



# ЭНЕРГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Дебби и Ричард Лоренс

# БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ

## ЭНЕРГИЯ



*Книги серии БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ предназначены для изучения в воскресных школах и дома. Эти книги, рассчитанные на учащихся 1–8 классов, состоят из учебных текстов и простых заданий, цель которых — помочь детям увидеть деяния Божьи во всём, что их окружает.*

*Авторы и издатели приложили все усилия для того, чтобы обеспечить безопасность при проведении всех описанных в книге экспериментов (если они проводятся в соответствии с инструкцией). Авторы и издатели не несут ответственности за ущерб, который быть нанесён при выполнении заданий. Проверять, чтобы задания выполнялись правильно и безопасно — ответственность родителей, наставников и учителей.*

**Христианский научно-апологетический центр**

**БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ**

**ЭНЕРГИЯ**

***УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ***

**Дебби и Ричард Лоренс**

Симферополь

«ДИАЙПИ»

2013

Перекладено за виданням:  
**«God's Design for THE PHYSICAL WORLD. HEAT AND ENERGY»**

**by Debbie and Richard Lawrence, Third edition.**

**Published by Answers in Genesis,**

**© 2008 by Debbie and Richard Lawrence.**

**ISBN: 1-60092-156-6**

Copyright © Richard and Debbie Lawrence,

[www.answersingenesis.org](http://www.answersingenesis.org)

Редактор русского перевода: *Марина Новицкая*

Перевод с английского: *Евгений и Екатерина Устинович*

Дизайн: *Андрей Горяинов*

У цьому посібнику розглянуто різні види і джерела енергії: від сонячного світла до атомних електростанцій. Експерименти з магнітами, дзеркалами, лампочками і лінзами демонструють властивості електрики, магнетизму, світла і звуку. Енергія — великий Божий дар. Досліджуючи її види і принципи дії, ми багато чого зрозуміємо в навколишньому світі, який створений Творцем.

Особливість серії підручників «Божий задум» в тому, що кожна книга адресована школярам різного віку. По суті, це — відновлення традицій змішаної системи навчання, коли старші можуть допомагати молодшим, закріплюючи при цьому пройдене. Таким чином, одного комплекту достатньо на всіх дітей у сім'ї. Займаючись за цими підручниками вдома або в недільній школі, ваші діти не тільки сформулюють твердий біблійний світогляд і стануть краще вчитися в загальноосвітній школі, а й зможуть на прикладах зі шкільної програми свідчити про велич Божого задуму як одноліткам, так і вчителям.

ISBN 978-966-491-470-0

В этом пособии рассмотрены различные виды и источники энергии: от солнечного света до атомных электростанций. Эксперименты с магнитами, зеркалами, лампочками и линзами демонстрируют свойства электричества, магнетизма, света и звука. Энергия — великий Божий дар. Исследуя её виды и принципы

действия, мы многое поймём в окружающем нас мире, который создан Творцом.

Особенность серии учебников «Божий замысел» в том, что каждая книга адресована школьникам всех возрастов. По сути, это — восстановление традиций смешанной системы обучения, когда старшие могут помогать младшим, закрепляя при этом пройденное. Таким образом, одного комплекта достаточно на всех детей в семье. Занимаясь по этим учебникам дома или в воскресной школе, ваши дети не только сформируют твёрдое библейское мировоззрение и станут лучше учиться в общеобразовательной школе, но и смогут на примерах из школьной программы свидетельствовать о величии Божьего замысла как сверстникам, так и учителям.

**Цитаты из Библии приведены в переводе  
Международного Библейского Общества (МБО), если иное  
не указано в тексте.**

ISBN 978-966-491-394-9

© Христианский научно-апологетический центр (перевод, оформление), 2013

# ПРИГЛАШАЕМ ВАС УЗНАТЬ БОЖИЙ ЗАМЫСЕЛ

Учебные пособия из серии *Божий Замысел* помогут вам понять, какими Господь Бог задумал и сотворил Вселенную, нашу планету и её обитателей, включая нас с вами.

Эта книга познакомит вас с таким интересным явлением, как энергия — с её видами и способами использования в нашем мире. Она написана так, чтобы читать её и выполнять увлекательные задания могли ученики разных классов.

## ***Классы 1–2***

**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ:** в данном учебнике, как и в некоторых других пособиях данного курса, отсутствует раздел, предназначенный для младших школьников (1–2 классов). Если младшие дети заинтересуются этим пособием, они могут читать разделы, адресованные более старшим ребятам. Задача учителя или родителей — помочь им в понимании сложных мест материала, а также отобрать для них (в разделах с изображением лупы) те опыты и практические задания, которые им по силам.

## ***Классы 3–5***

Прочтите урок,  
обозначенный значком



# Куколка

*Классы 6–8*

«куколка». Выполните задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться».

Прочитайте весь текст урока, выполните помещённые после него задания, отмеченные значком с изображением лупы. Затем проверьте, как вы поняли тему, ответив на вопросы в разделах «Сможешь ответить?» и «Попробуй разобраться».

И наконец, приступайте к текстам и заданиям повышенной сложности — возле них изображён значок «бабочка». Чтобы



# Бабочка

справиться с ними, вам потребуются дополнительные знания, которые можно найти в книгах или в интернете. Вы также сможете поставить увлекательные опыты, познакомиться со многими интересными фактами.

Ученикам всех классов советуем прочесть рассказы под заголовком «Это интересно!» и выполнить заключительное задание-исследование (урок 35).

А теперь переверните страницу — и узнайте много нового и интересного о разных видах энергии и о том, как Создатель Вселенной обеспечивает энергией наш мир!

## **Иллюстрации заимствованы из следующих источников:**

1 Wikipedia.org Ernst Vikne 7 Morguefile.com Click 8 Андрей Горяинов (Евпатория) 8 Wikipedia.org Janez Novak, Ljubljana, Slovenija 9a Fotoxpress.com 9b Public Domain 9c Wikimedia.org 9d Wikipedia.org Li-sung 9e Wikipedia.org Eurico Zimbres FGEL-UERJ 10a Photl.com 10b Photl.com 10c Credit NASA 12a Fotopedia.com 12b Wikimedia.org 13 Wikipedia.org Jeshua.nace 14 Марина Новицкая (Симферополь) 16 Everystockphoto.com 17a Wikipedia.org Jon Sullivan 17b Freefoto.com Ian Britton 19 Wikipedia.org Bohringer Friedrich 20 Wikimedia.org 21 Wikipedia.org Stefan-Xp 22a ХНАЦ 22b Wikipedia.org Дьяков Владимир Леонидович 23 Wikipedia.org Ehamberg 24

Wikimedia.org David Holt 25 Photo courtesy of National Nuclear Security Administration — Nevada Site Office 26 Public Domain 28 XHAI 30 Public Domain 31 Wikipedia.org R. Neil Marshman 32 Wikipedia.org Takkk 33a Flickr.com Jayel Aheram 33b Wikipedia.org Geof 36 Imageshack.com 39 Foter.com 40 Public domain 41 Fotokanal.com 42a Wikipedia.org 42 Credit NASA 45 Public Domain 46a Wikipedia.org Andres Nieto Porrás from Palma de Mallorca, España 46b Wikipedia.org Markus Schweiss 47a XHAI 47b Wikipedia.org Jesus Gomez Fernandez 49a Wikipedia.org Cdmarcus 49b Wikipedia.org Katie Brady 50a Wikipedia.org Florian Gerlach (Nawaro) 50b Public Domain 51a Ирина Шухтуева (Севастополь) 51b Federal Emergency Management Agency 52a Credit NASA 52b Stockvault.net 53 Wikimedia.org 54 XHAI 55 Morguefile.com Kconnors 56a Wikipedia.org Childzy 56b U. S. Air Force 56c Flickr.com Jerrroen 57 Wikipedia.org Gretar Ivarsson 59 Photl.com 60 Photl.com 61 NOAA Photo Library 62a Wikipedia.org Chanchocan 62b Imageshack.com 64 Public Domain 65 Wikipedia.org Stehfun 66a Imageshack.com 66b XHAI 67 Public Domain 68 Public Domain 69 Андрей Горяинов (Евпатория) 70 Flickr.com Duzern 72 Public Domain 74a Wikipedia.org 74b XHAI 75 Public Domain 76a Fotopedia.com Jean-Pierre Roche 76b Wikipedia.org Evan-Amos 78 Public Domain 79 Wikipedia.org Yanachka 80 XHAI 81a Imageshack.com 81b Wikipedia.org Lead holder 81c Wikipedia.org Joselarrucea 82 Public Domain 83 XHAI 84 Fs.nashaucheba.ru 85 Public Domain 86 Public Domain 87a Wikipedia.org Solomon203 87b Samelectric.ru 88 XHAI 90 Public Domain 91 XHAI 93 Wikipedia.org Cqdx 92 Imageshack.com 94 Imageshack.com 95 Wikipedia.org Iainf 96a Wikipedia.org Julio 96b Wikipedia.org ShareAlike 2.5 97 XHAI 99a Wikipedia.org Bran 99b Wikipedia.org Kiddo 100a Morguefile.com Cohdra 100b XHAI 101 XHAI 102 US Air Force 104 Public Domain 105 Flickr.com Bob Fornal 106 Wikipedia.org Omegatron 107a Wikipedia.org Aney 107b Wikipedia.org Zureks 109a Flickr.com Oskay 109b Flickr.com Dayna Mason 110a Morguefile.com DuBoix 110b Wikipedia.org Typo 111 Credit NASA 112 Wikipedia.org Odder 114 Imageshack.com 115 Fotopedia.com Scott Hamlin 116 Wikipedia.org Phil! Gold from Pikesville, MD, USA 118 Wikipedia.org Kencfo618 119a Everystockphoto.com Isafmedia 119b Public Domain 120a, b Public Domain 120 Bisgaard, Wikipedia.org 121a XHAI 121b Morguefile.com

Mzacha 121c Inklein, Wikipedia.org 123 Public Domain 125a  
Wikimedia.org NRC Modern\_Steam\_Turbine\_Generator 125b  
Imageshack.com 126a Public Domain 126b ХНАЦ 127a Public Domain  
127b Wikipedia.org Le Grand Portage 128 Wikipedia.org Donovan Govan  
129 Wikipedia.org Zureks 131 Wikimedia.org 132 Photoxpress.com 133a  
Answers in Genesis & ХНАЦ 133b Public Domain 134 ХНАЦ 136  
Wikipedia.org Nic McPhee from Morris, MN, USA 142 Public Domain 137  
Андрей Горяинов (Евпатория) 142 Public Domain 138a ХНАЦ 138b  
Wikipedia.org Hans-Peter Scholz, Birkenfeld (Enzkreis), Germany 138c  
Wikipedia.org Adrian Pingstone 139a Wikipedia.org Charlotte Gilhooly  
139b, c Credit NASA 140 Public Domain 142 Public Domain 143 Андрей  
Горяинов (Евпатория) 144a Wikipedia.org Steve Evans from Citizen of  
the World 144b Wikipedia.org Frmir 147 Public Domain 148a Андрей  
Горяинов (Евпатория) 148b Public Domain 149 Public Domain 150  
Stockvault.net 152a Wikipedia.org Senekin 152b Wikipedia.org Markv  
153 Public Domain 155 Imageshack.com 156 Imageshack.com 157a  
Андрей Горяинов (Евпатория) 157b Wikipedia.org Just plain Bill 158a  
Public Domain 158b Wikipedia.org Halley from Boston 159a  
Wikipedia.org Casper Meenink 159b Wikipedia.org Arent 159c  
Wikipedia.org FlamM 160a Андрей Горяинов (Евпатория) 160b  
Wikipedia.org Fender 160c Wikipedia.org Feitscherg 160d Lydia Kavina  
161a Wikimedia.org 161b Wikipedia.org Aichas 161c Wikipedia.org  
Thomas Bloch 162 Wikipedia.org Glogger 163 Wikipedia.org Andrew  
Dunn 164 Public Domain 166 Public Domain 167 Imageshack.com 168a  
Wikimedia.org 168b Public Domain 170a Imageshack.com 170b  
Wikipedia.org Christian Taube 171 Wikipedia.org Grapetonix 172  
Imageshack.com 173a Wikipedia.org Achim 173b Wikipedia.org Omasz  
174 Wikipedia.org Carn 174 Public Domain 175 Morguefile.com Ricreis  
176a Wikimedia.org 176b Wikipedia.org Jessie Eastland aka Robert  
DeMeo 178 ХНАЦ 179 Wikipedia.org Stefan.lila 180a Morguefile.com  
Supafine 180b ХНАЦ 181a Андрей Горяинов (Евпатория) 181b  
Wikimedia.org Smooth O. 183 Марина Новицкая (Симферополь) 184  
Андрей Горяинов (Евпатория) 185a, b ХНАЦ 185c Wikipedia.org  
AnyFile 185d Public Domain 186 Morguefile.com Wax115 187 ХНАЦ  
188a Wikipedia.org Mehran Moghtadai 188b Wikipedia.org  
Theresa\_knott 189a Андрей Горяинов (Евпатория) 189b  
Imageshack.com 189c Wikipedia.org Jerry Segraves 191 Imageshack.com

192 Wikipedia.org Delamaran 193a Wikimedia.org Niabot 193b  
Wikipedia.org Tamasflex 194 XHAI 195a Fotopedia.com Alan Richmond  
195b Wikipedia.org Mohylek 196a Wikimedia.org 196b XHAI 198  
Flickr.com oxMatheus 199a, b, c, d, e XHAI 200 Wikipedia.org Capture  
Queen 201 Photl.com 203 Imageshack.com

# ЧАСТЬ 1. ВИДЫ ЭНЕРГИИ

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Разные виды энергии
- Различия между механической, химической и ядерной энергией

## УРОК 1. ВИДЫ ЭНЕРГИИ. ЗАРАБОТАЛО!

### Словарь:

- энергия
- механическая энергия
- химическая энергия
- ядерная энергия
- тепловая энергия
- электрическая энергия (электричество)
- магнетизм
- звуковая энергия
- световая энергия

### Дополнительные слова:

- первый закон термодинамики

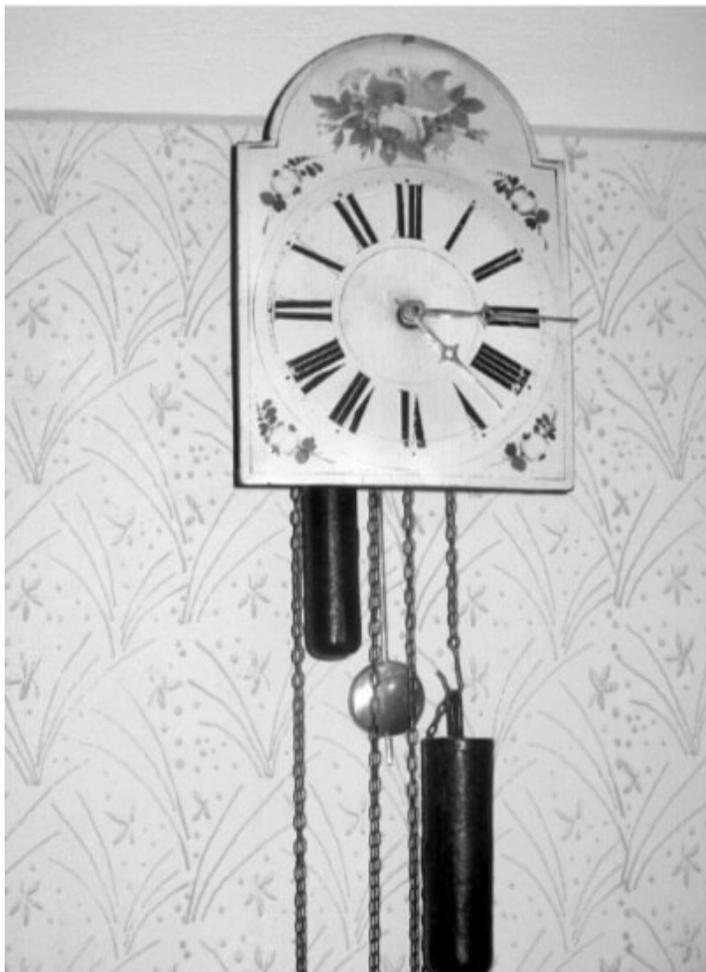
*Что такое энергия?*



Что тебе представляется, когда ты слышишь слово «энергия»? Возможно, твоя первая мысль была об электрической лампочке или отоплении дома. А может быть, ты задумался о спорте, физических упражнениях, которые требуют много энергии от человеческого тела? Или ты представил, сколько бензина нужно залить в машину, чтобы везти людей или груз? Действительно, всё это — примеры энергии. Но что такое энергия с научной точки зрения?

Научное определение такое: **энергия** — это способность производить работу. Но в этом случае слово «работа» означает не совсем то, что мы имеем в виду, когда говорим: «Папа пошёл на работу» или «Я сделал большую работу — убрал в своей комнате». Понятие «работы» в физике намного сложнее. Работа в понимании учёных-физиков — это какие-либо изменения, произошедшие в процессе превращения одного вида энергии в другой.

Разные виды энергии существуют в разных формах: свет и звук, тепло и движение. Каждый из видов энергии был создан Богом, чтобы обеспечить потребности сотворённого Им мира. А человеку была дана способность изучать и познавать этот мир. Поэтому в рамках полученных знаний мы можем управлять превращениями энергии.



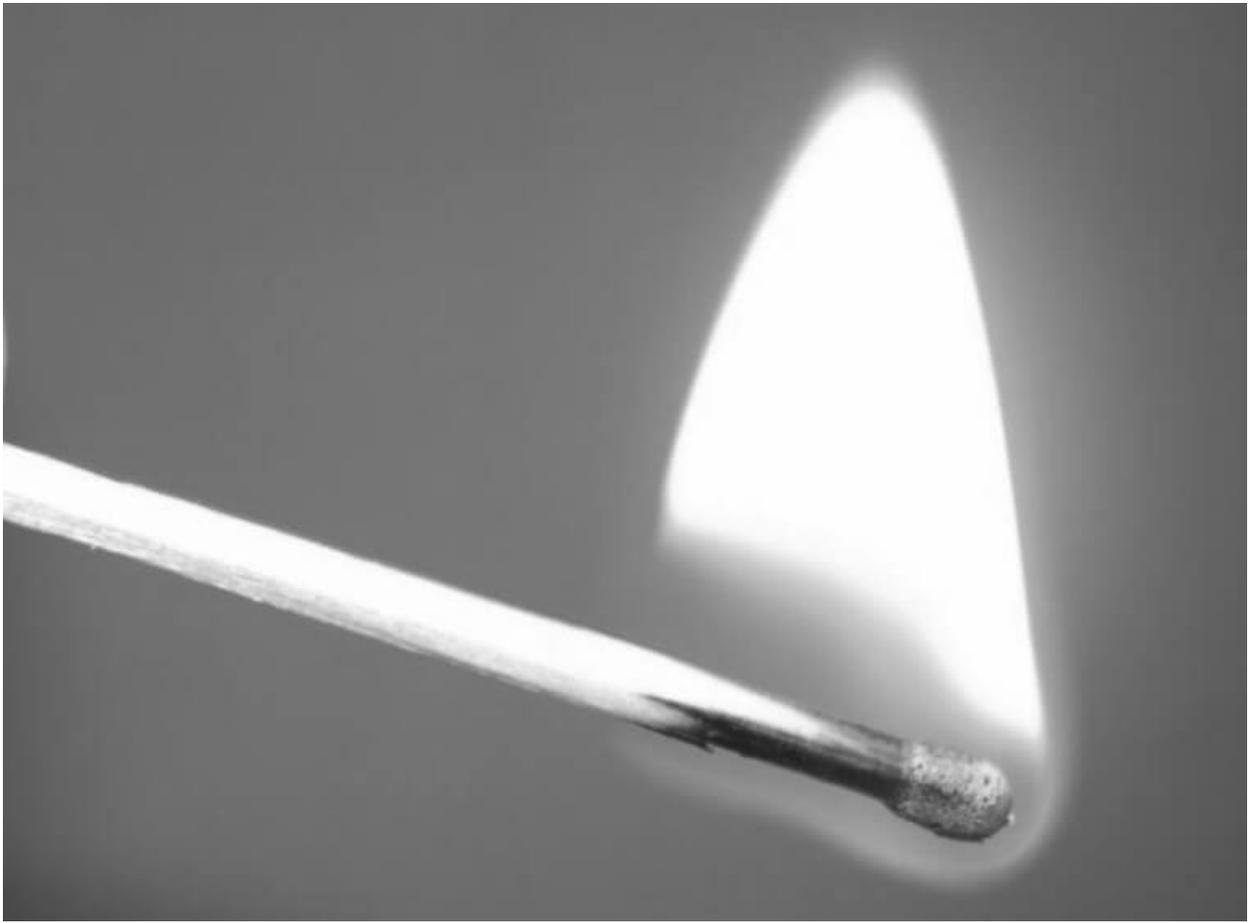
**Механическая энергия** — это энергия движения различных объектов, предметов, или, как говорят, «физических тел». Когда объект движется или имеет возможность движения, мы говорим, что он обладает механической энергией. В автомобиле, на котором мы едем, действует механическая энергия; подъёмный кран использует механическую энергию, чтобы поднять огромную железную балку. Механическая энергия в основном возникает в результате превращения в неё других видов энергии.



**Химическая энергия** накапливается или высвобождается в процессе химических реакций. Она находится в связях, существующих внутри молекул, и зависит от взаиморасположения атомов и электронов в них. *Фотосинтез* и *клеточное дыхание* — это две наиболее распространённые химические реакции, в процессе которых накапливается или высвобождается химическая энергия. *Горение* тоже является примером высвобождения химической энергии.



**Ядерная энергия** также накапливается внутри атомов вещества. Но по её названию ты, наверное, уже понял, что это энергия атомных ядер. Ядерная энергия высвобождается либо в процессе расщепления, то есть деления ядра на более мелкие частицы, либо в процессе синтеза, то есть слияния более мелких частиц, что приводит к образованию нового ядра. В ядрах атомов содержится колоссальное количество энергии.



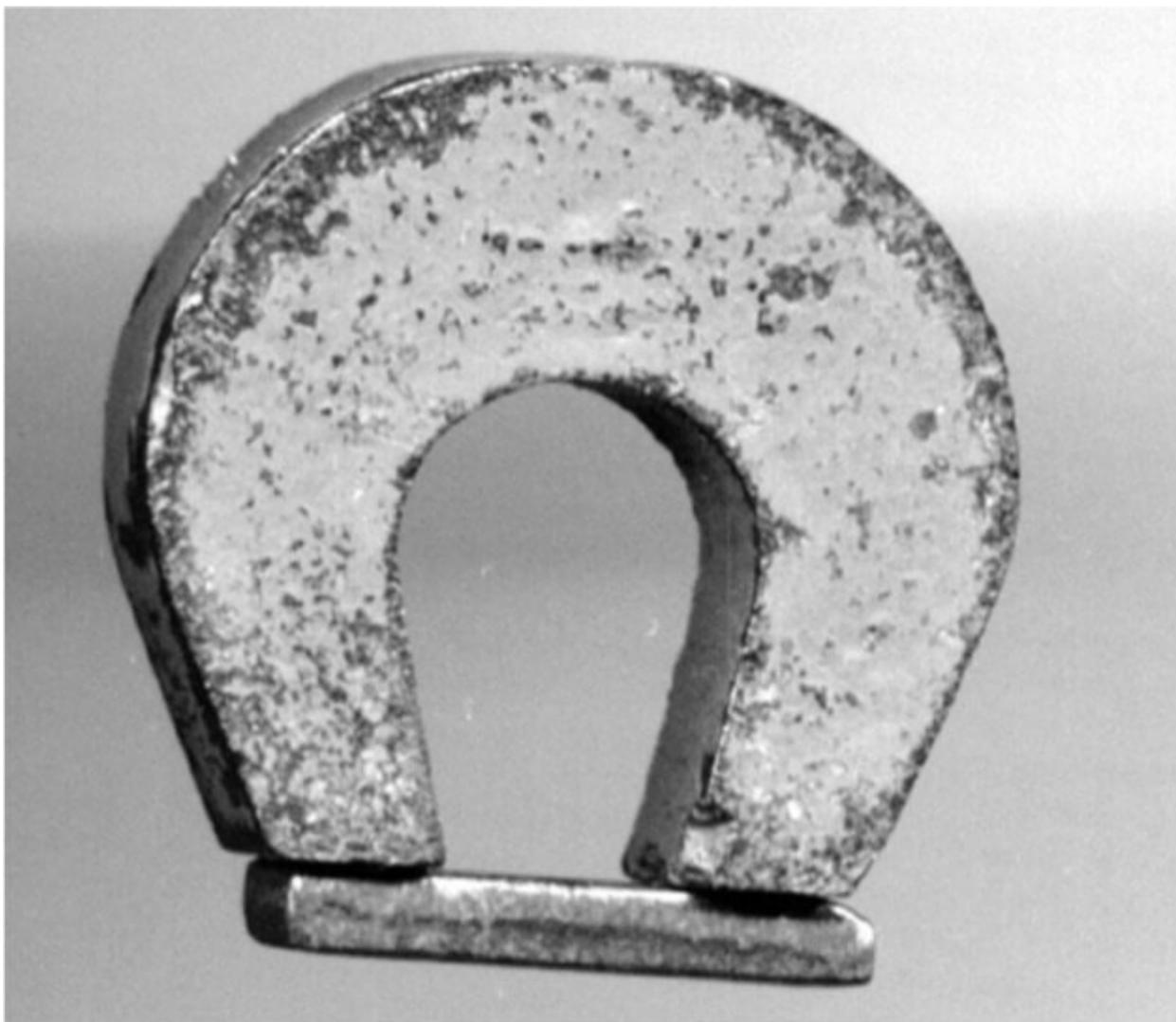
**Тепловая энергия** (тепло). Это энергия движущихся атомов и молекул. Чем больше тепловой энергии содержат атомы объекта, тем выше его температура. По мере того как температура поднимается, молекулы или атомы движутся быстрее. Когда молекулы замедляют движение, температура понижается.



**Электрическая энергия** — это взаимодействие и движение электрических зарядов. Электрический заряд легко перемещается в одних веществах (таких, например, как медь и алюминий), но не может двигаться в других (таких как дерево, пластмасса, резина). Именно эта разница в свойствах позволила поставить электрическую энергию на службу людям. Этот вид энергии чаще всего используется в наших домах; мы называем его просто **электричество**. Когда электричество по какой-то причине отключают, это сильно усложняет жизнь, потому что от него в современном обществе зависит очень многое.

С такой силой, как магнетизм, ты тоже наверняка знаком. Она тесно связана с электронами и электричеством. **Магнетизм** — это

сила, возникающая при движении электрического заряда. Даже у нашей планеты есть магнитная оболочка: скорее всего, потому что в жидкой части её ядра движутся электрически заряженные потоки.



Все вышеперечисленные виды энергии легко распознаются. Приводя в действие различные приборы у себя дома, мы часто видим, как используется электричество. Мы также знаем, что если заправить машину топливом, то его химическая энергия превращается в механическую. А вот энергию звука и света представить себе сложнее, потому что производимая ими работа не видна невооружённым глазом. Тем не менее, свет и звук однозначно являются видами энергии.



**Звуковая энергия** перемещается в форме волн сквозь различные вещества: воздух, воду, дерево, металлы. Звуковые волны образуются в результате вибраций. Скорость этих волн зависит от того, через какую среду они проходят, а громкость — от количества энергии, которое они переносят. В целом, большинство людей различают звуковые волны, колеблющиеся с частотой от 20 до 20 000 вибраций в секунду. Многие животные воспринимают звуковые волны более высоких частот.

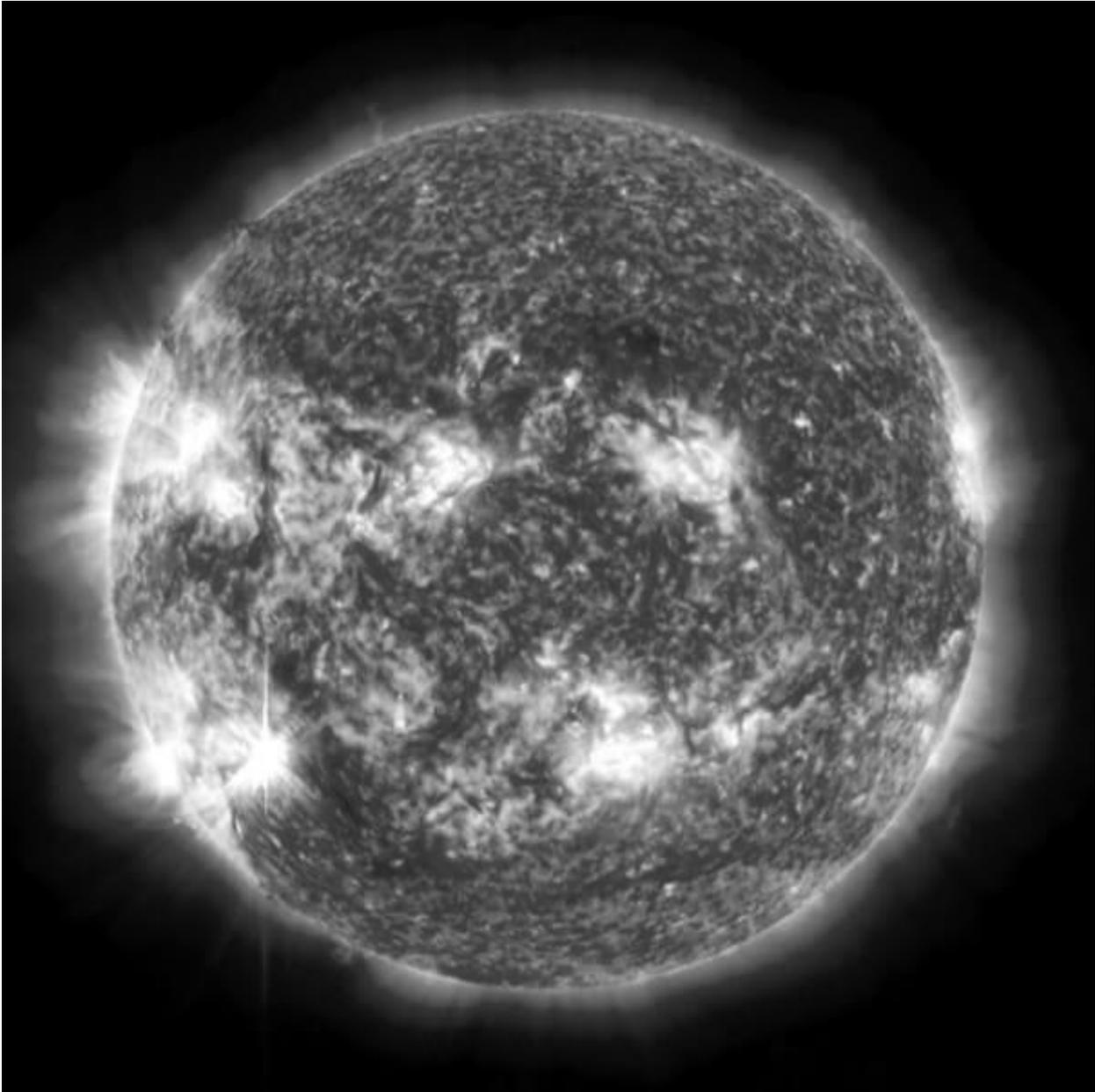


И, наконец, **световая энергия** — это энергия, которая также перемещается в виде волн, но для этого ей не нужна среда. Свет — это один из видов электромагнитного излучения, способного перемещаться в космосе. Есть и другие виды электромагнитного излучения: радиоволны, а также инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи. Световые волны перемещаются в космическом вакууме со скоростью до 300 миллионов метров в секунду.

Важнейший источник энергии на Земле — это Солнце. Каждую секунду оно преобразует приблизительно 657 миллионов тонн

водорода в 653 миллиона тонн гелия; при этом остальные 4 миллиона тонн материи превращаются в энергию — в том числе в тепловую, световую и электрическую. Часть этой энергии, проходя через космическое пространство, достигает Земли. Солнце согревает и освещает нашу планету, даёт энергию, необходимую для фотосинтеза и жизни.

Создатель обеспечил наш мир множеством важных источников энергии, которых более чем достаточно для наших потребностей.



# ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

Энергия легко преобразуется из одного вида в другой. Для разных целей нам необходимы различные виды энергии. Чтобы обогреть дома и готовить еду, нужна тепловая энергия. Стирать одежду и пылесосить ковры помогает механическая энергия. Когда становится темно, для освещения домов мы нуждаемся в световой энергии. Многие из этих потребностей удовлетворяются с помощью электричества, которое поступает в наши дома, а затем преобразуется в нужные нам виды энергии.

Исследуй преобразования энергии в своём доме. Возьми листок бумаги и раздели его на три столбца. В средний столбец впиши один под другим следующие объекты:

- батарейка
- миксер
- радиоприёмник
- камин
- лампочка
- телефон
- пианино
- двигатель автомобиля
- генератор
- плойка
- насос
- пылесос
- клавиатура компьютера
- человеческое тело

Слева от каждого названия впиши вид энергии, который использует этот объект. В третьем столбце запиши, в какой вид энергии преобразуется первоначальная энергия.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Дай научное определение энергии.**

- Назови некоторые виды энергии.
- Какие виды энергии можно преобразовать в другие?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Какие виды энергии связаны с процессами, происходящими в атомах или их частицах?
- Какие виды энергии способны перемещаться в космосе?
- Если бы звук солнечной вспышки был достаточно громким, смогли бы мы услышать его на Земле?
- В какую форму в конечном итоге переходят практически все виды энергии?
- Если большая часть энергии теряется, как работают все устройства на нашей планете?

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЦЕПОЧКИ



Согласно **первому закону термодинамики**, масса и энергия не появляются и не разрушаются, они лишь меняют форму. Этот принцип называется *научным законом*, потому что он всякий раз подтверждается в научных экспериментах. Энергия превращается из одного вида в другой, но она не может появиться ниоткуда.

Если это так, то откуда же изначально появилась вся энергия на Земле?

В большинстве процессов несложно проследить энергетическую цепочку — переход одного вида энергии в другой. Давай проследим, например, энергетическую цепочку в электрическом фонарике. Во время Сотворения мира Бог поместил определённые вещества в земную кору. Человек добывает эти вещества и делает из них составные части, из которых собирает батарейку. Батарейки

производят химическую энергию, которая превращается в электрическую. В фонарике электрическая энергия превращается в свет и тепло.

Земная кора  $\Rightarrow$  добыча сырья  $\Rightarrow$  производство батареек  $\Rightarrow$  химическая энергия  $\Rightarrow$  электрическая энергия  $\Rightarrow$  свет и тепло.

Это довольно простая энергетическая цепочка. Многие другие цепочки гораздо сложнее. Возьми лист бумаги и нарисуй энергетическую цепочку для электростанции, работающей на угле. Укажи в цепочке, откуда появилась энергия в угле, что с ней происходит в процессе добычи и переработки, и как она используется, когда выходит с электростанции.

Если ты успешно справишься с этим заданием, попробуй выполнить ещё одно: нарисуй энергетическую цепочку для езды на велосипеде.

## УРОК 2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ

### Словарь:

- кинетическая энергия
- потенциальная энергия

*Как потенциальная энергия переходит в кинетическую?*



В новостях по телевидению иногда показывают местности, на которые обрушился ураган. Что мы там видим? Сломанные и вырванные с корнем деревья, разрушенные дома... Такая стихия несёт в себе очень много механической энергии.

*Механическая энергия* — это способность совершать механическую работу: например, перемещение предметов. Она связана с движением объекта или его положением. Ураган образуется в результате природных процессов, которые позволяют ему накопить большое количество механической энергии, поэтому он причиняет много разрушений.

Но бóльшая часть механической энергии используется не для разрушения. Бог создал мир так, что механическая энергия может быть очень полезной для человека, и человек изобретает различные способы её применения.

Например, энергия падения воды используется на гидроэлектростанциях; там её преобразуют в электричество. Энергия ветра используется в ветряных мельницах (ветряках), которые и помогают молоть зерно, и качают воду в поилки для животных, и производят электричество. В последнее время огромные ветроэнергетические установки (мы видим их на фотографии в начале урока) строятся в районах, где часто дуют ветра, например, в Крыму, Карпатах и Луганской области. Ветер поворачивает лопасти, которые, в свою очередь, вращают турбины, производя электричество. Ветроэлектростанции — очень важный альтернативный источник электрической энергии.



Не вся механическая энергия порождается природными явлениями. Способностью двигаться Бог наделил человека

и животных. Многие предметы, обладающие механической энергией, созданы людьми. Человек сконструировал множество механизмов, производящих работу. Он использует механическую энергию везде — в инструментах, в бытовых приборах, в различных играх и многих других сферах жизни и деятельности.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Вот некоторые интересные факты, связанные с энергией воды.

- Энергия воды использовалась, по крайней мере, уже 2000 лет назад античными греками, которые с её помощью вращали колёса мельниц, чтобы молоть зерно.

- Гидротурбины стали очень популярны во время «промышленной революции».

Они приводили в действие пилы, свёрла и насосы.

- Первая гидроэлектростанция была построена в 1880-х годах.

- В 1940 году около 40% электрической энергии в США производили гидроэлектростанции (ГЭС), а сейчас на их долю приходится всего лишь 7%.

- Впрочем, в Канаде ГЭС и сейчас производят около 60% электрической энергии.

Механическая энергия существует в двух видах: она либо используется непосредственно в движении, либо сохраняется как возможность движения. В процессе использования она называется **кинетической энергией** (от греческого слова «кинема» — *движение*). Если же в данный момент энергия не используется (сохраняется), она называется **потенциальной энергией** (от латинского слова «потенция» — *сила*).



### **Когда ты скатываешься с горки, твоя потенциальная энергия переходит в кинетическую**

Таким образом, у предмета, который находится в покое и не движется, тоже есть механическая энергия — потенциальная.

Движущийся предмет обладает кинетической энергией. Камень, который падает вниз с обрыва, и мальчик, бегущий через двор, — оба используют имеющуюся у них механическую энергию. Но прежде, чем камень полетел вниз, у него уже была механическая энергия, поскольку на него воздействовала сила гравитации — притяжение Земли. Эта энергия сохранялась, не использовалась им. Но как только камень начал падать, его потенциальная энергия

стала переходить в кинетическую.

Сжатая или растянутая пружина также содержит потенциальную энергию. Как только перестаёт действовать удерживающая её сила, пружина возвращается в естественное состояние, высвобождая таким образом механическую энергию.

Обрати внимание: и кинетическая, и потенциальная энергии, о которых мы ведём речь, — это не самостоятельные виды, а разновидности проявления одного и того же вида энергии — механической.

Многие положения механики основаны на понятиях кинетической и потенциальной энергии. Подробнее о механической энергии и её использовании ты можешь прочесть в пособии «Движение» серии *Божий замысел*.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ РЯДОМ

**Цель:** наблюдать работу механической энергии.

**Необходимые материалы:** две монетки.

### Ход работы

1. Положи монетку на край стола. Есть ли в ней механическая энергия, ведь монета не движется?
2. Подтолкни монетку, чтобы она упала.
3. Теперь снова положи монетку на стол. Вторую монетку запусти так, чтобы она быстро скользила по столу и врезалась в первую.

### Вопросы

- Обладала ли монетка механической энергией, когда падала?
- Обладала ли монетка механической энергией до того, как упала?
- Откуда в монетке появилась потенциальная энергия?
- Что произошло, когда монетки столкнулись?
- Объясни, откуда появилась механическая энергия в каждом из трёх сделанных тобой шагов, и куда она делась.

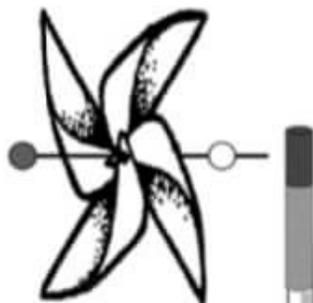
# ИСПОЛЬЗУЕМ ЭНЕРГИЮ ВЕТРА

**Цель:** сделать собственный ветряк.

**Необходимые материалы:** лист плотной бумаги, острая булавка, бусинка, карандаш с резинкой или трубочка для напитков.



1



2



3

4

## Ход работы

1. Вырежи из бумаги квадрат со стороной 14 см. Сделай на нём надрезы от углов к центру, не доходя до центра с каждой стороны на 1–2 см.
2. Загни, не переламывая бумагу, каждую из получившихся частей левым углом к центру. Закрепи их там капелькой клея. Вершины загнутых частей должны сойтись в центре, чуть-чуть

перекрывая друг друга.

3. Проколи вертушку в центре толстой иглой. Потом вставь в это отверстие булавку. С обратной стороны вертушки надень на булавку бусинку.
4. Воткни горизонтально булавку в резинку на карандаше (или в край трубочки для напитков), чтобы она слегка выступала перед вертушкой, не прижимая её плотно к карандашу.
5. Теперь подуй на бумагу и посмотри, как она крутится. По такому же принципу работают ветряные мельницы. Можешь прикрепить свой ветряк на балконе или на участке перед домом, где его будет вращать ветер.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое механическая энергия?**
- **Назови виды механической энергии.**
- **Вспомни некоторые силы природы, обладающие механической энергией.**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Какая книга имеет больше потенциальной энергии — лежащая на полу или лежащая на столе?**
- **Приведи по крайней мере три примера того, как механическая энергия используется в созданных человеком приспособлениях, облегчая нашу жизнь.**
- **Когда кабинка аттракциона «американские горки» обладает самой большой потенциальной энергией, а когда — самой маленькой?**
- **Приведи какой-нибудь другой пример преобразования потенциальной энергии в кинетическую.**

## **ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ**



**Цель:** понять, как высота связана с потенциальной энергией.

**Необходимые материалы:** стеклянный шарик, книги, картон или доска, мерная лента или линейка, листок бумаги и ручка.

### **Ход работы**

1. С помощью книг и куска картона (или доски) сделай на полу наклонную плоскость высотой 2,5 см и длиной 25 см или больше.
2. Скатай стеклянный шарик с верха наклонной плоскости и позволь ему катиться по полу до тех пор, пока он не остановится. Измерь расстояние, на которое откатился шарик. Запиши это расстояние и высоту наклонной плоскости.
3. Теперь подложи ещё одну-две книги, чтобы получилась наклонная плоскость высотой 5 см.
4. Снова скатай тот же самый шарик с верха наклонной плоскости, чтобы он катился по полу до остановки. Измерь расстояние, на которое откатился шарик в этот раз. Запиши результат.
5. Повтори эксперимент, подняв высоту наклонной плоскости до 7,5 см. Снова измерь расстояние, на которое откатился шарик.

### **Вопросы**

- С какой высоты шарик укатился дальше всего?
- Почему так произошло?
- Как изменилась скорость шарика, когда он катился с высоты 7,5 см, в отличие от скорости, когда он катился с высоты 2,5 см?
- Что стало причиной изменения его скорости?

### **Выводы**

Чем выше наклонная плоскость, тем дальше катится шарик —

потому что чем выше он находится, тем больше его потенциальная энергия.

## УРОК 3. ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ЧТО ТЫ ЕЛ НА ОБЕД?

### Словарь:

- химическая реакция
- фотосинтез
- клеточное дыхание
- ископаемые виды топлива

### Дополнительные слова:

- биологическая энергия

*Как энергия преобразуется в ходе химических реакций?*



Все материальные предметы в мире состоят из различных веществ. А наука химия изучает состав и свойства этих веществ.

Наименьшая частица вещества, обладающая всеми его химическими свойствами, называется *молекулой*. В свою очередь, молекулы состоят из атомов. *Атом* — это наименьшая частица простейшего химического вещества; такие вещества называются *химическими элементами*. Всего сейчас учёными открыто 118 химических элементов. Каждая молекула химического элемента состоит из одинаковых атомов. Молекулы всех других веществ состоят из различных сочетаний атомов химических элементов

и называются *химическими соединениями*. Число химических соединений не ограничено. Учёные постоянно открывают новые химические соединения в природе или создают их искусственным путём в лабораториях.

Атомы в молекулах веществ удерживаются вместе энергией, которая и называется химической. То есть *химическая энергия* — это энергия, заключённая в связях молекул.

Химическая энергия может быть превращена в тепло, в работу или в другой вид энергии только с помощью химической реакции.

**Химическая реакция** — это процесс превращения одного или нескольких веществ в другие, отличающиеся от них по химическому составу и свойствам.

Каким образом происходит химическая реакция? Атомы состоят из *ядра* и расположенных вокруг него *электронов*. В результате физического контакта или смешивания различных веществ, их нагрева, воздействия на них света или электрического тока и т. д. происходит перераспределение электронов между атомами, в результате чего атомы начинают притягиваться друг к другу. Именно так получают новые вещества. Тому, как это происходит, целиком посвящено одно из наших пособий. Оно называется «Атомы и молекулы».

Ядро атома в химических реакциях не участвует, оставаясь неизменным.



## **Зелёный лист — место, где происходит фотосинтез**

В ходе одних химических реакций энергия накапливается в молекулах, а в ходе других — высвобождается. Одна из важнейших химических реакций в природе — **фотосинтез**. Господь создал большинство растений таким образом, что в их листьях под действием солнечного света и хлорофилла соединяются молекулы углекислого газа и воды. В результате образуются молекулы сахара и кислорода. Таким образом, часть энергии солнечного света накапливается в связях молекул сахара.

Но этот замечательный процесс оставался бы бесполезным, если бы накопленную таким образом энергию нельзя было высвободить и использовать. Поэтому Создатель наделил живые организмы — растения, животных и человека — способностью расщеплять молекулы сахара. Этот процесс называется **клеточным дыханием**. Существование взаимодополняющих процессов фотосинтеза и клеточного дыхания, а также Солнца, дающего

необходимую энергию для их протекания, — это свидетельство того, как Бог заботится о нас.

Существуют и другие примеры химической энергии. Многие виды топлива, которые мы используем, обладают химической энергией в той или иной форме. Нефть, из которой производится бензин и многие другие нефтепродукты, — это углеродное вещество, содержащее большое количество энергии в своих химических связях. Горящий уголь высвобождает энергию в виде тепла и света. Уголь и нефть называются **ископаемыми видами топлива**: они образованы из остатков растений и животных, которые оказались захороненными в толще горных пород под огромным давлением. Большая часть ископаемых видов топлива появилась в результате Всемирного потопа.

Свечи, керосин и другие горючие материалы также содержат химическую энергию, которая высвобождается в процессе горения.

Химическая энергия очень важна для существования человека. Она не только поддерживает жизнь в наших телах, но и обеспечивает наши потребности в транспорте и электричестве. В большинстве автомобилей в том или ином виде используется нефть. Многие новые автомобили переходят на альтернативные виды топлива — водородные топливные элементы или электрические батареи. Но и в водородном, и в электрическом двигателях механическая энергия производится в результате химических реакций.

Кроме того, большинство электростанций для производства электричества сжигают уголь, используя скрытую в нём энергию молекулярных связей.



## **Добыча нефти**

Таким образом, без химической энергии большинство технических средств, которые мы сейчас используем, были бы бесполезны.

## **ОХОТА ЗА ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

Работу химической энергии можно обнаружить во многих самых неожиданных местах.

Посмотри на список ниже. Перепиши или скопируй его на отдельный лист. Пройди по своему дому и выясни, сколько из этих форм химической энергии ты сможешь найти. Отметь в списке каждую из них. Если ты обнаружишь формы химической энергии, которых нет в этом списке, добавь их в свой список.

- Белки, углеводы и жиры. Это вещества, содержащиеся в пище. Их молекулы отдают нашему организму свою химическую энергию. Чтобы найти их, проверь этикетки на продуктах.

- Корм для животных.
- Удобрения для цветов. Они помогают обеспечить энергию для развития растений.
- Бензин в бензобаке автомобиля.
- Свечи.
- Батарейки. Перечисли все места, где найдёшь их.
- Камин на дровах или на газе.
- Барбекю на дровах или на газе.
- Газовая кухонная плита
- Газовый или угольный отопительный котёл.
- Газовая колонка для нагрева воды.
- Газонокосилка на бензине.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое химическая энергия?**
- **Какие два взаимодополняющих процесса созданы Богом, чтобы превращать энергию Солнца в энергию для всех живых организмов?**
- **Назови два вида ископаемого топлива.**
- **Какой ещё (помимо клеточного дыхания) способ высвобождения химической энергии тебе известен?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Назови два вида топлива не ископаемого происхождения, которые используются в некоторых автомобилях, и покажи, что в них тоже присутствуют химические виды энергии.**
- **Почему люди ищут альтернативы ископаемым видам топлива?**
- **Опиши один из способов использования химической энергии в производстве электричества.**

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО**



Химическая энергия, накопленная в молекулах, из которых состоят все организмы — растения и животные, — называется **биологической энергией**. Изначально эта энергия производится Солнцем, а в живых клетках она перерабатывается в различные вещества.

Один из древнейших источников биологической энергии — это древесина. В течение тысячелетий люди топят печи дровами. В некоторых местностях вместо дров используется торф — продукт разложения растений. В местностях, где растений мало, в качестве топлива используют экскременты животных. Применялся для этой цели также жир тюленей и китов — им заправляли лампы. Так что в использовании биологической энергии нет ничего нового.

Однако в последнее время интерес к биологическому топливу возобновился, потому что запасы ископаемых видов топлива иссякают. Считается, что биотопливо — *возобновляемый ресурс*, а ископаемое — нет.

Для изготовления биотоплива используют различное сырьё, которое уже непригодно для другого применения:

- древесные отходы;
- отходы животноводства и птицеводства;
- отходы зерновых — лузга, шелуха, солома;
- и даже бытовые отходы и канализационные стоки.

Существуют и такие разновидности биотоплива, для изготовления которого специально выращивают определённые сельскохозяйственные культуры.

На сегодняшний день существуют такие виды биологического топлива:

- жидкое: этанол, метанол, бутанол, биодизель, биомазут;
- твёрдое: дрова, щепка, солома, топливные брикеты, топливные

гранулы (пеллеты);

- газообразное: синтез-газ, биогаз, водород.



**Соцветие рапса — растения, служащего сырьём для биодизельного топлива**

Найди больше информации о новых видах биологического топлива. Используй для этого справочники и интернет, сходи в библиотеку. Выбери один или несколько видов из перечисленных выше. Узнай, что это за топливо, как его делают, для чего оно используется и т. д. Расскажи о том, что ты узнал в ходе своего

исследования, друзьям и родителям.

## УРОК 4. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ. ДЕЛЕНИЕ И СИНТЕЗ

### Словарь:

- деление ядра
- цепная реакция
- критическая масса
- радиоактивное излучение
- слияние (синтез) ядер

### Дополнительные слова:

- альфа-частица
- бета-частица
- гамма-излучение

*Велика ли энергия атомного ядра?*



Ты знаешь, что атом состоит из ядра и электронов. Но атомное ядро, в свою очередь, тоже состоит из отдельных частиц: *протонов* и *нейтронов*. Энергия, которая связывает протоны и нейтроны в ядре атома, называется *ядерной* (или *атомной*) *энергией*. И если при химической реакции ядро атома остаётся неизменным, то ядерная реакция вызывает изменения в количестве протонов или нейтронов. При этом ядерная энергия высвобождается. Связи в атомном ядре гораздо сильнее, чем связи атомов в молекулах,

поэтому высвободившаяся ядерная энергия в миллионы раз мощнее химической.

Открыта ядерная энергия была не так давно — в первой половине XX века. С тех пор наши знания об энергии атомного ядра и умения её использовать значительно увеличились. Учёный-физик Энрико Ферми провёл первую управляемую ядерную реакцию в Чикагском университете в 1942 году. Уже в 1954 году в российском городе Обнинске была запущена первая в мире атомная электростанция, обеспечивавшая электрической энергией промышленное предприятие. А в 1956 году в Англии заработала первая коммерческая атомная электростанция.

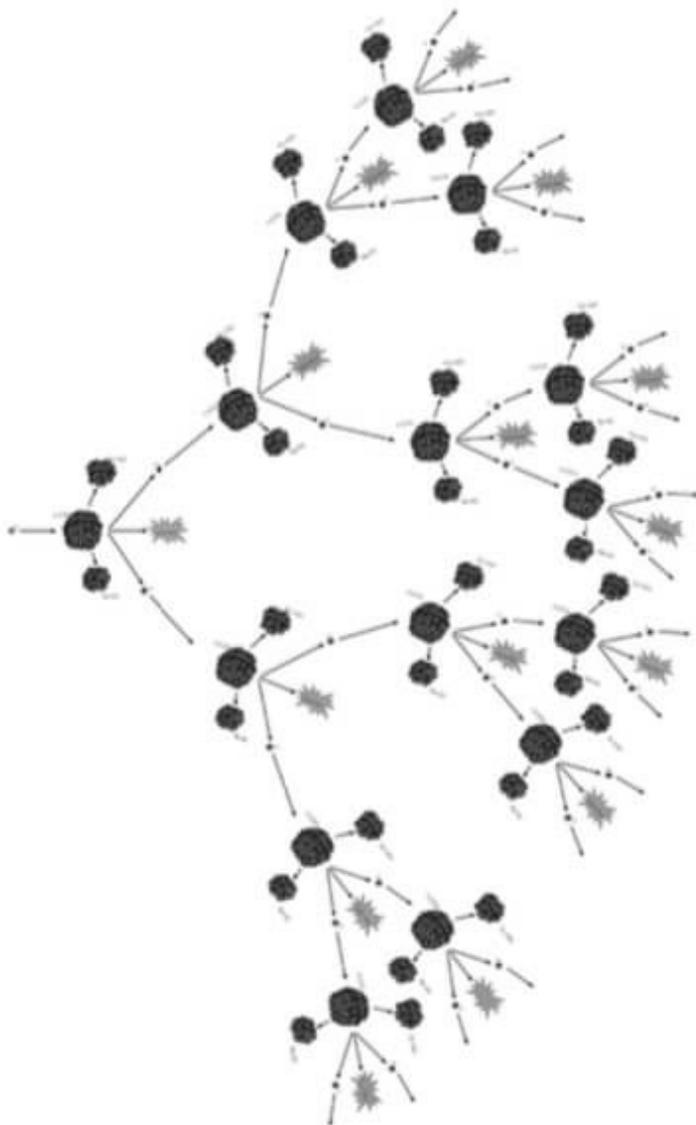
Ядерная энергия отличается от других видов энергии. Во-первых, она гораздо мощнее. Кроме того, ядерная энергия представляет собой превращение массы в энергию. Это показал в своих исследованиях физик-теоретик Альберт Эйнштейн. Он сформулировал закон взаимосвязи массы и энергии, выраженный знаменитым уравнением  $E = mc^2$ . В этой формуле  $E$  — это энергия,  $m$  — масса объекта и  $c$  — скорость света. То есть энергия объекта равна его массе, умноженной на скорость света в квадрате! А скорость света — 300 тысяч километров в секунду. Представляешь, какая энергия заложена в каждом, даже самом незначительном материальном объекте?

Открытие этого закона позволило, в частности, понять, каким образом Солнце производит такое огромное количество энергии. Каждую секунду, превращая водород, из которого оно большей частью состоит, в гелий, Солнце преобразует в энергию более четырёх миллионов тонн своей массы.

Ядерная энергия высвобождается в ходе одного из двух процессов. Первый процесс называется **делением ядра**. Такое деление происходит, когда ядро атома расщепляется на два, иногда три более мелких ядра с приблизительно одинаковыми массами. Лучше всего для ядерного деления подходит химический элемент уран. У этого металла нестойкое ядро, которое легко расщепляется, если в него ударяется быстро движущийся нейтрон. В результате этого расщепления появляется ещё больше свободных нейтронов, которые, в свою очередь, ударяются в другие ядра. Возникает **цепная реакция**, в ходе которой высвобождается огромное

количество энергии.

Для того, чтобы цепная реакция не угасала из-за того, что свободные нейтроны улетают в пространство, необходимо, чтобы делящегося вещества имелось определённое количество. Тогда цепная реакция поддерживает сама себя, а при увеличении количества вещества процесс начинает нарастать, и энергии с каждым мгновением высвобождается всё больше. Такое минимальное количество радиоактивного вещества, необходимого для цепной реакции, называют его **критической массой**.



**Так происходит цепная реакция: от удара, нанесённого быстрым нейтроном, атомное ядро расщепляется,**

## **порождая выброс энергии и новые свободные нейтроны**

Такой цепной реакцией можно управлять, не позволяя ей протекать слишком быстро. Для этого между элементами, содержащими ядерное топливо, вводят замедляющие стержни (обычно графитные). Именно управляемые ядерные реакции используются для получения электричества на атомных электростанциях.

Однако у ядерной реакции есть очень опасное побочное действие. Расщепляясь, ядра испускают особые частицы, которые называют **радиоактивным излучением** или радиоактивностью. Это излучение отрицательно влияет на живые организмы и при длительном воздействии или высокой дозе облучения может привести к их гибели.

Второй процесс, в ходе которого высвобождается ядерная энергия, — это **слияние (синтез) ядер**. При слиянии двух ядер (или отдельных протонов и нейтронов) образуется новое, большее ядро. Два ядра водорода превращаются в один атом гелия. Слияние даёт больше энергии, чем расщепление, и при этом образуется меньше радиоактивных отходов. Но синтез ядер происходит только при очень высоких температурах — таких, как на Солнце. Если бы удалось осуществить слияние в условиях более низких температур, этот процесс мог бы стать для нас источником энергии. Однако это — дело будущего.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Когда великий датский физик Нильс Бор на конференции по теоретической физике в Вашингтоне 26 января 1939 года сообщил об открытии деления ядра урана, присутствующие учёные, не дожидаясь конца доклада, стали один за другим покидать заседание, чтобы проверить это в своих лабораториях.

Поскольку сейчас добиться слияния ядер при низких температурах («холодного синтеза») невозможно, то на атомных электростанциях (АЭС) для получения энергии используется расщепление атомов. Топливом служат урановые таблетки, которые вырабатывают тепло, когда в них происходит реакция расщепления. Эти таблетки заключены в герметичные оболочки, вокруг которых течёт вода. Она нагревается от тепла, исходящего от топлива, и затем используется для нагрева вторичных вод и доведения их до состояния пара. Эти два потока воды изолированы друг от друга,

чтобы предотвратить заражение вторичных вод радиоактивными частицами. Пар используется для вращения турбин, которые, в свою очередь, производят электричество. Цель работы АЭС — не просто получить ядерную энергию, а перевести её в другой вид энергии, которую мы могли бы использовать.

Чтобы цепная реакция не стала неконтролируемой и не привела к атомному взрыву, её регулируют. Для этого в ядерное топливо вводят стержни из материала, способного «ловить» свободные нейтроны и замедлять их скорость. Чаще всего в качестве такого вещества используется графит.



**Атомная электростанция (г. Ровно, Украина)**

Ядерная энергия имеет множество преимуществ. Она дешевле других видов, так как для её получения расходуется меньше топлива. И, если не считать радиоактивности, при получении ядерной энергии практически не происходит загрязнения природы. Однако захоронение отработанного ядерного топлива и других

заражённых материалов представляет серьёзную проблему. Эти материалы сохраняют радиоактивность ещё очень долго, и их следует хранить там, где они не будут вредить людям и живой природе.

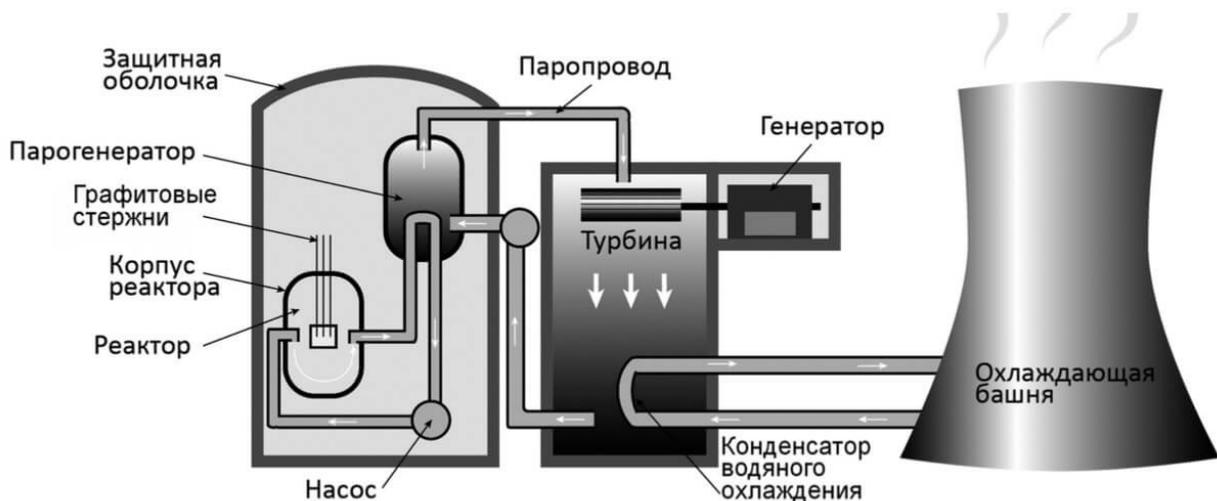
У многих применение ядерной энергии вызывает страх, но при строгом соблюдении правил её использования она не опасна. Атомные реакторы окружены бетонными защитными оболочками, которые предотвращают утечку радиации даже в случае аварии.

Ядерные реакторы используются также в качестве двигателей на подводных лодках и авианосцах военно-морских сил США и некоторых других стран.

## МОДЕЛЬ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

**Цель:** понять, как получают электричество на АЭС.

**Необходимые материалы:** пластилин, картон, тонкие провода с разноцветной изоляцией.



### Ход работы

Внимательно рассмотри изображённую здесь схему работы атомной электростанции. Из пластилина сделай модель АЭС. Пластилином разных цветов отдели воду реактора от воды парогенератора. Используй картон для укрепления стенок, а проводки с разноцветной изоляцией — для путей соединения.

Если тебе что-то непонятно из схемы, найди информацию о принципах работы атомной электростанции в библиотеке или

в интернете. Поищи также информацию о том, какими ещё способами ядерная энергия помогает улучшить нашу жизнь.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое ядерная энергия?**
- **Что такое деление ядер?**
- **Что такое слияние ядер?**
- **Какой ядерный процесс используется на атомных электростанциях?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему на некоторых подводных лодках установлены атомные реакторы вместо дизельных двигателей?**
- **Как можно безопасно захоронить отходы атомных электростанций?**

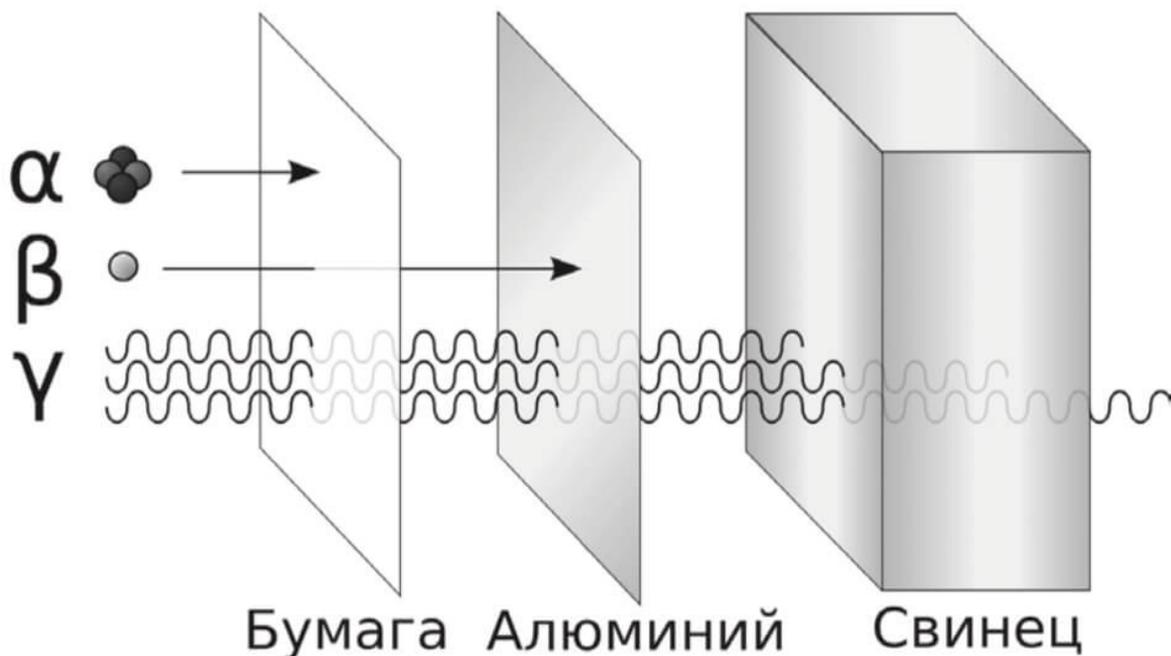
## ЯДЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



Для получения ядерной энергии нужны радиоактивные вещества. Именно радиоактивные химические элементы имеют нестойкое, нестабильное ядро, которое можно разделить. Ядра некоторых веществ становятся стойкими только после того, как потеряют некоторую свою часть и высвободят ядерную энергию в виде излучения. Такое излучение бывает трёх видов.

Первый вид — *альфа-излучение*. **Альфа-частица** (обозначается греческой буквой  $\alpha$ ) состоит из двух протонов и двух нейтронов, которые отрываются от первоначального ядра. Альфа-частицы движутся сравнительно медленно и могут перемещаться примерно на 10 см. Их можно остановить даже с помощью такой тонкой преграды, как лист бумаги. Так как альфа-частицы, по сути,

представляют собой атомы гелия без электронов, считается, что большая часть гелия, находящегося в земной коре и в атмосфере, — это *продукт распада* радиоактивных веществ, содержащихся внутри Земли.



Второй вид излучения, испускаемого радиоактивными материалами, называется *бета-излучением*. **Бета-частицы** (обозначаются  $\beta$ ) представляют собой быстрые электроны, возникающие (высвобождающиеся) в момент, когда один из нейтронов превращается в протон. Бета-частица перемещается почти со скоростью света, и остановить её может только такая преграда, как лист меди или алюминия толщиной в 1 миллиметр.

Самый опасный вид радиации — **гамма-излучение** (обозначается  $\gamma$ ). Оно высвобождается в форме очень сильных электромагнитных волн. Эти волны энергии перемещаются со скоростью света и проникают сквозь большинство материалов. Кусок свинца толщиной 1,3 см уменьшает силу гамма-лучей примерно вдвое.

Гамма-излучение может быть смертельным, но есть у него и полезные свойства. Самостоятельно изучи научную информацию и выясни, по крайней мере, три полезных способа использования этого излучения.

# УРОК 5. ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ. САМАЯ СТРАШНАЯ БОМБА!

## Словарь:

- атомная бомба
- водородная (термоядерная) бомба
- тротиловый эквивалент

## Дополнительные слова:

- изотопы
- радиоактивный распад
- период полураспада
- радиометрическое датирование

*Какие разрушения причиняет ядерный взрыв?*



Мы уже говорили, что ядерная энергия гораздо мощнее, чем химическая. Неудивительно поэтому (хотя и печально), что люди стали стремиться к созданию сверхмощных бомб на основе ядерной энергии.

Ядерное оружие было изобретено во время Второй мировой войны. Оказалось, что ядерный взрыв действительно в тысячи, а то и в миллионы раз мощнее взрыва химических веществ (например, динамита).

**Атомная бомба** — это авиационная бомба с ядерным зарядом; в её взрывном устройстве используется принцип расщепления атомного ядра. В результате цепной реакции деления ядер нестабильных радиоактивных элементов — урана или плутония — высвобождается невероятное количество энергии. В конце Второй

мировой войны США сбросили на японские города Хиросиму и Нагасаки две атомные бомбы. В результате оба города были почти полностью уничтожены.

Уже после мировой войны была создана **водородная бомба**. Она называется так, потому что энергия высвобождается в процессе синтеза атомов гелия из атомов водорода. На предыдущем уроке ты узнал, что такой синтез возможен лишь при очень высокой температуре — такой, как внутри Солнца. Поэтому второе название такой бомбы — **термоядерная** (от греческого слова «терми» — *тепло*). Для создания необходимой температуры используется маленький ядерный реактор, действующий по принципу расщепления. Фактически, чтобы вызвать взрыв водородной бомбы, внутри её корпуса сначала взрывают обычный ядерный заряд.

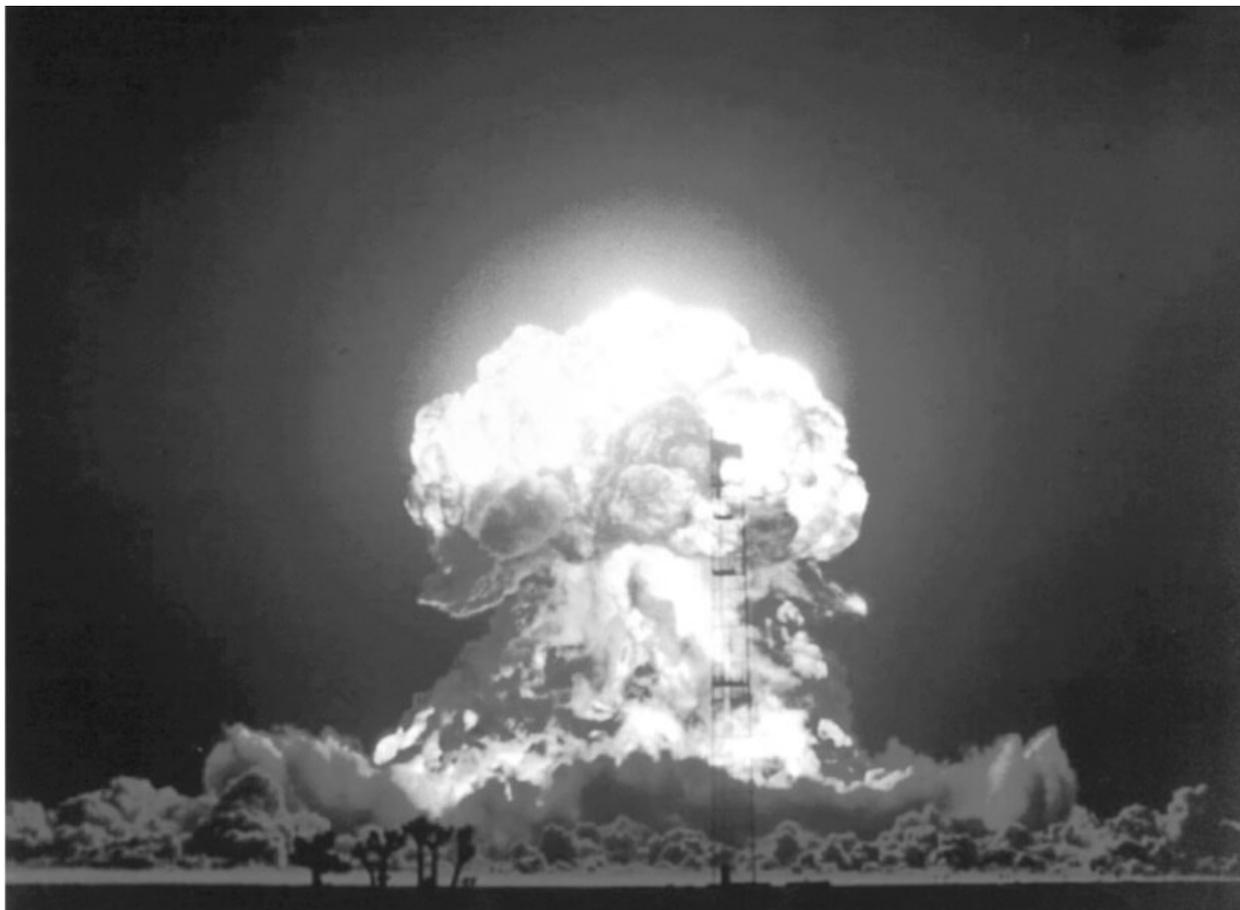
Силу ядерного взрыва оценивают с помощью **тротилового эквивалента**. Когда говорят о ядерном взрыве мощностью в одну килотонну, это означает, что его сила равнялась силе взрыва тысячи тонн *тринитротолуола* (взрывчатого вещества, которое ещё называют *тротил* или *тол*). В килотоннах обычно измеряют силу взрывов, происходящих в результате реакций расщепления. А взрывы, происходящие в результате реакций синтеза, настолько сильные, что их силу определяют в мегатоннах (мегатонна — это тысяча килотонн).

У ядерного взрыва есть несколько поражающих факторов:

- ударная волна, разрушающая здания и человеческие тела;
- световое излучение — огненная вспышка, вблизи от которой мгновенно сгорает всё, а на более дальнем расстоянии начинаются пожары, получают ожоги люди;
- радиоактивное излучение, проникающее во все окружающие объекты и живые организмы;
- радиоактивное заражение местности, которое остаётся в течение многих лет и делает невозможной жизнь человека на этой территории;
- электромагнитный импульс, повреждающий различную электронную аппаратуру, в первую очередь — линии связи;
- рентгеновское излучение, которое может стать причиной

лучевой болезни, лучевых ожогов и онкологических заболеваний.

Первые испытания ядерного оружия происходили в пустынях (например, в штате Нью-Мексико) или на островах в южной части Тихого океана. Но такие взрывы очень опасны: ветер может далеко разносить радиоактивное загрязнение. Поэтому сейчас ядерные испытания проводят только под землёй — чтобы уберечь от радиации населённые области.



**Испытательный ядерный взрыв на полигоне в штате Невада 18 апреля 1953 года. Его сила составила 23 килотонны**

Ядерное оружие — страшная сила. Оно свидетельствует и об изобретательности человека, и о его жестокости. Это оружие настолько разрушительно, что многие люди боятся атомной энергии, даже если она используется в мирных целях. Нужно помнить: эту энергию заложил в атомы Бог, и мы должны

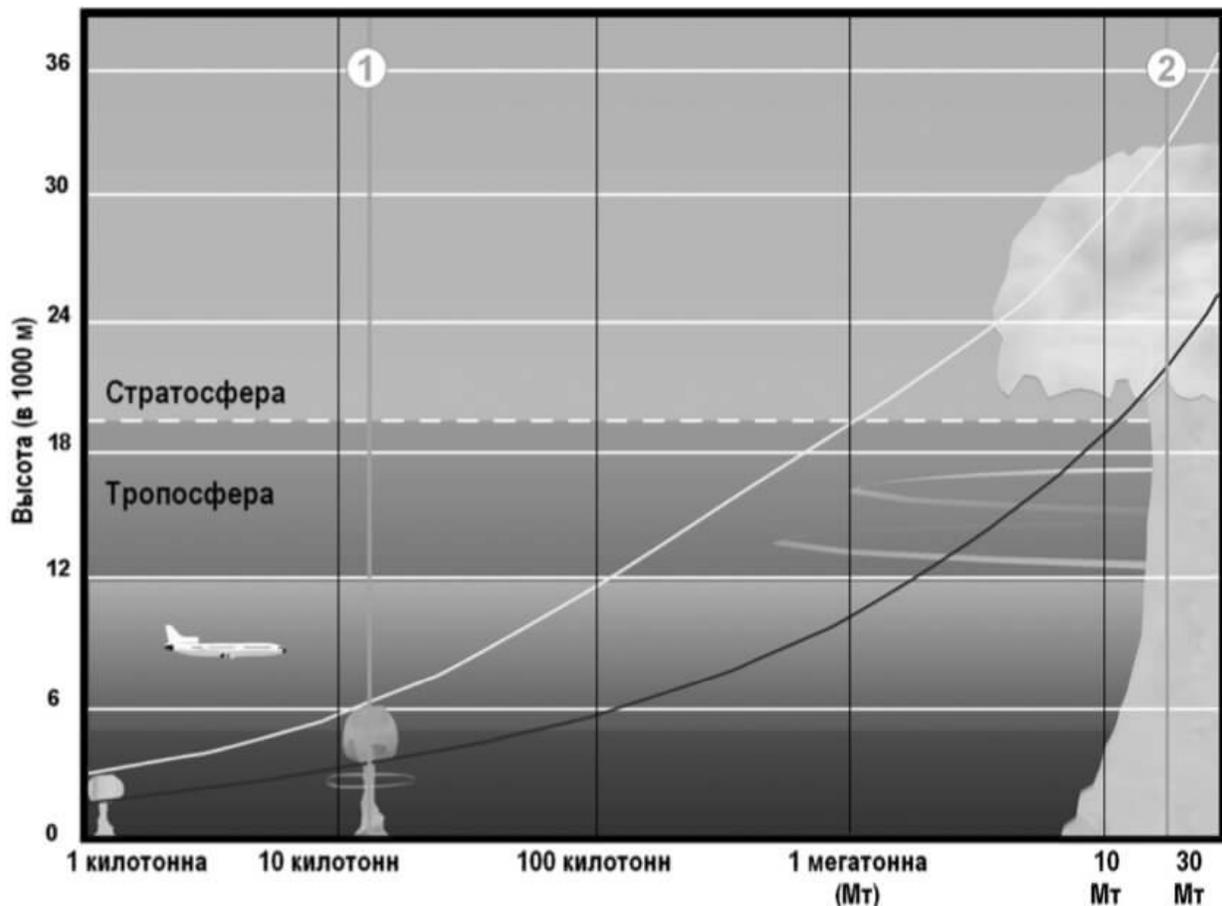
использовать её разумно.

## **АТОМНЫЙ ВЗРЫВ**

История человечества знает только два примера применения ядерного оружия в боевой обстановке. 6 и 9 сентября 1945 года самолёты военно-воздушных сил США сбросили атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки. Это было сделано для того, чтобы заставить Японию капитулировать и закончить, наконец, Вторую мировую войну.

Цель бомбардировки была достигнута, но какой ценой? Последствия взрывов были настолько катастрофическими, что мировое сообщество очень быстро пришло к соглашению не применять ядерное оружие. Тем не менее от него не отказались, и сейчас на вооружении армий стран, которые заявили себя как ядерные державы, находится более 3000 ядерных зарядов.

Ты уже знаешь, как атомная энергия используется в мирных целях. Найди теперь в библиотеке или в интернете информацию о том, какой разрушительной силой является ядерное оружие. Выясни, какими были последствия ядерных взрывов в Хиросиме и Нагасаки и какие из них человечество не может исправить до сих пор. Узнай подробно о поражающих факторах ядерного оружия и сравни их количество и действие с обычными, даже очень мощными бомбами. А ещё обрати внимание на то, что ядерные бомбы, сброшенные на Японию, были маломощными — их тротиловый эквивалент был гораздо меньше, чем у любого из современных ядерных зарядов.



**Высота грибовидного облака, образующегося при ядерном взрыве (ядерного гриба) в зависимости от энергии взрыва в тротиловом эквиваленте:**

- (1) — ядерная бомба, сброшенная на г. Нагасаки**
- (2) — самый мощный из испытательных термоядерных взрывов, произведённых США**

Запиши всю эту информацию. Поделись ею с друзьями и одноклассниками. Подумайте вместе о том, что Господь дал нам возможность узнать о мощи ядерной энергии и использовать её не затем, чтобы мы уничтожили друг друга и нашу планету.

### **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- Назови два вида ядерного оружия.
- Назови поражающие факторы ядерного оружия.
- Почему бомбы, в устройстве которых используется

процесс ядерного синтеза, называют водородными?

- Почему бомбы, в устройстве которых используется процесс ядерного синтеза, называют термоядерными?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Из каких материалов делают бомбы, основанные на принципе расщепления ядер?
- Почему испытания ядерного оружия проводятся под землёй?

## РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ



У многих химических элементов существуют разновидности, близкие по своим химическим свойствам, но имеющие разную атомную массу. Такие разновидности называют **изотопами**. Ядра изотопов состоят из одинакового числа протонов, а вот количество нейтронов в них различается. Для того чтобы различать изотопы одного и того же химического элемента, учёные к его названию (или буквенному обозначению) добавляют число, которое выражает общее количество протонов и нейтронов в атомном ядре. Например, у кислорода (обозначается латинской буквой O) есть три стабильных изотопа: O-16, O-17, O-18.

Ядра атомов радиоактивных элементов нестабильны. Они сами по себе испускают *элементарные частицы*. Процесс, в ходе которого из ядра высвобождаются радиоактивные частицы и энергия, называется **радиоактивным распадом**.

В результате этого процесса радиоактивный элемент изменяется. Излучив альфа- и бета-частицы, он становится новым химическим элементом, так как ядра его атомов потеряли некоторые протоны. Образовавшийся элемент может быть радиоактивным, а может и не

быть таковым. Если новый элемент нестабилен, он продолжает испускать частицы и снова становится другим элементом. Процесс продолжается до тех пор, пока не останется элемент со стабильным ядром.

Например, плутоний-242 является радиоактивным элементом и излучает альфа-частицы. Это приводит к тому, что в ядре остаётся на два протона и два нейтрона меньше, и элемент превращается в уран-238. Уран-238 также радиоактивен и излучает альфа-частицы, становясь торием-234, который, в свою очередь, после излучения превращается в протактиний-234, и так далее.

Некоторые радиоактивные элементы отдают альфа-частицы очень быстро и вскоре распадаются. Другие элементы распадаются очень медленно. Время, за которое происходит распад половины ядер образца первоначального элемента и превращение его в стабильный элемент, называется **периодом полураспада**. Например, период полураспада радия-221 составляет 30 секунд. Поэтому он изменяется очень быстро. А вот уран-238 изменяется очень медленно, его период полураспада — около 4,5 миллиарда лет.

Ты, возможно, спросишь, почему же уран (обозначается латинской буквой U), у которого такой долгий период полураспада, используется в ядерном оружии. Во-первых, в урановой руде содержится не только изотоп U-238, но и изотоп U-235, который и используется в ядерном оружии и реакторах. Кроме того, во время ядерной реакции ускоренные нейтроны постоянно бомбардируют ядра урана, расщепляя их быстрее и таким образом высвобождая из них атомную энергию. Этот процесс сильно отличается от естественного радиоактивного распада.

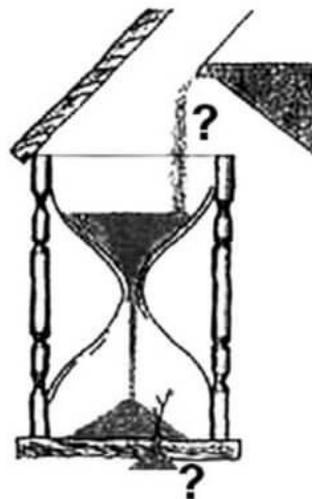
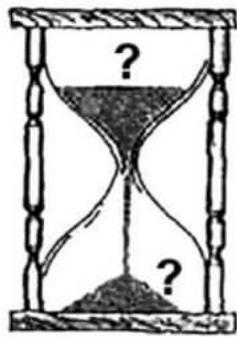
Радиоактивные элементы используются не только в ядерном оружии и для получения ядерной энергии, но и для **радиометрического датирования**. Многие учёные-эволюционисты рассуждают так: если определить, сколько радиоактивного элемента было в образце изначально, и измерить, сколько сейчас в образце содержится другого элемента, получающегося в результате распада первого, а также знать период полураспада первого вещества, то можно легко вычислить возраст образца. Например, если горная порода содержит уран и торий, учёные предполагают, что торий является результатом распада

урана, и соотношение этих двух элементов указывает возраст породы.

Материнский  
изотоп (урана)



Дочерний  
изотоп (тория)



**Радиометрическое датирование в виде песочных часов.**  
**Предполагается, что изначальное количество урана и тория нам известно, скорость распада не менялась и внешних вмешательств в систему не было**

Однако использование этого метода во многом проблематично. Его сторонники исходят из некоторых допущений, которые могут оказаться ошибочными. Что это за допущения?

Во-первых, по умолчанию считается, что когда горная порода образовалась, в ней совершенно не было тория. Во многих случаях это не так.

Во-вторых, предполагается, что весь торий в породе появился в результате распада урана; но он мог появиться и из других источников. Считается, что весь первоначальный уран либо остался в породе, либо распался и превратился в торий, и никаким другим образом порода его не теряла. Также предполагается, что скорость распада урана была неизменной на протяжении всей истории Земли. И, наконец, предполагается, что в течение всего этого длительного времени на Земле были одни и те же условия. Если одно из этих допущений неверно, то и результат получится неправильный. А ведь вполне вероятно, что ошибочны сразу несколько допущений.

Радиометрическое датирование использовалось для исследования многих образцов горных пород, и в результатах были зафиксированы значительные расхождения. Один из таких примеров — *калий-аргоновое датирование* пяти потоков андезитовой лавы с горы Нгаурухо в Новой Зеландии. Хотя было известно, что лава один раз истекала из жерла в 1949 году, три раза — в 1954 и ещё один раз — в 1975, «установленные возрасты» варьировались от 27 тысяч до 3,5 миллиона лет.

Библия заслуживает доверия. Мир был сотворён Богом всего несколько тысяч лет назад. Пусть тебя не сбивают с толку сомнительные трактовки данных, полученных в ходе радиометрического датирования.

## *ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

### **МАНХЭТТЕНСКИЙ ПРОЕКТ**

Все слышали об атомной бомбе, но не всем известно, что она была создана в ходе Манхэттенского проекта.

Реализация проекта разработки ядерного оружия, получившего кодовое название «Манхэттенский проект», была начата в 1942 году. К этому моменту США уже почти год участвовали во Второй мировой войне, сражаясь против Японии, Германии и Италии, находившихся под властью диктаторских режимов.

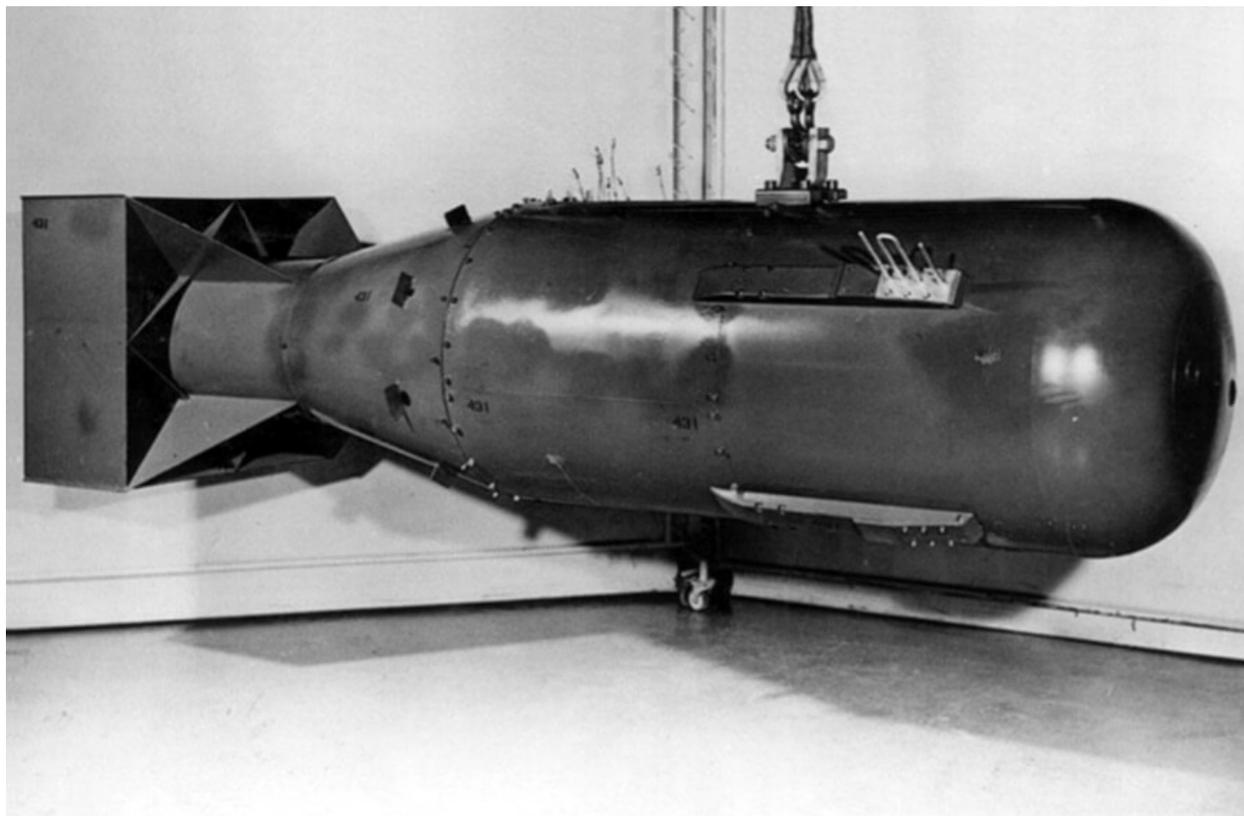
Тремя годами раньше, в 1939 году, несколько выдающихся учёных-физиков (в том числе Альберт Эйнштейн, Лео Силард и Юджин Вингер), бежавших из нацистской Германии, направили письмо президенту США Франклину Рузвельту. Они сообщали, что Германия работает над созданием нового сверхмощного оружия — ядерного.

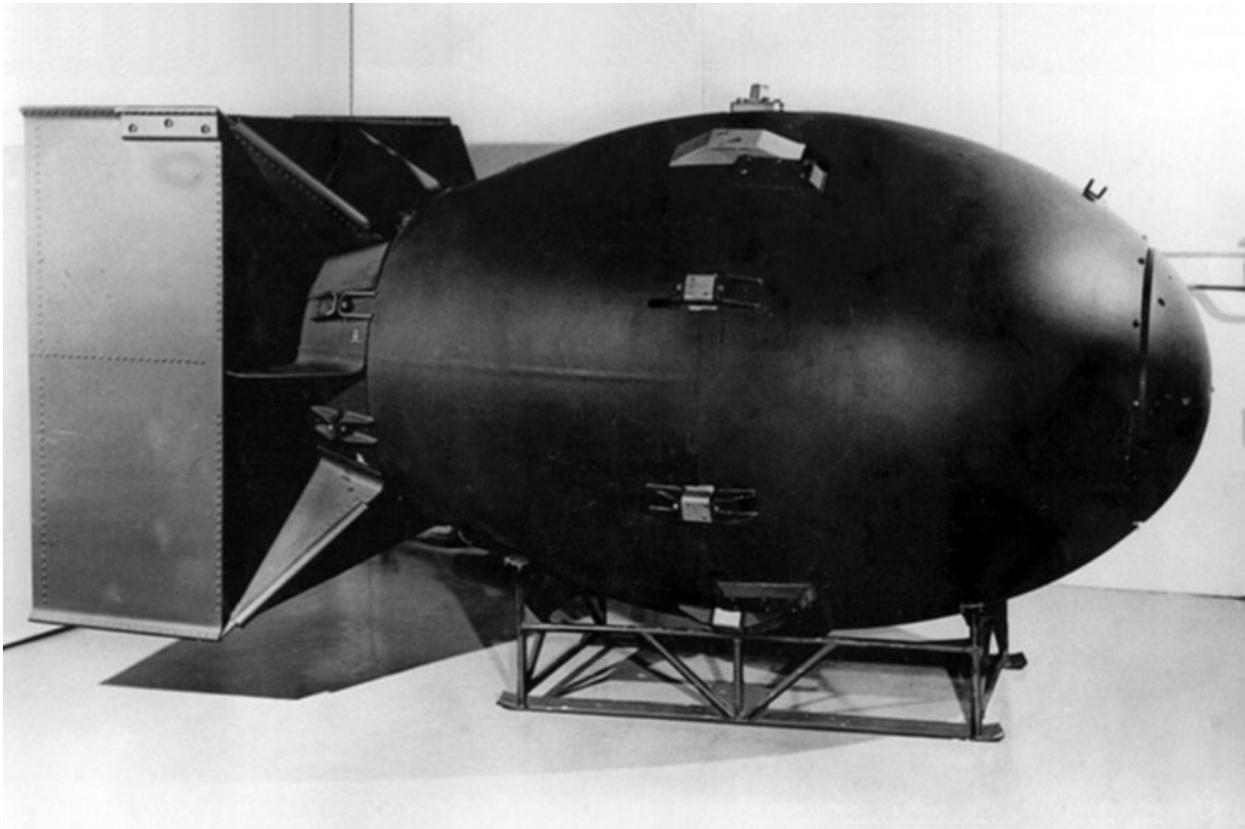
Рузвельт считал, что можно остановить эту работу с помощью подрывной деятельности. Великобритания и США делали всё возможное, чтобы помешать немецким исследованиям, и к февралю 1943 года им это удалось. Английская подпольная организация «Управление специальных операций» заминировала и взорвала завод в Норвегии, где шла разработка атомной бомбы. Когда завод отстроили, 150 американских бомбардировщиков снова его разрушили. Два месяца спустя норвежское движение Сопротивления потопило немецкий корабль, который вёз материалы для ядерной программы. Всё это помешало Германии завершить создание ядерного оружия.

Тем не менее возможность того, что нацисты получат атомную бомбу, всё же оставалась. Когда в 1940 году немецкие войска вторглись в Данию, где жил Нильс Бор — лучший в мире специалист в области атомных исследований, высказывались опасения, что его могут заставить работать над оружием. Было известно и то, что ряд немецких учёных усиленно работают с ураном. Это означало, что нацистская Германия делает шаги к созданию атомной бомбы.

Поэтому в 1942 году стартовал Манхэттенский проект. Его

руководители — генерал Лесли Гровс и физик-теоретик Роберт Оппенгеймер — собрали ведущих специалистов из разных стран. Многие из них были беженцами из Европы. Нильсу Бору тоже удалось присоединиться к ним в 1943 году: британская секретная служба помогла ему бежать в Швецию, а затем в Америку.





### **«Малыш» и «Толстяк» — реконструкция внешнего вида**

Для работы Манхэттенского проекта были созданы три базы в разных частях США. Первая находилась в городе Оук-Ридж, штат Теннесси. Здесь из обычного урана, U-238, получали высокорadioактивное топливо U-235, необходимое для атомного оружия. Вторая база располагалась в городе Хэнфорд, штат Вашингтон. Её задачей было производство радиоактивного элемента плутония. В то время весь известный в мире плутоний мог поместиться на булавочной головке, и ещё осталось бы место. Сотрудники базы в Хэнфорде пытались получить достаточное количество плутония для создания бомбы. Третья база находилась в городе Лос-Аламос, штат Нью-Мексико, в помещении частной школы для мальчиков, которая была закрыта из-за того, что все учителя ушли на войну. Это было идеальное место для работы над атомной бомбой: людей в той местности было совсем мало, а при школе имелись общежития. В кратчайшие сроки были достроены необходимые здания, и учёные начали работу над тем, чем никто раньше не занимался. У них не было окончательной уверенности в том, что поставленная ими цель достижима.

Роберт Оппенгеймер, родившийся в Нью-Йорке в 1904 году, был назначен главой лаборатории секретного оружия. К марту 1943 года маленький городок Лос-Аламос, находившийся в горах, стал центром интеллектуального взрыва. Для работы над проектом были собраны ведущие учёные и инженеры со всего мира. В 1942 году Энрико Ферми, работавший в Чикагском университете, наблюдал первую ядерную реакцию. Сразу же после эксперимента Ферми началось строительство ядерных реакторов, каждый из которых был крупнее предыдущего.

К 1945 году было сделано три бомбы: одна — для испытания и две — для боевых действий. Первый заряд был взорван на полигоне Аламогордо, штат Нью-Мексико, 16 июля 1945 года. Две другие бомбы различались по своей конструкции. Первая, называвшаяся «Малыш», была бомбой пушечного типа. В ней, для достижения критической массы урана-235, один кусок этого радиоактивного вещества сбрасывался по стволу на другой. Вторая бомба, «Толстяк», содержала пустую внутри сферу из плутония, вокруг которой находились взрывчатые вещества. От взрыва этих веществ плутоний сжимался, его масса превышала критическую, и происходил ядерный взрыв.

Бомбы были готовы, но к тому времени Германия капитулировала. Необходимо было решить, применять ли новое оружие против Японии или нет. Принять такое решение было доверено не одному человеку, а комитету, которому было поручено со всей тщательностью изучить вопрос. Все члены комитета отнеслись к заданию очень серьёзно: они понимали, что новое оружие изменит отношение всего мира к войне и к американцам. Многие учёные, участвовавшие в проекте, подписали обращение к Гарри Трумэну — новому президенту США. Они просили его не использовать бомбу, потому что были уверены: спустя короткое время Япония проиграет войну и сдастся. Однако комитет посчитал, что если боевые действия с Японией вскоре не закончатся, то погибнет во много раз больше американских солдат, чем погибло в этой войне ранее. Было решено, что взрыв бомбы, в конечном счёте, спасёт жизнь многим людям.

Теперь президенту Трумэну предстояло назначить время и место для использования нового оружия. Никто точно не знал, что

произойдёт после взрыва бомб. Роберт Оппенгеймер предупреждал Пола Тиббетса, который командовал самолётами, что ударная взрывная волна может их уничтожить. Дэк Парсонс — другой участник Манхэттенского проекта — объяснял лётчикам, что ударная волна, возможно, вызовет разлом земной коры и будет настолько яркой, что они ослепнут. К счастью, ни одно из этих предсказаний не исполнилось.

6 августа 1945 года первая бомба была сброшена на Хиросиму. Япония не капитулировала сразу после этого, поэтому вторая бомба была взорвана над городом Нагасаки 9 августа 1945 года.

На следующий день Япония начала переговоры о капитуляции и 14 августа объявила, что сдаётся. Вторая мировая война, наконец, закончилась.

# ЧАСТЬ 2. ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Тепловая энергия и температура: в чём разница?
- Передача энергии в процессах электропроводности, конвекции и излучения
- Солнечная и геотермальная энергия

## УРОК 6. ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ. ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ

### Словарь:

- тепловая энергия (тепло, теплота)
- теплообмен
- температура
- абсолютный нуль
- калория
- энергетическая ценность (калорийность)

### Дополнительные слова:

- теплоёмкость
- удельная теплоёмкость

*Чем температура тела отличается от его  
тепловой энергии?*



Мы часто употребляем слова «холод» или «тепло», «холоднее» или «горячее», говорим: «температура поднимается» или «температура понизилась». Что же такое тепло? И почему оно так важно для живой природы и технологических процессов?

Дело в том, что все молекулы любого вещества непрерывно и беспорядочно движутся. Молекулы газов беспорядочно перемещаются по всему объёму газа. Молекулы жидкостей и твёрдых тел колеблются около положений своего равновесия. Движение молекул в жидкостях менее свободно, чем в газах, но более свободно, чем в твёрдых телах. Помнишь, при изучении механической энергии мы говорили, что каждый движущийся объект обладает кинетической энергией? Так вот, **тепловая энергия** (или, как её обычно называют, **тепло, теплота**) — это кинетическая энергия, которой обладают атомы или молекулы вещества. Эта энергия непосредственно связана с быстротой движения молекул или атомов. В нагретом веществе частицы движутся быстрее, чем в холодном.

Поэтому, с научной точки зрения, правильно говорить не о «тёплом» и «холодном», а о двух разных уровнях тепла. Слово «холод» не имеет научного смысла. Состояние вещества (например, воздуха или воды), которое мы оцениваем как холодное, на самом деле просто является менее тёплым, чем мы привыкли.

В тепло превращаются многие виды энергии. Если ты идёшь пешком, то механическая энергия вследствие трения частично переходит в тепло. Если случайно прикоснуться к горячей электрической лампе накаливания, можно обжечься — значительное количество электрической энергии также становится тепловой. Сверло дрели нагревается в процессе работы. Таких примеров вокруг множество. Каждый вид энергии относительно легко может быть превращён в тепло. Этот процесс идёт сам по себе. Как только молекулы получают из любого источника больше энергии, они начинают двигаться быстрее, и температура вещества

повышается.

А вот превратить тепло в какой-либо иной вид энергии достаточно сложно. Чтобы заставить выделяющееся тепло делать полезную работу, необходимо применение различных, иногда очень сложных приспособлений и механизмов, которые сами должны получать энергию от какого-либо другого источника.

Мы часто используем тепловую энергию, даже не осознавая этого. Например, когда у тебя замерзают руки, ты трёшь их друг о друга, чтобы согреть.

Объекты могут передавать тепловую энергию друг другу. Этот процесс называется **теплообменом**. При соприкосновении тел с различной температурой холодное тело нагревается, а нагретое охлаждается. Когда ты ешь мороженое, часть тепла твоего тела передаётся ему, и оно тает. Когда пачку масла кладут в морозильник, оно отдаёт своё тепло, пока не сравняется по тепловой энергии с морозильной камерой и не смёрзнется в твёрдый кусок.



## Когда в жаркий день ты ешь мороженое, между ним и твоим телом происходит процесс теплообмена

Но «горячий» и «холодный» — понятия относительные. То, что одному человеку кажется горячим, другой назовёт просто тёплым. Как же тогда сравнить степень «нагретости» объектов? Для измерения тепла используют физическую величину, которую называют температурой. **Температура** — это мера средней кинетической энергии частиц вещества. Она измеряется в единицах, которые называются *градусами*.

Существуют две распространённые шкалы измерения температуры. В США в основном используется шкала Фаренгейта (обозначается °F). По этой шкале вода замерзает при 32 градусах, а закипает (на уровне моря) при 212 градусах. В большинстве других стран распространена шкала Цельсия (обозначается °C). Согласно этой шкале, вода замерзает при ноле градусов, а кипит на уровне моря при 100 градусах.

В научных исследованиях чаще всего используется шкала Кельвина (обозначается °K). В этой шкале нет отрицательных температур, потому что её началом считается температура **абсолютного нуля**: минимальная температура, которую может иметь объект, если всякое движение молекул и атомов прекратится. Абсолютный нуль соответствует  $-273$  °C.



**Эти термометры немного различаются по своей конструкции, но принцип действия у них одинаковый: жидкость внутри трубочки от нагревания увеличивается в объёме и показывает на шкале температуру**

Прибор, которым измеряют температуру, называется *термометром*, а в бытовой речи — градусником. Использовать бытовой термометр очень просто, и обычно мы не задумываемся о принципах его работы. Но, пожалуй, тебе будет интересно узнать, что термометр измеряет не температуру непосредственно, а объём вещества, которым заполнена его трубка. Обычно это спирт или ртуть. Объём этой жидкости зависит от окружающей температуры.

#### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

К концу XVIII века число различных температурных шкал достигало двух десятков. Но затем большинство из них вышло из употребления, и остались только самые удобные.

Кроме того, важно понимать, что термометр показывает собственную температуру. Чтобы измерить с его помощью

температуру другого объекта, надо подождать, пока их температуры уравниваются. Поэтому ты держишь градусник под мышкой несколько минут, прежде чем он покажет правильную температуру твоего тела.

Важно не путать понятия «тепловая энергия» и «температура». Они тесно связаны друг с другом, но означают всё же разные вещи. Давай как следует разберёмся, в чём разница между ними.

Температура вещества — это мера *средней* кинетической энергии, которой обладают его молекулы. Например, температура налитого в чашку горячего чая выше, чем температура холодной воды в другой чашке. Сравнить их можно очень легко: достаточно измерить и ту, и другую температуру термометром. Но и без точного измерения, только потрогав чашки, ты сразу определишь, температура которой больше.

А тепло, тепловая энергия вещества — это *общее* количество кинетической энергии, содержащейся во всех его молекулах. Оно измеряется в единицах, называемых калориями. **Калория** — это количество энергии, необходимой, чтобы повысить температуру одного грамма воды на один градус Цельсия.

Как ты думаешь, где содержится больше тепловой энергии — в кубике льда или в айсберге? Ты, скорее всего, решишь, что в айсберге: он же больше. И ты будешь прав. Если у нас есть два образца одинакового вещества, имеющих одинаковую температуру, то больший образец обладает большей тепловой энергией.

А теперь подумай и ответь: где содержится больше тепловой энергии — в чашке горячего чая или в айсберге? Возможно, ты решишь, что в чашке чая тепловой энергии больше, ведь её температура выше. Однако это не так. У каждой отдельной молекулы айсберга энергии меньше, чем у каждой отдельной молекулы горячего чая. Но в состав айсберга входит гораздо большее число молекул, чем помещается в чашке. И если сложить всю энергию всех молекул, то общая тепловая энергия айсберга будет больше, чем у чашки горячего чая.

Итак, запомни: тепло — это общее количество кинетической энергии, содержащейся в частицах вещества, а температура — показатель, мера средней кинетической энергии этих частиц. По отношению к отдельной молекуле понятие «температура» вообще неприменимо. О температуре можно говорить лишь в том случае,

если имеется достаточно большая совокупность частиц. В то же время каждая молекула обладает вполне конкретной (и измеримой) тепловой энергией.

Сейчас многие учёные перешли на другую систему физических единиц: они измеряют тепловую энергию и количество тепла, переданное от одного тела другому, не в калориях, а в *джоулях*. Существуют специальные таблицы для перевода количества калорий в количество джоулей.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Температура  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  точно равна температуре  $-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ . Это единственная точка, в которой две этих шкалы сходятся.

Слово «калория» часто встречается на упаковке различных продуктов питания. Это не означает, что они продаются нагретыми до определённого уровня. В еде содержится накопленная химическая энергия, которая способна перейти в тепловую. Так что калории в применении к продуктам — это оценка их **энергетической ценности** (или **калорийности**): показатель того, какое количество энергии высвободится из этого количества пищи в организме человека, если она будет полностью переварена и усвоена. Чем больше в продукте «пищевых калорий», тем больше тепла может он выделить.

Тысячу калорий составляют килокалорию (сокращённо *ккал*). Когда говорят о продуктах, часто пишут (или подсчитывают, если составляют диету) «калории» — хотя на самом деле речь идёт о килокалориях. Эта ошибка настолько распространена, что уже воспринимается как норма. Поэтому если говорят, что в яблоке содержится 65 калорий — знай, что речь идёт о «пищевых калориях», а с точки зрения физики из него высвободится 65 000 калорий.

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Цель:** сравнить температуру различных предметов.

**Необходимые материалы:** два листа бумаги, ручка, бытовой термометр, медицинский термометр.

### **Ход работы**

1. Возьми один лист бумаги, раздели его на 2 столбика.
2. В верхней строке первого столбика напиши слово

«Температура».

Затем сделай следующие записи, одну под другой:

- ... в холодильнике
- ... в морозильной камере
- ... в одной комнате
- ... во второй комнате
- ... на улице
- ... стакан воды из-под крана
- ... стакан ледяной воды (из холодильника)
- ... во рту

3. Возьми термометр и измерь температуру в тех местах, которые ты записал. Результаты измерений поставь во втором столбике.

4. Если найдёшь ещё интересные места, где стоит измерить температуру (например, если у тебя есть оранжерея или теплица), внеси их в список, измерь и запиши температуру.

### **Вопросы**

- Как температуры в соседних местах соотносятся друг с другом?
- В каких местах молекулы воздуха движутся быстрее?
- В каком из образцов воды молекулы перемещаются медленнее?

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПИЩИ**

Температура твоего тела, как правило, выше, чем температура воздуха вокруг него. Поэтому твоё тело постоянно теряет тепловую энергию. Для того чтобы заменить потерянную энергию и поддерживать температуру постоянной, ты должен достаточно часто есть. Пища содержит химическую энергию, которая в процессе пищеварения преобразуется в тепловую (или тепло), чтобы помочь сохранить температуру тела.



**Цель:** отследить, какое количество килокалорий ты получаешь в течение дня.

**Необходимые материалы:** таблица содержания калорий в продуктах или калькулятор калорий (можно найти в интернете), бытовые весы.

### **Ход работы**

1. Возьми лист бумаги и расчерти его на три столбика. В первом столбике ты будешь записывать каждый приём пищи, например: завтрак, обед, полдник, ужин. Если между полноценными приёмами пищи ты перекусил — съел булочку, мороженое, или друг угостил тебя конфетой, — внеси это тоже в первый столбик как лёгкую закуску. Если выпьешь на ночь стакан кефира, тоже внеси его в список.
2. Во второй столбик записывай все продукты и блюда, которые ты съел во время каждого приёма пищи. Например, позавтракав, в первом столбике ты сделаешь запись:

«завтрак». А во втором — перечислишь то, что ты съел. Например: «2 крутых яйца, 2 ломтика хлеба с маслом, стакан чая с 2 чайными ложками сахара». Если ты потом пошёл гулять и на прогулке купил мороженое, то, вернувшись домой, в первом столбике запиши «закуска», а во втором — «мороженое».

3. Самое сложное задание — заполнить третий столбик. В нём тебе нужно подсчитать, сколько килокалорий ты получил во время каждого приёма пищи. Если ты перекусил мороженым или конфетой — это достаточно просто: на этикетке каждого продукта указывается, сколько килокалорий содержится в ста граммах. Поэтому тебе достаточно посмотреть это число на этикетке, а потом там же уточнить вес продукта (как правило, мороженое в стаканчике весит 80 граммов) и посчитать, сколько килокалорий конкретно в том, что ты съел. Конфету, наверное, придётся взвесить.
4. Сложнее посчитать содержание килокалорий в полноценном приёме пищи. Для этого тебе понадобится таблица калорийности продуктов. Её можно найти в интернете — на сайтах, посвящённых диетическому и здоровому питанию. В такой таблице, как правило, указано не только содержание килокалорий в отдельных продуктах, но и калорийность некоторых блюд. Поэтому тебе достаточно будет приблизительно узнать вес порции, которую ты съел.
5. Когда подсчитаешь (приблизительно, конечно) количество килокалорий, полученных с каждым приёмом пищи, сложи всё вместе и запиши внизу третьего столбика общую сумму полученных тобой за день килокалорий.

## Вопрос

- Какое количество килокалорий используется для «отопления» твоего тела?

## Выводы

Если в этот день ты занимался физическим трудом или тренировался, а также если в этот день у тебя было большое умственное напряжение (например, ты писал контрольную или

сдавал экзамен), расход энергии твоего тела значительно увеличился; а значит, чтобы компенсировать эти потери, тебе потребовалось съесть больше пищи. Также количество потреблённых килокалорий будет различаться зимой и летом; подумай и ответь, почему.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое тепловая энергия?**
- **Что такое температура?**
- **Что такое энергетическая ценность продуктов?**
- **Какая связь существует между калориями в пище и тепловой энергией?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Что происходит со скоростью молекул вещества, когда его температура увеличивается?**
- **Что происходит с температурой вещества, когда движение молекул в нём замедляется?**
- **Где больше тепловой энергии: в капельке растопленного шоколада или в большом снеговике?**

## УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ



Если добавить одинаковое количество тепла двум разным веществам, то, скорее всего, одно из них нагреется больше, а другое — меньше. Способность веществ накапливать или поглощать тепло (а они делают это с различной интенсивностью) называется их **удельной теплоёмкостью**, или, кратко, *теплоёмкостью*.

Причина того, что вещества обладают различной теплоёмкостью,

заключается в том, что их молекулы устроены по-разному и различным образом соединяются между собой. Поэтому чтобы привести молекулы двух различных веществ в одинаково быстрое движение, требуется передать им различное количество энергии.

Чтобы определить удельную теплоёмкость, нужно определить количество тепловой энергии, необходимой, чтобы на один градус повысить температуру единицы данного вещества. В научных исследованиях удельную теплоёмкость измеряют в особых единицах: джоулях к килограмму на градус Кельвина — Дж/ (кг·К). В твоём школьном учебнике, скорее всего, удельная теплоёмкость измеряется в джоулях к килограмму на градус Цельсия, Дж/ (кг·С). Такая замена возможна, потому что эти две шкалы отличаются только начальной точкой, а величина единицы измерения (градуса) у них одинаковая. Иногда используются и другие единицы измерения теплоёмкости: например, калория к килограмму на градус Кельвина (Цельсия).

Принято сравнивать удельные теплоёмкости различных веществ с теплоёмкостью воды. У большинства веществ удельная теплоёмкость меньше, чем у воды (только у некоторых веществ она выше — например, у гелия и водорода). Поэтому вода — хороший материал для переноса тепла из одного места в другое.

**Цель:** проверить, обладают ли различные вещества разной удельной теплоёмкостью.

**Необходимые материалы:** полстакана воды, полстакана растительного масла, две металлические мисочки, кухонные рукавицы или «прихватки», бытовой термометр, кастрюля, газовая или электрическая плита, лист бумаги, линейка, карандаш, ручка.

### **Ход работы**

1. Возьми лист бумаги и расчерти на нём таблицу. В ней будет четыре столбика и три строчки. Верхнюю строчку используй для того, чтобы подписать столбики (такая строка называется *шапка таблицы*). Первый столбик озаглавь «*Вещество*», второй столбик — «*Начальная температура*», третий — «*Температура после двух минут нагрева*», четвёртый — «*Увеличение температуры*». В первом столбике на второй строчке напиши «*Вода*», а на третьей — «*Растительное*

*масло».*

2. Возьми две металлические мисочки. Вылей в одну из них воду, в другую — растительное масло и оставь на столе на 1 час.
3. Измерь температуру обеих жидкостей и убедись, что она одинаковая. Запиши измерения во второй столбик своей таблицы.
4. Включи плиту (**если она газовая — делай это в присутствии родителей!**) Поставь мисочку с водой на средний огонь и нагревай её две минуты.
5. Выключи огонь. Аккуратно, с помощью рукавиц или «прихваток», перенеси мисочку с водой на стол.
6. Измерь температуру воды. Запиши результат в третий столбик. В четвёртый столбик запиши результат несложного вычисления: на сколько градусов повысилась температура воды.
7. Поставь на средний огонь мисочку с растительным маслом и тоже нагревай его две минуты.
8. Выключи огонь. Аккуратно, с помощью рукавиц или «прихваток», перенеси мисочку на стол. **Очень осторожно обращайся с горячим маслом! Нагревай его не дольше 2 минут.**
9. Измерь температуру масла. Насколько она повысилась? Запиши результаты в таблицу.
10. У тебя было одинаковое количество воды и растительного масла. Горящий газ передал им одинаковое количество тепла.

## **Вопросы**

- Какое из двух веществ нагрелось сильнее?
- Теплоёмкость масла выше или ниже, чем воды?
- Каковы преимущества веществ с низкой теплоёмкостью?
- Каковы преимущества веществ с высокой удельной теплоёмкостью?
- Подумай и приведи три примера того, как вода используется

для переноса тепла для нагрева или для охлаждения.

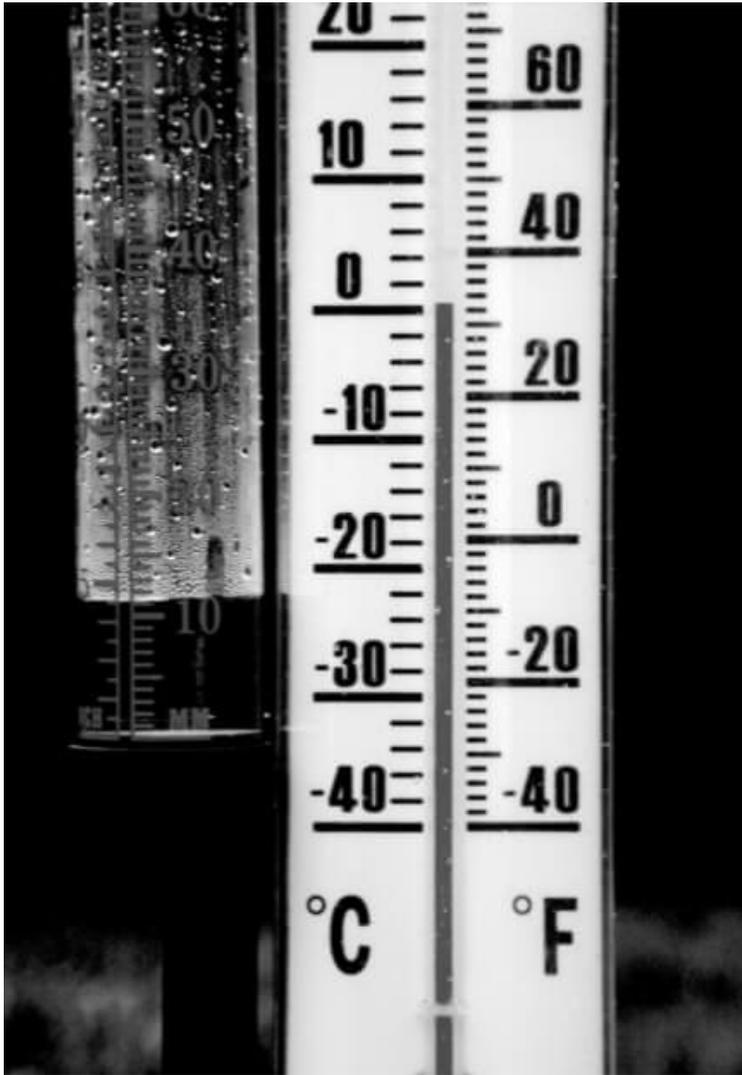
## **Выводы**

Ты увидел, что вода и масло обладают разными удельными теплоёмкостями.

Бог создал различные вещества для использования в разных целях.

*ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

## ДАНИЕЛЬ ФАРЕНГЕЙТ И АНДЕРС ЦЕЛЬСИЙ



В нашем представлении термометр — это трубка, наполненная ртутью (или спиртом), или электронный прибор, высвечивающий цифры на табло. Температуру мы измеряем в градусах — по Цельсию ( $^{\circ}\text{C}$ ) или по Фаренгейту ( $^{\circ}\text{F}$ ). Но так было не всегда. Прежде чем приобрести современный вид, термометр претерпел множество изменений.

Имя изобретателя термометра нам неизвестно. Считается, что первое приспособление для измерения температуры — термоскоп — было создано во времена Галилео Галилея, которому большинство

людей и приписывают это изобретение. В термоскопе Галилея использовался расширяющийся газ, который поднимал и опускал колонку воды. Первым, кто добавил к термоскопу шкалу с цифрами, был врач, анатом и физиолог по имени Санторио; поэтому его считают изобретателем термометра наряду с Галилеем. Скорее всего, этот прибор не был изобретением одного человека, а появился в Венеции в кругу учёных, обменивавшихся друг с другом своими идеями.

Первые термоскопы были не очень точными, но тем не менее помогали в изучении тепловой энергии.

В 1714 году немецкий изобретатель Даниель Габриель Фаренгейт придумал ртутный термометр. Даниель родился в 1686 году в городе Данциге (ныне Гданьск, Польша), а в 1701 году, после смерти родителей, переехал в Амстердам (Нидерланды). Подыскивая себе подходящее ремесло, он заинтересовался устройством научных приборов. Фаренгейт путешествовал по Европе, встречаясь с учёными и создателями приборов, а затем вернулся в Амстердам. Одним из людей, с которыми встретился Даниель, был Рене Реомюр — создатель спиртового термометра. Реомюр так рассчитал шкалу своего термометра, что отметка  $0^{\circ}$  соответствовала температуре таяния смеси льда с солью, а  $60^{\circ}$  — температуре кипения воды.

Даниель Фаренгейт позаимствовал эту идею и развил её. Он тоже взял температуру таяния смеси льда с солью за  $0^{\circ}\text{F}$ , а нормальную температуру человеческого тела принял за  $90^{\circ}\text{F}$ .

В 1714 году Даниель сделал первый стеклянный термометр с ртутью, а в 1724 году добавил к нему шкалу. С помощью ртутного термометра Фаренгейт обнаружил, что вода и другие жидкости имеют определённые точки кипения, которые изменяются в зависимости от атмосферного давления. С помощью своей шкалы он установил, что вода замерзает примерно при  $30^{\circ}\text{F}$  (позже было установлено точное число:  $32^{\circ}\text{F}$ ), а кипит на уровне моря при  $212^{\circ}\text{F}$ .

Шкала Фаренгейта и сегодня широко применяется в США. Но большинство учёных сейчас используют шкалу Цельсия. На этой шкале  $0^{\circ}\text{C}$  — это точка замерзания воды, а  $100^{\circ}\text{C}$  — точка её кипения на уровне моря. Эту шкалу придумал шведский учёный Андерс Цельсий в 1742 году.

Интересно, что сам Цельсий принял точку кипения воды за ноль, а точку замерзания — за сто градусов. «Перевернул» шкалу в 1745 году, уже после смерти Цельсия, его коллега по университету — известный ботаник Карл Линней. Он использовал термометры для поддержания нужных условий в парниках и теплицах, и для удобства использования поменял местами опорные точки шкалы. Сказалось, что именно в таком виде она более удобна и всем остальным.

Хотя сейчас Андерс Цельсий известен в основном благодаря своей шкале и экспериментам с термометрами, его главным увлечением была астрономия. Именно он построил первую шведскую обсерваторию. В 1733 году Андерс опубликовал результаты наблюдений 316 северных сияний. Он также открыл, что северное сияние влияет на стрелку компаса. В 1735 году Цельсий стал единственным астрономом, который отправился в экспедицию, снаряжённую чтобы ответить на один из главных вопросов того времени: действительно ли Земля приплюснута с полюсов, как предсказывал сэр Исаак Ньютон, или же она приплюснута на экваторе, как предполагали многие французские учёные? Учёные, участвовавшие в экспедиции, пришли к выводу, что Земля приплюснута с полюсов.

Цельсий начал множество проектов. Однако большинство из них остались незавершёнными: в 42 года учёный умер. Среди его проектов был черновик научно-фантастического романа, действие которого происходит не только на Земле, но и на звезде Сириус.



**Андерс Цельсий**

Ртутные и спиртовые термометры часто можно встретить и в наши дни, но их постепенно вытесняют электронные. В большинстве электронных термометров используется вещество, электрическое сопротивление которого меняется в зависимости от температуры. Изменяется сопротивление — изменяется и сила тока (почему так происходит, ты узнаешь несколько уроков спустя). Температура выводится на цифровой дисплей. Цифровые термометры могут показывать температуру и по Фаренгейту, и по Цельсию.

Сейчас нам кажется, что термометр — это очень простой научный инструмент. Но вклад в науку Цельсия и Фаренгейта был очень значительным. Эти два учёных сильно повлияли на наше понимание тепловой энергии и физических свойств материи в целом.

# УРОК 7. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ. ПРОВОДНИКИ ТЕПЛА И ТЕПЛОИЗОЛЯТОРЫ

## Словарь:

- теплопередача
- тепловое равновесие
- теплопроводность
- проводник тепла
- теплоизолятор

## Дополнительные слова:

- скрытая (латентная) теплота
- теплота плавления
- теплота парообразования

*Почему тает мороженое?*



Один из способов изменения тепловой энергии объекта — это передача тепла от одного объекта другому. При **теплопередаче** внутренняя энергия (энергия молекул и атомов) одного объекта переходит во внутреннюю энергию другого объекта без совершения механической работы. Когда предметы и вещества (на языке науки — физические объекты), объединённые в одну систему, имеют разную температуру, то происходит передача тепловой энергии от более горячего к более холодному до наступления равновесия. **Тепловое равновесие** (его ещё называют *термодинамическим*) наступает, когда все объекты системы будут иметь одинаковую

температуру, то есть средняя скорость движения их молекул уравнивается.

Теплопередача протекает так, что уменьшение (убыль) внутренней энергии одних объектов, участвующих в ней, всегда сопровождается таким же увеличением (приращением) внутренней энергии других объектов. Это является проявлением *закона сохранения энергии*, узнать о котором подробнее ты можешь из пособия «Движение» серии *Божий замысел*.

Существуют три различных способа передачи тепловой энергии от одного объекта другому или внутри одного объекта (как, например, в чашке с чаем). Тепло передаётся в процессах *теплопроводности*, *конвекции* или *излучения*. Каждый из этих процессов мы рассмотрим на отдельном уроке. Сегодня речь пойдёт о теплопроводности.

**Теплопроводность** — это передача тепловой энергии путём непосредственного соударения молекул двух объектов. Тепло передаётся из более тёплой области в более холодную по мере того, как энергия быстрых частиц при столкновении передаётся медленным частицам. Быстрые молекулы сталкиваются с медленными, при этом медленные получают часть кинетической энергии быстрых. В результате движение быстрых молекул замедляется, а медленных — ускоряется.



**Отопительные батареи (радиаторы) делают из металлов, являющихся хорошими проводниками тепла, чтобы они быстро нагревались от горячей воды и согревали воздух в комнате**

Мы наблюдаем теплопроводность повсюду. Мороженое начинает таять, когда ему передаётся тепло воздуха: молекулы воздуха ударяются о молекулы мороженого, увеличивая их скорость. Что происходит, когда мы нагреваем на плите кастрюлю с водой? Сначала тепло передаётся от нагревательного элемента плиты дну кастрюли, затем от дна кастрюли — соприкасающимся с ним молекулам воды. Весь этот процесс возможен благодаря теплопроводности. Внимательно осмотревшись вокруг, ты увидишь много примеров того, как тёплые предметы соприкасаются с более

холодными и передают им часть своего тепла (в результате воздействия их молекул друг на друга).

Теплопроводность присуща веществам в любом состоянии: твёрдом, жидком, газообразном. В твёрдых объектах — это главный способ передачи тепла. Но некоторые вещества проводят тепло легче, чем другие; их называют **проводниками тепла**. Лучшие проводники тепла — металлы, а серебро — самый лучший. Другие твёрдые вещества — например, стекло и кирпич — проводят тепло хуже. Некоторые материалы, например, хлопок и шерсть, служат очень плохими проводниками.

Большинство газов — в особенности если они находятся в закрытом пространстве и не могут свободно двигаться — проводят тепло очень плохо. Материал, который плохо проводит тепло, называется **теплоизолятором**. Слово «изолятор» происходит от латинского слова, означающего «остров». Один из примеров теплоизолятора — это стекловолокно. Оно представляет собой вещество, состоящее из очень мелких волокон стекла, между которыми заключён воздух — то есть газ. Шерстяной свитер также служит хорошим теплоизолятором. Шерсть сама по себе плохо проводит тепло; кроме того, в промежутках между нитями пряжи задерживается воздух, что также предотвращает теплопроводность.



**Материал под названием аэрогель — настолько хороший теплоизолятор, что защищает цветок от пламени газовой горелки**

Двойные окна — то есть два оконных стекла, между которыми заключён воздух, — служат гораздо лучшим изолятором, чем одинарные стёкла. Дом, построенный с максимальным применением теплоизоляторов, будет тёплым зимой и прохладным летом; такая постройка позволит сэкономить средства на отоплении

и кондиционерах.

Люди используют проводники тепла и теплоизоляторы для улучшения условий жизни. Но не они придумали это первыми. Бог создал птиц способными использовать изоляционные возможности воздуха, чтобы сохранять тепло. Когда на улице холодно, птицы распушают перья, чтобы между ними и телом была прослойка воздуха. От тела птицы воздух нагревается, но, удерживаемый перьями, никуда не уходит, и тепло сохраняется около тела птицы, согревая её.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Керамические плитки, используемые для теплоизоляции космических кораблей, являются настолько хорошим теплоизолятором, что если держать на ладони раскалённую докрасна плитку горячей стороной вверх, её нижняя сторона не обожжёт руку.

## **ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ**

Опираясь на имеющийся у тебя опыт, скажи: какие материалы на кухне лучше всего проводят тепло? А какие лучше всего его изолируют? Давай проверим, правильно ли ты ответил на эти вопросы.

**Цель:** испытать теплопроводность различных материалов.

**Необходимые материалы:** пять (или больше) ёмкостей, изготовленных из разных материалов: двух видов металла (чугуна, стали, алюминия, жести), пластика (толстого или тонкого, полиэтилена или пенопласта), стекла (желательно толстого), а также бумажный стакан для горячих напитков; водяной термометр (или несколько), кастрюля с двумя литрами воды, газовая или электрическая плита, «прихватки», подставка под горячие предметы, половник. Лучше, чтобы ёмкости были приблизительно одинаковой величины.

### **Ход работы**

1. Скопируй или перечерти таблицу, которую ты здесь видишь.

<b>ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ В ЁМКОСТИ</b>						
<b>Номер ёмкости</b>	<b>Материал ёмкости</b>	<b>Через</b>				
		<b>Начальная</b>	<b>5 мин</b>	<b>10 мин</b>	<b>15 мин</b>	<b>20 мин</b>

1  
2  
3  
4  
5

2. Поставь ёмкости на кухонном столе в определённом порядке: начни с той, которая, как ты думаешь, имеет самую большую теплопроводность, а закончи той, теплопроводность которой, по твоему мнению, является наименьшей. Пронумеруй все ёмкости; номером 1 обозначь ту, которую считаешь самой теплопроводной. Заполни в таблице первый и второй столбики.

3. Расположи рядом с ёмкостями подставку для горячих предметов.

4. Включи плиту (*газовую — в присутствии взрослых!*) и нагрей до кипения воду в кастрюле. Аккуратно, с помощью прихваток, перенеси кастрюлю на подставку — ***а лучше попроси кого-нибудь из взрослых помочь тебе в этом.***

5. Аккуратно налей по одному половнику горячей воды в каждую ёмкость. ***Не прикасайся к ёмкостям, особенно к металлическим! Будь осторожен с ёмкостями из стекла: если стекло тонкое, оно может лопнуть.*** Если ты всё-таки хочешь проверить теплопроводность стекла, лучше взять в качестве ёмкости специальную стеклянную кастрюльку для приготовления пищи на огне или в духовке. Спроси у мамы, она точно скажет тебе, есть ли у вас на кухне такая ёмкость.

6. Осторожно измерь температуру в каждой ёмкости и запиши полученные результаты в таблицу, в столбик «Начальная».

7. Измеряй температуру во всех ёмкостях каждые пять минут в течение двадцати минут. Заноси результаты в таблицу.

### **Вопросы**

- В какой ёмкости температура изменилась более всего? А в какой — менее всего?
- Правильно ли ты определил порядок ёмкостей перед опытом? Если нет, измени его от наиболее проводящих тепло к наименее проводящим.

- Ожидал ли ты, что температура воды в ёмкости, которая является хорошим проводником тепла, изменится больше, чем в ёмкости, которая является плохим проводником тепла? Почему ты так думал?
- Куда подевалось тепло воды? Каким образом это произошло?
- Для каких кухонных приспособлений и оборудования должны использоваться теплопроводящие материалы? А для каких — теплоизоляционные?
- Почему чашки для питья, как правило, не делают из металла?

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое теплопроводность?**
- **Что такое тепловое равновесие?**
- **Какие материалы хорошо проводят тепло?**
- **Какие материалы плохо проводят тепло?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Зачем в различных устройствах используются теплоизоляционные материалы?**
- **Приведи несколько примеров теплоизоляторов и их использования.**

## **СКРЫТАЯ (ЛАТЕНТНАЯ) ТЕПЛОТА**



Не вся тепловая энергия, передающаяся веществу, повышает его температуру. Часть энергии используется, чтобы преодолеть силы притяжения молекул. Прежде чем лёд начнёт таять, он должен получить достаточную энергию, чтобы разорвались силы притяжения между его молекулами. Подобным же образом, прежде

чем вода превратится в пар, она должна получить достаточно энергии, чтобы притяжение между её молекулами окончательно ослабло.

Такая теплота, которая поглощается или выделяется веществом при переходе из твёрдого состояния в жидкое или из жидкого в газообразное, называется **скрытой** или **латентной теплотой**. Энергия, необходимая, чтобы растопить вещество, называется **теплотой плавления**. Энергия, необходимая, чтобы превратить вещество в газ, называется **теплотой парообразования**. (И та, и другая теплота является скрытой, просто это слово в названии обычно опускается).

**Цель:** провести наблюдения теплоты плавления и теплоты парообразования воды.

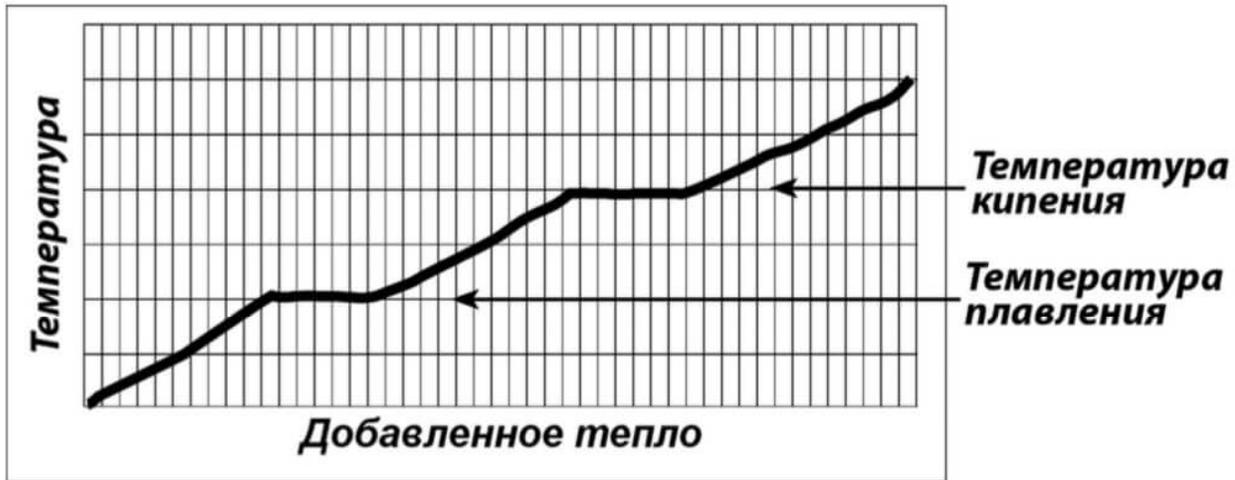
**Необходимые материалы:** кубики льда, кастрюля, газовая или электрическая плита, термометр, ложка, часы, два листа бумаги в клеточку, карандаш, ручка.

### **Ход работы**

1. На одном из листков бумаги напиши в столбик числа от 1 до 20, пронумеровав минуты, на протяжении которых будет длиться твой эксперимент.
2. Положи 10–15 кубиков льда в кастрюлю. Нагревай их на небольшом огне, постоянно помешивая ложкой лёд и воду.  
***Как и все опыты, в которых ты пользуешься газовой плитой, проводи этот в присутствии взрослых!***
3. Опустит термометр в лёд (а затем в воду) так, чтобы он не касался дна кастрюли, когда ты снимаешь измерения.
4. Измеряй температуру льда и/или воды в кастрюле каждую минуту и записывай результаты в листок напротив соответствующего числа.
5. После того как вода начнёт кипеть, записывай температуру до тех пор, пока не получишь подряд трёх практически одинаковых показаний.
6. Выключи плиту.
7. Возьми второй листок в клеточку и составь график

полученных показаний термометра. На оси X у тебя будет отсчитываться время в минутах, на оси Y — температура в градусах.

8. Сравни свои данные с приведённым ниже графиком. На твоём графике не будет той части линии, которая поднимается над точкой кипения, так как в домашних условиях ты не сможешь сообщать энергию пару после того, как он поднялся из кастрюли.



## Вопросы

- Ты постоянно добавлял в воду тепловую энергию. Почему температура не поднималась непрерывно?
- Что происходило с энергией, когда температура не поднималась?

## Выводы

Ты обнаружил, что температура смеси изо льда и воды оставалась около  $0^{\circ}\text{C}$  несколько минут, прежде чем начала подниматься. Так происходит из-за того, что при достижении этой температурной точки тепловая энергия используется не на повышение температуры, а на то, чтобы растопить лёд — перевести его из твёрдого состояния в жидкое. Когда кубики льда растаяли, температура воды снова стала быстро повышаться. Но, достигнув  $100^{\circ}\text{C}$ , она снова прекратила расти: теперь энергия опять используется на то, чтобы изменилось состояние воды — произошло

её превращение из жидкости в газ.

## УРОК 8. КОНВЕКЦИЯ. ПОТОКИ

### Словарь:

- конвекция
- конвекционный поток
- бриз

### Дополнительные слова:

- естественная конвекция
- принудительная конвекция
- система отопления
- теплогенератор
- теплопроводы
- теплоноситель
- отопительные устройства
- циркуляция

*Почему дует ветер?*



Теплопроводность, то есть передача тепла через сталкивающиеся частицы, — это лишь один из способов теплопередачи. Если бы в процессе кипячения воды участвовала только теплопроводность, нам пришлось бы ждать её закипания довольно долго. Но при нагреве кастрюли (или чайника) воды, как и при большинстве других процессов передачи тепла, также происходит конвекция.

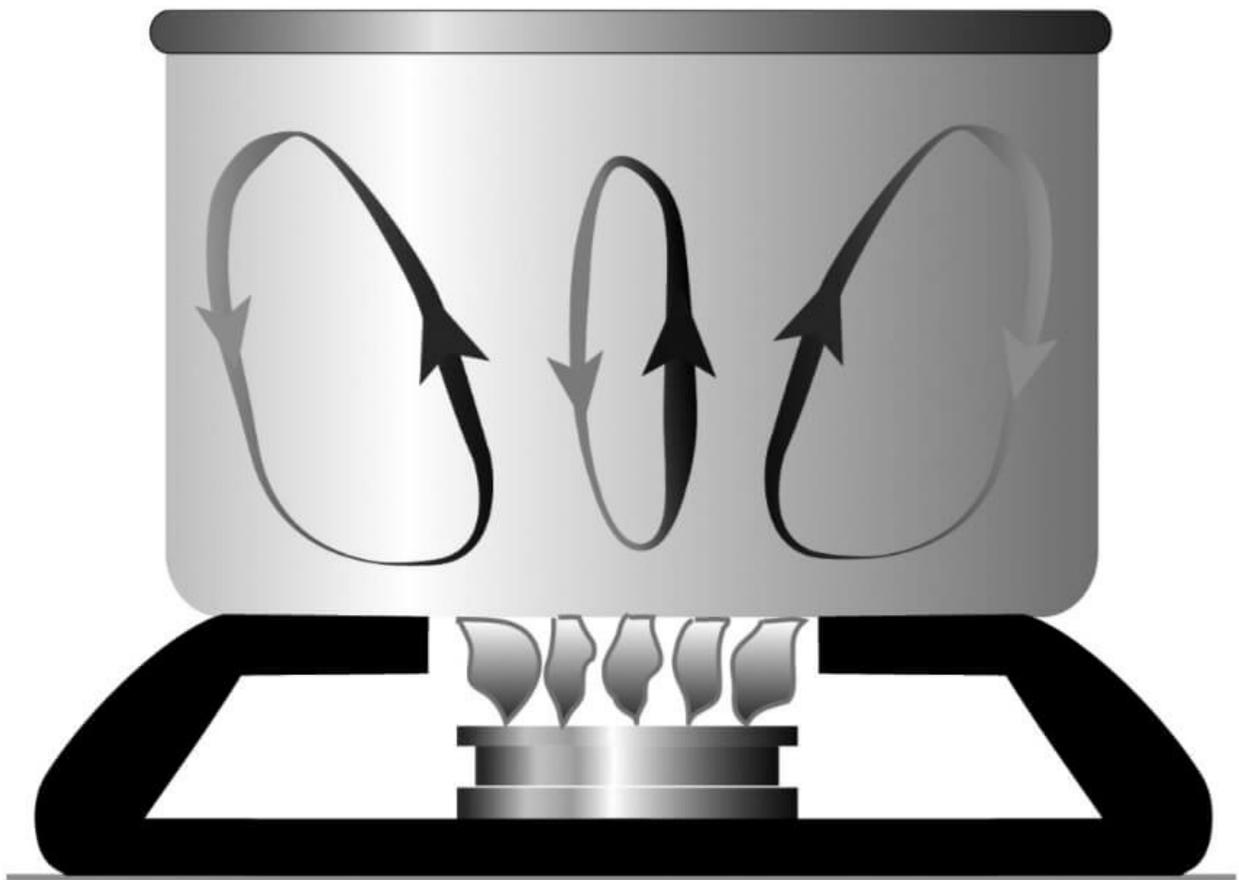
**Конвекция** — это перемещение тепла, осуществляемое *потоками* вещества. Чем выше температура воздуха, тем быстрее движутся его молекулы — и, соответственно, тем дальше они расположены друг от друга. Поэтому горячий воздух менее плотный, чем холодный. Объём более холодного воздуха оказывается тяжелее, чем точно такой же объём более тёплого воздуха. В результате холодный воздух под действием земного притяжения опускается вниз, вытесняя тёплый, который поднимается (всплывает) над холодным. То же самое происходит и с молекулами воды (и любой жидкости).

В кастрюле воды, греющейся на плите, молекулы, находящиеся ближе к источнику тепла, приобретают дополнительную энергию в результате процесса теплопроводности. Они начинают двигаться быстрее, чем более холодные молекулы над ними. Пласт воды, состоящий из «нагретшихся» (убыстрившихся) молекул, становится менее плотным — и поднимается вверх. На его место опускается часть более холодной воды. Теперь эти молекулы получают энергию («нагреваются») в процессе теплопроводности и тоже устремляются вверх.



В результате в кастрюле возникают **конвекционные потоки** воды: более «холодные» (медленные) молекулы постоянно занимают место более «тёплых» (быстрых). Благодаря конвекции вода нагревается гораздо быстрее, а ты можешь наблюдать её бурление в кипящей кастрюле.

В ходе конвекции, в отличие от процесса теплопроводности, происходит перенос вещества. Поэтому она невозможна в твёрдых телах и протекает только в жидкостях или газе.



## **Конвекционные потоки в кастрюле**

На предыдущем уроке мы говорили о том, что прослойка воздуха, молекулы которого не имеют возможности свободно двигаться (например, в двойном окне), служит хорошим изолятором. С другой стороны, воздух, не ограниченный в движении, помогает передавать тепло в результате конвекционных потоков, возникающих в нём.

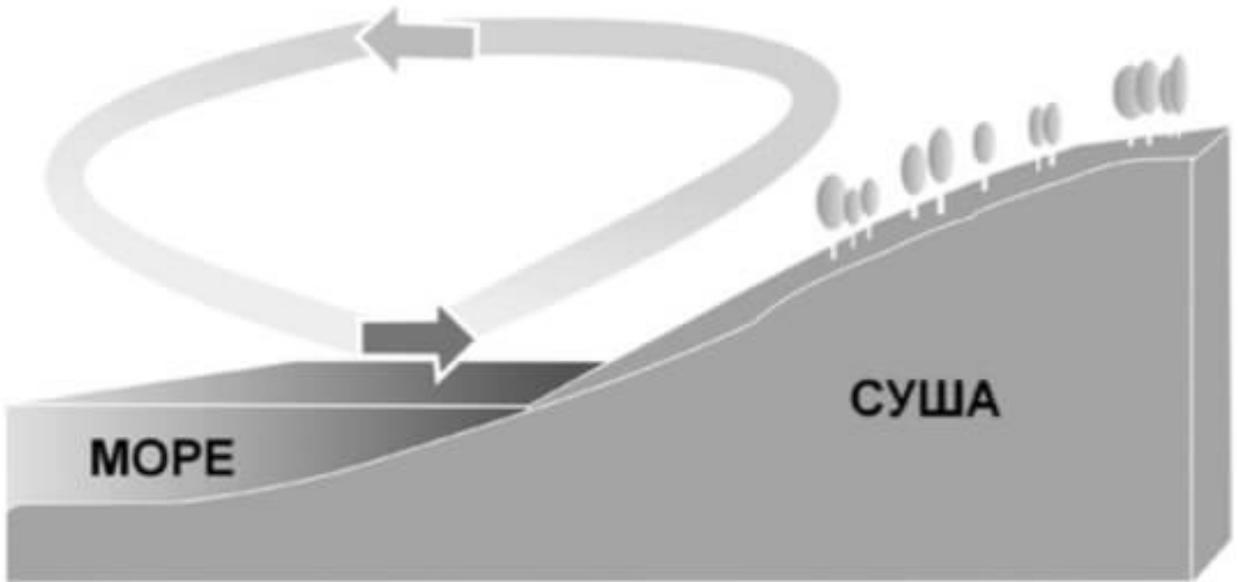
Бог недаром сотворил конвекционные потоки. Без конвекции не могли бы происходить погодные явления, благодаря которым облака приносят необходимый для жизни дождь в разные части мира.

Конвекция на Земле начинается с Солнца. Оно нагревает воздух около экватора больше, чем около полюсов. Этот тёплый воздух поднимается, и его место занимает более прохладный. В результате в атмосфере возникают конвекционные потоки, движущие воздух вокруг земного шара. Они приносят более прохладный воздух в экваториальные районы и более тёплый — к полюсам. Конвекция не смешивает полностью весь воздух в атмосфере, но помогает

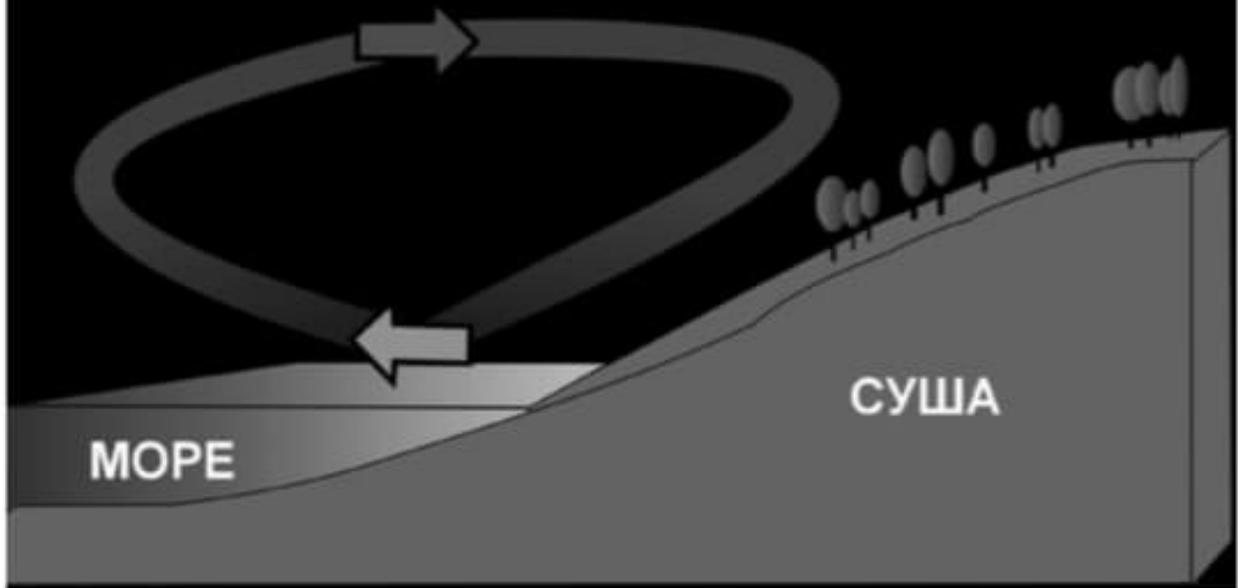
в определённой мере выровнять температуры. Без этого процесса разница между температурами на полюсах и экваторе была бы гораздо большей.

Ветер тоже дует в результате конвекции. Это легче всего объяснить на примере **бриза** — ветра, дующего на морском берегу. Поскольку суша лучше проводит тепло, чем вода, температура суши меняется быстрее, чем температура воды. Поэтому когда утром встаёт солнце, суша нагревается быстрее, чем море. Соответственно, и воздух над сушей нагревается быстрее, чем воздух над морем. Этот тёплый воздух начинает подниматься, и на освободившееся место устремляется более холодный воздух, находившийся над водой. Так возникает ветер, дующий с моря на сушу. Он называется *морским бризом*. В течение дня температура суши и моря почти выравнивается, поэтому ветер стихает. Но после захода солнца суша остывает быстрее океана, так что воздух над водой становится менее плотным, чем воздух над сушей. Поэтому он начинает перемещаться с суши к воде. Этот ветер называется *береговым бризом*. Так Господь заложил конвекцию в основу механизма, формирующего погоду и управляющего потоками воздуха — ветром.

## Морской (дневной) бриз



## Береговой (ночной) бриз



Человек также научился использовать конвекцию — и не только при кипячении воды. Существуют конвекционные печи, в которых воздух движется потоками, благодаря чему еда более равномерно нагревается и готовится быстрее. В системах водяного и воздушного отопления также используются конвекционные потоки,

перемещающие тёплый воздух в помещении. Вода в радиаторе автомобиля, отводящая лишнее тепло и предотвращающая перегрев мотора, тоже движется в результате конвекции.

## **КОНВЕКЦИОННЫЕ ПОТОКИ**

**Цель:** наблюдать конвекцию.

**Необходимые материалы:** трёхлитровая стеклянная банка, стакан, синий и красный пищевой краситель, вода.

### **Ход работы**

1. Наполни трёхлитровую стеклянную банку почти доверху очень тёплой водой.
2. Наполни стакан до половины очень холодной водой, добавь щепотку синего пищевого красителя. Размешай смесь до получения равномерного цвета.
3. Медленно влей синюю (холодную) воду в банку с тёплой водой.
4. Наблюдай за тем, как распространяется синяя вода в банке.
5. Повтори эксперимент, только в этот раз наполни банку очень холодной водой.
6. Набери полстакана очень тёплой воды. Добавь щепотку красного пищевого красителя и размешай смесь до получения равномерного цвета.
7. Медленно влей красную (тёплую) воду в банку с холодной водой.
8. Наблюдай за распространением тёплой воды в холодной.

### **Вопрос**

- Как поток, сформированный тёплой водой, отличается от потока холодной воды?

### **Выводы**

Тёплая вода обладает меньшей плотностью, чем холодная. Поэтому конвекционные потоки возникли, когда ты вылил холодную воду поверх тёплой. Окрашенная холодная вода начала опускаться вниз, а на её место стали подниматься потоки тёплой

ВОДЫ.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое конвекция?**
- **В результате чего происходит конвекция?**
- **Как формируются конвекционные потоки?**
- **Как конвекция влияет на погоду на земном шаре?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Почему в результате конвекции вещества нагреваются или охлаждаются быстрее?**
- **Где лучше всего поместить батареи, чтобы воздух в комнате нагревался быстрее и равномернее?**
- **Где лучше всего поместить кондиционер, чтобы воздух в помещении охлаждался наиболее эффективно?**

## СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ



Конвекция может быть двух видов — в зависимости от того, возникла она искусственным путём или была вызвана воздействием какой-нибудь дополнительной силы.

**Естественная конвекция** возникает в веществе самопроизвольно, в результате его неравномерного нагрева или охлаждения. Например, в красивом конвекционном светильнике лава-лампа подогрев жидкости снизу вызывает перемещение разноцветных потоков расплавленного парафина.

**Принудительная конвекция** возникает в жидкостях и газах под действием вентиляторов, насосов, движения ложки в стакане с чаем. Прекрасный пример принудительной конвекции — фен.

Электрический ток накаляет тонкую и длинную спираль. В результате теплопроводности воздух вокруг спирали нагревается, а вентилятор создаёт интенсивный конвекционный поток тёплого воздуха.



**Лаво-лампа**

В большинстве домов для поддержания комфортной температуры в холодное время года воздух прогревают батареи. В результате их нагревания в помещении происходит естественная конвекция воздуха: его прогретые слои поднимаются вверх, уступая место более холодным.

**Система отопления** представляет собой оборудование,

предназначенное для получения, переноса и передачи теплоты в обогреваемые помещения. **Теплогенератор** служит для получения теплоты и передачи её **теплоносителю** — веществу, которое осуществляет перенос тепла. Система **теплопроводов** (трубы) транспортирует теплоноситель от теплогенератора к **отопительным устройствам**, которые, в свою очередь, передают тепло от теплоносителя воздуху в помещении. Теплоносителем в подавляющем большинстве случаев служит обыкновенная вода.



## Фен

В некоторых домах смонтировано *автономное отопление*, где теплогенератором является индивидуальный отопительный котёл: топливный (в котором сгорает уголь, газ или солярка) либо электрический (нагревающий воду с помощью специального устройства — *тэна*). Во многих зданиях проведено *центральное*

*отопление.* Это значит, что несколько домов отапливаются от одного теплогенератора — котельной или теплоэлектростанции. В этом случае система теплопроводов является более сложной и разветвлённой, чем при индивидуальном отоплении.

В обоих случаях отопительными устройствами являются привычные нам батареи (радиаторы). Они соприкасаются с воздухом, который получает от них тепло. В результате естественной конвекции нагретые объёмы воздуха поднимаются, а охладившиеся, имеющие бóльшую плотность, — опускаются на их место. Так тепло вместе с воздухом передаётся от батареи в другие части помещения.

Чтобы обеспечить такое постоянное движение — **циркуляцию** — конвекционных потоков, батареи располагают в нижней части комнаты, вблизи пола. Ведь если поместить их около потолка, тёплый воздух так и останется в верхней части комнаты, конвекционных потоков не возникнет, и воздух в нижней части комнаты не прогреется.

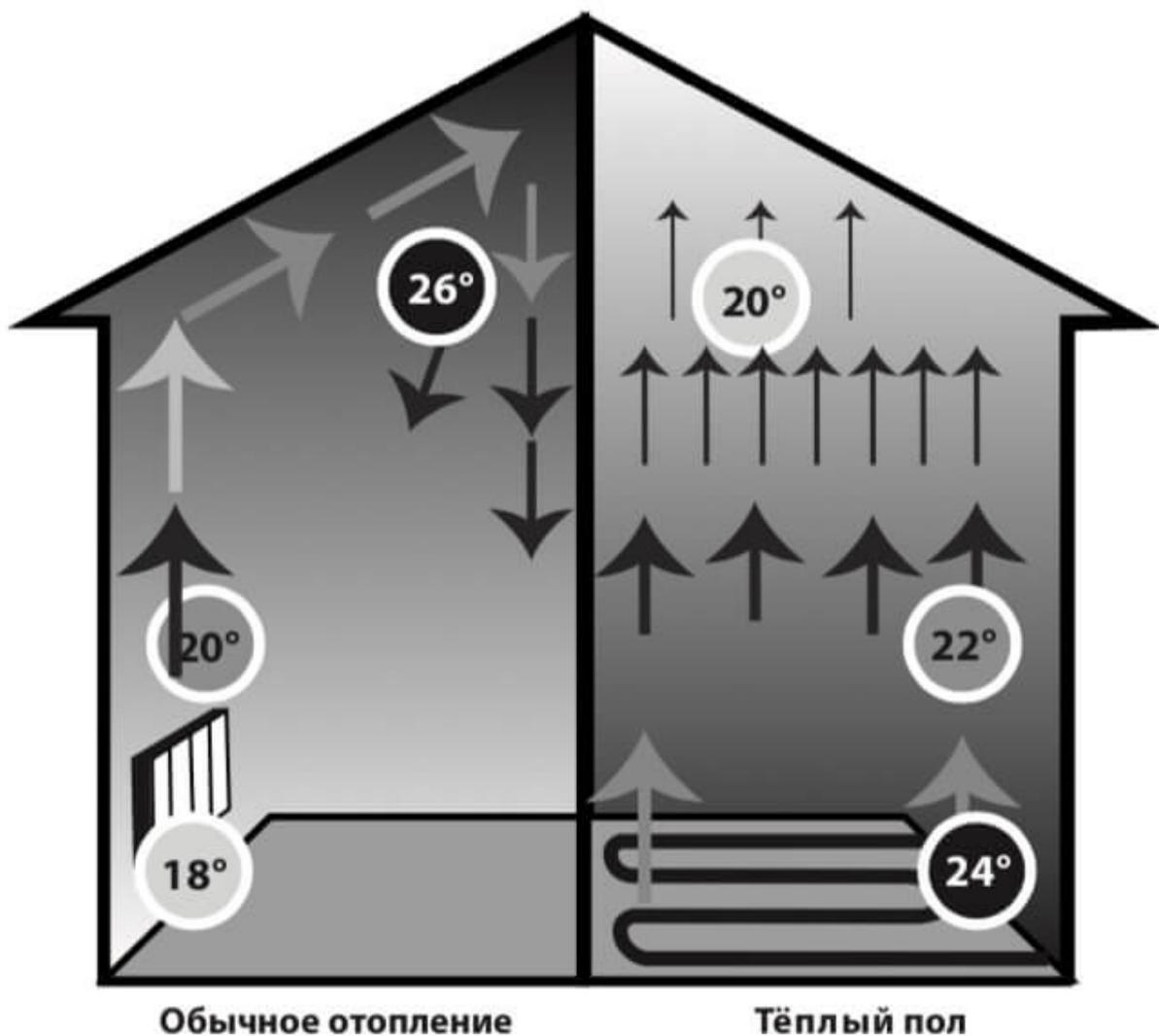


### **Котел системы автономного отопления для небольшого дома**

Проведи исследование движения конвекционных потоков в своей комнате. Зажги свечу. Медленно обойди несколько раз вокруг комнаты, огибая предметы обстановки. В первый раз держи свечу на вытянутой руке вверх, затем — приблизительно на уровне груди, и наконец — опустив её вниз. Точно так же трижды пересеки комнату по диагонали. Пламя свечи играет роль индикатора воздушных потоков: оно будет отклоняться в ту сторону, куда движется воздух, и останется неподвижным, если движения воздуха нет.

Нарисуй схему движения потоков воздуха в комнате. Дополни

своё исследование измерением температуры. Если сейчас тёплое время года и отопление не работает, проведи исследования на кухне до и во время работы плиты.



**Сейчас теплопроводные трубы нередко прокладывают под полом. Такая система «тёплого пола» изменяет направление конвекции и лучше прогревает комнату**

Если тебе стало интересно, сделай схемы конвекционных потоков в других помещениях, а потом попробуй разработать эффективную систему отопления для своего дома или квартиры.

**УРОК 9. ИЗЛУЧЕНИЕ. НЕ ПЕРЕГРЕЙСЯ НА**

# СОЛНЦЕ!

## Словарь:

- тепловое излучение
- инфракрасное излучение
- тепловизор
- парниковый эффект

*Почему в солнечный день жарко?*



И в процессе теплопроводности, и в процессе конвекции тепло передаётся в результате движения молекул: в первом случае — при их столкновениях, во втором — в результате образования потоков. Но каким образом Солнце нагревает Землю? Ведь в космическом пространстве молекул практически нет. Как же солнечное тепло достигает поверхности нашей планеты?

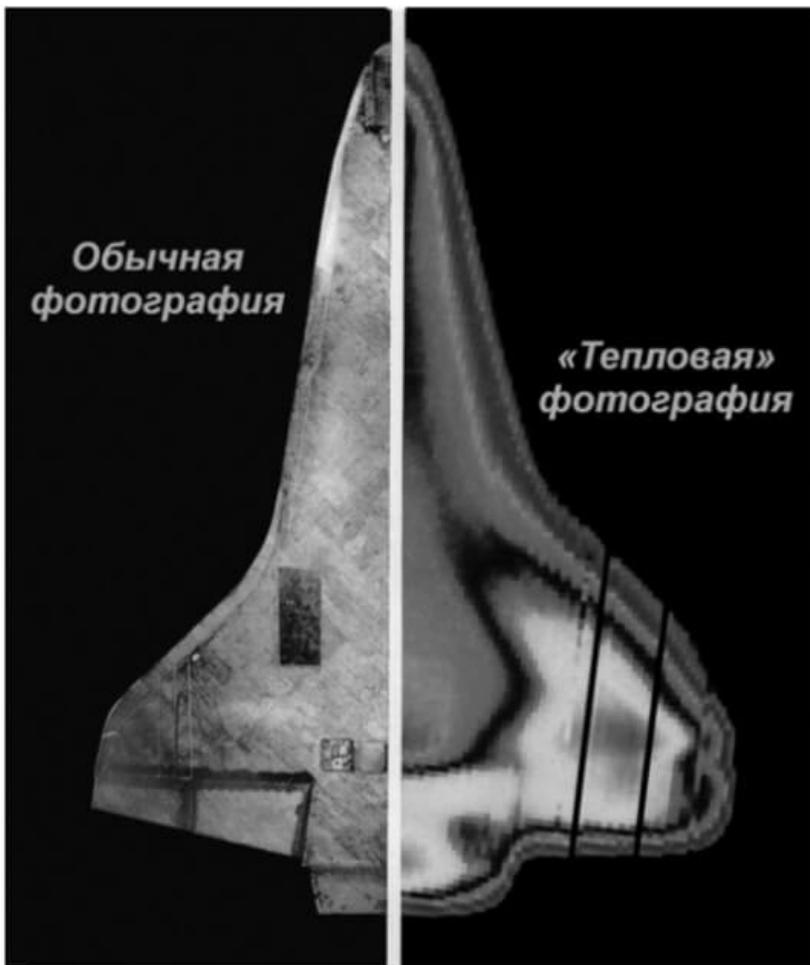
Существует ещё один метод передачи тепла. Учёные называют его тепловым излучением.

**Тепловое излучение** — это перенос тепловой энергии с помощью *электромагнитных волн*. Световые лучи представляют собой один из видов таких волн. (Подробнее об электромагнитных волнах ты узнаешь дальше, на уроках 22–23.) Когда лучи света попадают на поверхность какого-нибудь объекта, часть энергии отражается, а часть — поглощается и превращается в тепло. В особенности это относится к световым волнам *инфракрасной длины*. Мы их не видим, но чувствуем их тепло кожей, когда выходим из тени на освещённое солнцем место.



**Тепловизор — прибор ночного видения, улавливающий инфракрасные лучи и переводящий их в видимое нашему глазу изображение**

Большая часть тепловой энергии Земля получает от Солнца именно в виде **инфракрасного излучения**. Считается, что все электромагнитные волны могут превращаться в тепло, но именно с инфракрасным излучением это происходит легче всего и приводит к наибольшему повышению температуры.



**Тепловая фотография космического челнока (шаттла), сделанная в инфракрасных лучах перед его посадкой, помогла выяснить, какие части аппарата разогреваются при прохождении атмосферы сильнее всего**

Чем выше температура объекта, тем сильнее его инфракрасное излучение. Именно на этом принципе основаны приборы ночного видения — **тепловизоры**: они фиксируют инфракрасное излучение от окружающих предметов.

Теплопередача при помощи излучения возможна в любом веществе и даже в вакууме.

Мы сталкиваемся с излучаемым теплом в самых разных ситуациях. Нам теплее на открытом солнце, чем в тени, потому что излучаемое светилом тепло попадает на нашу кожу. Закрытый салон автомобиля нагревается в солнечный день, потому что излучаемая энергия проходит сквозь стекло, превращается в тепло, попадая на

сиденья, а затем остаётся заключённой внутри: ведь воздух не может выйти через закрытые окна, конвекции не происходит. В результате в салоне становится слишком жарко, поэтому люди стараются уменьшить количество попадающего внутрь тепла: тонируют стёкла, закрывают их на стоянке специальными отражающими излучение ковриками. Но этот же эффект может быть и полезным: он используется в оранжереях, теплицах и парниках, чтобы там круглый год сохранялось много тепла. Он так и называется — **парниковый эффект**.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В Антарктиде 90% всего теплового излучения отражается белым снегом и льдом, поэтому только небольшая его часть превращается в тепло. В результате там всегда холодно, и снег и лёд не тают.

Различные вещества поглощают разное количество излучаемой энергии. Кроме того, количество отражённого и поглощённого излучения зависит от цвета поверхности предмета. Тёмные цвета (в особенности чёрный) поглощают больше тепла, а светлые (особенно белый) — отражают бóльшую часть излучения. Поэтому люди обычно носят летом одежду светлых тонов, а зимой — тёмных. Светлая одежда отражает бóльшую часть излучаемой энергии, и поэтому нам не так жарко. Тёмная одежда поглощает больше инфракрасного излучения, и благодаря этому нам становится теплее.



## **Воздух в теплицах и оранжереях нагревается благодаря парниковому эффекту**

Излучаемое тепло поглощается чёрным асфальтом и тёмной землёй больше, чем травой. Поэтому ранний снег тает сначала на улицах, а на лужайках с травой остаётся лежать дольше. А летом приятнее лежать на траве, чем на асфальтированной площадке, потому что от излучаемого тепла асфальт становится слишком горячим.



**Так как асфальт — тёмного цвета, он хорошо поглощает и излучает тепло**

## **НАБЛЮДАЕМ ИЗЛУЧАЕМУЮ ЭНЕРГИЮ**

**Цель:** увидеть зависимость поглощения излучения от цвета объекта.

**Необходимые материалы:** два стакана, чёрная бумага, белая бумага, термометр.

### **Ход работы**

1. Оберни снаружи один стакан чёрной бумагой, а второй — белой.
2. Налей в оба стакана одинаковое количество воды и измерь температуру воды в обоих стаканах. Она должна быть одинаковой.
3. Поставь стаканы на солнечное место.
4. Как ты думаешь, что произойдёт с температурой воды в обоих стаканах? Запиши свою гипотезу.
5. Измеряй температуру воды каждые пять минут в течение получаса и записывай измерения.
6. Через полчаса сравни температуру воды в стаканах.

## Вопросы

- Что можно сказать о температуре воды в стаканах?
- В каком стакане вода нагрелась сильнее?
- Совпал ли результат с твоей гипотезой?
- Почему вода в стакане, обёрнутом чёрной бумагой, нагрелась сильнее, чем в стакане с белой бумагой?

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Змеи отлично воспринимают тепловое излучение, но не глазами, а кожей. Поэтому и в полной темноте они способны обнаружить теплокровную жертву.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое тепловое излучение?**
- **Какой вид электромагнитных волн легче всего переносит тепловую энергию?**
- **Какие цвета лучше всего поглощают излучаемое тепло?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Откуда мы знаем, что солнечное тепло не передаётся с помощью теплопроводности или конвекции?**
- **Какого цвета сиденья в большинстве автомобилей? Почему?**
- **Почему многие жители стран с жарким климатом носят одежду тёмных цветов?**

## УСТРОЙСТВО ТЕРМОСА



Наверняка у тебя дома есть термос. Туда наливают горячие напитки, чтобы они долго (в течение суток) не остывали. Чай,

приготовленный с вечера и налитый в термос, утром остаётся горячим. Это удобно, потому что с утра не всегда бывает много времени, чтобы вскипятить чайник. Точно так же можно хранить в термосе и охлаждённую жидкость: на протяжении суток она будет оставаться холодной. Поэтому термосы с холодными напитками берут в жаркий день на пикник.

Справа изображена схема внутреннего устройства термоса. На основании того, что ты узнал о теплопроводности, конвекции и тепловом излучении, объясни, каким образом каждая часть термоса помогает сохранять неизменной температуру внутри него.



Возьми лист бумаги и запиши, как работает для поддержания температуры внутри термоса:

- внешняя крышка,
- внутренняя крышка,
- внешняя оболочка,
- зеркальное покрытие колбы,
- вакуум между слоями стекла,

- уплотнение крышек.

## УРОК 10. СОЛНЕЧНАЯ И ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ. ЕСТЕСТВЕННОЕ ТЕПЛО

### Словарь:

- солнечная энергия
- фотоэлемент
- геотермальная энергия
- магма
- возобновляемые источники энергии

*Как можно использовать энергию Солнца и Земли?*



В наши дни самый важный вид энергии — это электричество. Но для того, чтобы выработать его, на многих современных электростанциях используется тепловая энергия. Вырабатывают электричество огромные электромагниты, состоящие из неподвижной и движущейся частей. Движущаяся часть соединена с турбиной, которая вращается под воздействием механической энергии пара. А чтобы превратить воду в пар, необходимо тепло.

Одни электростанции используют для своей работы тепло ядерных реакций. На других тепловая энергия высвобождается при сжигании ископаемых видов топлива — угля, природного газа или нефти. Но Бог дал нам ещё два природных источника тепла, которые также можно использовать для получения электричества.

На прошлом уроке ты узнал, что солнечное излучение производит

тепло. Таким образом, на Землю каждое мгновение поступает огромное количество **солнечной энергии**. Её, как и другие источники тепла, тоже можно превращать в электричество.

Преобразование солнечного излучения в механическую или электрическую энергию не является современным изобретением. Первая машина, качавшая воду под давлением расширяющегося воздуха, нагретого солнцем, была разработана в 1615 году во Франции. Там же в 1879 году демонстрировалась аналогичная установка, приводившая в действие печатный станок.

В большинстве подобных моделей специальные устройства — *концентрирующие коллекторы* — использовались для нагрева воды или воздуха до температур порядка нескольких сот градусов. Полученные водяной пар или нагретый воздух применялись затем для совершения механической работы.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Французские учёные придумали способ получения электричества из... дождя. По мнению разработчиков необычного генератора, дождевые капли могут производить небольшие порции даровой энергии для различных электронных устройств. Такие генераторы могут быть очень полезными в сельской и малонаселённой местности — там, где трудно и дорого менять батарейки.

А как перевести энергию Солнца в электричество? Ты наверняка видел, как используется солнечная энергия в простейших бытовых приборах. Крошечные солнечные батареи — **фотоэлементы** — стоят в современных калькуляторах. Такие же, только чуть побольше, используют в садовых светильниках: за день батарея накапливает энергию солнечных лучей, а как только стемнеет — от этой энергии зажигается и почти всю ночь горит небольшая светодиодная лампочка.



### **У садового фонарика фотоэлемент небольшого размера**

Однако людей больше интересует применение солнечной энергии в промышленных масштабах. Проблему создаёт то, что Солнце — непостоянный источник тепла. Его света мы лишены ночью; зимой, когда тепло нужнее всего, наше светило очень быстро уходит за горизонт; утром и вечером солнечные лучи рассеяны и падают на поверхность земли косо (под большим углом), поэтому бóльшая часть их отражается, а не поглощается. Тем не менее уже созданы устройства, способные круглый год обеспечивать теплом и электроэнергией целый дом. Существуют и солнечные электростанции. Подробно об использовании энергии Солнца ты сможешь узнать из пособия «Вселенная».



## Гигантская солнечная батарея, расположенная в пустынной местности

Ещё один источник тепла — это **геотермальная энергия**. Слово «геотермальный» означает «тепло Земли». Под земной корой на больших глубинах находится раскалённый жидкий слой, представляющий собой расплавленные горные породы. Вещество этого слоя называется **магмой**. Таким образом, глубоко под нашими ногами содержатся немислимо огромные запасы тепла.

Часть тепла из глубин Земли достигает поверхности или находится неглубоко под ней, нагревая подземные воды выше температуры кипения. Иногда эти воды выходят на поверхность. Это можно наблюдать, например, в Йеллоустонском национальном парке (США): под воздействием подземного тепла там бурлят грязевые котлы и на поверхность постоянно вырываются гейзеры — фонтаны горячей воды и пара.



## **Один из многочисленных гейзеров в Йеллоустонском национальном парке (США)**

Геотермальную энергию тоже можно использовать для получения электричества. В тех местах, где тепло магмы подходит близко к поверхности, были построены геотермальные электростанции. Большинство из них расположены в Исландии, Новой Зеландии, Японии и Китае. Несколько таких электростанций есть в Европе, Африке и США.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

К сожалению, во многих местах магма скрыта глубоко под земной корой, и добраться до неё невозможно. Геотермальная энергия наиболее доступна около разломов *тектонических плит*.



## **Геотермальная электростанция в Исландии**

Чтобы добраться до источника геотермальной энергии, бурят скважины — от 300 до 3000 метров глубиной. Иногда в скважине находятся подземные горячие воды; тогда эта вода и пар непосредственно поступают к турбинам, которые производят электроэнергию. Но чаще добыча тепла производится посредством бурения двух скважин в горячих твёрдых горных породах: в одну из них закачивается вода, которая, нагреваясь, попадает в смежную скважину и выходит в виде пара.

О геотермальной энергии и её использовании также подробно рассказывается в другом нашем пособии — «Планета Земля».

Солнечная и геотермальная энергия считаются **возобновляемыми источниками энергии**, так как они постоянно пополняются извне. В отличие от запасов ископаемого топлива, их невозможно исчерпать. Они практически бесконечны. Разумеется, весь наш мир не бесконечен и однажды будет полностью преображён Богом: об этом свидетельствует нам Библия. Но до конца времён, когда бы он ни настал, эти два естественных

источника тепловой энергии будут нам доступны. Учёные продолжают искать способы их эффективного использования.

## **ЗНАКОМИМСЯ С ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

Геотермальные электростанции получают тепло от воды, нагретой магмой внутри горных пород.

**Цель:** показать, как действует геотермальная энергия.

**Необходимые материалы:** противень, камни, духовка, стакан, термометр, дуршлаг, большая миска, варежки — «прихватки».

### **Ход работы**

1. Положи 15–20 камней диаметром 5–7 см на противень.
2. Включи духовку (*если ты пользуешься газовой плитой — выполняй это задание в присутствии взрослых!*)
3. Нагревай камни в духовке 20 минут при температуре около 100 °С.
4. Пока камни нагреваются, налей в стакан воду из-под крана.
5. С помощью термометра измерь температуру воды.
6. Положи дуршлаг на большую миску или кастрюлю.
7. Когда камни нагреются, надень варежки — «прихватки» и осторожно переложи камни в дуршлаг.
8. Медленно лей воду на камни.
9. Убери дуршлаг и измерь температуру воды в миске (кастрюле).

### **Выводы**

Температура воды повысилась на несколько градусов. Горные породы внутри земной коры гораздо горячее, чем наши камни, и тепло не так легко улетучивается в воздух; поэтому вода внутри Земли нагревается гораздо сильнее. Более того, так как вода под землёй часто находится под давлением, иногда она перегревается: её температура превышает точку кипения (100 °С), но вода при этом не превращается в пар. Когда вода прорывается на поверхность, оказываемое на неё давление падает, и она мгновенно превращается в пар — который и используется для вращения турбин

электростанции.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Откуда берётся солнечная энергия?**
- **Откуда берётся геотермальная энергия?**
- **Как используется солнечная энергия?**
- **Как используется геотермальная энергия?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Как тепловая энергия Солнца превращается в электричество в солнечных батареях различной конструкции?**
- **Почему в большинстве местностей сложно строить геотермальные электростанции?**
- **Существуют ли электростанции, на которых для вращения турбин используется не тепловая, а другой вид энергии?**

## **СОЛНЕЧНАЯ ПЕЧЬ**



Попробуй разработать собственный способ использования солнечной энергии. Сделай модель солнечной печи, в которой солнечное тепло использовалось бы для того, чтобы разогревать еду. Продумай, какие поверхности отражают и поглощают солнечную энергию, и как можно её сконцентрировать. Также реши, как сделать, чтобы тепло не уходило из печи.

Построй такую солнечную печь и испытай её. Нужную тебе информацию ты найдёшь в книгах, а также в интернете, если введёшь в поиск словосочетание «солнечная печь».

# ЧАСТЬ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Представление об электрической энергии
- Статическое электричество
- Отличие проводников от изоляторов
- Представление об электрическом поле
- Ток в электрической цепи
- Принцип действия элементов питания
- Характеристики электричества
- Особенности устройства электрических цепей

## УРОК 11. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯДЫ

### Словарь:

- элементарные частицы
- электрический заряд
- электрон
- протон
- нейтрон
- ион
- противоположная полярность
- одинаковая полярность
- статическое электричество
- валентные электроны

## Какие заряды притягиваются, а какие — отталкиваются?



Электричество играет важнейшую роль в жизни современного человека. Оно — источник энергии для огромного количества устройств. Холодильник, телевизор, люстры и настольные лампы, мобильный телефон, компьютер — всё это не будет работать без электрической энергии. Когда в результате урагана или другого стихийного бедствия в каком-нибудь городе возникают перебои с электричеством, жизнь в нём практически замирает.

Останавливается электротранспорт — троллейбусы, трамваи и метро, замирают лифты в домах, гаснет свет, начинают оттаивать продукты в супермаркетах и на складах, выключается реанимационная аппаратура в больницах (чтобы предотвратить это, в лечебных учреждениях устанавливаются отдельные генераторы, которые способны временно, до исправления поломок, снабжать энергией больничные электроприборы).

Но что мы знаем об электричестве (кроме того, что оно появляется из розетки на стене)? Давай немного ближе познакомимся с этим источником энергии.

Ты уже знаешь, что атом состоит из **элементарных частиц**: электронов, протонов и нейтронов. Протоны и нейтроны составляют атомное ядро, а электроны располагаются вокруг него. Какое же ещё различие существует между этими частицами? Они отличаются друг от друга **электрическим зарядом**.

Часто дети играют в помещении с надувными воздушными шариками: несколько секунд энергично трут их о свои волосы, а затем подбрасывают — и шарики «прилипают» к потолку. Ты, наверное, тоже так делал? В результате такой нехитрой процедуры шарик приобретает электрический заряд, и именно этот заряд притягивает его к потолку. Уже в Древней Греции люди знали, что янтарь, потёртый о шерсть, начинает притягивать лёгкие предметы.

А в конце XVI века английский физик и придворный врач Уильям Гильберт заметил, что такие свойства приобретают после натирания и некоторые другие предметы: они заряжаются какой-то неизвестной пока энергией. Он назвал эти явления *электрическими*, то есть «подобными янтарю»: *янтарь* поллатыни — «электрум».

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Молния — тоже результат действия статического электричества.

В начале XVIII века французский учёный-физик Шарль Дюфе исследовал электрически заряженные предметы и их взаимодействия. Он установил, что существует два рода электрических зарядов: один образуется при трении стекла о шёлк, а другой — при трении смолы о шерсть. Поэтому Дюфе назвал заряды «стеклянным» и «смоляным». Во второй половине того же столетия Бенджамин Франклин, учёный и один из отцов-основателей США, назвал «стеклянный» заряд *положительным*, а «смоляной» заряд — *отрицательным*. Этими обозначениями мы и пользуемся до сих пор. А сам термин «электрический заряд» предложил в 1785 году французский физик и инженер Шарль Кулон. В его честь потом назвали единицу измерения электрического заряда в Международной системе единиц — *кулон* (обозначается *Кл*). Один кулон равен заряду  $6,24 \times 10^{18}$  электронов.

Давай теперь вернёмся к устройству атома. Частиц, входящих в его состав, мы назвали три, а зарядов существует всего два. **Электроны** (названные так, кстати, тоже в честь янтаря, только по греческому его названию, которое так и звучит — «электрон») — это частицы, обладающие отрицательным электрическим зарядом. Входящие в состав ядра **протоны** имеют положительный электрический заряд; а **нейтроны** потому так и названы, что они нейтральны — то есть никакого заряда не имеют. Число электронов и протонов в атоме совпадает, так что отрицательный заряд электронов нейтрализует положительный заряд протонов. Поэтому атом в целом электрически нейтрален.

Но бывает и по-другому. Под воздействием тех или иных условий — например, высокой температуры, определённых видов излучения, физических воздействий (в виде трения) — атом теряет или присоединяет несколько электронов. При этом он превращается

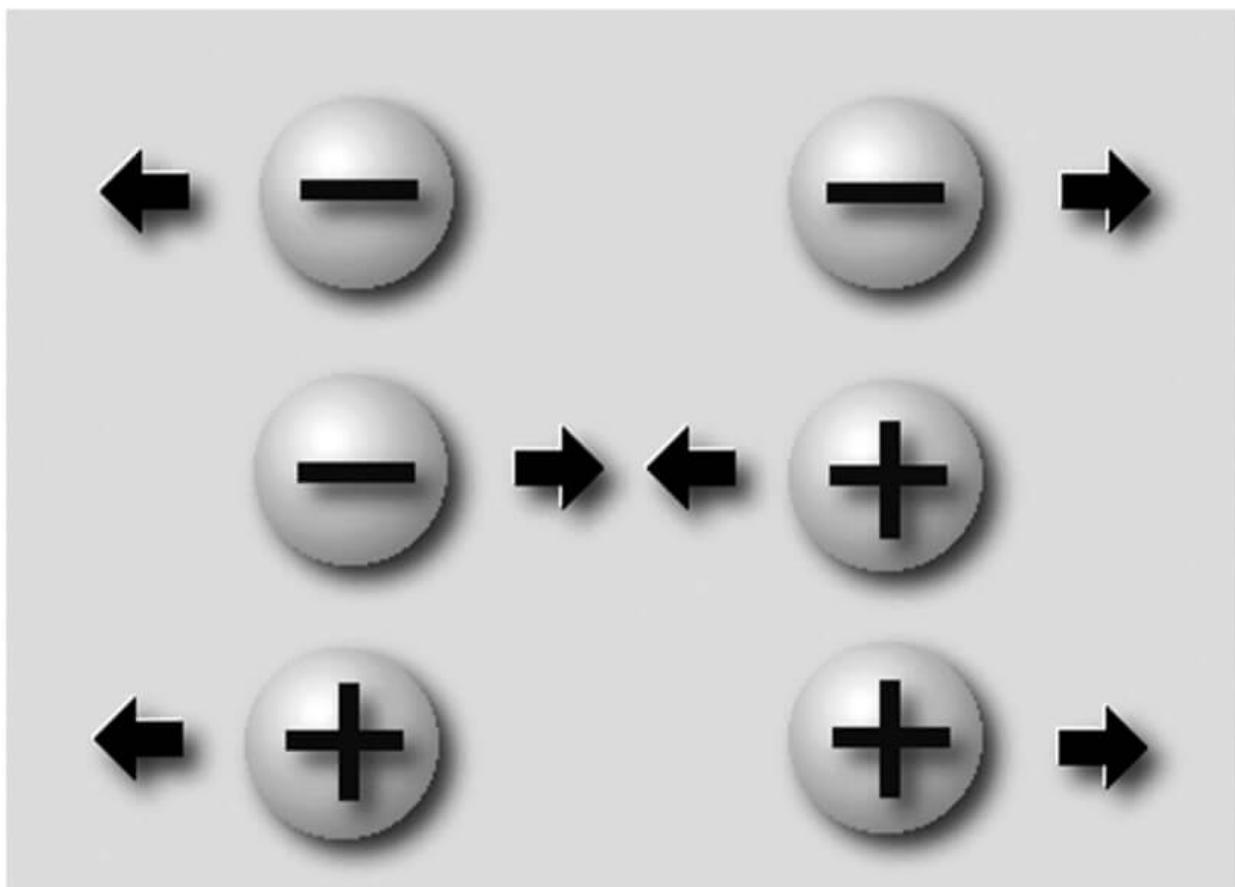
в **ион** — частицу, обладающую электрическим зарядом. Если атом потерял электроны, он превратился в ион, заряженный положительно; если присоединил электроны — ион получится отрицательным. Почему атом теряет именно электроны? Во-первых, их масса намного меньше, чем у протонов и нейтронов. А во-вторых, ты же помнишь, что связи внутри атомного ядра намного сильнее, чем между ядром и электронами.

Ионы возникают также, если молекула вещества распадается под различными воздействиями на две части, каждая из которых может состоять из нескольких атомов. Каждая такая пара образовавшихся ионов имеет различные заряды: один из них заряжен положительно, а другой — отрицательно.



Но атомы стремятся быть нейтральными; поэтому частицы с противоположным электрическим зарядом притягиваются друг

к другу, а частицы с одинаковым зарядом — друг от друга отталкиваются. Это явление — взаимодействие электрических зарядов — тоже открыл Шарль Кулон, ставя опыты с электрически заряженными предметами. На тонких нитях он подвешивал наэлектризованные шарики и постепенно сближал их. На определённом расстоянии некоторые шарики начинали притягиваться друг к другу, а некоторые — отталкиваться друг от друга. Выяснилось, что притягиваются отрицательный и положительный заряды (то есть заряды **противоположной полярности**), а отталкиваются одинаковые заряды — два положительных или два отрицательных (**одинаковой полярности**).



### **Взаимодействие электрических зарядов зависит от их полярности**

Именно в результате этого явления и появляется электричество (вспомни, какое определение мы дали этому виду энергии на 1 уроке). Притяжение и отталкивание вызывают движение

электронов и перенос электрического заряда; об этом мы поговорим дальше.

Воздушный шарик, если его потереть, заряжается статическим электричеством. **Статическое электричество** — это свободный неподвижный электрический заряд.

Мы часто сталкиваемся в быту со статическим электричеством. Например, пройдя босиком по шерстяному коврику, а затем прикоснувшись к отопительной батарее, можно получить лёгкий удар током. Происходит это потому, что в результате трения о твои ступни молекулы, из которых состоят шерстинки ковра, теряют часть электронов. Эти электроны остаются на твоём теле, и у него появляется отрицательный электрический заряд. Когда ты прикасаешься к трубе батареи, которая другим своим концом (за пределами твоего дома) закопана в землю, лишние электроны быстро уходят по ней с тела, и ты это ощущаешь. Ещё один пример: если расчёсывать вымытые сухие волосы пластиковой расчёской, они электризуются и «тянутся» за расчёской — притягиваются к ней. При взаимном трении волосы получают отрицательный заряд, расчёска — положительный, а заряды противоположной полярности, как ты знаешь, притягиваются. Одновременно каждый волос отталкивается от соседних, так как они все заряжены одинаково. В результате волосы могут «встать дыбом». Зимой волосы электризуются, если ты носишь на улице шерстяную шапку.



### **Чистые сухие волосы наэлектризовались при расчёсывании**

Электроны в атомах располагаются на нескольких уровнях, одни — ближе к ядру, другие — дальше от него. Электроны, которые расположены на внешнем уровне, называют **валентными электронами**; именно они участвуют в химических реакциях (помнишь, что это такое?), потому что им легче всего «оторваться» от ядра. Валентные электроны передаются от одного предмета другому (например, от ковра твоему телу), в результате чего эти предметы становятся электрически заряженными.

## **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Нервная система человека работает потому, что от одного нерва к другому переходят электрические сигналы. Именно они позволяют нам видеть, слышать, осязать, различать вкус и запах.

Итак, предметы получают статический электрический заряд, если их атомы теряют часть электронов, или наоборот, если к ним перемещается часть электронов от другого предмета.

Переместившиеся электроны остаются на одном и том же месте, пока не «найдут» противоположный заряд. Молекулы сухого воздуха не предоставляют такой возможности. Поэтому если твоё тело наэлектризовалось (как в приведённых выше примерах), полученные им дополнительные электроны не переходят к другим предметам по воздуху. Чтобы избавиться от них — «снять» статическое электричество, — нужно прикоснуться к веществу, в котором электроны способны свободно перемещаться между атомами: например, к металлической батарее или железному забору.

Впрочем, в воздухе всегда находится некоторое количество молекул воды, которые могут электризоваться. Так что постепенно статическое электричество, которым заряжен предмет, ослабевает и в конце концов рассеивается.

## **СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

Проделай эксперимент с воздушным шариком, о котором шла речь на этом уроке.

**Цель:** наблюдать действие статического электричества.

**Необходимые материалы:** воздушный шарик, мелкая тарелка, овсяные хлопья.

### **Ход работы**

1. Надуй шарик и хорошо его завяжи.
2. Подбрось шарик к потолку. Остался ли он на потолке?
3. Теперь интенсивно потри шарик о свои волосы и снова попробуй «прилепить» его к потолку. Получилось ли на этот раз?
4. Возьми мелкую тарелку и насыпь в неё тонким слоем овсяные хлопья.

5. Проведи заряженным шариком над хлопьями на высоте примерно 3–5 сантиметров.

## Вопросы

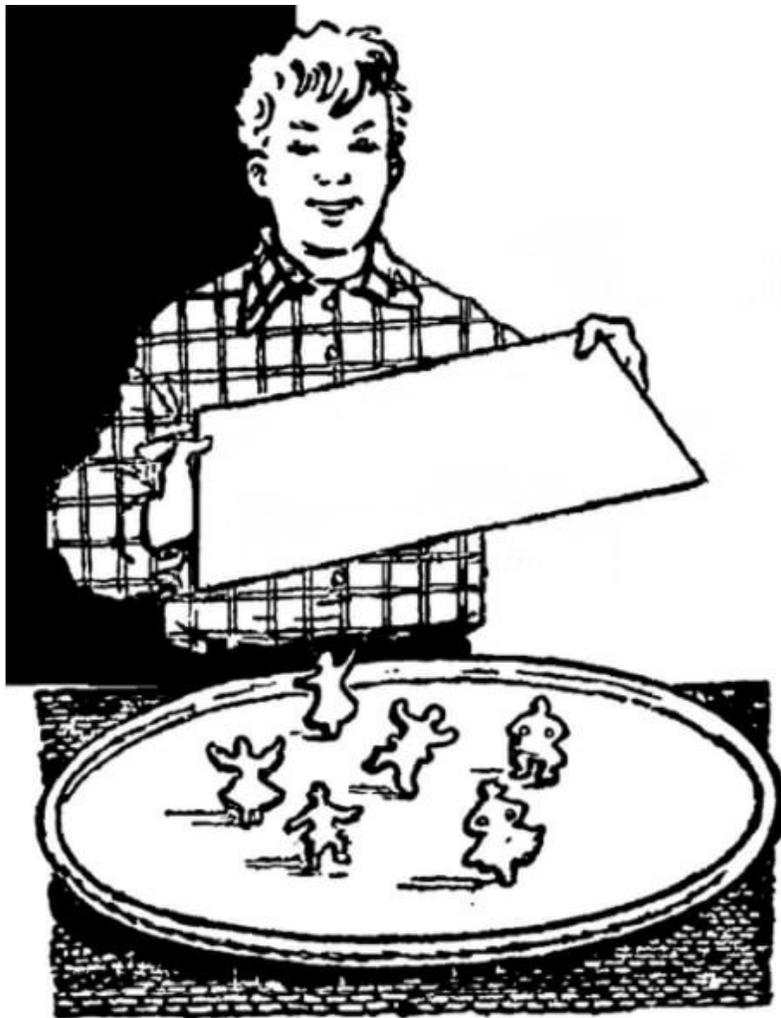
- Почему шарик прилип к потолку после того, как ты потёр его о волосы?
- Как теперь выглядят твои волосы?
- Долго ли шарик продержался под потолком?
- Почему спустя некоторое время шарик упал?
- Почему овсяные хлопья «приклеились» к шарiku?

А теперь сделай ещё один забавный опыт.

**Цель:** использовать действие статического электричества для развлечения.

**Необходимые материалы:** стекло, две книги, папиросная бумага, ножницы, шерстяная или шёлковая тряпочка.

1. Возьми кусок стекла длиной около 30 см и примерно такой же ширины, тщательно вымой его, используя средства для удаления жира, и просуши.
2. Возьми две книги и положи их обрезами внутрь на стол на расстоянии 20 см друг от друга.
3. Используй книги как держатели для стекла: вложи его между страницами книг так, чтобы оно оказалось на высоте двух-трёх сантиметров над поверхностью стола.
4. Вырежи из тонкой (лучше всего, папиросной) бумаги забавных человечков или фигурки животных.
5. Натрай стекло шёлковой или шерстяной тряпочкой (обязательно сухой) и наблюдай, что будет происходить с фигурками.



## **Выводы**

Спустя некоторое время бумажные фигурки начнут «подпрыгивать» и прилипнуть к стеклу. Их притягивает заряд статического электричества, который возник в стекле при его натирании.

Если утяжелить ножки у фигурок (например, закрепить внизу обыкновенную булавку), фигурки не оторвутся от стола, а встанут вертикально. «Танец бумажных человечков» будет продолжаться всё время, пока ты трёшь стекло. Помни: стекло и тряпка должны быть сухими!

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Откуда берётся электрическая энергия?**

- **Какими электрическими зарядами обладают различные элементарные частицы внутри атома?**
- **Что такое ионы и как они образуются?**
- **Что такое статическое электричество?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Вспомни и назови другие примеры возникновения статического электричества, с которыми тебе доводилось сталкиваться.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**



Действие статического электричества используется в самых разных устройствах и приспособлениях. Самый известный сегодня пример — это многие принтеры и копировальные аппараты. В лазерном принтере луч лазера создаёт на печатном барабане участки статического электричества, заряженные тем сильнее, чем темнее цвет, который нужно получить на бумаге. Красящий порошок — тонер — притягивается к этим заряженным участкам. Затем барабан прижимается к бумаге, и горячие валики впечатывают изображение или текст на бумажный лист.

Статическое электричество помогает также уменьшить загрязнение природы. Многие технические процессы приводят к возникновению дыма, пыли, сажи, кислотных и щелочных паров. Чтобы они не попадали в атмосферу, используются специальные электростатические фильтры, которые притягивают частицы этих примесей, очищая от них воздух.

Рыба коптится гораздо быстрее в специальной электрической камере, в которой установлены электроды, имеющие отрицательный заряд, а конвейер с продуктом заряжен положительно.

Положительно действует на организм так называемый «статический душ», а органы дыхания лечат с помощью специальных электроаэрозолей — взвеси мельчайших капелек лечебных препаратов, обладающих электрическим зарядом.



Но статическое электричество не всегда бывает полезным. Внезапный электростатический разряд может испортить электронное оборудование.

Выясни сам, какой вред наносит электронным приборам статическое электричество и как можно избежать этого. В современной жизни мы пользуемся множеством электронных приспособлений, и эта информация будет тебе крайне полезна.

# УРОК 12. ПРОВОДНИКИ И КОНДЕНСАТОРЫ. ПЕРЕНОС ЗАРЯДА

## Словарь:

- носители заряда
- проводники
- изоляторы (диэлектрики)
- полупроводники
- конденсатор

## Дополнительные слова:

- микросхема
- транзистор
- логические элементы
- двоичный код
- дизъюнктор («ИЛИ»)
- конъюнктор («И»)
- инвертор («НЕ»)

*Как накапливать и сохранять электрический заряд?*



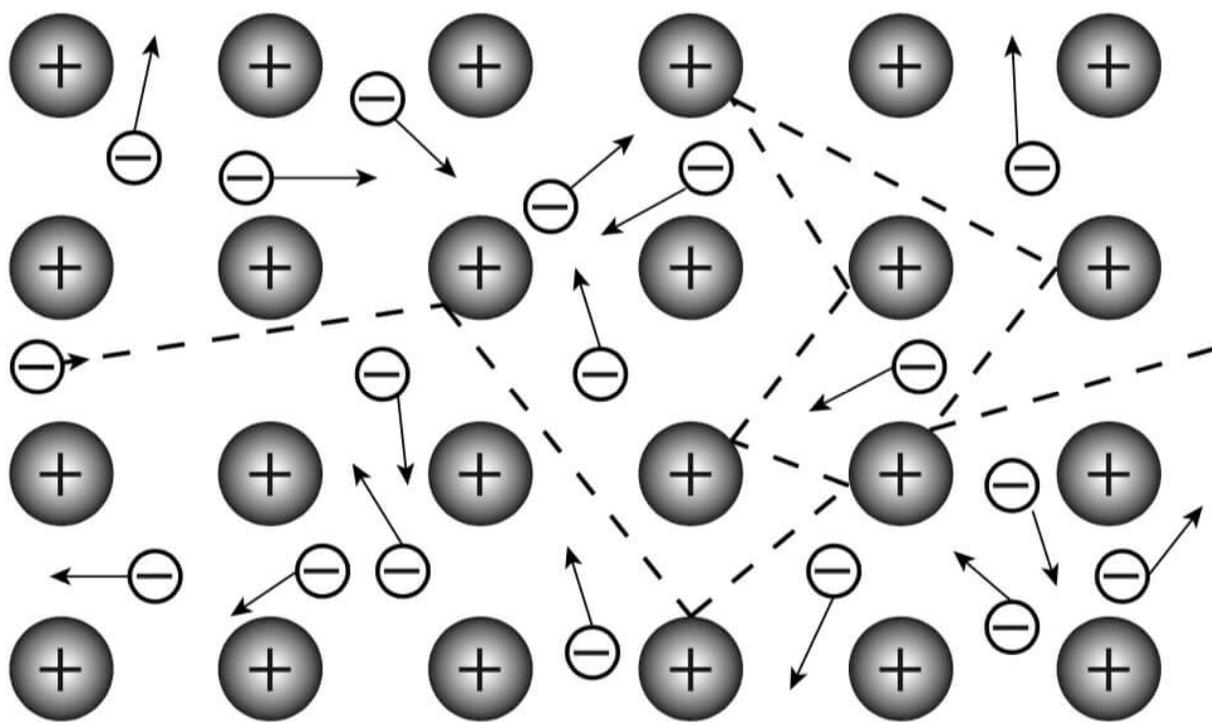
Как ты знаешь, электрическая энергия возникает в результате взаимодействия и движения электрических зарядов. Для того чтобы заряд передвигался, необходимо, чтобы его движение обеспечивали какие-нибудь частицы, играя роль свободных **носителей заряда**.

Как правило, свободными носителями заряда в различных веществах бывают электроны. Но в ряде случаев заряд могут

переносить и содержащиеся в том или ином веществе свободные ионы.

Однако помимо веществ, в которых свободные носители заряда могут перемещаться, Бог сотворил и такие, в которых подобное движение невозможно.

Материалы, в которых носители заряда способны свободно перемещаться, называются **проводниками**. Все металлы (прежде всего, медь и алюминий), растворы солей и кислот, влажная почва, тела людей и животных — хорошие проводники электрических зарядов. В этих веществах валентные электроны, покинувшие свои места, свободно перемещаются между атомами. Особенно хорошо это свойство проявляется в металлах. Интересно, что материалы, хорошо проводящие электричество, как правило, обладают и высокой теплопроводностью.



### Перемещение свободных электронов в металлическом проводнике

Тебе известно, что вещества, которые плохо проводят тепло, носят название теплоизоляционных; подобным образом вещества, плохо проводящие электричество, называются *электроизоляторами*, или просто **изоляторами**. Другое их название — **диэлектрики**.

Наиболее распространённые электроизоляционные материалы — стекло, дерево, пластмасса, резина, воздух.

Изоляторы обеспечивают нашу безопасность, когда мы пользуемся электрическими приборами, оборудованием и бытовой техникой. Из них изготовлены ручки инструментов (отвёрток, плоскогубцев), изоляция электрических проводов; работая с проводами высокого напряжения, специалисты-электрики надевают толстые резиновые перчатки, подкладывают под ноги резиновый коврик или становятся на стеклянную скамеечку, чтобы не пропустить заряд через себя.

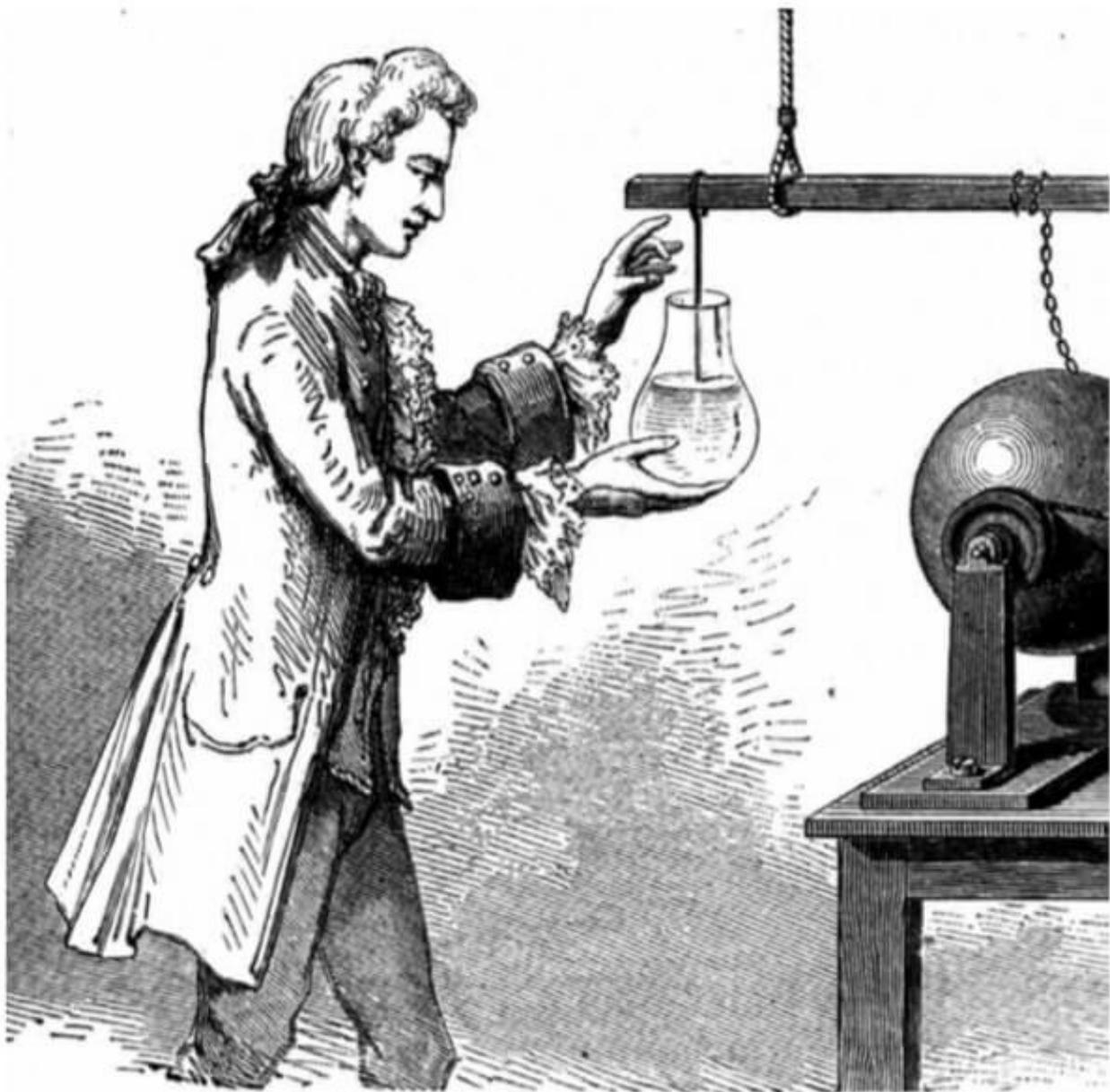
Однако существуют и такие вещества, которые занимают промежуточное положение между проводниками и изоляторами. Среди них есть как химические элементы (самые известные из них — кремний и германий), так и сплавы и химические соединения. Все их валентные электроны задействованы для связи атомов друг с другом. Но при определённом внешнем воздействии часть электронов всё-таки отрывается от своих атомов, и в этих веществах начинает происходить перенос электрического заряда. Такие материалы называются **полупроводниками**. Они обладают очень важным свойством: их электрическая проводимость увеличивается с ростом температуры.

Полупроводники играют важнейшую роль в современной технике. Пропуская небольшие количества электронов, они делают это быстро, не производя при этом значительного количества тепла и не проводя его. Благодаря этим свойствам стало возможным производство микросхем, которые используются в компьютерах, мобильных телефонах и многих других электронных устройствах.

Первоначально, исследуя электрические явления, учёные *генерировали* электрический заряд, используя трение разных материалов друг о друга. Выяснилось, что самый сильный заряд получается, если потереть два разных изолятора. Но для того, чтобы использовать электрическую энергию, надо было научиться не только получать необходимый заряд, но и сохранять, «накапливать» его.

Первый **конденсатор** — устройство для накопления заряда и энергии электрического поля (от греческого слова «конденсаре» — *сгущать*) — был случайно изобретён в 1745 году в голландском

городе Лейдене физиком Питером ван Мушенбруком. Рассказывают, что он взял стеклянную банку (зная, что стекло является изолятором) и наполнил её подсоленной водой: сама по себе чистая вода практически не проводит электричество, но даже небольшая доля растворимых примесей превращает её в проводник. Затем он опустил в эту банку медную проволоку, прикреплённую к контактам машины, вырабатывавшей электричество при помощи трения. Взяв банку в правую руку, Мушенбрук стал вращать диски машины. После того как, по его мнению, в банке накопилось достаточное количество зарядов, он взялся левой рукой за проволоку, чтобы отсоединить её. В этот момент учёный ощутил сильный электрический удар; его рука и плечо онемели, и он решил, что ему «пришёл конец». Рассказав коллегам о случившемся, Мушенбрук предупредил их: «этот новый и страшный опыт советуем самим никак не повторять».

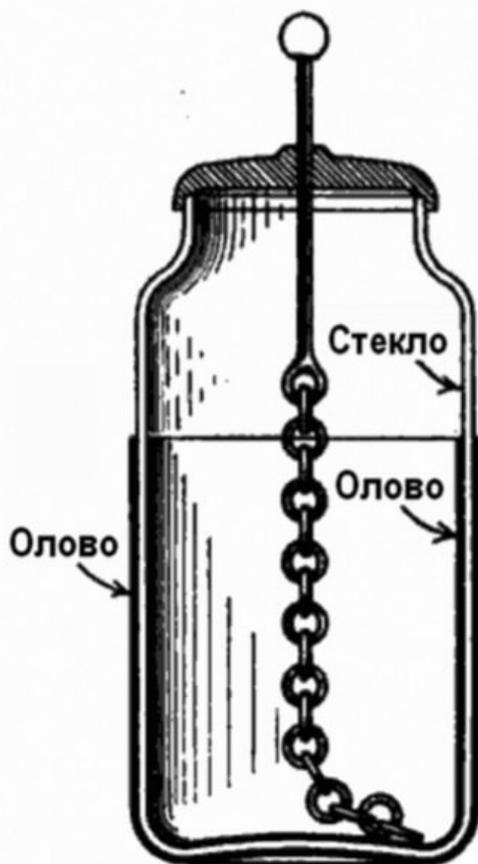


### **Открытие Питера ван Мушенбрука**

В том же году к идее аналогичного эксперимента пришёл немецкий физик Эвальд Юрген фон Клейст — и тоже чуть не погиб. Стало ясно, что устройство для накопления заряда должно состоять из двух проводников (*обкладок*), разделённых слоем диэлектрика. В первых опытах роль внутренней обкладки играла подсолённая вода, а внешней — рука человека, который держал банку.

Для улучшения действия и повышения безопасности устройства его усовершенствовали. Стеклоянную банку изнутри и снаружи

оклеили тонкими листами металла (сначала — свинца, а впоследствии — олова): дно покрывалось с обеих сторон полностью, а стенки — примерно на 2/3 высоты. Верх закрывался деревянной крышкой, через которую проходил металлический стержень. К нему внутри банки крепилась металлическая цепь такой длины, чтобы её конец лежал на обкладке дна. Такая конструкция получила название по месту её изобретения — «лейденская банка».



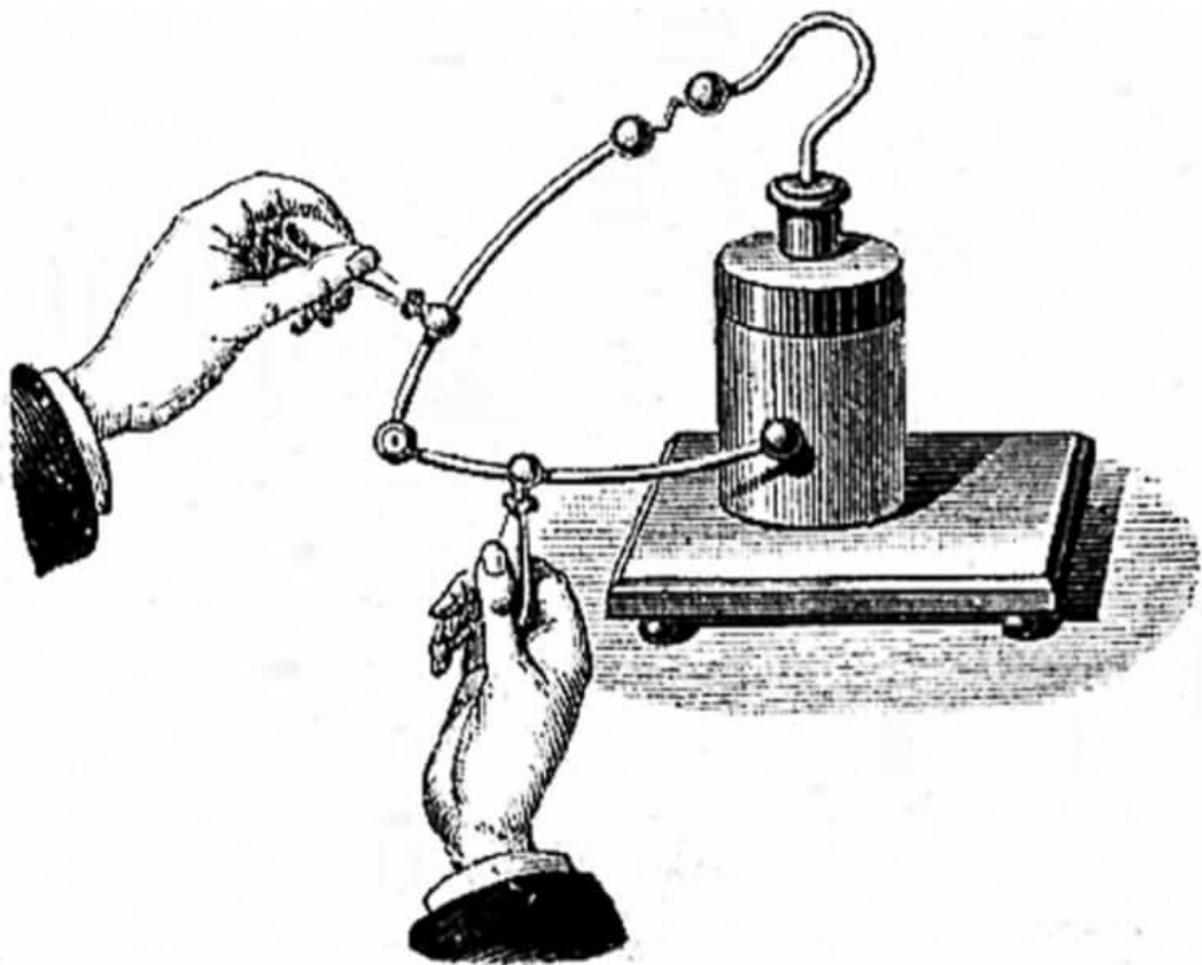
**Лейденская банка**

Заряжали лейденскую банку, прикоснувшись к верхнему концу металлического стержня предметом, уже имеющим электрический заряд (или присоединив его к электрической машине). При этом на внутренней обкладке скапливался положительный заряд, а на внешней — равный ему по величине отрицательный. А когда изолированные друг от друга обкладки соединяли проводником, лейденская банка разряжалась.

Исследования показали, что количество электричества, накапливаемое в банке, тем больше, чем больше размер обкладок

и чем тоньше слой изолятора — стекла.

Со временем были созданы более совершенные устройства для хранения заряда. Большинство современных конденсаторов содержит много слоёв диэлектрика и многослойные электроды (проводники). Но основной принцип их работы остаётся тем же.



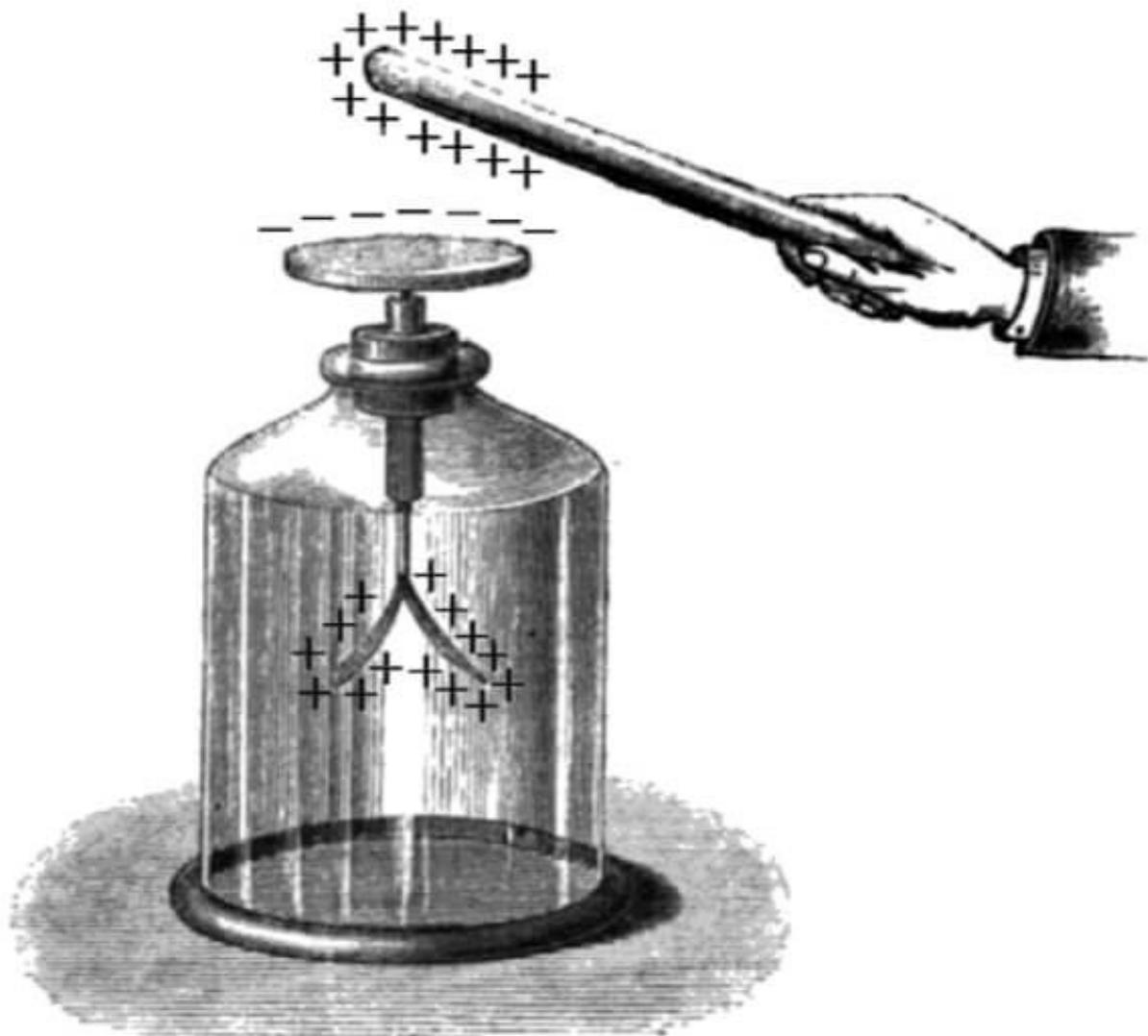
### **Так лейденская банка разряжалась**

Были сделаны также изобретения, позволяющие получать электричество, превращая в него химическую энергию. О них мы поговорим немного позже.

## **ЭЛЕКТРОСКОП**

Электричество невозможно увидеть: мы не в состоянии наблюдать движение электронов или электрического заряда. Как же узнать, заряжен ли электрический прибор — не рискуя жизнью и не

пропуская заряд через себя?



Мы видим действие электричества. Например, когда ты трешь шарик о волосы, он прилипал к потолку. Иногда мы видим искру от электрического разряда. Какими ещё способами может проявить себя электрическая энергия?

В 1787 году священник и учёный Авраам Беннет изобрёл прибор для обнаружения электрического заряда и назвал его *электроскопом*. Принцип его действия основан на том, что заряды одинаковой полярности отталкиваются друг от друга.

**Цель:** сделать и испытать электроскоп.

**Необходимые материалы:** алюминиевая фольга, большая

скрепка, небольшая стеклянная банка с пластмассовой крышкой, шило или толстая игла, пластилин, пластмассовая расчёска, воздушный шарик.

### **Ход работы**

1. Распрями скрепку, чтобы она приняла форму латинской буквы L.
2. В центре пластмассовой крышки сделай шилом отверстие. Вставь в него скрепку так, чтобы загнутая часть скрепки была внутри банки, а противоположный конец торчал над крышкой.
3. Отрежь кусок алюминиевой фольги длиной 5 см и шириной 2 см. Сложи его пополам.
4. Возьми готовую крышку, повесь фольгу на загнутую часть скрепки и аккуратно закрой банку. Электроскоп готов.
5. Проведи несколько раз расчёской по волосам. Поднеси расчёску к верхней части скрепки.



## Вопросы

- Что произошло с фольгой? Почему её края разошлись в разные стороны?
- Что произойдёт, если вместо расчёски поднести к стержню электроскопа воздушный шарик, заряженный трением?
- Что произойдёт, если поднести к стержню электроскопа по очереди другие материалы — изолирующие и проводящие? Какие из этих материалов вызовут движение в электроскопе?

**СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое электрический проводник?**
- **Что такое электрический изолятор?**
- **Что такое полупроводник?**
- **Что такое конденсатор?**
- **Как устроена лейденская банка?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему материалы, хорошо проводящие тепло, являются обычно и электрическими проводниками?**
- **Заряд лейденской банки тем сильнее, чем тоньше слой диэлектрика между обкладками; почему же для их изготовления не использовались стеклянные сосуды с совсем тонкими стенками?**

## **МИКРОСХЕМЫ**



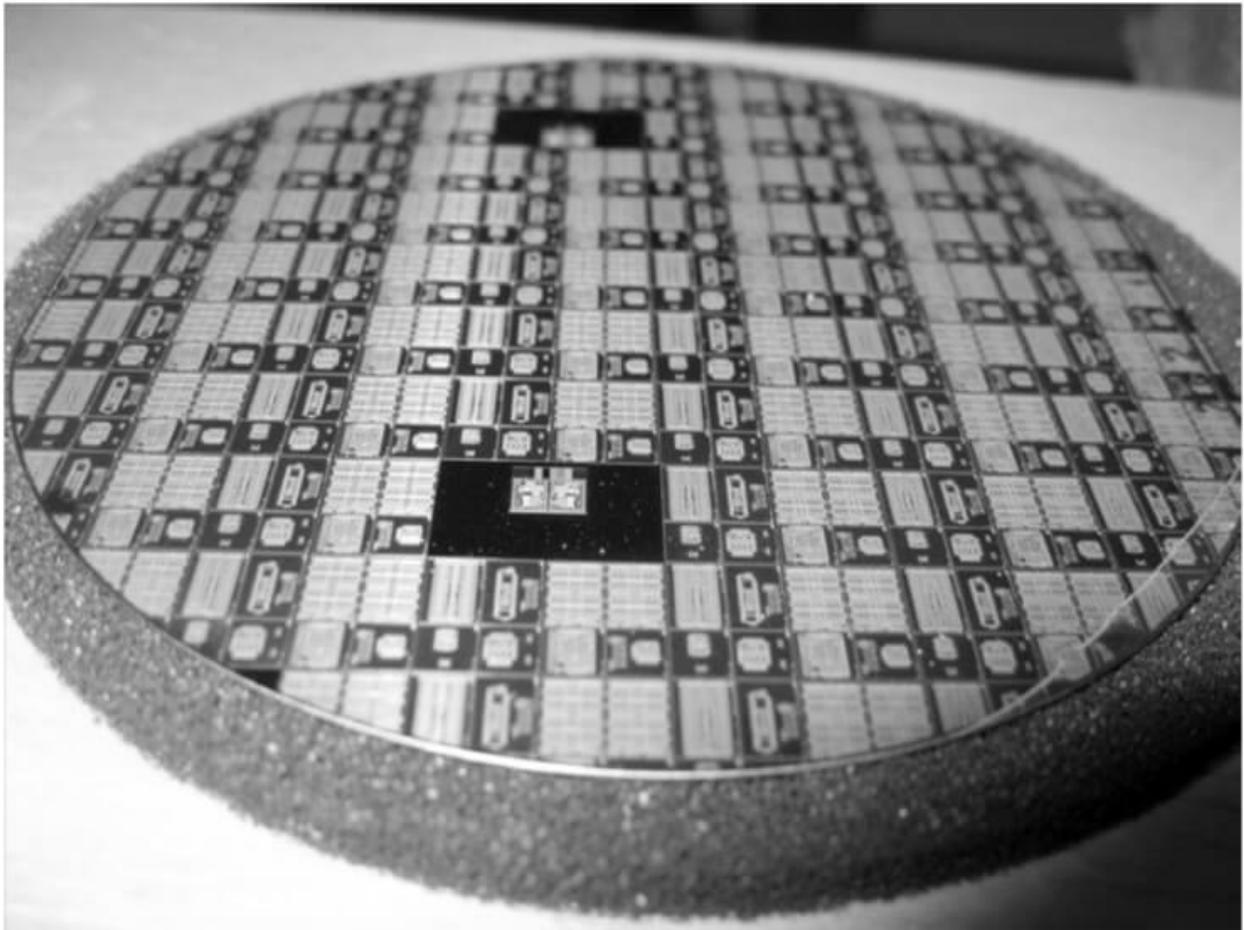
Открытие полупроводниковых материалов сделало возможным развитие такой науки, как электроника. Полупроводники внесли серьёзнейшие перемены в нашу повседневную жизнь.

Современные приборы способны выполнять множество функций. Так, с помощью смартфона ты можешь не только позвонить знакомому, но и сделать фотографии и видео, прослушать музыку или посмотреть фильм. Ещё 20 лет назад слова «сфотографировать на телефон» казались абсурдными. Трудно было и представить себе уменьшение размера телефонного аппарата до плоской коробочки, легко помещающейся в кармане.

Внутри множества приборов и устройств, которые нас окружают, находятся сложные *электронные схемы*, управляющие прохождением электрических зарядов. Отдельные электронные компоненты, определённым образом соединённые между собой,

позволяют выполнять множество простых и сложных операций: усиливать сигналы, обрабатывать и передавать информацию и т. д. Применение полупроводников позволяет делать эти схемы очень маленькими; они так и называются — **микросхемы**. Их производство — очень важная отрасль современной экономики.

Основой для микросхемы служит полупроводниковый материал, чаще всего — кремний (силикон). Монокристалл кремния разрезают алмазными дисками на тончайшие пластины. Каждую из них тщательно полируют. На такой пластине (*подложке*) с помощью сложных технологий формируется электронная схема. Все эти процессы проводятся в специальных помещениях со сверхчистой атмосферой. Иначе пыль может осесть на пластину и нарушить элементы и соединения микросхемы (гораздо меньшие по размерам, чем частицы пыли).



Главное место в микросхеме занимают **транзисторы** — миниатюрные электронные переключатели, позволяющие

управлять током в электрической цепи с помощью входного сигнала. Транзистор имеет три электрода: *исток*, *сток* и *затвор*. Подавая на затвор то положительный, то отрицательный заряд, можно управлять электрической энергией на двух других электродах. В одном случае исток и сток начинают проводить электрические заряды; в другом случае они «выключаются» и не пропускают *электрический ток*.

Вообще-то транзистор — это отдельный полупроводниковый прибор, и в микросхему он, конечно же, не вставляется. Но в микросхеме формируются **логические элементы**, которые обладают главным свойством транзистора: пропускать или не пропускать электрические заряды в зависимости от того, какой заряд подан на затвор (управляющий электрод). В одной микросхеме — миллионы таких миниатюрных транзисторов. Они позволяют заряду каждый раз перемещаться, в зависимости от условий, по пути, который соответствует этим условиям.

Для чего это нужно? Для передачи информации. Чтобы мы могли передавать электронным устройствам команды, которые они смогли бы принять, обработать и произвести необходимые нам действия, нужно было сначала разработать общий язык, на котором возможен «разговор» с этими устройствами.

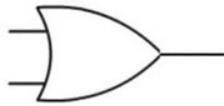
Единственный вид информации, который «понимают» микросхемы — это электрические сигналы, имеющие два состояния: «сигнал есть» и «сигнала нет». И каждый транзистор может находиться только в этих двух состояниях, которыми мы можем управлять. Именно эти два состояния стали алфавитом, из которого составляются все «слова», адресованные электронным устройствам. Одна буква — это «заряд в транзисторе есть», другая буква — «заряда в транзисторе нет». Прибор, имеющий, подобно транзистору, два состояния, может быть назван *двоичным*. Включенное состояние транзистора можно обозначить единицей, а выключенное — нулём. Длинными цепочками нулей и единиц, вырабатываемых множеством транзисторов, можно представлять буквы, числа, цвета и графические объекты. Такой принцип называется **двоичным кодом**.

Но отдельные «слова», составленные из нулей и единиц, ещё не будут командой. Нужно каким-то образом связать эти слова друг

с другом, чтобы получилась команда (так же, как в нашем языке слова соединяются в предложения). Поэтому логические элементы сделаны так, чтобы передавать, как именно связаны между собой поступающие электрические *импульсы*.

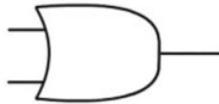
Существует три основных типа логических элементов.

Первый называется «**ИЛИ**» (другое название — **дизъюнктор**). Его значение похоже на значение союза «или» в русском языке. Когда ты говоришь: «Хочу, чтобы ко мне пришёл Коля или Богдан», — достаточно прихода хотя бы одного из этих твоих друзей, чтобы твоё желание исполнилось. Элемент «ИЛИ» обозначается символом:



Линии слева обозначают то, что на входе; линии справа — то, что на выходе. Если в элемент «ИЛИ» поступит хотя бы один входной сигнал 1 (есть ток), на выходе тоже будет сигнал 1 (ток пойдёт дальше).

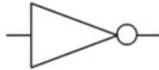
Второй вид логических элементов называется «**И**» (другое название — **конъюнктор**). Обозначается он символом:



В нашем языке союз «и» обозначает более строгую связь. Если ты скажешь: «Хочу, чтобы ко мне пришли Коля и Богдан», — твоё пожелание исполнится только в том случае, если до тебя доберутся оба мальчика. В элементе «И» сигнал 1 (наличие тока) на выходе будет только в том случае, если оба входящих сигнала имеют значение 1.

Третий логический элемент означает «**НЕ**» (другое название — **инвертор**). Это отрицание. Если твои друзья уже подходят к твоей квартире, а ты вдруг меняешь решение и говоришь: «Не хочу, чтобы Коля и Богдан приходили», — им остаётся только повернуть назад. Соответственно, инвертор изменяет значение входящего сигнала на

противоположное. Если на вход поступает сигнал 1, то на выходе будет 0 (отсутствие тока), а если на входе будет 0, то на выходе, соответственно, получится 1. Обозначают инвертор символом:



Без использования полупроводников добиться таких превращений сигналов было бы невозможно.

Чтобы лучше запомнить изложенные здесь начальные сведения об информационных технологиях, выполни небольшое задание. Подумай и ответь, что будет на выходе логического элемента, если:

- на входе у дизъюнктора 1 и 1;
- на входе у дизъюнктора 0 и 0;
- на входе у дизъюнктора 0 и 1;
- на входе у конъюнктора 1 и 1;
- на входе у конъюнктора 0 и 0;
- на входе у конъюнктора 1 и 0;
- на входе у инвертора 1;
- на входе у инвертора 0.

## *ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

### **«ЭФФЕКТ ФРАНКЛИНА» И ЕГО ОПРОВЕРЖЕНИЕ**

Умение задавать вопросы о том, как именно Господь устроил наш мир, и получать на них ответы с помощью эксперимента — это самое важное, что должен уметь каждый учёный. Именно этот процесс двигает науку вперёд, приводит к новым открытиям, к созданию новых моделей мироздания, к всё более сложным изобретениям, которые меняют нашу жизнь.

Фундамент современной науки состоит из сложного набора теорий и гипотез, которые регулярно проверяются, перепроверяются, уточняются. Нередко случается, что новые данные разрушают представления, которые казались твёрдо установленными и научно доказанными.

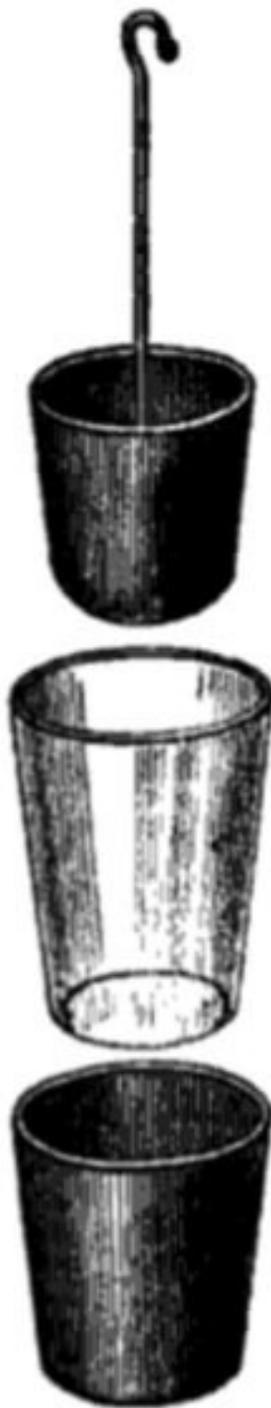
С изобретением лейденской банки связана история об одном эксперименте, результаты которого привели учёных к выводу, казавшемуся очевидным — и, тем не менее, оказавшемуся неверным.

Одним из первых исследователей нового изобретения — лейденской банки — стал американский учёный, просветитель и политик Бенджамин Франклин. Именно он, в частности, установил, что в этом устройстве одновременно накапливаются заряды, равные по величине и противоположные по знаку.

Франклин задался вопросом: где именно накапливаются заряды в лейденской банке? Чтобы получить ответ, он проделал опыт. Франклин зарядил лейденскую банку (используя в качестве внутренней обкладки воду), а затем вынул из нее стержень и вылил воду в другой сосуд. Учёный рассуждал так: если вода действительно стала электрически заряженной, то этот заряд окажется на новом месте. Однако получить разряд, используя второй сосуд, не удалось. Тогда Франклин налил в первую лейденскую банку обычную воду из чайника — и получил разряд практически такой же силы, как обычно.

Какой вывод можно было сделать из этого опыта? Бенджамин Франклин решил: заряды «сидят» в стекле, а не в обкладках. Все,

у кого могли возникнуть сомнения в научной чистоте проделанного им эксперимента, могли легко его повторить и проверить. Такие опыты множество раз проводились различными учёными — и результаты всякий раз были одинаковыми. Казалось, что все научные требования соблюдены, и факты неопровержимо подтверждают теорию Франклина. Была даже создана демонстрационная модель лейденской банки, с помощью которой преподаватели показывали учащимся знаменитый опыт.



И тем не менее вывод Франклина оказался неверным!  
Наблюдаемое им явление имело совсем другое объяснение.

Ошибочная теория просуществовала почти 175 лет. За это время были хорошо изучены свойства проводников и изоляторов. Казалось удивительным и даже невозможным, чтобы диэлектрик накапливал

в себе заряд, а два проводника, контактирующие с ним, не заряжались! Но демонстрация «эффекта Франклина» снова и снова заставляла сомневающихся смущённо умолкнуть. На глазах у поколений студентов преподаватель, надев резиновые перчатки, разбирал заряженную лейденскую банку, снимая с неё обе обкладки. Затем он прикоснулся одной обкладкой к другой и показывал, что они не имеют заряда: искры не было. Затем он снова собирал банку — она, к удивлению, оказывалась снова заряженной и при соединении обкладок проводом давала мощнейшую искру.

Объяснение этой ситуации было дано только в 1922 году, когда в лондонском «Философском журнале» была напечатана статья физика Дж. Адденбука. Автор статьи проделал опыт Франклина, взяв в качестве диэлектрика не стеклянную банку, а цилиндр из парафина. И результат получился совершенно иным, чем во всех предыдущих опытах: заряды находились на металлических обкладках (разумеется, до момента их соприкосновения), а вновь собранный конденсатор оказался незаряженным.

Из этого Адденбук сделал вывод: «эффект Франклина» происходил из-за того, что стекло в обычных условиях всегда покрыто очень тонкой водяной плёнкой. Именно эта плёнка и играла роль обкладок! После удаления проводников положительный и отрицательный заряды оставались на ней. Парафин же водой не смачивается, и на нём такая плёнка не образуется.

После этого опыт повторили со стеклянной банкой, тщательно её просушив и обеспечив в комнате сухой воздух. И заряд был обнаружен на обкладке, а не на стекле. «Эффект Франклина» не наблюдался.

Эта история показывает, насколько непростыми путями происходит развитие научного знания. Бывают ситуации, когда кажется: все имеющиеся доказательства подтверждают ту или иную теорию. Но проходит время, появляются новые факты — и теория начинает казаться всё более сомнительной. Наконец обнаруживается: факты, её подтверждавшие, на самом деле имеют совершенно иное объяснение. Система доказательств разваливается, и создаётся новая теория, которая старается связать воедино всё, что нам уже известно в данной области.

Помни об этом, когда будешь знакомиться с теорией эволюции, методом радиоизотопного датирования и некоторыми другими гипотезами, по поводу которых идёт полемика между сторонниками эволюционных и креационных взглядов. Всё увеличивающееся число фактов, не совпадающих с этими теориями, заставляет внимательно присмотреться: действительно ли они опираются на многочисленные доказательства, проверенные практикой, — или эти «доказательства» могут быть объяснены совершенно иначе?

## УРОК 13. МОЛНИЯ. И ГРЯНУЛ ГРОМ

### Словарь:

- молния
- гром
- молниеотвод

### *Атмосферное электричество*

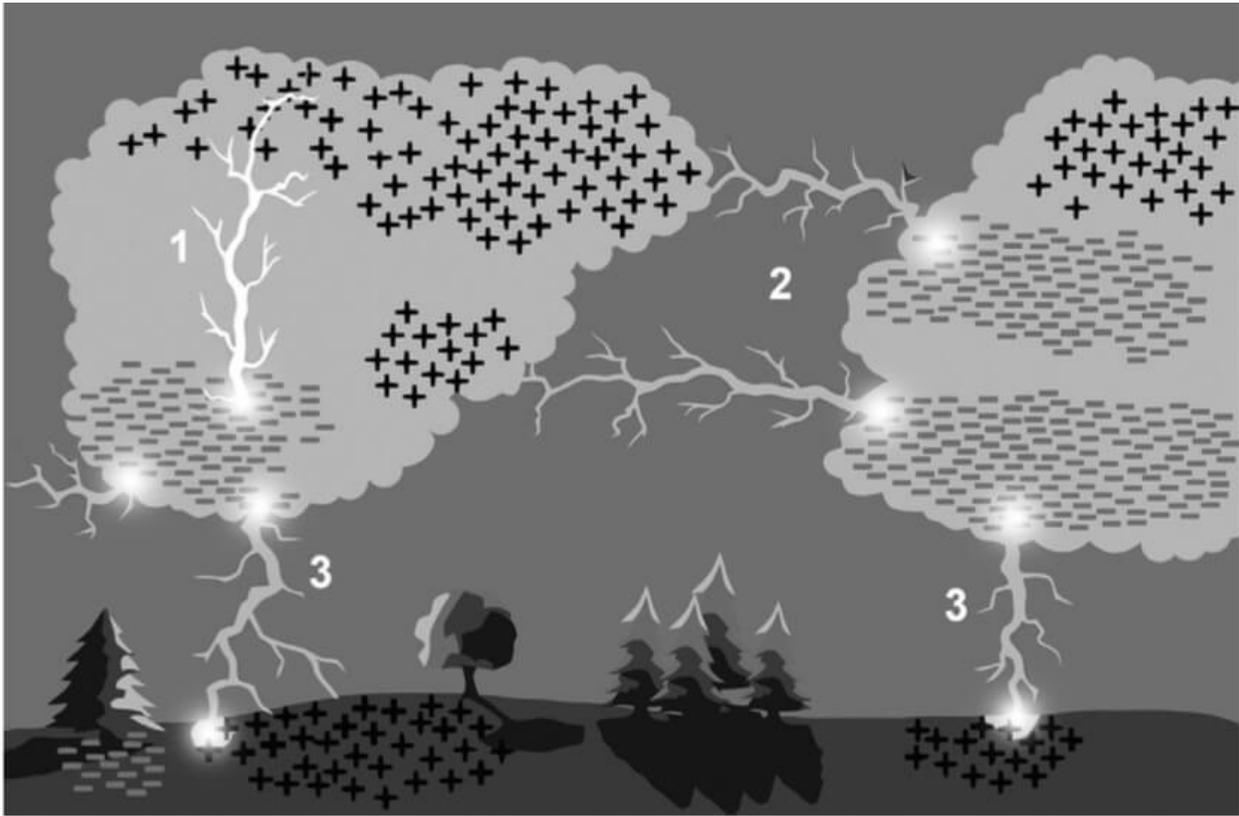


Во время грозы многие люди испытывают страх или хотя бы лёгкую тревогу. И немудрено: сильный ветер, ливень, днём становится темно, как в сумерках, из чёрной тучи бьют слепящие молнии, и в довершение всего над головой грохочет так, что хочется заткнуть уши.

Конечно же, первое, о чём мы вспоминаем при слове «гроза», — это молнии. В художественных произведениях, описывающих грозное ненастье, нередко встречается фраза: «Молния соединила небо и землю». Ты наверняка сам не раз наблюдал эту картину.

Но подумай вот о чём. Тебе известно, что молния — это порождение статического электричества. Знаешь ты и то, что

воздух — плохой проводник. Как же статический электрический заряд проходит из тучи через воздух к земной поверхности?



### Возникновение молний

**1 — разряд внутри облака (верхняя его часть заряжена положительно, нижняя — отрицательно)**

**2 — разряд между отрицательным зарядом одного облака и положительным зарядом другого**

**3 — разряд между землёй и отрицательным зарядом облака**

Действительно, **молния** — это гигантский электрический разряд в атмосфере, порождённый статическим зарядом, который возникает в грозовых облаках. Откуда он там берётся? Внутри этих огромных облаков (они называются кучево-дождевые), достигающих в высоту 8 километров, постоянно происходит известное тебе явление конвекции. Мощные восходящие тёплые и нисходящие холодные потоки воздуха перемещают внутри тучи капли воды и кристаллики льда. При этом они постоянно сталкиваются, трутся друг о друга, а также о молекулы воздуха. А ты же помнишь, что получается в результате трения? Да, появляются

электрически заряженные частицы, и облако становится электрически заряженным. Частицы с положительным зарядом накапливаются в верхней части облака, а с отрицательным зарядом — в его нижней части. Воздух изолирует эти заряженные области друг от друга.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Каждую секунду на Земле происходит в среднем 46 разрядов молний.

Но заряд усиливается, и рано или поздно сила притяжения между разными зарядами преодолевает изолирующее действие воздуха. Электрический заряд облака начинает передаваться молекулам воздуха, образуя положительно заряженные частицы — ионы. В воздухе формируется канал из ионов, очень хорошо проводящий электричество. Электроны устремляются в область с противоположным зарядом — и происходит быстрый электрический разряд. Он может произойти внутри облака, между двумя облаками или между облаком и землёй. Этот электрический разряд мы и называем молнией.

Подробнее о молниях, их образовании и мерах предосторожности во время грозы ты можешь прочесть в пособии «Вода и погода» (урок 16) серии *Божий замысел*.

Молния преобразует электрическую энергию облака в тепловую, световую и звуковую. Воздух рядом с молнией нагревается большим количеством выделившегося при разряде тепла. Из-за этого он очень быстро расширяется, но тут же охлаждается и вновь сжимается. Быстрое расширение воздуха (со скоростью выше скорости звука) вызывает звуковой удар, который мы называем **громом**. Обычно мы слышим не единичный удар, а раскаты грома. Это происходит из-за того, что молния очень длинна, и звук от различных точек её траектории приходит к нам не одновременно. Кроме того, этот звук многократно отражается от облаков и поверхности Земли.



Электрическую природу молнии открыл Бенджамин Франклин. В 1752 году он провёл во время грозы ставший знаменитым эксперимент с воздушным змеем. Сам Франклин так описывал свой опыт:

«К концу продольной палочки крестовины змея прикрепляется очень сильно заострённый провод длиной в 1 фут или больше. К концу бечёвки, ближайшему к руке, привязывается шёлковая лента, а в месте соединения бечёвки и ленты прикрепляется ключ. Змея нужно запускать при приближении грозы, а человек, держащий бечёвку, должен стоять в дверях, за окном или под другим укрытием, чтобы шёлковая лента не промокла. Нужно также позаботиться о том, чтобы бечёвка не касалась дверной или оконной

рамы. Как только какое-нибудь грозное облако приблизится к змею, заострённый провод начнёт вытягивать из него электрический огонь, и змей вместе с бечёвкой наэлектризуется. Волокна из бечёвки вылезут во все стороны и будут притягиваться к пальцу, если его приблизить. Когда дождь намочит змея и бечёвку так, что они станут свободно проводить электрический огонь, вы увидите, что он в изобилии вылетает из ключа, если приблизить к нему костяшки пальцев; от этого ключа можно зарядить лейденскую банку. От полученного таким образом электрического огня можно зажигать спирт и проводить все прочие электрические опыты, которые обычно делаются с помощью натёртого шара или трубки».

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Рой Салливан, американский лесничий, смотритель Национального парка Шенандоа, известен тем, что в период с 1942 по 1977 год был семь раз поражён молнией и остался жив. В связи с этим он получил прозвище «человек-громоотвод» и был занесён в Книгу рекордов Гиннеса.

Кажется, что всё очень просто? Но не пытайтесь повторить опыт Франклина даже со всеми предосторожностями: это очень опасно! Франклину очень повезло, что всё закончилось успешно и он остался в живых. Год спустя российский учёный Георг Рихман попытался повторить его опыты с атмосферным электричеством. Его поразила молния, и Рихман погиб.

Со временем Франклин изобрёл устройство, которое мы обычно называем *громоотводом*, хотя правильное его название — **молниеотвод**. Это металлический прут, который крепится на крыше здания. Он нужен для того, чтобы в здание не ударила молния. К пруту прикреплена металлическая же проволока, которая уходит в землю. Металл — хороший проводник электричества, поэтому если в прут попадает молния, электричество «стекает» по громоотводу в землю, и здание остаётся невредимым.



**На многих высоких зданиях стоят громоотводы**

## **МОЛНИЯ ВО РТУ**

**Цель:** создать электрический разряд у себя во рту.

**Необходимые материалы:** тёмная комната, мятные леденцы, зеркало.

### **Ход работы**

1. Зайди в очень тёмную комнату и встань перед зеркалом. Подожди несколько минут, чтобы глаза привыкли к темноте.
2. Достань мятный леденец.
3. Не закрывая рта, разгрызи леденец зубами. Наблюдай: от

этого должны появиться искры. Если ты всё делаешь правильно, то увидишь вспышки синеватого цвета.

4. Если по какой-то причине тебе нельзя грызть леденцы, можно сделать этот опыт по-другому. Возьми пластиковый пакет, леденец, молоток и кусок деревянной доски. Положи леденец в пакет, пакет с леденцом — на доску, и ударь по нему молотком. Смотри внимательно, чтобы заметить искры. Не забудь, что опыт надо проводить в очень тёмном помещении, и не попади молотком по пальцам.



## Вопрос

- Почему появляются искры?

## Выводы

Этот эффект — *триболюминесценция* (свечение кристаллов) — похож на электрический разряд, который порождает молнию, хотя мощность этих разрядов несравнима. Раскусывая мятный леденец, ты разламываешь содержащиеся в нём кристаллы сахара. В частях кристалла электроны распределены неравномерно, поэтому эти части становятся электрически заряженными, а при

соприкосновении двух частей с противоположными зарядами происходит разряд. При этом образуются свободные электроны, которые сталкиваются с другими частями кристаллов, а также с молекулами газов, входящих в состав воздуха, и передают им свою энергию. Стремясь избавиться от этой лишней энергии, молекулы излучают вспышку света. Именно эти вспышки ты и видел в ходе эксперимента.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что представляет собой молния?**
- **Чем вызываются молнии?**
- **Как возникает гром?**
- **Почему нельзя повторять опыт Франклина со змеем?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему молекулы воздуха достигают скорости, достаточной для появления грома?**
- **Почему гром и молнии чаще всего бывают в жаркие летние дни?**

## **МОЛНИИ И СОЕДИНЕНИЯ АЗОТА**



Ты помнишь, что различные виды энергии могут преобразовываться один в другой. На следующем уроке, помимо прочего, пойдёт речь о том, как химическая энергия может преобразовываться в электрическую. Но существует и обратный процесс. Вот лишь один из примеров.

Атомы азота, одного из газов, входящих в состав воздуха, необходимы для формирования клеток всех живых организмов. Животные получают его из растительной пищи, а растения — из

почвы. Брать его непосредственно из воздуха они не могут, так как способны усваивать лишь соединения азота с другими элементами — *нитраты*. Эти соединения попадают в почву различными путями. И некоторая их часть порождается молниями, во время гроз.

При обычных условиях атмосферный азот не вступает в химические реакции с другими газами. Чтобы это произошло, требуется большое количество энергии (высокая температура). Такое условие достигается при разрядах молний, температура которых доходит до 25 000 °С и больше. Электрический разряд нагревает атмосферу вокруг себя, и азот начинает соединяться с кислородом (происходит реакция окисления) с образованием различных соединений — *оксидов азота*. Эти вещества попадают вместе с дождём на землю, где немедленно реагируют с минералами, в результате чего образуются нитраты, необходимые растениям.

Таким образом, электрическая энергия, высвободившаяся в результате разряда молнии, переходит в тепловую, а та частично расходуется на создание новых химических связей при образовании оксидов азота.

Химические реакции под воздействием молний — лишь один из многих путей, которыми соединения азота попадают в почву. Бог создал для этого замкнутый цикл, который называется *круговоротом азота* в природе.

Рассмотри схему этого процесса. Найди и прочти о нём дополнительную информацию (в том числе раздел, отмеченный бабочкой, из 6 урока пособия «Мир экосистем»). Выясни значение каждого слова, приведённого на схеме. Подумай и ответь: какими другими способами, кроме описанного здесь, соединения азота попадают в почву?



## УРОК 14. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДА

Словарь:

- электрический ток
- электрическое поле
- электрическая цепь
- источник питания
- полюса источника питания
- электролит
- батарейка
- аккумулятор
- выключатель

### Дополнительные слова:

- дрейфовая скорость

### *Зачем нужна электрическая цепь?*



До сих пор речь шла о статическом электричестве — то есть о неподвижном, накопленном электрическом заряде. И всё же мы упоминали, что этот заряд может перемещаться. Именно в результате его перемещения происходят разряды молний и разряд лейденской банки, если соединить проводником её обкладки. Да и о проводнике мы говорили как о материале, в котором носители заряда способны свободно перемещаться.

С перемещением электрического заряда ты сталкиваешься много раз в день. Статическое электричество тоже бывает полезным. Но чтобы работали многочисленные электрические приборы, необходим **электрический ток** — упорядоченное движение заряженных частиц, и соответственно, электрического заряда. Обрати внимание, что ключевое слово в этом определении — *упорядоченное*. Что заставляет заряженные частицы соблюдать порядок и дружно двигаться в нужную нам сторону?

Тебе известно, что электрические заряды взаимодействуют друг с другом — притягиваются и отталкиваются. При этом они «ощущают» чужой заряд, находясь на некотором расстоянии друг от друга (вспомни опыты Кулона). Почему так происходит? Может быть, им помогает взаимодействовать воздух, находящийся между ними? Нет! Заряженные предметы ведут себя точно так же даже в вакууме: в сосуде, из которого полностью откачан воздух, или в космическом пространстве. Каким же образом они воздействуют друг на друга?

Ответ на этот вопрос был получен в XIX веке. Английские физики Майкл Фарадей и Джеймс Максвелл выяснили, что пространство, окружающее заряженное тело, отличается от пространства, в котором находятся незаряженные тела. Прийти к этому пониманию учёным помогли математические расчёты и построения.

В пространстве, где находится электрический заряд, существует **электрическое поле** — особый вид материи, отличающийся от вещества и передающий взаимодействие на расстоянии. Электрическое поле существует вокруг любых заряженных тел. С его помощью и осуществляется электрическое взаимодействие.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Когда учёные только начинали изучать электрические явления, они обозначили один тип заряда знаком «+», а другой — знаком «-». Эти обозначения могли бы быть и обратными: ведь на электроде не выгравирован значок минуса! Но в то время об электронах и о движении заряженных частиц ещё не знали. Поэтому, говоря о движении тока в проводнике, решили, что он перемещается от «плюса» к «минусу» — по аналогии с потоком воды: течёт оттуда, где «больше» («+»), туда, где «меньше» («-»). Однако потом оказалось, что в твёрдых проводниках движутся не положительно, а отрицательно заряженные частицы — электроны; и их движение происходит от отрицательного полюса к положительному. Но самое интересное: выяснилось, что это ничего не меняет. Движение отрицательного заряда от «минуса» к «плюсу» приводит к точно таким же результатам, как если бы положительный заряд двигался от «плюса» к «минусу». Стало ясно, что «направление тока» — это условное понятие, и было решено его не менять. Таким образом, если свободными носителями заряда являются отрицательно заряженные частицы, то направление тока противоположно их движению. Получается, что ток движется в противоположную сторону, чем носители заряда! Но надо просто помнить, что направление тока — это условное, а не реальное направление.

Электрическое поле невозможно увидеть; о его существовании можно судить лишь по его действию. Это действие можно обнаружить, если поместить в пространство, где существует поле, какое-либо тело. Вспомни, что происходило с бумажными

фигурками, когда на них начинало действовать электрическое поле, создаваемое заряженным воздушным шариком. Вблизи заряженных тел поле сильнее, а при удалении от них — ослабевает. Именно действие электрического поля позволяет добиться упорядоченного движения заряженных частиц.

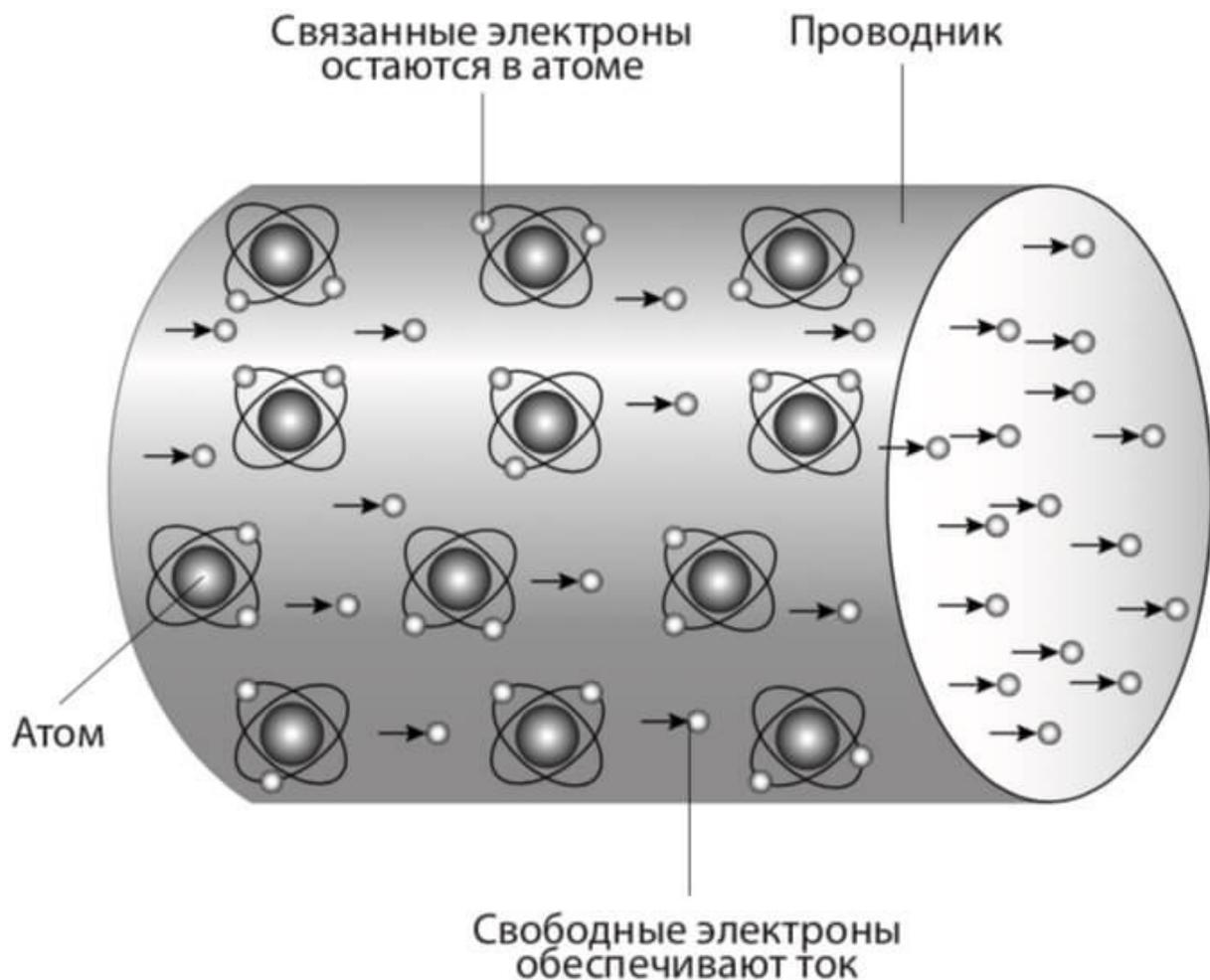
Итак, для того чтобы в проводнике возник электрический ток, нужны определённые условия: наличие свободных заряженных частиц и наличие электрического поля.

Однако перемещение зарядов начнётся (ток «потечёт») только в том случае, если им есть куда двигаться; в противном случае электрическая энергия будет лишь накапливаться в качестве статической. Поэтому для того, чтобы холодильник, компьютер или любой другой прибор заработал, нужно создать **электрическую цепь** — замкнутый путь, по которому ток будет двигаться, попадая в нужное устройство и передавая ему свою энергию.

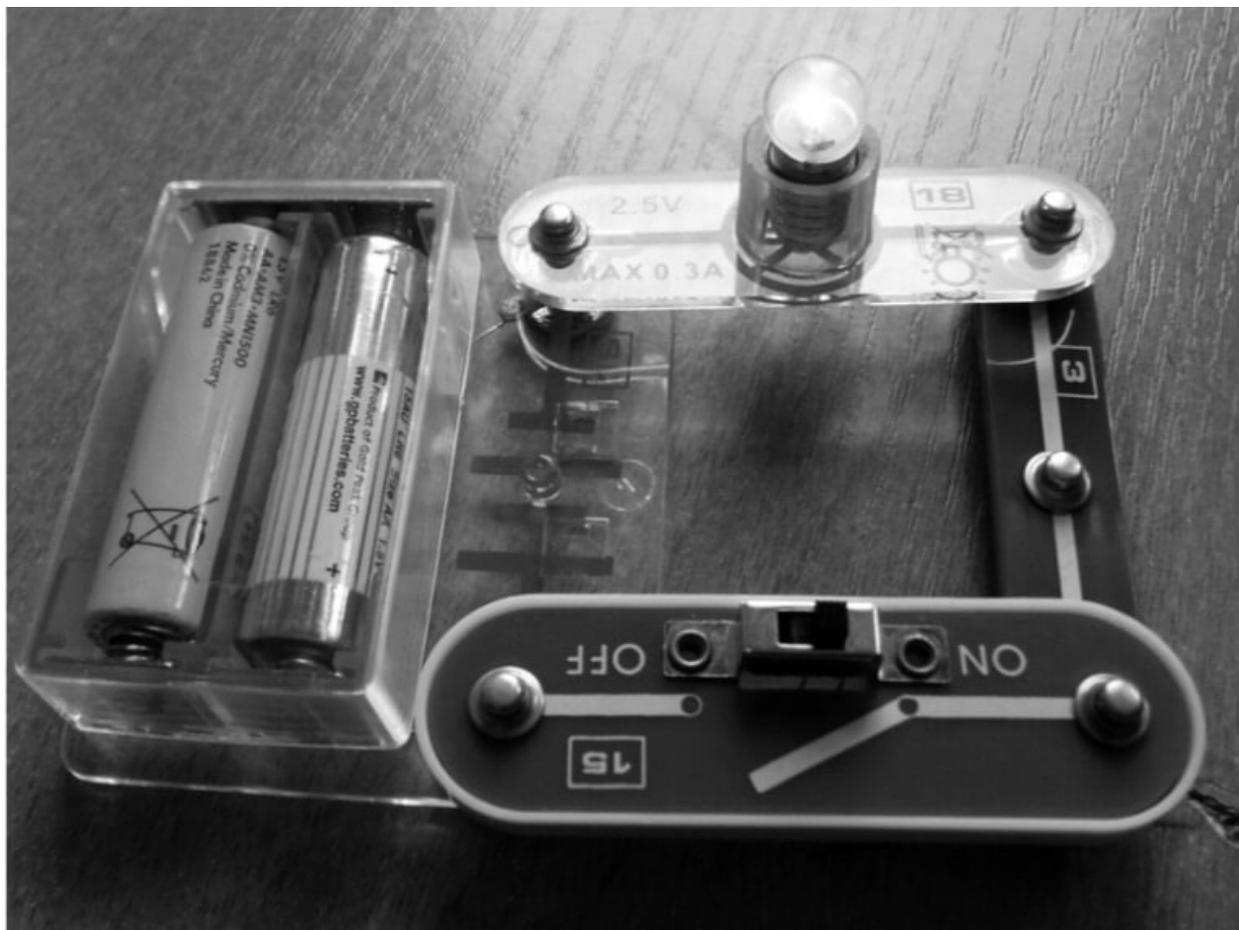
Самая простая электрическая цепь состоит из:

- источника электрической энергии (батарейка, аккумулятор, электростанция, с которой мы соединяемся через розетку в стене);
- потребителя электроэнергии (лампа, электродвигатель, электробытовой прибор и т. д.);
- замыкающего и размыкающего устройства (выключатель, кнопка, рубильник);
- соединительных проводов.

Электрическое поле в цепи создаётся источником электроэнергии, или, правильнее сказать, **источником питания**. Внутри этого источника происходит превращение в электричество других видов энергии: химической, механической, тепловой, световой и т. д.



Заряженные частицы накапливаются на **полюсах источника питания** (на двух его противоположных контактах); при этом один из полюсов заряжается положительно, а другой — отрицательно. В результате между полюсами образуется электрическое поле. Если соединить полюса проводником, то поле появится и в нём. Под действием электрического поля, создаваемого источником питания, свободные электрические заряды в проводнике начинают упорядоченное перемещение — и в проводнике возникает электрический ток.



## Простая электрическая цепь (роль проводов играют токопроводящие пластинки)

Носителем электрического заряда в твёрдых проводниках являются отрицательно заряженные электроны. В жидкостях, химический состав которых позволяет им проводить электрический ток (такие жидкости называются **электролитами**), переносят заряд также ионы — как положительно, так и отрицательно заряженные.

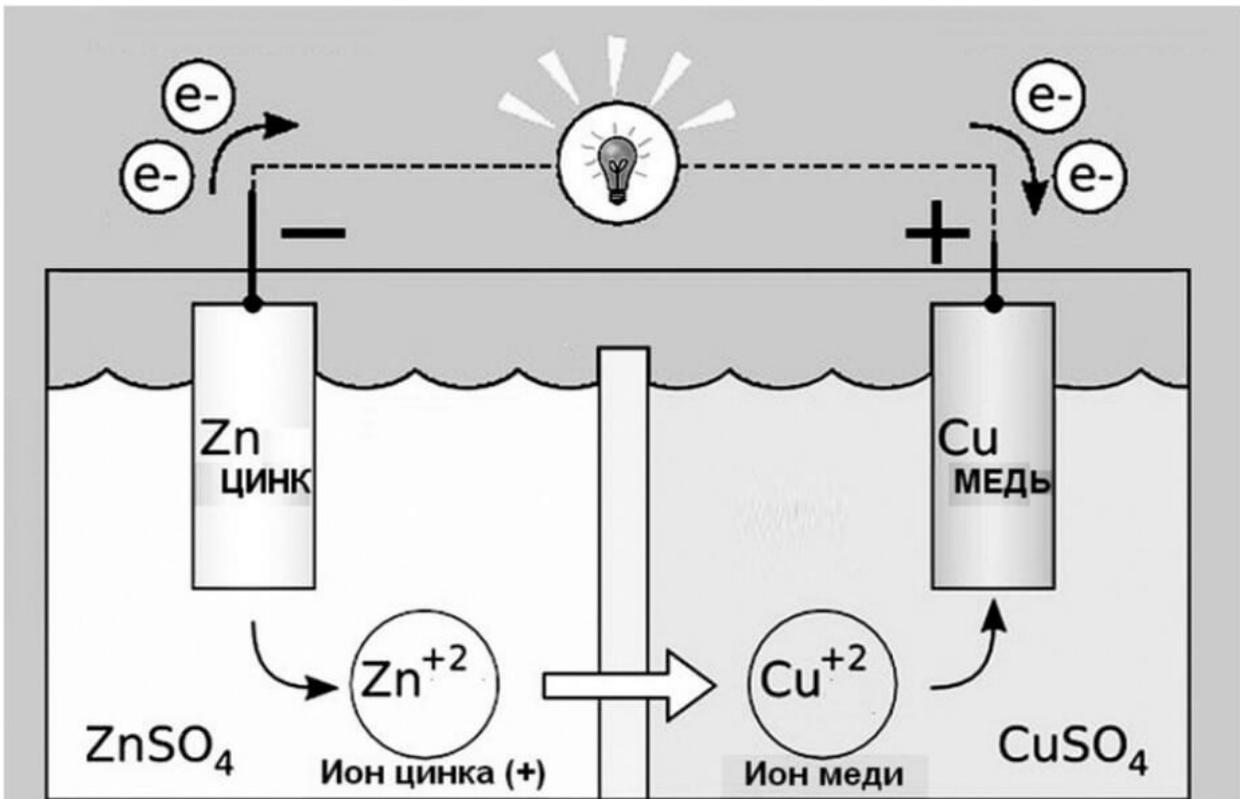
В небольших электрических приборах и устройствах в качестве источников питания чаще всего используются батарейки.

**Батарейка** — это компактный (небольшого размера) источник питания, вырабатывающий электрическую энергию путём химической реакции.



## Разные виды батареек

Давай разберёмся, как устроена батарейка. Внутри неё содержатся химические вещества (*реагенты*), при взаимодействии которых высвобождается энергия химических связей, а также два электрода. Химические вещества разделяются специальной прокладкой, которая не даёт им перемешиваться. Но она пропускает заряженные частицы, которые в этих веществах образуются. Между твёрдыми реагентами и жидкими электролитами происходят химические реакции, в результате которых молекулы электролита распадаются на ионы — положительные и отрицательные. В зависимости от заряда эти ионы перемещаются к разным электродам и оседают на них; поэтому на одном из электродов образуется положительный заряд, а на другом — отрицательный. Прокладка, расположенная между ними, не позволяет зарядам нейтрализоваться.



Для подключения батарейки к электрической цепи к её полюсам через устройства-*токоприёмники* присоединяют провода.

Фонарики, плееры, диктофоны, некоторые фотоаппараты, кварцевые часы, «говорящие» и движущиеся детские игрушки и многие другие устройства работают на батарейках, которые подключаются к электрической цепи, смонтированной внутри каждого из этих приборов.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Использованные батарейки нельзя выбрасывать вместе с другим мусором! Со временем их внешняя оболочка разрушится, и находящиеся внутри вещества попадут в окружающую среду, загрязняя её. Нужно собирать отслужившие свой срок батарейки и сдавать в специальные пункты приёма (они есть в некоторых крупных супермаркетах).

Пока цепь замкнута и в батарейке продолжается химическая реакция, электрический ток продолжает поступать в устройство, и оно работает. Когда одно из веществ в батарейке оказывается израсходованным, она больше не может разделять заряды, и ток в цепи исчезает. Тогда мы говорим, что батарейка «села» и её нужно заменить новой.

Существуют и другие химические источники питания, которые

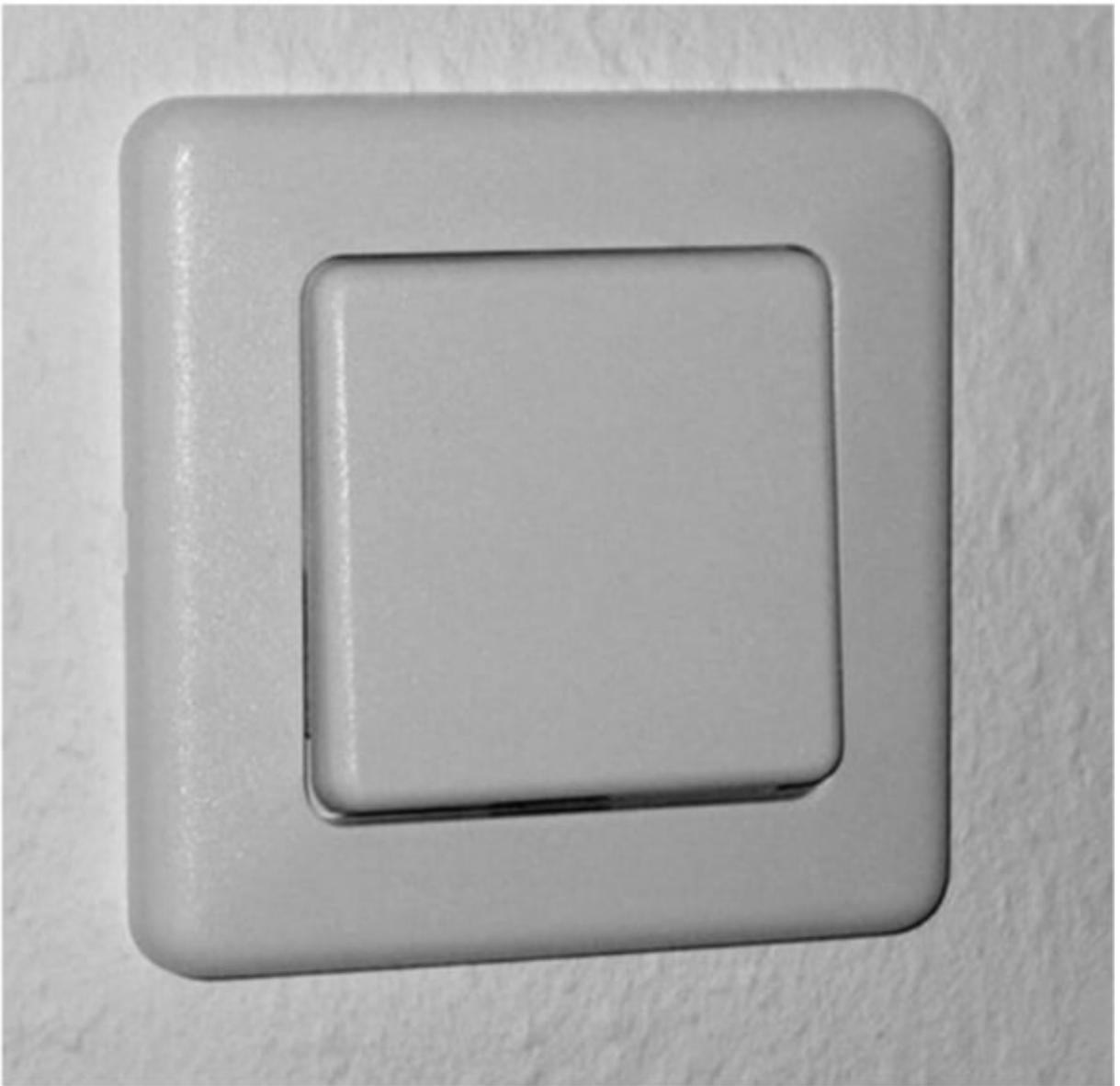
можно использовать не один, а много раз. Они называются **аккумуляторы**. Химические вещества внутри них подобраны особым образом: реакция между ними является *обратимой*. Это означает, что новые вещества, получившиеся в результате реакции, способны снова превратиться в первоначальные. Но если в ходе основной реакции возникал (*генерировался*) электрический ток, то для обратной реакции нужно, наоборот, пропустить ток через источник питания — причём в обратном направлении. Через некоторое время аккумулятор снова готов к работе.

На аккумуляторах работают мобильные телефоны. Время от времени их заряжают, подключая к розетке, а затем несколько дней пользуются тем, что накопленная аккумулятором химическая энергия снова постепенно преобразуется в электрическую. Существуют и аккумуляторы, заменяющие батарейки и имеющие их форму. В отличие от обычных батареек, их можно заряжать и снова вставлять в приборы.

Аккумуляторы большего размера используются в автомобилях. Их подзарядка происходит во время движения машины: на это тратится небольшая часть её механической энергии. Производимое автомобильным аккумулятором электричество используется для того, чтобы завести машину, для работы двигателя внутреннего сгорания (если ты уже читал пособие «Мир изобретений», то знаешь, как он действует), для освещения салона и других целей.

Но чаще всего энергия, которой мы пользуемся дома и на работе, вырабатывается на электростанциях. Получаем мы её, включая электроприбор в розетку. Электрическая цепь, источником тока в которой является электростанция, очень сложна. Она включает множество различных устройств. Кроме того, электрический ток в розетке отличается от того, который мы сейчас с тобой изучаем. Чем именно? Об этом ты узнаешь через несколько уроков.

Электрический ток есть только в замкнутой цепи. Если цепь разрывается, движение заряженных частиц и, соответственно, перемещение электрических зарядов прекращается. Обычно в цепь встраивается **выключатель** — устройство, позволяющее замкнуть или разомкнуть её в любое время. Практически во всех электроприборах есть выключатели, позволяющие контролировать поток электрических зарядов.

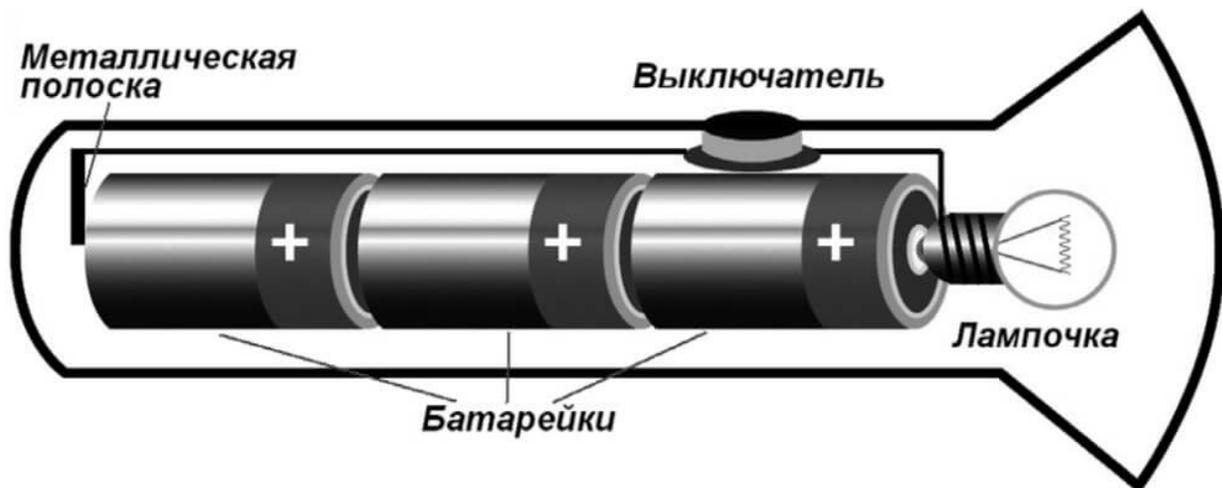


## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ**

Включая электрический фонарик, ты замыкаешь находящуюся у него внутри цепь. Ток выходит из батарейки, проходит через лампочку и возвращается в назад в батарейку.

На следующей странице изображена электрическая цепь, используемая в большинстве фонариков. Несколько раз включи и выключи фонарик. Потом разбери его на части. Изучи устройство выключателя. Попробуй понять, как с его помощью лампочка подключается к батарейке и как отключается. В одних фонариках установлен ползунковый переключатель или кнопка, которые при

перемещении или нажатии прижимают провод к металлической пластинке, соединённой с лампочкой. Другие фонарики включаются и выключаются, если повернуть их переднюю часть. Когда такой фонарик выключен, между элементами цепи появляется воздушный зазор.



Обрати внимание, что и в фонарик, и в другие приборы батарейки необходимо вставлять определённым образом: так, чтобы друг друга касались разные полюса батареек. Иначе цепь не замкнётся и тока в ней не будет. Для этого производители приборов помечают разъёмы для батареек знаками «+» и «-». Такие же знаки проставлены и около полюсов каждой батарейки.

**Цель:** проверить различные материалы: проводят ли они ток.

**Необходимые материалы:** фонарик, круглые батарейки, картон, фольга, монетка, плотная ткань.

### **Ход работы**

1. Вырежи из картона небольшой кружок и вставь его между батарейками в фонарике. Если в фонарике всего одна круглая батарейка, положи картон на его дно.
2. Снова собери фонарик и включи его. Зажётся ли свет? Почему?
3. Вытащи картон и положи на его место монетку.
4. Снова собери и включи фонарик. Зажётся ли свет? Почему?
5. Повтори те же действия с кусочком фольги. Зажётся ли свет?

Почему?

6. Повтори те же действия с кусочком плотной ткани. Зажётся ли свет? Почему?
7. Вытащи ткань и снова собери фонарик. Теперь он снова должен заработать, потому что цепь восстановлена.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое электрический ток?**
- **Что такое электрическое поле, и как оно возникает?**
- **Для чего нужна электрическая цепь?**
- **Откуда берётся электрическая энергия в источниках питания?**
- **Откуда ток в розетке?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему для работы приборов необходимо не статическое электричество, а электрический ток?**
- **Почему важно следить за тем, чтобы в электрический фонарик не попадала вода?**
- **Электрический ток распространяется в проводнике со скоростью света; считается, что это максимальная скорость, которая вообще возможна. Означает ли это, что электроны мчатся по проводу с такой скоростью?**
- **В твёрдых проводниках электрический заряд переносят электроны, в жидких электролитах — ионы; а чем переносится заряд в полупроводниках? (Не удивляйся, когда найдёшь правильный ответ: он может показаться невероятным, но это только на первый взгляд).**

## **СКОРОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**



Электрический ток распространяется по проводам с огромной скоростью, равной скорости света: триста тысяч километров в секунду. Попробайся это себе представить: если твой дом подключили к новой электростанции, которая находится на расстоянии тысячи километров, — то, как только расположенные на ней генераторы заработают, электричество у тебя появится через  $1/100$  долю секунды. Практически мгновенно! Но это не означает, что поток электронов несётся по проводам с такой гигантской скоростью.

Представь себе, что тыходишь к раковине и открываешь кран. Водохранилище может находиться на расстоянии десятков километров от твоего дома. Но вода из крана начинает течь сразу же, не дожидаясь, пока молекулы воды, только что покинувшие водохранилище, доберутся по трубам до твоего дома. Движение передаётся от молекулы к молекуле по всей системе водопроводных труб, и в твою раковину первыми попадают те молекулы, которые находились в трубе совсем рядом с краном.

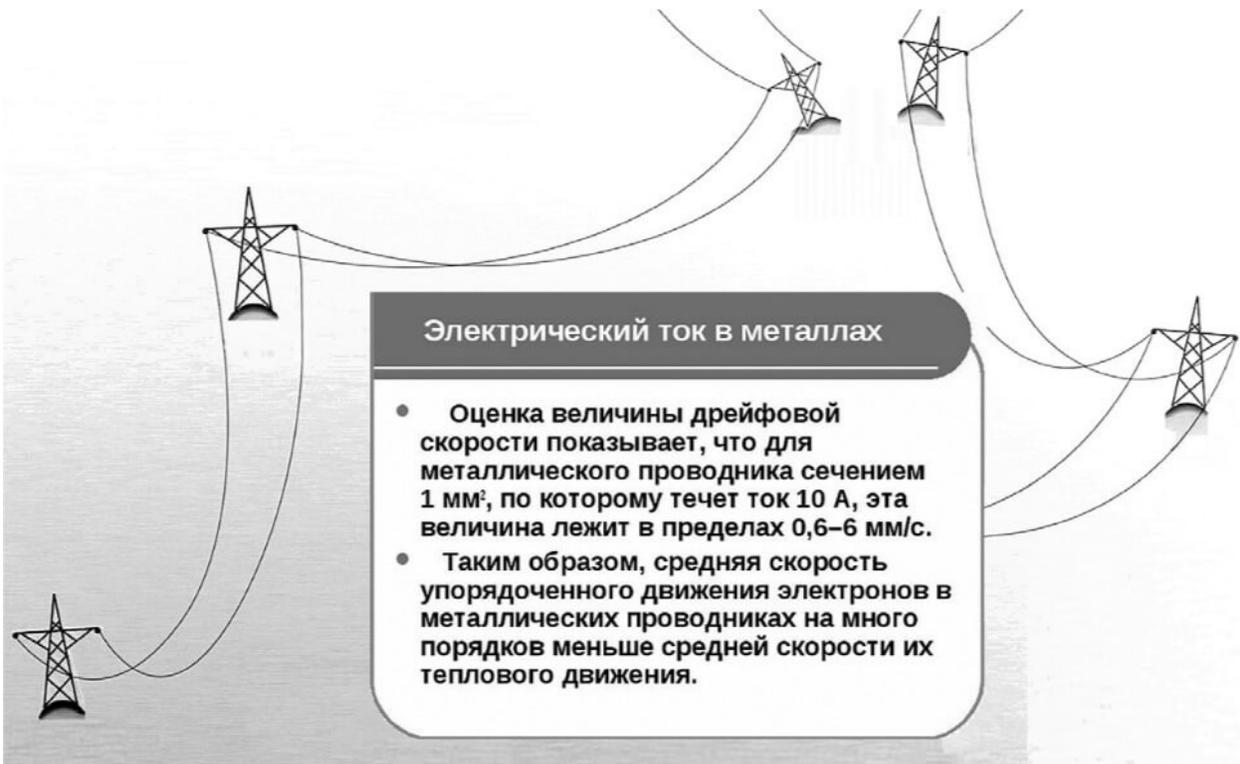
Сходным образом обстоит дело и с электричеством. Со скоростью света по проводам распространяется электрическое поле, но не сами электроны. Те частицы, которые начнут двигаться у тебя дома сразу после включения генераторов — это не те же самые электроны, которые в этот миг пришли в движение на самой электростанции, а другие («местные»). Можно сказать, что со скоростью света движется граница между той частью провода, где ток уже есть, и той его частью, где ток ещё не возник. Стремительно распространяющееся электрическое поле приводит в движение электроны в тех участках провода, которых оно достигло.

А с какой скоростью движутся сами свободные электроны, содержащиеся в проводниках в огромном количестве? Довольно медленно. Более того: упорядоченность их движения в одну сторону (от отрицательного полюса источника питания к положительному) не означает, что все они перемещаются по прямой линии

и с одинаковой скоростью. Ведь они движутся не только под воздействием электрического поля, но и пребывают в постоянном беспорядочном тепловом движении (вспомни 6 урок). При этом они непрерывно сталкиваются с другими электронами и с атомами, из-за чего тормозятся, меняют направление, отскакивают в стороны. Но под действием электрического поля электроны, двигавшиеся в направлении действия поля, увеличивают свою скорость, а движение электронов в обратном направлении замедляется. В результате вся масса свободных электронов, сохраняя хаотическое тепловое движение, смещается в одном направлении. Скорость такого смещения (которое мы и называем электрическим током) называется **дрейфовой скоростью**.

Эта скорость, как уже было сказано, невелика. При таком напряжении, которое действует в наших домашних сетях, дрейфовая скорость электронов составляет 0,6–6 мм в секунду. Всего лишь 10–20 метров в час!

Таким образом, скорость распространения электрического тока — это скорость распространения электрического поля, побуждающего электроны двигаться вдоль провода, а не скорость самих электронов. Если бы ток распространялся со скоростью электронов, то тебе пришлось бы, включив настольную лампу, ждать ещё полчаса, пока она начнёт светиться.

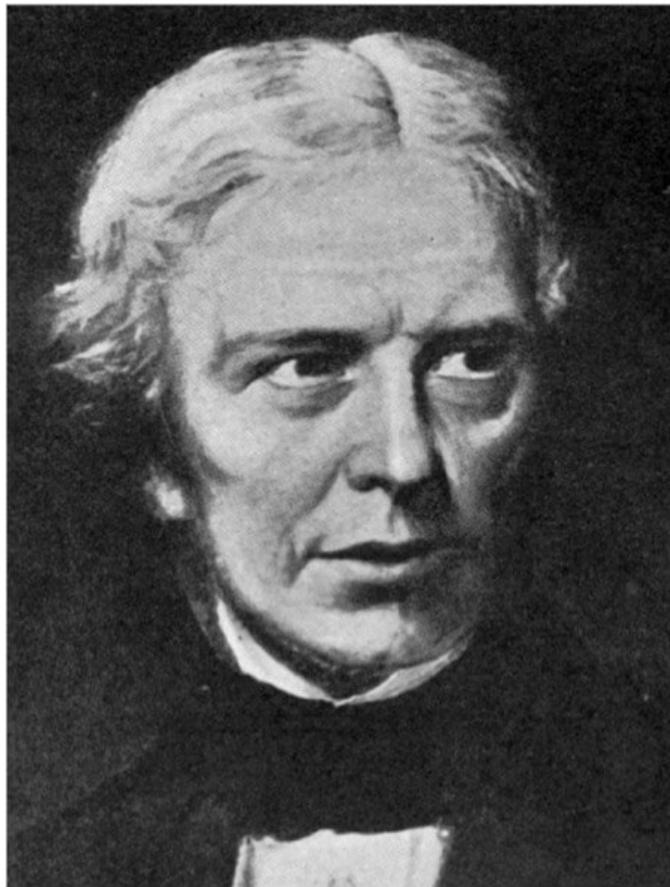


Впрочем, всё происходило бы именно так, если бы в наших электросетях был *постоянный* электрический ток, при котором электроны движутся в одну сторону. На самом же деле всё происходит ещё интереснее. По ряду причин оказалось удобнее использовать для бытовых целей *переменный ток*, который постоянно меняет свою величину и направление. При переменном токе электроны вообще не движутся на сколько-нибудь большие расстояния! Они совершают только небольшие колебательные движения относительно своего среднего положения. Но при этом ток в цепи существует, распространяется по ней со скоростью света и снабжает энергией все наши устройства и приборы.

После того как ты закончишь изучать раздел, посвящённый электричеству, найди в книгах и в интернете информацию о переменном токе и постарайся самостоятельно разобраться, как он возникает, узнать принципы его действия и понять, почему во многих случаях пользоваться им удобнее, чем постоянным.

## *ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

### **МАЙКЛ ФАРАДЕЙ**



(1791–1867)

Майкл Фарадей получил в детстве лишь начальное образование — но стал одним из величайших экспериментаторов и учёных в истории науки.

Мальчик родился 22 сентября 1791 года в семье кузнеца. Посёлок, где он появился на свет, со временем стал частью Большого Лондона; но тогда это было самое настоящее захолустье.

Отец Майкла был человеком болезненным. Ему было нелегко найти постоянную работу; поэтому семье часто приходилось переезжать с места на место. Им жилось тяжело, но крепкая вера в Бога поддерживала их во всех трудностях. Эта вера не ослабевала у Фарадея на протяжении всей жизни.

Когда Майклу было тринадцать лет, он оставил школу и начал работать, чтобы помогать семье. Он устроился рассыльным в книжный магазин, а в четырнадцатилетнем возрасте стал учеником переплётчика. Мальчик работал на совесть, а всё свободное время проводил, читая книги, которые сам же переплетал. Больше всего ему нравились научные труды по химии и электричеству. В это же время Фарадей поставил свои первые самостоятельные научные эксперименты.

В 1810 году Майкл начал посещать научно-популярные курсы естественных наук. В 1812 году он прослушал курс лекций Гемфри Дэви в Королевском институте Британии. В конце года он прислал Дэви свои конспекты, аккуратно переписанные и переплетённые в трёхсотстраничную книгу, и приложил к ним письмо с просьбой взять его в Королевский институт. Дэви встретился с Фарадеем и был восхищён его знаниями, однако в тот момент он ничем не мог помочь юноше. Но когда через несколько месяцев в Королевском институте освободилась должность лаборанта, Дэви немедленно пригласил Майкла занять её.

Отправляясь в 1813 году в лекционный тур по Европе, Гемфри Дэви взял с собой и лаборанта в качестве личного секретаря. В 1815 году Фарадей снова приступил к работе в Королевском институте, но уже в новой должности — ассистента. Спустя год он опубликовал свою первую научную статью.

1821 год стал одним из самых важных в жизни Фарадея. Его назначили на должность технического смотрителя зданий и лабораторий Королевского института. В этом же году Майкл женился на Саре Барнард, дочери одного из старейшин церкви, которую он посещал. Небольшая квартира супругов находилась прямо на верхнем этаже института.

За свою жизнь (а прожил он 76 лет) Фарадей внёс огромный вклад в развитие науки. Он открыл *электромагнитную индукцию* — принцип, на котором основано действие электромоторов. Благодаря Фарадею мы сегодня пользуемся генераторами, которые вырабатывают на электростанциях большую часть необходимого нам электричества.

Именно Фарадей открыл способность электричества превращаться в химическую энергию (которая затем легла в основу конструкции

аккумуляторов и других устройств), предложил и стал использовать термины «ион», «электролит», «диэлектрик» и многие другие.

Но, пожалуй, главным вкладом Фарадея в науку стало открытие им физического поля — непрерывной области пространства, в которой возникают и действуют определённые силы, в результате которых два вещества или предмета взаимодействуют друг с другом. (Поля бывают не только электрические, но и другие — например, магнитные, гравитационные). Учение о поле, разработанное Фарадеем, дальше развил и математически обосновал другой его соотечественник — Джеймс Максвелл.

Открытия Фарадея в буквальном смысле перевернули представление людей об электричестве. Чтобы совершить их, учёный провёл множество экспериментов в области электрохимии и электромагнетизма. Нередко Майкла Фарадея называют величайшим экспериментатором в истории науки. Лабораторные дневники, которые он аккуратно вёл всю жизнь, были изданы в 1931 году. Последний эксперимент по электромагнетизму имеет порядковый номер 16041. А всего за свою жизнь Фарадей провёл около тридцати тысяч экспериментов.

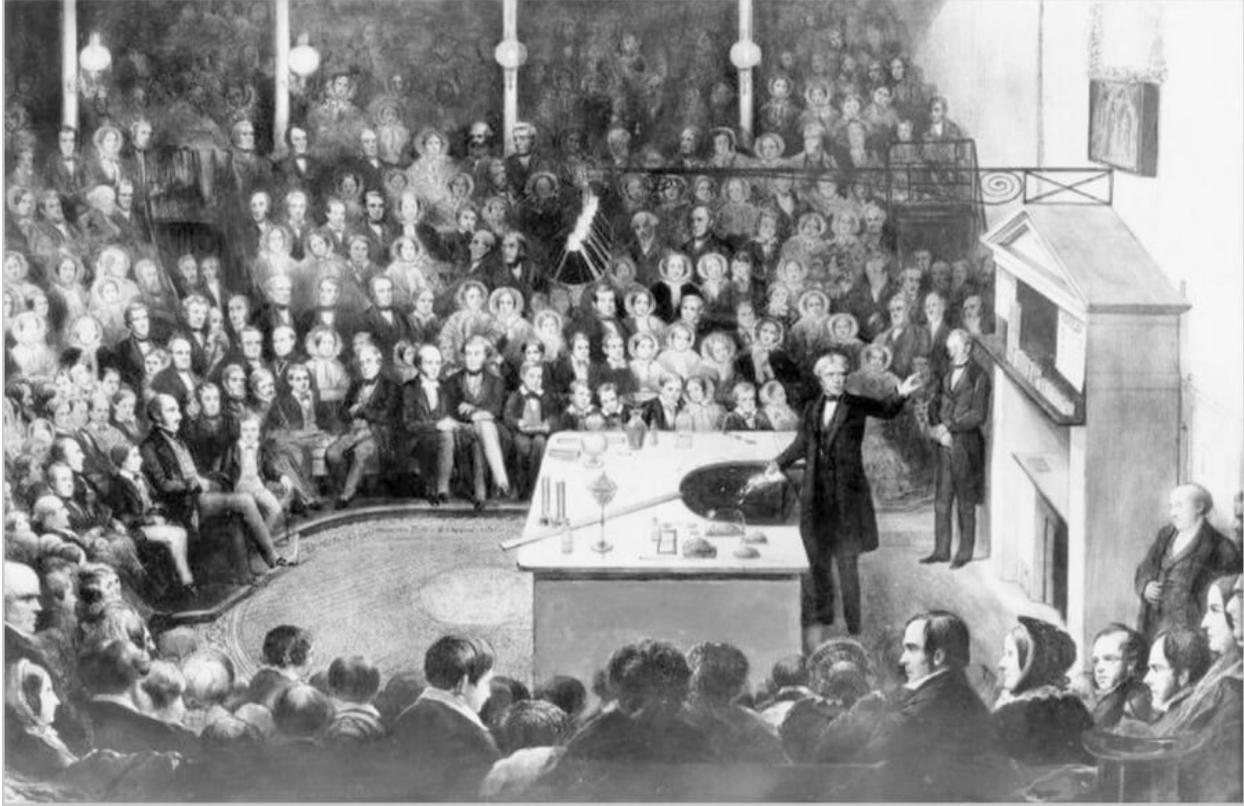
В конце жизни учёный отчаянно нуждался в средствах к существованию и тяжело болел. Но каждую минуту, когда ему становилось хоть немного лучше, он использовал для научной работы. Умер Фарадей за своим письменным столом.

Учёные назвали в честь Майкла Фарадея лунный кратер и один из астероидов. Его имя получили единицы измерения электрической ёмкости и электрического заряда в электрохимии, а также несколько научных понятий.

Все люди, близко знавшие Фарадея, знали о его крепкой и искренней христианской вере. Несмотря на то, что в лаборатории всегда было много работы, он посещал церковь каждое воскресенье, а также старался попасть туда и в будние дни. Достигнув всемирной славы, Фарадей всегда оставался скромным добросердечным человеком. Он отклонил предложение возвести его в рыцарское достоинство и дважды отказался стать президентом Королевского общества. Во время Крымской войны правительство Великобритании предложило ему участвовать в разработке химического оружия, но учёный с возмущением отверг это

предложение как аморальное.

Фарадей изучал Слово Божье с такой же тщательностью, с которой проводил научные изыскания. После смерти учёного в его Библии нашли свыше 3000 заметок на полях. Наука была для Фарадея постоянным поиском истины, которую открывает нам о Себе Бог-Творец.



## УРОК 15. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. СИЛА ТОКА, НАПРЯЖЕНИЕ, МОЩНОСТЬ

### Словарь:

- сила тока
- потенциал
- разность потенциалов

- электрическое напряжение
- электрическая мощность

### Дополнительные слова:

- электродвижущая сила (ЭДС)
- вольтметр

## Как мы используем разность потенциалов?



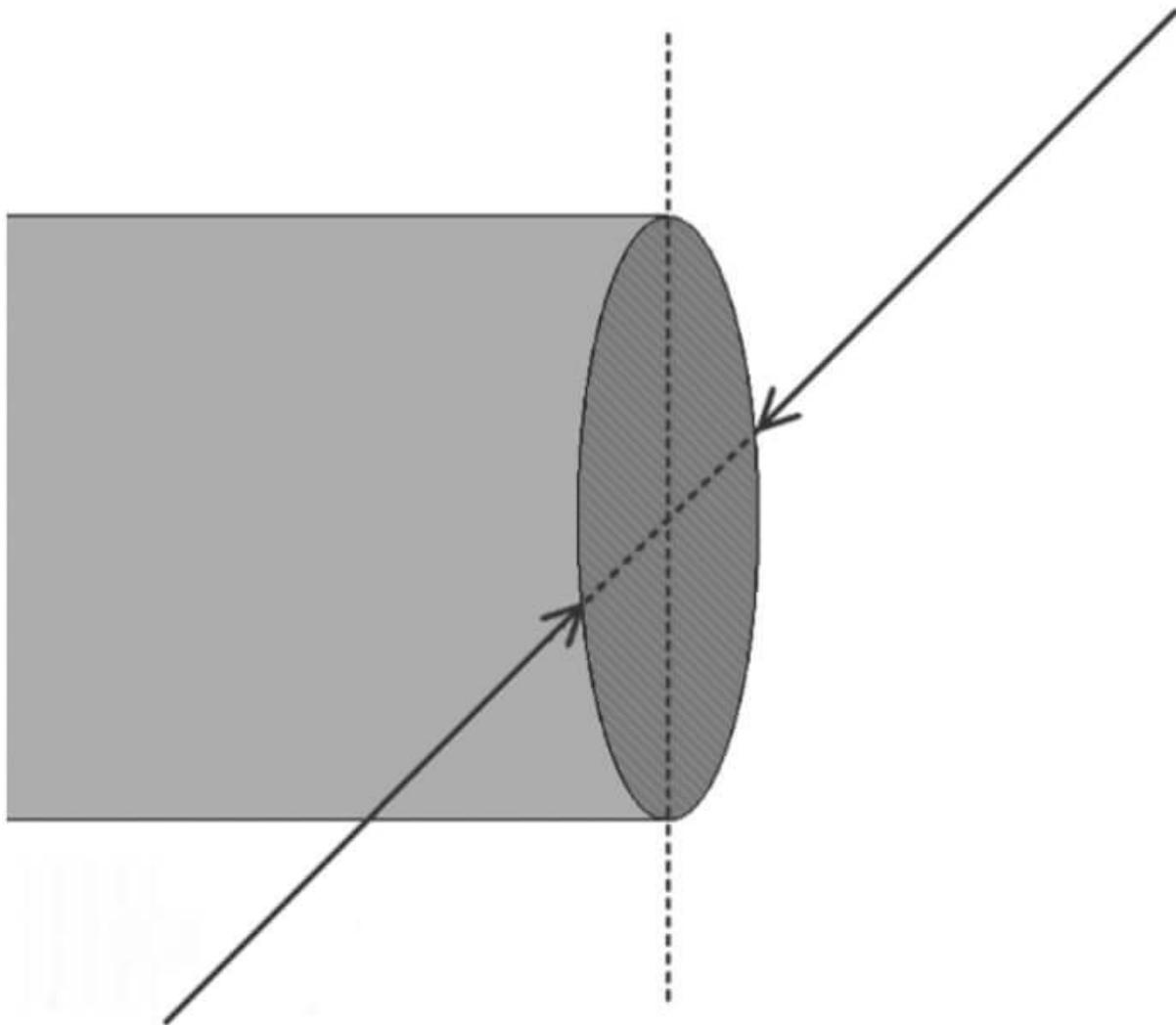
Чтобы использовать электричество в своих целях, необходимо знать несколько основных характеристик, относящихся к электрическим цепям и к процессам, в них происходящим.

Первая из таких характеристик оценивает упорядоченное движение электронов по проводнику. Называется эта величина **силой тока**. Она определяет, какое количество заряда проходит за определённое время через *поперечное сечение* проводника — то есть через его «срез», если мысленно разрезать проводник поперёк (см. рисунок внизу). Чтобы узнать силу тока, нужно измеренное количество заряда разделить на время, на протяжении которого его измеряли.

Измеряется сила тока в амперах. Такое название эта единица измерения (она сокращённо обозначается буквой *A*) получила в честь французского физика Андре Ампера. Сила тока в проводнике равна 1 амперу, если за 1 секунду через его поперечное сечение проходит заряд, равный 1 кулону.

Важная особенность силы тока состоит в том, что на всех участках цепи она остаётся одинаковой — то есть заряд нигде не накапливается. Если на одном конце цепи (возле одного электрода источника питания) через провод проходит, предположим, миллион электронов в секунду, то и на другом её конце тоже за одну секунду пройдёт миллион электронов. Можно привести такое сравнение.

Представь, что ты прокачиваешь насосом воду через систему трубок разного диаметра, соединённых друг с другом. При этом через любое место внутри системы (всё равно, в широкой или в узкой трубке) за секунду будет проходить такое количество воды, которое ты за эту секунду в систему закачаешь. Просто в узкой трубке вода будет идти под бóльшим давлением и с большей скоростью, чем в широкой.



### **Поперечное сечение провода**

#### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Если ты изучал пособие «Движение», то, возможно, заметил: сила тока, хотя и называется «силой», не имеет ничего общего с механическими силами.

И измеряется она в иных единицах: не в ньютонах, а в амперах. Здесь существует некоторая путаница в названиях, и пусть она тебя не сбивает.

Но чтобы поток электрических зарядов двигался по проводам,

нужно, чтобы была произведена работа, приводящая его в движение. Эту работу совершает электрическое поле.

Каждая точка внутри поля обладает своим **потенциалом** — способностью перемещать куда-нибудь положительный заряд, который в этой точке окажется. У разных точек поля эта способность совершить работу является различной. Оказавшийся в поле положительный заряд будет перемещаться из точки с более высоким потенциалом в точку, у которой потенциал более низкий (так как из этой второй точки поле «выталкивает» его с меньшей силой). Так внутри поля формируются *силовые линии*, по направлению которых оно проявляет своё действие.

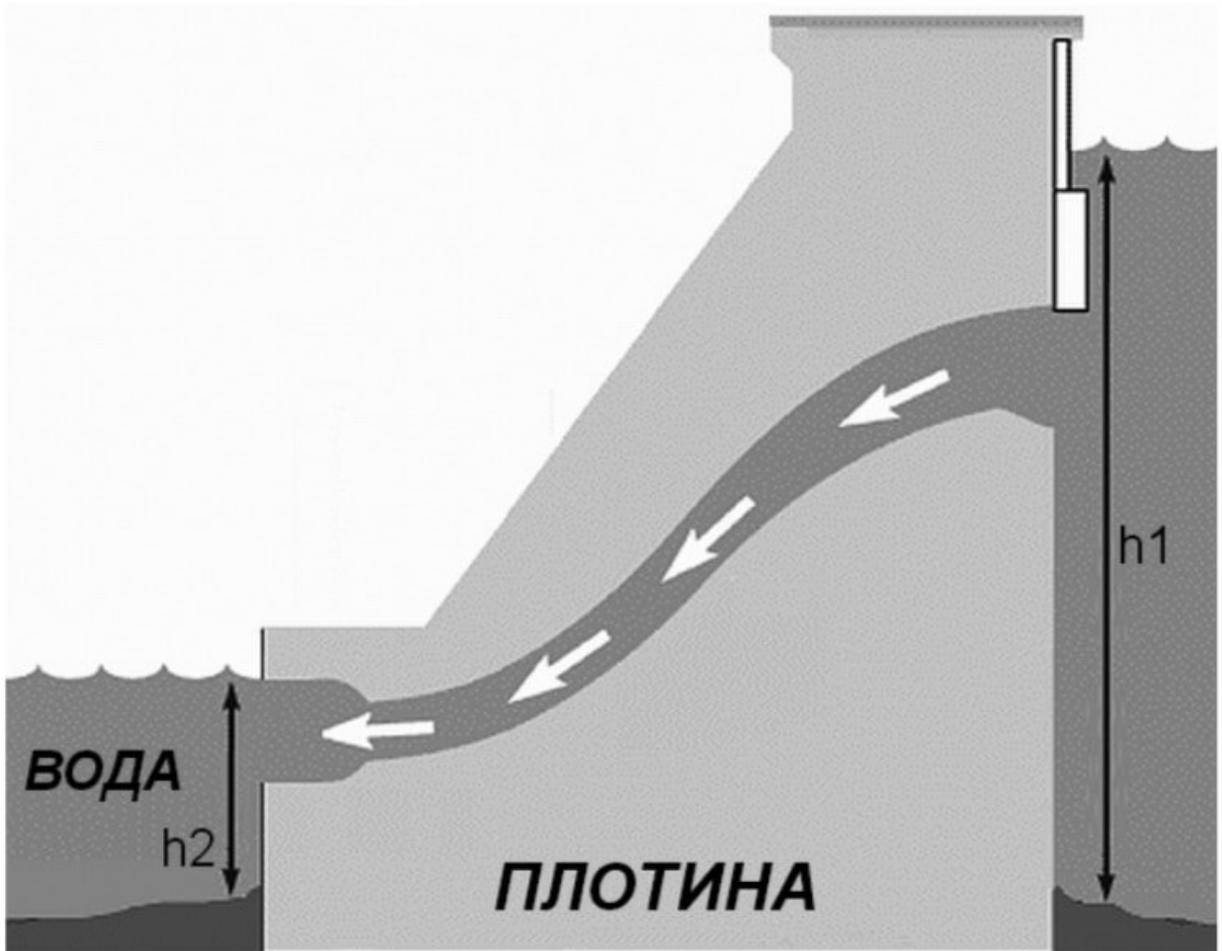
**Разность потенциалов** между двумя точками поля определяет, какую работу совершит это поле, перемещая единичный положительный заряд из первой точки во вторую. Эта работа называется **электрическим напряжением**, существующим между этими точками.

Что происходит в замкнутой электрической цепи? Полюса источника питания имеют различные заряды, а значит, у них существует разность потенциалов. Отрицательный электрод батареи сопротивляется притоку отрицательных зарядов, но легко отдаёт их. Положительный — наоборот, легко принимает отрицательные заряды. В результате в цепи появляется электрический ток: свободные электроны приходят в движение. Причём движутся они в направлении *возрастания* потенциала: они ведь заряжены отрицательно, а не положительно. Чем больше разность электрического заряда между отрицательным и положительным электродами, тем больше электрическое напряжение источника питания.

Обрати внимание: чтобы в электрическом поле совершалась работа, необходимо не наличие какого-нибудь одного потенциала, а существование *разности потенциалов*. Перенос заряда происходит только тогда, когда у его пути есть и начало, и конец. Поэтому напряжение всегда существует между двумя точками, иначе говорить о нём просто бессмысленно.

Чтобы было проще в этом разобраться, давай снова сравним электрический ток с потоком воды (такое сравнение во многих случаях — но не во всех! — является довольно точным). Представь

себе плотину, перегородившую реку: с одной её стороны скопилось огромное количество воды, а с другой — совсем чуть-чуть. Существует огромная разница в давлении, которое оказывает вода на дамбу с одной и второй стороны, правда ведь? При этом невозможно ничего сказать об этом давлении, если мы знаем ситуацию только по одну сторону плотины: а вдруг она стоит посреди неподвижного озера, и с другой стороны — точно такая же масса воды?.. Или же вдруг река обмелела, и с обеих сторон воды почти не осталось?..



**Разность потенциалов на концах электрической цепи напоминает перепад воды по обе стороны плотины**

**ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Нередко для удобства расчётов точку с самым низким потенциалом в сети — то есть отрицательный полюс источника питания — условно называют «нулевой точкой». Тогда потенциал любой другой точки этого поля можно просто определить, вычислив разность потенциалов между этой точкой и «нулевой». Но это не означает, что

в «нулевой» точке отсутствует потенциал! «Нуль» в данном случае — совершенно условная величина. Например, географы определяют высоту любой точки местности (например, вершины холма), сравнивая её положение с уровнем моря, принимая его за «нулевой» уровень. Но они могли бы выбрать для начала отсчёта и любой другой уровень: например, самую глубокую точку океана. При этом числовые обозначения увеличились бы на целых 11 километров. Но это не имело бы никакого значения: ведь реальный смысл имеет только разница в высоте двух интересующих нас точек — а она, разумеется, осталась бы прежней.

Но если давление существует, то когда створы плотины откроются, вода хлынет в них, стремясь от высокого давления к низкому. При этом уровень воды будет постепенно выравниваться. Движение воды будет продолжаться до тех пор, пока уровни воды по обе стороны плотины не установятся на одной высоте

То же происходит и с электричеством: есть точка с высоким потенциалом, и есть точка с низким потенциалом. Если эти две точки соединить проводником, потенциалы будут стремиться выровняться: потенциал первой точки поля начнёт уменьшаться, а потенциал второй — возрастать. Пока источник питания поддерживает постоянную разность потенциалов, по проводнику продолжает идти электрический ток. Как только источник перестаёт это делать (например, «садится» батарейка) — потенциалы очень быстро сравниваются, ток прекращается и приборы, включённые в цепь, перестают работать.

Единица измерения напряжения — вольт (обозначается латинской буквой  $V$  или русской  $B$ ). Она названа в честь Алессандро Вольты, изобретателя первой электрической батареи — так называемого «вольтова столба».

Силу тока и напряжение, возникающие в электрической цепи, мы используем для работы различных приборов и устройств, включая их в эту цепь. Один из самых простых примеров — электрическая лампочка. Когда ток проходит через её нить накаливания, часть энергии движения заряженных частиц преобразуется в свет и тепло. Это — полезная работа. В других электроприборах электрическая энергия преобразуется в звук или механическое движение. В компьютерах электричество используется для хранения, переработки и передачи информации. Эти устройства совершают различные виды работы, поэтому у каждого из них — своя потребность в энергии, определяемая его мощностью.

**ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Электрический ток может быть смертельно опасным, если неправильно обращаться с электрическими цепями. Угрозу представляет, прежде всего, сила тока. Для человека безопасной считается сила тока в одну тысячную ампера, а одна сотая ампера может быть уже смертельной. Для сравнения: в домашней электрической сети сила тока может достигать 6 ампер. **Поэтому нужно строго выполнять правила обращения с электроприборами!**

Возможно, ты уже читал учебник «Движение» и знаешь, что *мощность* — это показатель того, насколько быстро выполняется работа. Мощность измеряется в ваттах (обозначаются латинской *W* или русскими *Вт*). Эта единица названа в честь английского изобретателя Джеймса Уатта (Ватта). *Электрическая мощность* тоже измеряется в ваттах. Ты наверняка слышал от родителей, что в настольную лампу вкручена лампочка в 60 ватт, а в люстру на потолке — лампы в 100 ватт, а в театральном прожекторе установлены лампы в 200 ватт.

**Электрическая мощность** определяется напряжением и силой тока. Чтобы узнать мощность устройства, нужно умножить значение необходимого для него напряжения на величину силы тока, которую он использует.

Чтобы лучше понять это, представь две настольные лампы с разными лампочками. 60-ваттная лампочка светится ярче 40-ваттной. Почему? Потому что у неё больше мощность. Напряжение в розетках твоего дома является постоянным и не зависит от того, какой прибор ты в них включишь. В Украине, России и многих других странах стандартное напряжение составляет 220 вольт; в США оно ниже: 120 вольт. Когда ты включаешь обе настольные лампы, то замыкаешь обе цепи, и в них возникает ток. При этом через более мощную лампочку каждую секунду будет проходить больше тока, чем через маломощную. 60-ваттная лампочка использует больше тока, чем 40-ваттная — а поэтому и света даёт больше.



**NAVI  
POWER**



**P4/450W POWER SUPPLY**

**MODEL NP-A450**

**AC INPUT 230V 50Hz**

**CAUTION! HAZARDOUS AREA**

**Do not remove this cover**

**Trained Service people only**

**No serviceable components inside**

**ATX 450W**

**MADE IN CHINA**

**SUPPLIED BY PANACOM CO., LTD.**

**SEOUL, KOREA**

**LC NA06XD**

На каждом электрическом приборе есть специальная наклейка с информацией, какие условия ему необходимы для правильной работы. Например, на электрочайнике написано: «220 V, 2000 W». Это значит, что прибор можно включать в стандартную бытовую розетку, напряжение в которой 220 вольт, а его мощность при работе составит 2000 ватт.

## **НАСТОЛЬНАЯ ИГРА С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ**

Некоторые настольные игры (а также сходным образом устроенные тренажёры) используют в своём процессе замыкания и размыкания электрической цепи. Попробуй сделать для себя и своих друзей такую игру.

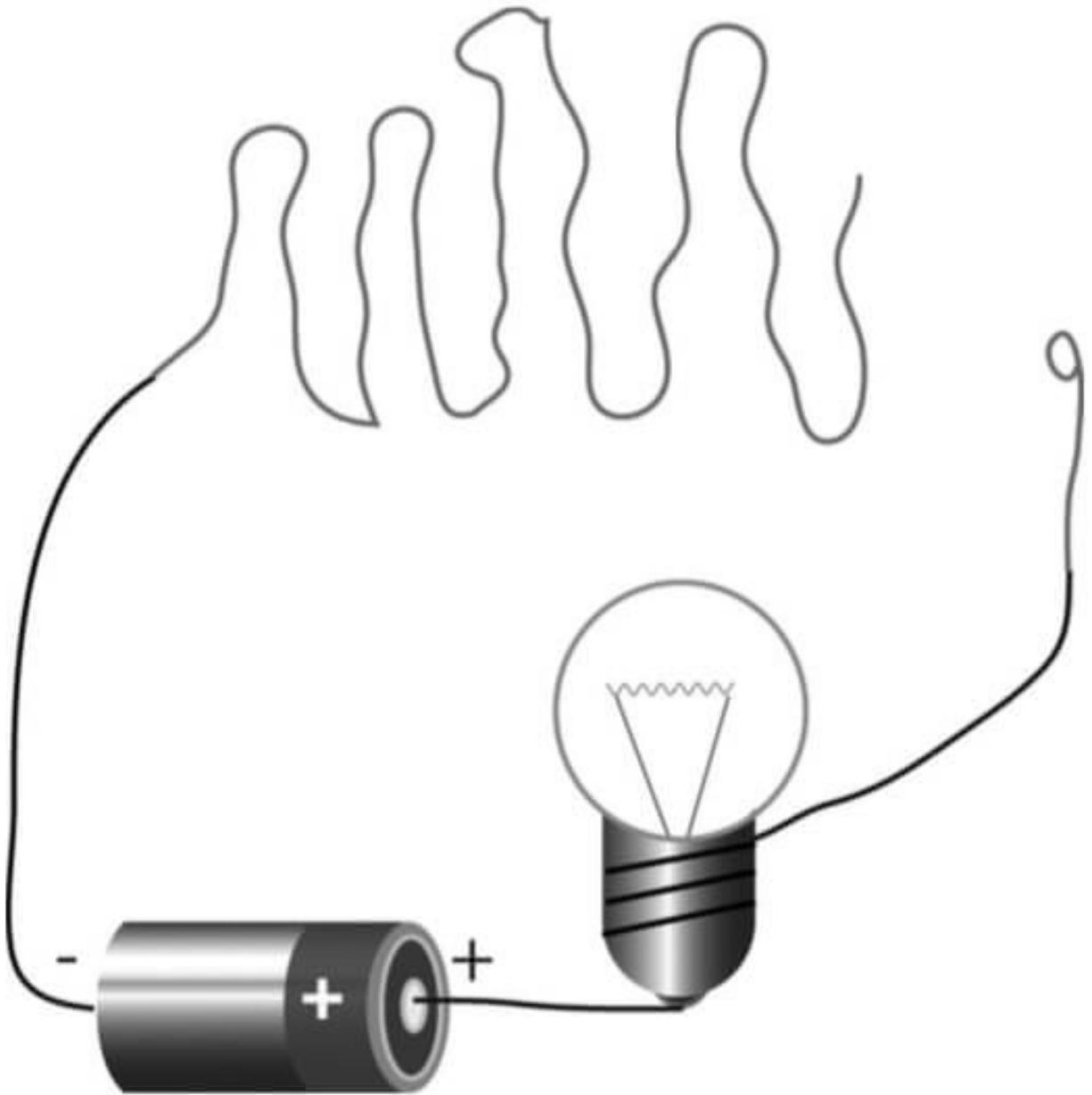
**Цель:** проверить свою ловкость с помощью электрической цепи.

**Необходимые материалы:** три медных провода, батарейка, скотч или изолента, лампочка от фонарика, две толстые книги.

### **Ход работы**

1. Возьми длинный медный провод и сними с него изоляцию.
2. Прикрепи его скотчем или изолентой к одному полюсу батарейки (или возьми плоскую батарейку, к контактам которой провода можно просто прикрутить).
3. Изогни провод несколькими волнами, чтобы он приобрёл вид извилистой дорожки — примерно так, как показано на рисунке.
4. Возьми второй, короткий провод, сними изоляцию на его концах.
5. Прикрепи второй провод к другому полюсу батарейки и к нижней части цоколя лампочки.
6. Сними изоляцию с концов третьего провода. С одного конца оголи его настолько, чтобы обмотать его несколькими витками вокруг боковой части цоколя лампочки. На другом конце сделай небольшую петлю. Чем она меньше, тем сложнее будет игра.
7. Надень петлю на свободный конец первого провода; когда провода соприкоснутся, лампочка должна зажечься, так как цепь замкнулась. (Обрати внимание: ты своими руками собрал электрическую цепь!)
8. Подложи под края извилистой дорожки книги, чтобы она оказалась приподнятой над столом.
9. Теперь возьми провод с петлей и разомкни цепь: для этого изогнутый провод должен оказаться в центре петли, не касаясь её.
10. Попробуй передвигать петлю вдоль всех изгибов, не прикасаясь к первому проводу. Если прикоснёшься — цепь замкнётся, лампочка зажжётся, а ты проиграешь.
11. Поиграй в эту игру сначала с родителями, а потом с друзьями. Кто сможет дальше всех продвинуть петлю, не включая

лампочку?



**СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- Назови три характеристики электричества, которые тебе известны.
- Почему для работы электроприборов необходима разность потенциалов?
- Зависит ли электрическая мощность от силы тока?

## А от напряжения?

### ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Чем электрическая мощность отличается от электрического напряжения?
- Для чего нужны пробки, или предохранители?

### ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ



На этом уроке ты узнал, что электрическая мощность (**P**) зависит от напряжения (**V**) и силы тока (**I**). Вычислить мощность можно, умножив силу тока на напряжение:

$$P = I \times V.$$

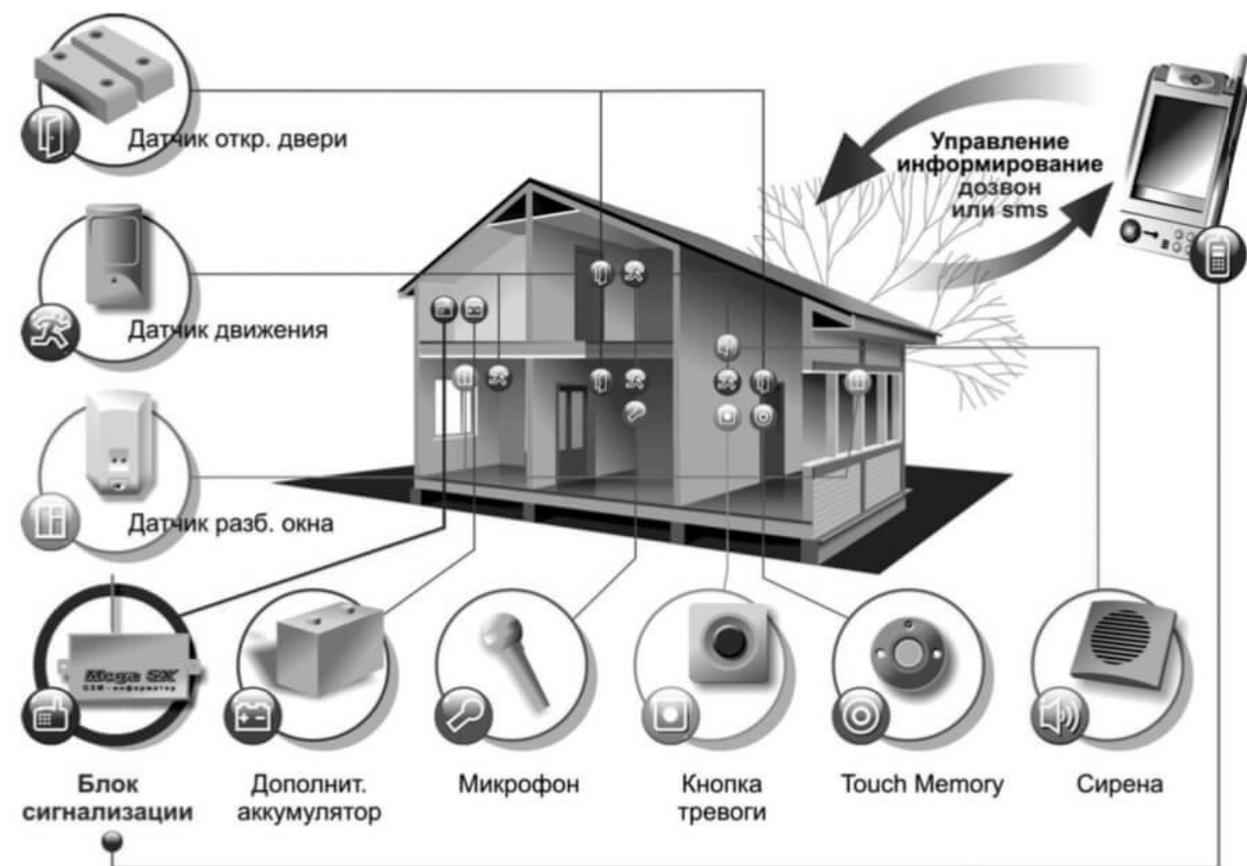
Реши несколько задач, используя при необходимости эту формулу.

1. Какова мощность принтера, который работает от сети на 120 В при силе тока 4 А?
2. В фонарике стоят две батарейки, каждая из которых обеспечивает напряжение 1,5 В. Сколько вольт использует фонарик?
3. Если в этом фонарике горит лампочка в 15 Вт, какая сила тока проходит через неё?
4. Какой прибор требует больше электрической энергии — принтер или фонарик?
5. Какова мощность фена, подключённого к сети 120 В и использующего силу тока в 15 А?

Если ты заинтересовался электрическими цепями, подумай ещё над одним заданием.

Многие виды охранной сигнализации основаны на том, что нарушитель, пытаясь открыть дверь или окно, замыкает или разрывает электрическую цепь. Посмотри на схему внизу и определи, какие из изображённых там охранных механизмов действуют по этому принципу.

Придумай свою сигнализацию, которая извещала бы тебя о том, что кто-то открыл дверь или окно твоей квартиры или дома. Вспомни всё, что ты знаешь об электричестве и предохранителях. Найди информацию о том, как обозначаются элементы электрической цепи на схеме, и нарисуй схему своей цепи.



Если у тебя дома есть необходимые принадлежности, собери и испытай своё изобретение.

## ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА



Для того чтобы по цепи проходил электрический ток (упорядоченное перемещение зарядов), необходимо, чтобы на концах этой цепи поддерживалась разность потенциалов. Эту задачу выполняют источники питания: они переводят другие виды энергии в электрическую. Генераторы используют для этого механическую энергию, а более знакомые тебе батарейки и аккумуляторы — химическую энергию. Порождаемые этими видами энергии неэлектрические силы (их называют *сторонними силами*) отделяют в источнике отрицательно заряженные частицы от положительно заряженных. Таким образом, источник питания — это устройство, в котором происходит работа сторонних сил по разделению электрических зарядов.

Суммарная сторонняя сила, действующая в том или ином источнике питания, называется **электродвижущей силой** (сокращённо **ЭДС**). Именно эта сила (ведь никакой другой в цепи нет) создаёт и длительное время поддерживает разность потенциалов на концах цепи. А значит, именно она ответственна за перемещение заряда вдоль цепи и производит необходимую для этого работу.

ЭДС — это сторонняя сила, не имеющая электрической природы. Это легко понять, задумавшись над тем, что происходит в собранной тобой электрической цепи, когда она замкнута. Посмотри ещё раз на рисунок на стр. 81. Внутри батарейки катионы (положительные заряды) перемещаются к положительному же полюсу, который их отталкивает! Значит, сила, возникающая в результате протекания химической реакции, не только не является электрической, но ещё и совершает работу, направленную на преодоление электрического отталкивания. Иными словами, она с большей силой отправляет заряды на одноимённые полюса, чем те эти заряды отталкивают.

Вот почему, хотя многие люди вместо «источник питания» говорят «источник тока», это название неправильное. Источники производят не ток, а ЭДС, которая создаёт разность потенциалов на

полюсах источника, а уже эта разность порождает в цепи электрический ток. Тот ток, который имеется внутри источника питания, течёт в направлении, противоположном нормальному. К сожалению, с ЭДС и с её измерением существует определённая путаница в терминах. Для расчётов и формул важна не величина самой силы, а та работа, которую она совершает, перемещая единичный положительный заряд по цепи. То есть какое напряжение она способна поддерживать. В результате этого, когда говорят «ЭДС», то имеют в виду не саму силу, а её способность к осуществлению работы. Поэтому ЭДС, как и напряжение, измеряют в вольтах и используют для этого один и тот же прибор — **вольтметр**. Чтобы измерить ЭДС или напряжение источника питания, надо этот прибор подключить непосредственно к его полюсам. Если электрическая цепь при этом будет разомкнута, то вольтметр покажет величину ЭДС источника питания. Если же замкнуть цепь, то вольтметр покажет уже не ЭДС, а напряжение на зажимах источника питания.



ЭДС, развиваемая источником питания, всегда больше напряжения на его зажимах. Подумай и ответь, почему так получается.

## УРОК 16. СОПРОТИВЛЕНИЕ. ПРЕПЯТСТВИЕ НА ПУТИ ТОКА

### Словарь:

- электрическое сопротивление
- резистор
- реостат (потенциометр)
- предохранитель

- короткое замыкание

## Дополнительные слова:

- заземление

### *Чем опасно короткое замыкание?*



Разность потенциалов приводит к возникновению тока в цепи. Поэтому сила тока зависит от напряжения, обеспечиваемого источником питания. Чем напряжение выше, тем больше электрических зарядов перемещается по цепи за определённый промежуток времени.

Но сила тока зависит также от свойств проводников, из которых составлена цепь. Проводником является каждая часть цепи: различные включенные в её состав устройства и приборы, а также соединяющие их провода.

Когда свободные электроны движутся вдоль того или иного проводника, они наталкиваются на его молекулы и атомы или вступают в электрическое взаимодействие с его ионами и электронами — и отдают им часть своей энергии. При этом упорядоченное движение электронов замедляется, и сквозь поперечное сечение проводника проходит за 1 секунду меньшее их число. Соответственно становится меньше и переносимый электронами за 1 секунду заряд, то есть уменьшается сила тока. Проводник как бы сопротивляется электрическому току. Это свойство всех проводников препятствовать прохождению по ним электрического заряда и этим ограничивать силу тока в цепи называется **электрическим сопротивлением**.

Сопротивление — ещё одна очень важная характеристика электричества, без знания которой невозможно понимание и использование электроэнергии. Чем выше общее сопротивление

цепи, тем меньше в ней сила тока (при постоянном напряжении).

Разные проводники обладают различным сопротивлением. У двух проводов одинаковой длины и формы, но изготовленных из различных металлов или сплавов, сопротивление будет отличаться. Провода для электрической проводки в домах делают из меди, потому что у этого металла небольшое сопротивление. У золота и серебра сопротивление ещё ниже, но провода из этих металлов стоили бы очень дорого.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Сопротивление проводника уменьшает скорость перемещения заряженных частиц, а значит, расходует часть их энергии. Эта энергия переходит в тепловую. В результате любой проводник и любое устройство, находящиеся в действующей цепи, нагреваются. Это может использоваться на пользу: например, нить накаливания в лампочке, нагреваясь, начинает светиться, а спираль электрокамина раскаляется и согревает воздух в комнате. Но в большинстве случаев нагревание проводников является вредным побочным эффектом. Там, где подобное нагревание может причинить серьёзный вред (например, расплавить микросхемы в компьютере), устанавливаются охлаждающие устройства: кулеры (маленькие вентиляторы) и другие.

Но дело не только в материале проводника. Если продолжить сравнение с плотиной, представь себе отверстие в ней, предназначенное для слива воды. Чем это отверстие меньше, тем сильнее плотина сопротивляется напору воды. Таким же образом, чем меньше поперечное сечение проводника, тем меньшей силы ток может пройти через него. Наконец, зависит сопротивление проводника и от его длины: чем длиннее проводник, тем больше сопротивление.

Итак, сопротивление, в общем случае, не зависит от напряжения и силы тока в цепи (наоборот, оно само влияет на силу тока), а определяется только самим проводником: его формой, размерами и материалом.

Мощность 60-ваттной лампочки выше, чем мощность 40-ваттной именно потому, что у первой лампочки сопротивление меньше, и она способна пропустить больше тока — а значит, и получить больший заряд.

Опять представь себе трубу с текущей водой. Ты ставишь в воду маленькую турбину (вертушку), и вода начинает её вращать. Скорость воды в трубе при этом замедлится. Если вертушка будет массивной, тяжёлой, сила воды замедлится достаточно сильно, но

сама турбина будет вращаться медленно (аналогия малой электрической мощности). Но тебе надо, чтобы она вращалась быстро. Поэтому ты ставишь другую вертушку, из лёгких материалов. Она закрутилась весело и быстро (аналогия высокой мощности электроприбора). При этом потоку воды эта турбина сопротивляется слабо — и, в отличие от первого случая, сила течения воды почти не снизится.

Сопротивление уменьшает силу тока не только в данном проводнике, но во всей цепи: ведь мы помним, что в обычной цепи сила тока является одинаковой на всём её протяжении. В современных электронных устройствах используют специальные детали, **резисторы**, единственная цель которых — обеспечивать необходимое электрическое сопротивление всей цепи; в результате сила тока в цепи при подключении устройства, содержащего резисторы, уменьшается до нужной величины.

Во многих приборах силу тока время от времени приходится менять (уменьшать или увеличивать). Например, изменяя силу тока в динамике радиоприёмника, мы регулируем громкость; в электродвигателе швейной машины — скорость вращения и т. д. Делается это при помощи переменного сопротивления: изменяя длину участка, через который проходит ток, добиваются необходимых изменений. С уменьшением сопротивления сила тока увеличивается, и наоборот. Такое устройство называется **реостатом** или **потенциометром**. Простейший из них, *ползунковый*, изображён на стр. 94. А на фотографии справа — более удобный в применении реостат, где удлинение или укорачивание части проводника, находящейся под током, производится вращательным движением ручки.



Бывают ситуации, когда по разным причинам в цепи может внезапно увеличиться сила тока (либо из-за незапланированного повышения напряжения на контактах источника питания, либо из-за чрезмерного снижения сопротивления цепи). В этом случае избыточная энергия может повредить устройства самой цепи и приборы, работающие от неё. Чтобы этого не случилось, в состав многих электрических цепей включают **предохранители** — устройства, которые автоматически размыкают цепь, если сила тока превысила допустимое значение.



### **Различные типы предохранителей защищают электрические приборы от перегорания**

Конструкция электрических предохранителей различна. Самый простой вид — плавкая вставка. Она применяется, например, в бытовой радиоаппаратуре. Главная её часть — проволочка из легкоплавкого металла, толщина которой рассчитана на определённую силу тока. Если она повысится — проволочка расплавится и разомкнёт цепь. В жилых домах часто ставят предохранители-«пробки». Проводок внутри такой пробки рассчитан на бóльшую силу тока. Но он тоже плавится, если сила

тока превышает допустимую. Тогда говорят: «пробки перегорели». Перегоревшую пробку меняют на новую.

Современные предохранители-автоматы устроены немного по-другому, но выполняют ту же задачу. Вместо легкоплавкой проволоки у них есть выключатель, который размыкает цепь в случае увеличения силы тока. Чтобы ток снова пошёл по цепи, нужно нажать кнопку, вернув автомат в первоначальное положение.

Одной из причин резкого скачка силы тока может быть **короткое замыкание**. Ты знаешь, что у электроприборов есть шнур, через который их подключают к розетке (источнику питания). Внутри шнура находятся два провода. Каждый из них покрыт изолирующим материалом. Это нужно, чтобы провода не соприкасались и ток шёл по цепи. Если изоляция нарушается, провода могут замкнуться — коснуться друг друга. И тогда ток пойдёт из одного провода в другой, минуя сам прибор. Ток нашёл более короткий путь, отсюда и название — «короткое замыкание». При этом сопротивление, заложенное в конструкцию прибора, из новой, короткой цепи исчезнет — и сила тока резко и многократно возрастёт (напряжение-то высокое!) Излишек энергии начнёт бурно высвобождаться в виде тепла. Проводка в доме на такие нагрузки не рассчитана. Поэтому она может расплавиться и послужить причиной пожара. Но предохранитель, сработав, не даст проводам сгореть.



## **Пожар, начавшийся из-за короткого замыкания проводов линии электропередачи**

Прежде чем восстанавливать цепь, необходимо устранить короткое замыкание — иначе всё повторится снова.

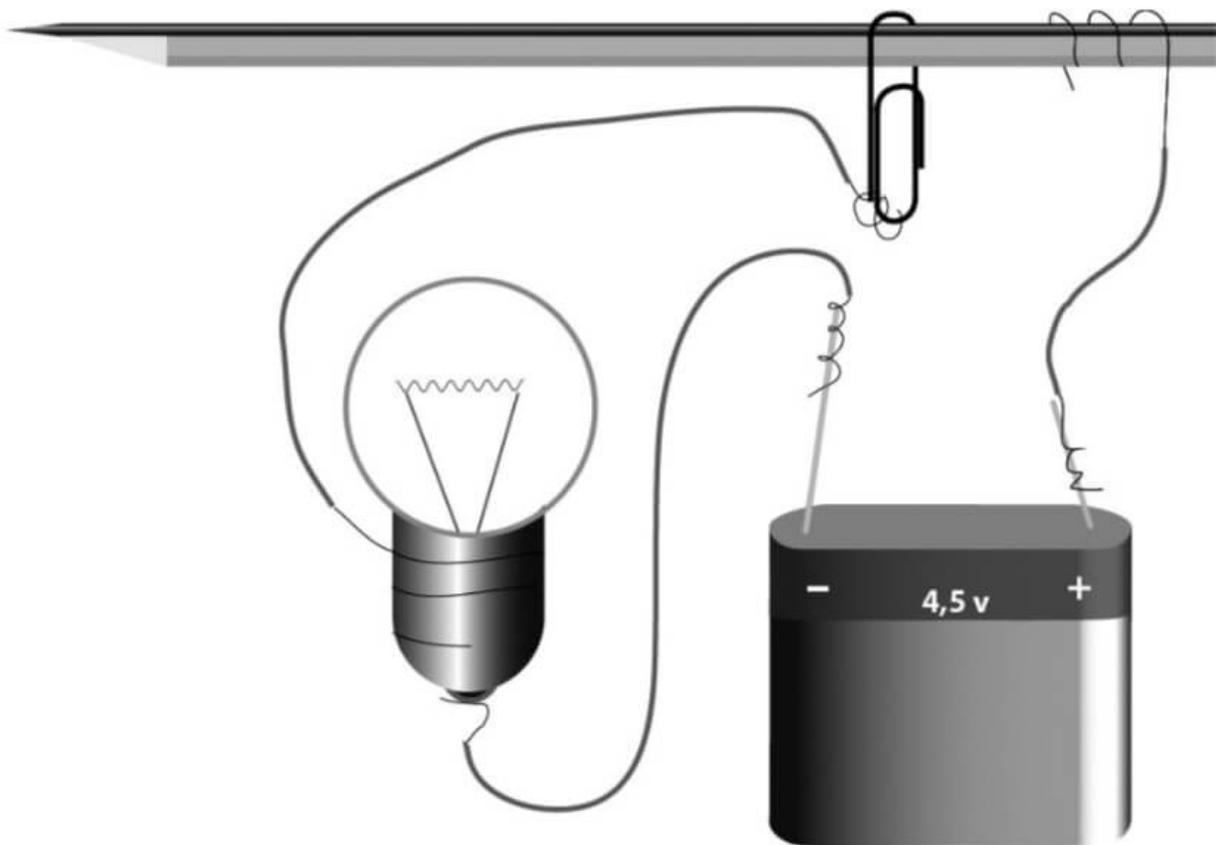
## **САМОДЕЛЬНЫЙ РЕОСТАТ**

**Цель:** проверить на опыте, как изменение сопротивления меняет силу тока в цепи.

**Необходимые материалы:** три куска тонкого медного провода, большая батарейка, изолента или скотч, лампочка из карманного фонарика, простой карандаш, нож, канцелярская скрепка.

**Примечание:** батарейку лучше взять плоскую — такую, как здесь изображена. Во-первых, разность потенциалов на её полюсах в три раза больше, чем у обычной круглой (4,5 В вместо 1,5 В). Во-вторых,

к её электродам, снабжённым контактами в виде длинных тонких пластинок, гораздо удобнее присоединять провода: их можно просто плотно обмотать оголёнными концами вокруг этих пластинок. К полюсам круглой батарейки провода придётся крепить скотчем или изолентой.



## Ход работы

1. Возьми три куска провода (20–30 см длиной) и очисти их концы от изоляции на 4–5 сантиметров.
2. Прикрепи один провод к положительному полюсу батарейки, другой — к отрицательному.
3. Возьми простой карандаш и осторожно разрежь его вдоль на две части, чтобы графитовый грифель остался неповреждённым в одной из этих частей. **(Работай с ножом аккуратно, не порежься!)**
4. На один конец половинки карандаша (с грифелем) плотно намотай несколькими витками зачищенный конец провода,

идущего от положительного полюса батарейки. Провод должен находиться в контакте с грифелем.

5. Надень на карандаш канцелярскую скрепку так, чтобы она плотно прилегла к грифелю. Передвинь скрепку к тому концу карандаша, на который уже намотан провод (но так, чтобы скрепка и провод друг друга не касались).
6. К свободному концу скрепки прикрепи конец третьего провода.
7. Другой конец третьего провода обмотай вокруг цоколя лампочки.
8. Конец провода, идущего от отрицательного полюса батарейки, прикрепи скотчем или изолентой к нижнему контакту лампочки. Лампочка должна загореться.
9. Осторожно возьми карандаш и потихоньку передвигай по нему скрепку, перемещая её к другому концу карандаша.

## **Вопросы**

- Что происходило с лампочкой по мере того, как ты передвигал скрепку?
- Почему изменялась яркость её свечения?

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое электрическое сопротивление?**
- **Зависит ли сопротивление от силы тока и напряжения?**
- **Как сопротивление связано с мощностью?**
- **Что такое реостат?**
- **Как устроены предохранители?**
- **Почему случается короткое замыкание?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Влияет ли температура проводника на величину его сопротивления?**

- Почему до сих пор никто не изобрёл неперегорающую пробку?

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ



Наверняка ты уже слышал о заземлении и о том, что без него опасно работать с электрическим током и использовать электроприборы. Давай разберёмся, почему существует необходимость в заземлении и как оно устроено.

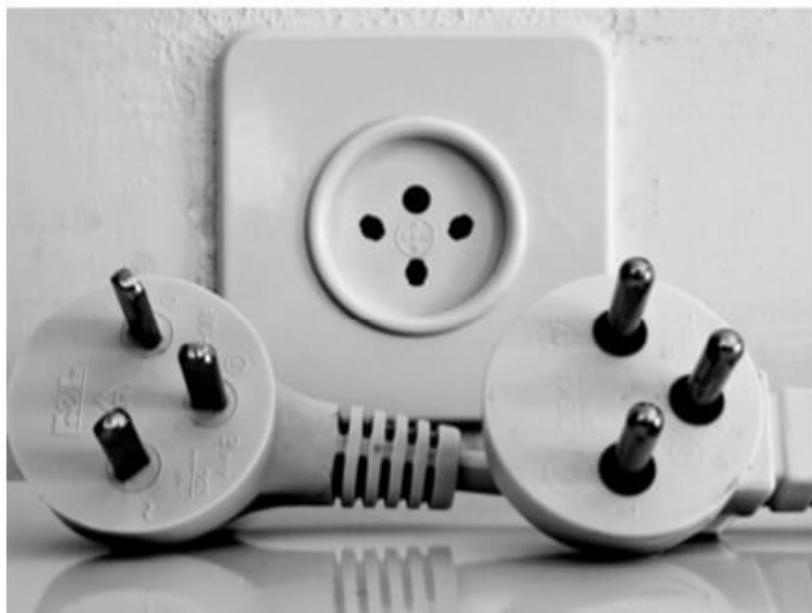
В любом электроприборе — утюге, стиральной машине, электроплите — может произойти повреждение изолирующего покрытия на одном из проводов. Может также сместиться со своего места деталь, включённая в цепь. Если оголённый (неизолированный) проводник, находящийся под напряжением, коснётся металлического корпуса, на нём тоже возникнет потенциал.

Это ещё не означает, что при касании человеком такого прибора его обязательно ударит током. Ведь «ударяет» именно ток — идущий через человека поток электронов. А ты помнишь, что само по себе наличие электрического потенциала тока не создаёт. Если дело происходит в сухом помещении, а человек стоит на непроводящем полу, он может вообще ничего не почувствовать. Но если пол будет металлическим или мокрым — то есть электропроводным, — возникнет разность потенциалов между корпусом и этим проводником. В результате через тело человека пойдёт электрический ток, что чрезвычайно опасно, поскольку может привести к его гибели. То же самое произойдет, если одновременно коснуться корпуса, на котором существует потенциал, и какой-либо токопроводящей конструкции — например, водопроводной трубы. Ведь эта труба связана с землёй, потенциал которой равен нулю, — а значит, между трубой и корпусом тоже возникнет разность потенциалов.

Для того чтобы защитить нас от поражения током в подобных случаях, и делается **заземление** — соединение какой-либо точки электрической сети или электроприбора с землёй. Обычно *заземляющее устройство* состоит из отдельного провода и соединённого с ним металлического — чаще всего стального — стержня (или рамки), закопанного в землю. Заземляющий провод должен обладать небольшим сопротивлением и быть достаточно мощным, чтобы выдержать любую возможную внутри данного электрического устройства силу тока.

Если такое соединение есть, то при неисправности, если на корпусе возникнет потенциал, ток потечёт через заземляющий провод в землю, всегда обладающую нулевым потенциалом. (Точно так же в землю уйдёт и заряд статического электричества, если он по каким-то причинам возникнет на корпусе).

Иногда к заземляющему проводу подключают *устройство защитного отключения (УЗО)*, которое реагирует на утечку тока и отключает прибор. Но даже если УЗО отсутствует, заземление всё равно защищает от поражения током. Ведь заземляющий проводник обладает маленьким сопротивлением, и ток пойдёт главным образом по нему, а не через тело человека, сопротивление которого довольно высокое. Так что заземление — это необходимая вещь, позволяющая избежать большой беды.



### **Заземлённые розетки разных конструкций**

В современных домах заземляющий провод уже добавлен в проводку, а каждая розетка снабжена заземляющими контактами — пружинистыми «усиками» с двух сторон. Соответствующие им вилки имеют по бокам узкие металлические пластинки. Заземляющие контакты специально расположены так, чтобы соприкоснуться раньше, чем соединятся контакты, замыкающие электрическую цепь (штыри вилки и гнёзда розетки). Другой вариант заземлённой розетки имеет третье гнездо, к которому присоединён заземляющий провод, а вилка прибора снабжена дополнительным штырём. Этот штырь длиннее

остальных, а значит, тоже входит в контакт раньше, чем замыкается цепь.

Однако наличие розеток с заземляющим контактом ещё не означает, что они действительно заземлены! В старых домах заземляющего провода просто нет. Поэтому недостаточно сменить в таком доме розетки, а нужно прокладывать заземляющее устройство и протягивать к каждой розетке от него кабель. Но лучше один раз постараться и сделать правильную электропроводку, чтобы обеспечить безопасность на многие годы.

## УРОК 17. СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ

### Словарь:

- последовательное соединение
- параллельное соединение
- электрическая схема
- постоянный ток
- выпрямитель

### Дополнительные слова:

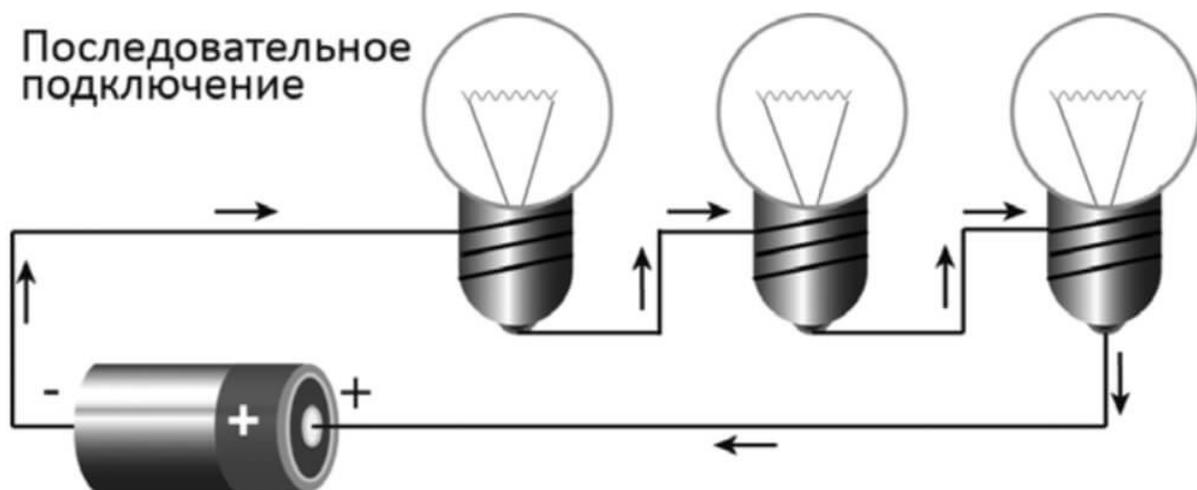
- закон Ома
- сверхпроводимость

*Какое соединение лучше?*



Электрические цепи состоят, помимо источника питания, из нескольких проводников и устройств. Но соединить их между собой можно по-разному. Существуют два основных способа соединения элементов электрической цепи.

До сих пор мы говорили о цепях, в которых все элементы соединены один за другим, «по кругу». Такой способ, когда конец первого проводника соединяют с началом второго, конец второго — с началом третьего и т. д., называется **последовательным соединением**. Ток в этом случае проходит через все части цепи по очереди, двигаясь лишь по одному пути. Сила тока при последовательном соединении одинакова в любых частях цепи, а напряжение постепенно уменьшается от участка к участку. Сумма напряжений на разных участках будет равна общему напряжению цепи. Суммироваться при последовательном соединении будут и сопротивления.



## Последовательное соединение

Последовательное соединение проводников изображено на рисунке справа (стрелками показано направление движения электронов). Ты можешь увидеть его, например, в ёлочной гирлянде. Если в такой гирлянде, подключаемой к розетке, соединено десять одинаковых лампочек, по обеим сторонам каждой из них разность потенциалов будет составлять не 220 вольт (напряжение в розетке), а 22 вольта. Бывают гирлянды из совсем крошечных лампочек, число которых достигает сотни. На каждую

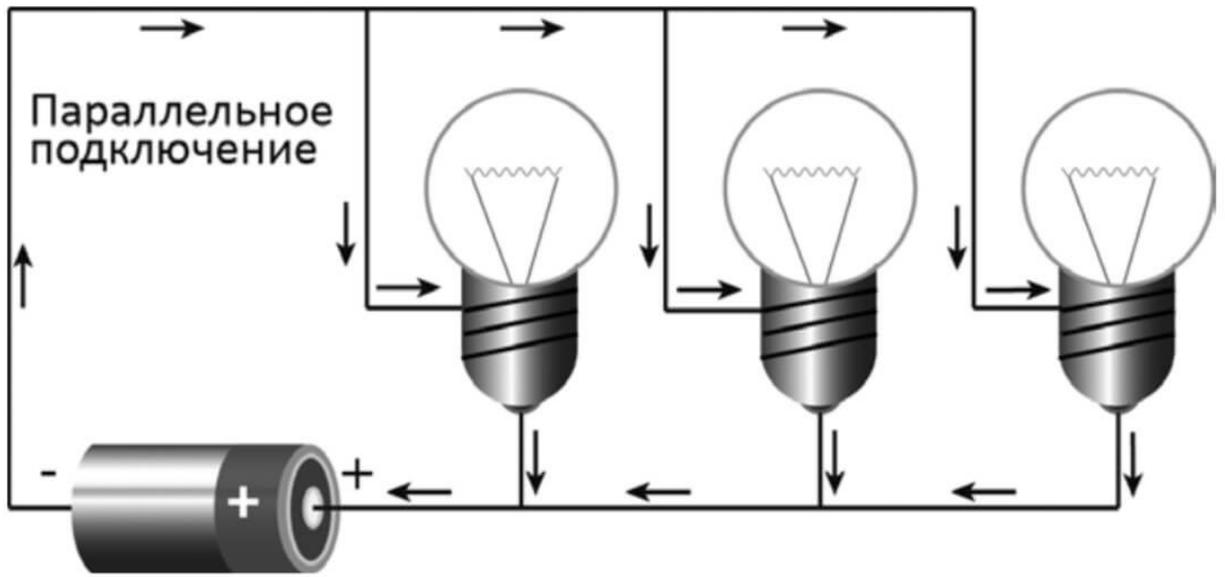
такую лампочку приходится напряжение 2,2 вольта, но им этого хватает. При создании гирлянды специально рассчитывается, какое количество лампочек в ней должно быть, чтобы на каждой было необходимое ей напряжение.

Когда из последовательно соединённой цепи убирают один из её элементов, эта сеть размыкается. Если ёлочная гирлянда вдруг гаснет, это означает, что одна из лампочек перегорела, либо у неё отошёл контакт. Чтобы восстановить разорванную цепь, придётся проверить всю гирлянду и заменить перегоревшую лампочку запасной.

Некоторые люди, если у них нет запасной лампочки, убирают перегоревшую вместе с патроном и соединяют провода. Такая гирлянда будет работать, так как цепь снова замкнута. Но общее сопротивление цепи становится меньше, на лампочки приходится большее напряжение, чем то, на которое они рассчитаны, и они начинают перегорать одна за другой.

Второй способ построения электрической цепи называется **параллельным соединением**. В этом случае начала всех проводников присоединяются к одной точке цепи, а их концы — к другой. В результате каждый *параллельный участок* цепи подключён с одной стороны к положительному, а с другой стороны — к отрицательному полюсу источника питания. Посмотри на рисунок справа, чтобы лучше понять устройство такой цепи.

В результате у тока оказывается не один, а несколько путей, по которым он может протекать. Поток заряженных частиц устремляется по каждому из них. То же происходит с водой в оросительной системе: выйдя из трубы, она разветвляется на рукава, проходит через систему каналов по всему полю — и на другом его конце снова соединяется в один поток.



## Параллельное соединение

Сила тока в такой цепи по-прежнему остаётся одинаковой на начальном и конечном её участках. А значит, в разветвлённой части цепи она делится на части — как и поток воды в каждом канале становится слабее, чем был в трубе. Но если сложить силы тока во всех параллельных участках, результат будет равен силе тока в неразветвлённой части.

А вот напряжение у всех параллельных участков одинаковое. На концах у всех — совершенно одинаковая разность потенциалов: ведь они и начинаются, и заканчиваются в одних и тех же точках цепи.

Электрический ток, как и вода, идёт по пути наименьшего сопротивления. Если при параллельном соединении двух участков их электрические сопротивления одинаковы, по обоим участкам пойдёт одинаковый ток. Но если у одного из параллельных участков сопротивление окажется выше, то сила тока в нём будет меньше.

Но самое интересное: каждый новый параллельный участок, добавленный к цепи, уменьшает её общее сопротивление и, соответственно, увеличивает силу тока. Почему? Ведь добавленный участок обладает своим сопротивлением; получается, что мы, добавив новое сопротивление, почему-то сделали общее сопротивление меньше, а не больше?..

Ничего странного тут нет. Просто нужно понимать, что добавили мы не столько новое сопротивление, сколько новый проводник. А он открывает для тока новый путь. Представь себе: ты хочешь полить

огород, но у твоей лейки на носике только одна маленькая дырочка. Вода через нее течет слабо: дырочка мала, сопротивление большое. Тогда ты проделываешь в носике ещё одну дырочку. Сама по себе она пропускает так же мало воды, как и первая, сопротивляясь её потоку, — но через две струйки воды выливается больше. Тогда ты делаешь ещё 10 дырочек — и вода льётся через них на грядки в большом количестве.

Или другой пример. Возьми соломинку для коктейля и попробуй дышать через неё. Это получается нелегко: соломинка очень узкая, и каждый вдох даётся с большим трудом, принося лишь небольшую порцию воздуха. Но если ты возьмёшь сразу 20 соломинок и станешь дышать через все одновременно — дыхание станет свободным. «Параллельное соединение» многих сопротивляющихся воздуху трубочек обеспечило его свободное прохождение. (Но если бы ты соединил эти соломинки «последовательно», в одну длинную трубочку, то не смог бы сделать через неё даже маленького вдоха).

Таким образом, чем больше параллельных участков будет в цепи, тем свободнее по ней идти току, тем большей будет его сила в неразветвлённой части цепи. Если сила тока станет слишком большой, цепь может перегореть, если раньше не сработают подключённые к ней предохранители. Это может случиться и у тебя дома. Все розетки подключены параллельно к центральному проводу, входящему в дом. Когда одновременно работает много бытовых приборов, подключение ещё одного может поднять силу тока выше допустимого уровня — и предохранители разорвут цепь (перегорит пробка или сработает автомат).

Параллельное соединение используется чаще, чем последовательное. Оно удобнее, потому что при нём отключение одного электроприбора не приводит к выключению всех остальных, и они продолжают работать, так как цепь остаётся замкнутой. Кроме того, не нужно каждый раз высчитывать, какие элементы включить в цепь, чтобы обеспечить прибору нужное напряжение. При параллельном соединении оно остаётся неизменным — и можно выпускать устройства, рассчитанные на конкретную величину напряжения.

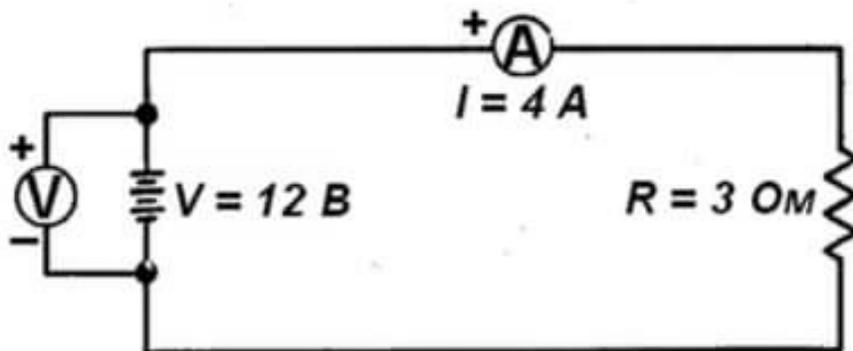
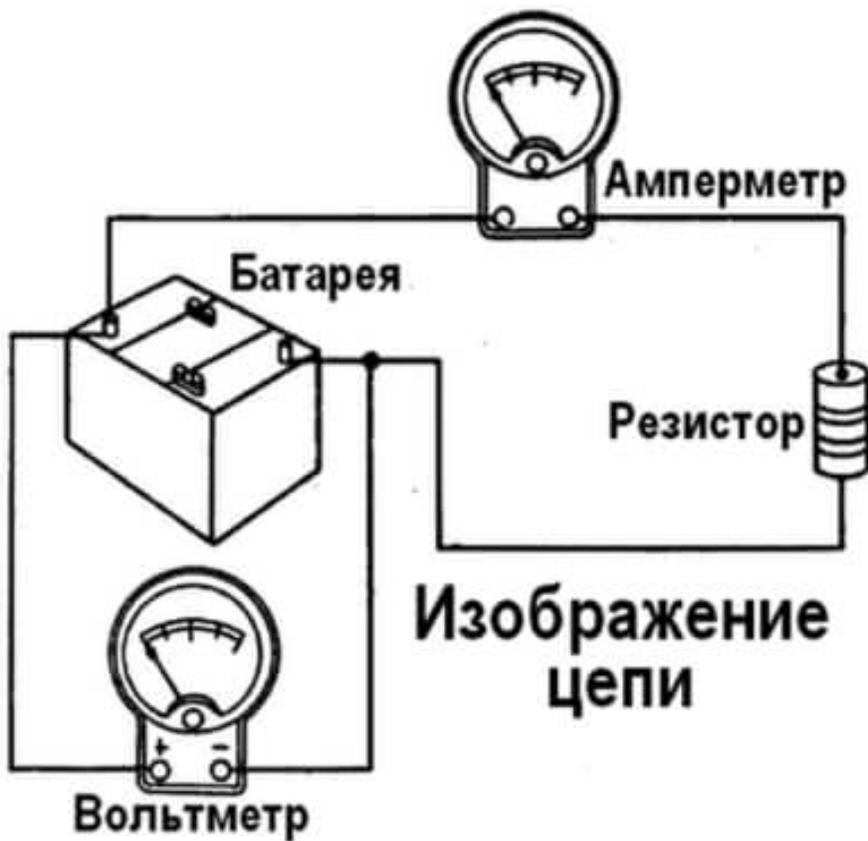
С другой стороны, если параллельно включить в сеть устройство, которое рассчитано на меньшее напряжение, оно сгорит. Поэтому

нужно быть внимательным и всегда смотреть, соответствует ли напряжение в сети величине, указанной на электроприборе.

Могут существовать также цепи со смешанным соединением проводников, включающие в себя как параллельные, так и последовательные участки.

Чтобы изобразить на бумаге или в электронном документе устройство цепи или электроприбора, составляются специальные **электрические схемы**. На них в виде общепринятых условных значков и пометок показываются составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи. Слева на рисунке изображена простая электрическая цепь и показано, как она выглядит на электрической схеме.

Прежде чем закончить разговор об электрической энергии, необходимо сказать ещё об одном. Ток, проведённый в наши дома от электростанций, — это не тот движущийся в одном направлении поток электронов (так называемый **постоянный ток**), о котором мы всё время говорили. По ряду причин оказалось, что во многих случаях удобнее производить и использовать *переменный ток*, который постоянно меняет свою величину и направление. Электрическое поле, создаваемое на электростанции, всё время меняет свою *полярность*. За одну секунду «плюс» и «минус» в наших домашних цепях меняются местами 50 раз!



Понятно, что электроны, испытывающие такое постоянно меняющееся воздействие, не составляют потока, а совершают «танец на месте»: быстрые колебания в зависимости от того, куда в данную долю секунды их стремится переместить электрическое поле.

Однако все основные соотношения между характеристиками электричества при переменном токе остаются такими же, как и при постоянном. Напряжение, сила тока, сопротивление и мощность зависят друг от друга и вычисляются точно так же, как и в цепи

с постоянной разностью потенциалов, по которой протекает постоянный ток.

Тем не менее для работы большинства электрических приборов и устройств нужен поток частиц — то есть, постоянный а не переменный ток. Поэтому в них встраивают (или подключают извне) специальные устройства — **выпрямители**. В эти преобразователи электрической энергии входит переменный ток, а выходит из них уже постоянный. Разные конструкции выпрямителей носят названия *блок питания*, *адаптер* и т. д.

## ДВА ВИДА СОЕДИНЕНИЯ

**Цель:** создать цепи с последовательным и параллельным соединениями.

**Необходимые материалы:** батарейка (плоская или круглая), провода, изолента или скотч, три лампочки от карманного фонарика.

### Ход работы

1. Собери цепь с последовательным соединением, наподобие изображённой на стр. При таком соединении ток сможет идти только по одному пути. Если с круглой батарейкой лампочки горят тускло, замени её на плоскую или присоедини последовательно ещё одну круглую.
2. После того как лампочки зажгутся, удали одну из них из цепи.
3. Замкни цепь с двумя лампочками.
4. Из тех же деталей собери цепь с параллельным соединением, как на картинке на стр. У тока в этом случае будет три пути, и он воспользуется всеми.
5. Опять удали одну из лампочек.

### Вопросы

- Что произошло с другими лампочками, когда одну из них удалили из цепи с последовательным соединением?
- Изменилась ли яркость оставшихся лампочек, когда ты снова замкнул цепь?

- Почему лампочки стали гореть ярче?
- Что произошло с другими лампочками, когда одну из них удалили из цепи с параллельным соединением?
- Почему остальные лампочки не погасли?
- Почему они не стали гореть ярче?

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Чем различается конструкция цепей с последовательным и параллельным соединениями?**
- **Что можно сказать о характеристиках электричества в цепи с последовательным соединением?**
- **Что можно сказать о характеристиках электричества в цепи с параллельным соединением?**
- **Почему добавление новых сопротивлений при параллельном соединении уменьшает общее сопротивление цепи?**
- **Какое соединение более удобно и чем?**
- **Что такое электрическая схема?**
- **Откуда берётся электрическая энергия в источниках питания?**
- **Откуда ток в розетке?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему электрическое сопротивление можно сравнивать с диаметром отверстия, по которому стекает вода?**
- **Как работает выпрямитель?**
- **Существуют ли устройства, преобразующие постоянный ток в переменный?**

## **ЗАКОН ОМА**



Немецкий физик по имени Георг Ом в 1926 году выявил непосредственную связь между напряжением, силой тока и сопротивлением участка цепи. Эту связь он выразил формулой:

$$U = I \times R,$$

где  $U$  — это напряжение,  $I$  — сила тока,  $R$  — сопротивление. Таким образом, напряжение равно произведению силы тока и сопротивления.



**Георг Симон Ом**

Эта закономерность получила название **закон Ома**, а единицу сопротивления назвали именем открывателя закона — ом (в качестве обозначения рядом с числом это слово записывается

с большой буквы: Ом)

Реши несколько задач с использованием закона Ома.

В последовательной цепи сумма напряжений на всех сопротивлениях равна напряжению аккумулятора. Если в цепи находится более одного сопротивления, какая-то часть силы тока тратится на первое из них, затем на второе и так далее. При этом сила тока уменьшается одновременно во всей цепи. Чтобы определить общее сопротивление цепи, нужно сложить сопротивления всех частей цепи. Тогда с помощью закона Ома можно вычислить силу тока этой цепи.

Задача 1. Рассчитай силу тока в последовательной цепи с напряжением аккумулятора 6 В и одним сопротивлением в 10 Ом.

Задача 2. Рассчитай силу тока в последовательной цепи с напряжением аккумулятора 6 В и двумя сопротивлениями в 10 Ом каждое.

Задача 3. Два проводника сопротивлением 1 Ом и 3 Ом соединены последовательно. Сила тока в цепи равна 1 А. Определи сопротивление цепи, напряжение на каждом проводнике и полное напряжение всего участка цепи.

В параллельной цепи напряжение на каждом сопротивлении одинаковое. Поэтому закон Ома можно использовать для вычисления силы тока, проходящего через каждый параллельный участок.

Задача 4. В параллельную цепь включены два сопротивления по 10 Ом. Определи силу тока в каждом из них.

Задача 5. В параллельную цепь включены два сопротивления: первое — 10 Ом, второе — 20 Ом. Определи силу тока в каждом из них и силу тока в неразветвленном участке цепи.

Закон Ома не является фундаментальным физическим законом. Это лишь закономерность, соответствующая тем случаям, которые нам обычно встречаются в жизни. Но в ряде ситуаций закон Ома может не соблюдаться. Дело в том, что ток ведёт себя подобно жидкости не во всех случаях. Некоторые его проявления совершенно невозможно описать, сравнивая с потоком воды. Например, такое уникальное (и очень важное для дальнейшего развития технологий) явление, как **сверхпроводимость**: способность некоторых материалов при сильном охлаждении полностью утрачивать

электрическое сопротивление.

Об этом и многих других удивительных свойствах электричества тебе ещё предстоит узнать в будущем.

# ЧАСТЬ 4. МАГНЕТИЗМ

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Магнетизм и его природа
- Свойства магнитного поля Земли
- Связь между магнетизмом и электричеством
- Электромагнитная индукция и переменный ток

## УРОК 18. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ДЕЙСТВИЕ НА РАССТОЯНИИ

### Словарь:

- магнитное поле
- магнитный момент
- магнит
- постоянный магнит
- полюса магнита
- закон магнитных полюсов
- магнетизм

### Дополнительные слова:

- силовые линии
- вихревые поля

*Как действует магнит?*



Магнетизм — это сила, понять природу которой люди не могли столетиями.

Ещё древние греки знали, что некоторые каменные породы притягивают к себе куски железа. Такие загадочные камни стали называть *магнетитами* — по названию местности, где добывали железную руду. Но чем именно вызвано это явление, никто не понимал. Поэтому на протяжении многих столетий магнетизм считался магическим свойством. Особенно поражало людей то, что магнитная сила действовала не при физическом взаимодействии предметов (как механические силы), а на расстоянии.

В средние века магнитные свойства начали использоваться для создания примитивных компасов. А в 1269 году учёный Пьер де Мерикур по прозвищу Перегрин выяснил, что у магнитов есть полюса. Он обратил внимание на то, что железные опилки собирались у противоположных краёв куска магнетита.

В 1600 году англичанин Уильям Гильберт опубликовал книгу, в которой собрал все известные на тот момент свойства магнита, а также описал результаты своих опытов. Впоследствии оказалось, что не все его наблюдения и выводы соответствуют действительности. Тем не менее книга Гильберта значительно поспособствовала распространению знаний о магнетизме.

Сегодня мы знаем, что магнитные явления не имеют никакого отношения к магии. Что же является их настоящей причиной?

Ты уже знаешь, что атом состоит из частиц, которые обладают электрическим зарядом, а заряд создаёт вокруг себя электрическое поле. Но этим дело не ограничивается. При определённых условиях электрический заряд создаёт вокруг себя ещё и **магнитное поле**. Давай вспомним: *полем* называется особый вид материи, отличающийся от вещества и передающий взаимодействие на расстоянии. Магнитное поле, так же, как и электрическое, взаимодействует с зарядами и веществами. Причём оба эти поля, электрическое и магнитное, глубоко взаимосвязаны.

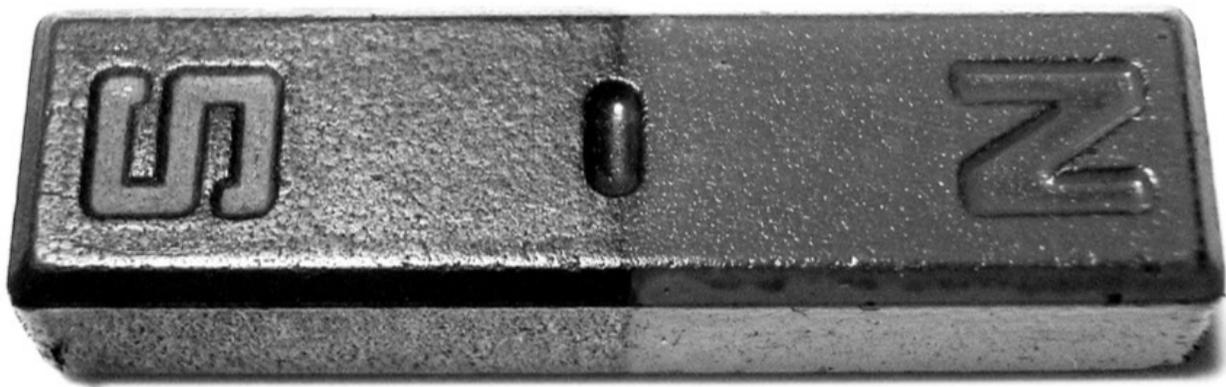
Каждая элементарная частица, входящая в состав атома, обладает особым признаком, который позволяет ей проявлять магнитные свойства. Этот признак называется **магнитным моментом** частиц. Чтобы проще было говорить об этом признаке, можно представить, что он связан с вращением частицы вокруг своей оси. (Хотя на самом деле говорить о вращении частиц вряд ли возможно — из-за того, что их вообще трудно описать привычными нам словами и физическими терминами, принятыми для более крупных объектов).

У протонов магнитный момент ничтожно мал по сравнению с магнитным моментом электронов — потому что электрон находится в постоянном движении, а магнитное поле создаётся именно *движущимся* электрическим зарядом. Поэтому магнитные свойства того или иного материала зависят, прежде всего, от магнитных моментов электронов — а значит, связаны с тем, как электроны располагаются в его атомах.

У части химических веществ все электроны являются *спаренными* — то есть такими, которые нейтрализуют магнитные моменты друг друга. Такие материалы не проявляют магнитных свойств. А в веществах, которые такие свойства проявляют, имеются неспаренные электроны. Если магнитные моменты этих электронов оказываются упорядоченными (очень упрощённо говоря, если они поворачиваются в одну сторону), то кусок материала, в котором это происходит, становится магнитом. **Магнит** — это объект, обладающий собственным магнитным полем.

В жизни мы нередко пользуемся **постоянными магнитами** — изделиями из естественного или искусственного магнитного материала, которые долгое время не теряют свою намагниченность.

Магнитное поле сильнее всего действует возле двух противоположных концов магнита; чем больше расстояние от концов, тем оно слабее. Эти концы называются северным и южным **полюсами магнита**, потому что они ориентируются на *магнитные полюса Земли* (об этом пойдёт речь на следующем уроке). Именно на этом свойстве основано действие древнейшего магнитного прибора — *компыаса*.



**Постоянные магниты часто выпускают в форме бруска, на котором обозначены полюса**

На уроках, посвящённых электричеству, ты узнал, что частицы с противоположным электрическим зарядом притягиваются, а с одинаковым зарядом — отталкиваются. Та же самая закономерность применима и к магнитным полям: противоположные полюса магнитов притягиваются, одинаковые — отталкиваются. Это явление называется **законом магнитных полюсов**.



**Другая часто встречающаяся форма постоянных магнитов — подкова: это делается для того, чтобы приблизить полюса друг к другу. При этом создаётся сильное магнитное поле, с помощью которого можно**

## поднимать большие куски железа

Многие исследователи в прошлом пытались разрезать магниты пополам, чтобы получить два однополюсных магнита. Но все попытки были безуспешными: у каждой из половинок оказывались собственные северный и южный полюса. У магнита — всегда два полюса.

Теперь мы можем попробовать дать ответ на вопрос, что такое магнетизм. **Магнетизм** — это форма взаимодействия движущихся электрических зарядов, осуществляемая на расстоянии с помощью магнитного поля. Как уже было сказано, магнетизм тесно связан с электричеством; эти две формы энергии легко переходят друг в друга.

### ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

**Цель:** изучить, как действует магнитное поле.

**Необходимые материалы:** стержневой магнит, верёвка, другие магниты, широкая миска (не металлическая), маленькие металлические скрепки.

#### ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Уильям Гильберт сделал интересное открытие: если к одному полюсу магнита приблизить кусок железа, другой его полюс начинает притягивать сильнее. Эта идея была запатентована лишь через 250 лет после его смерти.

#### Ход работы

##### ОПЫТ 1.

1. Возьми стержневой магнит. Привяжи посередине к нему верёвку.
2. Держа магнит за верёвку, медленно опускай его в миску, наполненную маленькими металлическими скрепками. Теперь медленно подними магнит. Равномерно ли расположились на нём скрепки? Или они сконцентрированы в одном или нескольких местах?

##### ОПЫТ 2.

Если у тебя есть несколько магнитов, проверь действие закона магнитных полей: попробуй соединить магниты разными способами. Ты увидишь, что магниты притягиваются, когда

повёрнуты друг к другу противоположными полюсами. А если один из магнитов развернуть, они начнут отталкиваться. Даже если у тебя хватит сил прижать их друг к другу, они всё равно разлетятся в разные стороны, сто́ит только отпустить их.

### **ОПЫТ 3.**

1. Держа магнит над столом, подвесь к нему скрепку, чтобы она держалась силой его притяжения.
2. Приложи вторую скрепку к концу первой. Почему она прилипла?
3. Сколько скрепок тебе удастся добавить в эту цепочку? Почему их число не может быть бесконечным?

### **Выводы**

Предметы из железа или стали (сталь — это сплав, который содержит очень много железа) притягиваются к магнитам. Если поднести стальной предмет достаточно близко к магнитному полю, атомы «выравниваются» относительно магнитного поля (их магнитные моменты становятся упорядоченными). Сам предмет при этом тоже фактически становится магнитом — он начинает проявлять магнитные свойства.

### **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое магнит?**
- **Одинакова ли сила магнита во всех его частях?**
- **Что такое закон магнитных полюсов?**
- **Что ты знаешь о причинах магнетизма?**

### **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему одна скрепка притягивается к другой, когда первая касается магнита (ведь без магнита они друг к другу не притягиваются)?**

### **НАБЛЮДЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**



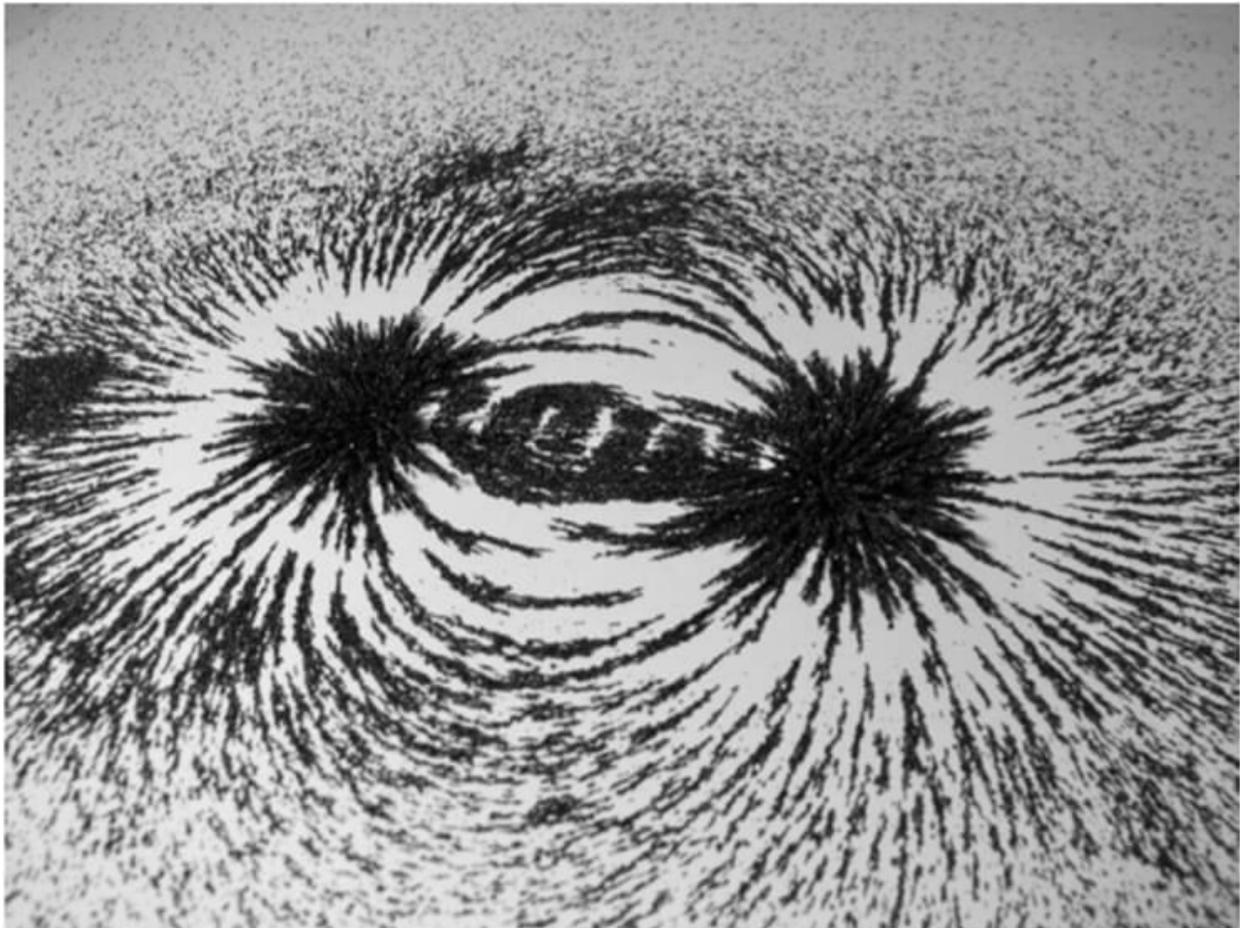
На полюсах магнита действие магнитного поля является максимальным. А как оно действует на пространстве между полюсами — произвольно или упорядоченно? Это можно определить, проведя опыт с постоянным магнитом и железными опилками.

**Цель:** увидеть различия магнитного поля магнитов разной формы.

**Необходимые материалы:** стержневой магнит, подковообразный магнит, другие магниты, бумага, карандаш, железные опилки.

### **Ход работы**

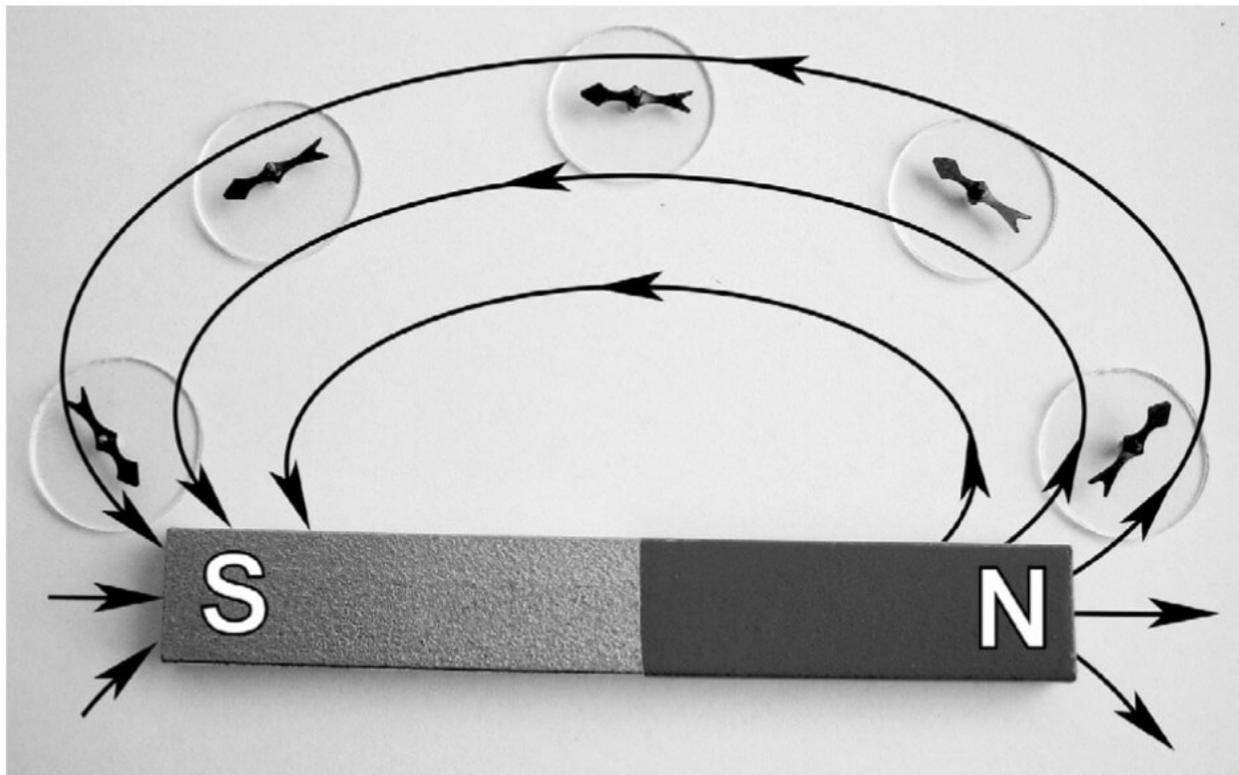
1. Положи лист бумаги на стержневой магнит и осторожно высыпь на бумагу железные опилки. Они притянутся к магнитным полюсам, и ты увидишь линии магнитного поля.
2. Повтори эксперимент с подковообразным магнитом.
3. Если у тебя есть магниты разной формы, изучи магнитное поле каждого из них.
4. На отдельном листе бумаги сделай наброски магнитов и форм магнитного поля, свойственных каждому из магнитов. Поле, генерируемое стержневым магнитом, будет сильно отличаться от поля, генерируемого подковообразным магнитом.
5. Изучив эти магнитные поля по отдельности, соедини два или более магнита. Какое теперь получилось магнитное поле? Зарисуй и его.



## **Выводы**

Силы магнитного притяжения у постоянного магнита распределяются в виде кривых линий. Они называются **силовыми линиями** магнитного поля. Железные опилки, оказавшиеся в поле магнита, сами намагничиваются и размещаются вдоль его силовых магнитных линий, позволяя нам увидеть невидимое: в каком направлении действуют магнитные притяжения и отталкивания в каждой точке созданного магнитом поля.

Магнитные силовые линии всегда являются непрерывными и замкнутыми. Может показаться, что они заканчиваются на полюсах магнита, но на самом деле они замыкаются внутри него. Этим они напоминают вихри — потоки воздуха, движущиеся по замкнутому кругу (например, смерчи и ураганы). Поэтому магнитное поле относят к **вихревым полям**.



## УРОК 19. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ. УКАЗЫВАЕТ ЛИ КОМПАС НА СЕВЕР?

### Словарь:

- компас
- магнитосфера
- радиационные пояса Земли (пояса Ван Аллена)
- магнитные полюса Земли
- магнитное склонение
- инверсии магнитного поля

### Дополнительные слова:

- полярное сияние

## Как Господь защищает нас от космической радиации?



Магниты, специально изготавливаемые на заводах, нередко особым образом окрашивают. Одну его половину покрывают синей краской, а вторую — красной. Синий край обозначается латинской буквой N, а красный — буквой S.

В древности, когда люди ещё ничего не знали об электронах и электрических зарядах, они уже обратили внимание на свойства магнитов. Было замечено: если намагниченной стрелке или иглке дать возможность свободно вращаться, один и тот же её конец будет всегда указывать в одну и ту же сторону — на север. Поэтому этот полюс магнита стали обозначать буквой N (от английского слова «норд» — север) и окрашивать в «холодный» синий цвет. Соответственно противоположный конец обозначили первой буквой английского слова «юг» и окрасили в «жаркий» цвет.

Впервые применять это свойство магнитов для того, чтобы определять стороны горизонта, начали в Китае тысячу лет назад. Именно там был создан первый **компас** — магнитный прибор, позволяющий ориентироваться на местности. Сначала его использовали путники, а в XIII веке стали применять и на кораблях. Компасы могли быть различной конструкции, но их стрелки неизменно указывали одним концом на север, а другим — на юг.

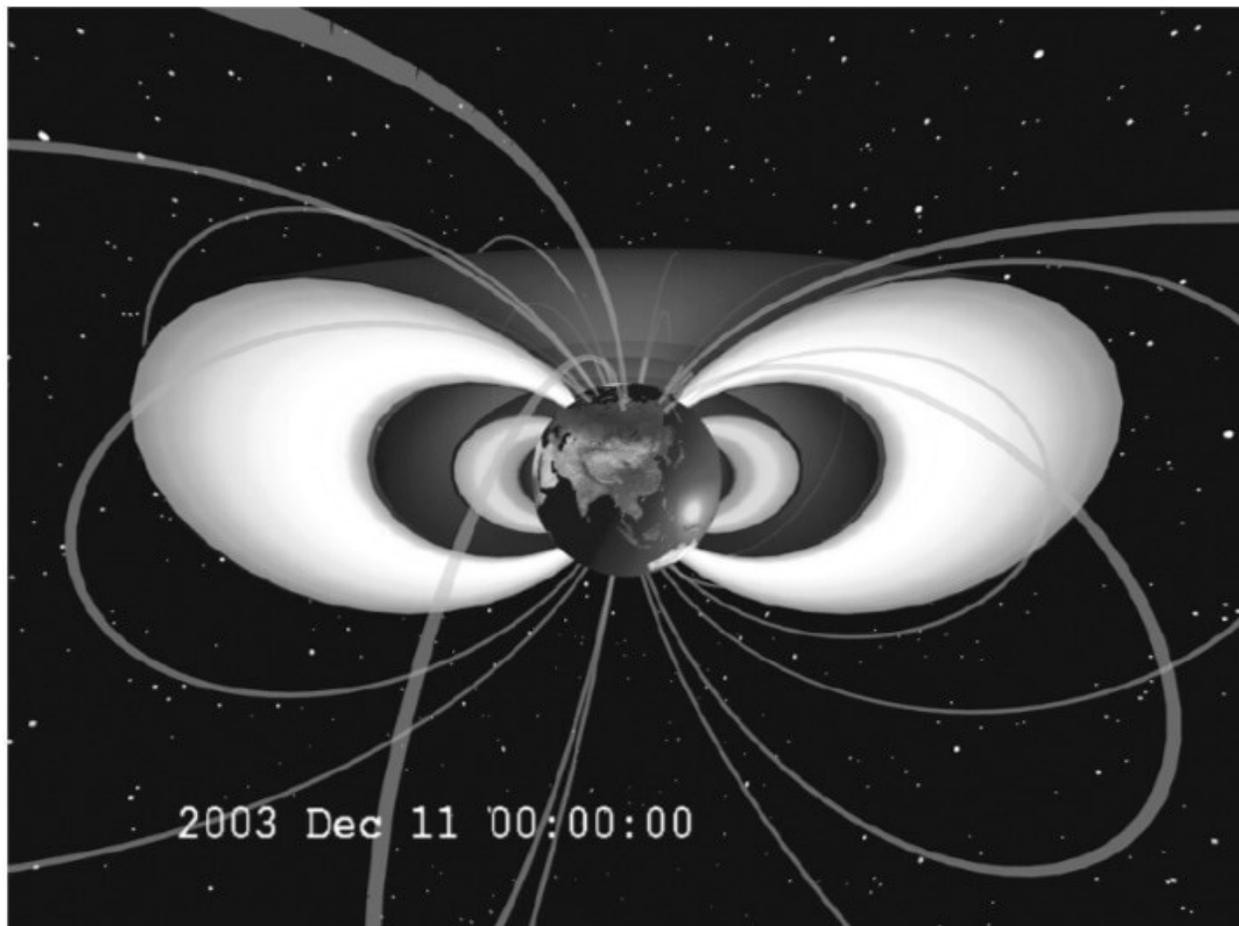
Почему же так происходит? Каким образом магниты связаны с полюсами Земли?



Дело в том, что вся наша планета — это своего рода гигантский магнит. У неё есть магнитное поле — а значит, как у любого магнита, северный и южный магнитные полюса. **Магнитосфера** — область действия магнитного поля Земли — простирается на тысячи километров в космос.

В 1958 году доктор Джеймс Ван Аллен сконструировал счётчик излучений, который был отправлен в космос на борту спутника «Эксплорер-1». Выяснилось, что в космосе вокруг Земли уровень жёсткой радиации намного выше, чем на планете. Если бы она достигла поверхности Земли, всё живое почти сразу погибло бы. Но этого не происходит. Дальнейшие исследования показали, что магнитное поле Земли образует над поверхностью планеты две области (одна внутри другой); их называют **радиационными поясами Земли** или **поясами Ван Аллена** (смотри рисунок справа). Именно эти пояса защищают Землю от избытка солнечного излучения — потока заряженных частиц с Солнца. Магнитное поле притягивает эти частицы, изменяет траекторию их полёта и отводит их в сторону по траектории своих силовых линий.

Учёные спорят о том, как именно образуется магнитное поле Земли. Большинство из них считает, что ядро Земли сделано из твёрдого железа (или железа и никеля), а окружает его жидкое внешнее ядро. Тогда магнитное поле Земли может образовываться под действием конвекционных потоков в жидком внешнем ядре (которое хорошо проводит электричество).



### **Пояса Ван Аллена**

Недавно геофизик Дж. Марвин Герндон высказал другое предположение. Он считает, что в центре Земли происходит природное деление атомных ядер: некий естественный реактор диаметром приблизительно в восемь километров вырабатывает энергию, необходимую для генерирования и поддержания магнитного поля Земли. Далеко не все специалисты принимают теорию Герндона, но она не отвергнута, а проходит стадию проверки имеющимися фактами.

**Магнитные полюса Земли** расположены в точках, где

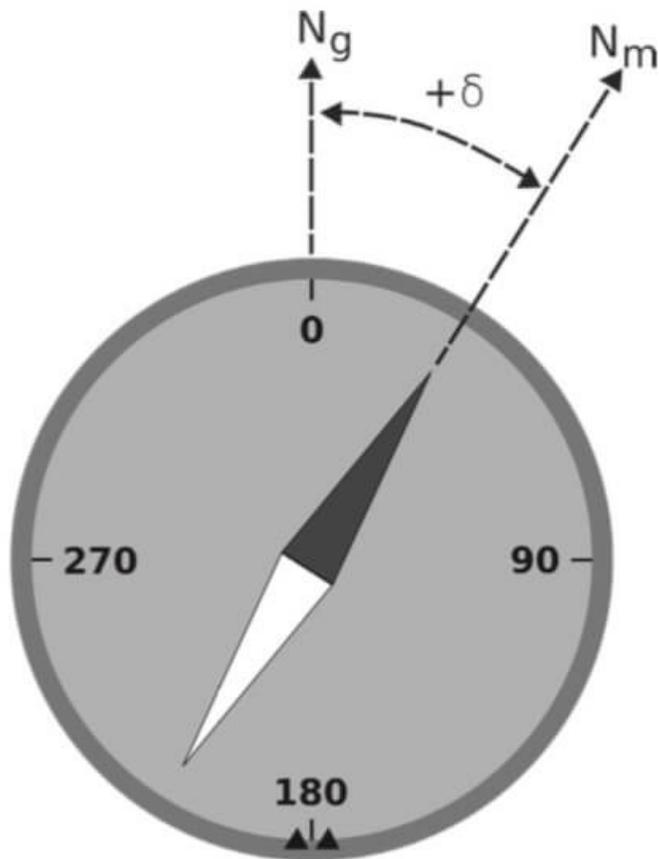
магнитное поле направлено строго под прямым углом к поверхности планеты. Вопреки мнению древних, они не соответствуют географическим Северному и Южному полюсам, вокруг которых вращается Земля.

*Северный* магнитный полюс находится в арктической части Канады, примерно в 1900 км от географического Северного полюса. Поэтому если пользоваться компасом на Аляске, его стрелка будет указывать вместо севера на северо-восток; а на северной оконечности Гренландии она укажет на юго-запад. *Южный* магнитный полюс находится на краю Антарктиды. Причём магнитные полюса не стоят на месте: они постоянно смещаются со скоростью от 10 до 40 км в год. Поэтому любые их координаты являются временными и неточными.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Традиционно принято называть конец магнита, указывающий направление на север, северным полюсом магнита, а противоположный конец — южным. Но ведь одинаковые полюса отталкиваются, а не притягиваются. С физической точки зрения северный магнитный полюс Земли должен соответствовать южному полюсу магнита. Но учёные решили не менять уже ставшие привычными обозначения магнитных полюсов.

Впрочем, для умеренных и тропических широт разница между географическими и магнитными полюсами является незначительной. Поэтому люди по-прежнему используют компас, зная, что его стрелка примерно указывает на географический север (если только её не притянет к себе что-нибудь другое — например, подземное месторождение магнитной руды). Угол, на который стрелка компаса отклоняется от точного северного направления, называют **магнитным склонением**. В каждом месте Земли магнитное склонение имеет своё значение; это было впервые открыто Христофором Колумбом.



**Магнитное склонение данной местности равно величине угла между стрелкой компаса, указывающей на северный магнитный полюс ( $N_m$ ), и направлением на северный географический полюс ( $N_g$ )**

Каждый год магнитное поле Земли немного ослабевает. Это показывают наблюдения и измерения, которые проводятся начиная с 1835 года. Это служит одним из аргументов (хотя и косвенным) в пользу того, что Земля и жизнь, существующая на ней, не настолько старые, как считают приверженцы теории эволюции. При нынешних темпах магнитное поле Земли должно ослабевать наполовину каждые 1460 лет. Если так было и раньше, то 20 тысяч лет назад оно должно было быть настолько сильным, что вызывало бы сильный перегрев земной коры. В таких условиях существование жизни было бы совершенно невозможным. Таким образом, мы получаем очередное указание на точность библейской датировки возраста Земли: ей не может быть более десяти тысяч лет.

Другой вопрос, вокруг которого ведётся много споров, — изменение полярности магнитных полюсов. Анализ многих

магнитных пород, найденных в недрах Земли, показывает: в прошлом северный и южный магнитные полюса Земли несколько раз менялись местами. Неверующие учёные полагают, что между такими изменениями — **инверсиями магнитного поля** — лежат огромные интервалы времени от десятков тысяч до десятков миллионов лет, и последнее из них имело место около 700 тысяч лет назад. В отличие от них, учёные-креационисты (сторонники теории сотворения) считают: инверсии происходили, скорее всего, во время Всемирного потопа, когда *тектонические плиты*, из которых состоит земная кора, смещались очень быстро. После Потопа магнитное поле планеты стабилизировалось, и с тех пор постепенно ослабевает. Если такие темпы сохранятся и дальше, приблизительно через 3000–10 000 лет магнитное поле перестанет защищать Землю.

Но сейчас наша планета надёжно защищена от губительной космической радиации. Несмотря на все споры о магнитном поле Земли, является очевидным: Бог создал его для того, чтобы защитить нас и всё живое от смертельной опасности. Это один из многих механизмов, сотворённых Создателем для защиты жизни на Земле.

## **ДЕЛАЕМ КОМПАС**

Магнитное поле Земли не только защищает планету от радиации. Оно помогает нам находить путь в темноте или на местности, где нет ориентиров. Столетиями моряки ориентировались в океане с помощью компаса. Этот прибор был незаменим в пасмурную погоду, когда не было видно звёзд и нельзя было определить направление по ним.

Принцип действия компаса прост: его главной частью является намагниченная стрелка, которая указывает на север.

**Цель:** сделать собственный компас.

**Необходимые материалы:** стеклянная миска, лист бумаги, цветные ручки или фломастеры, игла, сильный магнит, губка, компас.

### **Ход работы**

1. Приложи миску к бумаге и обведи её.

2. Возьми линейку или угольник и раздели получившийся круг на четыре равные части. Линии должны выходить за пределы круга примерно на 5 см.
3. Над верхней линией напиши букву «С» (север), под нижней — «Ю» (юг), возле левой — «З» (запад), а возле правой — «В» (восток).
4. Поставь в центр круга стеклянную миску и налей в неё немного воды.
5. Теперь нужно намагнитить иглу. Для этого несколько раз медленно проведи её кончиком вдоль магнита, чтобы атомы металла сориентировались («выровнялись») под действием его магнитного поля. Движения иглой надо делать только в одном направлении.
6. Отрежь небольшой кусочек губки (примерно полтора на полтора сантиметра) и опусти его в воду.
7. Положи иглу на губку. Через несколько секунд острие иголки должно указать на северный магнитный полюс.
8. Положенную под миску бумагу разверни таким образом, чтобы игла указывала на букву «С».
9. Проверь, насколько точен твой компас: сравни его с показаниями настоящего компаса (если он у тебя есть).

## **Вывод**

Умение самому сделать компас может пригодиться в походах. Конечно, вряд ли у тебя с собой будет магнит. Но иголку с ниткой обычно всегда берут в дорогу. Если нет иголки — подойдёт тонкая проволока. Кончик иглы (или проволоки) нужно натереть в одном направлении о шёлковую или шерстяную ткань, а потом — подвесить её за середину на нитке там, где нет сквозняков. Если рядом есть стоячая вода (например, лужа), можно сорвать листик, положить его на воду, а на него осторожно поместить иголку. Спустя несколько секунд твой самодельный прибор укажет направление на север.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- Почему Землю можно назвать гигантским магнитом?
- Как далеко простирается магнитное поле Земли?
- Как наша планета защищена от космической радиации?
- Где находятся северный и южный магнитные полюса Земли?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Какие существуют другие (кроме названных выше) гипотезы о причинах существования магнитного поля Земли?
- Какое изобретение, использующееся при навигации, во многом вытеснило компас?

## СЕВЕРНОЕ СИЯНИЕ



На этом уроке ты узнал, что Земля окружена магнитным полем. Образованные им пояса Ван Аллена задерживают радиацию, излучаемую Солнцем. Заряженные частицы, отклонённые полем, движутся по его силовым линиям по направлению к магнитным полюсам.

Возле полюсов некоторые из этих частиц всё же попадают в нижние слои атмосферы. Когда они сталкиваются здесь с молекулами газов, входящих в состав воздуха, они превращают их в заряженные *ионы*. Эти взаимодействия сопровождаются вспышками света. В результате в атмосфере возникает очень красивое явление — **полярное сияние**. Его можно увидеть вблизи обоих полюсов, начиная примерно с 67-го градуса широты.

Когда на Солнце происходят вспышки, концентрация частиц, задерживающихся в магнитосфере, увеличивается — и полярные сияния становятся видны намного лучше. Солнечная активность

носит циклический характер. В течение около 11 лет она проходит все стадии — от *максимума солнечной активности* до её *минимума*. При минимуме солнечной активности интенсивность полярного сияния значительно снижается.

Как правило, полярное сияние происходит на высоте 100–120 м, но в некоторых случаях оно достигает высоты 500 м. Его цвет во многом зависит от высоты. На нижнем уровне огни полярного сияния обычно бывают синего и фиолетового цвета, на высоте 120–150 м — зелёного, а на большой высоте возникает красное свечение. Это зависит от того, какой именно газ ионизируется на данной высоте при взаимодействии с космическими частицами.



Найди в интернете фотографии северного сияния и внимательно рассмотри их.

# УРОК 20. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

## Словарь:

- ферромагнетик
- парамагнетик
- диамагнетик
- точка Кюри

## Дополнительные слова:

- магнитное старение
- магнитопласты

*Какие вещества притягиваются к магниту?*



Попробуй прикрепить магнит к алюминиевой банке из-под газировки. Получилось? Скорее всего, нет: магнит не «приклеился». Но если поднести его к дверце холодильника, он «прилипнет» к ней, и ты даже почувствуешь, как он совершил к ней рывок. Почему же одни материалы притягивают к себе магнит, а другие — нет?

Существуют три основные группы веществ, в которые они объединяются в зависимости от своей реакции на действие магнитного поля. Мы уже говорили, что магнитное поле влияет на состояние неспаренных электронов так, что они особым образом «выравниваются», ориентируют в одну сторону свои магнитные моменты.

В некоторых химических элементах и соединениях этот процесс происходит легко и быстро. Самый распространённый химический элемент, обладающий хорошими магнитными свойствами, —

железо. К таким материалам относятся также кобальт, никель, гадолиний. Сплавы, содержащие эти металлы, тоже иногда обладают хорошими магнитными свойствами: например, сталь — сплав железа с углеродом. Они притягиваются к обоим полюсам магнита, так как каждый полюс ориентирует их магнитные моменты по-своему.

Материалы, которые сильно притягиваются к магнитам, называются **ферромагнетиками** (от латинского слова «феррум» — *железо*). Под влиянием магнитного поля, в которое они попали, у этих веществ возникает собственное магнитное поле. Некоторые из ферромагнетиков способны, если чужое магнитное поле воздействовало на них достаточно долго, сохранять намагниченность и после того, как это внешнее поле перестанет на них действовать. То есть они становятся постоянными магнитами.

Вещества, входящие во вторую группу, к магниту активно не притягиваются, но он всё же оказывает на них слабое воздействие своим магнитным полем. Такие материалы называют **парамагнетиками**. К ним относятся, например, алюминий, кислород, платина, некоторые другие металлы и их сплавы. К алюминиевой банке, как ты убедился, магнит не крепится. Но если бы ты измерил силу магнитного поля специальными приборами, то убедился бы, что банка всё же подвержена очень слабому магнитному притяжению.

Вещества третьей группы к магниту не притягиваются вообще: например поваренная соль, золото, серебро, глицерин, кремний, висмут, сурьма и многие другие. Они называются **диамагнетиками**. Но это не означает, что магнитное поле на них не действует. Если бы ты, как и в случае с алюминием, использовал точные приборы, то обнаружил бы: эти материалы не только не стремятся к поднесённому магниту — но наоборот, слегка отталкиваются от него.

Дело в том, что диамагнетики, оказавшись во внешнем магнитном поле, тоже намагничиваются. Но их магнитные моменты, в отличие от ферромагнетиков, ориентируются в противоположном направлении — как бы вопреки действию поля. В результате эти материалы отталкиваются от обоих полюсов магнита.

Таким образом, постоянными магнитами могут становиться

только ферромагнетики, да и то не все. Вещества, объединённые в эту группу, обладают различной магнитной силой: у некоторых она намного больше, чем у других. Встречающиеся в нашей повседневной жизни предметы, активно притягивающиеся к магниту, как правило, содержат в своём составе железо.

Сильный магнит может повлиять на свойства более слабого. Поэтому не рекомендуется подносить магнит слишком близко к компасу: после этого компас может *размагнититься* и перестать правильно работать. Магниты никогда не должны находиться рядом с телевизорами, компьютерами, компьютерными дисками и другими приборами, где для хранения информации используются магнитные носители.

Со временем магнитные свойства постоянных магнитов начинают ослабевать. Чтобы этого не происходило, их лучше хранить вместе — так, чтобы северный полюс одного магнита находился рядом с южным полюсом другого. Благодаря этому частицы внутри каждого магнита сохраняют свою упорядоченную ориентацию.



## **Магнитное крепление для кухонных ножей очень удобно и практично**

При определённых обстоятельствах магнитные свойства могут резко исчезнуть. Например, это происходит, если очень сильно ударить по магниту или неудачно уронить его: от механического сотрясения электроны утратят свою упорядоченность.

Кроме того, если сильно нагревать ферромагнетики, то при достижении определённой температуры они теряют свои магнитные свойства и фактически становятся парамагнетиками. Температуру, при которой это происходит, принято называть **точкой Кюри**. У каждого ферромагнитного вещества эта точка своя.

## **ТЕСТИРУЕМ МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Необходимые материалы:** железный гвоздь, алюминиевая фольга, пластмасса, бумага, дерево, медная монетка, стекло, два магнита, скрепка.

## **ОПЫТ 1.**

**Цель:** проверить магнитные свойства различных материалов.

### **Ход работы**

Поднеси к магниту по очереди железный гвоздь, алюминиевую фольгу, пластмассу, бумагу, дерево, медную монетку и стекло. Какие из этих предметов содержат ферромагнетики?

## **ОПЫТ 2.**

**Цель:** проверить силу двух магнитов.

### **Ход работы**

1. Медленно опускай магнит над скрепкой, пока та не подскочит над столом и не прилипнет к магниту.
2. Измерь высоту, на которой находился магнит, когда скрепка начала подниматься в его сторону.
3. Повтори эксперимент с другим магнитом. Тот магнит, который воздействовал на скрепку с большего расстояния, обладает более сильными магнитными свойствами.

## **ОПЫТ 3.**

**Цель:** создать «временный» магнит.

### **Ход работы**

1. Проверь, имеет ли железный гвоздь магнитные свойства. Для этого поднеси его к скрепке.
2. Если у гвоздя нет магнитных свойств, медленно проведи им несколько раз (в одну и ту же сторону) вдоль самого сильного из твоих магнитов.
3. Снова поднеси гвоздь к скрепке. Появились ли теперь у гвоздя магнитные свойства? Если твой магнит достаточно сильный, гвоздь должен намагнититься.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Одинакова ли сила магнитного поля у всех материалов?**
- **Какие материалы обладают магнитными свойствами?**
- **Когда магнит может утратить свои магнитные**

свойства?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как изготавливают постоянные магниты?

### ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ



Ты брал для своих опытов постоянные магниты промышленного производства. Они используются в качестве источников магнитного поля для самых разных целей.

С древнейших времён постоянные магниты, изготовленные из магнетита (другое название этого минерала — *магнитный железняк*) использовались в медицине. О влиянии магнитов на организм человека писал анонимный древнекитайский автор медицинского трактата, а позже — великие философы и врачи: Гиппократ, Аристотель, Авиценна. Уильям Гильберт, о котором мы уже упоминали, будучи придворным врачом, лечил от артрита королеву Елизавету I при помощи постоянного магнита. Русский врач Сергей Боткин тоже прибегал к методам магнитотерапии.

Однако в качестве лечебного средства магниты себя не оправдали, и современная медицина не считает эффективным их применение.

В то же время результаты многочисленных физических опытов показали, что магниты с успехом могут применяться в технике. Развитие техники и появление новых технологий потребовали не только большого количества магнитов, но и разных их качеств и свойств. Так появилась потребность в искусственно изготовленных постоянных магнитах.

Первым искусственным магнитным материалом стала *углеродистая сталь*. Первые изготовленные из неё магниты были невысокого качества: их магнитные свойства были чувствительны к механическим и температурным воздействиям, и **магнитное**



с шагом около двух миллиметров, чередуются положительные и отрицательные полюса.

Самые сильные постоянные магниты для применения при обычных температурах делаются из сплавов, содержащих редкоземельный металл *неодим*. Они используются в магнитно-резонансной томографии, в приводах жёстких дисков компьютеров, для создания высококачественных динамиков, а также в составе ведущей части двигателей современных авиамodelей.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В США сейчас разрабатывается проект создания шоссе, на каждой миле которого будет содержаться около полутонны магнитопластов. Они предназначены для автоматического («беспилотного») управления движением автомобиля, оснащённого специальным компьютером и системой слежения.

## **УРОК 21. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВМЕСТО ФЕРРОМАГНЕТИКОВ**

### **Словарь:**

- соленоид
- электромагнит
- сердечник
- обмотка
- реле
- маглев

*Как работают электромагниты?*



Магнетизм и электричество — тесно связанные друг с другом

формы энергии. И магнитное, и электрическое поля возникают в результате движения заряженных частиц. В процессе исследования этих полей учёные пришли к выводу, что они являются двумя проявлениями одного и того же *фундаментального взаимодействия*.

Связь между электричеством и магнетизмом впервые обнаружил в 1819 году датский физик Ганс Христиан Эрстед. Однажды он демонстрировал студентам, как нагревается под действием электричества проволока, подключённая к «вольтову столбу». Рядом на столе случайно лежал морской компас, и один из проводов лежал сверху на его стеклянной крышке. Неожиданно Эрстед заметил: когда он замыкает электрическую цепь, магнитная стрелка компаса отклоняется в сторону. Так он открыл, что провод, по которому идёт электрический ток, генерирует магнитное поле.

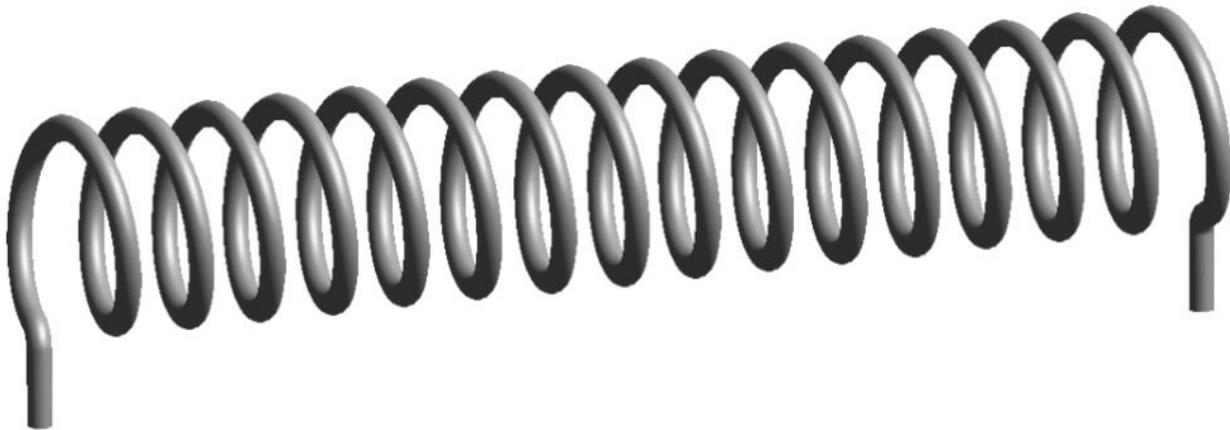
Эрстед стал повторять опыт, используя в качестве проводов проволоки из платины, золота, серебра, латуни. Оказалось, что магнитные свойства неизменно возникают у проводников во время прохождения по ним тока, даже если эти вещества никогда не обнаруживали магнитных свойств.

Французский учёный Андре-Мари Ампер провёл дальнейшие эксперименты. Он выяснил, что направление, по которому проводник, находящийся под током, притягивает или отталкивает магнит, зависит как от направления тока, так и от расположения полюсов магнита.



**Ганс Христиан Эрстед**

В 1822 Ампер совершил ещё одно открытие: если проводник изогнуть в виде спирали и пропустить по нему ток, такая спираль будет обладать всеми свойствами магнита, притягивая мелкие железные предметы. Это изобретение было названо **соленоидом**. Немного позже его конструкция была усовершенствована. Соленоиды стали делать в виде цилиндрических катушек, на которые вплотную намотаны витки провода. Длина соленоида должна быть значительно больше его диаметра.



## Соленоид

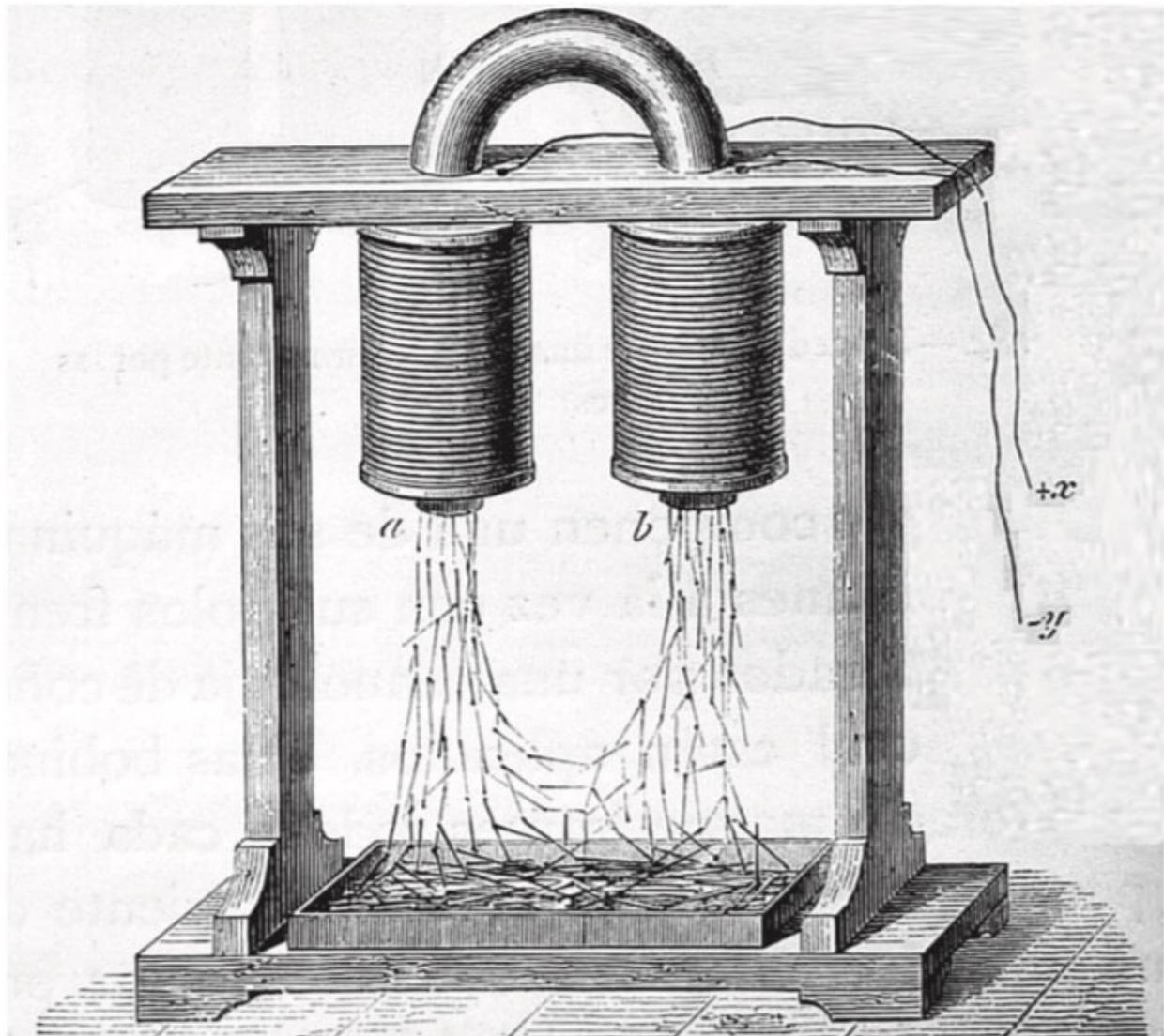
### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Если подвесить соленоид на нити, то он повернётся и сориентируется в магнитном поле Земли так же, как это делает свободно вращающаяся магнитная стрелка.

Когда через провод пропускают электрический ток, внутри и вне соленоида возникает магнитное поле. Оно будет тем сильнее, чем больше витков в катушке и чем больше сила тока в цепи.

Устройства, создающие магнитное поле при прохождении электрического тока, стали называть **электромагнитами**.

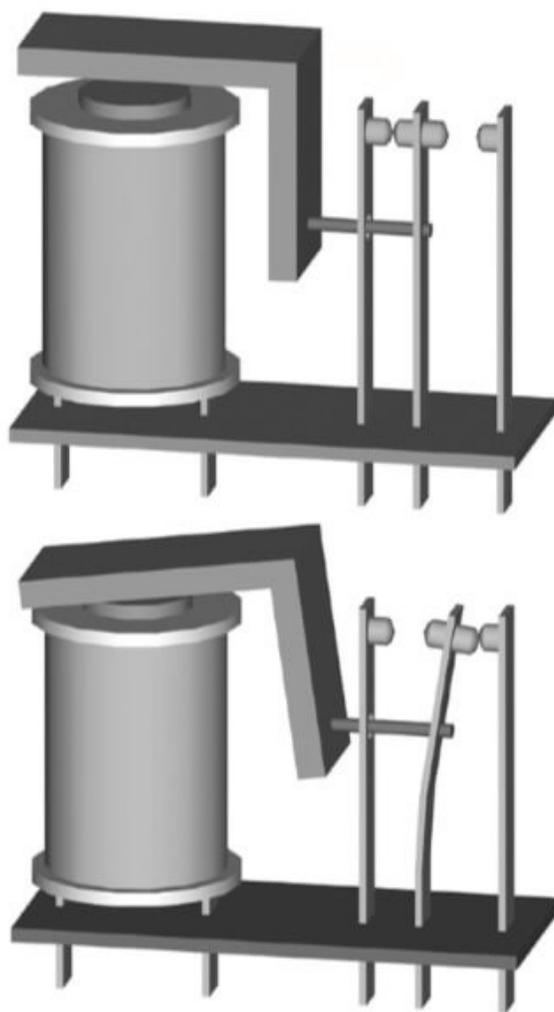
Соленоид являлся первым простейшим электромагнитом. Многие исследователи сразу же начали искать возможность его усовершенствовать.



### Один из первых электромагнитов

Очень скоро выяснилось: магнитное поле соленоида можно значительно усилить, если ввести внутрь катушки стержень — **сердечник** — из какого-нибудь ферромагнитного материала (лучше всего железный). Такое усовершенствованное устройство изготовил в 1825 году английский инженер Уильям Стёрджен. Это был согнутый в виде подковы стержень из мягкого железа, покрытый лаком (для создания изолирующего слоя) и плотно обмотанный одним слоем толстой медной проволоки. При пропускании тока (от «вольтова столба») через **обмотку** стержень приобретал свойства сильного магнита: будучи длиной 30 и диаметром 1,3 см, он удерживал на весу более трёх с половиной

килограммов! Это значительно превосходило по силе обычные магниты такой же массы. Но как только ток выключали, устройство свои магнитные свойства мгновенно теряло.



### Принцип действия реле

В дальнейшем электромагниты неоднократно совершенствовались. Но основной принцип их работы остался прежним.

Электромагниты широко применяются в современной технике. Их размеры и подъёмная сила значительно различаются — в зависимости от того, для чего они используются.

На складах металлолома гигантские электромагниты поднимают и перемещают большие куски металла, а иногда даже целые машины. А совсем небольшие электромагнитные устройства играют роль выключателей — **релé**, — предназначенных для замыкания

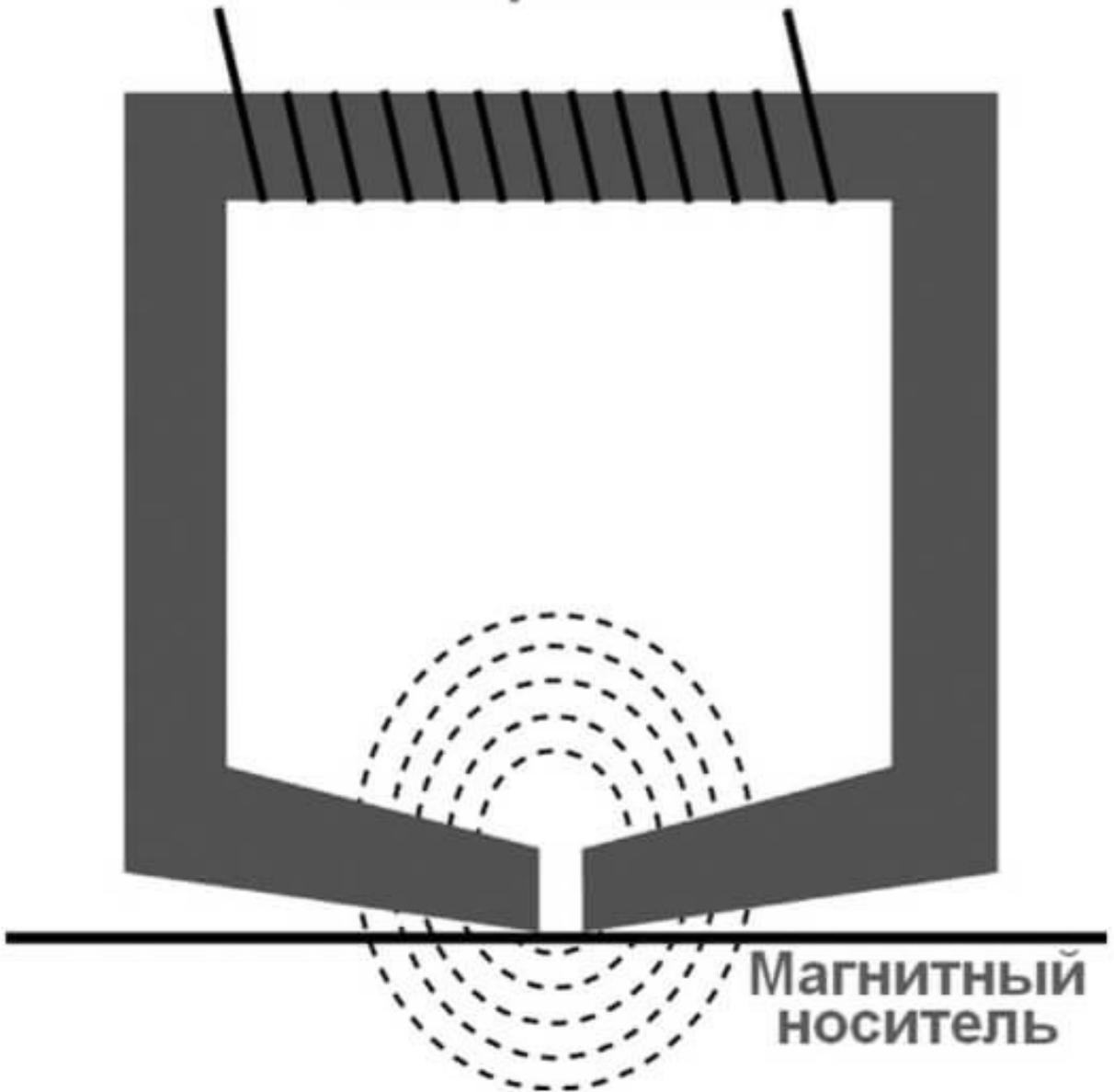
и размыкания различных участков электрических цепей. Такое реле, например, наверняка установлено в звонке на входной двери в твою квартиру.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Идею самого сильного и необычного электромагнита (который никогда не был построен) предложил знаменитый американский изобретатель Томас Альва Эдисон в конце XIX века. В городе Огдене, штат Нью-Джерси, есть отвесная скала из магнитного железняка, масса которой не менее 100 миллионов тонн. Эдисон предложил обмотать эту скалу большим количеством проволоки, используя её в качестве гигантского сердечника колоссального электромагнита. Однако за этот проект никто так и не взялся, и он остался нереализованным.

На основе принципа взаимного отталкивания одинаковых магнитных полюсов был создан проект поезда, использующего эффект *магнитной левитации*. Такой поезд — **маглев** — удерживается магнитным полем в воздухе невысоко над рельсом. Из-за отсутствия силы трения между маглевом и полотном дороги он способен развивать очень большую скорость: до 500 км/ч. Маглеву даже не нужен обычный локомотив: он легко приводится в движение, разгоняется и тормозится. Первые такие поезда проходили испытания в Германии, Японии и некоторых других странах. Возможно, всего через несколько лет они начнут широко применяться по всему миру.

Электромагнит



Магнитный  
носитель

С помощью электромагнитов записывается информация на аудио- и видеокассеты, компьютерные дискеты и жёсткие диски. Как это происходит? Звук, изображение, тексты, математические расчёты — всё это преобразуется специальными устройствами в электрический ток различной интенсивности. Этот ток проходит через электромагнит, генерирующий магнитное поле, под действием которого магнитный материал на носителе информации намагничивается определённым образом. Он остаётся

намагниченным и после отключения электромагнита. Чтобы считать данные, кассету или диск снова подключают к электромагниту. В магнитном поле материала носителя возникает электрический ток (как это происходит, ты узнаешь на следующем уроке). А различные устройства преобразуют изменения этого тока в первоначальные звуки, картинки и прочую информацию.



**Компьютерные жёсткие диски записывают данные на**

### САМОДЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТ

**Цель:** самому сделать электромагнит и проделать опыты с ним.

**Необходимые материалы:** медная проволока, железный гвоздь, плоская батарейка, скрепки.

#### Ход работы

1. Возьми железный гвоздь и обмотай его несколькими витками медной проволоки, оставив свободными по несколько сантиметров проволоки с каждого конца.
2. Возьми плоскую батарейку (на ней должно быть указано напряжение 4,5 В). Прикрепи изолентой один конец проволоки к её положительному контакту, а другой — к отрицательному. Электромагнит готов! Проверь его работу, прикоснувшись к гвоздю скрепкой.
3. А теперь поэкспериментируй со своим электромагнитом. Возьми скрепку и отогни её длинный конец так, чтобы на него, как на крючок, можно было вешать другие скрепки. Приложи скрепку-крючок к электромагниту. Теперь подвешивай скрепки на крючок. Сколько скрепок выдержит твой магнит, прежде чем все они упадут?
4. Подними электромагнитом со стола несколько скрепок. Затем отключи один провод от батарейки. Что случилось со скрепками? Почему?
5. Ты можешь проделать эти эксперименты несколько раз, внося изменения в конструкцию электромагнита: изменяя количество витков на гвозде или взяв маленький гвоздь вместо большого. Можешь также соединить вместе две батарейки (последовательным соединением).

#### Вопросы

- Как влияет на силу электромагнита количество витков?
- Как влияет на силу электромагнита размер гвоздя?
- Как влияет на силу электромагнита увеличение напряжения

в сети (добавление второй батарейки)?

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Как связаны электричество и магнетизм?
- Как устроены электромагниты?
- Где и как используются электромагниты?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как добиться большей силы притяжения электромагнита?
- Какие проблемы могут возникнуть, если увеличить силу электромагнита?

## НАБЛЮДАЕМ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ



### ОПЫТ 1.

**Цель:** показать, что электрический ток, проходящий через провод, генерирует магнитное поле.

**Необходимые материалы:** медный провод, тонкий картон, батарейка, железные опилки, карандаш, ножницы.

### Ход работы

1. Возьми лист картона. Проткни его в центре и вставь в отверстие провод.
2. Согни концы провода и подключи их к разным полюсам батарейки.
3. Рассыпь по картону железные опилки: они помогут тебе увидеть силовые линии магнитного поля.
4. Аккуратно стряхни опилки и вытащи провод из бумаги.
5. Закрути провод вокруг карандаша несколькими витками.

Затем вытащи карандаш.

6. Протяни полученную спираль через картон. Подсоедини концы провода к батарейке и снова рассыпь на картоне железные опилки. Посмотри, какое теперь получилось магнитное поле.
7. Сравни силовые линии магнитного поля твоего электромагнита с зарисованными тобой силовыми полями постоянных магнитов.

## **Вопрос**

- Чем различаются магнитное поле прямого провода и магнитное поле соленоида?

## **Вывод**

Магнитное поле усиливается, если провод закручен в виде спирали (представляет собой соленоид).

## **ОПЫТ 2.**

**Цель:** показать, что полярность магнитного поля зависит от направления тока.

**Необходимые материалы:** сконструированный тобой электромагнит, компас.

## **Ход работы**

1. Поднеси электромагнит к компасу. Следи за тем, чтобы они не прикасались друг к другу. Заметь, что при приближении электромагнита стрелка компаса приходит в движение.
2. Теперь, не передвигая магнит, отключи от него провода. Поверни батарейку, чтобы положительный и отрицательный контакты поменялись местами, и снова подключи провода. Ток пойдёт в противоположном направлении.

## **Вопрос**

- Как изменение направления тока повлияло на стрелку компаса?

*ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

**ДЖОЗЕФ ГЕНРИ**



(1797–1878)

В наше время имя Джозефа Генри известно немногим. Но в своё время он считался величайшим учёным США. Электронные средства коммуникации появились во многом благодаря его работе.

Джозеф Генри родился в семье шотландских иммигрантов, которые переехали в Америку в 1775 году, вскоре после начала Войны за независимость. Когда Джозеф был ещё маленьким, его

отец умер. Денег у семьи было немного, и мальчика отправили жить к бабушке в Голуэй (штат Нью-Йорк). В тринадцать лет он стал учеником часовщика, а ещё — заинтересовался театром. У Джозефа был актёрский талант, и некоторое время он даже работал профессиональным актёром.

В 1819 году друг уговорил Джозефа Генри поступить в Академию города Олбани — там не брали денег за учёбу. В студенческие годы Джозеф зарабатывал на жизнь тем, что давал уроки детям по всей округе. Ему были интересны естественные науки, и он уделял их изучению много времени. Генри превосходно учился — настолько, что даже порой помогал своими учителям в преподавании. В 1826 году он стал профессором математики и естественной философии.

Хотя преподавание занимало семь часов в день, Джозеф Генри находил время и для лабораторных экспериментов. Особое внимание учёный уделял магнетизму и электромагнетизму — эта область науки была тогда совсем молодой. Он создал электромагнит, усовершенствовав технологию Стёрджена: Генри намотал на сердечник изолированный провод вместо неизолированного.

Позже Джозеф Генри изобрёл «многокатушечную» обмотку, позволившую заметно увеличить подъёмную силу электромагнита. Он предложил размещать на электромагните до десяти подобных обмоток. Проводя многочисленные эксперименты, профессор изменял количество и схему подключения катушек к двум батареям. В результате он сумел создать «силовые» электромагниты с фантастической подъёмной силой: до 325 кг при собственном весе магнита 10 кг. А в апреле 1831 года Генри построил электромагнит массой около 300 кг, поднимавший более 1 тонны железа. Это был на тот момент самый мощный электромагнит в мире.

В 1831 году Генри продемонстрировал студентам устройство, ставшее прообразом телеграфа. По периметру аудитории был протянут провод длиной в полтора километра. Когда один его конец подключали к батарее, на другом конце звенел звонок. Считается, что этот эксперимент вдохновил Сэмюэла Морзе — изобретателя коммерческого телеграфа.

Кроме того, Джозеф Генри открыл явление самоиндукции, которое легло в основу работы электродвигателей. Его именем

названа одна из физических единиц — единица индуктивности.

Генри был не только блестящим преподавателем и великим учёным, но и убеждённым христианином. Свою преподавательскую и научную деятельность он воспринимал как служение, на которое его призвал Господь.

В начале 1830-х годов Джозефа Генри пригласили на должность профессора в знаменитый Принстонский университет. А в 1846 году он согласился возглавить только что созданный Смитсоновский институт. Генри активно развивал американскую науку. Он был одним из первых членов Национальной академии наук США и её вторым президентом. Он также являлся одним из попечителей Принстонского университета и президентом Американской ассоциации содействия развитию науки.

К Генри обращались многие молодые учёные и изобретатели, стремясь получить его совет. Прославленный профессор был к ним снисходителен и доброжелателен. Одним из таких посетителей был Александр Белл — будущий изобретатель телефона. Он поделился с профессором своей идеей передавать на расстояние человеческую речь с помощью электричества. Генри подбодрил Белла работать в этом направлении, поскольку у него имеется «росток великого изобретения». Когда Белл посетовал, что не обладает необходимыми знаниями, Генри решительно сказал: «Так овладевай ими!»

Джозеф Генри умер в 1878 году. На его похоронах присутствовали Президент США, министры, генеральный прокурор и судьи Верховного Суда, а также многие члены обеих палат Конгресса. Генри пользовался таким уважением в научной среде, что ему поставили большой памятник перед входом в здание Смитсоновского института.

## УРОК 22. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ГЕНЕРАТОРЫ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

### Словарь:

- электромагнитная индукция

- электромагнитное поле
- переменный ток
- генератор переменного тока
- электродвигатель

### **Дополнительные слова:**

- статор
- ротор
- индукционное электрическое поле
- токи Фуко

### *Как получают переменный ток?*



Электрический ток, проходя по обмотке или соленоиду, образует магнитное поле. А возможно ли обратное: используя магнитное поле, вызвать в проводнике ток?

После открытия, сделанного Эрстедом, эта мысль захватила Майкла Фарадея. «Превратить магнетизм в электричество», — записал он в 1822 году в своём дневнике. Достигнуть поставленной цели ему удалось лишь девять лет спустя, 29 августа 1831 года.

В тот день Фарадей на большую деревянную катушку навил две спирали из медной проволоки, изолировав их друг от друга. В одну из этих обмоток он подавал ток от батареи, превращая её этим самым в электромагнит. При этом начинала колебаться магнитная стрелка, расположенная возле второй (или вторичной, как её стали называть) обмотки, края которой были замкнуты друг с другом. Сделав несколько колебаний, стрелка успокаивалась. Когда Фарадей отключал ток от первой обмотки, стрелка возле второй вновь приходила в движение — но теперь она отклонялась в другую сторону.



**Катушка, с которой работал Фарадей**

Фарадей догадался, что причина появления тока была не в наличии рядом магнитного поля, а в том, что в момент включения и выключения электромагнита его магнитные свойства не были постоянными: магнитное поле резко нарастало или убывало. Он решил попробовать добиться того же эффекта с помощью обыкновенного магнита. Учёный взял цилиндрический магнитный брусок и быстрым движением втолкнул его внутрь спирали из медной проволоки. При этом магнитная стрелка, расположенная так, чтобы на неё не влиял магнетизм бруска, пришла в движение.

Фарадей так же быстро вытащил магнит из спирали, и стрелка опять качнулась, но в противоположную сторону.

Теперь стали понятными многолетние неудачи в попытках получения тока от неподвижного магнита. Электричество возникает в проводнике в те моменты, когда магнитное поле меняется. У незамкнутого проводника при изменении воздействующего на него магнитного поля возникает на концах разность потенциалов; а когда проводник замкнут, в нём начинает двигаться «по кругу» электрический ток.

Одновременно с Фарадеем и независимо от него к тому же выводу в результате экспериментов пришёл американский физик Джозеф Генри, но Фарадей опубликовал свои результаты раньше.

Так была открыта **электромагнитная индукция** — явление возникновения электрического тока в *замкнутом контуре* проводника при изменении *магнитного потока*, проходящего через него. Это открытие легло в основу многих изобретений, без которых мы теперь не представляем свою жизнь.

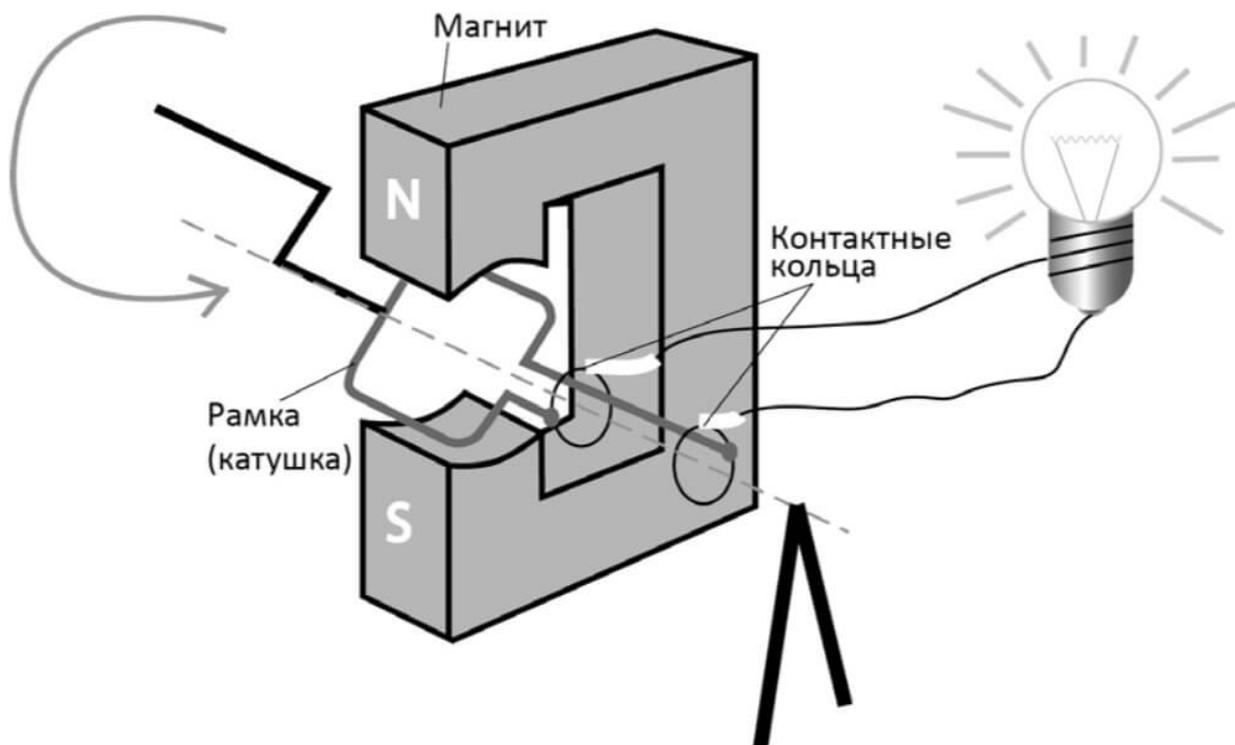
Фарадей принялся изменять магнитное поле различными способами. Он двигал магнит относительно катушки и катушку относительно магнита; перемещал относительно друг друга две катушки; изменял реостатом силу тока в первой катушке (электромагните); вращал замкнутую проволочную рамку (контур) в магнитном поле или устраивал вращение магнита внутри такой рамки. И всякий раз в цепи возникал ток.

Итак, было выяснено, что электричество может вызывать магнитные явления, а магнитное поле — порождать электрический ток. Стало ясно, что магнетизм и электричество неразрывно связаны друг с другом. В 1864 году британский физик Джеймс Максвелл создал теорию, согласно которой электрическое и магнитное поля являются взаимосвязанными составными частями единого целого — **электромагнитного поля**.



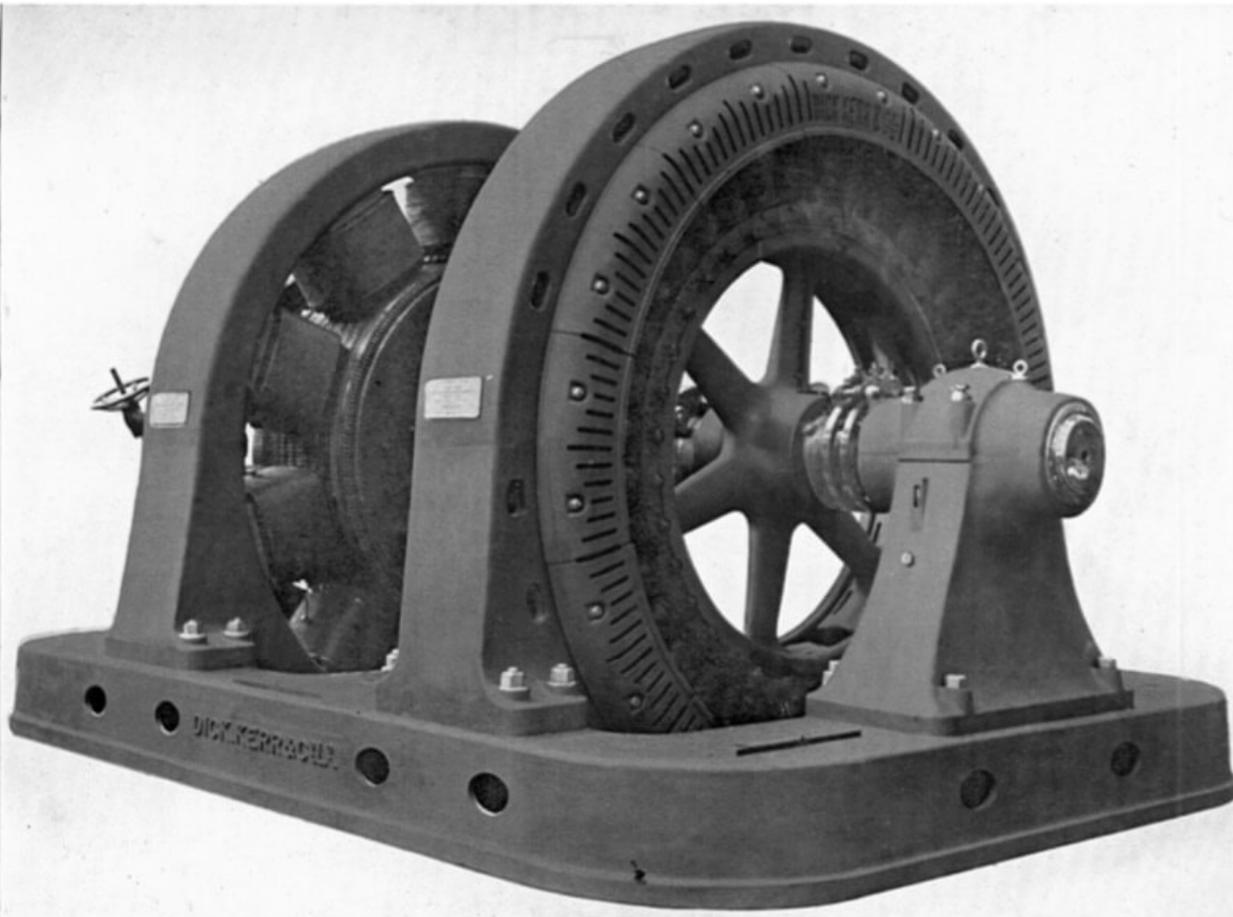
### **Джеймс Клерк Максвелл**

После всех этих открытий исследователи стали усиленно искать способы использовать магнитное поле для получения электрической энергии. Выяснилось, что чем быстрее меняется магнитное поле, тем более сильный ток оно создаёт. Наиболее удобным способом добиться этого оказалось вращение рамки в магнитном поле.



### Вращение рамки в магнитном поле

Но при таком вращении сила и направление индукционного тока в рамке всё время меняются. Ток периодически (циклично, раз за разом) ослабевает до нуля и нарастает до максимальной силы. То же самое происходит, если рамка неподвижна, а внутри или вокруг неё вращается магнит. За один полный оборот сила тока в рамке дважды возрастает и падает; причём в один из этих циклов он течёт по рамке в одну сторону, а во второй цикл — в противоположную. Мы уже упоминали, что такой ток, всё время изменяющий свою величину и направление, называется **переменным током**.



**Генератор 1909 года**

На принципе вращения замкнутого контура в магнитном поле основана работа генераторов на современных электростанциях. Они вырабатывают и передают в наши розетки переменный электрический ток. Его удобнее всего производить, легче передавать по проводам на большие расстояния. Кроме того, у переменного тока можно почти без потерь энергии изменять напряжение и силу, а при необходимости он легко преобразуется в постоянный при помощи выпрямителей.

**Генератор переменного тока** — это машина, преобразующая механическую энергию в электрическую энергию переменного тока. Основа современного генератора электростанции — огромная катушка с проводами, вращающаяся в магнитном поле. Вращать турбину, соединённую с катушкой, может энергия падающей с большой высоты воды (на гидроэлектростанциях) или энергия водяного пара (на теплостанциях для его получения используют

сжигание ископаемого топлива, на атомных — цепную реакцию ядерного распада и т. д.). Но какой бы метод ни использовался для приведения в движение генератора, электрический ток образуется в нём в результате электромагнитной индукции. Именно благодаря этому процессу люди получили возможность пользоваться электрической энергией. Сегодня нам уже очень трудно представить свою жизнь без неё.

Использует электромагнитную индукцию и другая машина, входящая в состав большинства электроприборов и устройств: **электродвигатель**. Но в нём всё происходит наоборот: электрическая энергия преобразуется в механическую. При включении в сеть в одной части электродвигателя возникает магнитное поле, которое индуцирует ток в другой его части — и этим заставляет её вращаться. Энергия вращения передаётся на вал двигателя и может использоваться в самых различных целях: приводить в движение лопасти вентилятора, насадку миксера, сверло дрели, движущиеся части блендера, компьютера, обеспечивать прохождение воздуха через пылесос, фен и т. д.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Гидроэлектростанция «Три ущелья», построенная на реке Янцзы в Китае, — крупнейшая в мире. Производственная мощность 32 генераторов электростанции составляет 22,5 ГВт (гигаватт). Каждую секунду с её плотины (185 м высотой) обрушивается более чем 100 тысяч тонн воды!



## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

***Это задание ты можешь выполнить только с разрешения родителей!***

Спроси у мамы разрешения осторожно разобрать миксер, который она использует на кухне, чтобы рассмотреть его устройство. Если такое разрешение будет дано, ***обязательно убедись в том, что прибор отключён от сети!*** Возьми небольшую отвёртку и с её помощью аккуратно открой корпус миксера.



Внимательно рассмотри электродвигатель. Постарайся определить, из каких частей он состоит. Найди провода, по которым идёт ток, магнит, обмотку рядом с ним. Попробуй понять, с помощью каких устройств произведённая двигателем механическая энергия используется нужным образом — чтобы миксер работал и приносил нам пользу.

***Не пробуй разобрать двигатель, не дотрагивайся до него металлическими предметами!*** Миксер — устройство хрупкое, и его легко можно поломать при неосторожном обращении.

Закончив своё исследование, снова собери прибор и отнеси его маме.

(А лучше всего, если у родителей есть возможность отдать тебе для изучения нерабочий миксер, блендер или фен).

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое электромагнитная индукция?**
- **Какими способами можно изменять магнитное поле**

для достижения электромагнитной индукции?

- Как образуется переменный ток?
- Что общего у генератора и электродвигателя?
- Чем различаются генератор и электродвигатель?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Какие факторы влияют на мощность генератора?
- Как электромагнитная индукция заставляет вращаться одну из частей электродвигателя?
- Почему, являясь проявлениями единого электромагнитного поля, электрическое поле и магнитное поле по-прежнему рассматриваются по отдельности?

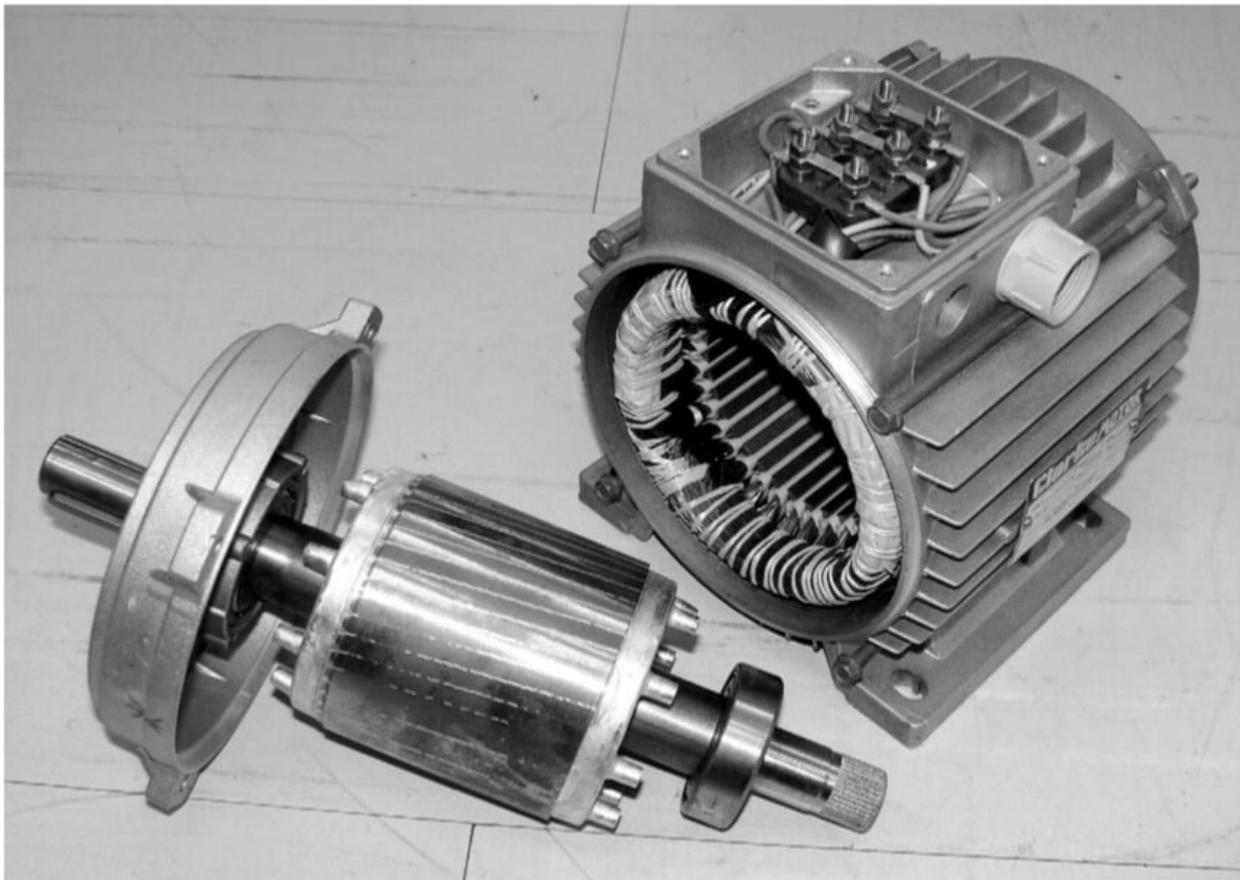
## УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ



Как ты знаешь, электрический двигатель — это машина, которая преобразует электрическую энергию в механическую, используя явление электромагнитной индукции. Разумеется, его конструкция гораздо сложнее обычной вращающейся в магнитном поле рамки, но принцип действия — тот же самый, что и в опытах Фарадея.

Основными частями электродвигателя являются статор и ротор.

**Статор** (переводится с латинского как *неподвижный*) — это корпус, имеющий цилиндрическую форму. На нём укреплены обмотки, надетые на стальные сердечники. Когда по обмоткам протекает ток, внутри корпуса возникает вращающееся магнитное поле.



## **Разобранный электродвигатель: ротор (слева) и статор (справа)**

**Ротор** (переводится с латинского как *вращающийся*) представляет собой, по сути, совокупность большого числа рамок. Он жёстко связан с валом, предназначенным для передачи механической энергии к различным механизмам.

При включении в сеть статор начинает работать как электромагнит. В нём возникает вращающееся магнитное поле, которое пронизывает обмотку ротора и индуцирует в ней ток. Между статором и ротором возникает магнитное взаимодействие, при котором части статора поочерёдно притягивают разные стороны рамок ротора. В результате ротор приходит во вращение. Чтобы он вращался непрерывно, с ним контактируют *щётки*, или *коллекторные пластины* (обычно это угольные стерженьки), которые изменяют направление тока в «рамках».

Скорость (точнее, частота) вращения ротора зависит от частоты переменного тока (сколько раз в секунду ток меняет своё

направление) и от числа пар магнитных полюсов (сколько «рамок» объединено в роторе).

У электродвигателей есть ряд преимуществ перед другими типами моторов. Во-первых, они гораздо меньших размеров по сравнению с тепловыми двигателями такой же мощности. Во-вторых, они экологически чистые: не загрязняют воздух вредными выбросами, не требуют специальных условий для утилизации отходов. В-третьих, у них высокий коэффициент полезного действия: он может достигать 98% (это означает, что только 2% энергии тратится не на полезную работу). Эти достоинства электродвигателей побуждают учёных и конструкторов работать над их дальнейшим усовершенствованием.

## ИНДУКЦИОННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ



Ты уже разбираешься в природе электричества и можешь сказать: раз в проводнике появился ток, значит, в нём возникло электрическое поле — ведь именно оно вызывает упорядоченное движение заряженных частиц. И ты, конечно же, прав. В результате изменения магнитного поля в проводнике, который в этом поле находится, возникает **индукционное электрическое поле**.

По своим свойствам это поле сильно отличается от другой разновидности электрического поля — электростатического, которое ты изучал раньше. Например, как ты помнишь, в электростатическом поле существует разность потенциалов различных его точек; поэтому силовые линии электростатического поля направлены от большего потенциала к меньшему (в цепи — от положительного полюса к отрицательному). А у индукционного поля его силовые линии являются замкнутыми — не имеют ни начала, ни конца. Поэтому это поле — так же, как и магнитное, — является *вихревым полем*.

Но что же является причиной возникновения тока в проводнике,

находящемся в индукционном поле? Что заставляет электроны начать упорядоченное движение? Ты помнишь, что условием появления электрического тока в замкнутой цепи, подключённой к источнику питания, является наличие *электродвижущей силы*, поддерживающей разность потенциалов. В индукционном поле поток частиц никак не связан с разностью потенциалов (ведь заряд перемещается по замкнутой линии, а не от «плюса» к «минусу»). Чем же он вызывается? Ведь энергия не может возникать из ничего, она только переходит из одной формы в другую. Значит, должны быть какие-то *сторонние* силы, которые создают в проводнике ЭДС.

Не вдаваясь в подробности, скажем, что такими сторонними силами, воздействующими на частицы внутри проводника, обычно являются магнитные силы притяжения и отталкивания. Пока магнитное поле вокруг проводника остаётся постоянным, воздействие этих сил на электроны неизменно, и потому не приводит ни к каким изменениям. Но как только магнитное поле начинает изменяться, равновесие внутри проводника нарушается. Притяжение и отталкивание в одних местах усиливаются, в других слабеют; магнитная упорядоченность частиц начинает изменяться, свободные электроны смещаются со своих мест. Под действием магнитного поля внутри проводника происходит распределение положительных и отрицательных зарядов — причём происходит это вдоль всей длины проводника. В результате на всём протяжении замкнутого проводника возникает движение частиц — то есть электрический ток. Именно таким образом суммарная сторонняя сила — ЭДС — совершает работу, перемещая заряд по проводнику.

В 1834 году российский физик Эмилий Ленц выяснил: индукционный ток всегда направлен так, что магнитное поле этого тока препятствует изменению того магнитного потока, которое этот ток и вызвало. Иначе говоря, ток, взаимодействуя с магнитным полем, мешает движению проводника, то есть противодействует своей собственной причине.

А что произойдёт, если создать обратные условия: поместить в магнитное поле проводник и пропустить по нему электрический ток? То есть, если изменять не магнитное, а электрическое поле? Такой проводник придёт в движение и будет выталкиваться из магнитного поля: электрическая энергия будет превращаться

в механическую. Именно этот принцип используется в генераторах и электродвигателях для вращения ротора.

Явление электромагнитной индукции широко распространено. При любых практических расчётах, связанных с электричеством, это явление необходимо принимать во внимание и учитывать.

Замкнутые индукционные токи могут возникать внутри массивного проводника, даже если он незамкнут. В качестве замкнутого контура они используют связи в молекулярной структуре (решётке) этих проводников. Такие токи называются **токами Фуко**. Своей энергией они нагревают проводник, внутри которого циркулируют. Это приводит к значительной потере энергии в генераторах, электродвигателях, трансформаторах из-за выделения большого количества тепла. Но у токов Фуко есть и полезные применения: например, они используются для нагрева и плавки металлов в вакууме, что позволяет производить электросварку в космическом пространстве.

# ЧАСТЬ 5. ВОЛНЫ И ЗВУК

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Представление о волнах
- Различие между механическими и электромагнитными волнами
- Группы волн электромагнитного спектра и их использование
- Природа и свойства звуковых волн
- Способы использования различных электромагнитных волн

## УРОК 23. ВОЛНЫ. РАЗВЕ МЫ В ОКЕАНЕ?

### Словарь:

- волна
- механические волны
- вибрация
- электромагнитные волны
- пик (гребень) волны
- впадина (ложбина) волны
- длина волны
- амплитуда
- цикл
- частота
- скорость волны

### Дополнительные слова:

- поперечная волна

- продольная волна

## Чем механические волны отличаются от электромагнитных?



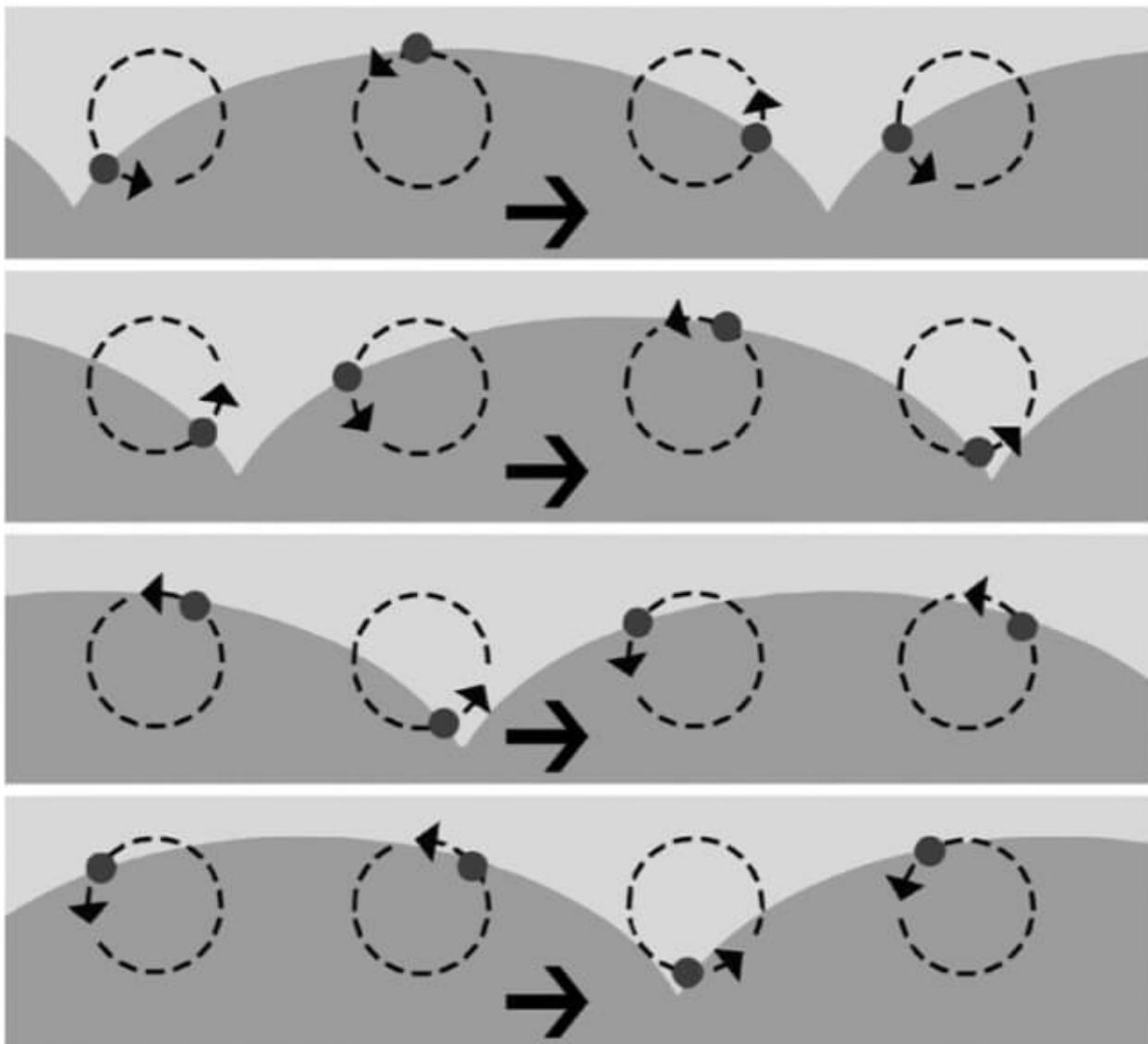
Мы уже рассмотрели несколько видов энергии: механическую, тепловую, химическую, ядерную, электрическую, а также энергию магнитного поля. Все эти виды энергии передаются от объекта к объекту в процессе движения самих этих объектов, или частиц, из которых они состоят, или когда одно вещество превращается в другое. И в кастрюле с кипящей водой, и в двигателе космической ракеты передача энергии связана с движением или трансформацией материи.

Звук и свет — эти два вида энергии тоже связаны с движением и изменением. Но их особенность состоит в том, что изменяется и движется здесь не вещество: изменяется состояние той или иной среды (например, воды или воздуха) или же состояние физического поля (вспомни, что означает это слово).

Звук и свет перемещаются в виде волн. И если морские волны (о которых ты, наверное, сразу подумал) — это колебания воды под действием ветра, то другие виды волн могут возникать везде, где что-то колеблется или даже просто меняет своё состояние. **Волна** — это колебания какой-нибудь среды или изменения состояния физического поля, распространяющиеся в пространстве в течение времени.

Перемещение волн имеет одну очень важную особенность. Когда, например, волнуется море и волны издалека, из-за линии горизонта, идут и идут к берегу, это не означает, что морская вода перемещается на большие расстояния. Сама вода служит для волн только средой, в которой они распространяются. Молекулы воды смещаются только на очень небольшое расстояние: каждая из них приподнимается ветром вверх, переносится немного вперёд, а затем

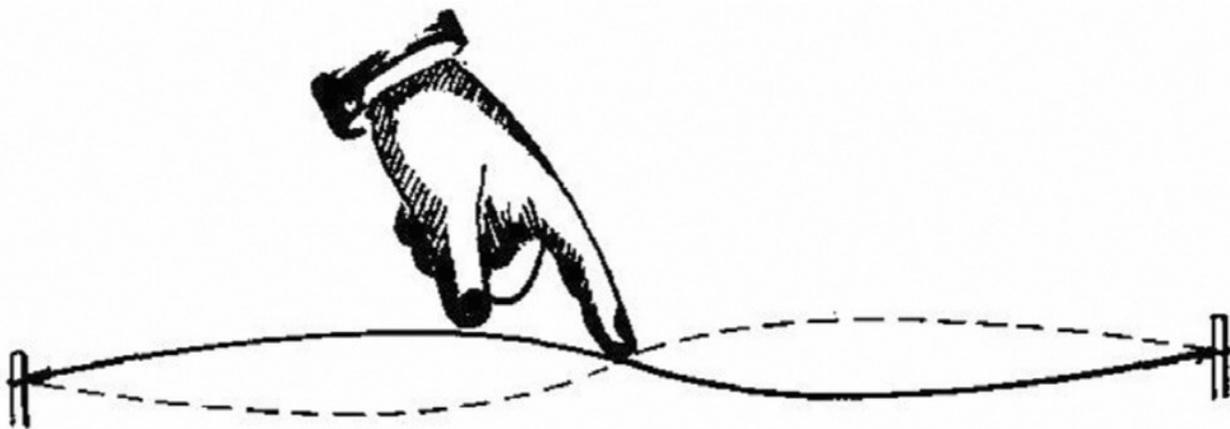
действием силы тяжести снова падает вниз и откатывается назад. Но при этом она подталкивает, приводит в движение соседние молекулы, заставляя их делать то же самое. В результате по поверхности моря движется не масса воды, а энергия, которую одни частицы воды передают другим. Рисунок, расположенный справа, поможет тебе разобраться, как это происходит. Если у тебя есть пособие «Вода и погода» — открой и прочти в нём 27 урок, где об этом свойстве волн (на примере морских) рассказано подробнее.



**Каждая молекула воды в морской волне совершает движение по маленькой окружности. При этом волна движется вправо**

*Звуковая волна* относится к **механическим волнам**, которые образуются в результате **вибрации** — частых механических колебаний вещества, которое составляет среду их распространения. Поэтому распространяться механические волны могут только внутри вещества: газа, жидкости, твёрдого тела. В вакууме они возникнуть не могут. Поэтому звуковые волны не перемещаются в космосе: там очень мало частиц, позволяющих передавать звук.

При перемещении любой механической волны, как и в случае с морскими волнами (которые тоже являются механическими), частицы сталкиваются и передают энергию своего столкновения всё дальше и дальше, «по цепочке» — но сами при этом почти не движутся. Как это происходит в случае со звуком? Когда ты ударяешь по струне гитары, её вибрация заставляет вибрировать и молекулы воздуха вблизи струны. Каждая молекула воздуха на расстоянии между гитарной струной и барабанной перепонкой любого твоего слушателя сталкивается с соседней молекулой и передаёт ей свой импульс. Так распространяется звуковая энергия.



### Колебания струны

Свет тоже перемещается в виде волн. Но это особые волны, которым для распространения не нужна воздушная, водная или ещё какая-то среда. Свет — это один из видов **электромагнитных волн**, которые представляют собой распространяющееся в пространстве изменение состояния (или, как говорят, *возмущение*) электромагнитного поля.

Электромагнитные волны способны передавать энергию через пустое пространство, лишённое вещества. Это их свойство является

жизненно важным для всех обитателей Земли: ведь энергия, которую наша планета получает от Солнца, перемещается через космический вакуум в виде рентгеновских лучей, ультрафиолетовых лучей, видимого света и в других формах. Радиоволны, телевизионные сигналы, микроволновое излучение, гамма-лучи и инфракрасные лучи также представляют собой разновидности электромагнитных волн.

Запомни главное: механические волны — это колебания вещества, а электромагнитные — это колебания поля.

Волна обладает несколькими важными характеристиками. Зная их, ты сможешь многое понять, изучая звуковые, световые и другие волны. Верхняя точка волны называется **пиком**, или **гребнем**; низшая — **впадиной**, или **ложбиной**. Расстояние между двумя пиками составляет **длину волны**. А высота волны от её середины (положения равновесия) до пика или впадины — это её **амплитуда**. Колебание, перепад энергии от одного пика волны до следующего часто называют её **циклом**.



Если подсчитать количество пиков, проходящих определённую точку за одну секунду (то есть какое количество циклов совершается за это время), то мы получим число, которое называется **частотой** волны. Частота измеряется в единицах, которые называются **герцами** (в честь немецкого учёного-физика Генриха Герца) или **циклами в секунду**.

**Скорость волны** — это скорость распространения колебания в среде или возмущения внутри поля. Чтобы её узнать, нужно частоту волны умножить на её длину. Зависит скорость волн от свойств вещества, в котором они распространяются (то есть от свойств среды). Так, звуковые волны перемещаются в воздухе со

скоростью примерно 331 метров в секунду, а в воде — 1500 м/с. Свет распространяется гораздо быстрее. Его скорость в вакууме составляет около 300 000 000 метров в секунду (триста тысяч километров в секунду). Это почти в миллион раз быстрее скорости звука! Именно поэтому мы сначала видим молнию, а потом слышим гром, или сначала видим фейерверк и только потом слышим взрывы: звуку нужно больше времени, чем свету, чтобы дойти до нас.

Если скорость распространения волны остаётся одинаковой, то, по мере увеличения частоты, длина волны уменьшается; и наоборот: по мере снижения частоты волны растёт её длина. Такое соотношение двух величин называется *обратной зависимостью*: когда одна величина увеличивается, другая уменьшается.

Итак, волны — это перенос энергии; и когда они сталкиваются с препятствием, сквозь которое не могут пройти, с энергией что-то должно произойти. Как ты думаешь, что именно? Исчезнуть энергия не может; значит, она должна куда-то перейти. Иногда она *поглощается* и превращается в тепловую. А иногда — *отражается*. Представь себе бассейн, наполненный водой. Если прыгнуть в него, по воде пойдут волны. Когда они доходят до борта бассейна, то отражаются от него и возвращаются назад. Подобным же образом световые и звуковые волны могут отражаться от различных поверхностей. Например, звук отражается от стены здания или склона горы, а свет — от зеркала.

## СОЗДАЁМ ВОЛНЫ

**Цель:** увидеть волны.

**Необходимые материалы:** тонкая бумага, верёвка, проигрыватель компакт-дисков или радио.

### ОПЫТ 1.

#### Ход работы

1. Прикрепи клейкой лентой кусочек бумаги размером  $2,5 \times 5$  см к центру верёвки. Привяжи один конец верёвки, например, к дверной ручке. Теперь подёргай другой её конец вверх-вниз, чтобы получились волны.
2. Что происходит с кусочком бумаги? На этом примере видно,

как энергия волны движется через молекулы среды (в данном случае — верёвки), но сами молекулы с ней не перемещаются.

3. Увеличь скорость движения верёвки вверх-вниз. Что произошло с длиной волн? Она уменьшилась. Когда частота увеличивается, длина волны уменьшается.
4. Внимательно следи за неподвижным концом верёвки. Что происходит с волной, когда она доходит до конца? Можно ли увидеть, как часть энергии отражается и идёт по верёвке в обратном направлении?

## **ОПЫТ 2.**

### **Ход работы**

1. Прикрепи клейкой лентой кусочек бумаги над динамиком радио или проигрывателя компакт-дисков. Включи музыку. Что происходит с бумажкой?
2. Наблюдая за вибрацией бумажного листка, увеличивай и уменьшай верхние или нижние частоты музыки. Как изменяется движение бумажки, когда ты добавляешь громкость или уменьшаешь её?

### **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- Почему в разных средах скорость волн бывает различной?
- Почему световые волны распространяются быстрее звуковых?
- Что произойдёт со световой волной, если на её пути окажется чёрная поверхность?
- Могут ли звуковые волны перемещаться до бесконечности? Почему?

### **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- Какие факторы влияют на мощность генератора?
- Как электромагнитная индукция заставляет вращаться одну из частей электродвигателя?

- Почему, являясь проявлениями единого электромагнитного поля, электрическое поле и магнитное поле по-прежнему рассматриваются по отдельности?

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН



Волны бывают продольными и поперечными. **Поперечную волну** проще представить себе, потому что с ней мы чаще встречаемся. Она образуется, когда вибрация (смещение частиц среды или возмущение поля) происходит в одном направлении, а сама волна распространяется под прямым углом к этому направлению. Например, в морской волне частицы воды перемещаются вверх и вниз, но сама волна движется горизонтально. То же самое происходило в твоём опыте с верёвкой. Колебания верёвки были направлены вверх и вниз, а волна шла по ней в горизонтальном направлении. Световые волны тоже являются поперечными.

**Продольные волны** образуются, когда вибрация происходит в том же направлении, в котором движется волна. Проще говоря, в таких волнах частицы совершают колебания вперёд-назад, а энергия волны в результате перемещается вперёд.

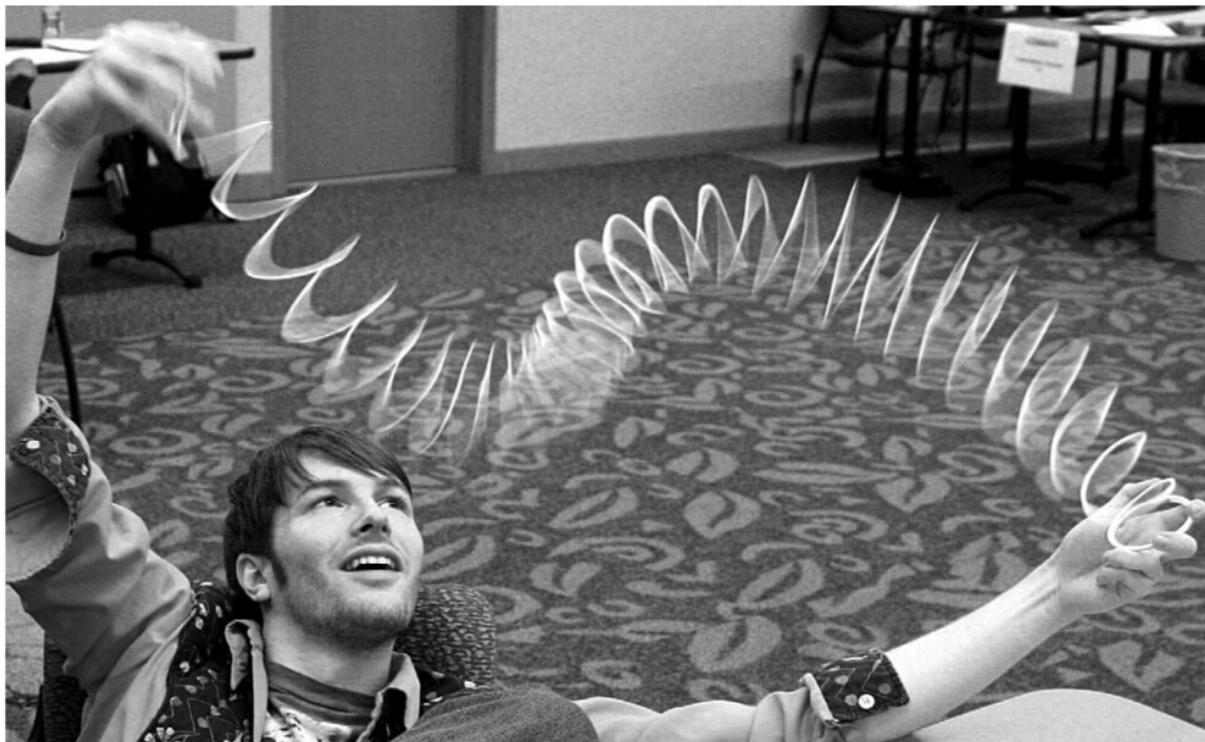
Наглядно представить такую волну поможет радужная пружинка — слinky.

Попроси двух людей подержать её за концы (они должны быть неподвижными). Затем сам собери вместе несколько витков пружинки, подтяни их к одному концу и отпусти. Наблюдай, как энергия движется вперёд по пружине. Обрати внимание, что каждый виток совершает колебания вперёд и назад, но волна движется только в одну сторону. Именно так перемещаются в воздухе звуковые волны: при их распространении расстояние между соседними молекулами воздуха то уменьшается, то

увеличивается.

Чтобы лучше разобраться в обоих типах волн, ты можешь посмотреть в интернете видео по адресу:

<http://www.youtube.com/watch?v=uHvKcFiWkjE>



Все характеристики, которые мы знаем у продольной волны, имеются и у поперечной.

Длина волны — расстояние между её пиками — обозначается греческой буквой  $\lambda$  (лямбда) и обычно измеряется в метрах. Частота — количество циклов в секунду — обозначается латинской буквой  $f$  и измеряется в герцах. Скорость, с которой волна распространяется, обозначается буквой  $V$  и измеряется в метрах в секунду. Зависимость между этими величинами выражается формулой  $V=f\lambda$ .

Зная это, ответь на несколько вопросов.

1. Если частота волны 3 герца в секунду, а длина 10 метров, какова её скорость?
2. Если волна перемещается со скоростью 10 метров в секунду, а её длина составляет 2 метра, какова её частота?
3. Ты наблюдаешь за вибрацией скакалки, пики волн которой

проходят в 0,5 метра друг от друга, и каждую секунду перед тобой проходят 4 пика. Какова скорость волны?

4. Если скорость волны остаётся постоянной, как изменится длина волны, когда её частота удвоится?
5. Если скорость волны осталась неизменной, то как изменилась её частота, если длина волны удвоилась?

## УРОК 24. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПЕКТР. РАЗНЫЕ ГРУППЫ ИЗЛУЧЕНИЙ

### Словарь:

- ультразвук
- диапазон частот
- электромагнитное излучение
- радиоволны
- микроволны
- инфракрасное излучение
- видимый свет
- ультрафиолетовое излучение
- рентгеновские лучи
- гамма-лучи
- спектр

### Дополнительные слова:

- микрофон
- приёмник
- ретранслятор

*Какие волны мы можем видеть?*



Различные волны перемещаются с разной частотой. От частоты волн зависит, как будут на них реагировать различные предметы или вещества.

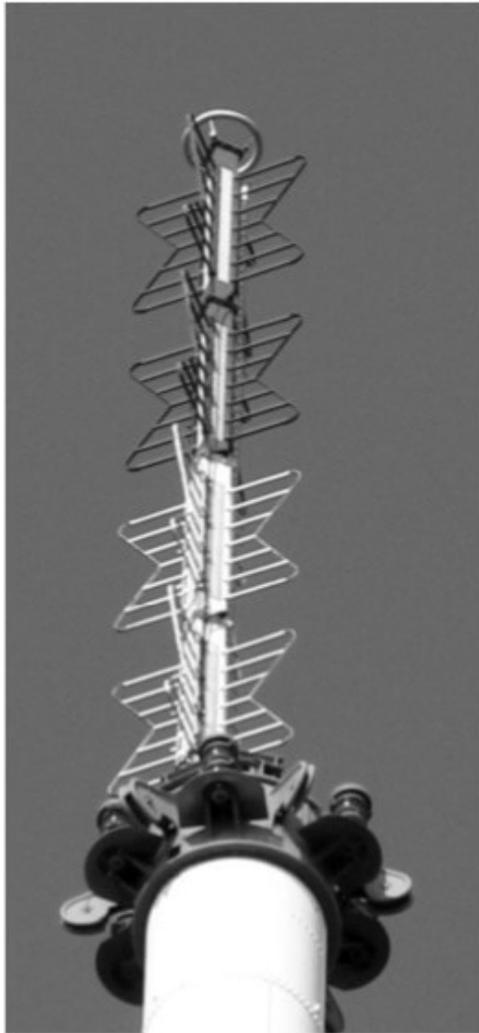
Звуковые волны, как ты знаешь, относятся к механическим, и для их перемещения требуется какая-нибудь среда: например, воздух, дерево, металл, вода. Их частота может быть от 20 до 20 000 герц. Человеческое ухо реагирует на волны такой частоты и переводит их в нервные сигналы, которые наш мозг распознаёт как звук. Собственно говоря, именно поэтому мы и называем эти волны «звуковыми».

Механические волны, частота которых превышает 20 000 герц, называются *ультразвуковыми*, или **ультразвуком**. Они движутся так же, как и звуковые, но наши уши такую частоту уже не воспринимают — «не слышат».

Электромагнитным волнам для перемещения среда не нужна, лучше всего они распространяются в вакууме. Их частота выше, чем у механических: ведь они распространяют не колебания частиц вещества (имеющих массу), а изменения электромагнитного поля. Основной **диапазон частот** (то есть интервал их значений) электромагнитных волн — от 30 килогерц (30 000 Гц) до более 1020 герц. Человеческий глаз различает только очень узкий диапазон электромагнитных волн. Но, кроме видимого света, есть электромагнитные волны, частота которых слишком мала или слишком велика для нашего зрения. Их делят на несколько групп: радиоволны, инфракрасное излучение (их частота меньше, а длина волн — больше, чем у видимого нами света), а также ультрафиолетовые лучи, рентгеновские лучи и гамма-излучение (частота этих волн выше, а длина волны меньше, чем воспринимает глаз человека). Всю совокупность этих волн называют **электромагнитным излучением**.

Взгляни на диаграмму справа. Виды электромагнитных волн расположены на ней в зависимости от их частоты и длины волны.

Давай рассмотрим их, начиная снизу.

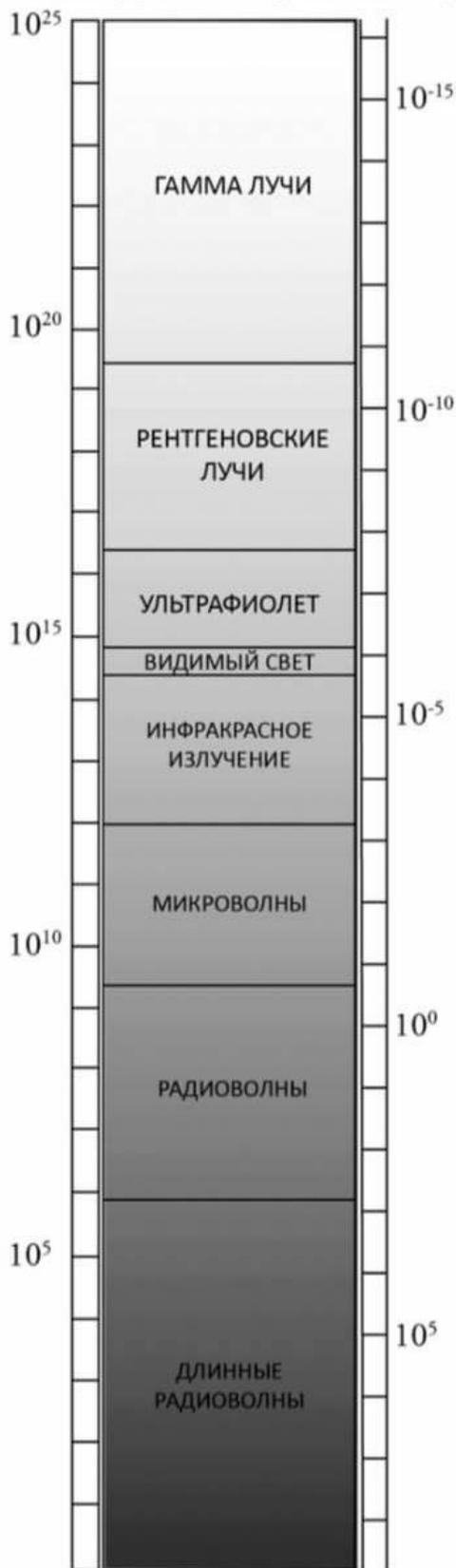


**Передающая антенна**

У **радиоволн** (к ним относятся и телевизионные сигналы) — самая низкая частота: от 30 килогерц (а у некоторых — и ниже) до 10<sup>12</sup> герц. Эта группа делится ещё на несколько подгрупп, которые называются длинными, средними, короткими и ультракороткими (или микро-) волнами. Но нужно помнить, что, различаясь по длине друг от друга, по отношению ко всему остальному диапазону электромагнитного излучения они являются достаточно длинными: их длина волны может быть от 10 км до 1 мм.

Частота в герцах

Длина волны в метрах



Радиоволны используются, прежде всего, для передачи информации: в военных рациях, любительских радиоприёмниках, в радио- и телевещании, в работе авиадиспетчеров. Для создания — генерирования — волн этого частотного диапазона используются *антенны*. Каждая страна регулирует подачу сигналов в том или ином диапазоне радиоволн: специальный государственный орган определяет, какие радио- и телестанции могут вести вещание в разных областях страны на той или иной частоте. Делается это для того, чтобы сигналы не заглушали друг друга.



**Микроволновая печь**

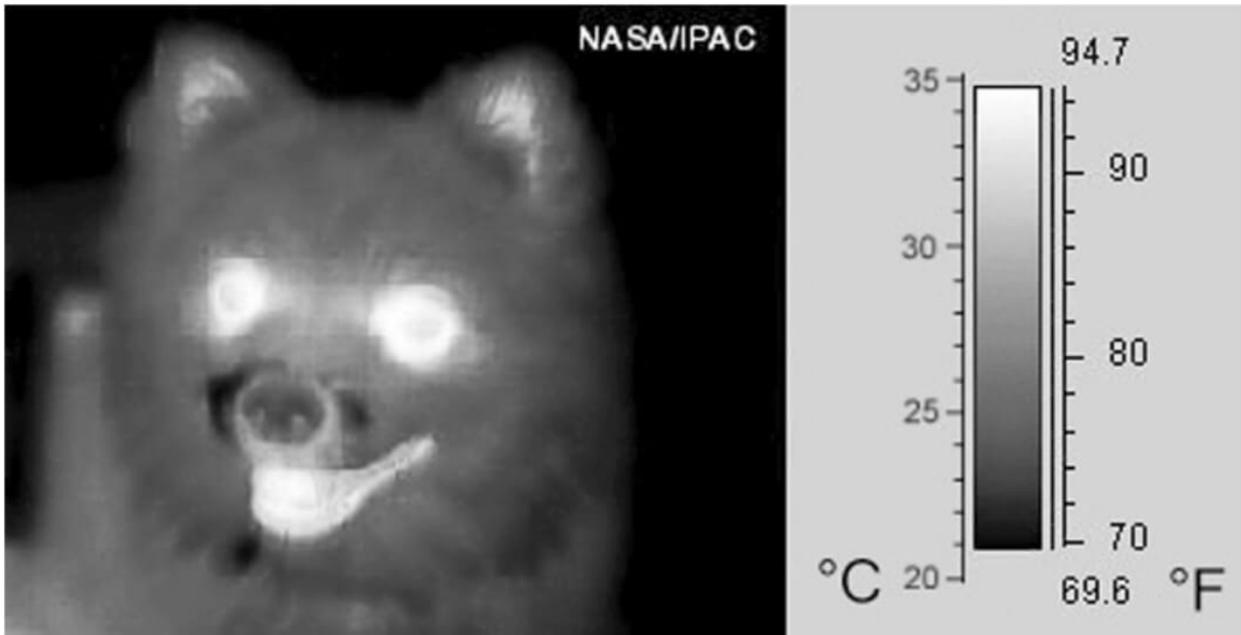
**Микроволновое излучение** — это самые короткие из радиоволн, с частотой примерно от 300 мегагерц (300 000 000 Гц) до 10<sup>12</sup> герц. С ними мы сталкиваемся в повседневной жизни очень часто. Волны этого диапазона используются для связи в мобильных телефонах, а также в таких устройствах, как «вай-фай» и «блютуз».

Также они служат нам... для разогрева пищи. Специальные печи, для этого предназначенные, так и называются: микроволновые (или *микроволновки*). Энергия электромагнитных колебаний создаваемого в них поля воздействует на молекулы воды: они получают небольшой положительный заряд с одной стороны и отрицательный — с другой. Из-за этого молекулы начинают двигаться, принимая упорядоченное положение. А так как это поле является переменным, они всё время «раскачиваются» — и при этом сталкиваются, ударяются друг о друга, передавая энергию соседним молекулам. Эта энергия переходит в тепловую, и еда разогревается. Причём прогревается она не только с поверхности: микроволны проникают вглубь продуктов на глубину примерно 2,5 см.



## **Мобильный телефон**

Между микроволнами и волнами видимого света расположены волны **инфракрасного излучения**. Многие материалы, когда на них попадают инфракрасные волны, нагреваются, потому что энергия этих волн быстро превращается в тепло. Значительная часть солнечной энергии поступает к нам в виде инфракрасного излучения.

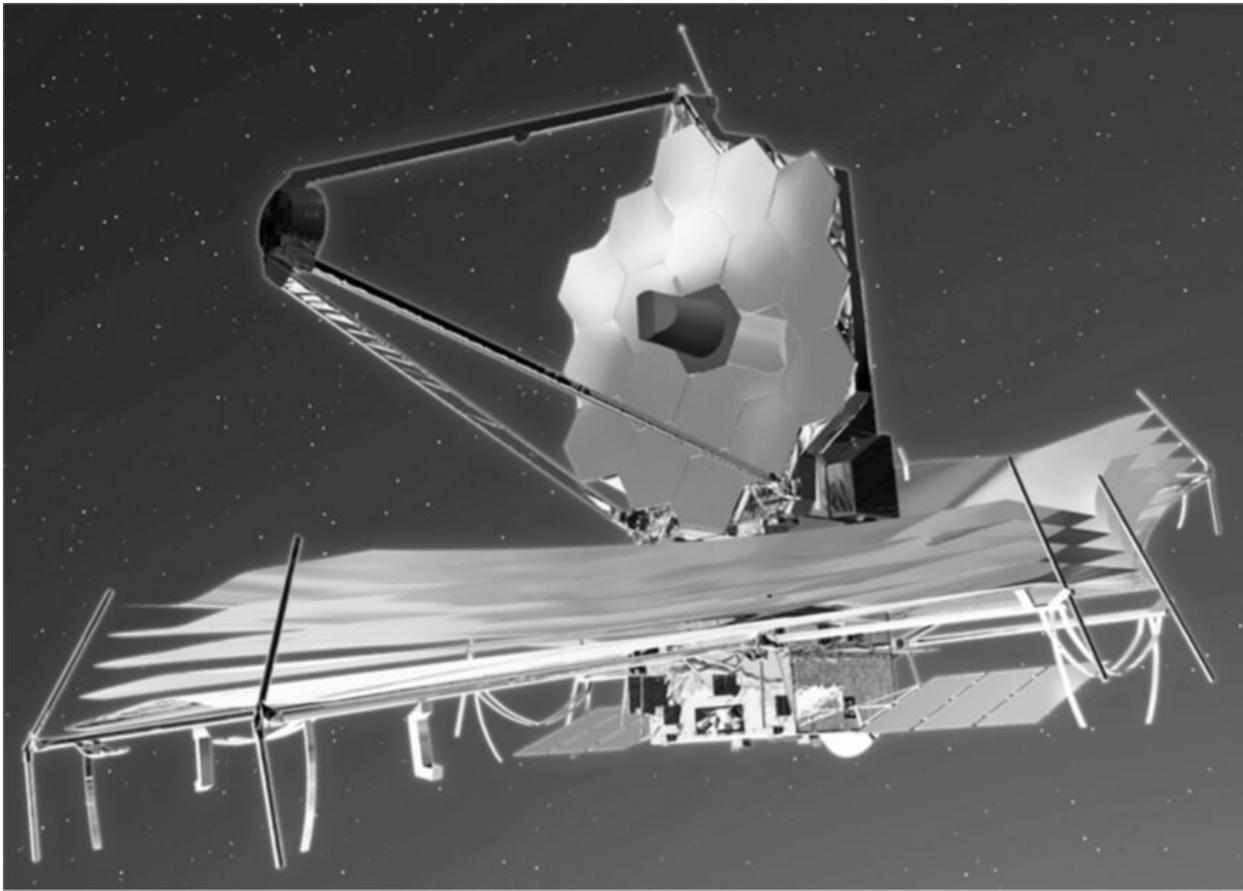


### **Изображение собаки в приборе ночного видения**

Хотя человеческий глаз не видит инфракрасных волн, учёные придумали способ делать их видимыми: они изобрели приборы ночного видения, обнаруживающие инфракрасное излучение и переводящие их в частоты, различимые нашим зрением. О таких приборах мы уже говорили с тобой на 9 уроке.

#### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

При слове «телескоп» мы обычно представляем увеличительные линзы, позволяющие видеть далёкие планеты и звёзды. Однако многие телескопы принимают электромагнитное излучение, находящееся за пределами видимого спектра. Например, радиотелескопы используются для того, чтобы принимать радиоволны из космоса. Затем эти волны переводятся в изображения, давая нам возможность «увидеть», что находится в глубинах космоса. Один из таких телескопов, находящихся на околоземной орбите, — «Радиоастрон». Другой знаменитый орбитальный телескоп — автоматическая обсерватория «Хаббл» — работает в видимом диапазоне, расширенном до ультрафиолетового и инфракрасного. Сейчас Космическое агентство США работает над инфракрасной орбитальной обсерваторией имени Джеймса Вебба (на рисунке), которая придёт «Хабблу» на смену.



**Видимый свет** расположен в частотном диапазоне примерно между  $4,29 \times 10^{14}$  Гц (красный свет) и  $7,5 \times 10^{14}$  Гц (фиолетовый свет). Это — малая, но очень важная часть всего диапазона электромагнитных волн. Именно эти волны Господь предназначил для того, чтобы они несли нам непосредственную информацию обо всём, что нас окружает.

Над видимым диапазоном электромагнитных волн находятся **ультрафиолетовое излучение, рентгеновские лучи и гамма-лучи**. Все они переносят большое количество энергии и могут повредить ткани нашего тела, если мы не будем осторожны. Солнечные ультрафиолетовые лучи способны вызвать солнечный ожог, а если очень злоупотреблять загаром — даже онкологические заболевания кожи. Зато с их помощью можно убивать вредные бактерии.

Так же обстоит дело и с ещё более жёстким (*высокочастотным*) излучением: в большом количестве оно способно причинить живым существам непоправимый вред, но в малых дозах используется нам

на пользу. Рентгеновские лучи, пронизывающие наши тела насквозь (мы для них являемся прозрачными!), позволяют врачам заглянуть к нам внутрь, увидеть сломанные кости, полости в зубах, следы различных болезней. А гамма-лучи используются для лечения многих видов рака; будучи направленными узким пучком прямо на опухоль, они разрушают раковые клетки.



### **Рентгеновский снимок грудной клетки**

Такое распределение электромагнитного излучения в зависимости от его частоты и длины волны называется **спектром** этого излучения. Разумеется, границы между группами, выделяемыми в электромагнитном спектре, являются достаточно приблизительными и могут определяться немного по-разному.

Бог сотворил электромагнитное излучение, заложив в него

поразительное разнообразие свойств энергетических волн. Только сейчас люди начинают разбираться в них и понемногу использовать в своих целях.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Многие люди считают, что микроволновая печь разогревает пищу «изнутри наружу». Это не так. Микроволны проникают в продукты снаружи и задерживаются в их наружных слоях. Поэтому, если этот продукт равномерно влажный, он разогревается так же, как в духовке (только быстрее). Но если на поверхности продуктов находится сухая «корочка», их нагревание начинается глубже — там, где есть молекулы воды, способные прийти в движение. Именно поэтому разогретый в микроволновке хлеб будет тёплым внутри и прохладным снаружи. По этой же причине не нагревается стеклянная посуда, хотя налитый в неё суп становится горячим.

Главным источником электромагнитного излучения на нашей планете является Солнце. Оно излучает волны всех длин видимого спектра, а также инфракрасные и ультрафиолетовые волны, радиоволны и рентгеновские лучи.

## **ЧАСТОТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН**

Ещё раз внимательно изучи диаграмму электромагнитного спектра. Прочти список устройств в этом задании и определи, электромагнитные волны какой частоты они используют или испускают. А теперь возьми лист бумаги и запиши на нём перечисленные ниже предметы от самых низкочастотных к самым высокочастотным.

- Микроволновая печь
- Телевизор
- Рация
- Инфракрасный обогреватель
- Радиотелескоп
- Настольная лампа
- Аппарат для флюорографии

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое электромагнитный спектр?**
- **Какие группы электромагнитных волн ты знаешь?**

- Какие волны имеют бóльшую частоту — радиоволны или гамма-лучи?
- Какие электромагнитные волны способен различать человек?
- Какие виды электромагнитных волн используются для связи?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Как возникают электромагнитные волны (перемещающиеся в пространстве изменения электромагнитного поля)?
- Какая характеристика электромагнитной волны определяет её видимый цвет?

## РАДИО И ТЕЛЕВИДЕНИЕ



Радио- и телевизионные сигналы — это важнейшие носители информации, помогающие нам передавать её на большие расстояния.

Радиосигнал передаёт нашу речь в виде электромагнитных волн. Звуковые волны, распространяющиеся в воздухе, попадают в **микрофон**. В результате их колебаний изменяется давление воздуха на расположенную внутри микрофона *мембрану*. В свою очередь, колебания этой мембраны возбуждают изменения электрического поля: это достигается путём электромагнитной индукции или другими способами. Далее эти волны через антенну отправляются в путь — к другой антенне, теперь уже принимающего устройства. В **приёмнике** происходит обратное превращение: электромагнитные волны приводят в движение мембрану, а она заставляет вибрировать воздух, порождая звуковые волны.

Если радиопередатчик и радиоприёмник удалены друг от друга на

большое расстояние, могут понадобиться **ретрансляторы** — промежуточные антенны, получающие радиосигнал с одной стороны и отправляющие его в другую.

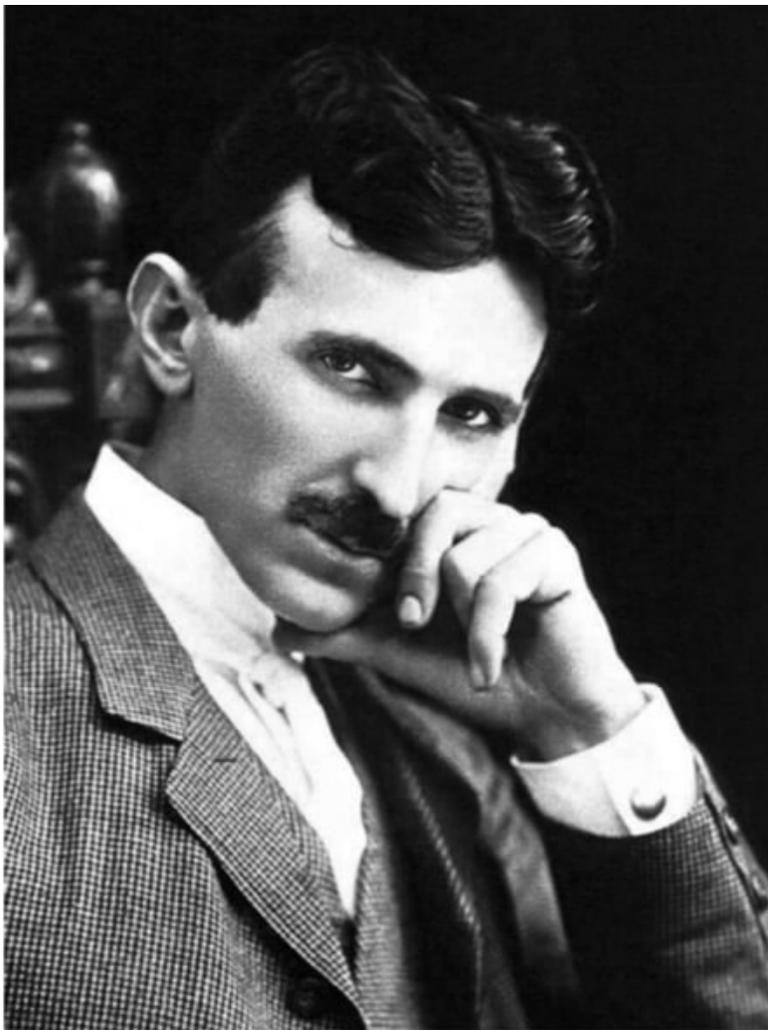
Относительно того, кто именно изобрёл радиосвязь, трудно прийти к единому мнению. Немец Генрих Герц первым сделал передатчик, россиянин Александр Попов — приёмник, а итальянский инженер Гульельмо Маркони в 1895 году объединил эти два устройства. Но передавать и принимать при помощи радиоволн у них получалось только простейшие сигналы: в приёмнике включался и выключался звонок. Это позволяло общаться, например, при помощи азбуки Морзе. Первым же, кто сумел превратить звук в электрические волны, а затем преобразовать их в приёмнике снова в звуковые, стал в том же 1895 году американец Никола Тесла.



**Генрих Герц**



**Александр Попов**



**Николай Тесла**

Телевизионные сигналы формируются и распространяются аналогичным образом, но, помимо звуковой, несут ещё и зрительную информацию. Светочувствительные элементы телекамеры преобразуют изображение в электрические сигналы, которые, добравшись до нашего телевизора, образуют в разных частях его экрана крошечные красные, зелёные и синие «вспышки». Эти три цвета порождают на экране всю остальную гамму красок.

Подробно о том, как образуются радио- и телесигналы и как с их помощью передаётся информация, рассказывается в пособии «Мир изобретений» (уроки 4 и 5).

## **УРОК 25. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ. КОЛЕБАНИЯ**

# СРЕДЫ

## Словарь:

- ЭХО

*От чего зависит скорость звука?*



Механические волны, которые воспринимаются нашими органами слуха, называются звуковыми.

То, что звук не может перемещаться в вакууме, впервые доказал Роберт Бойль в 1660 году. Он поместил в стеклянный сосуд колокольчик, а затем выкачал оттуда весь воздух. Оказалось, что звук колокольчика перестал быть слышимым. Но когда Бойль снова начал запускать воздух в сосуд, звон стал слышен, и по мере поступления воздуха он становился всё громче и громче.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Дети слышат звуки в диапазоне частот от 20 до 20 000 герц. С возрастом мы теряем способность различать некоторые частоты, особенно высокие.

Звуковые волны могут перемещаться в самых разных средах. Обычно мы слышим звуки, распространяющиеся в воздухе. Но к ныряльщикам и водолазам звук доходит через водную среду. При желании можно услышать звук через металл, дерево и другие вещества.

Одни материалы пропускают звук лучше, другие — хуже. Ткань и другие пористые материалы поглощают звуковые волны. Присутствующие в них многочисленные воздушные карманы приводят к многократному переходу волн из среды в среду, в результате чего они ослабевают или даже полностью исчезают. Такие материалы называют *звукоизоляционными*. Дизайнеры часто используют обшивку стен, ковры, покрытые тканью предметы, чтобы уменьшить шум в комнате или в офисе и защитить

помещение от ненужных звуков.

Звуковые волны перемещаются через различные вещества с разной скоростью. В воздухе их скорость составляет примерно 331 метра в секунду. В воде они перемещаются быстрее — примерно со скоростью 1500 м/сек, а через дерево и железо — ещё быстрее. На скорость звука влияет плотность среды: в плотных веществах он распространяется быстрее. Может быть, ты видел в кино, как герой прикладывает ухо к рельсам железной дороги, чтобы услышать, идёт ли поезд, или к земле, желая узнать, не приближается ли конная погоня. В металлических рельсах или в плотной почве звуковые волны перемещаются быстрее, чем в воздухе (и меньше рассеиваются).

Скорость, с которой движутся звуковые волны, зависит и от температуры среды, в которой они распространяются. Именно поэтому мы говорим о приблизительной, а не о точной их скорости, установленной для той или иной среды. Чем теплее вещество, тем быстрее движутся его атомы и тем быстрее проходят через него звуковые волны.

Если в веществе имеются примеси, это изменяет его плотность. А такое изменение свойств среды влияет и на скорость звука. Поэтому она различается в пресной и в солёной воде, а также в сухом и влажном воздухе.



**Если громко крикнуть в сторону какой-нибудь преграды, звуковая волна вернётся к тебе в виде эха**

Возникают звуковые волны в определённой точке пространства. Например, ты уронил на пол чайную ложку. В том месте, где она соприкоснулась с полом, сила столкновения вызвала колебания, вибрацию воздуха. Эти колебания расходятся от источника, словно круги от брошенного камня на поверхности пруда. Звук распространяется во всех направлениях, пока не натолкнётся на какой-то предмет. Этот предмет либо поглощает энергию звуковой волны (если он мягкий и пористый), либо отражает её (если он твёрдый). Возвращение отразившейся звуковой волны к своему источнику называется **ЭХО**.

Если измерить по секундомеру время, прошедшее от

возникновения звука до возвращения эха, и умножить его на скорость звуковой волны (известную из таблиц, составленных исследователями), мы получим удвоенное расстояние от источника звука до преграды. Почему удвоенное? Потому что звуку понадобилось пройти это расстояние дважды, в обе стороны. Разделив эту величину пополам, мы узнаем расстояние, отделяющее нас от стены дома или от горы вдалеке.



**Аппарат УЗИ**

Такой способ определения расстояния до предметов называется *эхолокацией*. По этому принципу работает, например, сонар — устройство, измеряющее время возвращения отражённых звуковых волн от подводных объектов. Прибор посылает с борта корабля

звуковые волны, фиксирует их возвращение и вычисляет расстояние до каждой точки, находящейся на дне. На основании этих расчётов компьютер создаёт изображение морского дна в этом месте. Подобным же образом ультразвуковые волны (помнишь, что такое ультразвук?) помогают врачам увидеть крошечный зародыш в животе матери. Эти волны отражаются от тела малыша и улавливаются прибором УЗИ, который переводит их в изображение, позволяющее увидеть чудо жизни в материнском организме. Когда будешь изучать пособие «Мир изобретений», ты узнаешь об этих устройствах больше.

Не забывай, что скорость звука — это не скорость перемещения молекул воздуха! Материальные частицы не переносятся волнами на большие расстояния. Вспомни пример с морскими волнами или свой опыт с верёвкой. После прохождения волны через воздушную среду молекулы газов, составляющих воздух, остаются почти на прежнем месте. Они смещаются на совсем маленькое расстояние (менее одной десятой доли миллиметра), чтобы передать свою энергию молекулам, находящимся рядом. Именно это взаимодействие между соседними частицами и распространяется со скоростью звука.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Самое долгое эхо внутри зданий зафиксировано в часовне усыпальницы (мавзолея) герцогов Гамильтон (Шотландия). После того как в часовне хлопает дверь, эхо разносится по ней на протяжении 15 секунд. А местом с самым длинным эхом в природных условиях считается район горного озера Лох-Лейн в южной части острова Ирландия. Звук, раздавшийся с одной из здешних вершин, может вызвать эхо, повторяющееся около 100 раз.

Звуковая волна может на своём пути отразиться несколько раз от различных поверхностей (например, от стен стоящих друг напротив друга домов). Тогда мы можем услышать многократное эхо. Такое явление нередко наблюдается в горах. При каждом отражении волна теряет часть своей энергии. Звук продолжает двигаться до тех пор, пока вся его энергия не будет поглощена и не превратится в другой вид энергии (например, в тепло).

Способность воспринимать (слышать) механические волны — это один из великих даров Господа, которые Он вручил Своим созданиям. Воспринимать мир, лишённым звуков, не только неинтересно, но и довольно опасно: ведь о многих вещах, которые

происходят вне поля нашего зрения, мы узнаём по слуху.

## **СЛУШАЕМ ЗВУК**

**Цель:** определить, какие предметы отражают звук, а какие — поглощают.

**Необходимые материалы:** кухонный таймер или будильник, две картонные трубки, воздушный шарик.

### **ОПЫТ 1.**

#### **Ход работы**

1. Попроси кого-нибудь приложить пищащий кухонный таймер (или звонящий будильник) к одной стороне картонной трубки, чтобы звук шёл в эту трубку.
2. Пусть этот человек прислонит второй конец трубки к стене.
3. Прислони вторую трубку к этой же стене, сантиметрах в 50 от первой, и приложи ухо к свободному концу второй трубки.
4. Закрой рукой второе ухо. Слышишь ли ты писк таймера?
5. Повторите вместе с напарником те же действия, но приложите трубки не к стене, а к спинке дивана или к другому предмету, покрытому тканью. Чем звук, который ты в этот раз слышишь в своей трубке, отличается от того, который ты слышал через стену?
6. Можно повторить опыт ещё несколько раз, используя разные предметы в качестве среды распространения звука.

### **ОПЫТ 2.**

#### **Ход работы**

1. Подержи таймер в воздухе и послушай, как он пищит.
2. Надуй воздушный шар, приложи таймер к одной его стороне и послушай его звук, приложив ухо к другой стороне шара. Слышен ли писк таймера так же, как и раньше? Почему?

#### **Вопросы**

- Какие поверхности отражают звук?
- Какие его поглощают?

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- **Что такое звуковые волны?**
- **Можно ли услышать звук в открытом космосе?**
- **Назови некоторые вещества, через которые могут перемещаться звуковые волны.**
- **Какие материалы поглощают звуковые волны? А какие отражают?**
- **Как, зная скорость звука, можно определить расстояние до большого предмета?**
- **Как происходит перемещение звуковой волны?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- **Что можно сделать, чтобы в комнату проникало меньше звуков?**
- **Если выстрелить на берегу озера из стартового пистолета, кто услышит звук первым — человек, плывущий под водой, или человек, стоящий на берегу (при условии, что они оба находятся на одинаковом расстоянии от места выстрела)?**
- **Почему скорость распространения звука в воде возрастает с увеличением глубины?**

## СКОРОСТЬ ЗВУКА



**Цель:** измерить скорость звука.

**Необходимые материалы:** секундомер или часы, рулетка, листок и ручка.

### **Ход работы**

1. Выйди на улицу и найди место, где есть большая ровная стена.

2. Повернись лицом к стене и громко крикни. Послушай эхо своего голоса.
3. Отойди от стены на значительное расстояние — так, чтобы эхо было слышно не сразу.
4. Крикни в сторону стены и одновременно запусти секундомер. Точно измерь, через какое время ты услышишь эхо. Запиши полученный результат (в секундах).
5. Рулеткой измерь расстояние от того места, где ты стоишь, до стены. Запиши результат измерения (в метрах).
6. Рассчитай скорость звука. Не забывай, что пройденное им расстояние равно двойному расстоянию от места, где ты стоишь, до стены.

## Вопросы

- С какими трудностями ты столкнулся, проводя этот эксперимент?
- Как ты думаешь, насколько точны твои измерения?
- Как можно сделать твои измерения более точными?

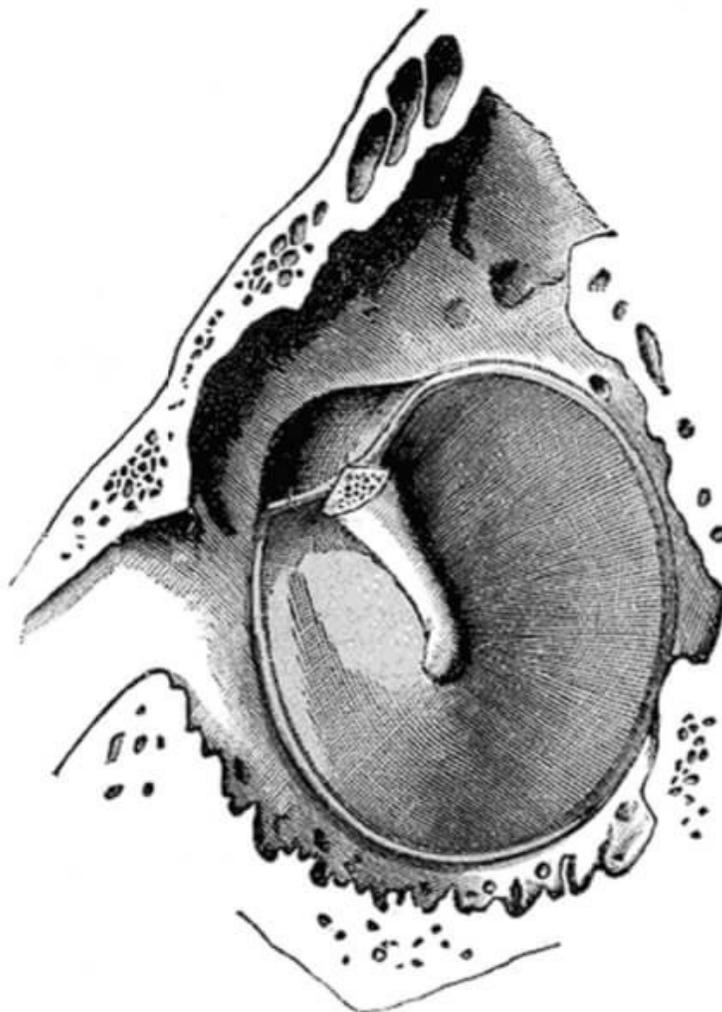
## Выводы

Скорость звука в воздухе обычно равна приблизительно 330 м/с, но это значение меняется в зависимости от температуры воздуха и высоты над уровнем моря (чем выше — тем разреженней воздух, тем меньше его плотность). Поэтому у тебя, скорее всего, получится немного другое число. Скажется на результате и невысокая точность твоих измерительных приборов (чтобы получить достаточно точный результат на таком небольшом расстоянии, нужно замерять время с точностью до сотых долей секунды).

Звук распространяется в воздухе в виде продольных волн. В результате его колебаний соседние молекулы то сближаются, то снова расходятся. Их сближение соответствует пику волны, а расширение — впадине.

Когда звуковая волна достигает твоего уха, в нём происходит то же, что в микрофоне. Роль мембраны играет специальный орган — *барабанная перепонка*. Её колебания передаются нервным клеткам и переводятся ими в электрические сигналы: на участках клетки

возникает кратковременная разность потенциала. Этот сигнал — *нервный импульс* — передаётся в твой мозг.



**Барабанная перепонка человека**

## УРОК 26. СВОЙСТВА ЗВУКА. ВЫСОТА, ГРОМКОСТЬ И ОБЕРТОНЫ

### Словарь:

- высота
- тон
- камертон

- громкость
- децибел
- тембр
- обертоны
- гармоника

### Дополнительные слова:

- шумы

*Чем высокий звук отличается от низкого?*



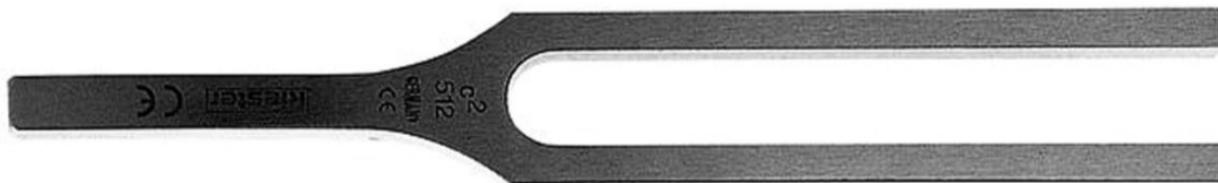
Наши уши способны различать множество различных звуков. Их многообразие и непохожесть друг на друга зависят от различий в их физических свойствах.

Почему нажатие одной клавиши на фортепиано производит очень низкий звук, а нажатие другой — высокий? Потому что разные струны внутри инструмента колеблются с разной частотой. Низкие звуки возникают при вибрации толстых струн, которые колеблются медленнее, чем тонкие, производящие высокие звуки. Эта характеристика, определяющая, насколько высоким или низким является звук, называется его **высотой**. Высота звука прямо зависит от частоты звуковой волны: она растёт с увеличением числа колебаний в секунду.

Когда говорят о том или ином звуке с точки зрения его высоты, вместо слова «звук» обычно употребляют термин **тон**.

Для настройки музыкальных инструментов используются специальные приспособления — **камертоны**, точно и ясно издающие звук определённой высоты. Они могут быть различной конструкции: механические, акустические и электронные. Обычный механический камертон выглядит очень просто: металлическая вилочка с двумя зубцами. Если ударить таким камертоном по

твёрдой поверхности или предмету, он начинает вибрировать с определённой постоянной высотой, издавая чистый музыкальный тон. Высота звука зависит от длины и толщины двух зубцов, составляющих его вилочку. Стандартный камертон издаёт звук частотой 440 Гц (нота «ля» 1-й октавы).

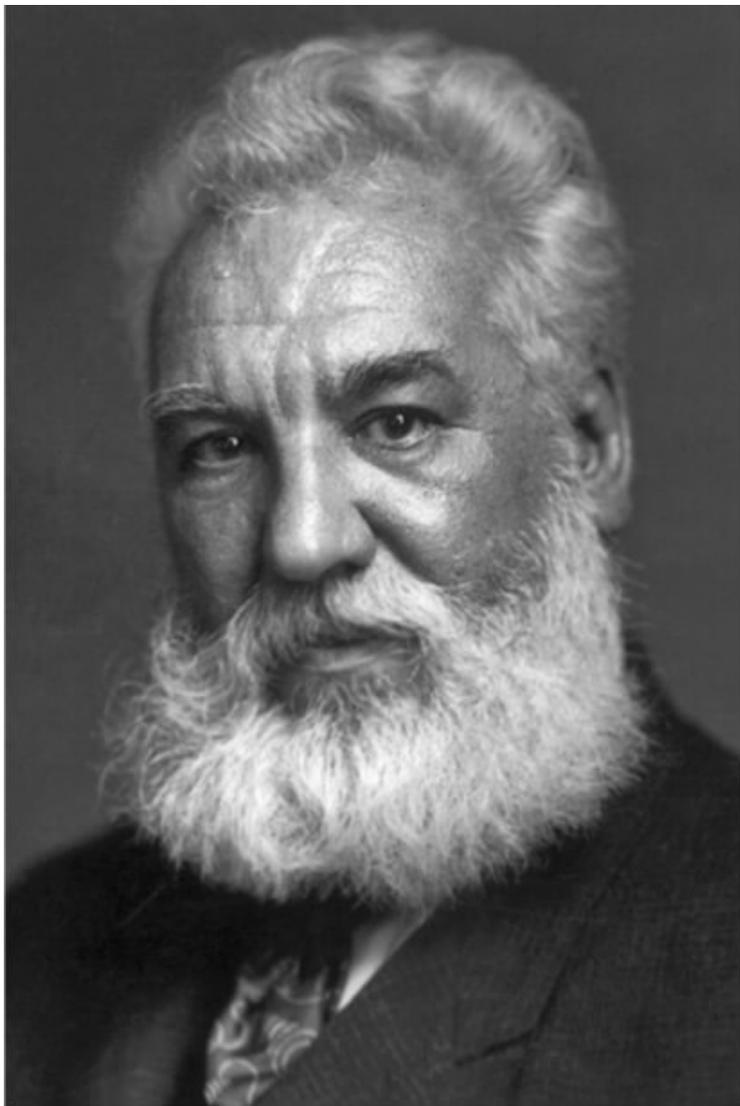


**Камертон**

Другая характеристика звука — его **громкость**. Она зависит от того, насколько высоки пики звуковой волны, как велика её амплитуда, — то есть от расстояния, на которое «раскачивается» среда при прохождении через неё звуковой энергии. Чем больше энергии несёт звук, тем выше амплитуда его волны, и тем он громче.

Когда Александр Белл изобрёл телефон, инженеры, работавшие в его лаборатории, решили назвать в его честь единицу измерения громкости звука: 1 бел (обозначается **Б**). Но поскольку эта единица оказалась довольно большой, для описания силы звучания различных звуков стали использовать её десятую часть: **децибел** (обозначается **дБ**). Разница в громкости в 1 децибел — это минимальная разница, которую способно различать человеческое ухо.

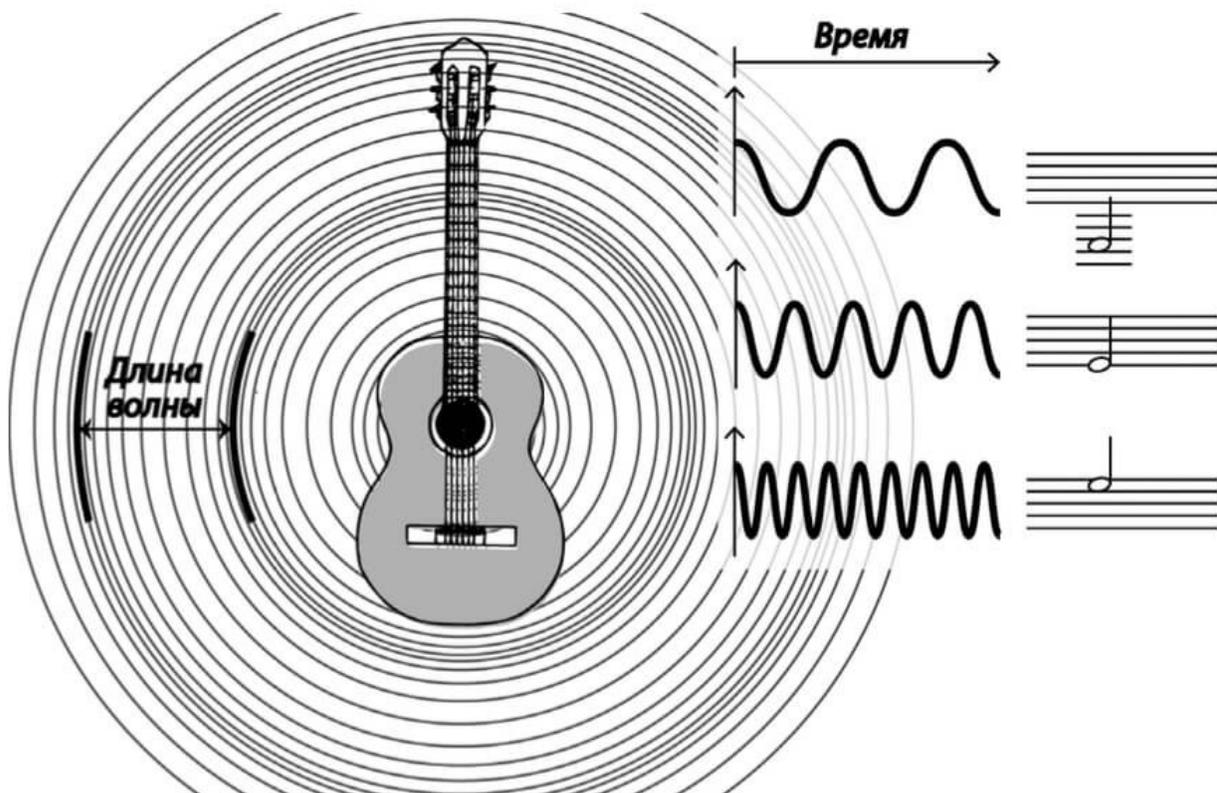
Громкость шёпота составляет приблизительно 20 децибелов, обычной речи — около 60 децибелов, а рёв двигателя реактивного самолёта — около 150 децибелов. Величина в 120 децибелов составляет болевой порог. Поэтому стоять рядом с работающим реактивным двигателем нельзя: заболят уши, и можно навсегда повредить слух. Вообще, любые звуки, громкость которых выше 100 децибелов, грозят нашему слуху непоправимыми ухудшениями.



**Александр Белл**

Третья характеристика, определяющая качество звука, — это **тембр**, или, как его ещё называют, *окраска*. Тембр звука определяется его **обертонами** — призвуками, дополнительными, более высокими тонами (звуками), которые сопровождают основной звук и придают ему особый оттенок.

Обертонны бывают гармоническими и негармоническими. Для музыки важны именно *гармонические обертонны* — волны, частоты которых кратны частоте основного звука. Поясним, что это значит.



## Чем больше частота колебаний струны, тем короче звуковые волны и выше тон звука

Когда ты воздействуешь на струну фортепиано или гитары, эта струна начинает вибрировать с определённой частотой. Но при этом она генерирует и другие волны, частота которых в 2, 3, 4 или другое количество раз больше, чем частота основного издаваемого ею звука. Например, если основная частота звука, испускаемого струной, равна 440 Гц, её могут сопровождать обертоны, колеблющиеся с частотой 880 Гц или 1320 Гц.

Количество и интенсивность обертонов отличает один инструмент от другого, даже когда они играют одну и ту же ноту.

Основной тон вместе с сопутствующими ему гармоническими обертонами называют **гармоникой**.

В случае, когда мы имеем дело не с музыкальным инструментом, а, например, с вращающимся массивным и твёрдым металлическим маховиком, его вибрация тоже порождает дополнительные обертоны; но их частота не является кратной основному тону, который издаёт маховик. Это *негармонические обертоны*. Мы воспринимаем их как рабочие шумы.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВЫСОТЫ ЗВУКА

**Цель:** сделать простейший музыкальный инструмент.

**Необходимые материалы:** резиновая лента, линейка, карандаш.

### Ход работы

1. Обмотай линейку вдоль резиновой лентой, сделав один виток.
2. Натяни резинку как можно туже, придерживая её за края с обратной стороны линейки.
3. Просунь карандаш под резиновую ленту ближе к одному концу линейки; прижми в этом месте ленту пальцем к карандашу.
4. Дёрни ленту в сторону. Запомни звук, который она издаст, когда начнёт вибрировать.
5. Передвинь карандаш ближе к центру линейки, прижми его и снова дёрни ленту. Как изменилась высота звука? Что привело к её изменению?
6. Передвинь карандаш примерно на  $2/3$  к другому концу линейки. Прижимая резиновую ленту пальцем к карандашу, дёрни её короткую часть. Как изменилась высота звука по сравнению с первоначальной?
7. Теперь подёргай ленту с разной силой: сначала слегка, потом — всё сильнее. Изменилась ли высота звука? А громкость? Когда звук был самым громким?

## УСИЛЕНИЕ ЗВУКА

Бывают ситуации, когда увеличить энергию звуковой волны невозможно, но тем не менее нужно сделать её громче. Один из способов добиться этого — собрать как можно больше звуковых волн и *сконцентрировать* их в одном месте. На этом принципе основан медицинский прибор — *стетоскоп*.



**Цель:** сделать собственный стетоскоп.

**Необходимые материалы:** резиновая или пластмассовая трубка, маленькая кухонная воронка, скотч.

**Ход работы**

1. Прикрепи скотчем резиновую или пластмассовую трубку к узкому концу воронки.
2. Приставь воронку к тому предмету, звук от которого ты хочешь услышать.
3. Другой конец трубки приложи к уху.

**Выводы**

Через трубку ты услышишь звук гораздо громче и отчётливее, чем через воздух. Это происходит потому, что воронка собирает звуковые волны и концентрирует их. Их суммарная энергия при этом увеличивается, а соответственно, возрастает и громкость звука.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Назови три основных характеристики, определяющие качество звука.
- Как изменяется высота звука с возрастанием его частоты?
- Как звучит короткая струна: выше или ниже, чем длинная?
- Какие единицы используются для измерения громкости?
- Почему нельзя слушать музыку на громкости больше 100 децибелов?
- Чем определяется тембр звука?
- Чем гармонические обертоны отличаются от негармонических?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Камертон издаёт всего одну ноту; каким образом по нему настраивают все струны инструмента?
- Почему труба, играющая ноту «до», и пианино, играющее ноту «до», звучат по-разному?

## ШУМ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА



Окружающие человека звуки редко представляют собой чистые тоны, то есть колебания одной частоты. Как правило, все звуки в природе — это сложные тоны и шумы. Сложные тоны образуются путём наложения на основной тон гармонических обертонов. Звуки, состоящие из беспорядочной смеси самых разных частот, в которых невозможно выделить основной тон, называются **шумами**.

Собственная частота колебаний барабанной перепонки, расположенной внутри человеческого уха, — приблизительно 1000 Гц. При воздействии на ухо колебаний этой частоты сопротивление перепонки волнам почти отсутствует. Поэтому такие звуки воспринимаются нами наиболее хорошо. Исследования показали, что в большинстве окружающих человека «приятных» шумов — моря, дождя, листвы под ветром — главным является тон, частота которого близка именно к 1000 Гц. Многие виды психотерапии включают прослушивание подобных звуков живой природы: это снижает у пациентов повышенное кровяное давление, успокаивает их, способствует улучшению самочувствия.

Чрезмерная громкость (интенсивность) звука, наоборот, способна привести к ухудшению здоровья. Длительное воздействие шума громкостью выше 80 децибелов, или даже кратковременное его повышение до 100 децибелов и выше, оказывает на слух человека разрушительное действие: может произойти его частичная или даже полная потеря. Кроме того, через волокна слуховых нервов раздражение, производимое шумом, передаётся в центральную и вегетативную нервную системы, а через них воздействует на внутренние органы. Это приводит к серьёзным ухудшениям нашего состояния здоровья, влияет на психическое состояние, вызывая чувство беспокойства и раздражения.

Поскольку шум является вредным фактором среды обитания человека, во многих странах в санитарно-гигиенических нормах указывают предельно допустимый уровень шума. Уровень шума в 20–30 дБ для человека практически безвреден. Это естественный шумовой фон нашей жизни. По мнению медиков, звуковой фон в квартире должен быть днём 40–45 дБ, а ночью — 30–35 дБ.

Не следует стремиться к тому, чтобы достичь абсолютной тишины, так как здоровый человек не может жить в этих условиях (речь не идёт о глухих людях, которым пришлось адаптироваться, приспособиться к такой ситуации). При подготовке к космическим полётам одно из нелёгких испытаний — пребывание в «безмолвной камере». Человек, привыкнув за время всей своей жизни к определённому шумовому фону, испытывает без него информационный голод, что может привести к расстройству психики.

# УРОК 27. ЗВУКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ. ПРОХОЖДЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЛН

## Словарь:

- акустика
- реверберация
- резонанс
- эффект Доплера

## Дополнительные слова:

- интерференция
- результирующие колебания

*Как люди используют эффекты, порождаемые звуком?*



Ты когда-нибудь бывал в здании, где каждый звук отдаётся эхом от стен? Или, наоборот, в тихой библиотеке? Особенность распространения звука внутри какого-либо помещения называется его **акустикой** (точнее, *архитектурной акустикой*, потому что *акустика* — это также название науки, изучающей звук, его природу и особенности). Звуковые волны отражаются от твёрдых поверхностей; а мягкие и пористые поверхности, наоборот, поглощают часть энергии волн и этим уменьшают громкость звука.

Акустика здания зависит от его предназначения. Например, в офисах обычно лежит ковровое покрытие, стены или перегородки покрыты обивкой, используется мягкая мебель. Всё это помогает

поглощать бóльшую часть звуков, которые производят люди и техника в этом помещении. В библиотеках тоже используются звукопоглощающие материалы, позволяющие поддерживать тишину.



**Уже древние римляне при строительстве театра проектировали его так, чтобы акустика позволяла зрителям хорошо слышать речь артистов**

А вот сцены концертных залов устроены совершенно иначе. Здесь много специально расставленных (на основе специальных вычислений) твёрдых поверхностей, чтобы музыка и речь отражались от них и звучали громче. Правильно выполненный расчёт позволяет добиться эффекта, при котором звуки, раздающиеся в одном месте (например, в центре сцены), будут лучше всего слышны в определённой части помещения (например, в зрительном зале). Или же в большом спортивном зале разговор на другом его конце может быть слышен лучше, чем голос человека,

находящегося рядом с тобой. Это удобно для тренеров, которые получают возможность что-то подсказать своим подопечным непосредственно в момент их выступления.

Однако в помещениях, где звуковая энергия почти не поглощается, может происходить и другой *акустический* эффект — **реверберация**: многократное отражение звука с его постепенным затиханием. В результате возникают сразу несколько эхо, накладывающихся друг на друга. Это может использоваться для создания эффекта необычности или особой выразительности монолога или музыкальной фразы. Иногда он даже искусственно имитируется в необходимый момент специальным устройством. Но чаще реверберация приводит к нежелательным результатам: многочисленные «отражения», накладываясь с запозданием на первоначальный звук, делают его невнятным, плохо воспринимаемым на слух. Поэтому при составлении проекта учитывается и необходимость контролировать этот эффект. Например, в театрах и концертных залах реверберация нейтрализуется занавесом и мягкой обивкой кресел: ведь мягкие материалы гасят эхо.

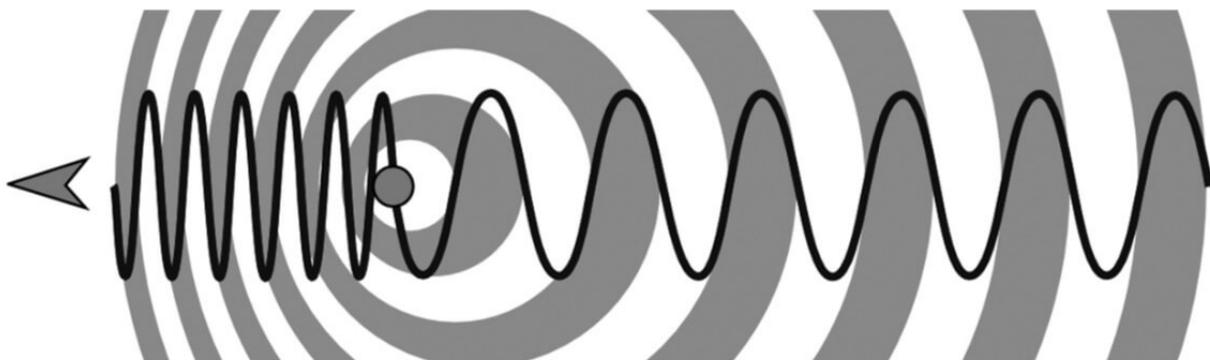
Ещё один очень важный и необычный звуковой эффект — это резонанс. Ты знаешь, что каждая струна обладает своей основной частотой колебаний. Эта частота определяется длиной струны, её толщиной, степенью натяжения и материалом, из которого она сделана. Если поместить рядом две совершенно одинаковые струны и привести одну из них в движение, заставив вибрировать, её энергия заставит колебаться и другую струну. Это и есть **резонанс** — совпадение внешней (*возбуждающей*) частоты с внутренней (*собственной*) частотой колеблющегося предмета. При таком совпадении возникают вынужденные колебания этого предмета, а если он уже вибрировал — то амплитуда его колебаний резко возрастает.

*Резонируют* не только струны, но и многие другие предметы. Энергия любого вибрирующего материала может передаться другому материалу, имеющему такую же собственную частоту.

Говорим ли мы, слушаем, играем на музыкальных инструментах — все эти наши действия связаны с резонансом. Звуки в наших носовых пазухах резонируют, усиливая голос. Резонанс

в слуховом канале уха усиливает звук, идущий к барабанной перепонке. Корпуса многих инструментов — прежде всего, струнных — также усиливают звук за счёт резонанса.

Звуковые волны подчиняются также **эффекту Доплера**. Заключается этот эффект в том, что частота и длина волн, которые мы можем наблюдать или обнаружить приборами, изменяются, если источник этих волн движется относительно нас.



### Схематическое изображение эффекта Доплера

В 1842 году австрийский физик Кристиан Доплер впервые заметил, что у наблюдаемого света, идущего к Земле от далёких космических объектов, происходит *цветовое смещение* — то есть его цвет не такой, как следовало бы ожидать. После долгих наблюдений и вычислений Доплер сумел математически описать это смещение. Позже он понял, что данный эффект распространяется и на звуковые волны.

Возможно, ты замечал: когда машина «скорой помощи» или подающий сигнал поезд быстро проезжают мимо тебя, звук их сирены резко меняется. Происходит это в результате эффекта Доплера. Когда ты стоишь неподвижно, и источник звука приближается к тебе, звуковые волны как бы «сдавливаются», «уплотняются» перед движущимся объектом: ведь он догоняет испускаемые им волны, и каждая новая волна «подгоняет» предыдущую. При этом частота приближающегося звука увеличивается. В тот момент, когда автомобиль или поезд поравняются с тобой, звук резко понизится: в этот миг ты будешь слышать его настоящую высоту. Когда же источник звука удаляется от тебя, звуковые волны позади движущегося объекта «растягиваются», и звук становится ещё ниже.

Интересно, что то же самое ты услышишь, если будешь сам ехать на автомобиле мимо источника звука. Приближаясь к нему, ты едешь навстречу звуковым волнам и встречаешься с их гребнями чаще, чем если бы стоял на месте. А значит, за секунду ты встретишься с большим количеством циклов — то есть для тебя частота этой волны возрастёт! Когда же ты начнёшь удаляться от источника, то, наоборот, волнам придётся догонять тебя, и их частота для тебя замедлится.

О том, как используют эффект Доплера люди и некоторые животные, ты сможешь узнать из других пособий серии «Божий Замысел»: «Мир изобретений», «Вода и погода», «Мир экосистем» и «Мир животных».

## **ЭКСПЕРИМЕНТИРУЕМ СО ЗВУКОМ**

**Цель:** наблюдение звуковых (акустических) эффектов.

**Необходимые материалы:** картонная трубка, дырокол, нитка, струнный инструмент, хрустальный бокал для воды.

### **ОПЫТ 1. Эффект Доплера**

#### **Ход работы**

1. Около края картонной или бумажной трубки проделай дыроколом две дырки друг напротив друга.
2. Продень через эти дырки нитку длиной 1 м и закрепи её.
3. Держа конец нитки, раскручивай трубку над головой с постоянной скоростью. Прислушайся к звуку воздуха, проходящего через трубку. Изменяется ли он? Почему?

### **ОПЫТ 2. Резонанс**

#### **Ход работы**

1. Если у тебя есть гитара или другой струнный инструмент, настрой две соседние струны на одну ноту.
2. Дёрни одну струну и наблюдай за её соседкой. Энергия колебания первой струны должна вызвать вибрацию и второй.

### **ОПЫТ 3. Резонанс**

## Ход работы

1. Вымой руки с мылом и вытри их насухо. (Это нужно, чтобы убрать с кожи все частицы жира).
2. Возьми в руку хрустальный бокал для воды.
3. Слегка смочи водой указательный палец второй руки.
4. Начинай делать этим пальцем круговые движения по краю бокала. В какой-то момент ты вызовешь этим вибрацию бокала, и он начнёт звучать.
5. Даже если у тебя сразу не получится извлечь из бокала звук, продолжай попытки.

## Выводы



Почему хрустальный бокал «поёт»? Здесь происходит то же самое, что и со скрипичными струнами, когда по ним проводят смычком. Скользя вдоль кромки бокала, палец цепляется за

микроскопические неровности на её поверхности, соскальзывает с них и движется к следующим неровностям. Такое прерывистое трение заставляет молекулы хрустала вибрировать. Эти вибрации имеют разные частоты. Как только они совпадают с частотой колебания самого бокала, то резко усиливаются, и бокал начинает «петь». Колебания хрустала передаются в воздух, и там тоже образуют волны. Тогда мы и слышим звук.

Пустые и полные бокалы «поют» по-разному, потому что изменяется плотность вибрирующей системы (которую составляют вместе бокал и жидкость в нём). Поэтому можно настроить бокалы на разные ноты, налив в них различное количество воды, и, проводя пальцем по их кромкам, исполнить какое-нибудь музыкальное произведение. С таким номером музыканты иногда выступают в цирке.

Обычное стекло, в отличие от хрустала, слишком неоднородно и не имеет единой собственной частоты. Поэтому, пытаясь проделать этот опыт со стеклянным бокалом, обычно удаётся получить только шум.

Когда мы щипаем гитарную струну или ударяем молоточком по струне фортепиано, мы тоже заставляем её вибрировать сразу на многих частотах. Но все частоты, которые не вступают со струной в резонанс, практически сразу угасают, и продолжает звучать только главный тон, сопровождаемый обертонами. Его мы и слышим.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое акустика помещения?**
- **Что такое реверберация?**
- **Что такое резонанс, и как он возникает?**
- **Как действует доплеровский эффект на примере звука?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Назови несколько мест и ситуаций, в которых можно услышать реверберацию.**
- **Слышит ли водитель машины «скорой помощи»**

## изменение высоты звука, когда ведёт машину?

### ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

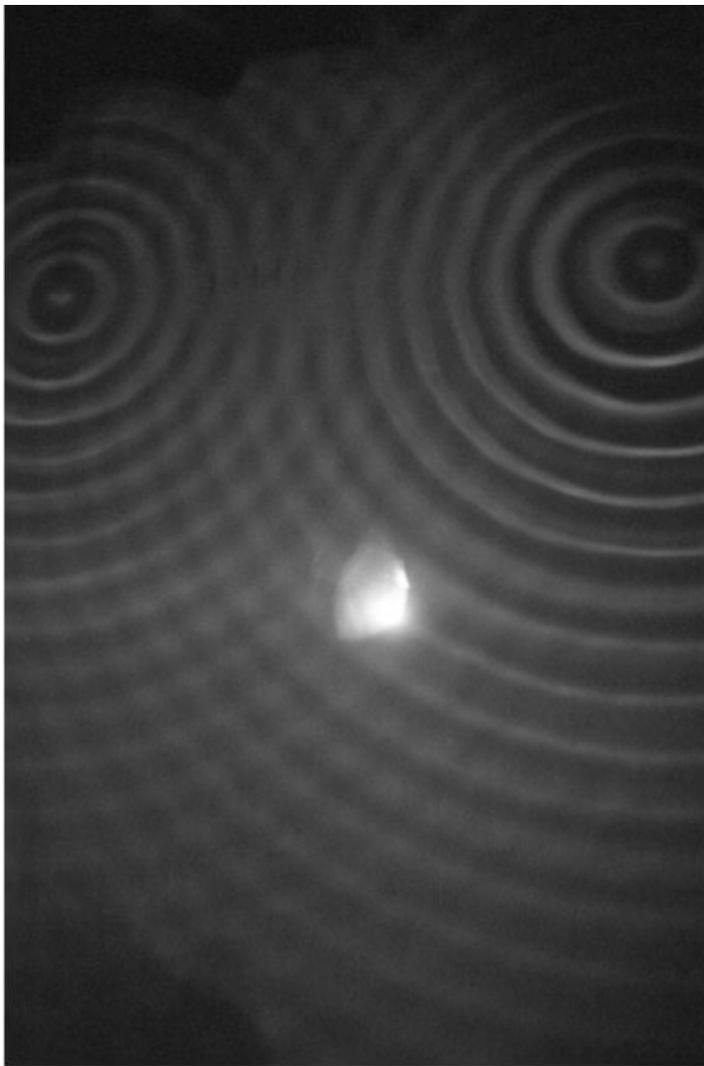


Нас повсюду окружают волны, распространяющиеся в окружающем пространстве. Говоря образно, мы буквально купаемся в их океане. Некоторые из них мы видим и слышим, а другие для нас невидимы и неразличимы.

Когда две перемещающиеся волны встречаются, они начинают воздействовать друг на друга. Особенно сильным такое взаимное воздействие получается, если обе волны имеют одинаковую частоту и их колебания совершаются в одной плоскости. В этом случае волны, продолжая распространяться, начинают складывать свои колебания. Такое сложение волн называется их **интерференцией**.

При интерференции происходит взаимное увеличение или уменьшение амплитуд волн, которые вступили во взаимодействие, одновременно распространяясь в пространстве. Если друг с другом сталкиваются пики обеих волн, они складываются, и амплитуда колебаний волны, распространяющихся дальше от места столкновения (их называют **результатирующими колебаниями**), возрастает в два раза. Такое сложение называется *усиливающей интерференцией*. Если это происходит с двумя звуковыми волнами, звук на какое-то время становится громче.

Если же две волны сталкиваются так, что пик одной волны совпадает с впадиной второй, то они нейтрализуют друг друга — происходит *ослабляющая интерференция*. Там, где это случается со звуковыми волнами, звук исчезает.



### **Интерференция «кругов на воде»**

Таким образом, при интерференции энергия волн перераспределяется в пространстве.

Большинство окружающих нас волн мы не видим. Но у нас есть возможность наблюдать волны, возникающие в водной среде: они ведут себя так же, как звуковые, световые и радиоволны.

**Цель:** наблюдение интерференции волн.

**Необходимые материалы:** ванна, вода.

#### **Ход работы**

1. Налей в ванну воды на 5–7 см от дна. Поверхность воды должна быть хорошо освещена.
2. Когда поверхность воды станет спокойной, приоткрой кран так, чтобы вода медленно капала в ванну.

3. Наблюдай за тем, как волны, образуемые каплями, отражаются от краёв ванны и как они взаимодействуют друг с другом. Присмотрись, чтобы увидеть более светлые и тёмные области, в которых происходит усиливающая и ослабляющая интерференция.
4. Чуть приоткрой кран, чтобы вода закапала немного быстрее. Как это повлияло на волны?

## УРОК 28. МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ. РОЖДЕНИЕ МУЗЫКИ

### Словарь:

- струнные инструменты
- дека
- гриф
- ударные инструменты
- духовые инструменты
- кулиса
- электронные инструменты
- звукосниматель

### Дополнительные слова:

- вокальный диапазон

*Откуда звуки в скрипке?*



Музыку — то или иное её направление — любят практически все.

Но многие ли люди ответят: чем является музыка с физической точки зрения? Давай попробуем дать такое определение. Музыка — это регулярные, то есть особым образом организованные вибрации звука определённой высоты; их не следует путать со случайными звуковыми вибрациями — то есть с шумом.

Основные тона, вокруг которых строятся все современные музыкальные произведения, — это семь нот музыкальной гаммы. Каждая нота — это звуковая волна определённой частоты.

Например, нота «ля», как уже говорилось, — это звуковое колебание с частотой 440 Гц.



## Скрипка

Музыку можно исполнять различными способами. Самый простой из них — пение. В этом случае тебе не нужны никакие инструменты: звуки рождаются в твоей гортани. Проходя через вибрирующие голосовые связки, воздух начинает колебаться. Именно эти волны выходят через твой рот в виде мелодии или песни. Чем сильнее натягиваются голосовые связки, тем выше нота. А если напряжение голосовых связок ослабляется, нота получается низкой. Потрогай

своё горло, когда поёшь, и ты почувствуешь вибрации в гортани.

Разумеется, пение — не единственный вид музыки. Чаще всего она создаётся с помощью *музыкальных инструментов*. Существует четыре основных разновидности музыкальных инструментов: струнные, ударные, духовые и электронные.



**Бандура — украинский народный струнный инструмент**

**Струнные инструменты** производят звук, когда мы дѣргаем натянутую струну, ударяем по ней или проводим по ней смычком. В большинстве струнных инструментов энергия вибрации струны' передаётся на *порожек* инструмента — выступающую деталь, над которой натянуты стру'ны. Порожек, в свою очередь, передаёт колебания **дѣке** — той части инструмента, которая за счёт резонанса многократно усиливает звук. У *гитары, скрипки* деками являются верхняя и нижняя части их корпусов. Дека *рояля* представляет собой большую горизонтальную пластину на дне корпуса; дека *пианино* — вертикальную, в задней его части. У *арфы* дека расположена под струнами.

Высота звука струны определяется тремя факторами: длиной струны, её натяжением и массой. У толстой струны звук ниже, чем у тонкой струны такой же длины. У длинной струны звук ниже, чем у короткой струны такой же толщины. Музыканты извлекают из струнных инструментов самые разные звуки, изменяя длину струн. Для этого при игре на скрипке или гитаре всё время укорачивают или удлиняют струны, прижимают их пальцами к **грифу** — специально предназначенной для этого длинной деревянной пластине. У *фортепиано* и *арфы* струны укорачивать нельзя. Поэтому их много, и каждая настроена таким образом, чтобы издавать нужный звук.



## **Рояль — разновидность фортепиано с горизонтальным расположением струн**

Кроме уже названных, существуют и многие другие струнные инструменты: *виолончель, контрабас, банджо* и т. д.

Чтобы взять какую-нибудь ноту на **ударном инструменте**, по нему (как легко понять из названия) нужно ударить. Это можно делать барабанной палочкой, молоточком, колотушкой или просто рукой.

Услышав об ударных инструментах, многие люди сразу вспомнят лишь *барабан*. Но к ним относятся также *литавры, тарелки, колокольчики и колокола, бубен, ксилофон, кастаньеты, треугольник, маракасы* и многие другие. (Фортепиано обычно относят к струнным инструментам, но иногда его также называют ударным — потому что при нажатии клавишей по струнам ударяют молоточки).



## **Ударные инструменты в группах, играющих современную музыку, объединяют в ударную установку**

Ударные инструменты можно разделить на такие, у которых звучит при ударе натянутая мембрана из кожи или пластика (барабан, литавры, тамбурин...), и на такие, которые образуют звуковые волны всей своей поверхностью (колокольчики, тарелки, ксилофон...).

Физический размер ударного инструмента — это главный фактор, определяющий тон его звучания.

**Духовые инструменты** представляют собой деревянные или металлические трубки различных устройства и формы. Они издают музыкальные звуки в результате колебаний заключённого в них воздуха. Для этого музыкант обычно дует в специальный мундштук. В некоторых духовых инструментах он направляет воздух внутрь

труб иным способом: из заранее надутого мешка (*волынка*), при помощи мехов (*баян, аккордеон*) или пневматического насоса (*орган*).

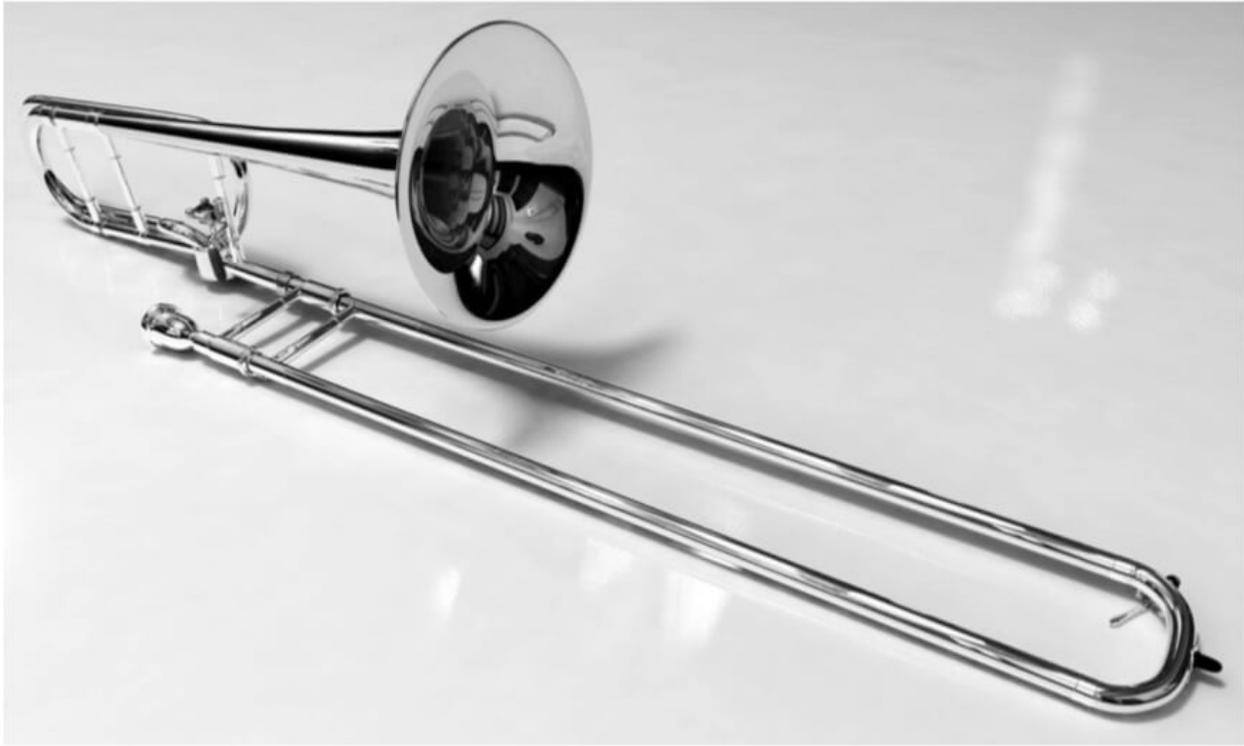


**Аккордеон имеет меха, которыми музыкант нагнетает в него воздух**

Звучание духовых инструментов во многом определяется их размерами. Чем больше объём заключённого в инструменте воздуха, тем с меньшей частотой он колеблется — и, следовательно, тем ниже будет звук.

Изменений высоты звука можно достигать двумя основными способами. При первом музыкант сильнее или слабее вдует воздух в инструмент; при втором — пальцами закрывает и открывает специальные отверстия, сделанные в инструменте. У *тромбона*

объём находящегося в нём воздуха изменяется при помощи особой выдвижной трубки — **кулисы**.



### **Тромбон с выступающей вперёд длинной кулисой**

Обычно духовые инструменты разделяют на две категории: медные и деревянные — в зависимости от материала, из которого их изготавливали первоначально. Медные инструменты и сегодня делают из меди или латуни. Они отличаются громким звучанием и очень сильными обертонами. Самые распространённые медные инструменты — *труба, тромбон, туба, валторна*.

Деревянные духовые инструменты сейчас могут изготавливаться из различных материалов, в том числе из синтетических. А такой инструмент, как *саксофон*, практически полностью изготавливается из меди — но тем не менее его относят к «деревянной» группе, потому что он звучит сходно со своими «предками», изготавливавшимися из дерева. Звук у этих инструментов мягче, чем у медных. Тебе, наверное, приходилось видеть *флейту, кларнет, гобой, свирель*. Реже встречаются *фагот, жалейка, английский рожок* и другие.



## **Блокфлейта — деревянный духовой инструмент**

**Электронные инструменты** были изобретены всего несколько десятилетий назад. Они генерируют электрические сигналы, которые затем превращаются в звуковые волны. Большинство из этих инструментов напоминает традиционные инструменты, звуку которых они подражают. Например, у *электрогитары* есть струны, как и у акустической гитары. Однако её главная функция — не в том, чтобы усиливать колебания струн. **Звукосниматель**, установленный на корпусе электрогитары, превращает их вибрацию в электрический сигнал, который затем преобразуется в звуковые волны в усилителе и динамике.



**Три магнитных звукоснимателя на электрогитаре**



## **Электрогитара**

Первый в мире электронный синтезатор звука создал российский

учёный-физик Лев Термен в 1920 году. Этот инструмент, на котором некоторые музыканты играют и сейчас, называется в его честь — *терменвокс*. Его уникальность состоит в том, что исполнитель управляет звуком, перемещая руки в электромагнитном поле вблизи двух металлических антенн. Изменение высоты звука происходит, когда рука приближается к правой антенне, а громкость регулируется движениями другой руки возле левой антенны.



### **Игра на терменвоксе**

С помощью компьютеров современные электронные инструменты могут имитировать практически любой музыкальный звук.

#### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В качестве музыкальных инструментов порой используются очень необычные вещи. Некоторые музыкальные произведения адаптировали для игры на автомобильных гудках, хлопающих дверцах автомобиля, бульдозерном двигателе, с использованием канистр, цепей и других самых невероятных предметов. Иногда такую музыку называют «симфонией автомобильной свалки».



### **Древнее изображение арфы**

Музыкальные инструменты были известны ещё в глубокой древности. Люди играли на них уже вскоре после Сотворения. Библейская книга Бытия (4:21) сообщает об Иувале, который был «отцом всех играющих на гусях и свирели» (или в других переводах — на арфе и флейте). Об *арфах* мы знаем также из других древнейших летописей: более 2-х тысяч лет назад они были уже известны в Древнем Шумере, Древнем Египте и Древнем Вавилоне. В это же время появился ещё один древний инструмент — *труба*. Древние трубы были прямыми, без клапанов. Изогнутая форма трубы возникла в XV веке, а клапаны (вентильная система) появились в 1820-х годах.

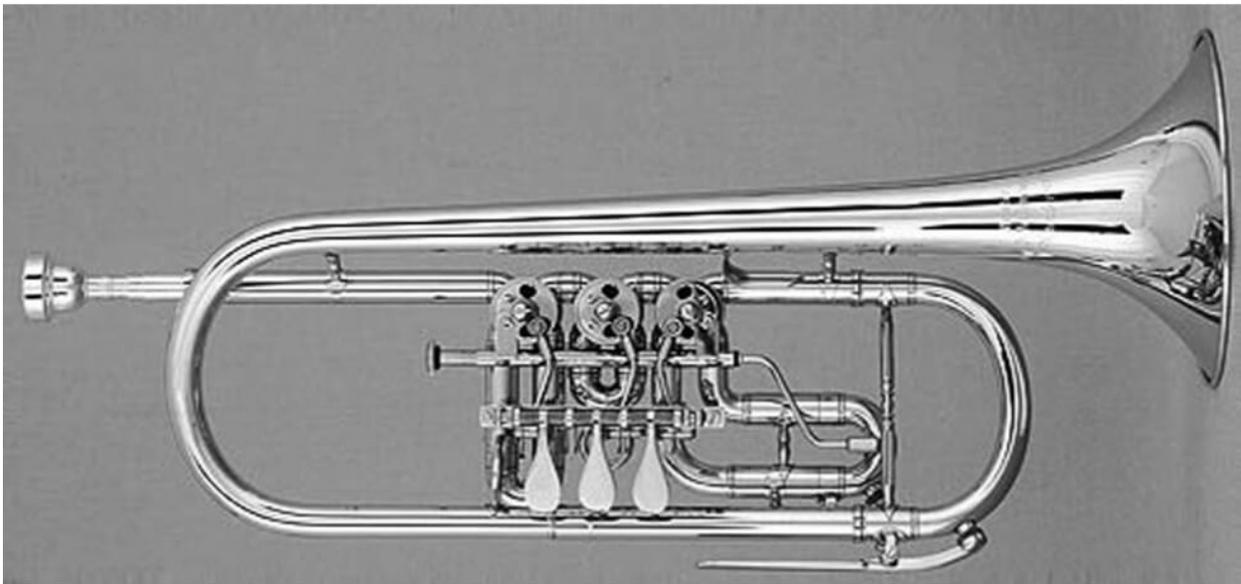
А вот *скрипка* — инструмент сравнительно молодой. Изобретена она была в 1510 году. Её предшественниками были несколько средневековых инструментов: арабский ребаб, испанская фи'дель и британская кротта.

Первое *фортепиано* создал Бартоломео Кристофори во Флоренции (Италия) в 1698 году. До этого его роль выполнял *клавесин*. Этот инструмент был похож на фортепиано, но звук в нём возникал в результате щипков струн, а не ударов по ним молоточками. Кларнет был изобретён Иоганном Деннером в 1710 году. *Саксофон* изобрёл Адольф Сакс в 1840 году. А Джон Филипп Соуз в 1890 году создал *сузафон*.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В 1760 году Бенджамин Франклин изобрёл стеклянную гармонику. Стеклянные чаши разного размера нанизывались на металлический стержень и наполовину погружались в воду. Играли на этом инструменте, прикасаясь пальцами к мокрым краям вращающихся чаш. Получался необычный, нежный и приятный звук. Некоторые музыканты играют на стеклянной гармонике и сейчас.





### **Современная труба с вентильной системой**

Музыка пишется и исполняется для самых разных целей — для отдыха и получения эстетического наслаждения, для сопровождения работы и на военной службе. Но высшее её назначение — прославлять Бога. Священное Писание призывает нас: *«Хвалите Его со звуком трубным, хвалите Его на псалтири и гуслях. Хвалите Его с тимпаном и ликами, хвалите Его на струнах и органе. Хвалите Его на звучных кимвалах, хвалите Его на кимвалах громогласных»* (Псалом 150).

#### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Три фортепиано, созданные Бартоломео Кристофори, сохранились до сих пор. Инструмент, сделанный в 1720 году, находится в музее в НьюЙорке, инструмент 1722 года — в Риме, а фортепиано 1726 года — в Лейпциге (Германия).

Не забывай об этом главном призвании — прославлять своего Создателя. Помни об этом всякий раз, когда играешь на музыкальных инструментах, поёшь или просто слушаешь музыку.



**Сузафон**

## **МУЗЫКАЛЬНЫХ ДЕЛ МАСТЕР**

**Цель:** сделать свои собственные музыкальные инструменты и поиграть на них.

**Необходимые материалы:** стеклянные стаканы, две ложки, соломинки для напитков, картон, пустая коробка из-под бумажных салфеток, канцелярские резинки.

### **ИНСТРУМЕНТ 1. ВОДНЫЙ КСИЛОФОН**

**Ход работы**

1. Возьми несколько одинаковых стеклянных стаканов и набери в них воды. Уровень воды во всех стаканах должен быть разным. Например, в первый стакан налей 2 столовые ложки воды, во второй — 4, в третий — 6 и так далее.
2. Слегка ударь ложкой по каждому из стаканов. У каждого из них будет свой звук.
3. Постарайся сыграть мелодию с помощью своего ксилофона. Возьми две ложки, чтобы извлекать одновременно несколько нот. Ты можешь настраивать свой инструмент, увеличивая или уменьшая количество воды в каждом стакане.

## **ИНСТРУМЕНТ 2. ФЛЕЙТА ПАНА**

Духовой инструмент, который принято называть флейтой Пана, существует у многих народов. Он состоит из нескольких деревянных трубочек различной длины. Музыкант подносит верхние концы трубочек ко рту и, двигая ими (или головой) из стороны в сторону, дует на края срезов.

### **Ход работы**

1. Возьми соломинки для напитков; обрежь каждую так, чтобы все они получились разной длины.
2. Положи соломинки рядом — от самой короткой до самой длинной — и приклей сверху кусочек картона размером 2,5 см на 7,5 см. Верхушки трубочек должны находиться на одном уровне.
3. Когда клей высохнет, подуй сверху в каждую трубочку. У каждой из них будет свой звук.



### **ИНСТРУМЕНТ 3. ГИТАРА-КОРОБКА**

#### **Ход работы**

1. Возьми пустую коробку из-под бумажных салфеток (или проделай отверстие диаметром 5 см в любой небольшой коробке).

2. Надень на коробку пять канцелярских резинок разной толщины, чтобы они проходили над отверстием.
3. Подёргай резинки. У каждой из них будет свой звук.
4. Прижми одну из резинок к коробке (чтобы уменьшить её длину). Снова подёргай её. Сравни получившийся звук с тем, который был у резинки, растянутой во всю длину.
5. Попробуй сыграть какую-нибудь простую мелодию, изменяя длину резинок, чтобы более или менее добиться нужной высоты нот.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Чем музыка отличается от шума?**
- **Назови четыре основные группы музыкальных инструментов.**
- **Как музыканты извлекают звук из инструментов каждой группы?**
- **Чем электрогитара отличается от обычной?**
- **Назови один из древнейших музыкальных инструментов.**
- **Назови один из самых молодых музыкальных инструментов.**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Что общего у твоей гортани и скрипки?**
- **Каким образом горн издаёт разные звуки — ведь у него нет клапанов?**
- **Как настраиваются струнные инструменты?**
- **Как настраиваются духовые инструменты?**

## **ВОКАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН**



Мы пользуемся своими голосами не только для того, чтобы передать другим людям какую-то важную (или не очень) информацию. Мы используем голос, чтобы выразить свои чувства; и лучше всего делаем это в песне. Голос — это музыкальный инструмент, который у нас всегда с собой. Существуют музыкальные коллективы, которые исполняют сложные музыкальные произведения только голосами, без инструментов. И у них получается не хуже, чем у симфонического оркестра!

Каждый человек обладает своим **вокальным диапазоном** — набором звуков, которые он может издавать, от самого высокого до самого низкого, не сфальшивив и не надорвав голосовые связки. (Иначе говоря, это интервал частот, которые ты способен воспроизвести своим голосом). Чем шире вокальный диапазон человека, тем лучше он поёт, тем разнообразнее может быть его репертуар.

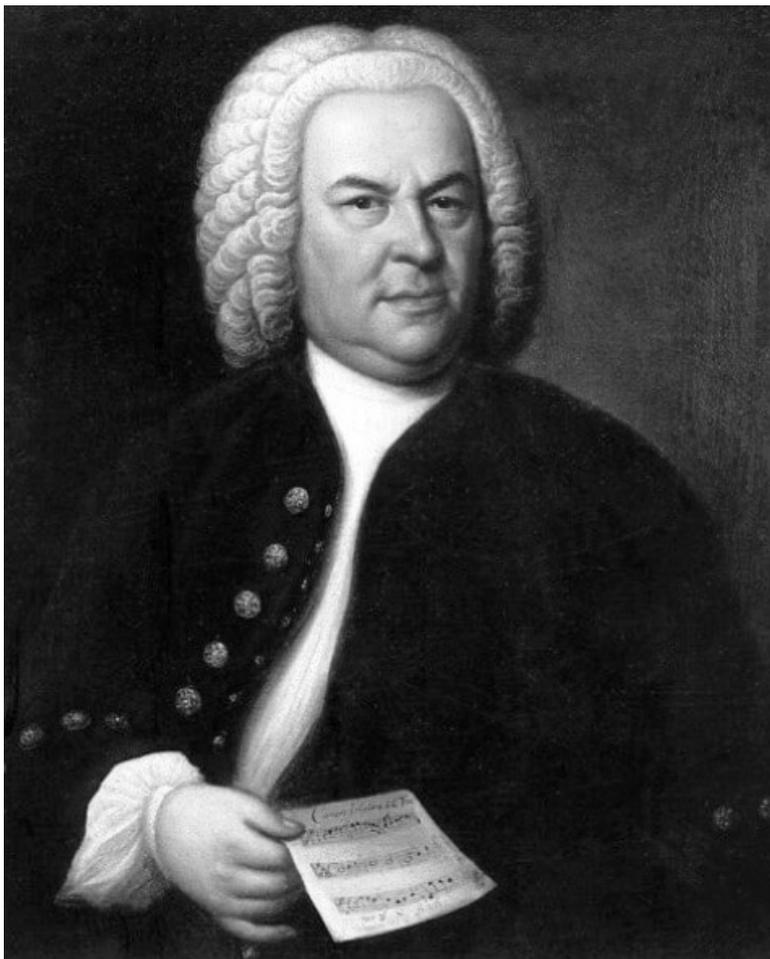
В таблице представлены виды вокальных голосов, их частота и длина звуковой волны. Найди в интернете видеоролики с выступлениями певцов, обладающих этими диапазонами, и послушай, как звучат эти голоса.

<b>ВИД ГОЛОСА</b>	<b>Частотный диапазон голоса, Гц</b>	<b>Диапазон длин звуковых волн, см</b>
<b>МУЖСКИЕ ГОЛОСА</b>		
➤ Бас	80–350	428–98
➤ Баритон	100–400	342–86
➤ Тенор	130–500	263–68
<b>ЖЕНСКИЕ ГОЛОСА</b>		
➤ Контральто	170–780	201–44
➤ Меццо-сопрано	200–900	171–38

➤ <b>Сопрано</b>	<b>250–1000</b>	<b>137–34</b>
➤ <b>Колоратурное сопрано</b>	<b>260–1400</b>	<b>132–25</b>

*ЭТО ИНТЕРЕСНО!*

## ИОГАНН СЕБАСТЬЯН БАХ



(1685–1750)

*«Всю свою музыку я писал для Бога»*

Иоганн Себастьян Бах был одним из самых плодовитых композиторов всех времён, однако его музыка едва не оказалась утраченной. Сейчас его гениальные произведения часто исполняют на фортепиано, но жил он ещё до того, как фортепиано стало распространённым инструментом.

Будущий великий композитор Иоганн Себастьян родился и провёл раннее детство в немецком городе Эйзенахе. Он был младшим, восьмым ребёнком Амброзиуса Баха, профессионального музыканта. Все братья и сёстры Иоганна связали свою жизнь

с музыкой, но он оказался самым одарённым из них.

Когда мальчику было всего 9 лет, умерла его мать, а через год — и отец. Иоганн взял к себе старший брат, Иоганн Кристоф, служивший органистом в соседнем городе Ордруфе. Он определил Иоганна Себастьяна в гимназию и продолжал обучать музыке — игре на органе и клавесине (клавишном инструменте, предшественнике фортепиано). Играть на скрипке мальчика успел научить отец.

Помимо музыки, Иоганн старательно учился в гимназии. Уже в 10 лет он читал Библию на латыни.

Когда Иоганну Себастьяну исполнилось 15 лет, он вместе с другом отправился на север, в школу святого Михаила в городе Люнебурге, где помимо общих наук давали и серьёзное музыкальное образование. Там можно было бесплатно учиться и даже получать небольшую стипендию. У Иоганна был очень красивый голос, он пел в церковном хоре школы. Со временем его голос, как это бывает у мальчиков, изменился и утратил прежнюю красоту. Но к этому времени Бах уже обнаружил прекрасные способности в игре на органе.

Сразу после окончания школы, в апреле 1703 года Иоганн Себастьян Бах получил свою первую должность — придворного музыканта у веймарского герцога. Слава о способном молодом музыканте разошлась среди людей, и уже через несколько месяцев его пригласили испытать новый орган в церкви города Арнштадта, а немного позже Иоганн получил в этом городе должность органиста и руководителя школьного хора. Здесь Бах начал сочинять собственную музыку.

Перебравшись через несколько лет в город Мюльхаузен, он женился на своей двоюродной сестре Марии Барбаре Бах. Со временем у них родилось семеро детей.

Проработав несколько лет в Мюльхаузене, Иоганн Себастьян снова поступил на службу к веймарскому герцогу, уже в более высокой должности — придворного органиста и организатора концертов, — и прожил у него девять лет. Во времена Баха страна, которую мы сейчас называем Германией, была разделена примерно на 300 мелких герцогств, в каждом из которых был свой правитель. Многие из них нанимали личных музыкантов, к которым

относились как к слугам.

В 1717 году в Дрезден приехал известный французский музыкант Луи Маршан. Дрезденский концертмейстер решил пригласить Баха и устроить музыкальное состязание между двумя лучшими исполнителями своего времени, играющими на клавесине. Накануне выступления Маршан смог услышать репетицию Баха. Его настолько поразили способности Иоганна Себастьяна, что он среди ночи спешно и тайно покинул город. Баха объявили победителем, хотя официального состязания не было.

Когда Бах решил оставить службу у герцога и перейти к князю Леопольду Ангальт-Кётенскому, герцог возмутился и даже арестовал музыканта на месяц; но потом нехотя отпустил его. Новая работа пришлась Баху по душе. Оказалось, что князь сам обладает некоторыми музыкальными способностями и любит разучивать сочинённые им произведения со своими музыкантами.

Жена Иоганна Себастьяна внезапно умерла, когда он находился в отъезде. Год спустя Бах познакомился с Анной Магдаленой Вильке, молодой, но очень одарённой певицей (сопрано). Она была вдвое моложе его, но стала хорошей приёмной матерью для детей Баха и надёжной опорой для него самого. У них родилось 13 детей. К сожалению, времена были очень тяжёлыми, и из 20 детей Баха только семеро дожили до взрослого возраста и лишь пятеро — до старости. Двое из них стали известными композиторами.

В 1723 году Бах исполнил в церкви Святого Фомы в Лейпциге «Страсти по Иоанну» — своё произведение для хора и оркестра на тему страданий Иисуса Христа. В результате ему была предложена должность руководителя хора Св. Фомы с исполнением обязанностей учителя школы при церкви. В обязанности композитора также входило еженедельное проведение концертов в двух главных церквях города.

В Лейпциге Бах проработал 27 лет — до самой смерти. Он сочинил большое число произведений на евангельские тексты, читавшиеся в церкви по воскресеньям и праздникам. Во время концертов сам композитор обычно играл на органе или клавесине. Если же он руководил хором, то это место занимал один из его старших сыновей.

Одним из самых выдающихся сочинений Иоганна Себастьяна

Баха считается Месса си минор (или Высокая месса) — произведение для солистов, органа, хора и оркестра, написанное на латинский текст молитв католической литургии.

В 1747 году композитор посетил двор прусского короля Фридриха II. Правитель предложил ему музыкальную тему и попросил тут же что-нибудь на неё сочинить. Бах был мастером импровизации и сразу исполнил трёхголосную фугу. Позже он сочинил целый цикл вариаций на эту тему и послал ноты в подарок королю.

Со временем зрение Баха начало ухудшаться. Тем не менее он продолжал сочинять музыку, диктуя её своему зятю. В 1750 году он перенёс две операции, но они оказались неудачными: композитор остался слепым. 18 июля он неожиданно ненадолго прозрел, но уже вечером с ним случился удар. Спустя 10 дней Бах умер.

Великий композитор написал более 1000 произведений, причём не все из них были опубликованы при его жизни. Жена Анна Магдалена и дети часто помогали Иоганну Себастьяну записывать ноты.

В наши дни музыку Баха знает весь мир. Многие его произведения, написанные для органа, сейчас исполняют на фортепиано.

Будучи христианином, Иоганн Себастьян Бах создавал музыку во славу Божью. Сам он писал: «Назначением и конечной целью музыки не может быть ничто, кроме хвалы Господу и обновления души». Часть его произведений и сегодня исполняется для прославления Творца.

Sonata 5<sup>ta</sup> in A Violino Solo senza Basso di  
H. B. Bach

*Andante*

*Allegro*

# ЧАСТЬ 6. СВЕТ

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ

- Представление о природе света
- Дисперсия и спектр
- Поглощение, отражение и преломление света
- Закон отражения
- Зеркала и линзы

## УРОК 29. СВЕТ. ВИДИМЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

### Словарь:

- акустика
- фотон
- свет
- лучи
- оптика
- лампа накаливания
- люминесцентная лампа
- светодиод

### Дополнительные слова:

- прозрачность
- тень
- полутень
- тенеграфия

## Фотон — это волна или частица?



Вряд ли в наше время найдётся человек, у которого дома не происходило неожиданное отключение электричества. Ты попадал в такие ситуации? Все комнаты погружаются в полную темноту. Но как же радостно бывает, когда свет зажигается снова!

Свет невероятно важен для нашей жизни, для всех живых организмов. Этот уникальный энергетический дар Господа невозможно переоценить.

Ты уже знаешь, что свет, как и звук, — это энергия, распространяющаяся посредством волн. Но, в отличие от звуковых, световые волны являются электромагнитными: они могут распространяться и без передающей среды, проходя даже через космический вакуум.

Откуда берутся эти волны? Понятно, что их излучают звёзды или раскалённые вещества (например, раскалённая нить накаливания в обыкновенной электрической лампочке). Но каким образом в этих источниках возникают электромагнитные колебания?

Учёные установили, что световые волны излучаются в ходе некоторых взаимодействий между элементарными частицами. Например, когда электрон, расположенный около атомного ядра, переходит на более низкий *энергетический уровень* (см. пособие «Атомы и молекулы»), энергия атома понижается. Но поскольку энергия не может просто взять и исчезнуть, её освободившаяся порция (*квант*) излучается атомом в виде **фотона** — элементарной частицы, переносящей электромагнитное излучение. Это и есть мельчайшая порция света.



### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Некоторые животные способны генерировать свой собственный свет. В их телах происходит биолюминесценция — химическая реакция, в результате которой животное светится.

Не нужно удивляться тому, что волновые колебания, о которых мы говорили, что они не привязаны ни к какому веществу, переносят какие-то частицы. Дело в том, что согласно современным научным представлениям элементарные частицы являются одновременно и волнами. Это трудно себе представить, поэтому для начала можно просто запомнить. Мир мельчайших частиц материи совершенно не похож на привычный нам «большой» мир. Поэтому

сравнить происходящее в микромире с чем-то, что нам знакомо и привычно, далеко не всегда удаётся.

Тебе нужно сейчас запомнить главное: **свет** (и шире — электромагнитное излучение) — это волны, порождаемые процессами, происходящими на уровне элементарных частиц, и выражающиеся в циклических изменениях электромагнитного поля (иначе говоря — в колебаниях его состояния).

Линии, вдоль которых электромагнитные волны переносят световую энергию, называются **лучами**.

Человеческий глаз, как тебе известно, способен видеть электромагнитные волны частотой от  $4,29 \times 10^{14}$  до  $7,5 \times 10^{14}$  Гц. Такие волны называют *видимым светом*. Самая низкая частота в видимом диапазоне — у красного света. Самая высокая — у фиолетового. Частоты других волн видимого света находятся внутри этого диапазона. Это означает, что всё множество цветовых оттенков, которые мы способны различить, — это реакция мозга на различную частоту волн (или, что в данном случае равносильно, на их различную длину), воспринимаемых нашим зрением.

Белый свет — это сочетание, сумма всех остальных цветов, поэтому у него нет своего узкого диапазона частот. Он образуется при соединении (наложении) нескольких волн, различающихся по длине (и частоте).

У других живых существ диапазон видимого ими света может отличаться от нашего: некоторые животные могут не видеть красного цвета (как, например, рыбы); другие способны воспринимать инфракрасные (к примеру, некоторые змеи) и ультрафиолетовые (многие птицы) волны, которые человеческий глаз не различает.

Раздел физики, изучающий распространение видимого света, называется **оптикой**, а явления, связанные со световыми волнами, — **оптическими**.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Вот как говорит о свете герой оперы Петра Ильича Чайковского «Иоланта»:  
*Чудный первенец творенья, Первый миру дар Творца, Славы Божьей проявленье,  
Лучший перл Его венца! Солнце, небо, звёзд сиянье Наполняют мир земной, Всю природу и созданья — Несказанной красотой! Кто не знает блага света, Тот не может жизнь любить. Божий мир, во мрак одетый, Должен сердцу чуждым быть!*

Главный источник света на Земле — это Солнце. Его диаметр

примерно в 100 раз больше диаметра Земли. Расстояние между Солнцем и Землёй — около 150 миллионов километров. Светило постоянно выбрасывает в окружающее пространство огромное количество энергии; лишь часть её передаётся в форме видимого света. Только одна миллиардная часть световой, тепловой и другой энергии Солнца достигает поверхности Земли. Но этого достаточно для того, чтобы наш мир согревался, а растения производили питательные вещества, без которых жизнь была бы невозможна. Это один из многих примеров того, насколько сбалансированным и выверенным является наш мир. Он не возник случайно, «из ничего», а был сотворён совершенным и заботливым Господом.

Скорость света намного выше скорости звука, но и она зависит от среды, в которой свет распространяется. Быстрее всего он проходит через вакуум: со скоростью примерно 300 000 000 м/с — или, если быть более точными, 299 792 458 м/с. Чтобы преодолеть расстояние между Солнцем и Землёй, световым волнам требуется около 8 минут 19 секунд.

Через воздух свет проходит немного медленнее; через воду — ещё медленнее (примерно 223 000 000 м/с). Скорость света, проходящего через стекло, примерно равна 200 000 000 м/с.

*Яркость* света определяется двумя факторами: количеством энергии источника и расстоянием до него. Солнце — далеко не самая яркая звезда во Вселенной. Но с Земли оно кажется намного ярче всех других звёзд, потому что оно намного ближе к Земле.

Однако, будучи главным, Солнце всё же не единственный источник света на нашей планете. Человек придумал множество способов *искусственного освещения*. Сначала это были костры, лучины, свечи; потом появились керосиновые и газовые лампы. Сегодня главным источником искусственного освещения служат электролампы. В зависимости от своего устройства они используют в своей работе различные физические законы.

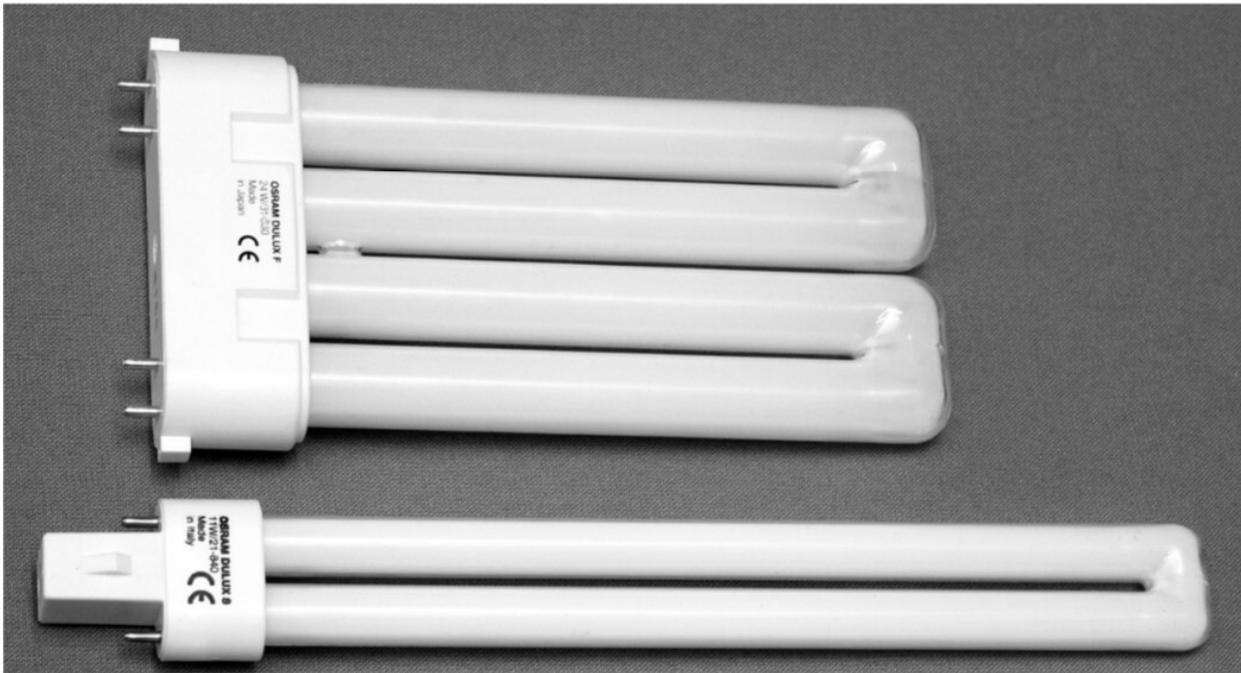


**Лампы накаливания** содержат тонкую металлическую нить, сделанную, как правило, из тугоплавкого металла вольфрама. Когда по нити проходит электрический ток, она раскаляется и начинает светиться. Первую лампу накаливания придумал Томас Эдисон.

В **люминесцентных лампах** (другие их названия — *флуоресцентные лампы, лампы дневного света*) содержится газ — пары' ртути. Под действием пропускаемого через него электрического тока этот газ меняет состояние: он *ионизируется*, становясь *плазмой*, которая излучает ультрафиолетовые волны. Внутренняя часть лампы покрыта фосфором; когда на него попадают ультрафиолетовые лучи, фосфор сам начинает светиться.

По сравнению с лампами накаливания люминесцентные лампы экономичнее: при одинаковом количестве потребляемой энергии они дают больше света. Объясняется это тем, что у ламп накаливания большое количество потребляемой ими энергии превращается в тепло, а лампы дневного света нагреваются гораздо

меньше.



До недавнего времени люминесцентные лампы были довольно громоздкими, их установка обходилась дорого; поэтому в домах чаще всего использовались лампы накаливания. Современные технологии сделали люминесцентные лампы более доступными. Но в связи с тем, что внутри них находятся ядовитые вещества — ртуть и фосфор, — необходимо соблюдать правила их *утилизации*. Нельзя просто выбросить перегоревшую или лопнувшую люминесцентную лампу в мусорный пакет и вынести в контейнер: этим ты подвергнешь опасности и себя, и окружающую среду. Такие лампы необходимо сдавать в специальные пункты приёма, откуда их передают на завод для переработки. Как правило, такие пункты (как и пункты приёма батареек) есть при крупных супермаркетах или магазинах электроники.



### **Крошечный светодиод в большом увеличении.**

Самый современный способ искусственного освещения — это применение **светодиодов**. Светодиод — это маленькая лампочка, содержащая *полупроводник*, который светится, когда по нему проходит ток (из-за перехода электронов в его атомах с одного энергетического уровня на другой). С помощью светодиодов можно сэкономить даже больше электроэнергии, чем при использовании люминесцентных ламп. Современные рождественские гирлянды состоят из светодиодов, во многих городах эти лампочки установлены в светофорах. В последние годы светодиодные

лампочки выпускаются и для использования в домашних условиях.

## **СВЕТ И ЗРЕНИЕ**

Построй лабиринт из стульев и коробок. Пригласи друзей и завяжи им глаза. Пусть каждый из вас попробует пройти лабиринт с завязанными глазами. Можете устроить соревнование, кто сделает это быстрее и точнее. Затем снимите повязки и снова пройдите лабиринт. Каждый сможет убедиться в том, что делать это намного легче, когда видишь путь. Свет — это величайшее благословение, данное нам Господом

## **ДЕЛАЕМ СВЕЧИ**

**Цель:** создать источник света.

**Необходимые материалы:** толстая хлопчатобумажная нитка, форма для свечки (небольшой цилиндр — например, коробочка от фотоплёнки или старая резиновая игрушка, которую не жалко разрезать), воск (можно купить у продавцов мёда) или парафин (продаётся в аптеке), жестяная банка из-под консервов, электроплитка, прихватка, скотч, ножницы.



## **Ход работы**

1. Отрежь кусочек нитки в 1,5–2 раза длиннее, чем приготовленная тобой форма. Это будет фитиль свечки. Если нитка недостаточно толстая, можно скрутить вместе несколько тонких.

2. Прodelай в форме дырочку снизу. Если ты взял резиновую игрушку — сделай также небольшое (1–2 см в диаметре) отверстие сверху.
3. Вставь сверху в форму фитиль и закрепи его на доньшке скотчем.
4. Воск или парафин раздробь на небольшие куски и сложи их в жестяную банку.
5. Включи плитку на небольшую температуру и поставь банку нагреваться. Помешивай периодически деревянной палочкой, пока воск не растворится.
6. Выключи плитку, сними банку с помощью прихватки.
7. Возьми свободный конец фитиля и натяни его так, чтобы фитиль растянулся по всей длине формы и располагался по центру. Держи его так.
8. Аккуратно, чтобы не обжечься и не расплескать, залей расплавленный воск в форму, не доходя до края примерно полсантиметра. Отпусти фитиль. (Не спеши выбрасывать остаток воска).
9. Оставь форму остывать на 30–40 минут.
10. Взгляни на результат: воск или парафин после остывания может «просесть» посередине. Если так — долей туда остаток воска (возможно, его снова придётся разогреть).
11. Оставь форму остывать минимум на 2 часа.
12. Сними форму с готовой свечи. Резиновую игрушку можно аккуратно разрезать. Если свеча не будет извлекаться из цилиндра, можно на 30 секунд опустить его в горячую воду: воск у стенок цилиндра расплавится, и свеча выскользнет.
13. Можешь взять краски и раскрасить свечу снаружи.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Чем световые волны отличаются от звуковых?**
- **Что такое фотоны, и как они возникают?**
- **Какой цвет соответствует самой высокой частоте (и, соответственно, самой короткой длине) световых**

**волн?**

- **Какой цвет соответствует самой низкой частоте (и, соответственно, самой большой длине) световых волн?**
- **Что является главным источником света на Земле?**
- **Как работают лампы накаливания, лампы дневного света и светодиоды?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Почему жизнь на Земле невозможна без солнечного света?**
- **Почему некоторые звёзды в ночном небе светятся ярче других?**

## **ПРОЗРАЧНОСТЬ И ТЕНИ**



Ты, конечно же, из собственного опыта знаешь, что световые волны проходят не через все предметы. По этому признаку мы говорим о прозрачных и непрозрачных вещах и материалах. Сквозь первые мы можем видеть, потому что свет, отразившись от других объектов, проходит через прозрачный предмет и попадает к нам в глаза. Прозрачным мы называем, например, стекло, а также воду и воздух. А непрозрачные предметы (например, металлические, деревянные) задерживают свет, и мы не видим того, что расположено за ними. Это происходит потому, что не во всякой среде свет распространяется одинаково.

**Прозрачность** той или иной среды — это показатель того, какое количество параллельно входящих в неё световых волн выходит из неё, не изменив беспорядочно своего направления (то есть, не *рассеявшись* — см. урок 33). Из этого определения ясно, что делить среды на прозрачные и непрозрачные — неверно. Правильнее

говорить о высокой или низкой прозрачности той или иной среды. Причём многое зависит от толщины слоя, через который предстоит пройти световым волнам. Например, тончайшие плёнки металлов прозрачны, словно стекло. А большой слой воды утрачивает прозрачность; именно поэтому в морских глубинах царит тьма. Прозрачность атмосферного воздуха зависит от содержания в нём частиц воды и пыли. В перенасыщенном влагой воздухе образуется туман, через который становится невозможным что-либо разглядеть уже на небольшом расстоянии.



### **Тропическая бабочка с прозрачными крыльями**

Обрати внимание: прозрачность — это не то же самое, что способность пропускать свет. И туман, и лист бумаги (образованной прозрачными волокнами целлюлозы) хорошо пропускают через

себя световые волны, но при этом вызывают их *рассеяние*, то есть беспорядочное отклонение в разные стороны. Поэтому эти среды непрозрачны.

Прозрачность среды зависит также от длины волны излучения. Мы обычно говорим о прозрачности материалов для видимого света. В то же время непрозрачные с нашей точки зрения материалы могут быть прозрачными для волн другого диапазона. Например, для рентгеновских лучей мягкие ткани нашего организма обладают высокой прозрачностью (причём прозрачность воспалённых тканей уменьшается), а кости — низкой. Это делает возможной диагностику на основании рентгеновского изображения.

Если перед одним объектом находится другой, обладающий низкой прозрачностью, этот второй отбрасывает на поверхность первого тень. Ты видишь тени ежедневно по множеству раз; но задумывался ли ты, что они из себя представляют? **Тень** — это оптическое явление, при котором на какой-нибудь поверхности образуется зрительно видимый силуэт предмета, находящегося между этой поверхностью и источником света. Своими контурами тень, в той или иной степени (и с учётом ряда условий), повторяет контуры этой преграды, оказавшейся на пути световых волн.



Иными словами, тень — это тёмная область на какой-нибудь поверхности, на которую не падает прямой свет. Но поскольку на это место попадают также световые волны, *отражающиеся* от других предметов, тень обычно не бывает совершенно бархатно-чёрной. Насыщенность тени зависит также от степени прозрачности предмета-преграды (от того, какое количество световых волн всё же проходит через него, не рассеявшись). В некоторых случаях мы можем видеть тень от предметов, которые считаем прозрачными, так как частично они всё же задерживают свет.



**Предметы, которые мы привыкли считать прозрачными, тоже могут отбрасывать тень**

Поскольку обычно световые волны исходят не из точечного источника, края предмета-преграды стоят на пути не у всех из них, а значит, задерживают свет слабее. Поэтому по краям тени образуется более светлая **полутень**. Соотношение тени и полутени зависит от того, насколько *сфокусирован* источник света и насколько велико расстояние между ним и предметом. Сильно сфокусированный свет создаст тень почти без полутени. При рассеянном свете полутень будет больше.

Слово «тень» имеет множество образных и переносных значений в обычной речи, литературе, искусстве. Людям в прошлом было сложно понять, что тень — это всего лишь отсутствие света; поэтому

тень наделялась ими разными мистическими свойствами.

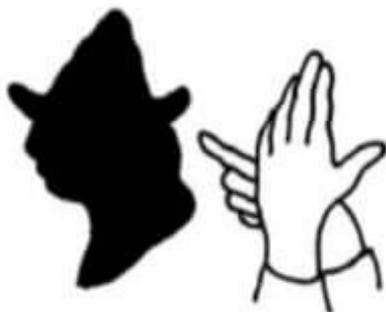
**Цель:** изучение тени и её изменений.

**Необходимые материалы:** настольная лампа, книга.

**Ход работы**

1. Направь свет настольной лампы на стену.
2. Помести книгу между лампой и стеной. Обрати внимание на тень. Видна ли полутень — серая область вокруг тени?
3. Придвинь книгу ближе к лампе, а затем — ближе к стене. Что происходит при этом с тенью?

В искусстве давным-давно родилось целое направление — **тенеграфия**. Это представление, в котором изображение создаётся посредством теней, отбрасываемых на светлую освещённую поверхность руками актёра и находящимися в них предметами. В качестве поверхности может выступать стена, большой лист бумаги, скатерть, тканевый или нейлоновый экран и так далее. Этим искусством знаменит китайский театр теней, но ты и сам можешь устроить представление для семьи или друзей.



В солнечный день или вечером при свете лампы встань у стены или экрана так, чтобы тень от твоей головы и плеч не загораживала тени от рук. Сложи руки определённым образом (см. рисунок) — и на экране оживут тени разных животных. Если двигать пальцами, животные будут открывать рот, шевелить ушами или махать лапками. Можно на пальцы надеть колпачки из бумаги, чтобы изобразить уши осла, а вырезанные из бумаги клюв или хвост зажать между пальцами. Вдвоём можно показывать целые спектакли. Помни: чтобы тени были чёткими, свет должен падать

прямо, а не сбоку, и лампа должна стоять не близко, а в 2–3 метрах от стены.

## УРОК 30. ЦВЕТ. КРАСНЫЙ ИЛИ ЗЕЛЁНЫЙ?

### Словарь:

- цвет
- призма
- дисперсия (разложение) света
- сетчатка
- палочки
- колбочки
- дальтонизм

### Дополнительные слова:

- светофильтр

*Почему у разных предметов различные цвета?*



В сказках, да и в разговорной речи, нередко можно встретить выражение «белый свет». Действительно, видимый свет очень часто кажется нам белым. Но длины волны, соответствующей белому свету, нет. Белый свет — это все цвета, собранные вместе. Исаак Ньютон доказал это в 1665 году.

До Ньютона многие учёные пытались объяснить, что представляют собой различные цвета. Одни считали, что это «смешение света и тьмы в разных пропорциях», другие — что разные цвета создаются при вращении «световых частиц» с разной

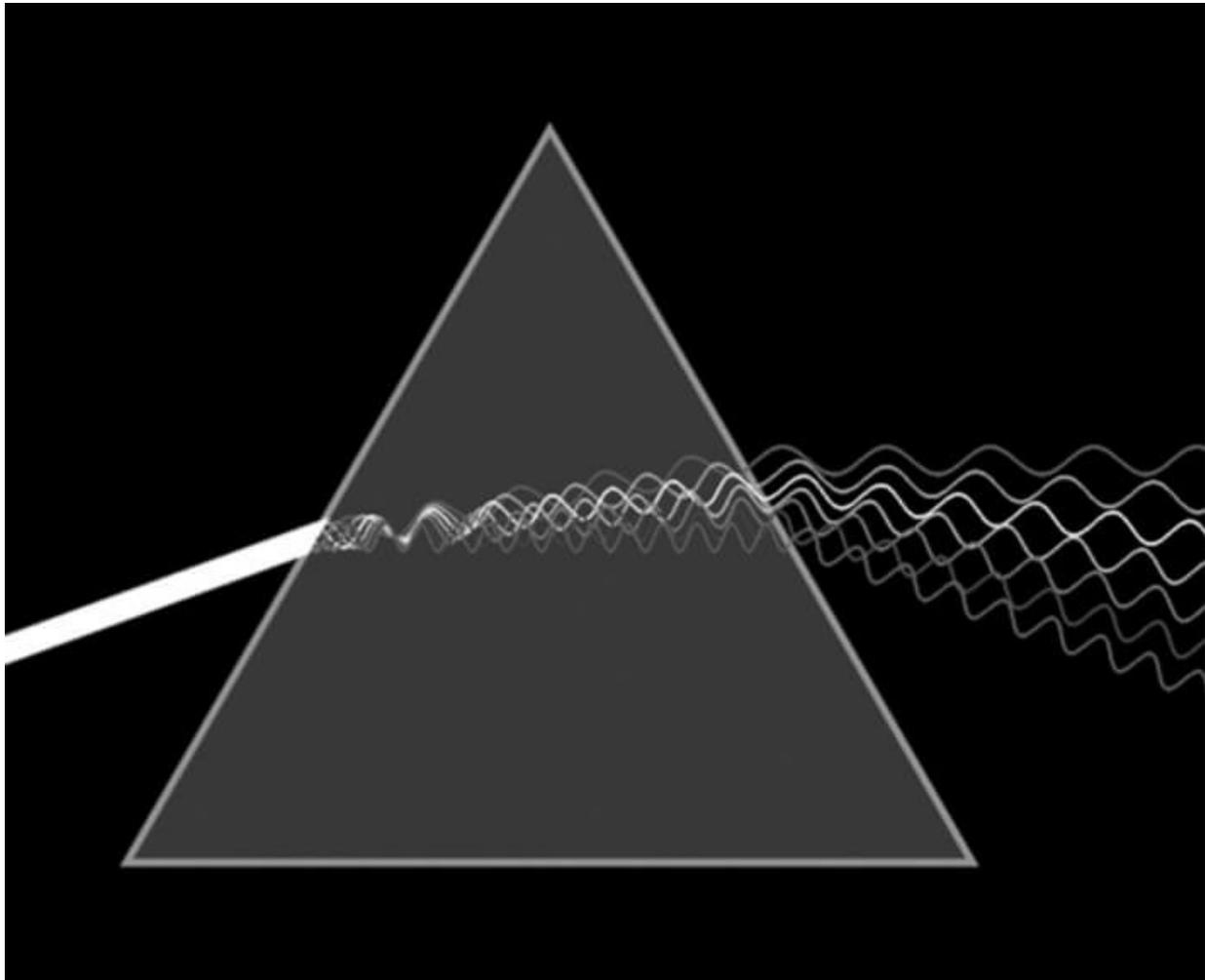
скоростью, третьи полагали, что цвет — это свойство не света, а самого предмета, на который этот цвет падает.

Сейчас мы знаем, что **цвет** — это ощущение, которое мы получаем, когда в наш глаз попадает световая волна определённой длины. Разные цвета — это наши различные реакции на разную длину электромагнитных волн. Но в XVII веке об электромагнитных волнах никто не знал. Как же Ньютону удалось исследовать природу цвета?

Великий английский учёный использовал в своих опытах **призму** — отполированный стеклянный предмет, через грани которого может входить и выходить свет. Призмы Ньютона имели треугольные грани сверху и снизу и три прямоугольные грани по бокам.

Как ты помнишь, через воздух свет проходит быстрее, чем через воду или стекло. Поэтому, попав внутрь призмы, световые волны замедляют движение; причём волны различной длины замедляются по-разному. Красный свет (с самой длинной волной) проходит через призму быстрее фиолетового (у которого волна наиболее короткая).

Поэтому, когда белый луч (содержащий все цвета) входит в призму, каждый цвет замедляет свою скорость и отклоняется в сторону (*преломляется*) по-своему. Поэтому из призмы выходит *рассеянный* свет, в котором каждый из цветов можно увидеть отдельно. Это явление называется **дисперсией света**, или его **разложением**.



Убедившись в ходе эксперимента, что всё происходит именно так, Ньютон доказал, что белый свет представляет собой сочетание всех цветов — или, как мы сейчас можем сказать, всего диапазона волн видимого света.

Именно дисперсию использовал Бог, чтобы послать Ною и всем его потомкам знамение того, что нового Потопа, способного погубить жизнь на Земле, больше не будет. Таким знамением стала радуга (Книга Бытия 9:12–16). Это природное явление возникает в результате разложения света; только роль многочисленных призм играют в данном случае капельки дождя. Подробно о радуге рассказывается в 13 уроке пособия «Вода и погода».

Чтобы ты мог различать разные цвета, Господь создал твои глаза способными различать длину световых волн. Задняя часть глаза представляет собой маленький экран, который называется **сетчаткой**. Она покрыта специальными клетками, способными

определять свет. Некоторые из этих клеток — длинные и тонкие, поэтому их называли **палочками**. Палочки воспринимают даже очень малое количество света: благодаря им ты видишь вечером и ночью. Другие клетки называются **колбочками**. Именно они определяют различные длины волн, давая тебе возможность отличать друг от друга цвета и оттенки. И те, и другие клетки, реагируя на свет, вызывают особую химическую реакцию, которая создаёт в нервных клетках электрический сигнал, передаваемый в мозг.



Откуда же берётся цвет у тех объектов, которые сами не излучают

свет? Мы видим их цветными потому, что они отражают часть падающего на них света. Каждый материал *поглощает* волны одного диапазона, входящие в состав белого цвета, а волны другого диапазона — *отражает*. В зависимости от длины этих отражённых волн, попадающих в твой глаз, ты и воспринимаешь объект как окрашенный в определённый цвет. Поэтому разные предметы бывают разных цветов, хотя свет на них падает одинаковый. Например, фиолетовый предмет поглощает все световые волны, кроме соответствующих фиолетовому свету. Белые предметы отражают световые волны любой длины, а чёрные предметы поглощают весь видимый спектр целиком.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

На 9 уроке мы говорили, что соотношение отражённого и поглощённого излучения зависит от цвета поверхности того или иного предмета. Если быть точными, то дело обстоит как раз наоборот: в зависимости от того, волны какой длины сильнее всего отражает предмет, мы воспринимаем эти отражённые волны как тот или иной цвет.

Таким образом, вопрос «какого цвета красная роза тёмной ночью?» имеет неожиданный ответ: никакого. Говорить о цвете того или иного предмета в темноте бессмысленно. Можно лишь утверждать, что данный предмет, когда на него упадёт белый свет, отразит ту или иную часть его спектра, и в результате этого будет восприниматься как имеющий определённый цвет.

Разные люди могут воспринимать и оценивать цвета по-разному. Например, при наследственном заболевании, называемом **дальтонизм**, человек не различает один или несколько цветов. Красный цвет дальтоники могут воспринимать как тёмно-зелёный, и так далее.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

Запомнить цвета радуги ты можешь с помощью фразы: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан». Каждое слово в ней начинается с буквы, соответствующей тому или иному цвету радуги: красному, оранжевому, жёлтому, зелёному, голубому, синему, фиолетовому. Цвета радуги всегда расположены именно в таком порядке.

Но даже люди со здоровым зрением могут по-разному воспринимать цвета. То, что для одного человека является самостоятельным цветом (например, голубым), другому может казаться лишь разновидностью (оттенком) другого цвета (например, синего). Многое зависит здесь от того, как принято называть цвета в том или ином языке. Например, в английском языке «голубой»

и «синий» обозначаются одним и тем же словом — «blue». Мы обычно видим в радуге семь цветов: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий и фиолетовый. Но Ньютон насчитал их всего пять: в качестве оттенка он воспринимал не только голубой, но и оранжевый. Ещё один пример: цвет золота мы оцениваем как близкий к жёлтому. Однако древние греки обращали внимание на его зелёный оттенок и говорили о золоте как о «зелёном металле».

Современные компьютеры, способные различить очень маленькую разницу в длине световой волны, используют в своей «палитре» 16,7 миллиона цветов!

## **РАСЩЕПЛЯЕМ СВЕТ**

**Цель:** разложить свет на разные цвета.

**Необходимые материалы:** призма, неглубокая тарелка, маленькое зеркало.

### **Ход работы**

1. Если у тебя есть призма, помести её так, чтобы солнечный луч проходил через неё, падая на стену.
2. Если призмы нет, возьми тарелку, налей в неё воды и подставь под солнечный луч.
3. Возьми зеркало. Держи его так, чтобы луч солнечного света, проходящий через воду, попадал на зеркало и отражался, падая на стену.
4. А теперь перемести зеркало так, чтобы солнечный свет отражался на стене, не попадая на воду или призму.

### **Вопрос**

- Чем свет, напрямую отразившийся от зеркала, отличается от света, прошедшего через воду?

### **Вывод**

Свет, проходящий через воду или через призму, расщепляется на разные цвета.

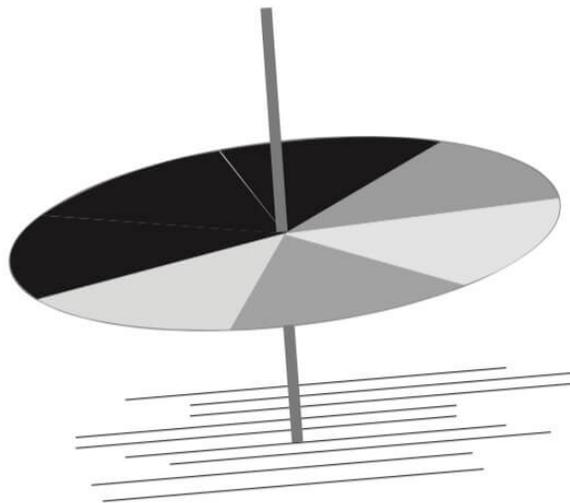
## **СОЕДИНЯЕМ ЦВЕТА**

**Цель:** понять, как образуется белый цвет.

**Необходимые материалы:** циркуль или круглое блюдо, тонкий белый картон, карандаш, ножницы, линейка, фломастеры.

### Ход работы

1. При помощи циркуля нарисуй на белом картоне круг радиусом 10–12 см. Если под рукой нет циркуля, приложи к картону блюдо и обведи его карандашом.
2. Вырежи круг ножницами.
3. Возьми линейку и карандаш и раздели круг на семь равных частей (как делят круглый пирог). Постарайся, чтобы эти части были примерно одинаковыми.
4. Раскрась части круга фломастерами в цвета радуги: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый.
5. Аккуратно проткни получившийся диск острой зубочисткой или остро заточенным карандашом. У тебя получился волчок.
6. Раскрути волчок на столе, и ты увидишь, что цвета смешиваются.



### Выводы

Из-за быстрого вращения волчка твои глаза не успевают отслеживать каждый цвет и воспринимают их все одновременно. Поэтому тебе кажется, что диск стал почти белым. Но когда

вращение волчка замедлится, глаза снова начнут различать отдельные цвета.

## СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?

- Из чего состоит белый цвет?
- Почему лучи света, проходя через воду или стекло, распадаются на разные цвета?
- Чем красный цвет отличается от фиолетового?
- Каким образом наши глаза распознают свет?
- Почему мы видим даже те предметы, которые не излучают собственного света?

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- Лучи какого цвета поглощает апельсин? А лист дерева?
- Почему мы видим небо голубым?
- Почему свет кажется нам белым, а не разноцветным?
- Почему мы видим чёрные предметы, не отражающие свет?

## СВЕТОФИЛЬТРЫ



Иногда для того, чтобы усилить или ослабить какой-нибудь цвет, фотографы пользуются **светофильтрами**. Используют их и в осветительных прожекторах во время концертов или спектаклей. Цветные фильтры пропускают волны лишь определённой длины (то есть одного цвета). В результате нам кажется, что цвет предмета изменился. Например, если на белый предмет падает только красный свет, предмет кажется красным, потому что отражает

ТОЛЬКО те волны, которые достигают его поверхности.



**Цель:** наблюдать изменение цвета под действием светофильтров.

**Необходимые материалы:** таблица, фонарик, набор цветных плёнок.

**Ход работы**

1. Перечерти на лист или скопируй таблицу, приведённую внизу.

<b>Цвет объекта</b>	<b>Цвет после применения светофильтра</b>		
	<i>Голубой фильтр</i>	<i>Красный фильтр</i>	<i>Зелёный</i>
<i>Белый</i>	<i>Прогноз Эксперимент</i>	<i>Прогноз Эксперимент</i>	<i>Прогноз Эксперимент</i>
<i>Чёрный</i>			
<i>Красный</i>			
<i>Жёлтый</i>			

2. Попробуй предсказать, как изменится цвет предмета, если направить на него синий, красный или зелёный свет. Запиши свои предположения в соответствующие ячейки колонок «Прогноз».

3. Дождись вечера, когда на улице станет темно.

4. Выбери в комнате предметы соответствующих цветов: белый, чёрный, красный, жёлтый, синий.

5. Закрепи на стекле фонарика синий светофильтр.

6. Зажги фонарик и погаси в комнате свет. Посмотри, какого цвета станут предметы, когда на них упадёт луч синего цвета.

7. Включи свет и запиши результаты в соответствующие ячейки колонки «Эксперимент».

8. Повтори опыт с красным и зелёным светофильтрами.

9. Сравни результаты со своими прогнозами.

### Вопросы

- Смог ли ты правильно предсказать результат?
- Были ли неожиданные результаты? Если да, то почему цвета оказались другими?

Попробуй предсказать, что ты будешь наблюдать, если соединить на одном предмете свет трёх фонариков с разными светофильтрами. Если у тебя есть три фонарика, проверь это предположение и убедись, прав ли ты.

## УРОК 31. ОТРАЖЕНИЕ. РИКОШЕТ

### Словарь:

- отражение
- угол падения
- угол отражения
- закон отражения
- поглощение света
- диффузное отражение

## Как свет отражается от различных поверхностей?

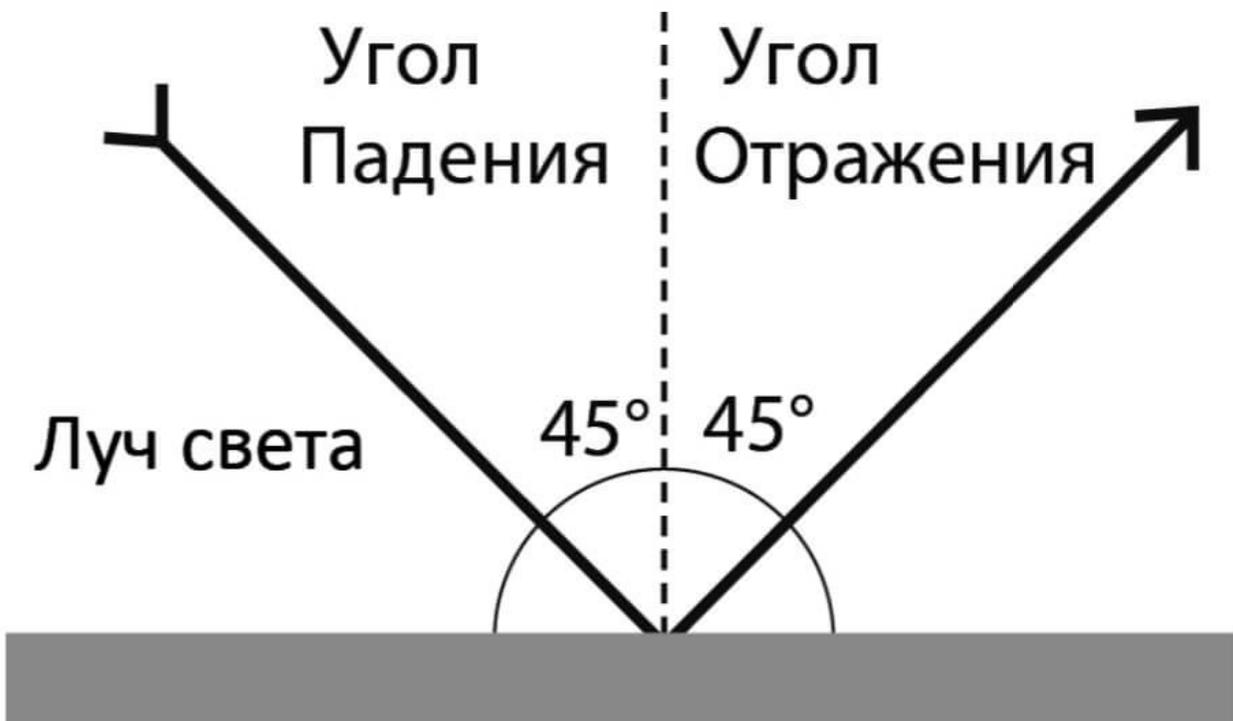


Посмотри в зеркало. Знакомое лицо, не правда ли? Только у него всё наоборот. Если ты поднимешь левую руку, твой зеркальный двойник в зеркале поднимет правую. При этом тебе кажется, что двойник находится перед тобой, за зеркалом, хотя его там, разумеется, нет. То, что ты видишь в зеркале, — это изображения предметов, их отражения. Но что они собой представляют, почему появляются?

**Отражение** света — это процесс взаимодействия световых волн с любой поверхностью, в результате которого направление распространения волны изменяется и возвращается в ту среду, откуда она пришла. Например, отражение возникает на стеклянной поверхности зеркала потому, что свет возвращается назад в воздух, а не проникает в новую среду — стекло.

Мы уже не раз упоминали о том, что свет, попадающий на какой-то предмет, или поглощается, или отражается им. Мы видим предметы именно потому, что от них отражается свет.

Отражение света является проявлением *рикошета* — изменения направления движения любого тела или волны, столкнувшихся с преградой. Хоккейная шайба, отскакивающая от бортика; звук, возвращающийся в виде эха; ультразвуковая волна в аппарате УЗИ — всё это отражённые движения, подчиняющиеся одним и тем же математическим законам.



Световые волны перемещаются по прямой. Попадая на зеркальную поверхность, они отражаются под тем же углом, под которым падают на него. Угол между падающим на зеркало лучом света и линией, перпендикулярной поверхности зеркала, называется **углом падения**. Взгляни на рисунок справа. В примере, который там приведён, угол падения составляет  $45^\circ$ . А угол между отражающимся от зеркала лучом света и линией, перпендикулярной его поверхности, называется **углом отражения**. И этот угол на диаграмме — тоже  $45^\circ$ . Разумеется, угол падения может быть и любым другим. Но угол отражения всегда будет равен ему по величине. Таков **закон отражения**: угол его падения на зеркальную плоскость равен углу отражения.

Зеркальными являются гладкие блестящие поверхности, от которых отражается почти весь попадающий на них свет: кроме зеркал, это может быть неподвижная поверхность озера или пруда и даже блестящий бампер или окно машины, едущей впереди.

Однако свет отражается не только от зеркальных, но почти от всех поверхностей: от некоторых больше, от некоторых меньше. Ведь именно из-за отражаемых предметом световых волн мы воспринимаем его в том или ином цвете. Почему же мы не видим

своего отражения в каждой из окружающих нас вещей?



**От стекла и от воды свет отражается так же, как от зеркала**

Этому есть две причины. Первая состоит в том, что шероховатые (*матовые*) поверхности отражают лишь небольшое количество света — волны своего цветового диапазона. Остальное количество

света поглощается. При **поглощении света** элементарные частицы на поверхности предмета «впитывают», вбирают в себя врезающиеся в них фотоны. При этом энергия света переходит в тепловую энергию, в результате чего предмет нагревается.

Вторая же, и главная, причина — в том, что лучи света отражаются от различных неровностей шершавой поверхности под разными углами и рассеиваются по всем возможным направлениям. Причём неровности эти могут быть совсем крошечными: достаточно, чтобы они превышали длину отражаемой волны. Такой процесс, когда при отражении не сохраняется путь лучей от объекта, называется **диффузным отражением**. Закон отражения выполняется и в этом случае, но на каждом маленьком участке поверхности.

Все несветящиеся тела, освещаемые каким-нибудь источником, становятся видимыми только благодаря рассеиваемому ими в результате диффузного отражения свету. Хорошо отшлифованную стеклянную поверхность зеркала или поверхность спокойной воды трудно увидеть потому, что они рассеивают очень мало света. Вместо них мы видим чёткие отражения окружающих освещённых предметов. Однако как только поверхность зеркала покрывается пылью, а на поверхности воды появляется рябь, они становятся хорошо видимыми.

В результате диффузного отражения ты можешь наблюдать предметы под разными углами. Стоит сдвинуть голову в сторону, как из каждой точки предмета в твой глаз будет попадать другой пучок отражённых лучей. Если же узкий пучок света падает на зеркало, ты увидишь его только тогда, когда расположишь свой глаз в соответствии с законом отражения.

## **ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

**Цель:** выяснить, какой материал лучше отражает свет.

**Необходимые материалы:** фонарик, алюминиевая фольга (от шоколада), белая бумага, чёрная (не глянцевая) бумага.

### **Ход работы**

1. Возьми кусок алюминиевой фольги и хорошенько его разгладь.
2. Положи гладкую фольгу на стол недалеко от стены.

3. Направь на фольгу под углом свет фонарика. Видишь светлое пятно на стене? Это свет, отразившийся от фольги.
4. Возьми другой кусок фольги. Сомни его, потом распрями, но не разглаживай.
5. Замени первый кусок фольги вторым.
6. Направь свет фонарика на второй кусок фольги. Каким получилось отражение на стене?
7. Повтори эксперимент, заменив фольгу белой бумагой. Отличается ли пятно света, отражённого от бумаги, от тех, которые ты получил с помощью фольги? Чем это объясняется?
8. Снова повтори эксперимент — теперь с чёрной бумагой. Что получилось на этот раз?

## **Вывод**

Металлическая поверхность хорошо отражает свет. В древности люди изготавливали зеркала из металлов, тщательно полируя их поверхность. Позже они научились делать зеркала из стекла, нанося на тыльную сторону стеклянной пластинки тонкий слой серебра, золота или олова. Современные зеркала также изготавливают, осаждая на гладком стекле тонкий слой серебра или сплава серебра и ртути.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое отражение света?**
- **О чём говорит закон отражения?**
- **Какие материалы лучше всего отражают свет?**
- **Если свет падает на зеркало под углом  $30^\circ$ , под каким углом он отражается?**
- **Что такое диффузное отражение?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Если задняя часть зеркала не очень ровная, что произойдёт с отражением?**

- **Как изготовить полупрозрачное зеркало, в которое можно смотреться и через которое одновременно можно видеть?**

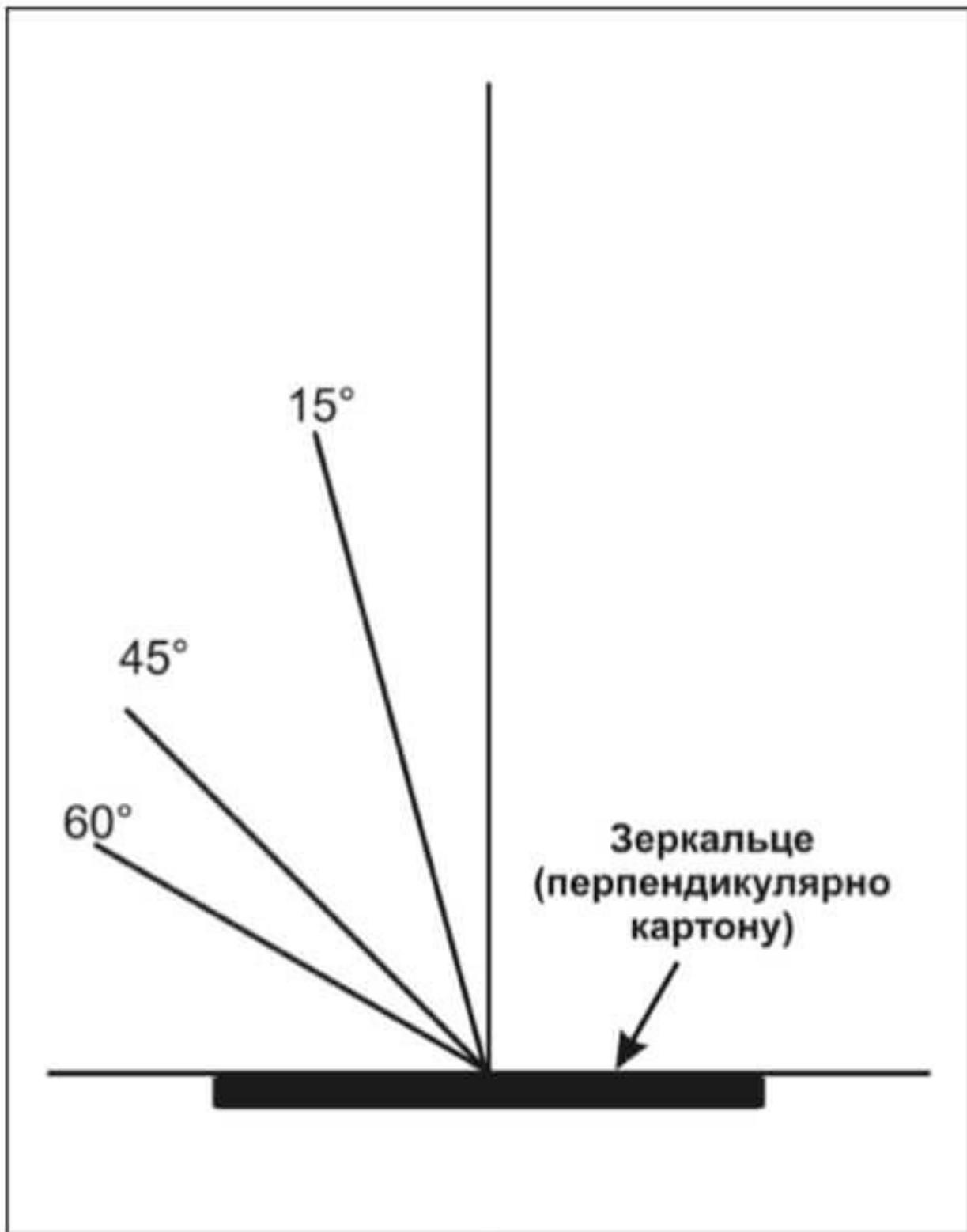
## **ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ**



**Цель:** проверить, равен ли угол падения углу отражения.

**Необходимые материалы:** картон, карандаш, транспортир, пластилин, маленькое прямоугольное зеркало, фонарик, канцелярские кнопки.

**Ход работы**



1. Вырежи из толстого картона прямоугольник длиной 40 см и шириной 30 см.

2. Проведи линию вдоль узкого края, примерно в 5 см от него.
3. Вдоль прямоугольника, посередине, проведи другую линию. Она пересечётся с первой.
4. Возьми транспортир и начерти линии под углом  $15^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$  по отношению к центральной линии (слева от неё), как показано на рисунке.
5. Пластилином прикрепи к картону вертикально маленькое зеркальце. Оно должно стоять вдоль короткой линии, а длинная линия должна проходить через его центр (как на схеме).
6. Выключи свет в комнате и направь луч фонарика в центр зеркала вдоль линии  $15^\circ$ . С помощью трёх кнопок отметь центральную линию, по которой проходит отражённый свет.
7. Теперь направь фонарик вдоль линии  $45^\circ$ . Как и в прошлый раз, отметь кнопками линию отражённого света.
8. Прodelай то же самое, держа фонарик под углом  $60^\circ$ .
9. Включи свет, убери зеркало.
10. Возьми линейку и фломастеры. Красным фломастером проведи линию через отверстия от кнопок, вдоль которых проходил отражённый свет в первом опыте.
11. Измерь транспортиром угол отражения лучей и сравни его с углом падения.
12. Зелёным и синим фломастерами проведи линии, полученные во втором и третьем опытах.
13. Измерь получившиеся углы и сравни их с углами падения.

## Вопросы

- Насколько в каждом из экспериментов угол падения отличался от угла отражения?
- Чем объясняется незначительная разница между этими углами?
- Если разница большая (больше, чем несколько градусов), как её объяснить?

# УРОК 32. ЗЕРКАЛА́. СВЕТ МОЙ, ЗЕРКАЛЬЦЕ, СКАЖИ...

## Словарь:

- плоское зеркало
- мнимое изображение
- вогнутое зеркало
- выпуклое зеркало
- фокус зеркала

*Почему в разных зеркалах получаются разные отражения?*



Твоё общение с зеркалом начинается с самого утра, когда ты заходишь в ванную комнату. Потом, на протяжении дня, ты обычно не замечаешь, в какой момент и где именно ты вновь и вновь встречаешься с этим предметом. Но задумайся — и ты поймёшь: зеркала находятся повсюду, и нужны они не только для того, чтобы причёсываться.

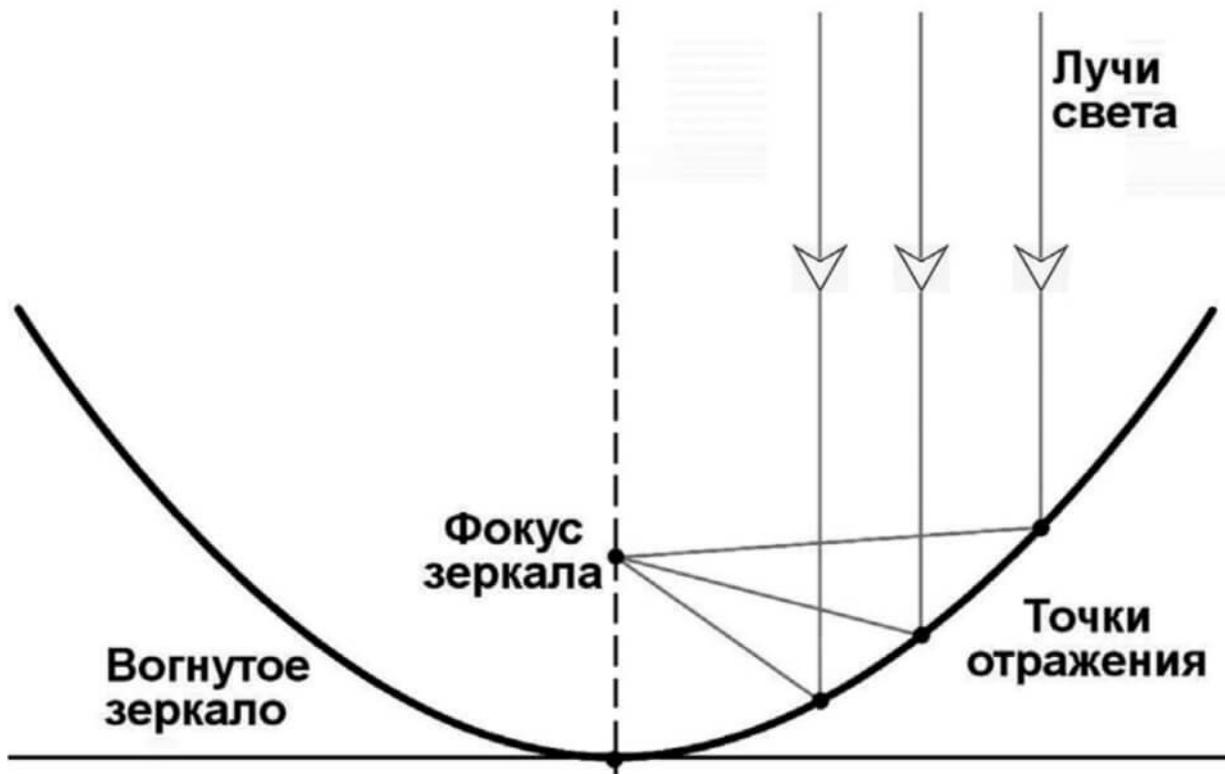
Зеркальными мы называем поверхности, которые хорошо отражают свет — настолько, что можно, посмотрев на них, увидеть своё отражение. Любую такую поверхность при необходимости можно использовать в качестве зёркала. Но удобнее, если у нас под рукой есть специально изготовленные зеркалá — из гладкого стекла, с нанесённым на заднюю сторону блестящим металлическим покрытием.

У себя дома мы пользуемся **плоскими зеркалами**. Изображение в них получается неискажённым, с сохранением всех размеров и пропорций.

Когда мы смотрим в зеркало, нам кажется, что отражение находится за ним. Если ты сделаешь шаг назад, то увидишь, что твой зеркальный двойник, повторив это движение, как будто удалился ещё глубже в зазеркалье. Но на самом деле за зеркалом, конечно же, ничего нет. Поэтому то, что мы видим в нём, называется **мнимым изображением**. Происходит *оптический обман*: мозг, получая от глаза изображения отразившихся предметов, мысленно продолжает вдаль, сквозь зеркало, линии, по которым движутся отражённые световые волны. Поэтому нам кажется, что эти волны пришли не от зеркальной поверхности, а от предметов, якобы расположенных по ту сторону стекла.

Хотя «зазеркальный мир» и похож на наш, но в нём всё вывернуто в другую сторону. Левое и правое там меняются местами. И если ты поднимешь перед зеркалом правую руку — твоё отражение поднимет левую. Это неудивительно: ведь на самом деле ты видишь просто вернувшийся назад свет, попавший в зеркало от твоей правой руки.

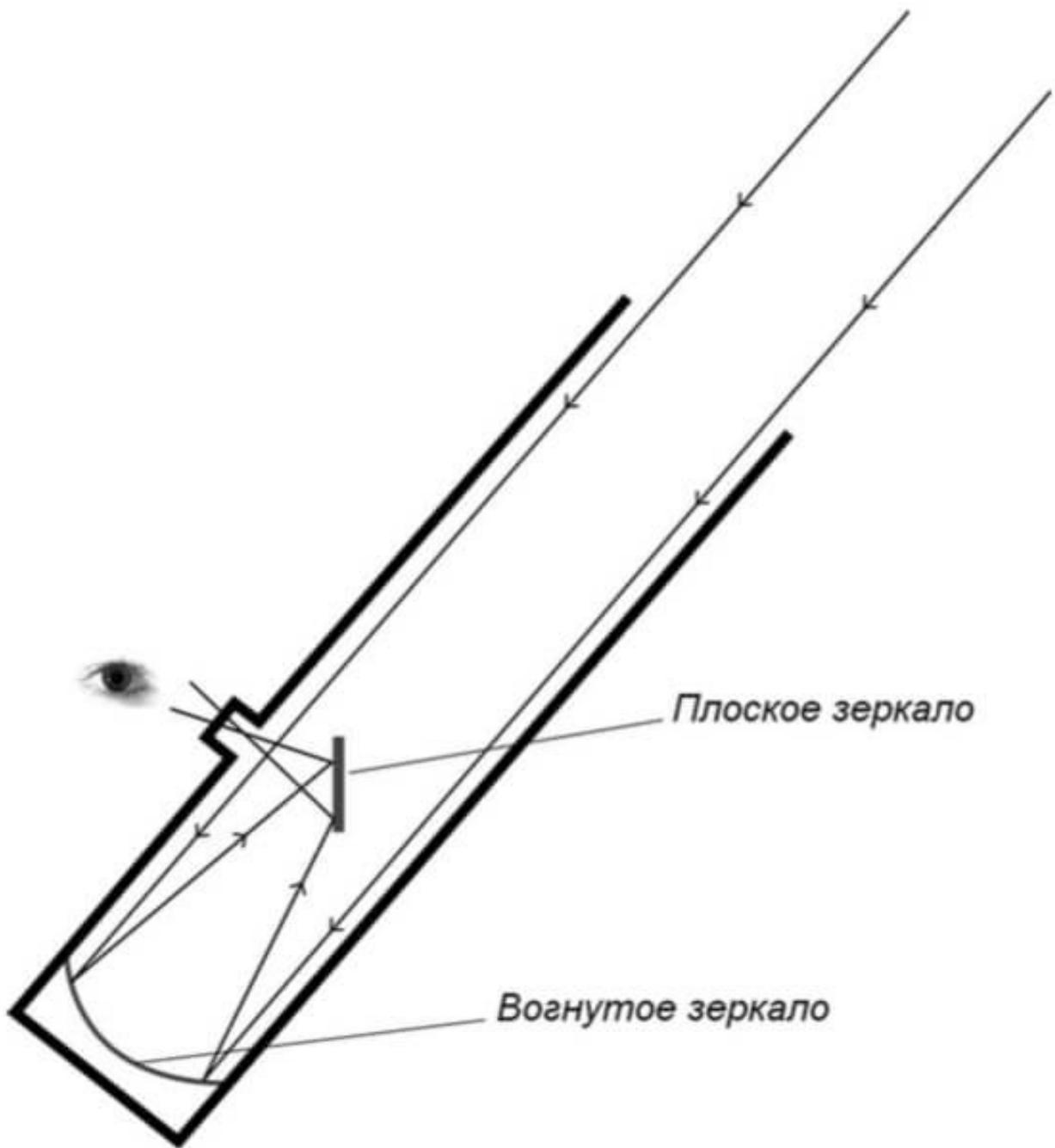
Зеркала бывают не только плоскими, но и кривыми. Ты когда-нибудь был в комнате смеха? Комический эффект там достигается благодаря искажённым (сплюснутым или вытянутым) отражениям. Кривые зеркала искажают изображение. Но используются они не только для развлечения.



### Фокус вогнутого зеркала

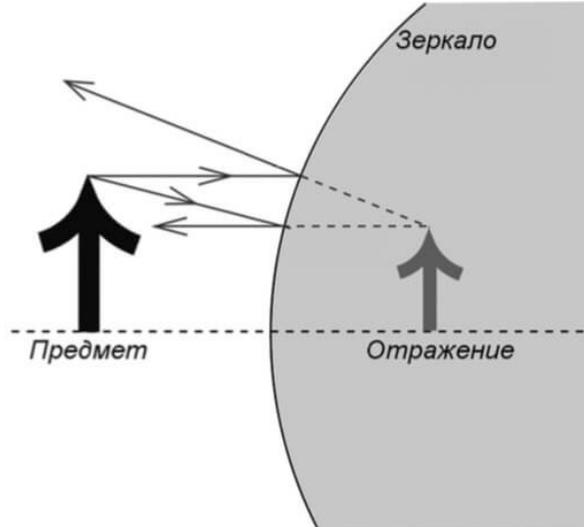
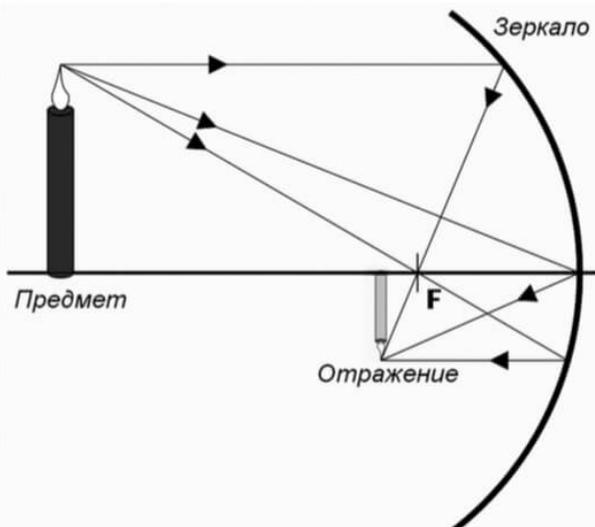
Искривлённые зеркала могут быть двух видов. **Вогнутые зеркала** искривлены внутрь, их центр вдавлен. **Выпуклые зеркала** искривлены наружу, их центр выступает вперёд. Параллельные лучи света падают на искривлённую поверхность таких зеркал под разными углами. Поэтому каждый из лучей отражается тоже под своим углом.

Вогнутое зеркало, отражая лучи света, направляет их внутрь. Сходятся (*фокусируются*) эти лучи в точке, которая расположена на центральной оси. Такая точка называется **фокусом зеркала**.



## Использование зеркал в телескопе

Отражение всех предметов, которые расположены дальше от поверхности вогнутого зеркала, чем его фокус, получается перевёрнутым; причём кажется, что оно находится не за зеркалом, а перед ним. Почему так получается, ты поймёшь, посмотрев на схему.



**Чтобы понять, как образуется отражение в искривлённых зеркалах, проследи, как отражаются лучи света, идущие от верхней точки предмета, расположенного на оси зеркала.**

**В случае с выпуклым зеркалом отражённые лучи расходятся в стороны, поэтому наш мозг мысленно продолжает направление падающих лучей и помещает отражение предмета в мнимое пространство за зеркальной поверхностью**

Вогнутые зеркала используются в *рефлекторных телескопах*. Они собирают параллельные лучи света, идущие от далёких звёзд, и фокусируют их. Получается яркое изображение. Есть такое зеркало и в фонарике. Расположенное вокруг лампочки, оно концентрирует лучи света и собирает их в один яркий луч. Похожие зеркала увеличивают яркость и чёткость света автомобильных фар.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В 2020 году в Чили должно завершиться строительство наземного Гигантского Магелланового телескопа. Это будет самый большой телескоп в мире. Семь зеркал диаметром 8,4 метра будут соединены, образуя зеркало общим диаметром 24,5 м. В результате получаемые изображения будут в 10 раз чётче, чем те, которые сейчас удаётся получить с помощью космического телескопа «Хаббл».

Выпуклые зеркала отражают падающий свет наружу. В результате отражение получается больше самого предмета и принимает вытянутую форму. В театральных гримёрных часто используются зеркала, которые слегка выгнуты, чтобы можно было рассмотреть лицо в мельчайших подробностях. Зеркала заднего вида на машине тоже бывают выпуклыми, давая более широкий обзор, чем обычные

(плоские).

Зеркала разного вида — плоские, вогнутые и выпуклые — применяются повсюду. Они есть в перископах, калейдоскопах и микроскопах, в кабинетах зубных врачей и в операционных, используются для усиления светового потока и для того, чтобы ты мог увидеть себя или то, что происходит за твоей спиной.

## **ВЫПУКЛОЕ ИЛИ ВОГНУТОЕ?**

**Цель:** проверить, чем отличаются отражения в разных видах зеркал.

**Необходимые материалы:** плоское зеркало, столовая ложка из нержавеющей стали.



### **Ход работы**

1. Посмотри на своё отражение в обычном, плоском зеркале.
2. Возьми блестящую ложку и посмотри на своё отражение в её

вогнутой стороне. Что ты видишь? В ложке твоё изображение перевёрнуто вверх ногами; оно меньше, чем в плоском зеркале; кроме того, подбородок, скорее всего, вытянут, а лоб сплюснут. Впадина в ложке представляет собой вогнутое зеркало.

3. Переверни ложку и посмотри, как ты отражаешься в другой её стороне. Обратная сторона ложки — это выпуклое зеркало. Чем твоё отражение в нём отличается от отражения в плоском зеркале? Изображение на обратной стороне ложки уже не перевёрнуто вверх ногами, но оно растянуто и искажено.
4. Придвинь ложку немного ближе, отодвинь немного дальше. Что происходит с отражением?
5. Посмотри в ложку под разными углами, сбоку, сверху и снизу. Что ты видишь при этом?

## **Выводы**

Изогнутая поверхность ложки приводит к тому, что лучи света отражаются в ней под разными углами. Поэтому твоё отражение в ложке — не такое, как в плоском зеркале.

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Назови три вида зеркал.**
- **Что такое мнимое изображение?**
- **Что делает с лучами света и с отражением вогнутое зеркало?**
- **Какая точка называется фокусом вогнутого зеркала?**
- **Что происходит с лучами света и с их отражением, когда они попадают на поверхность выпуклого зеркала?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

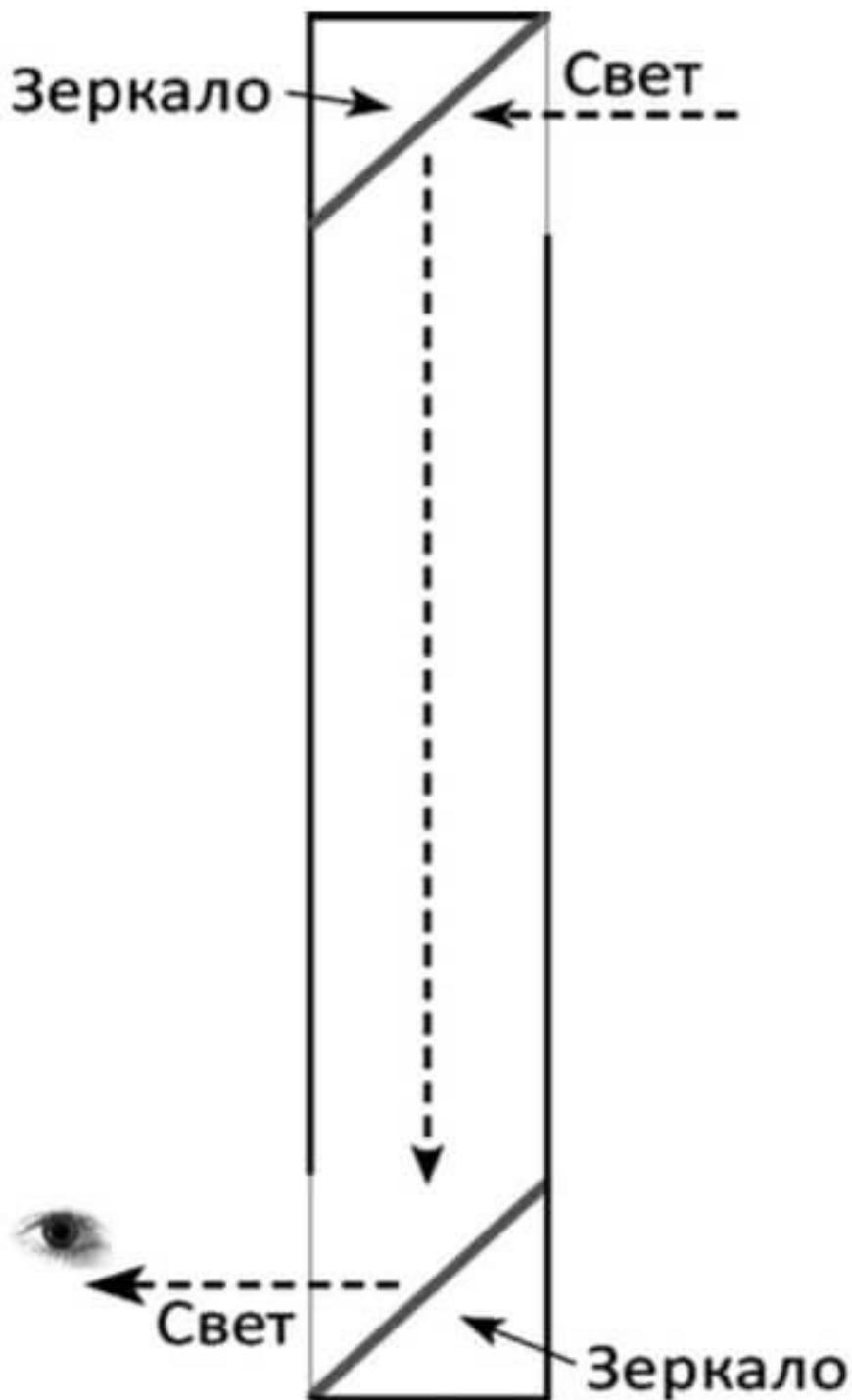
- **Как отразится в вогнутом зеркале предмет, расположенный ближе к его поверхности, чем фокус?**
- **Зачем в перископе нужны зеркала?**

## ПОДНЯТЬ ПЕРИСКОП!



Тебе под силу самостоятельно сделать перископ — оптический прибор, который используется на подводных лодках для наблюдения за поверхностью из-под воды. Для этого тебе понадобится лист картона, два маленьких зеркальца, скотч и клей (или пластилин).

Возьми лист картона, сверни его в трубку и скрепи клейкой лентой. Сделай в трубке две прорези — напротив тех мест, где будут располагаться зеркала. Прикрепи клеем или пластилином одно зеркало в верхней части трубки и одно — в нижней. Зеркала должны располагаться под таким углом, чтобы верхнее зеркало отражало свет на нижнее, а нижнее направляло этот свет в твои глаза. Внимательно рассмотри схему, чтобы понять, как будет выглядеть твой перископ.



УРОК 33. РЕФРАКЦИЯ. ПРЕЛОМЛЕНИЕ  
СВЕТА

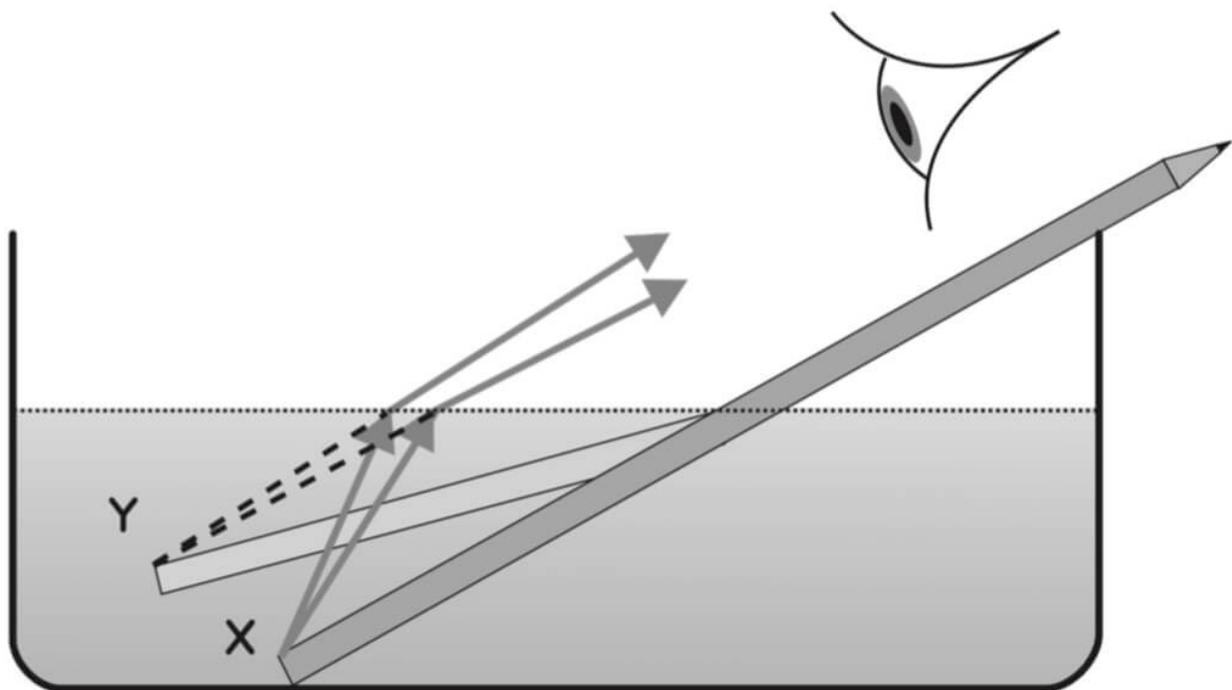
## Почему возникают миражи?



Когда свет попадает из одной среды в другую, меняется не только его скорость, но и направление распространения его лучей. В новой среде световые волны начинают двигаться под углом к своему прежнему направлению. Такое изменение пути света называется **рефракцией**, или **преломлением**. Угол, на который отклоняется луч на границе двух сред, зависит от свойств, которыми обладают эти среды.

Во многих случаях бывает, что часть лучей отражается от границы между двумя средами и возвращается в ту, из которой они пришли, а другая часть — преломляется, проходя во вторую среду. Разложение солнечного света в дождевых каплях, порождающее радугу, происходит в результате именно этих двух процессов: частичного преломления и частичного отражения.

Рефракция тоже вызывает оптический обман. Происходит это из-за того же свойства нашего мозга, о котором шла речь на прошлом уроке: он упорно не хочет признавать, что свет изменил направление, и по-прежнему продолжает считать его распространяющимся по прямой линии. Поэтому он мысленно продолжает вглубь второй среды те линии, по которым к нам пришёл свет, на самом деле изменивший своё направление.



Посмотри на схему справа: она изображает карандаш, который находится в чашке с водой. Луч света, идущий из точки X, в которой конец карандаша касается дна чашки, преломляется, переходя из водной среды в воздушную, и попадает в глаз под другим углом. А человек воспринимает это так, словно свет всё время шёл по прямой. Поэтому ему кажется, что конец карандаша находится в точке Y — немного дальше и выше, чем на самом деле. В результате возникает отчётливое ощущение, что карандаш сломан пополам и его нижняя часть смещена по отношению к верхней.

Прочитав это, ты, возможно, сообразил, что много раз наблюдал это явление: например, видел, как ложка, опущенная в чашку с чаем, «ломается» на границе воды и воздуха.

По той же причине, если мы смотрим в водоём и видим его дно, глубина этого водоёма кажется нам меньше, чем на самом деле. Если не принимать во внимание рефракцию, можно неожиданно окунуться с головой там, где совсем этого не ожидал. При взгляде с берега на предмет, находящийся под водой, кажется, что он расположен немного выше и дальше от тебя. Те, кто хотят заняться рыбной ловлей «по-индейски», с коротким копьём-острогой, должны учитывать это явление и целиться не в саму рыбу, а немного ближе.





## Мираж на асфальтовой дороге

Ещё одно проявление рефракции можно наблюдать жарким летним днём. Если солнце очень сильно нагревает асфальт или песок, приземный слой воздуха тоже становится горячим. Солнечные лучи, попадая из более прохладного и плотного воздуха в этот перегретый и разреженный, преломляются. В результате фрагмент неба проецируется на поверхность земли, и нам кажется, что впереди блестит вода — лужа или даже целое озеро. Это явление называется **миражом**. Подробнее о миражах ты можешь узнать из 13 урока пособия «Вода и погода» (раздел, отмеченный значком «бабочка»).

### ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Эффект рефракции нередко используют фокусники, чтобы показать зрителям то, чего на самом деле нет.

Преломление света в атмосфере Земли приводит к тому, что мы наблюдаем восход Солнца несколько раньше, а закат немного позже, чем они происходят на самом деле. Также из-за рефракции диск Солнца вблизи горизонта кажется немного сплюснутым.

Одни материалы преломляют свет сильнее, другие — слабее.

Чтобы удобнее было сравнивать вещества по этому признаку, учёные стали измерять у каждой среды её **показатель преломления**. Эта величина определяет, насколько отклоняется в данном веществе луч света, упавший на его поверхность из вакуума. Поскольку у газов показатель преломления при обычных условиях очень небольшой, приблизительно можно определять этот показатель для всех веществ относительно воздуха (не создавая вакуум).



## ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Преломляются при переходе из одной среды в другую не только электромагнитные волны. В гидрологии может быть важным учёт смены направления морских волн на грани двух слоёв воды (например, тёплой и прохладной). А преломление звуковых волн, распространяющихся в неоднородной среде, приводит к возникновению особо причудливого эха, доносящегося с разных сторон.

Показатель преломления обычно меньше единицы при переходе света из среды более плотной в среду менее плотную, и больше единицы, когда свет переходит из менее плотной среды в более плотную (например, из газа или из вакуума в жидкость или твёрдое тело). Но из этого правила бывают исключения.

Показатели преломления некоторых сред приведены в таблице.

Вещество	Показатель преломления
Дистиллированная вода	1,33
Этиловый спирт	1,36
Подсолнечное масло	1,47
Изумруд	1,59
Алмаз	2,48

Люди не просто открыли явление рефракции, но и используют её в своих целях — чтобы увидеть то, что иначе разглядеть невозможно. Например, благодаря преломлению света в линзах микроскопов, биноклей, телескопов мы можем в подробностях разглядеть объекты, которые имеют очень маленькие размеры или находятся слишком далеко.

Об этом мы подробнее поговорим на следующем уроке.

## НАБЛЮДАЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

**Цель:** проверить на опыте, как происходит рефракция.

**Необходимые материалы:** чистый стеклянный стакан, карандаш, фонарик или лазерная указка, молоко.

### Ход работы

1. Наполни чистый стеклянный стакан на три четверти водой.
2. Наклонно поставь в стакан карандаш. Посмотри на него немного сбоку.
3. Вытащи карандаш из стакана и добавь в воду немного молока (так будет лучше виден луч света).

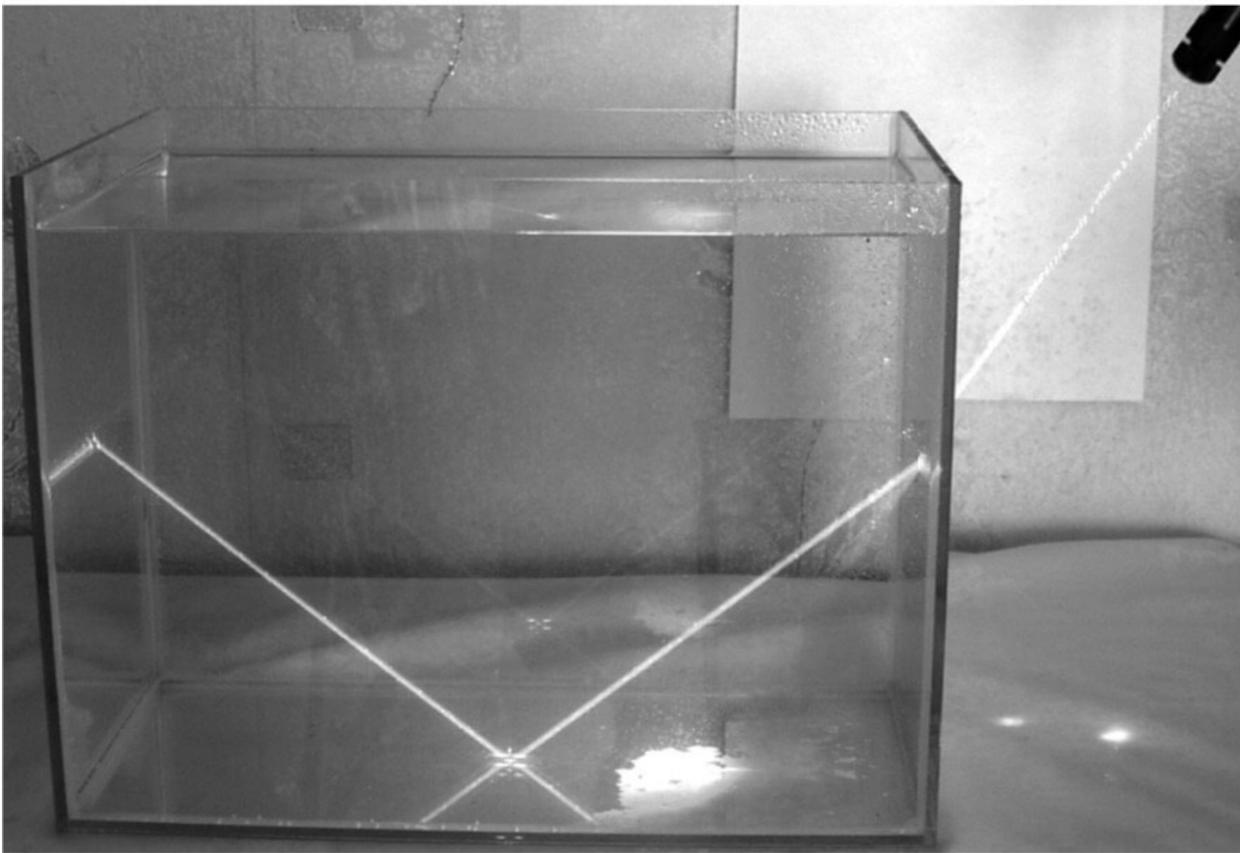
4. Затемни комнату: задёрни шторы, погаси освещение.
5. Посвети фонариком в воду сверху под углом (чтобы луч не был перпендикулярен воде). (Лучше всего использовать фонарик с сильно концентрированным тонким пучком света или лазерную указку).
6. Заметь, под каким углом луч входит в воду и под каким углом проходит через неё.
7. Затем посвети на стакан сбоку — так, чтобы луч сначала проходил через стеклянную стенку стакана.

## **Вопросы**

- Как выглядел карандаш, стоящий в воде? Почему?
- Как преломлялся свет, попадая в стакан сверху?
- Как преломлялся свет, попадая в стакан сбоку: так же, как в предыдущем случае, или по-другому?
- Если по-другому, то чем это объяснить?

## **Выводы**

Карандаш в стакане с водой казался искривлённым или переломленным, хотя на самом деле он оставался прямым. Проходя из воды в воздух, лучи света преломляются. Поэтому создаётся впечатление, что карандаш изогнут.



**Опыт хорошо получается, если вместо стакана использовать аквариум**

Попадая в стакан сбоку, луч света преломлялся иначе, чем в первом случае. Причина — в том, что свет преломлялся дважды: сначала на границе воздуха и стекла, а затем на границе стекла и воды. Этот эффект виден на заглавной фотографии этого урока (стр. 188): изображение гибкой трубочки, проходящей через стаканы с водой, преломляется и в стекле, и в жидкости.

### **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Какое явление называется рефракцией?**
- **Как рефракция может подвести нас, когда мы заходим в море или озеро?**
- **Как рефракция проявляется в атмосфере?**
- **Что такое мираж?**
- **Как определяется показатель преломления среды?**

## ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ

- В каком веществе свет преломляется сильнее — в более плотном или в менее плотном?
- Как связаны друг с другом такие явления, как интерференция, поглощение, дисперсия, отражение, рефракция световых волн?

## ПЛОТНОСТЬ СРЕДЫ И РЕФРАКЦИЯ



**Цель:** сравнить угол преломления света в различных жидкостях.

**Необходимые материалы:** три стеклянных стакана, молоко, соль, растительное масло, фонарик.

Повтори эксперимент с преломлением света, используя три разные жидкости, имеющие различную плотность.

### ОПЫТ 1.

#### Ход работы

1. Налей в первый стакан воду и добавь немного молока.
2. Во второй стакан налей воды, добавь немного молока и 3 столовые ложки соли. Размешай.
3. В третий стакан налей растительное масло.
4. Затемни комнату и посвети лучом фонарика в воду с молоком, держа фонарик над стаканом, под углом к поверхности воды. Обрати внимание на угол преломления.
5. Под таким же углом посвети фонариком в воду с солью. Какой получился угол преломления в этом случае?
6. Таким же образом посвети фонариком в растительное масло. Что ты можешь сказать про угол преломления?

### ОПЫТ 2.

#### Ход работы

1. Из второго стакана (с солёной водой) вылей часть жидкости, чтобы оставшаяся заполняла приблизительно треть стакана.
2. Очень аккуратно, тонкой струёй, налей из первого стакана чистую воду поверх солёной (тоже на одну треть).
3. Оставшуюся треть стакана осторожно заполни растительным маслом.
4. Теперь посвети в стакан фонариком и посмотри, что произойдёт. Если тебе удалось налить жидкости отдельными слоями, ты увидишь, что луч света преломился несколько раз.



**Во многих средах лучи света частично отражаются,  
а частично — преломляются**

## **Вопросы**

- У какой жидкости показатель преломления самый большой?  
А у какой — наименьший?
- Выясни по справочнику относительные плотности всех трёх

жидкостей. Как плотность среды влияет на рефракцию?

## УРОК 34. ЛИНЗЫ. ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

### Словарь:

- линза
- собирающая линза
- оптическая ось
- фокус линзы
- фокусное расстояние
- рассеивающая линза
- хрусталик
- аберрации

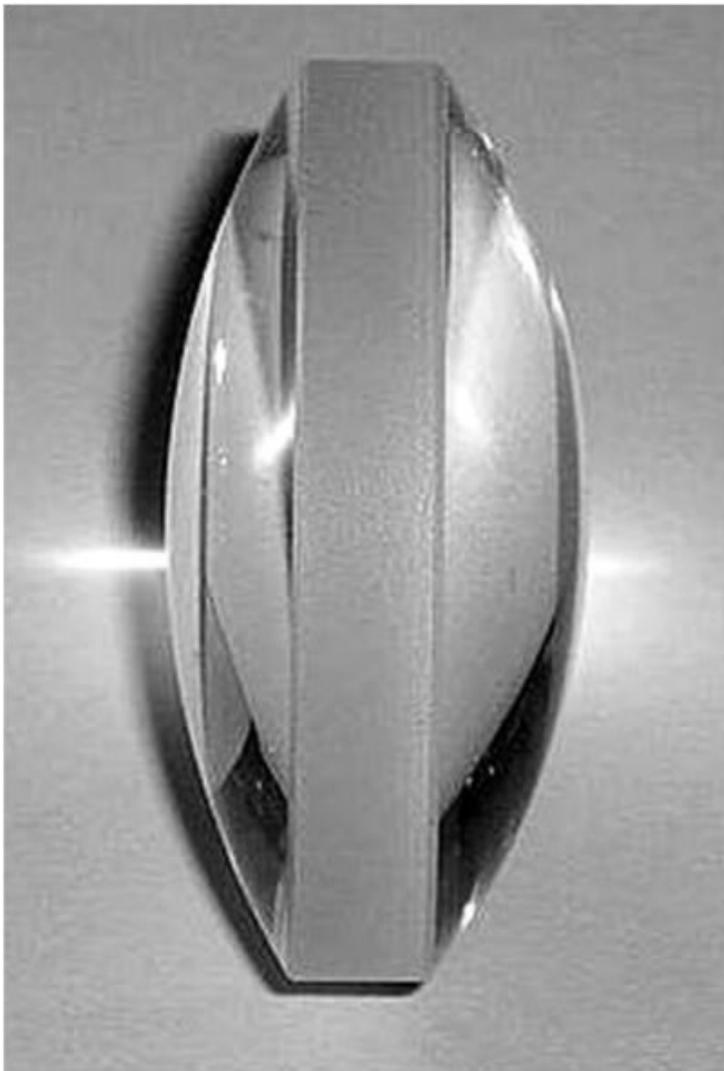
*Чем собирающая линза отличается от  
рассеивающей?*



В результате преломления лучей света при их переходе из одной среды в другую возникают различные оптические явления, которые могут быть полезными. Появляется возможность собрать энергию светового потока в одну точку или добиться того, чтобы лучи, расходясь в стороны, создавали чёткое увеличенное изображение предметов, от которых они успели отразиться перед преломлением. Поэтому люди научились делать **линзы** — детали из прозрачного вещества с двумя отполированными изогнутыми (или одной изогнутой и одной плоской) поверхностями. Изготавливают их так, чтобы они преломляли свет нужным для человека образом.

Как и у зеркал, поверхность линз бывает выпуклой и вогнутой. Но в отличие от зеркал линзы — двухсторонние, свет проходит через них насквозь. Поэтому свойства линзы зависят от формы каждой из её сторон.

Все линзы делятся на две группы: *собирающие* и *рассеивающие*. К собирающим обычно относятся линзы, у которых середина толще их краёв, а к группе рассеивающих — линзы, края которых толще середины. Собирающие линзы в зависимости от формы сторон бывают: *двояковыпуклые* (обе стороны выпуклые), *плосковыпуклые* (одна сторона плоская, другая — выпуклая), *вогнутовыпуклые* (одна сторона вогнутая, другая выпуклая, середина толще краёв). Рассеивающие линзы бывают: *двояковогнутые* (обе стороны вогнутые), *плосковогнутые* (одна сторона плоская, другая вогнутая), *выпукловогнутые* (одна сторона вогнутая, другая выпуклая, края толще середины).

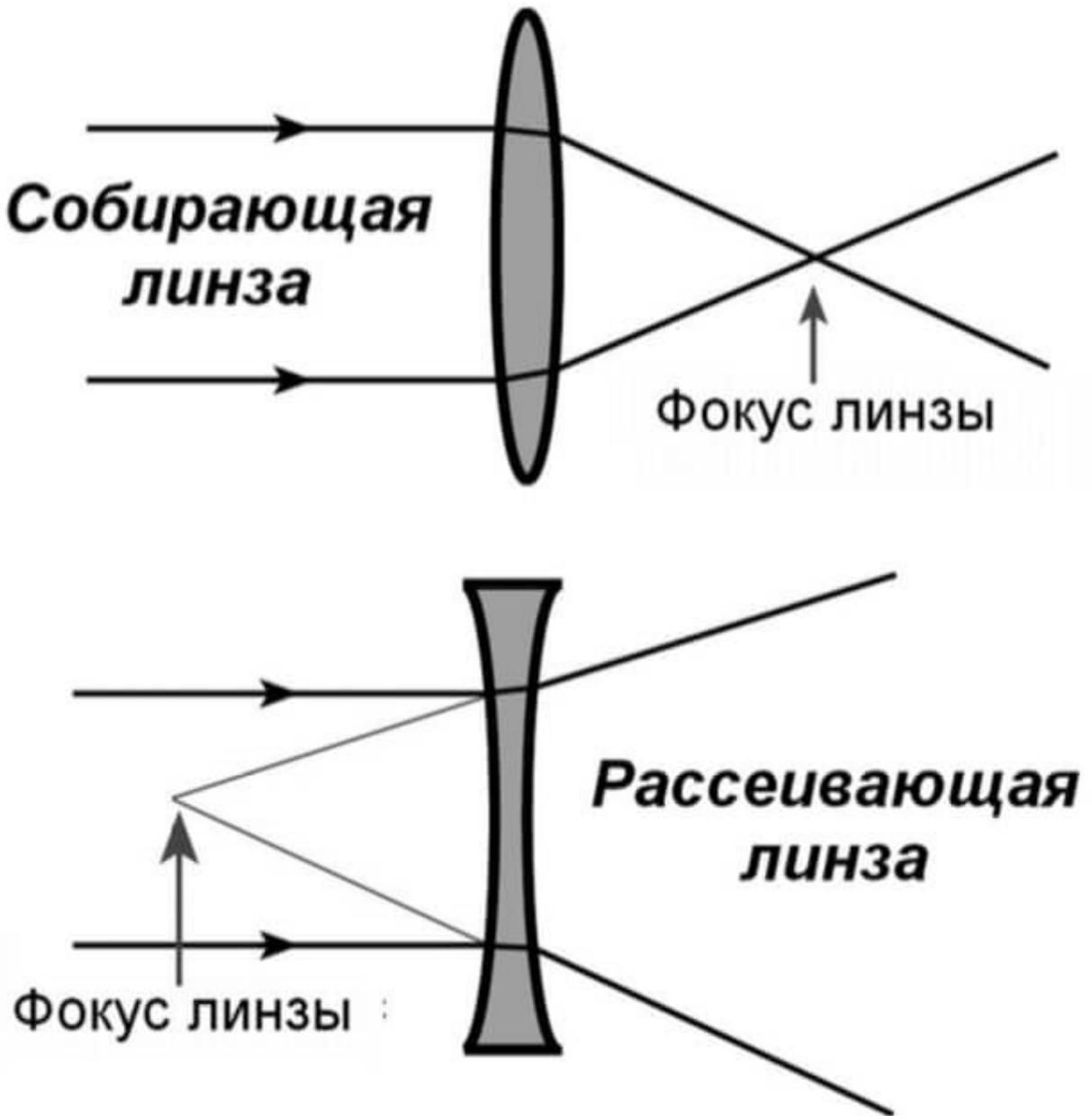


**Двояковыпуклая линза**

Но эта классификация верна только в том случае, когда показатель преломления у материала линзы больше, чем у окружающей среды. Если вещество, из которого сделана линза, преломляет луч света меньше, чем среда, которая его окружает, всё происходит наоборот: выпуклые линзы начинают рассеивать свет, а вогнутые линзы — собирают его в точку фокуса. Например, пузырёк воздуха в воде — двояковыпуклая рассеивающая линза.

Когда параллельные лучи света проходят через **собирающую линзу**, все они отклоняются в сторону **оптической оси** — перпендикулярной линии, проходящей через центр линзы. Точка, в которой лучи сходятся, называется **фокусом линзы**. Расстояние от линзы (если говорить точнее, от одной из её точек, лежащей на

оптической оси, которая называется *оптическим центром*) до её фокуса называется **фокусным расстоянием** линзы. Оно зависит от изогнутости и толщины линзы, а также от материала, из которого она сделана.



Изображение, которое даёт выпуклая линза, называется **действительным**: оно возникает перед линзой, и его можно спроецировать на другую поверхность. В зависимости от фокусного расстояния линзы и расстояния от линзы до объекта это изображение может быть больше реального и неперевернутым или

же меньше реального и перевёрнутым.

Когда параллельные лучи света проходят через **рассеивающую линзу**, они отклоняются наружу. Изображение, получаемое при помощи такой линзы, всегда меньше реального и является мнимым (то есть возникает за линзой, подобно отражению в зеркале).

У рассеивающей линзы тоже есть фокус, но он, как и изображение, располагается позади неё. Его можно найти, если мысленно или на рисунке продлить рассеиваемые лучи в обратную сторону, где они и соберутся в точку.

Ты видишь, что, используя преломление света в линзах, можно добиться результатов, сходных с теми, которые получаются при использовании отражения световых лучей в зеркалах.

### **ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?**

В ходе одного эксперимента человек согласился носить очки, которые переворачивали изображение вверх ногами. Сначала ему трудно было ориентироваться в «перевёрнутом мире». Но через несколько дней его мозг приспособился к этому, и все предметы снова стали казаться ему расположенными нормально. Как только человек снял очки, всё вокруг снова показалось ему перевёрнутым. Опять потребовалось несколько дней, чтобы мозг вновь приспособился к новым условиям. Создатель заложил в наши тела удивительную способность: мы умеем приспосабливаться к окружающим условиям.

Ты наверняка не раз пользовался линзами — часто даже не задумываясь об этом. Но самые важные линзы у тебя всегда при себе. Они были созданы Богом в конце недели Творения. В каждом твоём глазу находится **хрусталик** — собирающая линза из прозрачного белка. Хрусталик фокусирует свет, попадающий в глаз, и проецирует его на сетчатку.

Человек, познавая Божье Творение, стремится улучшить способности своего зрения. Для этого учёные изучали свойства света, законы его отражения и преломления. С изобретением линз стало возможным увидеть то, что находится очень далеко, а также заглянуть в секреты микромира.

Считается, что первый *телескоп* был изобретён Галилео Галилеем. В нём использовались две линзы: собирающая и рассеивающая. Линза на дальнем конце телескопа (*объектив*) собирала и концентрировала свет, создавая ясное изображение наблюдаемого небесного тела. Линза, в которую смотрел исследователь (*окуляр*), увеличивала изображение, чтобы его было легче рассмотреть. В современных телескопах используется целый

набор линз или сочетание линз и зеркал, которые собирают — фокусируют — свет далёких звёзд и планет, позволяя нам их рассмотреть.

Вполне закономерно, что вместе с телескопом люди создали и *микроскоп*. В простейшей схеме микроскопа используются две собирающие линзы. Источник света (или отражающее свет зеркало) направляет световые волны через изучаемый объект на линзу-объектив. Она увеличивает изображение и направляет свет дальше, в линзу-окуляр, где изображение увеличивается ещё больше.

В результате мы можем рассмотреть очень маленькие предметы: под микроскопом они кажутся в сотни раз больше, чем на самом деле.

Подробно об устройстве телескопа и микроскопа ты узнаешь из других пособий серии «Божий замысел»: «Вселенная» и «Мир изобретений».



Линзы используются также в *фотоаппаратах*. Плёночная фотокамера — это, по сути, светонепроницаемая коробка с маленьким отверстием, обычно закрытым, но способным открываться на доли секунды. Линза в объективе фотоаппарата собирает свет и фокусирует его через это отверстие в момент его открытия, а затем проецирует изображение на плёнку, которая находится в задней части фотоаппарата. В цифровых фотоаппаратах плёнка не используется: линза фокусирует изображение на

электронные устройства, которые называются *диодами*. Диоды преобразуют свет в электрические сигналы, которые сохраняются в памяти фотоаппарата. Затем эти сохранённые данные можно при помощи компьютерных технологий снова преобразовать в видимое изображение.



**Объектив современного фотоаппарата состоит не из одной, а из целого набора линз**

Современная фото- и киноаппаратура предъявляет высокие требования к качеству изображения. Изображение, даваемое простой линзой, имеет некоторые недостатки и искажения. Такие недостатки оптических систем называются **абберациями**. Чтобы устранить их, в объективе устанавливаются дополнительные линзы. Взаимодействуя, они нейтрализуют все искажения.



## **Филателисты пользуются лупой, чтобы лучше разглядеть свои коллекции**

Обычная лупа, которая наверняка есть у тебя дома, — это двояковыпуклая собирающая линза.

Ещё одно важное применение линз — медицинское. В очках, корректирующих зрение, используются как двояковогнутые (для близоруких), так и двояковыпуклые (для дальнозорких) линзы.

## **САМОДЕЛЬНАЯ ФОТОКАМЕРА**

**Цель:** сделать самую простую фотокамеру, используя подручные материалы.

**Необходимые материалы:** картонная трубка, небольшая коробка, карандаш, ножницы, скотч, калька, собирающая линза (стекло от лупы).

### **Ход работы**

1. Поставь картонную трубку вертикально по центру одной из стенок коробки и обведи её карандашом.

2. Вырежи обведённое отверстие, вставь в него трубку. Задача состоит в том, чтобы трубка плотно держалась в отверстии.
3. Полностью отрежь противоположную стенку коробки.
4. Вместо этой стенки прикрепи (с помощью скотча или клея) к коробке лист кальки.
5. Прикрепи скотчем увеличительное стекло к внешнему концу картонной трубки.
6. Теперь «фотоаппарат» можно навести на любой хорошо освещённый предмет — и ты увидишь проекцию изображения на «плёнке» из кальки.
7. Скорее всего, изображение будет размытым. Попробуй немного выдвинуть трубку из отверстия, а потом, наоборот, задвинь её поглубже.

## **Вопросы**

- Удалось ли тебе улучшить резкость изображения?
- Чем полученное тобой изображение отличается от самого предмета?
- В чём причина этих отличий?

## **СМОЖЕШЬ ОТВЕТИТЬ?**

- **Что такое линза и для чего она служит?**
- **Какими бывают линзы по их свойствам?**
- **Какими бывают линзы по их форме?**
- **Что делает со светом собирающая линза?**
- **Что делает со светом рассеивающая линза?**
- **Где используются линзы?**

## **ПОПРОБУЙ РАЗОБРАТЬСЯ**

- **Какое изображение даёт микроскоп — перевёрнутое или правильное? А телескоп?**
- **Изображение, проецируемое на сетчатку глаза, перевёрнуто вверх ногами. Почему же мы видим**

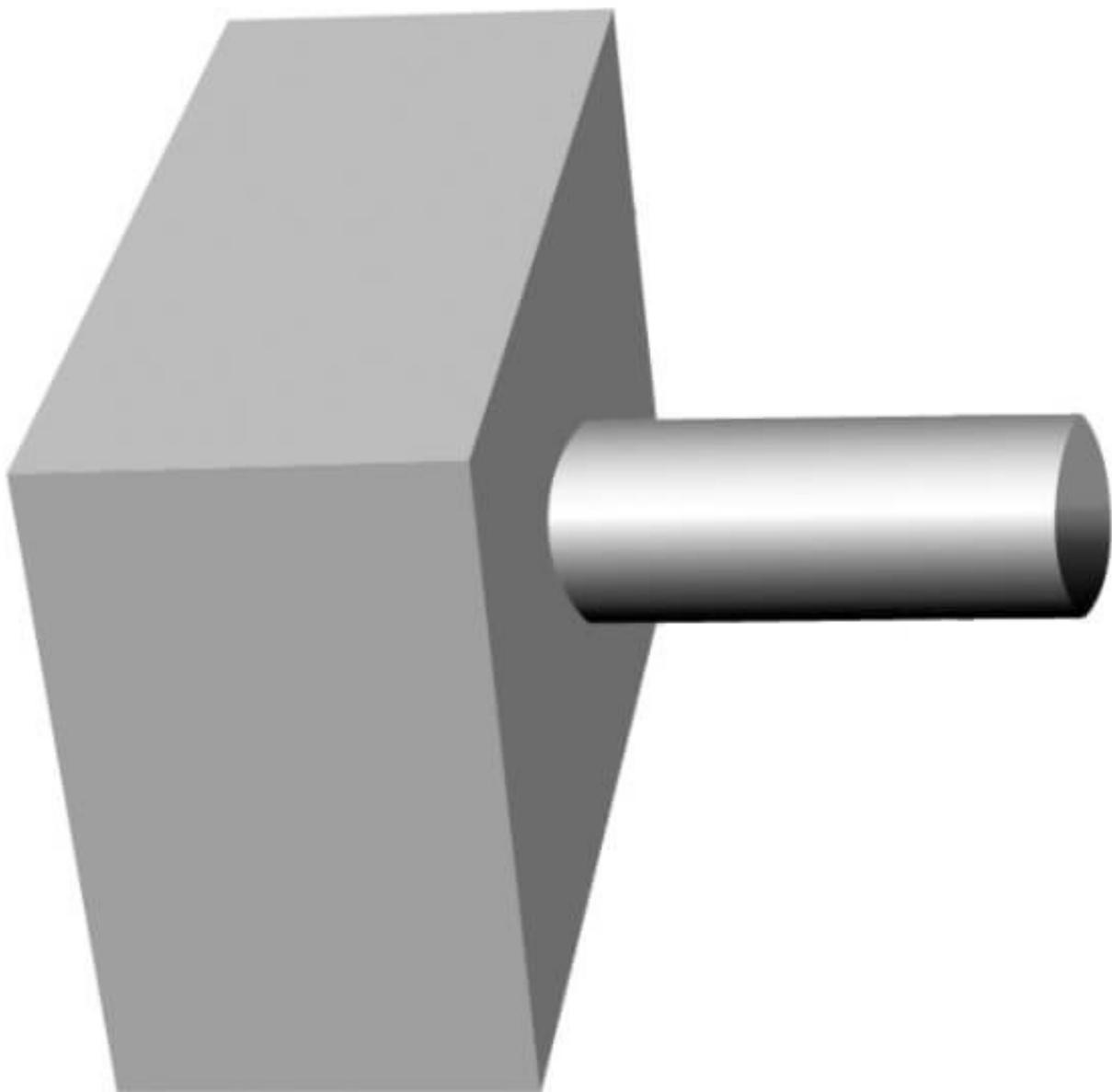
**предметы неперевернутыми?**

## **ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ**



**Цель:** измерить фокусное расстояние линз.

**Необходимые материалы:** несколько разных собирающих линз (лупы, линзы от очков и другие).



## **Ход работы**

1. Выбери предмет, расположенный так, чтобы было удобно делать замеры.
2. Посмотри на этот предмет по очереди через первую линзу. Перемещай её вперёд-назад, пока не добьёшься чёткого изображения.
3. Измерь расстояние от линзы до объекта. Это и будет её фокусное расстояние.

4. Запиши свои измерения в таком порядке: какая линза (двояковыпуклая или др.), в каком приборе используется, фокусное расстояние.
5. Повтори эти действия с каждой линзой и запиши результаты.
6. Если у тебя есть рассеивающая линза, проведи с ней тот же опыт.

## **Вопросы**

- Как отличаются фокусные расстояния различных собирающих линз?
- Как изменялось изображение, когда ты двигал вперёд-назад собирающую линзу?
- Какие различия ты заметил между собирающей и рассеивающей линзой?
- Как изменялось изображение, когда ты двигал вперёд-назад рассеивающую линзу?

# ЭТО ИНТЕРЕСНО!

## ГЛАЗА И ОЧКИ



Очки — одно из самых полезных изобретений человечества. Эти кусочки стекла дают нам возможность исправить недостатки зрения, чтобы хорошо видеть мир.

Когда люди впервые начали использовать линзы, чтобы лучше видеть? Судя по всему, они долгое время не подозревали о таких возможностях. Древним грекам были известны линзы, но они не смотрели через них, а использовали для разжигания огня сфокусированной энергией солнечного света. Один римлянин, живший в I веке до Р. Х., жаловался в письме, что из-за старости уже не может читать, и теперь ему читают рабы.

Но уже в I веке после Р. Х. римский император Нерон, который был очень близорук, смотрел гладиаторские бои через отшлифованный вогнутый изумруд. А философ Сенека, который был наставником Нерона, обнаружил увеличительный эффект,

который даёт стеклянный шар, заполненный водой.

В начале XI века арабский математик Альхазен описал в своём трактате по оптике, как хрусталик глаза создаёт изображение на сетчатке.

В Европе в X веке грамотные люди (в основном это были монахи) пользовались предметом, который они называли «камень для чтения». Он представлял собой стеклянную сферу, разрезанную пополам, — то есть являлся плоско-выпуклой линзой. Её клали на текст, чтобы увеличить его. По примеру таких камней венецианские мастера научились делать стеклянные линзы, которые держали в рамке перед глазом или между глазом и наблюдаемым предметом — наподобие современной лупы.

Примерно в 1280-х годах в Италии были сконструированы первые в истории очки. Две собирающие линзы были вставлены каждая в отдельную оправу, к которой крепилась ручка. После этого линзы сразу же стали популярны. К XV веку очки были недорогими; даже чернорабочие могли при необходимости их себе позволить.

Главной проблемой было то, что все линзы были выпуклыми. Очки с ними помогали лишь при дальнорукости. Только в XVI веке появились очки с вогнутыми линзами. Папа Римский Лев X страдал сильной близорукостью и надевал вогнутые очки на охоту.

Чтобы понять, почему линзы помогают нам лучше видеть, нужно представлять себе, как устроены наши глаза. Когда свет от какого-нибудь предмета сквозь *роговицу* (наружный защитный слой) попадает в глаз, *хрусталик*, имеющий форму собирающей линзы и расположенный в передней части *глазного яблока*, преломляет световые лучи. В результате в точке фокуса образуется перевёрнутое изображение. При отличном зрении фокус хрусталика находится на *сетчатке*, покрывающей дальнюю стенку глаза. Мышцы глаза могут растягивать хрусталик, изменяя его форму и этим фокусируя изображение. Поэтому мы хорошо видим предметы, расположенные и вдали, и вблизи.

Однако не у всех людей глаза фокусируются правильно. Если у человека диагностировали *дальнорукость*, это означает, что линза глаза у него недостаточно выпуклая, чтобы сфокусировать изображение на сетчатке. В этом случае фокус находится вне глаза, а на сетчатке получается несфокусированное, размытое

изображение. И чем дальше находится фокус, тем сильнее оно размыто. Поэтому дальновзоркий человек часто отодвигает предмет немного дальше, чтобы лучше его видеть. Но в большинстве случаев длины рук недостаточно. Поэтому приходится носить очки, чтобы их линзы выполняли ту задачу, с которой не справляются хрусталики.

Другие люди сталкиваются с противоположной проблемой. Хрусталики в их глазах слишком выпуклые, и фокус находится перед сетчаткой. Такой недостаток зрения называется *близорукостью*. Близорукие люди хорошо видят вещи, находящиеся рядом, но удалённые предметы кажутся им размытыми.

У большинства людей эти проблемы возникают с возрастом, из-за того, что глазные линзы теряют эластичность. Когда хрусталик становится более жёстким, глазным мышцам сложнее изменять его форму.

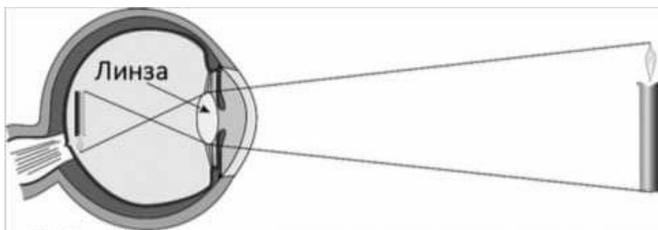
Но человек научился решать эти проблемы с помощью замечательного изобретения из стекла и пластмассы — очков. Если поместить перед глазом собирающую линзу, это смещает фокус вперёд и помогает исправлять дальновзоркость. Чтобы скорректировать близорукость, нужно, как ты уже догадался, воспользоваться рассеивающей линзой. Она немного разводит в стороны лучи света перед тем, как они попадут в глаз. В результате фокус смещается в глубину глаза.

Сейчас вместо очков многие люди, нуждающиеся в исправлении зрения, пользуются контактными линзами. Это миниатюрные линзы из прозрачного мягкого пластика, надеваемые непосредственно на глаза, под веки. По мнению специалистов, в мире их носит около 125 миллионов человек.

Наконец, для восстановления резкости зрения может быть проведена операция: замена хрусталика или изменение формы роговицы с помощью лазера. Это помогает решить многие проблемы.

Чтобы сохранить зрение и избежать возможных проблем, существуют способы тренировки глаз. Одно из таких полезных упражнений состоит в том, чтобы на протяжении 2–3 минут постоянно менять фокусировку глаза. Для этого нужно попеременно

смотреть на что-то вблизи, потом — вдали, потом — снова вблизи.  
Если ты много времени проводишь, читая или глядя на монитор  
компьютера, это упражнение желательно делать каждый час.  
Помни: здоровые глаза — это очень важно!



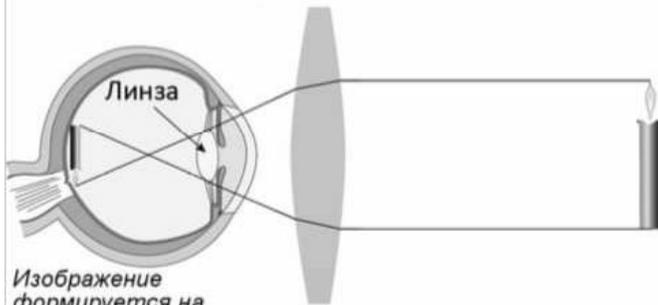
Изображение  
формируется на  
сетчатке

### Дальнозоркость



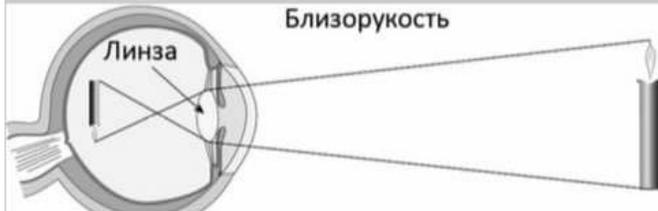
Изображение  
формируется позади  
сетчатки

### Собирающая линза



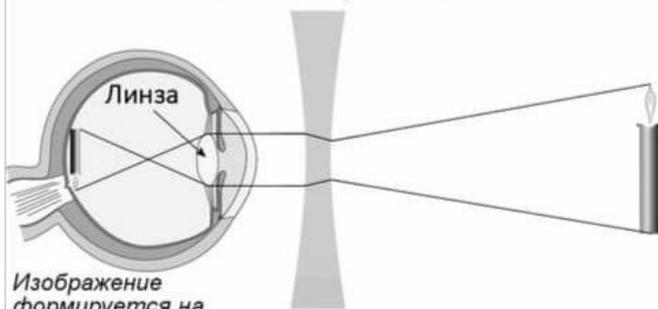
Изображение  
формируется на  
сетчатке

### Близорукость



Изображение  
формируется перед  
сетчаткой

### Рассеивающая линза



Изображение  
формируется на  
сетчатке

# УРОК 35. АЛЬБОМ «ЭНЕРГИЯ»: ИТОГОВАЯ РАБОТА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ

## Словарь:

- закон сохранения энергии



За то время, пока ты читал это пособие, выполнял задания, искал ответы на вопросы, произошло твоё начальное знакомство с энергией.

Ты знаешь, что учёные определяют энергию, помимо прочего, как способность вещества производить работу. Но у неё есть и другие определения. Они не совсем конкретны, потому что очень трудно назвать словами настолько огромное и всеобщее явление. Об энергии говорят, что она является *единой мерой всевозможных форм движения и взаимодействия материи*. Существует много разных видов энергии, в том числе и те, которые ты изучал. Вспомни, что это за виды энергии, и как они используются.

Энергия постоянно превращается, переходит из одного вида в другой. Но она не может возникать дополнительно к уже имеющейся и исчезать тоже не может. Таков великий **закон сохранения энергии** — один из абсолютных законов природы.

Но откуда, в таком случае, взялась энергия, как она возникла в мире? Большая часть неверующих учёных считают этот вопрос лишённым научного смысла. Но христиане знают, что у него есть ответ.

Энергия в мире не была всегда и не возникла случайно во время какого-то вселенского катаклизма (наподобие «Большого взрыва»). Эта возможность движения, изменения, развития, присущая любой частице материи, заложена в неё Богом. Господь является Создателем энергии и материи — первичных структур, «неба и земли», которые Он в Своём всемогуществе создал из ничего и из

которых сотворил всю Вселенную.

Энергия является Божьим даром для всего творения. Но для человека она является совершенно особенным благословением. Люди могут не только использовать энергию, совершая повседневные действия и движения (подобно животным). Они способны изучать её, а изучив, — *сознательно* применять энергию в своих интересах, находя способы извлекать из окружающего мира всё новые и новые её порции и виды.

Ты узнал о различных способах использования энергии. Пришла пора рассказать об этом другим.

## **ОФОРМЛЕНИЕ АЛЬБОМА**

Тебе предстоит сделать альбом, который будет называться «Энергия». Сначала нужно подготовить материал, который в него войдёт.

Если у тебя есть фотоаппарат, потрать несколько дней на создание фоторепортажа о том, как энергия используется людьми. Например, сделай фотографию того, как кто-то поднимает коробку или делает зарядку. Сделай снимки электрических приборов. Сфотографируй электрические огни, видео- и аудиоплееры, различные механизмы. Можно сфотографировать любой предмет или процесс, в котором задействована энергия.

Если фотоаппарата у тебя нет, вырежи фотографии из старых журналов или сам нарисуй нужные картинки.

Когда ты соберёшь достаточно много фотографий или рисунков, начинай оформление альбома. Возьми большую общую тетрадь. Красиво оформи его обложку. Перечисли на первой странице известные тебе виды энергии.

Наклей каждое собранное тобой изображение на отдельную страницу. Опиши под ним, какие виды энергии участвуют в этом процессе, как преобразуется энергия и для чего люди в данном случае её используют. Иными словами, поясни, какой вид энергии присутствовал изначально, в какую энергию он превращается и что этот процесс превращения нам даёт.

Постарайся показать в альбоме как можно больше различных видов энергии и разных вариантов её преобразования.

Подойди к работе творчески, чтобы задание было интересно

выполнять, а альбом получился красивым, аккуратным и познавательным. Фотографии можно сгруппировать по видам энергии или по тому, какая именно работа в каждом случае производится. Работая над каждой фотографией, хорошо подумай о первоначальном источнике энергии и обо всех её преобразованиях. Не забывай о Солнце: ведь почти все энергетические превращения на Земле так или иначе начинаются с него.

Когда альбом будет готов, дай его почитать друзьям, приятелям, одноклассникам. Предложи родителям его посмотреть: возможно, они тоже найдут там что-то новое для себя. Будь готов к тому, что тебе могут задавать вопросы. Держи в памяти всё то, что ты уже знаешь, и старайся правильно применять эти свои данные, отвечая читателям своего альбома.

Обязательно покажи готовый альбом своим учителям природоведения, физики, химии. Поинтересуйся их мнением. Возможно, они не только посоветуют тебе, как улучшить твой альбом, но и помогут в дальнейшем изучении энергии и всего, что с ней связано.



## ПРОДОЛЖАЕМ ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ



Работая над альбомом, постарайся получить новую информацию. Ты можешь взять отдельный лист бумаги и записать на нём те вопросы, которые у тебя возникли после изучения этого пособия, а также те, которые появляются сейчас, когда ты повторяешь изученное.

Составив список вопросов, начинай искать на них ответы! Возможно, тебе сразу попадутся статьи, написанные очень сложным языком, с большим количеством формул. Конечно, имеет смысл поискать материалы попроще. Но одновременно с этим можно не

сдаваться и всё-таки попробовать разобраться в сложных текстах.

Читая это пособие, ты получил довольно много научной информации. И всё же это — лишь первые шаги на пути изучения мира, в котором мы живём. Мира, в котором действуют законы, установленные его Творцом, и который отдан нам, чтобы мы могли изучать его, заботиться о нём и использовать его себе во благо.

Далеко не всё в этом мире понятно даже учёным. Многие явления и процессы проявляют себя по-разному в различных ситуациях. Это вынуждает нас не только создавать модели, представляя себе, как и почему мир устроен именно так, но и помнить о том, что любая научная модель содержит в себе условность, неточность. Вспомни, например, что электрический ток во многих ситуациях ведёт себя подобно потоку воды (и использование этой модели помогает нам во многом разобраться). Но в других случаях он подчиняется совершенно иным законам. Припомни и то, что электроны и другие элементарные частицы в одних случаях ведут себя как частицы, а в других — как волны.

Это не означает, что изученное тобой потом окажется неправильным. Речь о другом: мир устроен настолько сложно, что часто его невозможно свести к какой-то одной модели.

Задумайся: ведь даже выделение различных видов энергии — дело достаточно условное. Мы говорим о механической энергии как об энергии движения; но разве это относится только к этому виду энергии? Ведь и тепловая энергия — это не что иное, как движение молекул, и электрическая — тоже неразрывно связана с перемещением заряда.

Поэтому существуют и другие подходы к делению энергии на различные виды. Один из путей состоит в том, чтобы не только механическую энергию, а все её проявления разделить на *кинетическую* (энергию перемещения) и *потенциальную* (энергию возможности). И действительно: потенциал электрического поля — это ведь и есть возможность совершения работы, то есть потенциальная энергия.

Что самое интересное: при такой классификации оказывается, что некоторые традиционно выделяемые нами виды энергии могут быть только потенциальными. Это химическая и ядерная энергия (оба эти вида можно охарактеризовать как энергию связи). Высвободиться

эти два вида энергии могут только лишь переходя в другие формы. Как только разрывается связь между частями молекулы или между элементарными частицами в ядре атома, энергия высвобождается в виде тепловой, световой, механической, электрической... Но сами по себе химическая энергия и ядерная энергия существуют лишь до момента начала высвобождения. Эта же особенность — существовать только в потенциальной форме — присуща и гравитационной энергии.

Мир, сотворённый совершенным Создателем, представляет собой неисчерпаемую возможность для изучения. Чем больше люди узнают о его устройстве, тем больше вопросов у них возникает. Поэтому если ты решишь стать учёным и заниматься одним из разделов физики — кто знает, какие открытия могут быть тобой сделаны!

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ЭНЕРГИЯ БОЖЬЕГО СЛОВА

Материя, из которой построена Вселенная, и энергия, заполняющая это строение; электромагнитная индукция и рефракция световой волны; энергия механического движения, тепла, атомной связи и перенесения заряда; закон сохранения и другие законы, мудро установленные для каждой частицы нашего мира, — всё это часть Творения, проявления заботы Господа о нас и обо всём, что Им создано.

Но Тот же, Кто установил законы природы, дал нам и благодать спасения, чтобы мы могли принять от Него дар вечной жизни. Создатель не только собрал Космос из элементарных частиц и позволил нам его изучать, но и вручил нам Своё Слово — Библию, чтобы мы знали, как жить в соответствии с волей Божьей.

Заниматься изучением природы и её законов — вне всякого сомнения, дело необходимое и полезное. Однако если мы изучим все науки, но не будем знать того, ради чего были созданы и зачем живём на свете, — все наши знания рано или поздно окажутся бесполезными.

Но Божье Слово — это не только информация, которую нам нужно усвоить. Его с полным правом можно сравнить с энергией, которая наполняет нас и приводит в движение: вызывает духовный рост и отправляет нас помогать другим людям, разделять с ними их трудности, нести им весть о Божьей любви и спасении.

Мы не можем и не должны сдерживать в себе эту энергию. Сам Господь сравнивает Себя с самым прекрасным видом энергии — со светом. Более того: Он обещает передать эту энергию нам: *«Я свет миру; кто последует за Мною, тот не будет ходить во тьме, но будет иметь свет жизни»* (Евангелие от Иоанна 8:12).

Наша задача — быть светом, нести Божью энергию другим людям. Тогда и научная деятельность будет приводить не к созданию новых видов оружия, а к нашему процветанию.

*«И, зажегши свечу, не ставят её под сосудом,  
но на подсвечнике, и светит всем в доме».*

(Евангелие от Матфея 5:15)

*Навчальне видання*

**Деббі і Річард Лоренс**

**ЕНЕРГІЯ**

*(Російською мовою)*

**Информацию об изданиях**

**Христианского научно-апологетического центра  
и условиях их приобретения можно найти на сайтах**

**[www.ScienceAndApologetics.com](http://www.ScienceAndApologetics.com)**

**[www.ScienceAndApologetics.org](http://www.ScienceAndApologetics.org)**