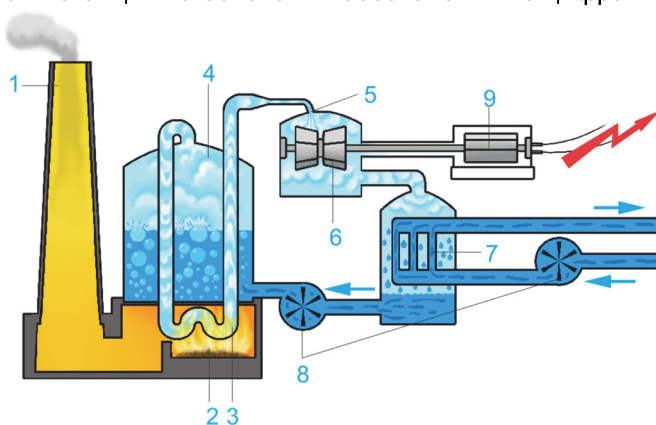
Паровые турбины являются незаменимыми тепловыми двигателями на современных тепловых и атомных электростанциях. КПД паровых турбин – 40%.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Схема тепловой электростанции

На рисунке представлена схема тепловой электростанции (ТЭС). Исследуйте принцип работы станции на основании обозначений по цифрам и стрелкам.



Обсудите результат:

- Каким частям ТЭС соответствуют представленные цифры?
- Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в паровой машине?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ это ___, преобразующий внутреннюю энергию водяного пара в механическую энергию.

Основные части, из которых состоит турбина, это нагреватель — ___, рабочее тело — ___ и холодильник — ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Пар
Паровая турбина
Паровой котел
Конденсатор
Тепловой двигатель

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Из каких основных частей состоит паровая турбина?
2. Объясните принцип работы паровой турбины.
3. Пар выходит из сопла при температуре 500 °С, а в конденсатор попадает при температуре 300°С. Что является причиной падения температуры пара?

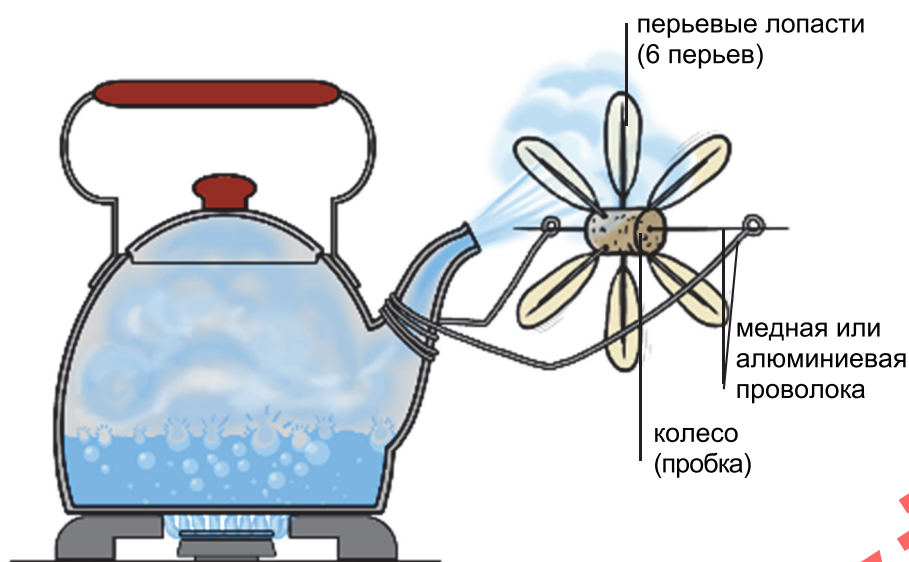
ПРОЕКТ

• “Паровая турбина” на кухне

Оборудование: чайник, изготовленное вами колесо с 6-перьевыми лопастями, медная или алюминиевая проволока (50–70 см).

Ход работы:

1. Сделав на концах проволоки кольца, закрепите ее, как показано на рисунке, к носику чайника.



2. Продев металлический стержень на колесе сквозь кольца на проволоке, добейтесь его свободного вращения.
3. Налив в чайник воды меньше половины, доведите ее до кипения. Выходящий из носика пар приводит в движение колесо с перьями.

- Подготовьте эссе о принципе работы изготовленной вами “паровой турбины”.

Не забудьте отметить, что является в паровой турбине нагревателем, рабочим телом и холодильником.

4.3. Двигатели внутреннего сгорания

При покупке автомобиля отец взял с собой и Арифа. Ариф видит, что один из автомобилей одной и той же марки стоит 11 000 манатов, а другой – 14 000 манатов.

Спросив у продавца причину различия в стоимости автомобилей, он выяснил, что двигатель более дешевого автомобиля работает на бензине, а двигатель более дорогого автомобиля на дизельном топливе.

Отец спросил: “Сынок, какую бы ты выбрал?”

“Я выбрал бы более дешевую”, – ответил Ариф.

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

Можно сказать, что все автомобили, которые укорачивают вам далекие пути, перевозят тяжелые грузы, приводятся в движение *двигателями внутреннего сгорания*.

- *Двигатель внутреннего сгорания – это тепловой двигатель, сжигающий топливо непосредственно в цилиндре, то есть внутри самого двигателя.*

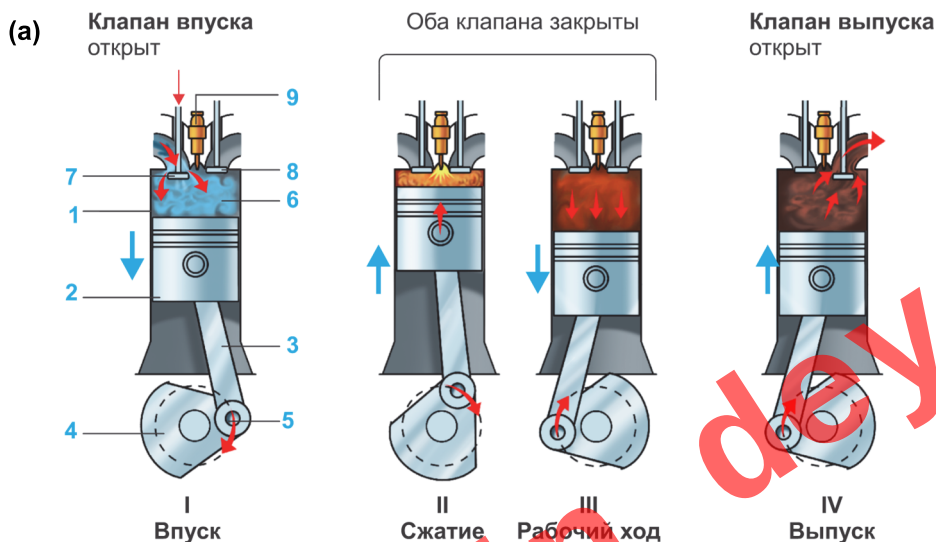
Первый поршневой двигатель внутреннего сгорания изобрел в 1860 г. французский инженер Этьен Леунар (1822–1900). В настоящее время существуют два вида двигателя внутреннего сгорания: *карбюраторный двигатель* (изобретен немецким инженером Отто Николаусом (1832–1891) в 1876 г.) и *дизельный двигатель* (изобретен немецким инженером Рудольфом Дизелем (1858–1913) в 1897 г.).

В карбюраторном двигателе топливная смесь (смесь паров бензина с воздухом) готовится отдельно от двигателя в специальном устройстве, называемом *карбюратором*, и оттуда поступает в цилиндр двигателя. В дизельном же двигателе топливная смесь готовится непосредственно в самом двигателе.

Главное преимущество двигателя внутреннего сгорания от предшествующих ему тепловых двигателей в том, что наряду с относительно небольшими размерами и массой он создает большую силу тяги. По этой причине двигатель внутреннего сгорания уже около 130 лет широко применяется в транспорте (автомобиль, трактор, тепловоз), авиации и пароходстве (дизель-теплоход, катер и т.д.).

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.



Каждый ход поршня двигателя внутреннего сгорания вверх или вниз называется *такты*. Полная работа двигателя совершается за четыре такта. По этой причине такие двигатели называются *четырёхтактными двигателями*:

I такт — впуск. Поршень движется вниз. В цилиндре создается разрежение и открывается клапан 7, через который в цилиндр впускается топливная смесь. Затем в конце такта клапан 7 закрывается. Клапан 8 также закрыт.

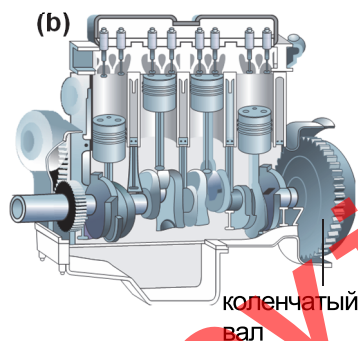
II такт — сжатие. Поршень, двигаясь вверх, сжимает топливную смесь. При сжатии топливная смесь резко нагревается. В конце такта сжатия, когда до верхнего положения поршня остается очень мало, электрическая искра, создаваемая свечой зажигания, поджигает топливную смесь.

III такт — рабочий ход. Газы, образованные в результате сгорания топливной смеси, оказывают большое давление на поршень и толкают его вниз. В результате маховик, скрепленный с коленчатым валом, приобретает большую скорость вращательного движения. В результате инерции коленчатый вал продолжает вращаться, что обеспечивает движение поршня во время следующих тактов.

IV такт — выпуск. Открывается клапан 8 (клапан 7 закрыт), поршень поднимается вверх и продукты сгорания из цилиндра выбрасываются в атмосферу. В конце такта клапан 8 закрывается и снова начинается первый такт — такт впуска.

Таким образом, *нагревателем* двигателя внутреннего сгорания является само топливо; *рабочим телом* является газ в цилиндре, который, расширяясь от тепла, совершает механическую работу; *холодильником* же служит атмосфера.

В автомобилях чаще всего используются четырехцилиндровые двигатели внутреннего сгорания. Поршень в каждом из этих цилиндров поочередно передает коленчатому валу вращательное движение (b). Есть автомобили с более мощными восьмицилиндровыми и двенадцати цилиндровыми двигателями.



Дизельный двигатель

Этот двигатель также четырехтактный. Однако он отличается от карбюраторного двигателя тем, что в первом такте в цилиндр впускается не топливная смесь, а воздух. В конце второго такта воздух, впущенный в цилиндр, сжимается в 15–20 раз и его температура повышается до 500–600°C. В конце третьего такта при помощи специального насоса в цилиндр впрыскивается дизельное топливо. При впрыскивании дизельного топлива в такой сжатый и нагретый до высокой температуры воздух он сразу воспламеняется. Выделяемый в результате воспламенения газ, оказывая большое давление на поршень, толкает его вниз. В четвертом такте клапан выпуска открывается и отработанный газ выбрасывается в атмосферу.

Дизельный двигатель имеет некоторые преимущества перед карбюраторными двигателями:

- КПД дизельного двигателя выше;
- он использует меньшее количество топлива;
- в этом двигателе используется более дешевое топливо (дизельное топливо);
- имеет возможность создавать большую силу тяги.

Благодаря этим преимуществам в танках, тракторах, тепловозах и теплоходах, грузовых автомобилях, автобусах и некоторых легковых автомобилях используются дизельные двигатели.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Изучим еще раз двигатель внутреннего сгорания

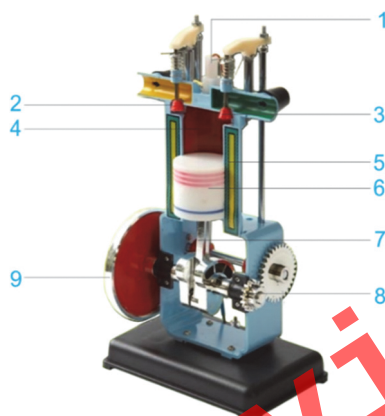
Оборудование: модель карбюраторного двигателя внутреннего сгорания.

Ход работы:

исследуйте принцип работы двигателя, основываясь на цифрах.

Обсудите результат:

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



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ это тепловой двигатель, сжигающий топливо непосредственно в цилиндре, то есть внутри самого двигателя. Полная работа двигателя совершается за четыре ___. По этой причине такие двигатели называются ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Такт
Двигатель внутреннего сгорания
Четырехтактный двигатель

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Каково основное отличие карбюраторного двигателя внутреннего сгорания от дизельного двигателя?
2. Какой физический процесс происходит при такте впуска?
3. Из чего состоит принцип работы тактов сжатия, рабочего хода и выпуска?

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 вы сделаете для возвращения на орбитальную станцию, удаляющуюся в космической пустоте?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Это модель какого теплового двигателя?

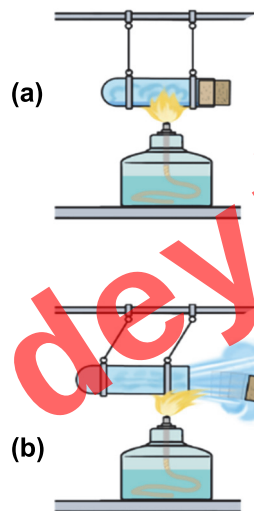
Оборудование: пробирка, спиртовка, штатив с лапкой, винная пробка, вода (40–50 мл) и нить.

Ход работы:

1. Налив в пробирку воду, плотно закройте ее пробкой.
2. Подвесив пробирку на штативе в горизонтальном положении, нагрейте ее в пламени спиртовки (а).
3. Обсудите с товарищами явление, произошедшее после закипания воды.

Обсудите результат:

- Что толкает пробирку в противоположное направление при выбрасывании пробки водяным паром в сторону (b)?
- Какие превращения энергии произошли в эксперименте: на что затрачена внутренняя энергия водяного пара?
- Модель какого теплового двигателя вы создали?



В проведенном исследовании вы наблюдали, что два тела (пробирка и пробка) при взаимодействии отталкиваются друг от друга, двигаясь в противоположных направлениях.

- **Реактивное движение** – это движение, которое возникает при отделении от тела некоторой его части с определенной скоростью.

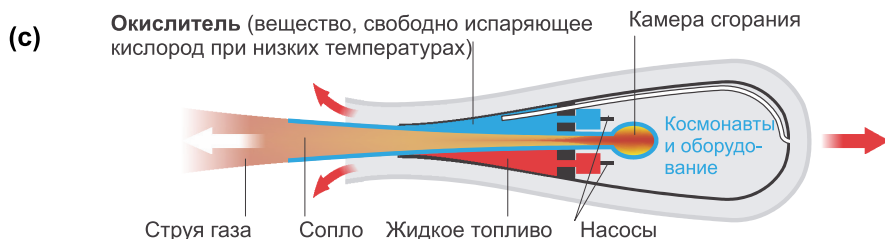
Современный тепловой двигатель, сообщаящий телу реактивное движение, называется *реактивным двигателем*.

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

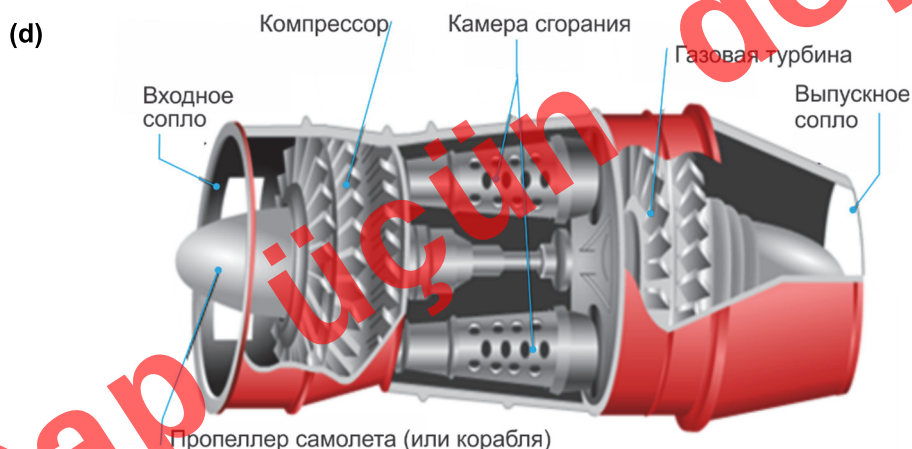
Существуют два вида реактивных двигателей: *ракетный двигатель* и *воздушный реактивный двигатель*.

1. **Ракетный двигатель** – это реактивный двигатель, не использующий в своей работе окружающую среду, например, атмосферный воздух. В двигателе используется топливо и окисляющее вещество. Эти вещества переносятся вместе с двигателем.

В камеру сгорания двигателя (в нагреватель) при помощи насосов закачивают топливо и окислитель. В результате воспламенения топливной смеси в камере образуются газы (рабочее тело), обладающие высоким давлением и температурой. Струя газа под большим давлением выбрасывается из сопла ракеты в атмосферу (холодильник) и ракета приобретает большую силу тяги, равную силе реакции струи газа (с).



2. **Воздушный реактивный двигатель** – это реактивный двигатель, несущий топливо с собой, а окислителем для него служит атмосферный воздух (d).



Из компрессора в камеру сгорания (нагреватель) закачивается сжатый воздух при температуре 200°C , одновременно впрыскивается жидкое топливо (керосин) с высоким давлением. В результате сгорания топлива воздух, являющийся рабочим телом, нагревается до температуры порядка $1500\text{--}2000^{\circ}\text{C}$.

Струя газа, образовавшаяся в результате резкого теплового расширения воздуха и других продуктов горения, с большой скоростью перетекает к выбрасывающему соплу. В это время струя газа, проходя между турбинами, затрачивает свою внутреннюю энергию на вращение турбины. В результате часть механической энергии, полученной турбиной, затрачивается на создание вращающимися пропеллерами самолета (или корабля) силы тяги. И использованный воздух и продукты горения под давлением порядка атмосферного давления и со скоростью $\approx 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ выбрасываются в атмосферу через выпускающие сопла (см: рис.d).

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

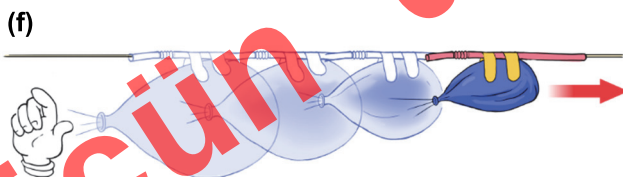
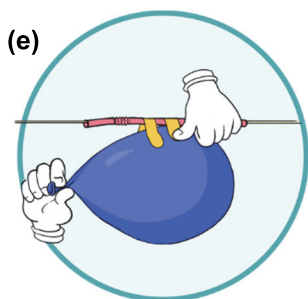
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Это какое движение?

Оборудование: резиновый шар, леска (12–15 м), трубочка (от пакета с соком), скотч (липкая лента).

Ход работы:

1. Пропустите леску сквозь трубочку. Затем, протянув ее через комнату, привяжите ее концы к двум неподвижным точкам, например, к ручкам окна и двери.
2. Надув шарик воздухом, закрепите его скотчем к трубочке (е).
3. Откройте горлышко шарика и наблюдайте возникшее явление (f).



Обсудите результат:

- Что приводит в движение резиновый шарик?
- Модель какого движения вы создали?

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Первый удачный полет человека на реактивном двигателе в 1633 году осуществил турецкий изобретатель Лагари Гасан Челеби. Он поднялся при помощи примитивной ракеты с камерой, наполненной порохом, на высоту 300 м за 20 секунд. Лагари приземлился на воду благодаря самодельным крыльям, сыгравшим роль парашюта (автор рисунка: Шукру Чаглаян; местонахождение: библиотека-музей Воздушного командования. tr.wikipedia.org/wiki/lagarî_hasan_çelebi).



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ называется движение тела, возникающее при отделении и движении некоторой его части в противоположном направлении.

___ это тепловой двигатель, преобразующий ___ топлива в кинетическую энергию струи газа и создающую силу тяги, равную силе реакции струи газа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Реактивный двигатель
Внутренняя энергия
Реактивное движение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что такое реактивное движение?
2. Каково главное отличие реактивного двигателя от других тепловых двигателей?
3. Что является нагревателем, рабочим телом и холодильником в реактивном двигателе?

4.5. Тепловые двигатели и защита окружающей среды

Ариф с отцом продолжили свою прогулку по автомобильному салону. Они увидели, что один из автомобилей одной и той же марки стоит 9000 манатов, а другой 9 500 манатов. Поинтересовавшись у продавца о причине различия в стоимости автомобилей, выяснили, что у первого автомобиля отсутствует каталитический нейтрализатор (устройство, очищающее от отходов использованного топлива). Отец снова спросил у Арифа: “Какой из автомобилей ты бы взял?” – “Я взял бы более дешевый”, – ответил Ариф.

- Какой автомобиль взяли бы вы: более дешевый или дорогой? Почему?
- Какие экологические проблемы создают тепловые двигатели? Что вы предложили бы для решения этих проблем?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Какой двигатель больше загрязняет окружающую среду?

На рисунке изображены дизельный и карбюраторный двигатели. Проведите внимательное исследование выброса в атмосферу, количества продуктов горения топлива из выхлопных труб 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)
---	-------------------------------------

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

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

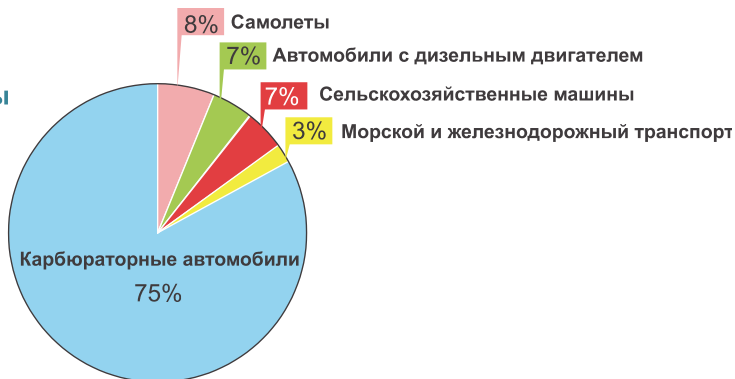


Обсудите результат:

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

Тепловой двигатель превращает определенную часть одного вида энергии (обычно около 30–40%) в другой вид энергии, а остальную часть выбрасывает в окружающую среду. Выбрасываемая энергия наносит серьезный вред окружающей среде: во-первых, для сгорания топлива расходуется большое количество кислорода из атмосферы, во-вторых, выделяя большие количества теплоты, повышает температуру в нижних слоях атмосферы у поверхности Земли, в-третьих, выбрасываемое большое количество отходов продуктов горения загрязняет атмосферу, воду и почву, в-четвертых, во время работы создает большой шум и т.д. Исследователи определили степень нанесенного вреда окружающей среде разными транспортными средствами следующим образом.

**Степень
загрязнения
окружающей среды
транспортными
средствами**



Специалисты с целью уменьшения количества выброса в атмосферу вредных отходов изготовили специальные каталитические нейтрализаторы. Это устройство уменьшает количество выбрасываемого в атмосферу угарного газа (CO) на 80%, а оксидов азота (NO_x) – на 50%. В настоящее время борьба с вредными последствиями тепловых двигателей транспортных средств проводится в нескольких направлениях:

1. Совершенствование тепловых двигателей: получение такого же количества механической энергии путем сжигания меньшего количества топлива.
2. Достижения полного сгорания топлива, например, использование вместо бензина природного или сжиженного газа.
3. Усовершенствование и массовое использование электромобилей.
4. Применение солнечных батарей для автомобилей.
5. Применение электродвигателей для поездов с магнитной и пневматической подвеской и т.д.

Двигатели, применяемые на тепловых электрических станциях, также наносят большой вред окружающей среде. Наряду с выбросом веществ, наносящих вред живым организмам, эти станции оказывают “помощь” глобальному потеплению земной атмосферы.

Поэтому сегодня перед человечеством стоит основная задача – решение проблемы по созданию естественной среды обитания. Один из путей решения этой проблемы – использование альтернативных источников энергии – энергии Солнца, ветра, морских приливов и др.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Насколько чистая атмосфера в городе Баку?

Задача

Проведенные практические исследования показали, что легковой автомобиль с карбюраторным двигателем в течение года поглощает из атмосферы 40 тонн кислорода, взамен же в атмосферу вместе с продуктами сгорания выбрасывает 800 кг угарного газа (CO), 40 кг оксидов азота и 200 кг углеводородов. По информации за 2014 год, по улицам города Баку ежедневно двигались 750 000 легковых автомобилей. Какой вред наносят эти автомобили окружающей среде в течение года?

Обсудите результат:

- Какое количество кислорода поглощается и какое количество угарного газа и оксидов азота выбрасывается легковыми автомобилями в городе Баку в течение одного года?
- Что вы предлагаете для уменьшения этого вредного воздействия автомобилей?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Выбрасываемые тепловым двигателем ___ наносят серьезный вред окружающей среде: во-первых, для ___ расходуется большое количество ___ из атмосферы, во-вторых, выделяя большое ___, повышает температуру в нижних слоях атмосферы у поверхности Земли, в-третьих, выбрасываемое в атмосферу, воду и почву большое количество отходов продуктов горения загрязняет их, в-четвертых, во время работы создает большой ___ и т.д.

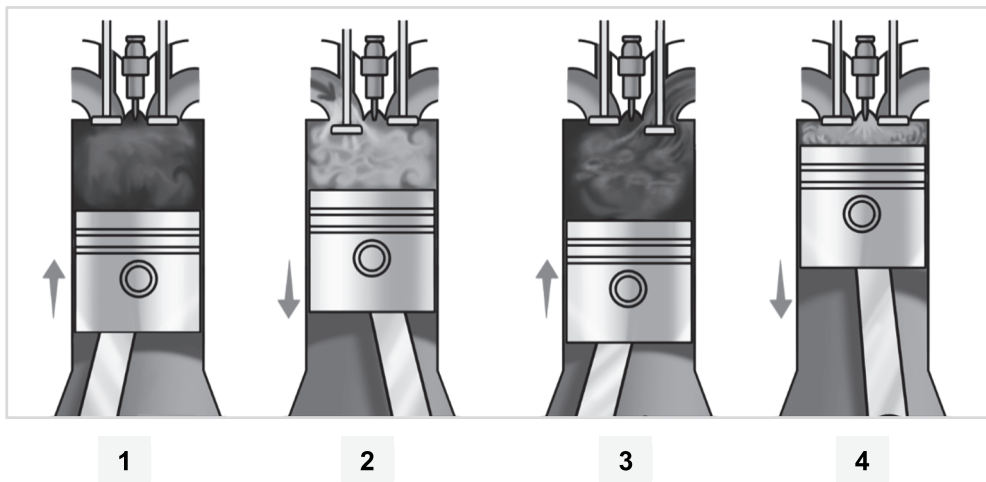
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Кислород
Отходы
Шум
Количество теплоты
Сгорание топлива

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие вредные вещества выбрасываются тепловыми двигателями в атмосферу?
2. Как можно уменьшить вредные результаты тепловых двигателей?
3. В каких районах города Баку воздух больше загрязнен?
4. Какой автомобиль вы бы приобрели с целью защиты окружающей среды: с карбюраторным или с дизельным двигателем? Почему?

УПРАЖНЕНИЕ-6

1. Почему на подводных лодках, плывущих в режиме подводного плавания, не используются двигатели внутреннего сгорания?
2. Сколько раз открываются в четырехтактном двигателе соответственно клапаны впуска и выпуска при полных двух оборотах коленчатого вала?
3. На рисунке представлен цилиндр четырехтактного двигателя в разрезе. Какими цифрами обозначены такты впуска и выпуска?



4. В каком тепловом двигателе струя пара или газа, нагретого до высокой температуры, вращает вал двигателя при отсутствии сжимающего поршня, шатуна и коленчатого вала?
5. Космический корабль большую часть своего пути совершает за пределами земной атмосферы. Объясните причину движения ракеты в безвоздушном пространстве.
6. Тепловой двигатель получает от нагревателя 0,8 МДж количества теплоты, а холодильнику отдается 0,6 МДж количества теплоты. Каков КПД этого двигателя? Что означает полученное значение?

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. КПД паровой турбины равен 35%.

Это означает, что...

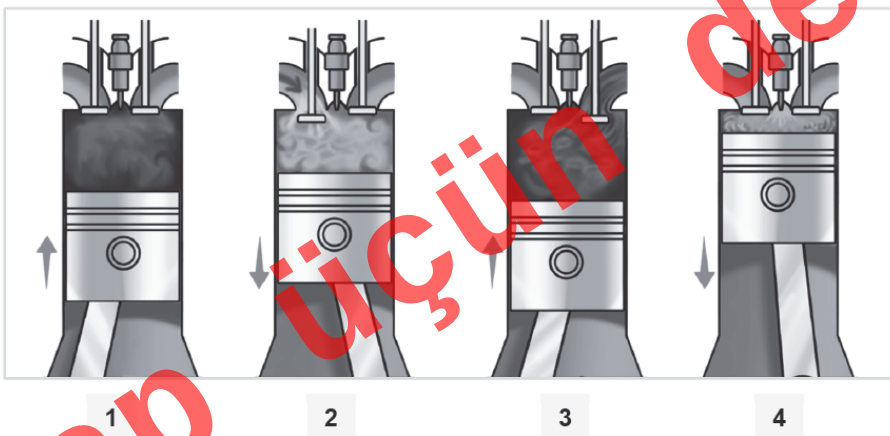
- А) ... при полном сгорании топлива 65% выделенной энергии затрачивается на совершение полезной работы.
- В) ... при полном сгорании топлива 35% выделенной энергии затрачивается на совершение полезной работы.
- С) ... при полном сгорании топлива 65% выделенной энергии превращается во внутреннюю энергию деталей двигателя.
- Д) ... при полном сгорании топлива 35% выделенной энергии превращается во внутреннюю энергию деталей двигателя.
- Е) ... при полном сгорании топлива 35% выделенной энергии превращается во внутреннюю энергию пара.

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

- А) Из разных видов жидкого топлива.
- В) Из впрыскиваемого керосина и воздуха.
- С) Из воздуха и паров бензина.
- Д) Из машинного масла и бензина.
- Е) Из воды, машинного масла и бензина.

3. На каком из рисунков представлен такт рабочего хода?

- А) только 1
- В) только 2
- С) только 3
- Д) только 4
- Е) 2 и 4



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

- A) Нагреватель – камера сгорания, рабочее тело – продукты сгорания топлива, холодильник – атмосфера
- B) Нагреватель – продукты сгорания топлива, рабочее тело – камера сгорания, холодильник – атмосфера
- C) Нагреватель – атмосфера, рабочее тело – камера сгорания, холодильник – продукты сгорания топлива
- D) Нагреватель – атмосфера, рабочее тело – продукты сгорания топлива, холодильник – камера сгорания
- E) Нагреватель – продукты сгорания топлива, рабочее тело – атмосфера, холодильник – камера сгорания

5. Для чего нужен нагреватель в тепловом двигателе?

- A) Для превращения внутренней энергии в механическую энергию
- B) Для удаления неиспользованной энергии
- C) Для превращения механической энергии во внутреннюю энергию
- D) Для сжигания топливной смеси
- E) Для передачи тепла рабочему телу

Çar üçün deyil

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

5

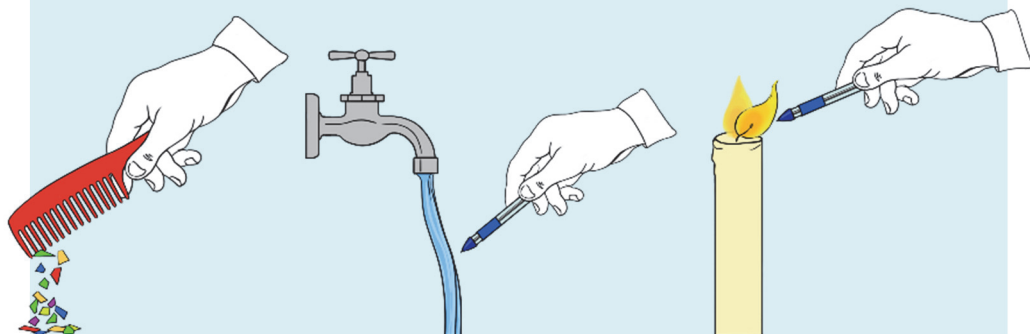
стр. 111–146

- 5.1. Электризация тел. Электрический заряд
- 5.2. Строение атома. Природа электризации
- 5.3. Проводники и диэлектрики
- 5.4. Электростатическая индукция
- 5.5. Электроскоп. Электрометр
- 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

5.1. Электризация тел. Электрический заряд

Приблизьте расческу после расчесывания сухих и чистых волос к нарезанным кусочкам бумаги. При этом наблюдается притяжение кусочков бумаги к расческе. Потрите ручку о волосы и приблизьте ее к тонкой струе воды или пламени свечи, – наблюдается смещение к ней струи воды или пламени свечи.



- Почему кусочки бумаги притягиваются к расческе, потертой о волосы?
- В чем причина смещения струи воды или пламени свечи к ручке, потертой о волосы?

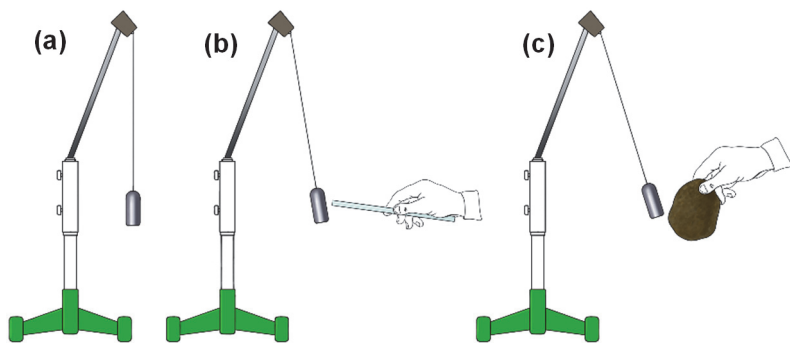
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Какие новые свойства проявляются у тел после трения?

Оборудование: пластмассовый штатив, металлический стержень с резиновой пробкой на конце, привязанный к нити маленький цилиндр, изготовленный из алюминиевой фольги (алюминиевая гильза), стеклянная палочка, шерстяная ткань, булавка.

Ход работы:

1. Закрепите металлический стержень в штативе. Привяжите свободный конец нити к булавке, воткнутой в резиновую пробку (а).
2. Приблизьте по очереди к алюминиевой гильзе стеклянную палочку и шерстяную ткань, и проследите, что происходит.
3. Потерев стеклянную палочку о шерстяную ткань, по очереди приблизьте их к алюминиевой гильзе, подвешенной на нити, и проследите, что происходит (b и c).



Обсудите результат:

- Что наблюдалось в начале опыта при приближении стеклянной палочки и шерстяной ткани к алюминиевой гильзе, подвешенной на нити?
- Какие новые свойства наблюдаются у тел при повторном приближении стеклянной палочки, потертой о шерстяную ткань, к алюминиевой гильзе, подвешенной на нити?

Такие явления людям были известны с самых древних времен. В 624–547 гг. до нашей эры древнегреческий философ Фалес Милетский определил, что при трении желтого янтаря (они добывали его из-под земли в виде твердой смолы) о шелк или шерстяную ткань, он длительное время проявляет свойство притяжения к себе концов волос, листьев, соломинок и др. Греки янтарь называли “электрон”. Если янтарь притягивает другие тела, то говорят, что он *наэлектризован*.

• Если после трения тело притягивает (или отталкивает) другие тела, говорят, что это тело **наэлектризовано**. Ему передали **электрический заряд**, или оно потеряло **электрический заряд**. Процесс передачи электрического заряда телу или потери электрического заряда телом называется **электризацией**.

• В каком случае наэлектризованные тела притягиваются друг друга, а в каком случае отталкиваются друг друга?

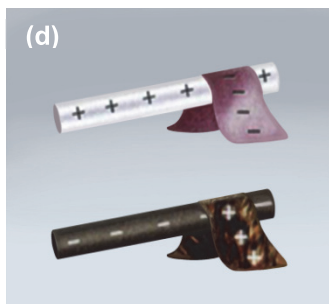
Проведенные исследования показали, что:

- 1) при трении двух одинаковых тел об одинаковую ткань эти тела электризуются электрическим зарядом одного вида;
- 2) одноименно заряженные тела отталкиваются;
- 3) разноименно заряженные тела притягиваются.

• Каким видом электрического заряда электризуются два тела, например, эбонитовая (или стеклянная) палочка, при трении?

Проведенные многочисленные опыты показывают, что при трении двух тел друг об друга они электризуются электрическими зарядами разных видов.

Например, было принято, что стеклянная палочка, потертая о шелковую ткань, электризуется положительным (“+”) электрическим зарядом, а шелковая ткань электризуется отрицательным (“-”) электрическим зарядом. А эбонитовая палочка, потертая о шерстяную ткань, электризуется отрицательным (“-”) электрическим зарядом, а шерстяная ткань электризуется положительным (“+”) электрическим зарядом (d).



• В природе существуют два вида электрических зарядов, имеющие положительные и отрицательные знаки электрических зарядов.

Электрические заряды, имеющие одинаковые знаки (например, если оба электрических заряда положительные или оба отрицательные) называются *одноименными*, а электрические заряды имеющие разные знаки (например, если один из зарядов положительный, а другой отрицательный) называются *разноименными*.

Электрический заряд обозначается буквой q . Все наэлектризованные тела обладают электрическим зарядом, отличным от нуля, а тела, не имеющие электрического заряда, называются *электронейтральными* (электрически нейтральными) или телами, не имеющими заряда.

В системе СИ за единицу электрического заряда принят *кулон (Кл)*, названный в честь французского физика Шарля Кулона:

$$[q] = 1\text{Кл}.$$

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

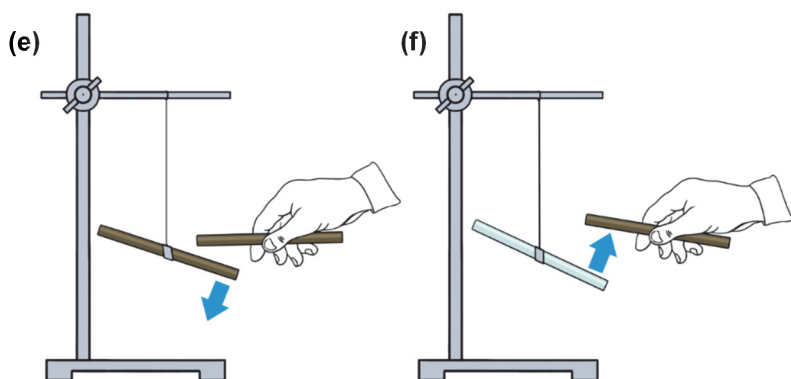
Взаимодействие наэлектризованных тел

Оборудование: эбонитовая палочка (2 шт.), стеклянная палочка, шелковая и шерстяная ткань, шелковая нить.

Ход работы:

1. Потрите эбонитовые палочки о шерстяную ткань. Одну из палочек подвесьте к штативу на шелковой нити, а другую приблизьте к ней (e).

2. Потерев стеклянную палочку о шелковую ткань, подвесьте к штативу и приблизьте к ней эбонитовую палочку, потертую о шелковую ткань (f). Сравните наблюдаемые явления.



Обсудите результаты:

- Почему наэлектризованная эбонитовая палочка отталкивает наэлектризованную эбонитовую палочку, подвешенную на нити, а подвешенную на нити стеклянную палочку притягивает?
- К каким выводам можно прийти в результате исследований?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Если после трения тело притягивает (или отталкивает) другие тела, говорят, что это тело __. Телу передали __, или оно потеряло электрический заряд. Тела, не имеющие электрический заряд, называются __ (электрически нейтральными) или __. В системе СИ за единицу электрического заряда принят __.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электрический заряд

Электронейтральный

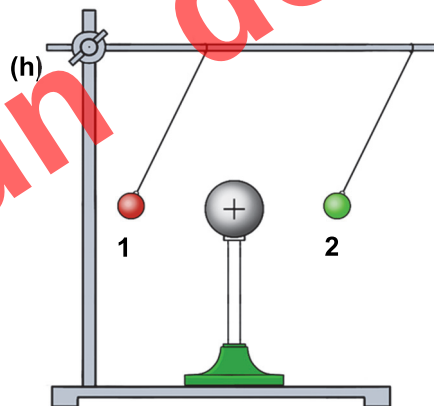
Кулон

Тело, не имеющее заряда

Электризация

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что значит электризация тела?
2. Какое свойство проявляет наэлектризованное тело?
3. Почему при приближении расчески, после расчесывания сухих и чистых волос к нарезанным кусочкам бумаги, она их притягивает?
4. Подвешенные на нити бумажные шарики наэлектризовано. Определите знаки их электрического заряда (h).



5.2. Строение атома. Природа электризации

Науке известно большое количество химических элементов. Эти элементы отличаются друг от друга по своим атомам.

- Чем отличаются друг от друга атомы химических элементов?
- Из каких частичек состоит атом? Какую роль играют эти частички в электризации вещества?

Строение атома

Первую частичку, обладающую отрицательным электрическим зарядом, открыл в 1897 году английский ученый Джозеф Томсон. Эта частичка, называемая *электроном*, имеет самый маленький отрицательный заряд.

- *Абсолютное значение самого маленького электрического заряда называется элементарным зарядом.*

Элементарный заряд обозначается буквой e и равен:

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

Опыты показывают, что произвольная частичка бывает или электронейтральна, или имеет электрический заряд, кратный целым n модулю заряда электрона:

$$q = \pm ne,$$

где $n = 1, 2, 3 \dots$ целые числа.

Элементарный заряд очень маленький, но если учесть, что в небольшом кусочке вещества имеются десятки миллионов атомов, то бесконечное число электронов в теле можно только представить. Электроны входят в состав атома. Атом в обычных условиях электронейтрален. Это означает, что в составе атома должна быть частичка с положительным знаком, равная по модулю сумме электрических зарядов электронов. Эту частичку в 1911 году в результате проведенных исследований определил английский ученый Эрнест Резерфорд. Он выяснил, что атом состоит из ядра с положительным зарядом в центре и электронов с отрицательными зарядами, вращающихся вокруг ядра. В последующем было определено, что ядро атома состоит из *протонов и нейтронов*. Протон – это частичка имеющая положительный электрический заряд. У нейтрона же электрического заряда нет, он электронейтрален.

(а) Самое простое ядро у атома водорода. Оно состоит из одного протона. Вокруг атомного ядра водорода вращается один электрон (а).

Модуль положительного заряда протона равен модулю отрицательного заряда электрона:

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

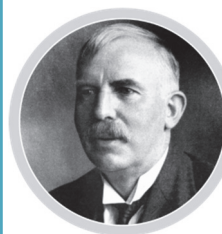
Число протонов в ядре равно номеру N места химического элемента в периодической системе элементов. Поэтому положительный заряд ядра произвольного атома равен произведению номера N места химического элемента на элементарный заряд:

$$q_N = Ne.$$

В нейтральном атоме число электронов также равно числу N . Заряд протона, так же как и заряд электрона, невозможно ни увеличить, ни уменьшить.



Джозеф Томсон
(1856–1940)
Английский ученый. Он открыл электрон и предложил первую модель атома.

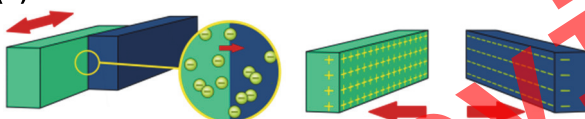


Эрнест Резерфорд
(1871–1937)
Английский ученый. Он предложил планетарную модель атома и впервые провел искусственную ядерную реакцию.

Природа электризации

Все тела в нашей жизни, можно сказать, электронейтральны: положительные заряды ядра атома компенсируются отрицательными зарядами электронов. Электризация тел объясняется тем, что в результате соприкосновения (или в результате трения) двух тел друг об друга, электроны переходят с одного тела к другому телу. В результате каждое тело приобретает электрический заряд — электризуются: *электризация отрицательным электрическим зарядом* означает получение “лишних” электронов телом, а *электризация положительным электрическим зарядом* означает — потерю электронов телом (b).

(b)



Ионы также являются носителями электрических зарядов

• **Ион** — это атом, потерявший или присоединивший к себе дополнительный 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 электрических зарядов являются положительно заряженные ионы натрия (Na^+) и отрицательно заряженные ионы хлора (Cl^-).

• **Электрический заряд переносится только заряженными частицами; это означает, что электрический заряд не существует без частичек. Поэтому заряженные частички называются носителями электрических зарядов.**

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

Задачи

1. В периодической системе химических элементов медь (Cu) находится в 29 клетке, йод (I) в 53, а свинец (Pb) в 82. Определите электрический заряд атомного ядра этих элементов.
2. Тело имеет электрический заряд равный $q = 1 \text{ Кл}$. Что это означает?
Решение. Если элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, то можно вычислить чему равен 1 Кл :

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

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

Ответ. Это означает, что у тела, имеющего заряд $q = 1 \text{ Кл}$, недостает $6,25 \cdot 10^{17} e$ электронов.

Обсудите результаты:

- У какого химического элемента электрический заряд атомного ядра, больше? Почему?
- Сколько электронов в нейтральных атомах этих химических элементов?
- Что означает наличие у тела электрического заряда $q = -16 \text{ Кл}$?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Атом состоит из положительно заряженного ___ в центре и отрицательно заряженных ___, вращающихся вокруг ядра. Ядро атома состоит из ___ и ___. Электрический заряд электрона называется ___. ___ это атом, потерявший или дополнительно получивший электрон. Атом, потерявший электрон, называется ___, а атом, получивший дополнительный электрон, называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ядро
Протон
Положительный ион
Элементарный заряд
Отрицательный ион
Электрон
Ион
Нейтрон

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая частица имеет наименьший отрицательный электрический заряд, а какая частица имеет наименьший положительный электрический заряд?
2. Почему атом в обычном состоянии электронейтрален?
3. Что означает электризация тела отрицательным электрическим зарядом?
4. Что означает электризация тела положительным электрическим зарядом?

5.3. Проводники и диэлектрики

Электромонтеры во время работы надевают резиновые перчатки или используют инструменты с резиновой или пластмассовой ручкой.



- Почему при работе с электричеством используются инструменты с резиновой (или пластмассовой) ручкой?

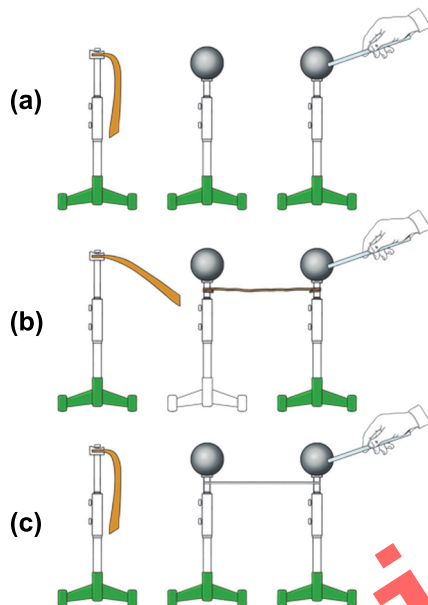
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Тела, проводящие и не проводящие электричество

Оборудование: металлический шар, закрепленный на пластмассовом штативе (2 шт.), узкая бумажная лента, прикрепленная 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 столе вдоль одной прямой линии. Наэлектризовав стеклянную палочку, прикоснитесь ею к правому шарiku (а). Обратите внимание, “как себя ведет” при этом бумажная лента.
2. Повторите опыт, соединив шарики алюминиевой (или медной) проволокой. Проследите за происходящими на бумажной ленте изменениями (б).
3. Заменяв проволоку, соединяющую шарики, полиэтиленовой нитью, еще раз повторите опыт и наблюдайте за бумажной лентой (с).



Обсудите результаты:

- Наблюдались ли какие-либо изменения в положении бумажной ленты при электризации правого шарика наэлектризованной стеклянной палочкой?
- Почему бумажная лента притягивается к расположенному вблизи левому шарiku при электризации правого шарика, с которым соединен металлической проволокой?
- Почему бумажная лента остается неподвижной при электризации правого шарика, если шарики соединены полиэтиленовой (или резиновой) нитью?
- Какие выводы можно сделать в результате исследования?

Проводники

Путем исследования вы выявили новое свойство тел: тела бывают проводящие и не проводящие электричество. При соединении проволокой металлических шариков электрический заряд переходит с правого шарика на левый и бумажная лента притягивается. Значит, металлическая проволока хорошо проводит электрический заряд.

- *Вещества, проводящие электрический заряд, называются **проводниками**.* К проводникам относятся металлы, водные растворы солей и кислот и др.

Почему проводники легко проводят электрический заряд?

В веществах-проводниках существуют носители заряда, способные свободно двигаться во всех направлениях. В металлах носителями заряда являются *свободные электроны*, покинувшие атомы, а в растворах – *положительные и отрицательные ионы*.

При электризации проводников носители зарядов распределяются по поверхности тела во всех направлениях. По этой причине невозможно наэлектризовать трением металлическую палочку, которую вы держите в руке, потому что возникающий электрический заряд переходит в ваше тело, так как тело человека тоже является проводником.

Диэлектрики

В проведенном исследовании при соединении металлических шариков пластмассовой нитью электрический заряд не переходит с правого шарика на левый шарик. Поэтому бумажная лента остается неподвижной. Значит, пластмассовая (или резиновая) нить не проводит электрический заряд.

- *Вещества, не проводящие электрический заряд, называются **диэлектриками**.*

К диэлектрикам относятся пластмасса, резина, стекло, эбонит, сухая древесина, воздух, керамика и другие. Тела, изготовленные из диэлектриков, называют *изоляторами*. Ручки электропроводящих инструментов изготавливаются из изоляторов.

Диэлектрики также можно наэлектризовать, однако в них электрический заряд не перемещается: возникающий при трении или касании электрический заряд в диэлектрике остается в том же месте, где и возник. Например, один конец стеклянной палочки при трении о шерстяную ткань можно наэлектризовать отрицательным зарядом, а другой конец путем трения о шелковую ткань – положительным зарядом.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

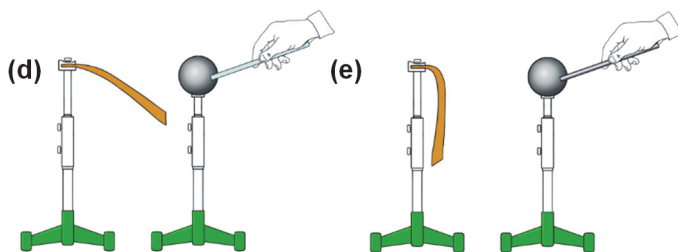
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Проверка электризации проводников и диэлектриков

Оборудование: металлический шарик, закрепленный на пластмассовом штативе, узкая бумажная лента, прикрепленная к концу пластмассового штатива, металлическая палочка, стеклянная палочка, шерстяная (или шелковая) ткань, резиновая перчатка, медная проволока.

Ход работы:

1. Расположите штативы на столе рядом друг с другом. Прикоснитесь наэлектризованной трением о ткань стеклянной палочкой к шарiku (d). Обсудите с товарищем причину притяжения бумажной ленты к шарiku.
2. Прикасанием руки наэлектризуете шарик. Затем потрите металлическую палочку о шерстяную ткань, этой палочкой коснитесь металлического шарика и проследите за изменением, происходящим с бумажной лентой (e).



Обсудите результаты:

- Почему при соприкосновении наэлектризованной стеклянной палочки с металлическим шариком бумажная лента притягивается к шарiku, а при соприкосновении металлической палочки, потертой о шерстяную ткань, с шариком лента остается неподвижной?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Вещества, проводящие электрический заряд, называются _____. Вещества, не проводящие электрический заряд, называются _____. При электризации проводников носители зарядов _____ по поверхности тела во всех направлениях. Возникающий при трении или касании _____ в диэлектрике остается в том же месте, где и возник.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Диэлектрики
Электрические заряды
Распределение
Проводники

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие вещества называются проводниками? Приведите пример.
2. Какие вещества называются диэлектриками? Приведите пример.
3. Что необходимо сделать для электризации проводников?
4. Почему во время проведенного вами исследования при соприкосновении руки с наэлектризованным металлическим шариком он разряжается и бумажная лента остается в начальном положении?

5.4. Электростатическая индукция

При приближении расчески, наэлектризованной трением о волосы, к нарезанным кусочкам бумаги они притягиваются к расческе с определенного расстояния.

- Какова причина притяжения не наэлектризованных кусочков бумаги к наэлектризованной расческе?
- Возможна ли электризация тела зарядами противоположного знака без соприкосновения двух наэлектризованных тел друг с другом или с каким-либо наэлектризованным телом?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

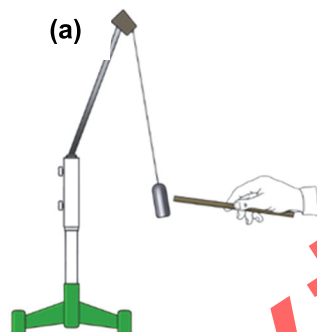
• Электризация тела без касания

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 товарищами причину наблюдаемого явления.

Обсудите результаты:

- Почему при приближении наэлектризованной палочки к электронеutralному телу оно притягивается к палочке (а)?

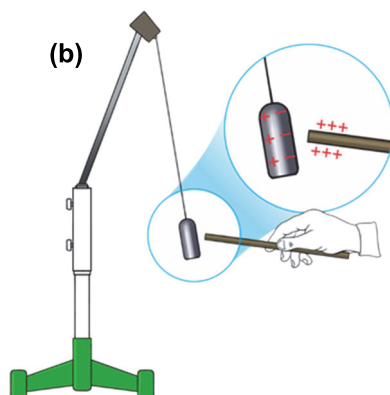


Исследование показало, что электризация тела возможна и без касания другого наэлектризованного тела.

- *Способность электризации тел без касания называется **электризацией** или **электростатической индукцией**.*

По какой причине возникает электростатическая индукция? При приближении наэлектризованной эбонитовой палочки, например, с положительным зарядом к алюминиевой гильзе свободные электроны в гильзе притягиваются к палочке. В результате на ближайшем участке гильзы, около палочки, накапливаются свободные электроны и она электризуется отрицательным зарядом. А более удаленные от палочки участки гильзы из-за недостатка свободных электронов электризуются положительным зарядом. Так как отрицательный заряд располагается ближе к палочке, то гильза притягивается к палочке (b).

Схожее явление наблюдается при приближении наэлектризованного тела к не наэлектризованному диэлектрику. В это время на поверхности диэлектрика возникают электрические заряды разных знаков: на близком к телу участке диэлектрика возникают заряды противоположного знака. По этой причине между диэлектриком и телом возникает взаимное притяжение. Отметим, что электрические заряды на поверхности диэлектрика возникают не за счет свободных электронов (в диэлектриках свободных электронов нет), а за счет изменения формы или вращения молекул.



ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

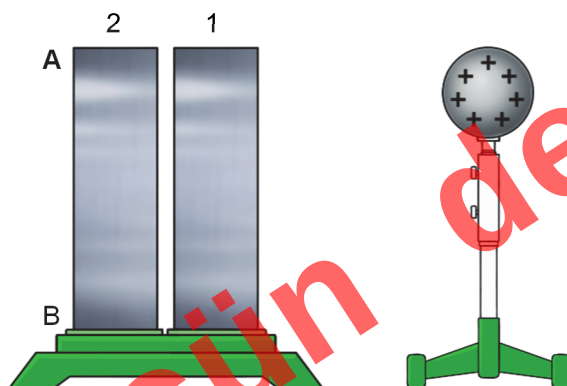
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Электростатическая индукция

Задача

На диэлектрической подставке поместили параллельно металлические пластины 1 и 2. Если приблизить наэлектризованный положительным зарядом металлический шарик к пластине 1:

- Как распределится электрический заряд на пластинах?
- Каким электрическим зарядом электризуется участок **AB** на пластинке 2? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

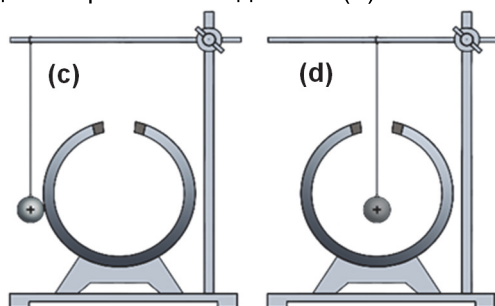
Электризация тел без касания называется ____ или ____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электризация касанием
Электростатическая индукция

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая разница между явлениями электростатической индукции в проводниках и диэлектриках?
2. Металлический шар, подвешенный на шелковой нити, наэлектризован положительным зарядом.
 - a) как наэлектризуется сфера, если металлический шарик касается внешней стенки пустотелой металлической сферы, находящейся на диэлектрической подставке (c)?
 - b) как наэлектризуется сфера, если металлический шарик, не касаясь внутренних стенок, поместить внутри пустотелой металлической сферы, находящейся на диэлектрической подставке (d)?

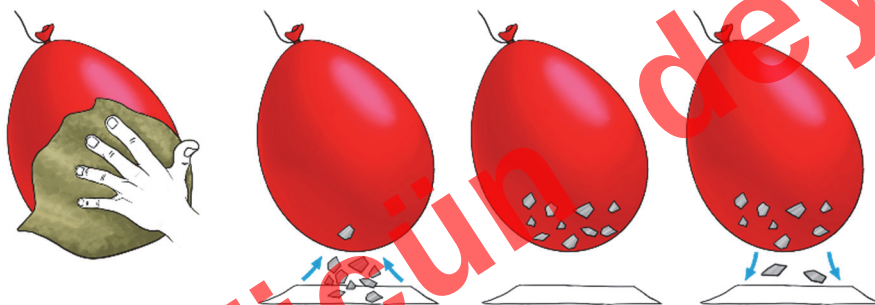


ПРОЕКТ

• Какое явление вы наблюдаете?

Оборудование: резиновый шарик, кусочки алюминиевой фольги, шерстяная ткань, листок бумаги (A4).

Ход работы: насыпьте кусочки алюминиевой фольги на листок. Наэлектризовав резиновый шар трением о ткань, приблизьте его к кусочкам фольги.



Обсудите результаты:

- Подготовьте эссе о причине наблюдаемого явления.

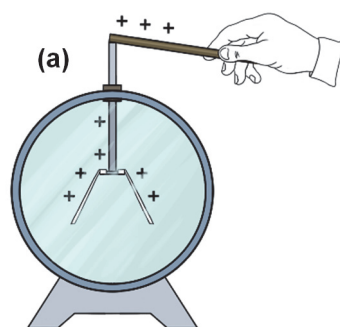
5.5. Электроскоп. Электрометр

При трении стеклянной палочки о шелковую ткань оба тела – как стеклянная палочка, так и шелковая ткань – электризуются.

- Как изменяется общее количество электрического заряда у этих электризуемых тел?

Электроскоп

Самый простой прибор, используемый для наблюдения за наэлектризованностью тел в лабораторных условиях, называется *электроскопом* (от греческих слов “*электрон*” и *skopeo* – наблюдать, обнаруживать). Принцип его работы основан на явлении взаимодействия электрически заряженных тел. Основная часть электроскопа – это металлический стержень, на конце которого укреплены два листочка из тонкой бумаги (или алюминиевой фольги). Металлический стержень, пропущенный через диэлектрическую пробку, вставляется в корпус прибора. Корпус с обеих сторон закрыт стеклами (а). При приближении заряженного тела к металлическому стержню стержень и бумажные листочки электризуются зарядами одного знака, листочки отталкиваются друг от друга. Чем больше заряд электроскопа, тем больше угол, на который разойдутся листочки.



ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Изготовление электроскопа

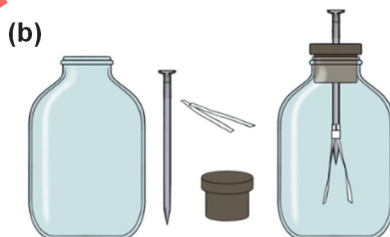
Оборудование: стеклянная бутылка (или банка) с широким горлышком, резиновая пробка (или полиэтиленовая крышка), металлический стержень (или гвоздь), тонкая бумажная лента (2 шт.), клей, ручка (b).

Ход работы:

1. Пропустив металлический стержень через пробку, приклейте к его длинному концу два бумажных листка.
2. Надев пробку на банку, отрегулируйте металлический стержень так, чтобы бумажные ленты не касались дна банки.
3. Проверьте изготовленный прибор с помощью наэлектризованной ручки.

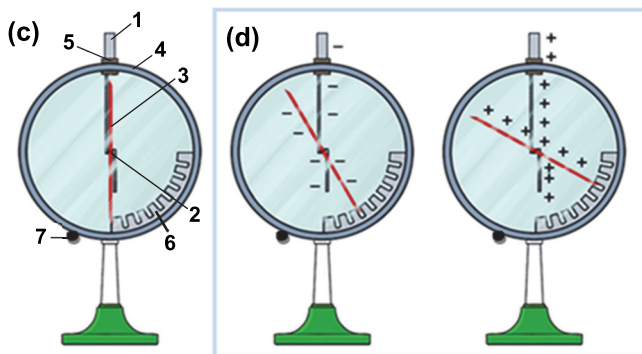
Обсудите результаты:

- Объясните принцип работы электроскопа.



Электрометр

С целью исследования свойств наэлектризованных тел и их электрического заряда используется прибор, называемый *электрометром*. Его принцип работы, как и у электроскопа, основан на явлении взаимодействия электрически заряженных тел. К оси вращения (2) на проводящем неподвижном стержне (1) прикреплена легкая металлическая стрелка (3). Для защиты стрелки от внешнего воздействия корпус прибора с обеих сторон закрыт стеклами. Металлический стержень изолирован от корпуса резиновой (или пластмассовой) пробкой (5). На нижней части корпуса имеется шкала с делениями (6) и зажим (7) для заземления прибора (с).



При соприкосновении наэлектризованного тела с металлическим стержнем электрометра происходит электризация стержня и металлической стрелки зарядом одного знака и стрелка отталкивается от стержня (d). По углу смещения стрелки можно определить степень электризации: чем больше угол смещения, тем больший электрический заряд получили стрелка и стержень.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

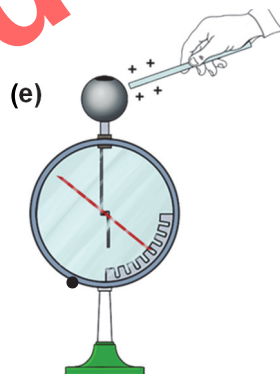
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

- Какое явление вы продемонстрировали электрометром?

Оборудование: электрометр с надетым на металлический стержень пустотелой металлической сферой, стеклянная палочка, шерстяная (или шелковая) ткань.

Ход работы:

- Приблизьте, не касаясь, наэлектризованную положительным зарядом стеклянную палочку к сфере электрометра (e) и проследите, какие изменения произошли в положении стрелки.



Обсудите результаты:

- Какое явление возникло при приближении к сфере электрометра наэлектризованной стеклянной палочки? Каким знаком электрического заряда в это время наэлектризовались металлическая сфера, металлическая палочка 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 ____.

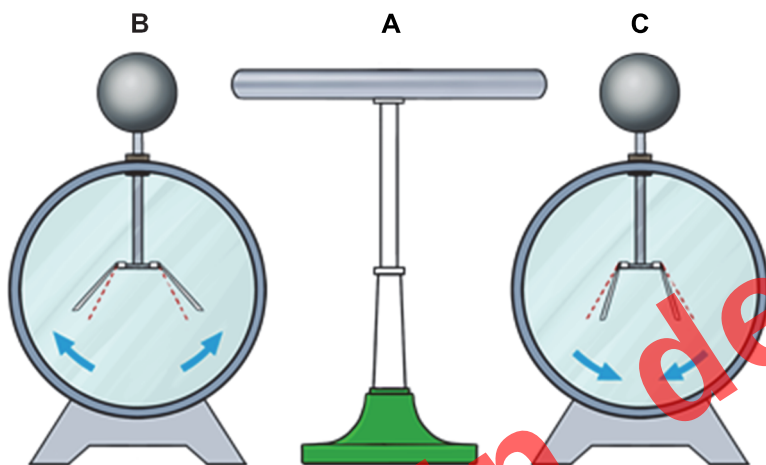
Принцип работы обоих приборов основывается на ____ наэлектризованных тел.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электризация
Электроскоп
Взаимодействие
Электрометр

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Объясните устройство и принцип работы электрометра.
2. Приблизьте, не касаясь, к проводящему стержню **A** два одинаковых электрозаряженных электроскопа **B** и **C**. При этом листочки в электроскопе **B** немного раздвигаются, в электроскопе же **C** – немного сближаются. Определите знаки электрического заряда стержня **A**, электроскопов **B** и **C**.



5.6. Закон сохранения электрического заряда

Проведенные вами исследования показали, что при трении друг о друга двух тел они электризуются.

- Какая связь между электрическими зарядами этих наэлектризованных тел?
- Как изменяется общий электрический заряд при соприкосновении одного наэлектризованного тела с другим наэлектризованным телом?

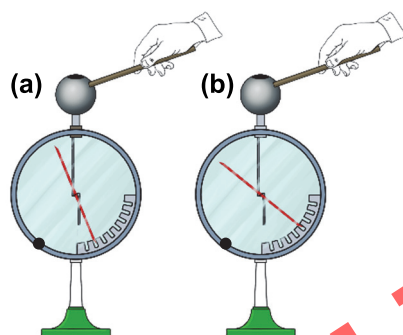
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Накопление электрического заряда

Оборудование: электрометр с металлической сферой, эбонитовая палочка, шерстяная (или шелковая) ткань.

Ход работы:

1. Наэлектризуйте эбонитовую палочку трением о шерстяную ткань и после соприкосновения со сферой отодвиньте ее. Обратите внимание на смещение стрелки электрометра (a).
2. Еще раз наэлектризуйте эбонитовую палочку трением о шерстяную ткань и снова коснитесь сферы электрометра. Обратите внимание, как изменился угол смещения стрелки электрометра (b).



Обсудите результаты:

- Как изменился общий электрический заряд электрометра при втором касании наэлектризованной эбонитовой палочки с металлической сферой?
- Какое свойство электрического заряда выявило исследование?

Возможны передача электрического заряда от одного тела другому, увеличение, уменьшение и нейтрализация электрического заряда тела. Для этого достаточно прикоснуться наэлектризованным телом к другому телу.

В какой закономерности распределяется электрический заряд между телами?

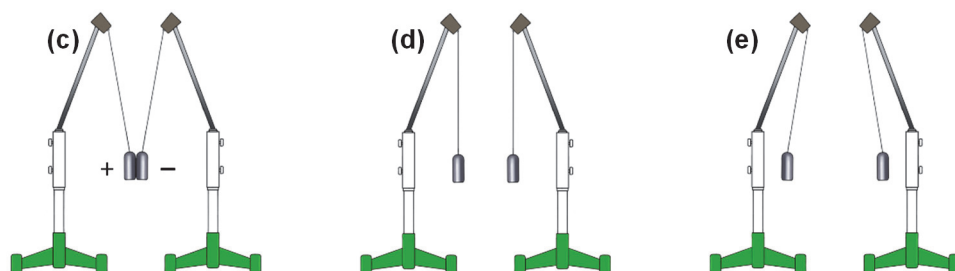
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Закономерность распределения электрических зарядов

Оборудование: алюминиевая гильза, подвешенная к диэлектрическому штативу (2 шт.), эбонитовая и стеклянная палочки, шерстяная и шелковая ткани.

Ход работы:

1. Наэлектризовать одинаковые алюминиевые гильзы зарядами разных знаков. Приблизьте штативы, создав возможность для соприкосновения гильз друг с другом (с).
2. После соприкосновения можно наблюдать одно из двух явлений: или взаимное притяжение между гильзами полностью исчезает, то есть они нейтрализуются (d), или же гильзы отталкиваются друг от друга (e).



Обсудите результаты:

- В каком случае после касания взаимное притяжение между гильзами полностью исчезает – гильзы нейтрализуются, а в каком случае гильзы отталкиваются друг от друга?
- Что можно сказать о модуле и знаке зарядов на гильзах после касания?

При соприкосновении друг с другом двух одинаковых тел, наэлектризованных зарядами разных знаков, возможно возникновение одного из двух явлений.

Явление: взаимное притяжение между телами полностью исчезает, тела нейтрализуются (разряжаются). Это означает, что у данных тел модули положительных и отрицательных зарядов равны и они компенсируют друг друга. Это возникает в приведенной ниже последовательности:

- До соприкосновения электрические заряды противоположных знаков у одинаковых тел равны:

$$q_1 = -q_2.$$

- При соприкосновении общий заряд системы тел равен алгебраической сумме зарядов отдельных тел (сумме зарядов с учетом их знаков):

$$q_1 + (-q_2) = 0.$$

- После соприкосновения каждое из двух тел электронейтрализуется и притяжение между ними исчезает:

$$q'_1 = 0; \quad q'_2 = 0.$$

Здесь q_1 и $(-q_2)$ – количество электрических зарядов двух тел до соприкосновения, q'_1 и q'_2 – количество электрических зарядов у этих же тел, оставшееся после соприкосновения.

Внимание. Если размеры наэлектризованных проводящих шариков разные, то при соприкосновении большая часть общего электрического заряда системы передается шарiku большего размера. Метод **заземления** (соединение тела с Землей) металлических тел основывается на этом правиле перераспределения электрических зарядов. Так как Земля имеет гигантские размеры, то все заземляемые тела теряют свои электрические заряды.

II явление: взаимное притяжение между телами заменяется их взаимным отталкиванием. Это происходит в том случае, когда абсолютное значение электрических зарядов у соприкасающихся тел разные. При соприкосновении тел электрические заряды разных знаков нейтрализуются, а оставшаяся часть электрического заряда одного знака (положительный или отрицательный заряд) перераспределяется между телами и они отталкиваются.

Итак, из рассмотренных явлений и проведенных исследований можно прийти к следующему результату: при соприкосновении двух тел, имеющих электрический заряд, между ними происходит обмен зарядами — они складываются с учетом знаков зарядов.

• *Общий электрический заряд системы соприкасающихся тел равен алгебраической сумме зарядов тел в этой системе, и если система замкнутая, то алгебраическая сумма зарядов остается постоянной:*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

• *В замкнутой системе алгебраическая сумма электрических зарядов тел остается неизменной.*

Это закон сохранения электрического заряда, являющийся одним из важных законов природы. Его открыл в 1843 году английский ученый Майкл Фарадей.

• *Замкнутая система — это система, в которую не поступают электрические заряды из окружающей среды и из которой не передаются электрические заряды в окружающую среду.*



Майкл Фарадей
(1791–1867)

Английский физик

Открыл несколько законов электрических явлений.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Сколько заряда осталось на шариках?

Решите задачу в соответствии с приведенным образцом.

Образец. Электрический заряд одного из двух одинаковых металлических шариков, расположенных друг от друга на большом расстоянии, равен $q_1 = 9e$, а другого $q_2 = -15e$. После соприкосновения шарики снова удаляют на прежнее расстояние. Определите их остаточный электрический заряд 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 одинаковые, то на каждом из них остается 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

Электрический заряд одной из двух одинаковых металлических сфер, расположенных друг от друга на большом расстоянии, равен $q_1 = 26e$, а другой $q_2 = -12e$. После соприкосновения сферы снова удаляют на прежнее расстояние. Определите остаточный электрический заряд q'_1 и q'_2 на них.

Обсудите результаты:

- Что наблюдается, если эти сферы вновь соприкасаются и удаляются? Почему?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При соприкосновении общий ___ системы тел равен ___ тел в этой системе. В ___ алгебраическая сумма электрических зарядов тел остается неизменной. Это ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Алгебраическая сумма зарядов

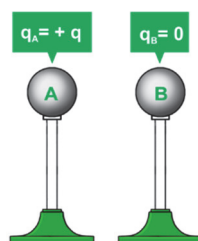
Закон сохранения электрического заряда

Замкнутая система

Электрический заряд

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Можно ли до бесконечности уменьшать электрический заряд тела? Почему? 2. При каких условиях выполняется закон сохранения электрического заряда? 3. Два одинаковых металлических шарика **А** и **В** на диэлектрических подставках располагаются как показано на рисунке. Заряд шарика **А** равен $+q$, а заряд шарика **В** равен нулю. Чему будет равен электрический заряд каждого шарика после их соприкосновения и возвращения в первоначальное положение?



5.7. Взаимодействие электрических зарядов: закон Кулона

Проведенные вами многочисленные исследования показали, что наэлектризованные тела находятся во взаимодействии друг с другом: между телами, имеющими электрический заряд одного знака, возникают силы отталкивания, а между телами, имеющими электрический заряд разных знаков, возникают силы взаимодействия, характерные для притяжения.

- Как количественно характеризуются эти взаимодействия?
- От каких физических величин оно зависит?

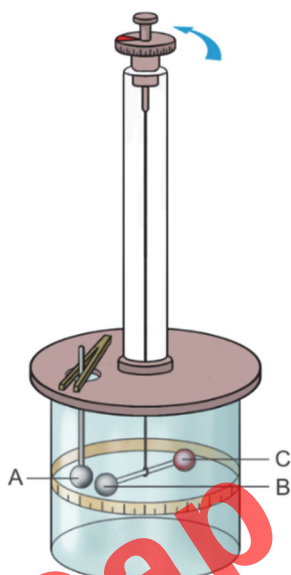
В 1785 году французский физик Шарль Кулон определил физические величины, от которых зависит сила взаимодействия, возникающая между наэлектризованными телами. Он измерял силу взаимодействия между *точечными электрическими зарядами*, находящимися в покое, с помощью *крутильных весов*.

- *Электрические заряды у тел, размеры которых во много раз меньше расстояния между ними, называются **точечными электрическими зарядами**.*

В качестве модели точечных зарядов Кулон использовал маленькие заряженные шарики. Крутильные весы состоят из стеклянной палочки, подвешенной на тонкой упругой проволоке. К одному концу стеклянной палочки подвешен металлический шарик **В**, а к другому – уравновешивающий его шарик **С**. Внутри сосуда также закреплен неподвижный шарик **А**. Шарики **А** и **В** заряжаются одноименными зарядами. При этом шарик **В** отталкивается, и стеклянная палочка поворачивается на определенный угол. По величине угла поворота определялась величина силы взаимодействия шариков **А** и **В**. Изменяя расстояние между кулоновыми шариками и количество электрического заряда на них, было определено, что сила взаимодействия точечных зарядов зависит от расстояния между ними и произведения модулей 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:***

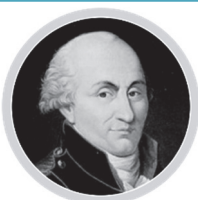
$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$



где q_1 и q_2 – количество электрических зарядов в покое, r – расстояние между ними, F – модуль силы взаимодействия неподвижных электрических зарядов (эта сила часто называется *силой Кулона*), k – коэффициент пропорциональности. Опытным путем было определено численное значение коэффициента k :

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

Это выражение означает, что если два точечных электрических заряда по 1 Кл каждый поместить на расстоянии 1 м друг от друга, то между ними возникнет сила взаимодействия, равная $9 \cdot 10^9 \text{Н}$.



Шарль Кулон

(1736–1806)

Французский физик

Определил опытным путем закон взаимодействия наэлектризованных тел.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Чему равна сила Кулона?

Задача

Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{Кл}$ и $q_2 = -11 \cdot 10^{-6} \text{Кл}$ равно 60 см. Вычислите силу Кулона между этими зарядами.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Сила ___ двух неподвижных ___ в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эта сила взаимодействия называется ___, а закон называется ___. Закон Кулона был определен с помощью ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Взаимодействие
Закон Кулона
Точечный заряд
Крутильные весы
Сила Кулона

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как характеризуется сила Кулона: притяжением или отталкиванием? Ответ обоснуйте.
2. Как изменится сила Кулона между точечными электрическими зарядами при увеличении расстояния между ними в 5 раз?
3. Электрический заряд одной из двух материальных точек, находящихся на расстоянии 3 см друг от друга, равен $q_1 = +5e$, другая же точка электро-нейтральна. Чему равна сила Кулона между этими точками?

5.8. Устройства, разделяющие, накапливающие и передающие электрические заряды

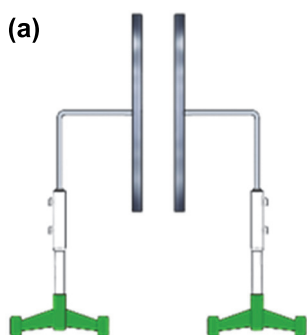
Часто возникает необходимость в большом количестве воды для орошения деревьев в саду и выполнения других бытовых потребностей. В это время при отсутствии воды в канале вам на помощь придет запас воды, заранее собранная в больших баках.

- А как в электрических явлениях можно заранее накопить эти заряды с целью использования большого количества электрического заряда в любое время?

Конденсатор

При научных исследованиях электрических явлений часто возникает необходимость использования в большом количестве электрических зарядов разных знаков. Но такое количество электрического заряда невозможно получить просто трением эбонитовой или стеклянной палочки о ткань.

- *Приспособление, используемое для накопления электрического заряда, называется конденсатором.*

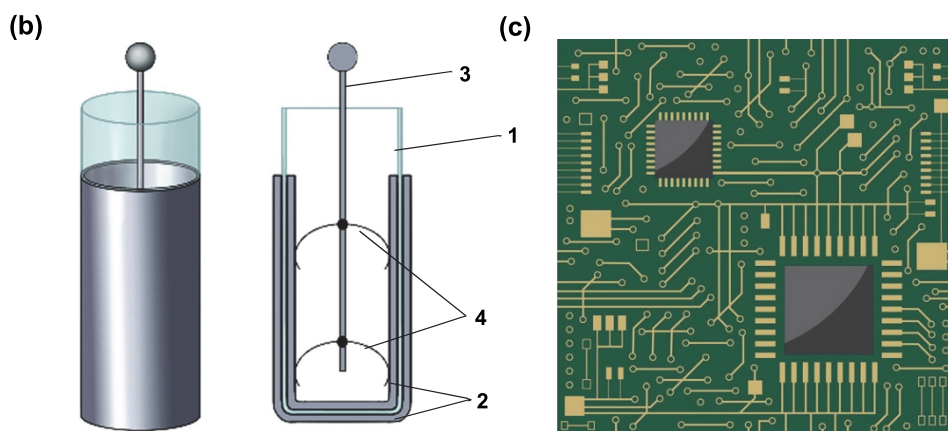


Латинское слово *kondensare* означает “уплотнение”. Самым простым конденсатором является **плоский конденсатор**. Плоский конденсатор представляет собой две близко расположенные друг к другу параллельные металлические пластины, между которыми имеется тонкий слой диэлектрика (например, воздух) (а). Эти пластины называются *обкладками конденсатора*.

Пластины конденсатора обязательно электризуются равными по абсолютному значению и противоположными по знаку электрическими зарядами. В результате взаимного притяжения эти заряды сохраняются на пластинах. Способность конденсатора накапливать электрический заряд характеризуется физической величиной, называемой *электроемкостью*. Конденсаторы с большой электроемкостью накапливают на обкладках больше электрического заряда.

Первый конденсатор, называемый *лейденской банкой* (названный в честь голландского города Лейден), изготовил голландский ученый Питер Мушенбрук. Лейденская банка состоит из следующих частей (b): 1 – стеклянной банки, 2 – металлической фольги: покрывающая банку

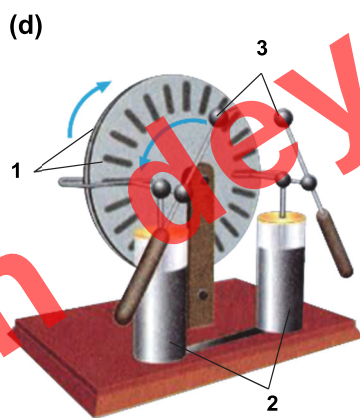
изнутри и снаружи фольга – это обкладки конденсатора, **3** – металлического стержня, **4** – эластичных металлических контактов (они соединяют металлический стержень с внутренней обкладкой).



Конденсатор – одна из основных частей самых сложных современных электронных устройств (компьютера, телевизора, мобильного телефона и других аппаратов). Используемые в этих аппаратах конденсаторы настолько малы, что их можно увидеть только под микроскопом (с).

Электрофорная машина

Для разделения, накопления и передачи большого количества электрического заряда разных знаков используется установка, называемая *электрофорной машиной* (d). По-гречески *электрофор* означает “переносящий электричество”. Он состоит из двух параллельных пластмассовых дисков (1), разделенных воздушной прослойкой. Диски, при помощи ручки (ручку на рисунке не видно) вращаются в разные стороны. Диски вращающиеся с большой скоростью, трением о воздушную прослойку между ними электризуются зарядами разных знаков. Электрические заряды разных знаков при помощи металлических щеток, соприкасающихся с дисками, накапливаются в двух лейденских банках (2), и эти заряды передаются шарообразным металлическим кондукторам (3). В результате на одном кондукторе возникает положительный, а на другом – отрицательный электрический



заряд. Для разряднения электрофорной машины необходимо взять за ручки кондукторы и привести их в соприкосновение.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Искра между кондукторами

Оборудование: электрофорная машина.

Ход работы:

1. Взяв за диэлектрические ручки электрофорной машины разведите друг от друга кондукторы и, вращая диски, наэлектризуйте их.
2. Остановите вращение и, взяв за ручки кондукторы, приблизьте их, не касаясь друг друга.

Обсудите результаты:

- Что наблюдается при приближении кондукторов электрофорной машины друг к другу? Объясните причину возникшего явления.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Устройство, используемое для накопления электрического заряда, называется ____.

Способность конденсатора накапливать электрический заряд характеризуется физической величиной, называемой ____.

Первым конденсатором является ____.

Для разделения, накопления и передачи большого количества электрического заряда разных знаков используется установка, называемая ____.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Электрофорная машина
Емкость
Конденсатор
Лейденская банка

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как можно зарядить и разрядить конденсатор?
2. Для каких целей предусматривается электрофорная машина?
3. Почему при соприкосновении кондукторов друг с другом электрофорная машина разряжается?

5.9. Электрическое поле. Напряженность электрического поля

Вы изучили, что тела, наэлектризованные зарядами одного знака, отталкиваются друг от друга, а тела, наэлектризованные зарядами разных знаков, притягиваются. В проведенных исследованиях вы наблюдали, что такие взаимодействия между наэлектризованными телами происходят на расстоянии. Так же вы наблюдали, что с уменьшением расстояния между этими телами взаимодействие увеличивается.

- Что передает невидимое электрическое взаимодействие между телами на расстоянии?

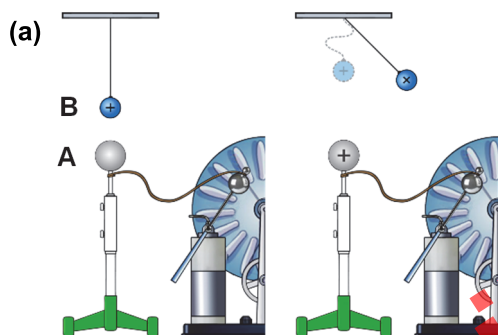
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Что передает электрическое взаимодействие на расстоянии?

Оборудование: металлический шарик, закрепленный на диэлектрической подставке, подвешенная на шелковой нити легкая металлическая сфера, электрофорная машина, медная проволока.

Ход работы:

1. Зарядите подвешенную на нити металлическую сферу **В** касанием с кондуктором электрофорной машины.
2. Поместите соединенный с тем же самым кондуктором электрофорной машины на диэлектрической подставке под металлический шарик **А** под металлической сферой на определенном расстоянии (**а**).
3. Вращением ручки электрофорной машины наэлектризуйте шарик и пронаблюдайте возникшее взаимодействие между телами.



Обсудите результаты:

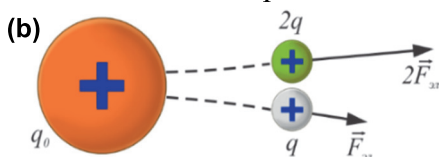
- Какого характера взаимодействия наблюдаются между наэлектризованными телами (шариком и сферой)?
- В чем состоит механизм передачи этого взаимодействия на расстоянии?

На этот вопрос в начале XIX века впервые ответил английский ученый М.Фарадей. Он отметил, что вокруг каждого электрического заряда (частица или тело с электрическим зарядом) существует *электрическое поле*.

Электрическое поле невидимо, его существование можно подтвердить только по действию. Электрические заряды своими электрическими полями оказывают друг на друга воздействие с определенной силой.

- Сила, действующая на электрический заряд со стороны электрического поля, называется электрической силой $\vec{F}_{\text{эл}}$.

Многочисленные опыты показали, что действие электрической силы прямо пропорционально абсолютному значению модуля электрического заряда: $F_{\text{эл}} \sim |q|$. Электрическое поле воздействует на помещенную в это поле частицу с большим электрическим зарядом с большей силой. Например, сила действия электрического поля неподвижного положительного заряда



q_0 на помещенный в это поле положительный заряд $2q$ в 2 раза больше, чем сила действия на помещенный в это же поле положительный заряд q , расположенных на одинаковом расстоянии (b).

Примечание.

- Поле, создаваемое неподвижным электрическим зарядом, называется **электростатическим полем**.
- Электрический заряд, помещенный в электрическое поле, называется **пробным зарядом**.

Силовая характеристика электрического поля – напряженность электрического поля

Как вы знаете, силовой характеристикой гравитационного поля является напряженность гравитационного поля.

- Каково направление напряженности гравитационного поля?
- От каких физических величин зависит модуль напряженности гравитационного поля?
- Что можно сказать о силовой характеристике электрического поля, сравнив его с гравитационным полем: куда она направлена и от каких физических величин зависит ее модуль?

Силовой характеристикой электрического поля является **напряженность электрического поля**. Напряженность электрического поля, являясь векторной величиной, действующей на положительный заряд по направлению электрической силы.

- **Напряженность электрического поля – физическая величина, измеряемая отношением силы, действующей со стороны электрического поля на пробный заряд, к величине этого заряда:**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{эл}}}{q},$$

где $\vec{E}$ – напряженность электрического поля, q – помещенный в поле пробный заряд, $\vec{F}_{\text{эл}}$ – сила, действующая на пробный заряд.

Напряженность электрического поля – векторная величина. Вектор $\vec{E}$ принимает направление силы, действующей на положительный заряд.

• Единица напряженности электрического поля в данной точке численно равна силе, действующей на единичный заряд (1 Кл), помещенный в эту точку поля. В системе СИ единица напряженности электрического поля:

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{1\text{ Н}}{1\text{ Кл}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Электрическая сила равна произведению напряженности электрического поля на величину пробного заряда:

$$\vec{F}_{\text{эл}} = q\vec{E}.$$

Так как по закону Кулона модуль электрической силы, действующей на пробный заряд q со стороны электрического поля, созданного точечным зарядом q_0 , равен

$$F_{\text{эл}} = \frac{|q_0||q|}{r^2},$$

то напряженность электрического поля имеет вид:

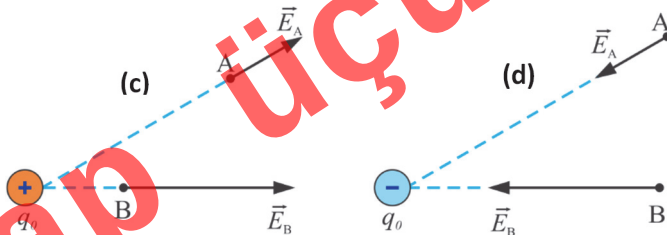
$$E = \frac{F_{\text{эл}}}{q} = k \frac{|q_0||q|}{|q|r^2} = k \frac{|q_0|}{r^2},$$

$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

• Модуль напряженности электрического поля в данной точке электрического поля, созданного точечным зарядом, прямо пропорционален величине этого заряда и обратно пропорционален квадрату расстояния до этой точки. Напряженность электрического поля не зависит от пробного заряда, помещенного в это поле.

Как определяется направление напряженности электрического поля, созданного точечным зарядом в произвольной точке пространства?

• Если электрический заряд q_0 , создающий электрическое поле, положительный, то вектор напряженности электрического поля в любой точке радиально направлен от заряда, а если отрицательный, то к заряду (с и d).



ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

- В какой точке электрического поля модуль напряженности больше?

Задача

Исследуйте электрическое поле положительного и отрицательного заряда q_0 (см. **с** и **д**). На рисунке представлены векторы напряженности электрического поля $\vec{E}_A$ и $\vec{E}_B$, созданные в пространстве этими зарядами в точках А и В. Определите соотношение между модулями напряженности электрического поля в соответствующих точках электрических полей.

Обсудите результаты:

- В какой точке электрического поля модуль напряженности больше? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Вокруг каждого электрического заряда существует _____. Сила, действующая на электрический заряд со стороны электрического поля, называется _____. Электрический заряд, помещенный в электрическое поле, называется _____. Силовой характеристикой электрического поля является _____. Напряженность электрического поля, являясь _____, приобретает направление электрической силы, действующей на положительный заряд.

Поле, создаваемое неподвижным электрическим зарядом, называется _____. Модуль напряженности электрического поля в данной точке созданного _____ прямо пропорционален величине этого _____ и обратно пропорционален квадрату расстояния до этой точки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Точечный заряд
Векторная величина
Напряженность электрического поля
Пробный заряд
Электрическая сила
Количество заряда
Электростатическое поле
Напряженность электрического поля

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Когда возникает и как определяется электрическое поле?
2. Наэлектризованное тело действует на близлежащую заряженную частицу. Действует ли частица на тело?
3. Поднимающаяся вверх пыльца электризуется трением о воздух положительным зарядом. Каково направление электрической силы электрического поля Земли, действующей на эту пыльцу?
4. Почему напряженность электрического поля называется силовой характеристикой поля?
5. От чего зависит напряженность электрического поля?
6. Сравните напряженность электрического поля точечного заряда с напряженностью гравитационного поля Земли.

5.10. Силовые линии электрического поля

- Возможно ли наблюдение картины линий электрического поля?
- Чем отличаются картины линий полей, разных зарядов?

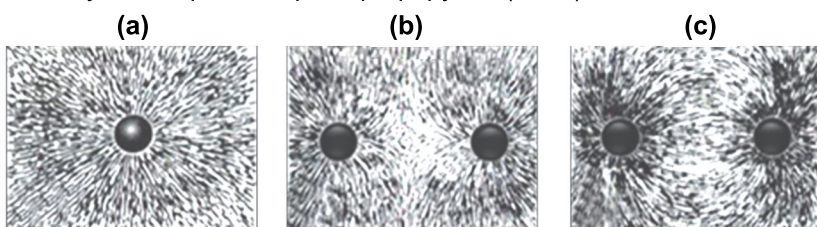
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Картины силовых линий электрического поля

Оборудование: металлический шарик на диэлектрической подставке (2 шт.), электрофорная машина, стеклянная пластинка, манная крупа.

Ход работы:

1. Поместите один из шариков под стекло, предварительно наэлектризовав его электрофорной машиной.
2. Насыпьте немного манной крупы на поверхность стекла и слегка постучите по нему ручкой. Сфотографируйте при помощи мобильного телефона картину манной крупы, возникшей на поверхности стекла (**а**).
3. Повторите опыт, наэлектризовав оба шарика сначала зарядами одного знака, а затем наэлектризовав их зарядами разных знаков. Наблюдаемые в обоих случаях картины сфотографируйте (**б** и **с**).



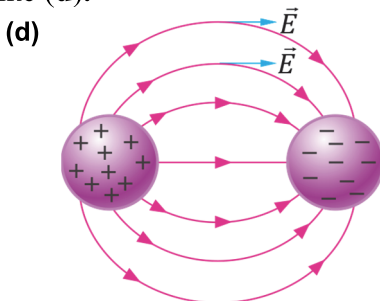
Обсудите результаты:

- Картина чего получена в опыте?
- Что можно сказать о знаках зарядов на шариках по двум последним картинкам (**б** и **с**)?
- К какому результату можно прийти, сравнивая эти картинки, о направлении силовых линий электрического поля?

Наглядное представление электрического поля можно получить с помощью силовых линий. Английский физик Майкл Фарадей предложил изображать поле силовыми линиями.

• *Силовыми линиями электрического поля называются линии, касательные к которым в любой точке совпадают по направлению с направлением вектора напряженности $\vec{E}$ в этой точке.*

Вектор напряженности силовых линий электрического поля, созданного двумя разноименно заряженными частицами, направлен в сторону касательной к этой точке (d).



Примечание. Силовые линии – это условно принятое понятие. Эти линии позволяют только представить себе распределение электрического поля в пространстве.

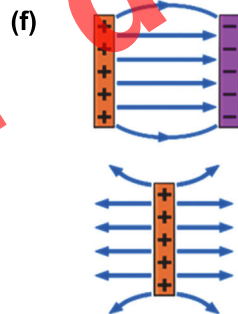
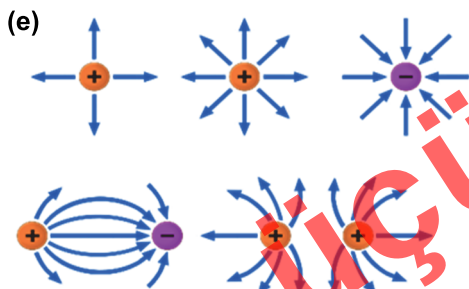
Картины силовых линий полей, создаваемых разными зарядами, имеют определенную закономерность:

во-первых, силовые линии электрического поля не замкнуты. Они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах (e);

во-вторых, силовые линии непрерывны (сплошные линии) и не пересекаются друг с другом. Через любую точку пространства можно провести только одну силовую линию;

в-третьих, в местах большой напряженности поля силовые линии располагаются гуще;

в-четвертых, силовые линии электрического поля между наэлектризованными плоскими пластинами параллельны и находятся на одинаковом расстоянии друг от друга. Такое электрическое поле называется однородным (f).



• **Однородным** называется такое электрическое поле, в котором напряженность электрического поля во всех точках одинакова по величине и направлению.

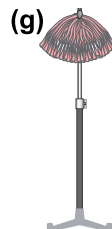
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Опыт с “электрическим султаном”

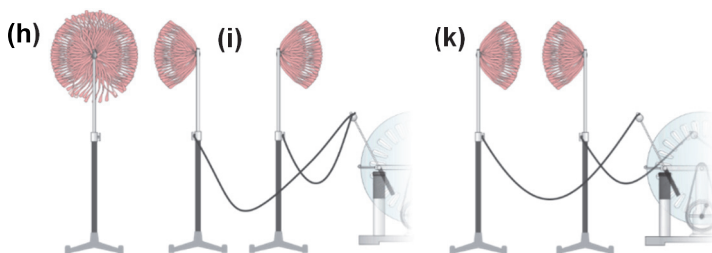
Оборудование: “электрический султан” (2 шт.), электрофорная машина, соединительные провода.

Описание прибора. Электрический султан представляет собой металлическую трубочку, на остром конце которой закреплено множество тоненьких листиков бумаги (g). Если трубочке сообщить электрический заряд, каждый листик превращается в пробный заряд и выстраивается в направлении силовых линий поля.



Ход работы:

1. Соединив один из электрических султанов с помощью провода с кондуктором электрофорной машины, наэлектризуйте его и обратите внимание на построение бумажных листиков (h).
2. Расположив два электрических султана на небольшом расстоянии друг от друга, наэлектризуйте их одноименными зарядами. При этом обратите внимание на построение бумажных листиков (i).
3. Наэлектризуйте оба электрических султана разноименными зарядами, обратите внимание на построение бумажных листиков (k).



Обсудите результаты:

- Какие можно сделать обобщения по наблюдаемым явлениям?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ электрического поля называются линии, касательные к которым в любой точке совпадают с направлением ___ $\vec{E}$ в этой точке. Силовые линии электрического поля не ___, они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных. Электрическое поле, в котором напряженность во всех точках одинакова по величине и направлению, называется ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Вектор напряженности

Однородное электрическое поле

Непрерывный

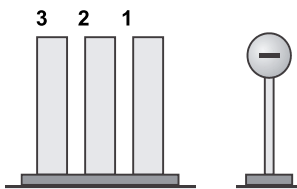
Силовые линии

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

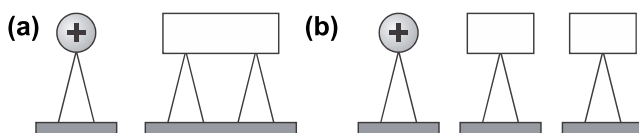
1. Какая закономерность имеется в картине силовых линий электрического поля?
2. Почему силовые линии электрического поля не пересекаются друг с другом?
3. Что называется однородным электрическим полем? Как располагаются его силовые линии?

УПРАЖНЕНИЕ-7

1. Металлические пластины **1**, **2** и **3** размещены параллельно на диэлектрической подставке. Как распределится электрический заряд на пластинке **1** при приближении к ней наэлектризованной отрицательным зарядом металлического шарика?

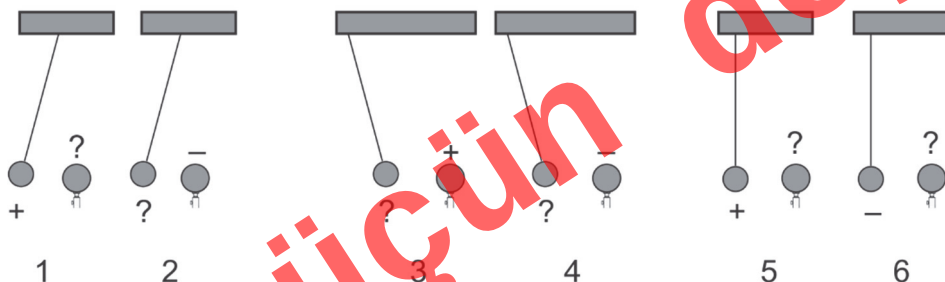


2. В электрическом поле шарика, наэлектризованного положительным зарядом, помещен металлический цилиндр (а). Как распределится электрический заряд, если металлический цилиндр в этом положении разделить на две части (b)?



3. Завершите предложение: при трении эбонитовой палочки о шерстяную ткань она электризуется ___ зарядом, а при трении о шелковую ткань электризуется ___ зарядом.

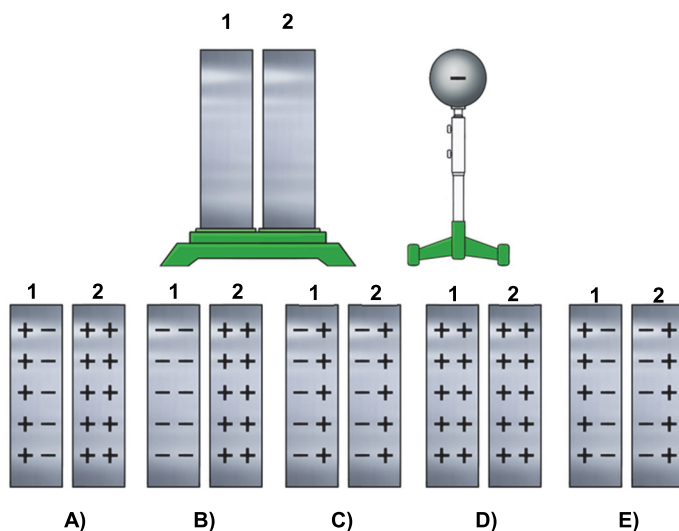
4. Какие электрические заряды имеют шарики?



5. Атомное ядро нейтрального бериллия состоит из девяти частиц. Вокруг этого ядра вращаются 4 электрона. Из скольких протонов и нейтронов состоит ядро этого атома?

ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Металлические пластины 1 и 2 размещены параллельно на диэлектрической подставке. Как распределится электрический заряд на пластинках при приближении к пластинке 2 наэлектризованного отрицательным зарядом металлического шарика?



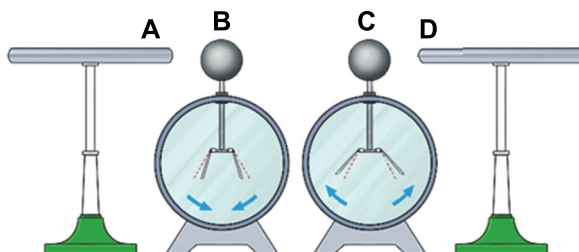
2. Какая сила действует на электрический заряд $8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$, помещенный в однородное электрическое поле напряженностью $4 \frac{\text{кН}}{\text{Кл}}$?

- A) 0,5 мН
- B) 2 мН
- C) 1,5 мН
- D) 2,5 мН
- E) 32 мН

3. Два одинаковых металлических шара с зарядами $+1 \text{ нКл}$ и -3 нКл после соприкосновения друг с другом раздвинули на прежнее расстояние. Как изменилась сила взаимодействия между шариками?

- A) увеличилась в 3 раза
- B) уменьшилась в 3 раза
- C) увеличилась в 9 раз
- D) уменьшилась в 9 раз
- E) не изменилась

4. Электроскопы В и С наэлектризованы противоположными зарядами. При приближении наэлектризованной палочки А к электроскопу В лепестки электроскопа опадают, а при приближении к электроскопу С палочки Д лепестки электроскопа немного раздвигаются.



Это произошло потому, что:

1. электрические заряды на палочках А и Д имеют противоположный знак.
2. электрические заряды на палочке А и электроскопе В имеют одинаковый знак.
3. электрические заряды на палочке Д и электроскопе С имеют одинаковый знак.

- А) 1 и 2
 В) только 2
 С) 1 и 3
 Д) 2 и 3
 Е) только 1

5. Наличие у тела электрического заряда $q = 8K_{\text{л}}$ означает, что у тела ...

- 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

стр. 147–200

- 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. Применение электрического тока и его воздействие на живые организмы (дополнительное чтение)

- Обобщающие задания

6.1. Электрический ток

Нашу жизнь невозможно представить без электрического тока.

- Представим, что по какой-либо причине подача электрического тока во всех жилых помещениях по земному шару навсегда прекратилась. Как вы представляете последствия этого?
- Что такое электрический ток? Какова его роль в жизни человека?
- Каковы основные условия существования электрического тока?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Какова причина свечения неоновой лампы?

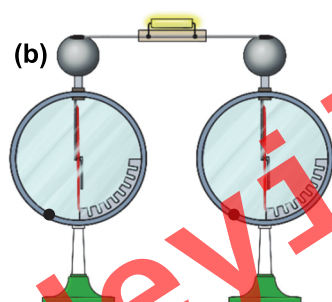
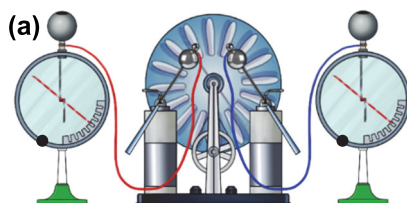
Оборудование: два электрометра с одинаковыми металлическими сферами; проволока (проводник) с припаянной посередине лампой; соединительные провода; электрофорная машина.

Ход работы:

1. Металлические сферы электрометров при помощи электрофорной машины электризуются одинаковым количеством электрического заряда разных знаков (а).
2. Отсоединив металлические сферы от кондукторов электрофорной машины, соедините их проволокой с лампой и обсудите произошедшее явление (б).

Обсудите результат:

- Почему при подсоединении наэлектризованных сфер электрометров к проволоке с лампой электрометры разряжаются?
- По какой причине лампа на проволоке на мгновение зажглась и потухла?



При соединении наэлектризованных металлических сфер проволокой электрометры сразу разряжаются, это означает, что сферы потеряли свой заряд. Следовательно, заряды свободно двигаются по проволоке. А движение свободных зарядов через лампу является причиной ее свечения.

• **Направленное движение заряженных частиц называется электрическим током.**

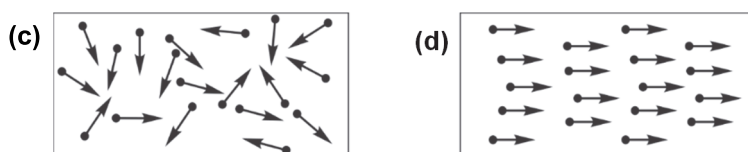
Из определения видно, что для непрерывного существования электрического тока в веществе необходимо выполнение необходимых условий:

- наличие заряженных частиц (носителей заряда) в веществе, способных двигаться по всему телу;

- наличие электрической силы, действие которой вызывает определенное направленное движение этих частиц;
- проводник (электрическая цепь, состоящая из проводников), через который проходит электрический ток, должен быть замкнутый.

Первое условие выполняется во всех проводниках: носителями заряда в металлах являются свободные электроны, а в жидкостях – положительные и отрицательные ионы.

Для выполнения второго условия в проводнике создается электрическое поле: под действием этого поля беспорядочно движущиеся (с) носители заряда приобретают направленное движение (d).

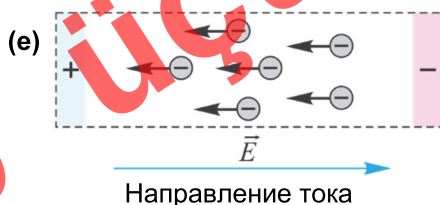


В исследовании возникает электрическое поле вокруг наэлектризованных металлических сфер. При соединении их проволокой в ней также возникает электрическое поле. Возникшее в проволоке электрическое поле действует на свободные электроны электрической силой.

В результате электроны с отрицательно наэлектризованной сферой направлены двигаются к сфере, наэлектризованной положительным зарядом, то есть через проволоку и лампу проходит электрический ток. Однако этот ток очень кратковременный: лампа, мгновенно вспыхнув, гаснет. Причина этого заключается в том, что после нейтрализации зарядов металлических сфер электрическое поле в проводнике, а вместе с ним и электрическая сила, действующая на свободные электроны, исчезают. В результате направленное движение свободных электронов (электрический ток) прекращается.

• Условно за направление электрического тока в проводнике было принято направление напряженности электрического поля.

Другими словами, за направление электрического тока принято считать направление движения положительных зарядов (противоположная направления движения свободных электронов) (e).



ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

- **Необходимые условия для возникновения непрерывного электрического тока**

Заполните соответствующие клетки данной таблицы:

Для возникновения электрического тока:		
...	...	...

Обсудите результаты:

- Что означает “электрический ток – это направленное движение носителей заряда”?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Направленное движение заряженных ___ называется ___.

Направление электрического тока в проводнике совпадает с направлением ___.
Носителями заряда в металлах являются ___, а в жидкостях – положительные и отрицательные ___.

Для существования непрерывного электрического тока необходимо выполнение необходимых условий, приведенных ниже: ___ в веществе, ___ создающее у них ___ и замкнутость проводника, по которому проходит ток.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электрическое поле
Свободные электроны
Носители заряда
Электрический ток
Напряженность электрического поля
Частица
Направленное движение
Ионы

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какие токи вы знаете в природе и технике? Чем отличается от них электрический ток?
2. Какие условия необходимы для существования непрерывного электрического тока?
3. Движение каких частиц направляет электрический ток в жидкостях, проводящих электрический ток?

6.2. Источники тока

Для освещения дороги в ночное время очень часто используются электрические фонари. В любое время, нажав на кнопку, можно включить или выключить лампочку фонарика.

- Что длительное время обеспечивает лампочку электрического фонарика электрическим током?
- Какие устройства, обеспечивающие возникновение непрерывного электрического тока, вы знаете?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Что обеспечивает непрерывность электрического тока?

Оборудование: электрофорная машина, лампа в патроне, электрический фонарик, батарейка, липкая лента, соединительные провода.

Ход работы:

I этап:

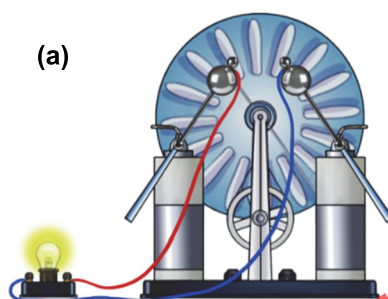
1. Убедитесь в нейтрализации кондукторов электрофорной машины, соприкоснув их друг с другом.
2. Подсоедините клеммы лампочки к кондукторам электрофорной машины и, вращая ручку машины, наэлектризуйте кондукторы (а).
3. Электризацию электрофорной машины проводите с перерывами (останавливая вращение ручки) и проследите за происходящими явлениями.

II этап:

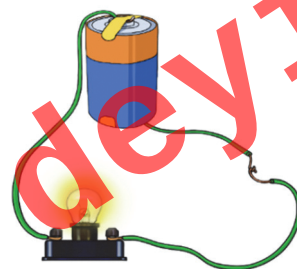
1. Соедините проводами, как показано на рисунке, между собой батарейку и лампочку (б).
2. Пронаблюдайте возникающее при соединении и разъединении открытых концов проводов явление.

Обсудите результаты:

- Какова причина свечения лампочки на первом этапе исследования?
- До какого момента продолжалось это свечение? Почему?
- Что обеспечивало прохождение электрического тока через лампочку во втором исследовании?



(a)



(b)

Для прохождения через проводник в течение длительного времени электрического тока на его концах необходимо создать непрерывное электрическое поле: необходимо обеспечивать непрерывное накопление

носителей заряда на концах проводника. С этой целью используются установки, называемые *источниками тока* или *генераторами*.

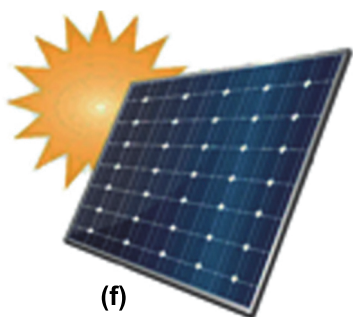
В качестве примера источников электрического тока можно привести электрофорную машину, разные батареи (сухие гальванические элементы) **(с)** или аккумуляторы **(d)**, генератор тока с постоянным магнитом **(е)**, солнечную батарею **(f)** и используемый в физической лаборатории выпрямители тока **(g)**.



(с)

(d)

(е)



(f)



(g)

В источниках тока идет процесс возникновения заряженных частиц. В этом процессе механическая, химическая, внутренняя или любая другая энергия превращается в электрическую энергию. Например, механическая энергия электрофорной машины и генератора тока с постоянным магнитом, химическая энергия аккумулятора и световое излучение солнечной батареи превращаются в электрическую энергию.

Одним из создателей современного источника тока был итальянский ученый Алессандро Вольта (1745–1827). Он установил, что при помещении между пластинами из меди и цинка ткани, смоченной в кислоте, медная пластина электризуется положительным зарядом, а цинковая пластина электризуется отрицательным зарядом. Это означает, что между пластинами произошло *разделение зарядов*. При соединении этих пластин, называемых *электродами*, в этом проводнике возникнет электрический ток.



Алессандро Вольта

(1745–1827)

Итальянский ученый

Один из основоположников учения об электричестве.

В 1800 году изготовил *гальванический элемент*, работающий на основе химической реакции.

Почему в изготовленном Алессандро Вольтой источнике тока происходит разделение зарядов?

Как показали опыты, медный электрод, вступая в химическую реакцию с кислотой, теряет электроны и электризуется положительным зарядом. Цинковый же электрод, наоборот, вступая в химическую реакцию с кислотой, принимает положительные ионы кислоты и электризуется отрицательным зарядом. Эти электроды называются *полюсами источника тока*, соответственно, *положительным* и *отрицательным полюсами (h)*.

Таким образом:

- В источнике тока происходит разделение электрических зарядов: положительные заряды накапливаются на одном полюсе, а отрицательные заряды на другом полюсе.

Источник тока, принцип работы которого основан на химической реакции, называется *гальваническим элементом*. Он был так назван в честь итальянского биолога Луиджи Гальвани: при проведении ученым экспериментов над животными он обнаружил, что во время сокращения мышц происходит их электризация.

Сегодня самым широко используемым источником тока является гальванический элемент, например, хорошо известные вам батареи и аккумуляторы.

Современные сухие гальванические элементы состоят из цинкового сосуда (1), в который вставлен угольный стержень (2). Стержень помещается в плотняный мешочек (3), наполненный смесью оксида марганца с углем. Мешочек окружен густым клейстером, изготовленным из муки на растворе нашатыря (4). Цинковый сосуд помещается в картонную коробку (5) и заливается сверху слоем смолы. В результате происходящих внутри элемента химических реакций угольный стержень заряжается положительно, а цинковый сосуд – отрицательно (x).

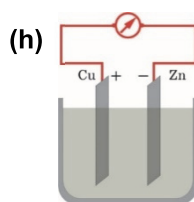
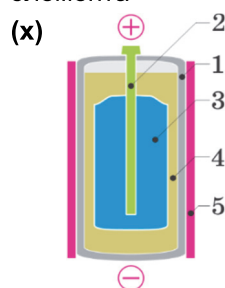


Схема гальванического элемента



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?



Первый в истории гальванический элемент был изготовлен за 3800 лет до Л. Гальвани в Багдаде. В результате проведенных в 1938 году археологических раскопок был обнаружен элемент, состоящий из продетых в керамический сосуд с помощью крышки из слоя смолы железного и медного проводников. Археологи установили, что этот гальванический элемент самый древний в мире источник электрической энергии.

Адрес: www.factruz.ru/history_mistery/baghdad-battery.htm

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

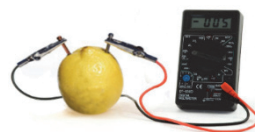
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Вкусная батарея

Оборудование: лимон (2 шт.), медная и цинковая проволоки (электроды), электровольтметр (чувствительный измерительный прибор, определяющий электрический ток в проводнике), соединительные провода.

Ход работы:

1. Изготовьте “гальванический элемент”, воткнув в лимон медный и цинковый электроды на определенном расстоянии друг от друга.
2. Проверьте, работает “гальванический элемент” или нет, соединив провода электровольтметра с “электродами”. Это вы можете сделать также, прикоснувшись языком к концам проводов, соединенных с “электродами”.



Обсудите результаты:

- Расскажите о принципе работы гальванического элемента, изготовленного из лимона.
- Можно ли изготовить гальванический элемент и из других фруктов? Ответ обоснуйте.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Для прохождения через проводник ___ длительное время, необходимо на его концах создать непрерывное ___. С этой целью используются устройства, называемые ___ или ___. В источнике тока происходит ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Источник тока
Электрическое поле
Разделение зарядов
Электрический ток
Генератор

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. В чем заключается роль источника тока?
2. Какой процесс происходит во всех источниках тока?
3. Какие превращения энергии происходят в источниках тока?
4. Объясните принцип работы гальванического элемента.

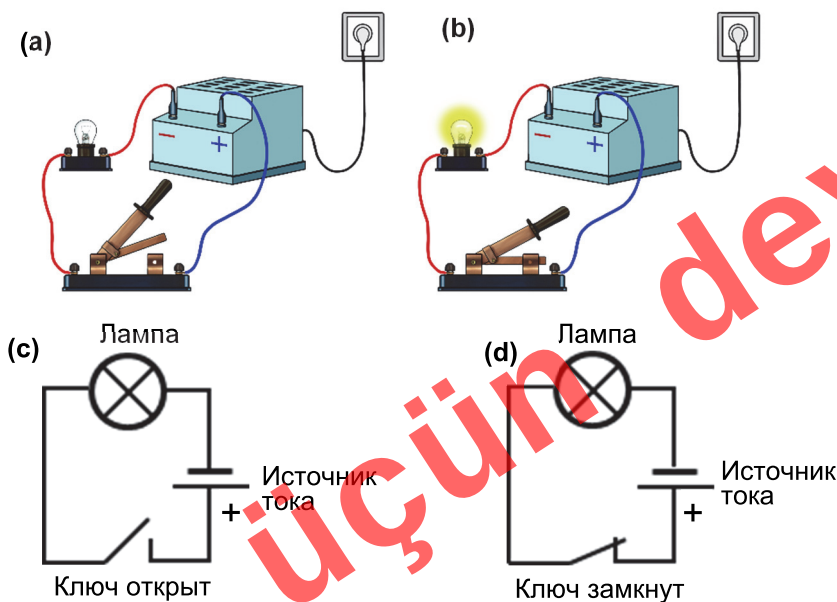
6.3. Электрическая цепь и ее элементы

Одним из необходимых условий существования электрического тока является замкнутость произвольного электрического устройства, через который проходит ток, то есть создание *замкнутой электрической цепи*.

- Как можно определить, что электрическая цепь замкнута или нет?
- Из каких элементов может состоять электрическая цепь?
- Покажите примеры электрических цепей, встречаемых в быту.

Электрическая цепь может состоять из разных элементов: 1) *источник тока*; 2) *потребитель электричества* (лампа, электрический звонок, электрический нагреватель, телевизор и др.); 3) *электрический ключ*; 4) *электроизмерительные приборы* (амперметр, вольтметр и другие); 5) *соединительные провода*.

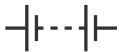
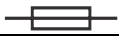
Источник тока, электрическая лампа, ключ и соединительные провода образуют простую электрическую цепь. Ключ – это устройство, подключающее или отключающее потребитель в электрической цепи. Лампа светится только в том случае, если цепь замкнута (**a** и **b**). Элементы, образующие эту цепь, представлены на схеме условными обозначениями (**c** и **d**).



Внимание! Электрическую цепь можно собирать только при открытом ключе!

В таблице 6.1. представлены условные обозначения наиболее часто используемых элементов, применяемых в электрических схемах.

Таблица 6.1. Условные обозначения некоторых элементов электрической цепи.

Элементы электрической цепи	Условное обозначение
Гальванический элемент	
Соединение проводов	
Клеммы источника тока	
Электрический ключ: <i>в открытом состоянии</i> <i>в закрытом состоянии</i>	 
Лампа накаливания	
Батарея элементов или аккумулятор	
Амперметр	
Вольтметр	
Конденсатор	
Резистор	
Электрический звонок	
Реостат	
Плавкий предохранитель	
Нагревательный элемент	
Заземление	
Антенна	
Электродвигатель	

Каждая замкнутая электрическая цепь состоит из двух частей: *внешней части* и *внутренней части*.

Внешнюю часть цепи составляют электрические потребители и измерительные приборы, соединенные проводами с клеммами источника тока.

Внутренняя же часть цепи расположена внутри источника тока. Если цепь замкнута, то через внешнюю часть проходит ток, и потребители включаются.

Использование электрической энергии в цепи должно привести к нейтрализации электрических зарядов на полюсах источника тока, однако этого не происходит, потому что внутри источника тока происходит непрерывное разделение электрических зарядов и на его полюсах постоянно накапливаются электрические заряды.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Нарисуйте схему электрической цепи карманного фонаря

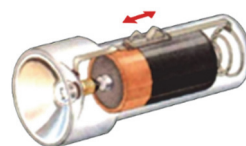
Оборудование: принципиальная схема карманного фонаря.

Ход работы:

используя таблицу 6.1, нарисуйте схему электрической цепи представленного фонаря.

Обсудите результаты:

- Из каких элементов состоит электрическая цепь?



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Одним из необходимых условий существования ___ является замкнутость ___, через которую проходит ток. Электрическая цепь может состоять из разных ___. Элементы, образующие электрическую цепь, представлены на схеме ___. 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. Что такое электрическая цепь и почему она должна быть замкнутая?
2. Из каких частей состоит электрическая цепь? В чем различие этих частей?
3. Какими условными обозначениями показываются на схеме электрической цепи ключ, лампа и источник тока?
4. Лампу, подключенную к источнику тока, нужно зажечь в одном конце длинного коридора, а в другом конце надо потушить. Нарисуйте схему этой цепи.

6.4. Действия электрического тока

Известно, что электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц. Однако эти частицы настолько малы, что невозможно видеть ни их самих, ни их перемещение.

- Как можно определить наличие электрического тока в проводнике?

Практически электрический ток проявляется разными его действиями, которые находят широкое применение.

Световое и тепловое действие тока

Эти действия электрического тока вы визуальнo наблюдали в исследовании цепи с лампой накаливания: спираль лампы, через которую проходит ток, и светится, и нагревается. Световое действие тока исследовали многие ученые: итальянский ученый А.Вольта, русские изобретатели В.Петров (изобрел электрическую дугу) и П.Яблочков (использование для свечения электрической дуги), американский изобретатель Т.Эдисон (изобрел современную лампу накаливания) и другие. Результаты их исследований – создание разных ламп свечения (а).

Тепловое же действие тока широко используется в электрических нагревателях (например, в электрочайниках, электронагревателях и других) (б).

(а)



(б)



Химическое действие тока

Это действие легко наблюдается при прохождении тока через водные растворы разных веществ.

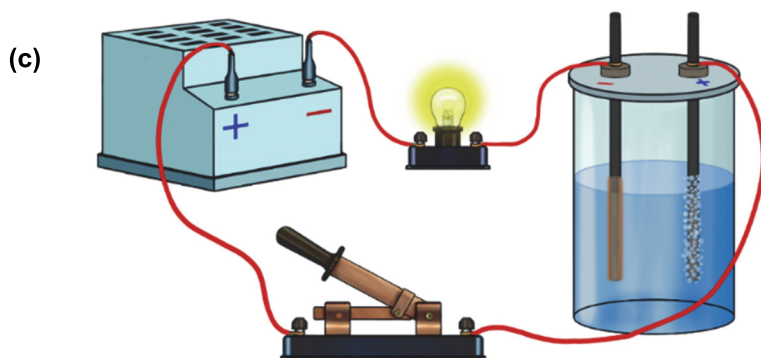
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Создает ли электрический ток химическую реакцию?

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 электрическую цепь, как показано на рисунке (с).
2. Замкните ключ, внимательно проследите за явлениями, произошедшими при свечении лампы, в электродах и растворе.



Обсудите результаты:

- Какие наблюдаются изменения в свечении лампы после замыкания ключа?
- На каком полюсе источника тока на поверхность электрода выпадает осадок, а около какого электрода начинают возникать пузырьки газа?
- Какие предположения можно выдвинуть о причине наблюдаемых явлений?

При прохождении электрического тока с помощью электродов через водные растворы разных веществ на поверхности этих электродов возникает новое вещество: в результате химической реакции на поверхности электродов выпадает осадок из частиц твердых тел, а выделяемый газ в виде пузырьков поднимается к поверхности раствора. Это вы наблюдали в исследовании: на поверхности электрода, соединенного с отрицательным полюсом источника тока, из раствора выделяется новое

вещество – медь. В результате этот электрод “обволакивается” оранжевым осадком. А около электрода, соединенного с положительным полюсом источника тока, образуются пузырьки газа хлора (ощущается его специфический запах), поднимающиеся к поверхности жидкости.

*Процесс выделения на электродах вещества при прохождении через раствор электрического тока называется **электролизом**.*

При помощи электролиза осуществляется хромирование и никелирование посуды. Химическое действие электрического тока также проявляется и в газах; например, во время грозы в воздухе ощущается запах озона (*озон* – это особая форма кислорода, его молекула состоит из трех атомов: O_3).

Химическое действие электрического тока, а иногда и тепловое наблюдаются не всегда: например, при прохождении слабого электрического тока через медную проволоку, хорошо проводящую электрический ток, не чувствуется его тепловое действие, не наблюдается и химическая реакция.

Есть ли такое действие электрического тока, которое ощущается всегда?

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Магнитное действие электрического тока

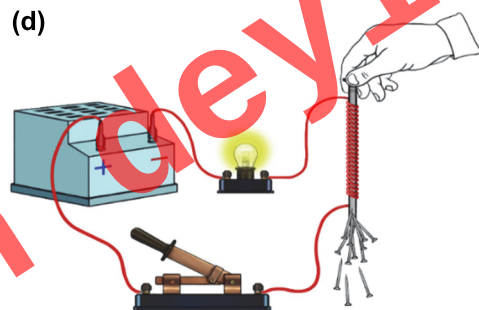
Оборудование: источник тока, ключ, гвоздь (150 мм), мелкие гвозди (5-6 шт.), лампа в патроне, соединительные провода.

Ход работы:

1. При открытом состоянии ключа намотайте один из проводов на длинный гвоздь и вместе с другими элементами подсоедините к цепи.
2. Насыпьте мелкие гвозди на поверхность стола и приблизьте большой гвоздь с намотанным проводом к ним до соприкосновения.
3. Замкните ключ и повторите опыт. Обсудите наблюдаемое явление (d).

Обсудите результаты:

- Наблюдались ли какие-либо изменения в цепи при опыте с открытым ключом?
- Какие действия электрического тока в цепи вы наблюдали при замыкании ключа?



Одним из действий электрического тока является его магнитное действие. В отличие от других действий электрического тока, магнитное действие проявляет себя всегда. По этой причине оно имеет широкое

практическое применение: основу принципа работы электроизмерительных приборов, электрических звонков, устаревших телеграфных аппаратов, магнитных кранов, используемых на металлургических заводах, составляет магнитное действие тока.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-3

• Магнитное действие тока проявляет себя всегда

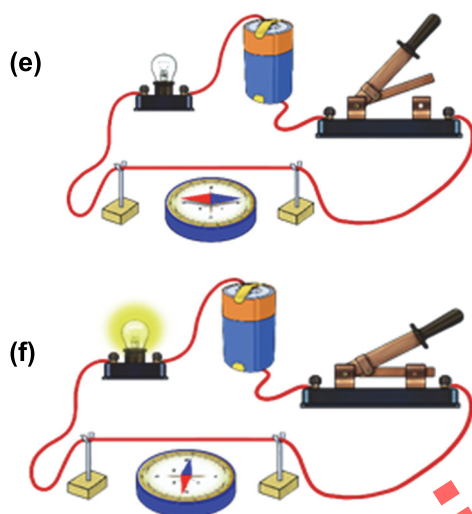
Оборудование: источник тока (батарея), ключ, лампа в патроне, соединительные провода, компас, липкая лента.

Ход работы:

1. Разместите при открытом положении ключа компас около провода и дождитесь установления его стрелки (синий кончик стрелки должен быть направлен на север) (е).
2. Замкните ключ и проследите за произошедшим явлением (ф).

Обсудите результаты:

- Каким действием электрического тока сопровождается его прохождение через провод? Ответ обоснуйте.



ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При прохождении ___ через проводник наблюдаются разные его действия. В лампах и нагревателях широко применяются ___ и ___. При прохождении электрического тока через водные растворы разных веществ в них происходит ___. ___ электрического тока является единственным действием, которое наблюдается всегда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Световое действие
Электрический ток
Магнитное действие
Химическое действие
Тепловое действие

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как можно определить прохождение электрического тока через проводник?
2. Приведите примеры теплового и химического действия электрического тока.
3. Какое главное отличие магнитного действия электрического тока от других его действий?
4. Какое действие произойдет при прохождении электрического тока через морскую воду?

6.5. Сила тока и ее измерение

При сравнении рек Кура и Велвели, впадающих в Каспийское море, легко можно определить, что количество воды, проходящее через их поперечное сечение за один и тот же отрезок времени, разное. Аналогично этому различается и количество заряда, проходящее через поперечное сечение спирали лампы и нагревателя в единицу времени.

- Можно ли определить величину электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника в единицу времени? В какой степени важно это знать?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

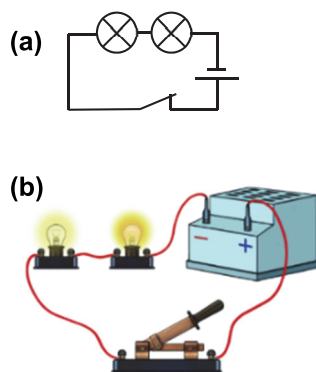
- В чем причина различия в свечении электрических ламп?

Оборудование: источник тока, ключ, две разные лампы (2 Vt и 4 Vt), соединительные провода.

Ход работы: 1. Соберите электрическую цепь на основании данной схемы (а). 2. Замкните ключ, наблюдайте за свечением ламп (b).

Обсудите результаты:

- Почему разные лампы, подключенные к одному и тому же источнику тока, светятся с разной яркостью?
- К какому выводу можно прийти из опыта? Каковы ваши предложения?



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, проходящего через поперечное сечение провода, t – время, затраченное на прохождение этого заряда.	$[I] = 1 \frac{[q]}{[t]} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = 1 \text{А},$ Единица измерения силы тока в СИ ампер (1А).
Определение	Определение
Сила тока – это скалярная величина, численно равная количеству электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за одну секунду.	Ампер – есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Единица силы тока названа в честь французского ученого Андре Ампера. Единица силы тока *ампер* – одна из основных единиц в системе 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. Определил закон взаимодействия проводников с током (закон Ампера) и изготовил разные приборы, использующие воздействие магнита на проводник с током.

Измерение силы тока

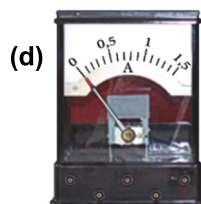
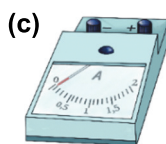
Сила тока измеряется прибором, который называется *амперметром*. В кабинете физики используются амперметры двух видов: *лабораторный амперметр (с)* и *демонстрационный амперметр (d)*.

На шкале амперметра имеется буква **A**.

На схемах он обозначается кругом с буквой **A** внутри (см.: таблицу 6.1.). Принцип

работы амперметра основан на воздействии магнита на проводник с током. Для

измерения силы тока в электрическом потребителе (например, в лампе) амперметр подключается к этому потребителю только последовательно (e). При этом как через потребитель, так и через амперметр проходит одинаковый ток.



(e)



Внимание! При подключении амперметра в цепь надо обратить внимание, чтобы его положительная клемма была подключена к положительному полюсу источника тока, а отрицательная клемма – к отрицательному полюсу. В противном случае стрелка прибора будет пытаться двигаться в противоположном направлении, и амперметр может выйти из строя.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачи

1. Через поперечное сечение проводника за 10 с проходит 4 Кл электрического заряда. Какой заряд пройдет через тот же проводник в течение 3 мин.?

Дано	Перевод	Формула
$t_1 = 10 \text{ с},$ $q_1 = 4 \text{ Кл},$ $t_2 = 3 \text{ мин.}$ $q_2 = ?$	$3 \cdot 60 \text{ с}$	Определим количество заряда, проходящего через поперечное сечение проводника, по математическому выражению силы тока: $q_1 = I \cdot t_1 \text{ и } q_2 = I \cdot t_2.$ Из этих выражений получим: $\frac{q_1}{q_2} = \frac{t_1}{t_2}.$
Решение $q_2 = \frac{4 \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 60 \text{ с}}{10 \text{ с}} = 72 \text{ Кл}.$ Ответ: 72 Кл.		

2. Сила тока в проводнике 10 А. Вычислите количество электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за 5 мин.

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ это скалярная величина, численно равная количеству электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника, за одну секунду.

Единица измерения силы тока в системе СИ ___.

Для измерения силы тока в электрическом потребителе (например, в лампе) используется ___, он подключается к этому потребителю только ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ампер

Последовательно

Амперметр

Сила тока

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Что характеризует сила тока?
2. Каким прибором измеряют силу тока, какое у него условное обозначение на схемах и как его подключают в цепь?
3. Какова сила тока в амперах, если через поперечное сечение проводника за 10 мин. проходит 200 Кл электрического заряда?

6.6. Напряжение и его измерение

Несмотря на медленное течение рек Кура и Велвели по равнинной местности, обе реки впадают в Каспийское море. Причина этого заключается в том, что между источниками вод этих рек и уровнем Каспийского моря, куда они впадают, имеется перепад высот, то есть вода течет с мест с большей потенциальной энергией к местам с меньшей потенциальной энергией.

- Какова причина аналогичного поведения электрического тока в цепи? Есть ли разница энергий в электрической цепи?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- Какую величину изменяет источник тока в цепи?

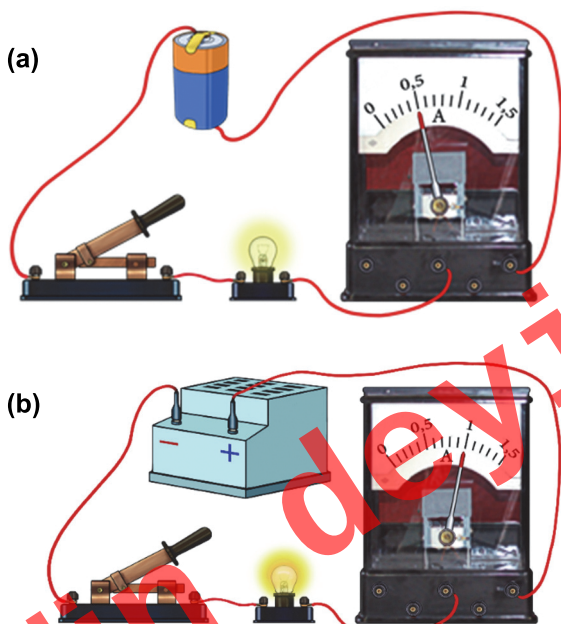
Оборудование: источник тока (батарея или выпрямитель), ключ, лампа в патроне, соединительные провода, амперметр, липкая лента.

Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, состоящую из батареи, лампы, амперметра и ключа (а).
2. Замкнув ключ, обратите внимание на свечение лампы и показание амперметра.
3. Откройте ключ, замените батарею другим источником тока.
4. Замкните цепь, проследите за свечением лампы и показанием амперметра (б).

Обсудите результаты:

- Почему при замене источника тока сила тока в цепи и яркость лампы изменились?



Известно, что электрический ток в металлических проводниках – это упорядоченное движение свободных электронов. Электроны, двигаясь во внешней части цепи от отрицательного полюса источника тока к положительному, подвергаются взаимодействию с атомами и ионами в узлах кристаллической решетки металла. В результате часть кинети-

ческой энергии, имеющейся у электронов, превращается во внутреннюю энергию проводника, и он нагревается. Для поддержания постоянной скорости упорядоченного движения свободных электронов в электрической цепи и восстановления потерянной ими кинетической энергии необходимо совершение работы. Эту работу во внешней электрической цепи совершает электрическое поле, то есть электрические силы. Работа, совершаемая электрическим полем является энергетической характеристикой поля и называется **электрическим напряжением или напряжением**.

Формула	Единица измерения
$U = \frac{A}{q},$ где U – напряжение, q – электрический заряд, A – работа, совершаемая электрическими силами для перемещения электрического заряда между двумя произвольными точками цепи.	$[U] = 1 \frac{[A]}{[q]} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1 \text{В.}$ Единица измерения напряжения в системе СИ вольт (1В).
Определение	Определение
Электрическое напряжение – работа, совершаемая электрическим полем для перемещения единицы заряда между двумя точками этого поля, является энергетической характеристикой поля и называется электрическим напряжением или напряжением.	Один вольт (1В) – это такое напряжение между двумя точками электрического поля, когда электрические силы, перемещая заряд в 1 Кл из одной точки в другую, совершают работу в 1 Дж.

Как видно из формулы напряжения, работа, совершаемая при перемещении между двумя точками электрического поля, равна произведению количества заряда и электрического напряжения между этими точками:

$$A = q \cdot U.$$

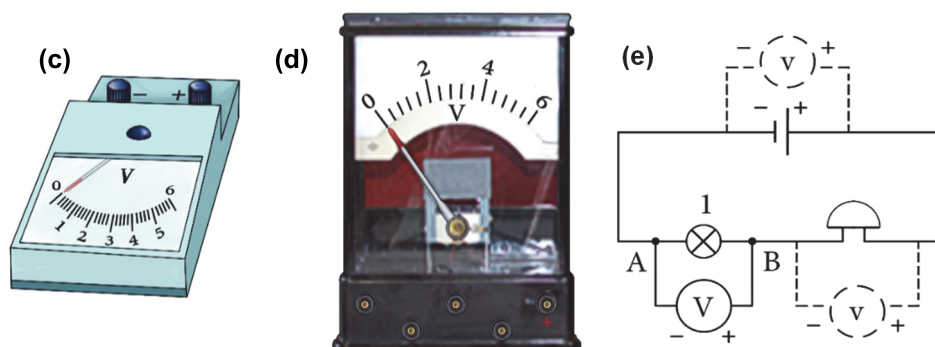
Измерение напряжения

Напряжение измеряется **вольтметром**. В кабинете физики используются два вида вольтметров: лабораторный вольтметр (**с**) и демонстрационный вольтметр (**д**).

На шкале вольтметра имеется буква **V**. На схемах вольтметр обозначается кругом с буквой **V** внутри (см.: таблица 6.1.).

Клеммы вольтметра соединяют с теми точками цепи, напряжение между которыми нужно измерить. Например, если нужно измерить напряжение на лампе, то вольтметр соединяется с клеммами этой лампы. Если же нужно определить напряжение на электрическом звонке в цепи,

то вольтметр соединяется с клеммами этого электрического звонка. Для измерения напряжения на источнике тока нужно соединить вольтметр с его полюсами (е).



В каких случаях используется термин “напряжение”?

Начало и конец внешней части любой замкнутой электрической цепи соединяются с полюсами источника тока. Поэтому разные источники тока различаются напряжением, создаваемым во внешней цепи. Например, часто используются такие термины, как “напряжение батареи 1,5 В”, “напряжение в сети 220 В”, “на участок цепи напряжение подано”, “проводник под напряжением”. В физических лабораториях используются источники тока, регулирующие напряжение.

Внимание!

- Вольтметр подключается к участку цепи, где измеряется напряжение, только параллельно.
- При подключении вольтметра к цепи нужно обратить внимание на то, чтобы положительная клемма вольтметра была соединена с положительным полюсом источника тока, а отрицательная клемма с отрицательным полюсом, в противном случае вольтметр может выйти из строя.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

- Чему равно количество электрического заряда, если при движении между двумя точками электрического поля напряжением 20 кВ совершается работа 15 мДж?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Энергетическая характеристика ___ называется ___.
Электрическое напряжение – это физическая величина, равная отношению ___, электрическим полем во время перемещения заряда между двумя точками, к этому ___. Напряжение измеряется в ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Количество заряда
Напряжение
Вольтметр
Совершенная работа
Электрическое поле

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

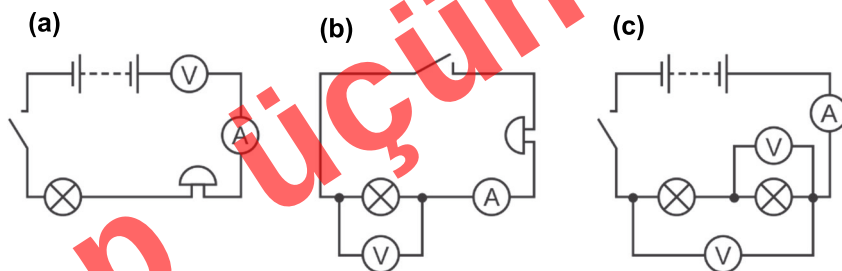
1. Что характеризует электрическое напряжение?
2. Каким прибором измеряют напряжение, какое условное обозначение он имеет на схемах и как его подключают в цепь?
3. Уточните выводы, к которым вы пришли в результате проведенного исследования.

УПРАЖНЕНИЕ-8

1. Нарисуйте условные обозначения в схемах цепи аккумулятора, ключа, резистора, электрического звонка, лампы, амперметра и вольтметра.
2. Завершите таблицу, используя математическое выражение силы тока.

№	Количество заряда, проходящего через поперечное сечение проводника: q , Кл	Время: t , с	Сила тока: I , А
1	60	40	
2		30	2

3. В коробке в большом количестве перемешаны железные винты и медные гайки. Как можно их быстро отделить друг от друга? Для этого вам даны: аккумулятор, длинная медная проволока и железный стержень.
4. Через поперечное сечение проводника за 4 мин. проходит 120 Кл электрического заряда. Вычислите силу тока.
5. На рисунке представлены схемы трех электрических цепей. Исследуйте схемы: определите правильно они нарисованы или нет. Если имеется не-правильная схема, нарисуйте ее верно.



6.7. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи

Как вы узнали, основными характеристиками электрического тока являются сила тока и напряжение.

- А что является основной характеристикой проводника?
- От чего зависит сила тока, проходящего через участок цепи?
- В какой цепи сила тока больше: в цепи с электрическим нагревателем или с мобильным телефоном? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

Зависит ли сила тока от напряжения?

Оборудование: источник тока с регулируемым напряжением, два разных резистора, ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Устройство резистора. Резистор – это проводник, изготовленный из специального сплава в форме спирали с клеммами (а). Он в электрических цепях обозначается буквой R – изображается в виде прямоугольника (б, в).

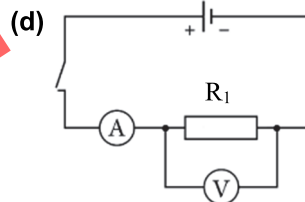


В микросхемах используются различные резисторы (в).



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, соответствующую данной схеме (д). Подключите сначала в цепь один из резисторов (R_1).
2. Замкните ключ, измерьте силу тока и напряжение на концах резистора и занесите их в таблицу, нарисованную на рабочем листе.
3. Изменяя напряжение, отмечайте показания амперметра и вольтметра.
4. Откройте ключ, замените резистор R_1 на резистор R_2 . Замкнув ключ, повторите опыт.
5. Изменяя напряжение, отмечайте показания амперметра и вольтметра.



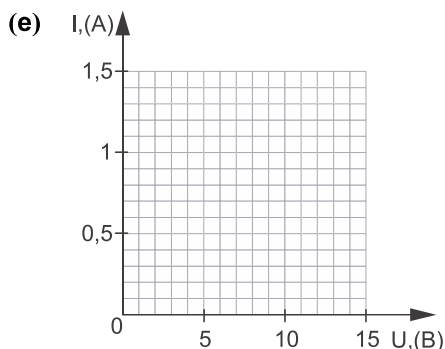
6. Используя таблицы, постройте графики зависимости силы тока от напряжения для соответствующих резисторов (е).

Таблица 1.

№	R_1	I, (A)	U, (B)
1			
2			
3			

Таблица 2.

№	R_2	I, (A)	U, (B)
1			
2			
3			



Обсудите результаты:

- Как зависит сила тока от напряжения?
- Какую разницу вы определили между силами тока, проходящими через резисторы, при данном напряжении?

Во время исследования из показаний амперметра и вольтметра стало ясно: во сколько раз увеличивается напряжение на концах проводника, во столько же раз увеличивается сила тока.

• Сила тока прямо пропорциональна напряжению на концах данного проводника: $I \sim U$.

Эта зависимость записывается в виде следующей формулы:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U. \quad (1)$$

Здесь I – сила тока, проходящего через проводник или участок цепи, U – напряжение на концах этого проводника или участка цепи, $\frac{1}{R}$ – коэффициент пропорциональности.

Здесь R – характеристика проводника, называемая *электрическим сопротивлением*. Из формулы (1) сопротивление проводника равняется:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Электрическое сопротивление проводника, являясь скалярной физической величиной, *не зависит от силы тока и напряжения на его концах*. Единицей измерения электрического сопротивления в системе СИ является *Ом* (1 Ом), названная в честь немецкого ученого Георга Ома:

$$[R] = 1 \frac{[U]}{[I]} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}} = 1 \text{ Ом}.$$

• За 1 Ом принято сопротивление такого проводника, по которому протекает сила тока 1 А при напряжении на концах проводника 1 В.

Закон Ома для участка цепи

В 1827 году в результате проведенных многочисленных опытов немецкий ученый Георг Ом впервые определил зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением на участке цепи, которая называется *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 определили, что на основании закона Ома сила тока в резисторе с большим сопротивлением при данном напряжении меньше, чем в резисторе с малым сопротивлением; если

$$R_1 > R_2,$$

то

$$I_1 < I_2.$$



Георг Ом
(1787–1854)

Немецкий физик

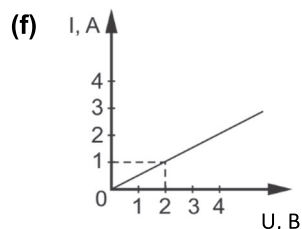
Определил закономерность между силой тока, напряжением и сопротивлением в электрической цепи.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Образец. График зависимости силы тока в проводнике от напряжения представлен на рисунке (f). Определите электрическое сопротивление проводника.



Дано	Формула
$U = 2 \text{ В},$ $I = 1 \text{ А},$ $R = ?$	Математическое выражение закона Ома: $R = \frac{U}{I}.$
Решение $R = \frac{2 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 2 \text{ Ом}.$	
Ответ: 2 Ом.	

Задача

Через спираль лампы с сопротивлением 275 Ом проходит сила тока 0,8 А. Каково напряжение на лампе?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ является характеристикой проводника.
Его единицей измерения в системе СИ является ___.

___ на участке цепи прямо пропорциональна
___ на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.
Это называется ___ для ___.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Напряжение
Электрическое сопротивление
Ом
Участок цепи
Сила тока
Закон Ома

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Как зависит сила тока в проводнике от напряжения на его концах? Представьте график этой зависимости.
2. Как зависит сила тока в проводнике от его сопротивления при постоянном напряжении? Постройте график зависимости силы тока от сопротивления проводника.
3. Что принято за единицу электрического сопротивления?
4. Как выражается закон Ома для участка цепи?

6.8. От чего зависит сопротивление проводника?

Опытный мастер при выполнении ремонтных работ в квартире предпочитает прокладывать электрическую линию в комнатах медным проводом.



- Почему использование медного провода при прокладке электрических линий более целесообразно?
- Почему в высоковольтных линиях используются кабели большого диаметра?



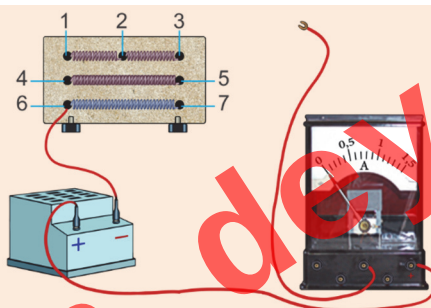
Для прокладки высоковольтных линий над землей и под землей используются кабели диаметром от 50 мм^2 до 240 мм^2 . Такие кабели в зависимости от проходящей через них силы тока состоят из 5÷98 медных или алюминиевых жил.

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

- **От чего зависит сопротивление проводника?**

Оборудование: источник постоянного тока (4-вольтовый выпрямитель), амперметр, соединительные провода, щит с набором разных проводов.

***Устройство щита.** Исследуемые провода состоят из трех нихромовых и одной железной спирали одинаковой длины и площади поперечного сечения. Одна из нихромовых спиралей, пропущенных через клемму 2, прикреплена к клеммам 1-3. Остальные две нихромовые спирали, помещенные друг на друга (площадь поперечного сечения увеличивается в два раза), соединяются с клеммами 4-5. Железная же спираль соединяется с клеммами 6-7.*



Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, состоящую из выпрямителя, амперметра и исследуемого щита. Вначале измерьте силу тока, проходящую через нихромовую спираль, соединенную с клеммами 1-3. Затем, подключив клеммы спирали 1-2 в цепь, измерьте силу тока, проходящего через половину нихромового провода, и сравните их.
2. Измерьте сначала силу тока, проходящую через одну спираль, соединенную с клеммами 1-3, а затем измерьте силу тока, проходящего через две спирали, соединенные с клеммами 4-5, и сравните их.

3. Измерьте силу тока, проходящего через нихромовую и железную спираль одинаковой длины и площади поперечного сечения, последовательным подключением к цепи клемм **1-3** и **6-7** и сравните их.
4. Нарисуйте на рабочем листке схему электрической цепи, отметьте полученные результаты.

Обсудите результаты:

- Во сколько раз отличается сила тока, проходящего через весь проводник, от силы тока, проходящего через половину этого проводника? Как зависит сопротивление проводника от его длины?
- Во сколько раз отличается сила тока, проходящего через проводник, от силы тока, проходящего через проводник, площадь поперечного сечения которого в два раза больше? Как зависит сопротивление проводника от его площади поперечного сечения?
- Одинаковая ли сила тока в разных проводах одинаковой длины и площади поперечного сечения? От чего зависит сопротивление проводника?

Как возникает электрическое сопротивление проводника?

Как вы знаете, под действием электрического поля свободные электроны в проводнике совершают упорядоченное движение. Во время этого движения свободные электроны в металле сталкиваются с положительными ионами, совершающими колебательное движение в узлах кристаллической решетки. В результате передачи электронов части своей кинетической энергии ионам их скорость упорядоченного движения уменьшается. Таким образом, положительные ионы металла оказывают препятствие для упорядоченного движения свободных электронов (току). Это препятствие называется *сопротивлением проводника*.

От чего зависит электрическое сопротивление?

Исследование выявило три важных результата:

1. Сила тока, проходящего через проводник определенной длины, подключенный к источнику постоянного тока ($U = \text{const}$), в 2 раза меньше силы тока, проходящего через половину проводника. Это означает, что на основании закона Ома ($I = \frac{U}{R}$) сопротивление всего проводника в 2 раза больше сопротивления половины этого проводника.
- **Сопротивление проводника прямо пропорционально его длине.**
2. Сила тока, проходящего через проводник, подключенный к источнику постоянного тока ($U = \text{const}$), в 2 раза меньше силы тока, проходящего через проводник такой же длины, но с площадью поперечного сечения в 2 раза больше. Это означает, что на основании закона Ома ($I = \frac{U}{R}$) сопротивление проводника с вдвое большей площадью поперечного сечения в 2 раза меньше.

• **Сопротивление проводника обратно пропорционально площади его поперечного сечения.**

3. Сила тока, проходящего через железный проводник, подключенный к источнику постоянного тока ($U = \text{const}$), в 10 раз превышает силу тока, проходящего через нихромовый проводник, а сопротивление его в 10 раз меньше.

• **Сопротивление проводника зависит от вещества, из которого он изготовлен.**

Таким образом, формула зависимости сопротивления проводника имеет вид:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Здесь R – сопротивление проводника, l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника, ρ – *удельное сопротивление* проводника. *Удельное сопротивление – это физическая величина, зависящая от вещества, из которого изготовлен проводник.* В таблице 6.2. показаны удельные сопротивления некоторых веществ, полученные опытным путем. При длине проводника $l = 1$ м и площади поперечного сечения $S = 1 \text{ м}^2$ из формулы

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

получим, что удельное сопротивление численно равно $\rho = R$.

• **Удельное сопротивление – это сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м².** Единицей удельного сопротивления в системе СИ является ом·метр (10м · м):

$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{10\text{м} \cdot 1\text{м}^2}{1\text{м}} = 10\text{м} \cdot \text{м}.$$

Площадь поперечного сечения проводника небольшая и измеряется в мм².

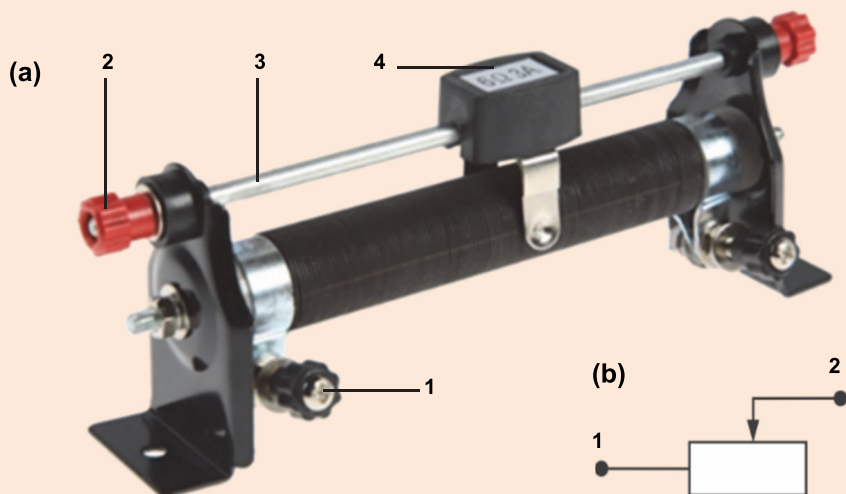
Поэтому единицу удельного сопротивления можно записать и так:

$$[\rho] = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

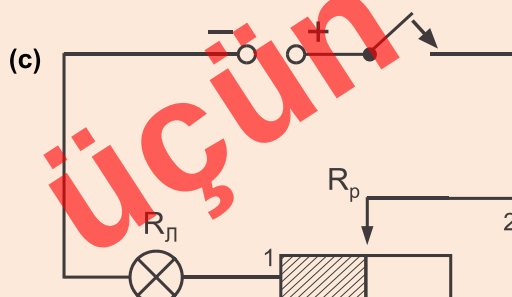
Таблица 6.2. Удельное сопротивление некоторых веществ ($t = 20^\circ\text{C}$).

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 электрической цепи широко используется ползунковый реостат. Принцип работы реостата основан на зависимости сопротивления проводника от его длины. Он состоит из керамического цилиндра, на поверхность которого наматывается никелиновая (или из другого сплава) проволока, имеющая большое удельное сопротивление (а).



Один из концов проволоки соединяется с клеммой (1). Зажатый с обеих сторон клеммами латунный ползунок (4), способен двигаться в обе стороны по стержню (3), имеющему очень малое сопротивление. Ползунок подключается в цепь при помощи клеммы (2). Показано условное обозначение подключения в электрическую цепь реостата (b). Принцип работы реостата ясно виден на схеме электрической цепи (c). Полное сопротивление цепи состоит из сопротивления лампы $R_{\text{л}}$ и сопротивления провода реостата $R_{\text{р}}$ (заштрихованная часть), подключенной в цепь. Незаштрихованная часть реостата не участвует в цепи. Передвигая ползунок, увеличивая или уменьшая длину подключенной к цепи части реостата, мы увеличиваем или уменьшаем сопротивление $R_{\text{р}}$.



ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Образец. Вычислите сопротивление серебряного провода длиной 100 метров и площадью поперечного сечения 2 мм².

Дано	Формула	Решение
$\rho = 0,016 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}},$ $l = 100 \text{ м},$ $S = 2 \text{ мм}^2.$	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = 0,016 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{мм}^2} = 0,8 \text{ Ом}.$
R=?	Ответ: 0,8 Ом	

Задача

Как изменится сопротивление проводника, если его длину увеличить в три раза, а площадь поперечного сечения уменьшить в три раза?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

Используя ключевые слова, заполните пустые клетки таблицы:

зависит прямо пропорционально
зависит обратно пропорционально
зависит
не зависит

Физическая величина	От длины проводника	От площади поперечного сечения проводника	От вещества, из которого изготовлен проводник
Удельное сопротивление	...	...	...
Сопротивление проводника	зависит прямо пропорционально	...	...

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. От чего зависит сопротивление проводника?
2. Что называется удельным сопротивлением проводника и в какой единице оно выражается?
3. На каком принципе основывается регулирование сопротивления в электрической цепи реостатом?
4. Объясните устройство реостата.

УПРАЖНЕНИЕ-9

1. Чему равно сопротивление медной проволоки длиной 25 м и площадью поперечного сечения 1 мм²?
2. Диаметр нихромовой проволоки электрической плиты равен 0,5 мм, а сопротивление 49,5 Ом.

Вычислите длину проволоки (для нихрома $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).

3. При подсоединении никелиновой проволоки площадью поперечного сечения 0,2 мм² к источнику напряжения 4,5 В через нее проходит сила тока 300 мА. Определите длину проволоки.
4. Определите сопротивление железной обмотки длиной 200 м и площадью поперечного сечения 2 мм².
5. Какое напряжение необходимо подать на концы проводника с сопротивлением 20 Ом, чтобы создать в нем ток 50 мкА?
6. Реостат изготовлен из никелиновой проволоки длиной 50 м и площадью поперечного сечения 1 мм². Какая сила тока проходит через реостат при напряжении на его концах 45 В?
7. Сила тока в нихромовой проволоке длиной 20 м и площадью поперечного сечения 0,8 мм² равна 0,4 А. Каково напряжение на концах проволоки (для нихрома $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$)?

6.9. Последовательное соединение проводников

Вспомните, как весело вы встречали с друзьями во дворе праздник Новруз. Взяв друг друга за руки, вы водили хоровод вокруг костра.



- Если сказать физическим языком, на какое соединение проводников в электрической цепи похоже то, как соединены ваши руки?

Все лампочки гирлянды, украшающей новогоднюю елку, подключенные в сеть, светятся. Однако при отключении одной лампы в цепи другие лампы тоже гаснут.



- Почему при отключении одной лампы в гирлянде остальные лампы гаснут?

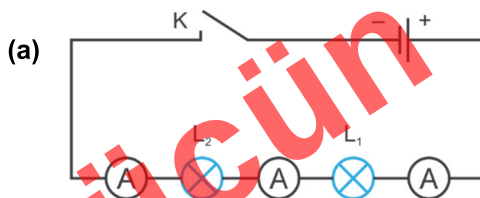
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Сила тока в последовательном соединении проводников

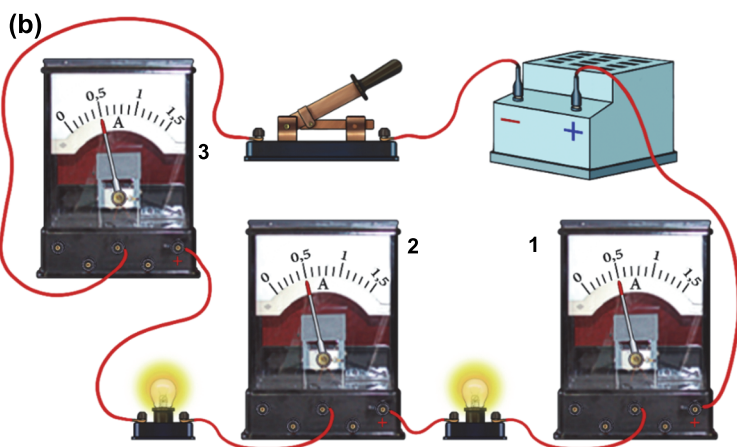
Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампа (2 шт.), амперметр (3 шт.), ключ и соединительные провода.

Ход работы:

1. Нарисуйте на рабочем листке изображенную на рисунке (а) схему электрической цепи, состоящей из источника тока, трех амперметров, двух ламп и ключа.



2. Соберите на основании схемы электрическую цепь. Замкнув ключ, проследите за свечением ламп и показаниями амперметров (b).



3. Извлеките одну из ламп в цепи и проследите за возникшим явлением.

Обсудите результаты:

- Как соединены в электрической цепи потребители друг с другом: последовательно или смешанно?
- На каких участках такого соединения цепи измеряется сила тока амперметрами 1, 2 и 3, соответственно?
- К какому выводу можно прийти при сравнении общей силы тока в цепи с силами тока, проходящими через каждую лампу в отдельности?
- Что наблюдается при отключении одной из ламп в цепи? Почему?

Каждый участок электрической цепи в отдельности – источники тока, измерительные приборы, потребители тока, соединительные провода – имеет определенное сопротивление. Одной из самых простых электрических цепей является *последовательное соединение проводников*.

- При последовательном соединении конец первого проводника соединяется с началом второго, затем конец второго проводника с началом третьего и так далее.

Вы исследовали одну такую цепь. Сопротивление источника тока, амперметра и соединительных проводов в данной цепи не принимаются во внимание, так как они во много раз меньше сопротивления ламп. Значит, в исследовании два потребителя (лампы) с сопротивлениями R_1 и R_2 соединены в цепи последовательно. В последовательном соединении выполняются три закономерности.

I закономерность: *при последовательном соединении сила тока на любом участке цепи одинакова:*

$$I_1 = I_2 = I. \quad (1)$$

Эта закономерность показывает, что при последовательном прохождении электрического тока через цепь электрический заряд в проводниках не накапливается: какое количество заряда проходит в единицу времени через первый проводник, такое же количество заряда в единицу времени проходит и через другие проводники.

II закономерность: *полное напряжение в цепи при последовательном соединении равно сумме напряжений на каждом участке цепи в отдельности:*

$$U = U_1 + U_2. \quad (2)$$

Здесь U — полное напряжение в цепи при последовательном соединении, U_1 и U_2 — напряжения на концах каждого участка цепи в отдельности. Эта закономерность вытекает из закона сохранения энергии. Как вы знаете, физический смысл напряжения характеризуется работой, совершенной электрическим полем во время перемещения электрического заряда 1 Кл в этом поле. Эта работа выполняется за счет энергии движущихся электрических зарядов. Поэтому энергия, затраченная на всю электрическую цепь, равна сумме энергий, затраченных на каждый участок цепи в отдельности.

III закономерность: *общее сопротивление цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений каждого участка цепи в отдельности.*

$$R_{об} = R_1 + R_2. \quad (3)$$

Общее сопротивление $R_{об}$ последовательно соединенных n проводников с одинаковым сопротивлением R в n раз больше сопротивлений каждого из них:

$$R_{об} = nR. \quad (4)$$

Эта закономерность выводится из прямо пропорциональной зависимости сопротивления проводника от его длины. Так, при увеличении общей длины последовательно соединенных проводников увеличивается их общее сопротивление.

Последовательное соединение проводников широко применяется в быту и технике. Например, электрический звонок соединяется с кнопкой последовательно, поэтому только при нажатии кнопки электрическая цепь замыкается, и он звонит. Электрические выключатели также соединяются с потребителями (лампа, электрическая мясорубка, телевизор и другие) последовательно, то есть при возникновении необходимости их можно подключить или отключить от цепи.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

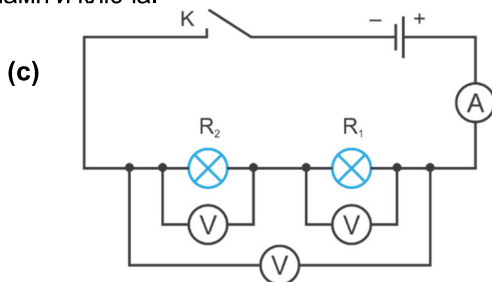
ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Напряжение в последовательном соединении проводников

Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампа (2 шт.), вольтметр (3 шт.), ключ и соединительные провода.

Ход работы:

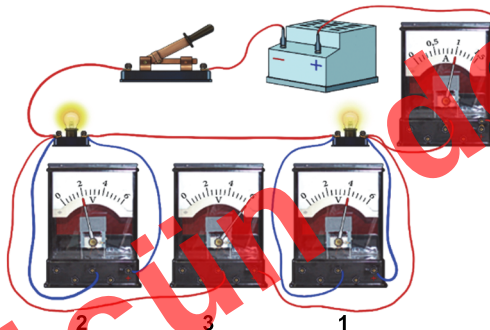
1. Нарисуйте на рабочем листке изображенную на данном рисунке (с) схему электрической цепи, состоящую из источника тока, трех вольтметров, одного амперметра, двух ламп и ключа.



2. Соберите по схеме электрическую цепь. Замкнув ключ, проследите за свечением ламп, отметьте показания амперметра и вольтметров (d).
3. Запишите значения силы тока и напряжения в нижеприведенную таблицу. Вычислите сопротивления ламп и общее сопротивление цепи.

Сила тока	Напряжение на клеммах ламп		Сопротивление ламп		Общее напряжение	Общее сопротивление
I	U_1	U_2	R_1	R_2	U	R

(d)



Обсудите результаты:

- Как соединены в электрической цепи проводники друг с другом?
- На каких концах участков данного соединения цепи измеряется напряжение вольтметрами 1, 2 и 3, соответственно?
- К какому выводу можно прийти при сравнении общего напряжения в цепи со значениями напряжения на каждой лампе в отдельности?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

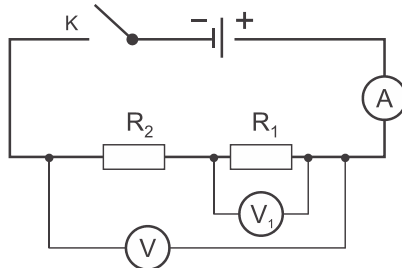
При ___ на любых участках цепи одинаковая. Полное ___ в цепи при последовательном соединении равно сумме напряжений на каждом участке цепи в отдельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока
Напряжение
Последовательное соединение

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Сколько одинаковых ламп с напряжением по 8 В необходимо последовательно соединить для подключения гирлянды из ламп в сеть с напряжением 220 В?
2. 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?
3. Почему при последовательном соединении общее напряжение цепи равно сумме напряжений на отдельных участках этой цепи?
4. 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

При исследовании последовательного соединения в электрических цепях мы использовали амперметр и вольтметр.

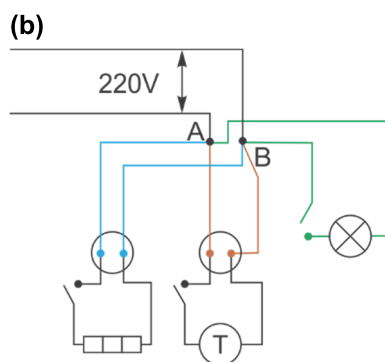
- Как подсоединили вольтметр в цепь?
- Что такое параллельное соединение?
- Какое соединение на практике используется чаще? Почему?

ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Почему работают другие устройства?

В квартире часто возникает необходимость подключать электрические устройства (например, нагреватель, пылесос, люстру и другие) к одной и той же сети, включать и выключать в отдельности (а). Но при выключении одного устрой-

ства другие не выключаются и продолжают свою работу. На рисунке представлена схема соединения этих устройств в электрическую цепь в квартире (b). Внимательно изучите представленную схему.

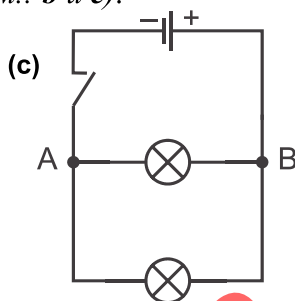


Обсудите результаты:

- Что является характерной чертой в соединении электрических устройств?
- Почему отключение (выключение) одного из устройств в цепи не оказывает никакого воздействия на другие?

На практике, в быту *параллельное соединение* электрических потребителей встречается чаще последовательного соединения.

• **Параллельным соединением** называется такое соединение, когда проводники одним концом подсоединены к одной и той же точке цепи (например, к точке A), а другим концом подсоединены к другой точке (например, к точке B) (см.: b и c).



При параллельном соединении выполняются три закономерности:

I закономерность: *напряжение на концах всех параллельно соединенных проводников одинаково:*

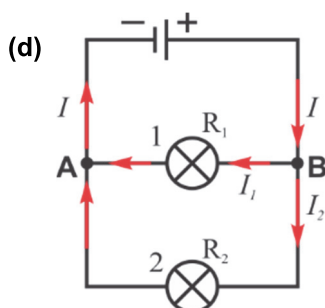
$$U_1 = U_2 = U. \quad (1)$$

При подключении вольтметра к одним и тем же точкам цепи A и B, к которым подсоединены все проводники (потребители), он измеряет напряжение на участке цепи AB, то есть напряжение на концах каждого потребителя, подключенного к этому участку.

II закономерность: сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов отдельных проводников, соединенных параллельно:

$$I = I_1 + I_2. \quad (2)$$

Из схемы электрической цепи видно, что в точке В цепь разветвляется (расходится). Часть тока проходит через лампу 1, а другая часть тока проходит через лампу 2, потом они вновь сходятся в точке А (d).



III закономерность: обратная величина общего сопротивления параллельно соединенных проводников равна сумме величин обратных сопротивлений отдельных проводников:

$$\frac{1}{R_{\text{об}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots \quad (3)$$

Сопротивления ламп, обозначенных, соответственно, как R_1 и R_2 , и приняв во внимание выражения (1) и (2) в законе Ома, имеем (см.: d):

$$\frac{U}{R_{\text{об}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{об}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Здесь $R_{\text{об}}$ – общее сопротивление параллельно соединенных проводников.

Как видно из выражения (3), общее сопротивление участка цепи, состоящего из двух параллельно соединенных проводов, вычисляется по приведенной ниже формуле:

$$R_{\text{об}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Соответственно этому, общее сопротивление n параллельно соединенных проводников с одинаковым сопротивлением R в n раз меньше сопротивления каждого из них:

$$R_{\text{об}} = \frac{R}{n}.$$

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

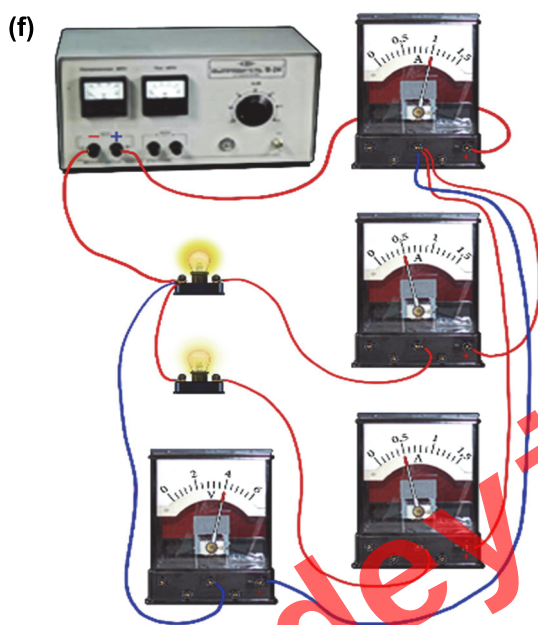
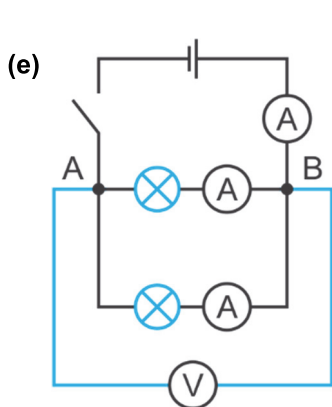
ИССЛЕДОВАНИЕ-1

• Исследуем цепь параллельного соединения

Оборудование: источник тока (выпрямитель), лампа (2 шт.), амперметр (3 шт.), вольтметр, ключ, соединительные провода.

Ход работы:

1. Нарисуйте на рабочем листке приведенную на рисунке схему электрической цепи (е).
2. Соберите по схеме электрическую цепь (ф). Замкните ключ, проследите за свечением ламп, отметьте показания амперметров и вольтметра.



3. Запишите значения силы тока и напряжения в приведенную таблицу. Вычислите сопротивление ламп и общее сопротивление цепи.

Сила тока, проходящая через цепь	I	
Сила тока, проходящая через лампы	I_1	
	I_2	
Напряжение в точках разветвления	U	
Сопротивление ламп	R_1	
	R_2	
Общее сопротивление	R	

Обсудите результаты:

- Укажите точки разветвления в собранной в соответствии со схемой цепи.
- Чем отличается закономерность параллельного соединения от закономерности последовательного соединения?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

При ___ ___ на концах проводников одинаково.

Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме ___ в отдельных параллельно соединенных проводниках.

Обратная величина общего сопротивления параллельно соединенных проводников равна сумме величин обратных ___ отдельных проводников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока

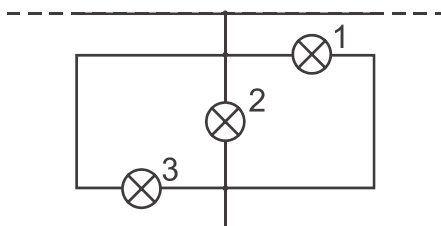
Напряжение

Параллельное соединение

Сопротивление

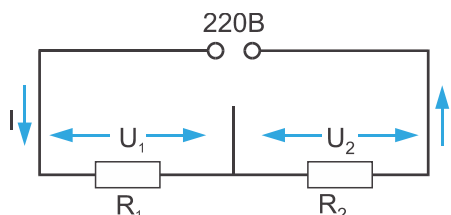
ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Какая величина при параллельном соединении остается постоянной?
2. При каком соединении проводников общее сопротивление цепи уменьшается: последовательном или параллельном? Почему?
3. Сколько проводников сопротивлением по 30 Ом каждый необходимо соединить параллельно, чтобы общее сопротивление составило 5 Ом?
4. Как соединены лампы 1, 2 и 3 на представленной схеме? Ответ обоснуйте.

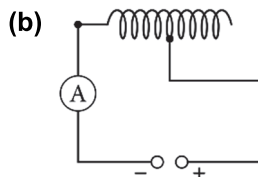
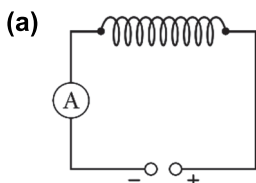


УПРАЖНЕНИЕ-10

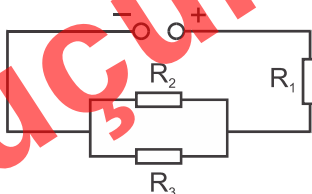
- Две лампы с сопротивлением по 110 Ом каждая последовательно соединены с сетью напряжением 220 В. Какова сила тока и напряжение на каждой лампе в отдельности? (А)



- Два резистора с сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 35 \text{ Ом}$ последовательно соединены с цепью постоянного тока напряжением 220 В. Определите общее сопротивление цепи, силу тока и напряжение U_1 и U_2 на концах резисторов.
- Сколько резисторов сопротивлению по 5 Ом каждый необходимо соединить последовательно, чтобы общее сопротивление цепи составило 30 Ом?
- Металлическая спираль сопротивлением 28 Ом соединена с электрической цепью, как указано на схеме (а и б). Определите показания амперметров, если в обоих случаях напряжение составляет 4 В.



- Проводник с каким сопротивлением необходимо соединить параллельно с проводником сопротивлением 30 Ом, чтобы общее сопротивление составило 20 Ом?
- На рисунке представлены три схемы подсоединения резистора в цепь. В вашем распоряжении имеется один амперметр и один вольтметр. Объясните, как подключить в цепь эти приборы для измерения силы тока и напряжения на концах каждого резистора.



6.11. Работа электрического тока. Закон Джоуля-Ленца

Вы уже знаете, что прохождение электрического тока через проводник проявляется разными действиями (тепловым, магнитным, химическим). В каждом из этих действий энергия электрического тока преобразуется в другой вид энергии (внутреннюю, механическую, химическую). Процесс же преобразования энергии – это результат совершения работы. Значит, проходящий через проводник электрический ток совершает работу.

- Что нужно измерить для определения совершенной электрическим током работы?

Известно, что совершенная электрическим полем работа зависит от величины электрического заряда q , проходящего через площадь поперечного сечения проводника, и напряжения U на концах этого проводника:

$$A = qU.$$

Так как величина электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника, равно произведению силы тока на время прохождения этого заряда:

$$q = It,$$

то совершенная электрическим током работа будет равна:

$$A = IUt. \quad (1)$$

- **Работа электрического тока на участке цепи равна произведению напряжения на концах этого участка на силу тока в нем и на время, в течение которого эта работа совершается.**

Так как работа в СИ измеряется в джоулях, то из последней формулы следует:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}.$$

Приняв во внимание выражения $U = IR$ или $I = \frac{U}{R}$ (на основании закона Ома) в формуле (1) совершенную электрическим током работу можно записать в виде:

$$A = I^2 R t, \quad (2)$$

$$A = \frac{U^2}{R} t \quad (3)$$

При последовательном соединении сила тока остается постоянной, поэтому в этом случае удобнее использовать формулу (2), а при параллельном соединении постоянно напряжение, тогда удобнее использовать формулу (3).

На основании закона сохранения энергии работа, совершаемая электрическим током в неподвижном металлическом проводнике, затрачивается только на увеличение его внутренней энергии, то есть на нагревание проводника. В результате в проводнике выделяется количество теплоты Q :

$$A = Q.$$

Отсюда получаем:

$$Q = IUt.$$

В ходе исследования определены две закономерности:

I. При прохождении электрического тока через последовательное соединение проводников количество выделяемой теплоты прямо пропорционально общему сопротивлению этих проводников (при неизменной силе тока):

$$Q = I^2 Rt.$$

Так как соотношение между этими величинами впервые получили опытным путем английский ученый Д.Джоуль и русский ученый Е.Ленц, то оно было названо *законом Джоуля-Ленца*:

• **Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока на сопротивление проводника и времени его протекания.**

II. При прохождении тока через параллельно соединенные проводники выделяемое количество теплоты обратно пропорционально общему сопротивлению проводников (при неизменном напряжении):

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$



Джеймс Джоуль
(1818–1889)

Английский ученый

Изучал тепловые эффекты электрического тока. В его честь за единицу энергии в СИ принят джоуль.



Ленц Эмилий Христианович
(1804–1865)

Русский физик

Исследовал электромагнитное поле, определил направление возникшего под действием магнитного поля тока, изучил тепловое действие электрического тока.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ

• Решите задачу

Задача

Резисторы с сопротивлением $R_1 = 40 \text{ Ом}$ и $R_2 = 60 \text{ Ом}$ подсоединены к цепи параллельно. Сила тока в цепи 2 А. Определите совершенную током работу в каждом резисторе за 1 минуту.

Ход решения:

- Какая “пошаговая” последовательность удобна для решения задачи?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

___ на участке цепи равна произведению ___ на концах этого участка на силу тока в нем и на время, в течение которого эта работа совершается. При прохождении электрического тока через ___ проводников, ___, выделяемое в них, прямо пропорционально общему сопротивлению этих проводников. При ___ проводников выделяемое количество теплоты обратно пропорционально общему сопротивлению проводников. Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, ___ проводника и времени его протекания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Последовательное соединение
Напряжение
Работа тока
Параллельное соединение
Сопротивление
Количество теплоты

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. Напишите три формулы совершаемой электрическим током работы и объясните в каком случае их использование более удобно.
2. В проводнике с силой тока 2 А ток за 5 с совершает работу 100 Дж. Чему равно напряжение на концах проволоки?
3. К источнику тока (выпрямителю) параллельно подключаются две лампы. При замыкании ключа одна из ламп светится ярко, а другая тускло. В какой из ламп совершаемая током работа больше? Почему?



6.12. Мощность электрического тока

На многих электрических устройствах или в инструкциях для потребителей электрической энергии, наряду с прочей информацией, отмечается еще одна важная характеристика: *электрическая мощность*. Например, на электрических лампах пишется 15 Вт, 40 Вт, 60 Вт и т.д., на информационной пластинке телевизора – 40 Вт, на электрических утюгах – 1200 Вт, на электрических чайниках – 1000 Вт или 1400 Вт.

- Какую лампу необходимо повесить в комнате, что бы она светила ярко? В каком из электрических чайников вода закипит быстрее?
- От какой физической величины зависит мощность электрического чайника?

Мощность электрического тока – это физическая величина, показывающая скорость передачи электрической энергии или скорость преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

• Мощность электрического тока равна отношению совершенной работы ко времени, затраченному на совершение этой работы:

$$P = \frac{A}{t}, \quad (1)$$

где P – мощность тока.

С учетом формулы $A = I \cdot U \cdot t$ в выражении (1) получим:

$$P = \frac{IUt}{t} = IU.$$

• 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 видно из формулы мощности, $1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot \text{В}$.

Мощность, наряду с формулой (1), можно вычислить также формулами (2) и (3):

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (2)$$

$$P = I^2 R. \quad (3)$$

В произвольном соединении мощность тока во внешней цепи (цепь за пределами источника тока) равна сумме мощностей отдельных его участков.

Зная потребляемую электрическую мощность, можно вычислить совершенную электрическим током работу за данный промежуток времени:

$$A = Pt. \quad (4)$$

Эта работа равна электрической энергии W , полученной потребителем от источника тока. Например, электрический нагреватель мощностью $P=1800$ Вт в течение месяца (30 дней) непрерывной работы получает от источника тока энергию, равную:

$$W = Pt = 1800 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 24 \cdot 30 = 46,656 \cdot 10^8 \text{ Дж} = 4665600 \text{ кДж}.$$

Часто при вычислениях электрической энергии ее значение выражают не в джоулях, а в киловатт-часах:

• **Киловатт-час равен совершенной электрическим током работе мощностью 1 кВт за 1 час:**

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{час} = 1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3600 \text{ кДж}.$$

Таким образом, электрический нагреватель за один месяц работы потребляет электрическую энергию, равную:

$$W = \frac{4665600 \cdot 1 \text{ кВт} \cdot \text{час}}{3600} = 1296 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

Если учесть, что сегодня стоимость электрической энергии в нашей республике составляет 6 гяпик (0,06 маната) за 1 кВт·час, то за месяц за энергию, потребляемую электрическим нагревателем мощностью 1800 кВт, необходимо заплатить:

$$0,06 \text{ ман} \cdot 1296 = 77 \text{ ман. 76 гяп.}$$

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ-2

• Решите задачу

Задача

Используемую для освещения приусадебного участка лампу мощностью 150 Вт забыли выключить и в течение месяца она оставалась в непрерывно включенном состоянии. Какую оплату необходимо произвести в конце месяца за использованную этой лампой электрическую энергию?

ЧТО ВЫ УЗНАЛИ?

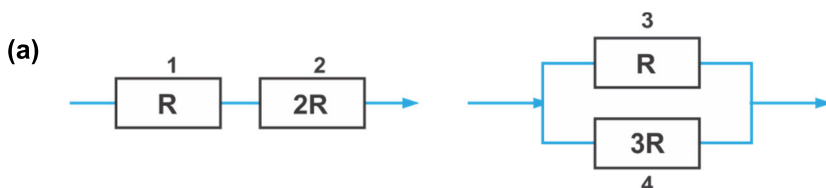
___ электрического тока равна отношению ___ ко времени, затраченному на совершение этой работы.
Мощность электрического тока равна произведению ___ на напряжение. ___ равен совершенной работе электрического тока мощностью 1 кВт за 1 час.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сила тока
Киловатт-час
Мощность тока
Совершенная работа

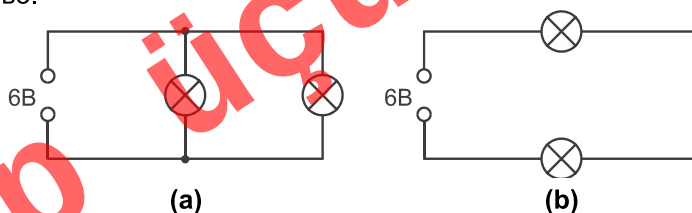
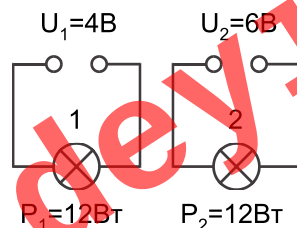
ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

1. При включении в комнате электрических потребителей (например, электродвигатель, дрель, нагреватель и другие), использующих большую энергию, накал подключенных к сети ламп ослабевает. Почему?
2. Что такое *киловатт-час*? Сравните его с единицей электрической энергии в СИ.
3. Почему спирали электрического нагревателя и лампы накаливания сильно нагреваются, а провода, соединяющие их с источником тока, остаются холодными?
4. На рисунке представлены схемы последовательного и параллельного соединения резисторов. Определите мощность тока, проходящего через эти участки цепи. Напряжение на концах обоих участков цепи одинаково.



УПРАЖНЕНИЕ-11

1. Лампа грузового автомобиля рассчитана на силу тока 3,5 А и напряжение 12 В. Какое количество энергии используется лампой за 5 минут?
2. В каком случае мощность электрического тока больше: при силе тока 1,6 А и напряжении 12 В, или при силе тока 550 А и напряжении 0,6 кВ?
3. Электрический нагреватель состоит из нихромовой спирали длиной 10 м и площадью поперечного сечения 0,25 мм². Чему равна мощность тока, проходящего через спираль при подключении нагревателя к источнику тока напряжением 220 В?
4. На рисунке представлены схемы двух электрических цепей. На основании приведенных данных определите, в какой цепи сила тока и сопротивление больше.
5. На рисунках представлены цепи, в одной из которых две одинаковые лампы подключены последовательно, в другой лампы подключены параллельно. В каком случае сила тока больше? Напряжение на концах обеих цепей одинаково.



6.13. Применение и влияние электрического тока на живые организмы

Отрицательное воздействие электрического тока на живые организмы

Организм человека, являясь проводником, проводит электрический ток. Отдельные части человеческого организма проводят электрический ток по-разному. Кости, кожа и соединительные ткани плохо проводят электрический ток. Их удельное сопротивление велико, порядка $10^7 - 10^2$ Ом·м. Такие же части организма, как спинно-мозговая жидкость, сыворотка крови, кровь и нервно-мышечные ткани, хорошо проводят ток. Удельное сопротивление этих частей меняется в пределах 0,6 – 0,7 Ом·м.

Электрический ток в организме человека создают ионы. Это ионы таких химических элементов, как кальций, фосфор, калий, натрий и другие. Прохождение электрического тока через организм человека сопровождается рядом физиологических явлений. При прохождении электрического тока через организм человека наблюдается раздражение, сокращение мышц, нарушение дыхания и возможна даже смерть. Результат повреждения организма человека зависит от силы тока, характера тока (постоянный или переменный ток), времени и пути прохождения тока через организм. Наиболее опасно прохождение тока через сердце и мозг.

В таблице 6.3 показана зависимость воздействия тока в направлении рука-рука и рука-нога от силы тока для пожилого человека.

Таблица 6.3.

Сила тока (мА)	Воздействие тока	
	Постоянный ток	Переменный ток ($\nu=50$ Гц)
2 – 3	Не ощущается	Сильное дрожание пальцев рук
5 – 10	Ощущается нагревание	Ощущаются боли. Руки сводят судороги.
12 – 15	Нагревание усиливается	Сильная боль в пальцах и костях руки. Можно выдержать 5-10 с.
20 – 25	Дальнейшее усиление нагревания. Слегка сокращаются мышцы рук.	Руки парализованы, их невозможно оторвать от проводов. Затрудняется дыхание. Можно выдержать 5 с.
50 – 80	Происходит сокращение мышц рук. Затрудняется дыхание.	Паралич дыхания. Нарушение деятельности сердца.
90 – 110	Паралич дыхания	Паралич дыхания. При действии в течение 3 с и более происходит паралич сердца. Смерть.

Из таблицы видно, что при значении силы тока 100 мА возможна смерть. Сопротивление организма не постоянно. Сопротивление зависит от состояния человека, его кожи, наличия или отсутствия пота на коже. Сопротивление сухой и грубой кожи очень велико, а сопротивление же тонкой и нежной кожи слабое. Сопротивление сухой кожи от пальцев одной руки до пальцев другой руки составляет приблизительно 10^5 Ом. Если же руки потные, то сопротивление приблизительно 1500 Ом. Вычислим в соответствии с этими сопротивлениями напряжения, которые могут вызвать смерть:

$$U_{\text{сухой}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 10^5 \text{ Ом} = 10000 \text{ В};$$

$$U_{\text{мокрой}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot 1500 \text{ Ом} = 150 \text{ В}.$$

Положительное воздействие электрического тока на живые организмы

Наряду с отрицательным воздействием электрического тока на организм человека возможно и его положительное воздействие. В медицине электрический ток применяется в лечебных целях. Например, приложив к телу пациента электроды, через них пропускают слабый постоянный ток. Это оказывает болеутоляющий эффект, улучшает кровообращение. Раздражая электрическим током мозг, лечат от ряда нервных заболеваний.



Первая помощь пострадавшим от электрического тока

При работе с электрическими цепями необходимо соблюдать большую осторожность и выполнять определенные правила безопасности. Эти правила имеются в каждом кабинете физики.

ИССЛЕДОВАНИЕ

На приведенных ниже рисунках показано, как надо спасать человека, которого “ударил” электрический ток, и оказать ему первую помощь. Исследуйте и прокомментируйте их.



ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

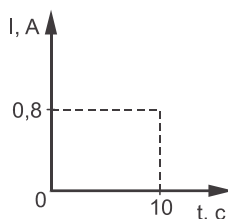
1. Какие части организма хорошо проводят электрический ток?
2. К каким последствиям может привести прохождение электрического тока через организм человека?
3. От каких факторов зависят результаты повреждений, нанесенных электрическим током?
4. При каком значении силы тока может наступить смерть?
5. От чего зависит сопротивление организма человека?
6. Какой из электрических токов, постоянный или переменный, оказывает на организм человека большее воздействие?
7. Прокомментируйте изображенное.



ОБОБЩАЮЩИЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислите количество заряда, проходящего через поперечное сечение проводника за 10 с, на основании графика зависимости силы тока от времени.

- A) 4 Кл
- B) 8 Кл
- C) 1,25 Кл
- D) 0,125 Кл
- E) 16 Кл

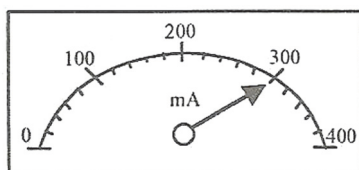


2. Где условное обозначение электрической лампы?

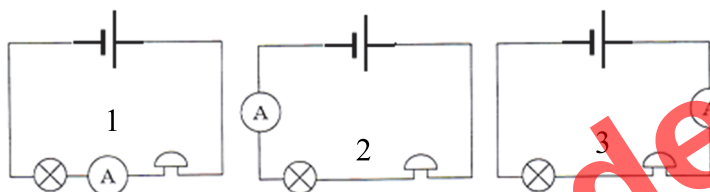
- A) B) C) D) E)

3. Каковы показание и цена одного деления миллиамперметра, представленного на рисунке?

- A) 300 А; 20 А
- B) 0,3 А; 0,2 А
- C) 30 А; 1 А
- D) 300 А; 10 А
- E) 0,3 А; 0,02 А



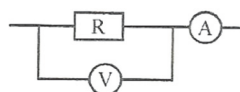
4. На рисунке представлены разные подключения амперметра к электрической цепи из одинаковых элементов. Какое соотношение между показаниями амперметров верно?



- 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) $I_1 = I_3 < I_2$

5. Вычислите показание вольтметра, если $R = 40 \text{ Ом}$ и $I = 4 \text{ А}$.

- A) 160 В
- B) 10 В
- C) 20 В
- D) 5 В
- E) 150 В



6. При помощи каких приборов можно определить сопротивление проводника?

- | | |
|--------------|--------|
| 1. Термометр | A) 2,5 |
| 2. Вольтметр | B) 1,3 |
| 3. Линейка | C) 2,6 |
| 4. Часы | D) 1,4 |
| 5. Манометр | E) 3,6 |
| 6. Амперметр | |

7. Два проводника с сопротивлениями 3 Ом и 6 Ом параллельно подключены в цепь. Чему равно общее сопротивление цепи?

- A) 4 Ом
- B) 2 Ом
- C) 2,5 Ом
- D) 3 Ом
- C) 5 Ом

8. Электрический ток в проводнике с напряжением на концах 3 В за 3 с совершает работу 18 Дж. Чему равна сила тока в проводнике?

- A) 2 А
- B) 1А
- C) 3А
- D) 5А
- E) 2,5А

9. Через проводник сопротивлением 20 Ом проходит сила тока 5 А. Какое количество теплоты выделяется в проводнике за 10 мин.?

- A) 250 кДж
- B) 300 кДж
- C) 3000 Дж
- 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**

Tərcüməçi	O.Həsənov
İxtisas redaktoru	A.İbrahimov
Dil redaktoru	M.Əfəndiyev
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 – 2017

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. Tiraj 2424. Pulsuz. Bakı – 2017

“Bakı” nəşriyyatı
Bakı, AZ 1001, H.Seyidbəyli küç. 30