

**М. ДИ СПЕЦИО**



# **ЗАНИМАТЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ**

**Свет и звук**

АСТ

Майкл Ди Специо

**Занимательные опыты**

# Свет и звук

АСТ • Астрель  
Москва

Originally published in English by  
Sterling Publishing Company, Inc. under the title:  
**Awesome Experiments in Light&Sound**  
© 1999 Michael A. DiSpezio

Публикуется с разрешения Sterling Publishing Company, Inc. (США)  
и Агентства Александра Корженевского (Россия)

УДК 087.5:53

ББК 22.3

Д 44

*Научно-популярное издание*

Майкл Ди Специо

**Занимательные опыты**

**Свет и звук**

Настоящее издание представляет собой перевод оригинального американского издания «Awesome Experiments in Light&Sound», опубликованного в 1999 г. издательством Sterling Publishing Company, Inc.

*Перевод с английского М. Заболотских, А. Расторгуева*

**Ди Специо, М.**

Д 44      **Занимательные опыты : свет и звук / Майкл Ди Специо; пер. с англ. М. Заболотских, А. Расторгуева. — М.: АСТ: Астрель, 2008. — 160 с.: ил.**

ISBN 978-5-17-024858-2 (АСТ) (Заним. наука)

ISBN 978-5-271-09252-7 (Астрель)

ISBN 978-5-17-044676-6 (АСТ) (Наука (У))

ISBN 978-5-271-17559-6 (Астрель)

ISBN 0-8069-9311-1 (англ.)

**УДК 087.5:53**

**ББК 22.3**

Технический редактор: *Тимошина Т. П.*

Корректор: *Князева А. А.*

Компьютерная верстка: *Полиновский Д. В.*

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93,  
том 2; 953004 – литература научная и производственная

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.60.953.Д.007027.06.07 от 20.06.2007 г.

Подписано в печать с готовых диапозитивов заказчика 13.02.2008 г.

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага газетная. Печать высокая с ФПФ.

Усл. печ. л. 8,4. Заним. наука. Тираж 3000 экз. Заказ 1682.

Наука (У). Тираж 3000 экз. Заказ 1683.

ООО «Издательство Астрель»

129085, г. Москва, пр-д Ольминского, д. 3а

ООО «Издательство АСТ»

141100, РФ, Московская обл., г. Щёлково, ул. Заречная, д. 9б

Наш электронный адрес: [www.ast.ru](http://www.ast.ru).

E-mail: [astpub@aha.ru](mailto:astpub@aha.ru)

ISBN 978-985-13-3817-3

(ООО «Харвест»)(Заним. наука)

ISBN 978-985-16-5201-9

(ООО «Харвест»)(Наука (У))

© 1999 Michael A. DiSpezio

© ООО «Издательство Астрель», 2005

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Безопасность прежде всего! ..... | 6 |
| Введение .....                   | 6 |

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ СВЕТ

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1.1 Ловим лучи .....                           | 8  |
| 1.2 Радуга на подносе .....                    | 10 |
| 1.3 На краю пропасти .....                     | 12 |
| 1.4 Цвета компакт-диска .....                  | 14 |
| 1.5 Мыльный спектр .....                       | 16 |
| 1.6 Радуга в природе .....                     | 18 |
| 1.7 Складываем цвета .....                     | 20 |
| 1.8 Вращающийся белый .....                    | 22 |
| 1.9 Поцарапай зеркало .....                    | 24 |
| 1.10 Как тебя видят другие .....               | 26 |
| 1.11 Зеркалом к зеркалу .....                  | 28 |
| 1.12 Шутки ради .....                          | 30 |
| 1.13 Отраженные лучи .....                     | 32 |
| 1.14 Скачки .....                              | 34 |
| 1.15 Какой угол? .....                         | 36 |
| 1.16 Пульт дистанционного управления .....     | 38 |
| 1.17 Зеркальная комната .....                  | 40 |
| 1.18 Kaleidoscope .....                        | 42 |
| 1.19 Перископ .....                            | 44 |
| 1.20 Отражение в ложке .....                   | 46 |
| 1.21 Обертка .....                             | 48 |
| 1.22 Одностороннее движение .....              | 50 |
| 1.23 Компактное копировальное устройство ..... | 52 |
| 1.24 Зеркальное волшебство .....               | 54 |
| 1.25 Появление из ниоткуда .....               | 56 |
| 1.26 И еще немного волшебства .....            | 58 |
| 1.27 Больше света! .....                       | 60 |
| 1.28 Зеркальное письмо .....                   | 62 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1.29 Как работает линза ..... | 64 |
| 1.30 Водный увеличитель ..... | 66 |
| 1.31 Включаем нагрев .....    | 68 |
| 1.32 Изогнутый карандаш ..... | 70 |
| 1.33 Волшебный шарик .....    | 72 |
| 1.34 Камера-обскура .....     | 74 |
| 1.35 Слайд-проектор .....     | 76 |
| 1.36 Теневая физика .....     | 78 |
| 1.37 Вверх ногами .....       | 80 |
| 1.38 Цветная юла .....        | 82 |
| 1.39 Лови момент! .....       | 84 |

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ ЗВУК

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 2.1 Прыгающие зерна .....            | 90  |
| 2.2 Движущийся сгусток .....         | 92  |
| 2.3 Наглядный звук .....             | 94  |
| 2.4 Звук помогает видеть .....       | 96  |
| 2.5 Пятнышко... звука .....          | 98  |
| 2.6 Что у нас в пакетике? .....      | 100 |
| 2.7 Звук на поверхности .....        | 102 |
| 2.8 День непослушания .....          | 104 |
| 2.9 Звуки природы .....              | 106 |
| 2.10 Поющая соломинка .....          | 108 |
| 2.11 Мазетро, урежьте марш! .....    | 110 |
| 2.12 ...И маленькая дырочка .....    | 112 |
| 2.13 Выдуваем звук .....             | 114 |
| 2.14 Струнный инструмент .....       | 116 |
| 2.15 Переговорное устройство .....   | 118 |
| 2.16 «Гонг!» .....                   | 120 |
| 2.17 Кукарекающий стакан .....       | 122 |
| 2.18 Заставляем шарик пищать .....   | 124 |
| 2.19 Казу .....                      | 126 |
| 2.20 Поющие бутылки .....            | 128 |
| 2.21 Динь-динь .....                 | 130 |
| 2.22 Кристально чисто! .....         | 132 |
| 2.23 Ой вы, струны, мои струны ..... | 134 |
| 2.24 Меняем высоту звука .....       | 136 |
| 2.25 Буря в стакане .....            | 138 |
| 2.26 Громче звук! .....              | 140 |
| 2.27 Звук сквозь кость .....         | 142 |
| 2.28 Пой со мной! .....              | 144 |
| 2.29 Резонанс .....                  | 146 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 2.30 Услышь стук сердца .....   | 148 |
| 2.31 «Очки» для ушей .....      | 150 |
| 2.32 Хлопушка .....             | 152 |
| 2.33 Древняя звукозапись .....  | 154 |
| 2.34 Космические голоса .....   | 156 |
| Указатель .....                 | 158 |
| Ответы на <b>ЗАДАНИЕ!</b> ..... | 158 |
| Об авторе .....                 | 160 |

## БЛАГОДАРНОСТИ

Я рад чудесной возможности продолжать работу с командой издательства *Sterling Publishing* над новой серией научно-популярных книг. Я хочу поблагодарить редактора Хазель Чан за увлеченность, усердие, и оптимизм, а художницу Катарину Лери за талант и оформление книги в дружественном детям стиле. Также хочу выразить признательность Шейле Барри за понимание и поддержку этой серии, начиная от замысла.

Кроме того, в работе участвовало множество консультантов, коллег и друзей, которые на протяжении всего времени делились со мной своими знаниями и опытом, приобретенными на ниве научного просвещения. Их мысли, взгляды, объяснения и энтузиазм сформировали мой стиль обучения, язык и философию.

Также хочу сказать спасибо моему сыну Энтони, который помог мне реализовать все эти опыты и увидеть мир глазами ребенка!

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕЖДЕ ВСЕГО!

Следуй всем инструкциям, предостережениям и примечаниям по безопасности. Пользуйся защитными очками, чтобы уберечь свои глаза во время проведения опытов. Не оставляй опыты без присмотра. Опыты, в которых используется огонь, электрическая розетка, колющие и режущие предметы, а также все, что представляет возможную опасность, проводи под руководством взрослых. Автор и издатель не несут ответственности за ущерб и телесные повреждения, нанесенные в результате неточного выполнения инструкций по проведению опытов или нарушения правил безопасности.

## ВВЕДЕНИЕ

Эта книга является пособием, основная цель которого – помочь тебе провести более семидесяти увлекательных опытов для того, чтобы лучше усвоить знания. Проведя все эти опыты, ты сможешь овладеть магией науки. Кроме того, ты поймешь, что наука не ограничена учебными классами в школе, лабораториями, книгами и экстренными выпусками по радио и телевизору. Наука – это все, что существует вокруг тебя!

В отличие от большинства остальных дисциплин, для лучшего понимания естественных наук требуется проводить научные исследования. Привить детям любовь к исследованию – основная причина создания серии книг *Занимательные опыты*. Концентрируя внимание на понимании основных принципов, а не на механическом запоминании фактов, книги этой серии описывают доступные детям увлекательные опыты, развивающие аналитические способности.



CBET



## 1.1 ЛОВИМ ЛУЧИ

**Ч**то приходит тебе в голову, когда ты слышишь слово «луч»?

- А. Испаряющий все живое поток света, который испускает марсианский космический корабль.
- Б. Солнечные лучики.
- В. Марка известных часов.
- Г. Линия, вдоль которой распространяется свет.

Несмотря на то, что все эти ответы правильны, мы *сфокусируем* свое внимание на ответе Г. В данном случае луч – понятие, которое используется учеными для того, чтобы показать, как распространяется свет.

### Материалы

- \* *три картонные карточки*
- \* *пластилин*
- \* *ножницы*
- \* *карманный фонарик*

### Последовательность действий

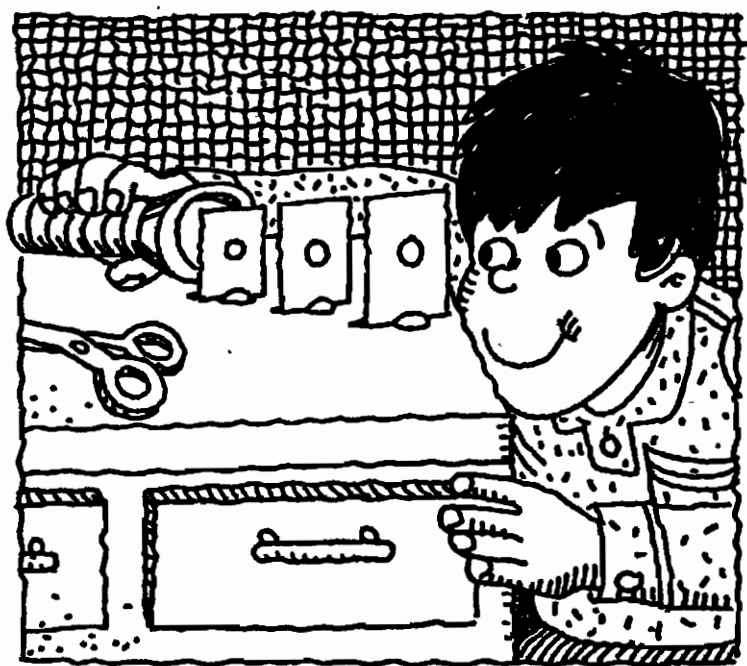
Ножницами прорежь в середине каждой карточки отверстие размером с копеечную монету. Сделай из комков пластилина подставку для каждой карточки и прилепи их на стол в линию так, чтобы отверстия находились на одной прямой.

Посвети фонариком в отверстие карточки, которая расположена от тебя дальше всего, и посмотри сквозь отверстие ближайшей карточки. Что ты видишь? Что можно сказать о траектории, по которой свет проходит от фонарика к твоему глазу?

Отодвинь среднюю карточку на пару сантиметров в сторону, чтобы теперь она загораживала путь свету. Что ты видишь теперь? Что произошло со светом? Можно ли увидеть какие-либо следы света на отодвинутой карточке? Объясни то, что наблюдаешь.

### Научное объяснение

Свет распространяется по прямой линии. Когда все три отверстия находятся на одной линии, то свет распространяется от фонарика вдоль этой линии и попадает прямо тебе в глаза. Когда средняя карточка сдвинута, то на пути света появляется преграда, и свет не может ее обогнуть, так как распространяется по прямой. Карточка не дает ему пройти оставшийся путь до твоего глаза.



## 1.2 РАДУГА НА ПОДНОСЕ

**Б**елый цвет на самом деле нечто большее, чем кажется на первый взгляд. Это смесь всех цветов радуги – красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового. Эти цвета составляют так называемый видимый спектр. Есть несколько способов, как разделить белый свет на составляющие. Вот один из них.

### Материалы

- \* *небольшое зеркальце*
- \* *вода*
- \* *фотографическая кювета*
- \* *лист белой бумаги*

### О С Т О Р О Ж Н О !

Ны в коем случае не смотри прямо на солнце или на его отражение в зеркале!

### Последовательность действий

Наполни кювету водой и поставь на хорошо освещенную солнцем поверхность. Поставь внутрь зеркало и наклони его так, чтобы оно опиралось на один из бортиков кюветы.

Посмотри на отражение, которое зеркало отбрасывает на близлежащую поверхность. Что ты видишь? Чтобы сделать изображение более четким, помести в место, куда отбрасывается отражение, лист белой бумаги.

### Научное объяснение

Свет распространяется волнами. Как и у морских волн, у них есть гребни, называемые *максимумами*, и впадины, называемые *минимумами*. Расстояние от одного максимума до другого называется *длиной волны*.

Пучок белого света содержит лучи света с разными длинами волн. Каждая длина волны соответствует определенному цвету. У красного цвета самые длинные волны. Дальше идут оранжевый, потом желтый, зеленый, голубой и синий цвета. У фиолетового цвета самые короткие волны.

Когда белый свет отражается в зеркале через воду, он разлагается на составляющие его цвета. Они расходятся и образуют картинку из параллельных цветных полос, называемую спектром.

**ЗАДАНИЕ!** Посмотри-ка на поверхность компакт-диска. Откуда взялась радуга?



БОЛЬШАЯ ДЛИНА ВОЛНЫ



МАЛАЯ ДЛИНА ВОЛНЫ



## 1.3 НА КРАЮ ПРОПАСТИ

Слышал ли ты когда-нибудь выражение «на краю пропасти»? Если да, то ты, наверное, знаешь, что обычно так говорят про человека, который оказался в смертельной опасности, и неизвестно заранее, выпутается он из ситуации или нет. Такой ход очень любят использовать создатели телефильмов, когда в конце серии помещают главного героя в ситуацию, из которой, казалось бы, нет выхода. Часто его оставляют висющим на скале над пропастью, а ты всю следующую неделю с нетерпением ждешь следующей серии, чтобы узнать, что с ним случится дальше. В нашем случае герой избежит опасности, и мы торжественно раскрасим финальную сцену во все цвета радуги.

### Материалы

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| * стопка книг                  | * карманный фонарик |
| * прозрачный стеклянный стакан | * пластилин         |
|                                | * вода              |

### Последовательность действий

Заполни стакан водой на одну треть. Поставь книги стопкой на какую-нибудь гладкую поверхность. Стопка должна быть чуть-чуть выше, чем длина фонарика.

Поставь стакан на стопку книг сверху так, чтобы часть его немного выдвигалась за край книги и висела в воздухе, но стакан бы не падал.

Поставь фонарик под свешивающейся частью стакана почти вертикально, и закрепи его в таком положении с помощью кусочка пластилина, чтобы не скользил. Включи фонарик и погаси свет в комнате.

Посмотри на потолок. Что ты видишь?

Повтори опыт, но теперь уже наполни стакан на две трети. Как изменилась радуга?

### Научное объяснение

Луч фонарика падает на заполненный водой стакан под небольшим углом. В результате белый свет разлагается на составляющие его компоненты. Соседствующие друг с другом цвета продолжают свой путь по расходящимся траекториям и, попадая в конце концов на потолок, дают такой замечательный спектр.



## 1.4 ЦВЕТА КОМПАКТ-ДИСКА

На одних хранятс я звуки. На других — компьютерные программы (которые часто также содержат звуки). Но, несмотря на то, что записанная информация так сильно различается, музыкальные и компьютерные компакт-диски (CD) очень похожи как внешне, так и по способу хранения данных. Огромное количество информации закодировано с помощью крошечных впадинок. Несмотря на то, что сами впадинки не видны, можно наблюдать интереснейшие оптические эффекты, которые они производят!

### Материалы

\* компакт-диск

\* карманный фонарик

### Последовательность действий

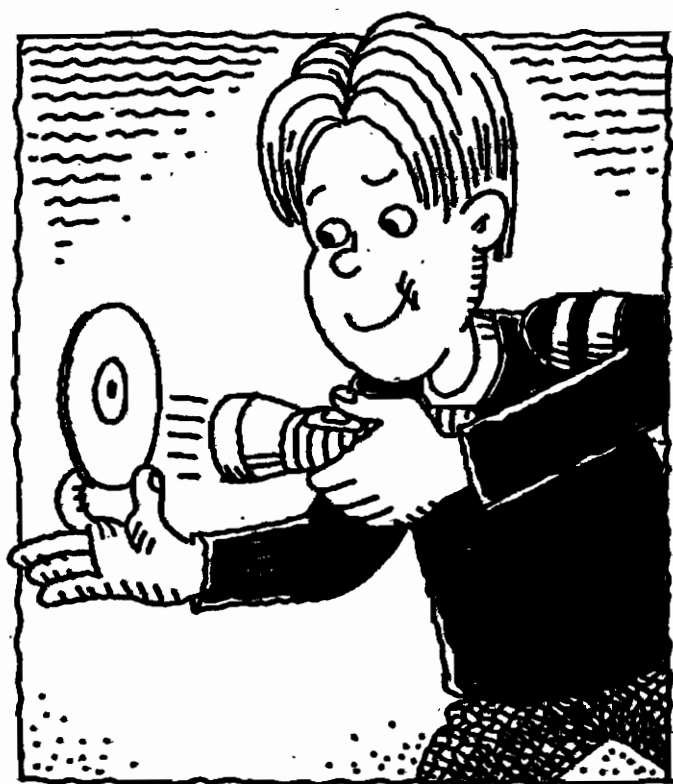
Возьми диск за самый краешек (иначе ты можешь поцарапать его и испортить данные). Посмотри на обе его стороны. Которая из них хранит информацию? Как ты узнал?

Возьми диск так, чтобы свет отражался от его поверхности. Что ты видишь? Постепенно меняй угол, под которым ты смотришь на поверхность диска. Что произошло с радугой? Отбрасывает ли диск радужные тени на стену?

Держи фонарик на расстоянии около 1 метра от диска. Направь луч на его блестящую поверхность. Видишь ли ты отраженную радугу? Подвинь луч фонарика ближе к диску. Появилось ли отражение радуги теперь?

### Научное объяснение

Блестящую поверхность диска покрывает невероятное количество расположенных близко друг к другу впадинок. Они находятся настолько близко друг к другу, что образуемая ими структура может влиять на распространение света. Когда белый свет падает на такую поверхность, то разлагается на составляющие его цвета. Порядок разложения зависит от длины волны. Цвета, соответствующие самым длинным волнам (красный), отклоняются меньше всех, а самым коротким (фиолетовый) — больше всех. Это отклонение и создает развернутые полосы спектра.





## 1.5 МЫЛЬНЫЙ СПЕКТР

**В**идел ли ты когда-нибудь нефтяную пленку, плавающую на поверхности воды? Если так, то замечал ли радужные разводы? Тонкий слой нефти, как и зеркало в воде (в опыте «Радуга на подносе»), разлагает белый свет на составляющие цвета. В следующем опыте, заменив нефть пенящимся мыльным раствором, ты получишь замечательные красочные результаты.

### Материалы

- |                                                                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| * <i>мыльный раствор</i>                                                   | * <i>глубокая тарелка</i>  |
| * <i>ершик для чистки курительной трубки (или кусок толстой проволоки)</i> | * <i>карманный фонарик</i> |
|                                                                            | * <i>липкая лента</i>      |
|                                                                            | * <i>лист белой бумаги</i> |

### Последовательность действий

Согни ершик для трубки (или кусок толстой проволоки) так, чтобы он образовал петлю. Не забудь сделать небольшую ручку, чтобы удобнее было держать. Налей мыльный раствор в тарелку.

Погрузи петлю в мыльный раствор и дай ей как следует пропитаться мыльным раствором. Через несколько минут аккуратно вынь ее. Что ты видишь? Видны ли цвета?

Прикрепи лист белой бумаги к стене с помощью липкой ленты. Выключи свет в комнате.

Включи фонарь и направь его луч на петлю с мыльной пеной. Расположи фонарь так, чтобы петля отбрасывала тень на бумагу. Опиши получившуюся тень.

### Научное объяснение

Очень тонкие пленки могут разлагать белый свет на его составляющие цвета. Белый свет, проходя сквозь мыльный раствор, распадается в спектр. Отделенные друг от друга, световые волны продолжают распространяться дальше и образуют цветную тень на близлежащей стене.

**ЗАДАНИЕ!** Почему нефтяная пленка на поверхности воды часто образует радужные разводы?



## 1.6 РАДУГА В ПРИРОДЕ

Пробовал ли ты когда-нибудь брызгать водой из садового пульверизатора прямо в воздух? Если освещение при этом правильное, то в образовавшемся тумане можно увидеть радугу. Где было в этот момент солнце – перед тобой или у тебя за спиной? В этом опыте ты еще раз сможешь сделать радугу с помощью струи пульверизатора. Запас воды будет ограничен только размерами бутылки.

### Материалы

- \* *бутылка с разбрызгивателем*
- \* *вода*
- \* *яркий свет*

### Последовательность действий

Наполни бутылку водой. В яркий солнечный день выйди на улицу и встань так, чтобы солнце было у тебя за спиной.

Держи бутылку прямо перед собой. Целься вверх и жми на разбрызгиватель несколько секунд для того, чтобы получилось достаточно большое облако мелких капелек воды. Возможно, понадобится немного отрегулировать разбрызгиватель, чтобы капельки получились достаточно мелкими.

Посмотри на облако брызг. Что ты видишь? Какую часть радуги ты можешь наблюдать? Какой цвет находится у внешней границы дуги, а какой – у внутренней?

### Научное объяснение

Для того, чтобы увидеть радугу, необходимы три условия: 1) солнце в этот момент должно находиться сзади тебя, 2) смотреть нужно в прямо противоположную сторону, 3) в воздухе должны быть мелкие капельки воды. Если все три условия выполнены, то радуга видна.

Свет, который попадает внутрь капельки воды, слегка отклоняется от своего направления и разлагается на составляющие цвета. Когда эти цветные лучи достигают противоположной поверхности капельки, они отражаются. Когда лучи в конце концов выходят из капельки, то распространяются уже не вместе, а по отдельности, и так попадают в глаз наблюдателя.



## 1.7 СКЛАДЫВАЕМ ЦВЕТА

**Верно-неверно?**

Каждый раз, когда ты видишь белый свет, то все цвета спектра присутствуют в нем.

Будешь ли ты удивлен, если узнаешь, что это *не так*? Получается, что твой мозг обманывается, если ему кажется, что ты видишь белый свет. Эта иллюзия возникает тогда, когда ты видишь смесь определенных цветов и оттенков. Две цветочные комбинации – а именно, синий с желтым и красный с бирюзовым – дают ощущение белого цвета.

Могут ли другие сочетания цветов давать иллюзию белого? Читай дальше.

### Материалы

- \* *три карманных фонарика*
- \* *прозрачные пластиковые папки для бумаг (красная, синяя и зеленая)*
- \* *ножницы*
- \* *липкая лента*

### Последовательность действий

Вырежи из прозрачной пластиковой папки каждого цвета диск размером примерно как стекло фонарика.

С помощью липкой ленты прикрепи цветные диски на чистое стекло фонариков. Направь красный на ближайшую к тебе белую стену. Что ты видишь?

Не выключая красный фонарик, направь туда же голубой так, чтобы круг голубого света наполовину перекрывал красный. Что получилось?

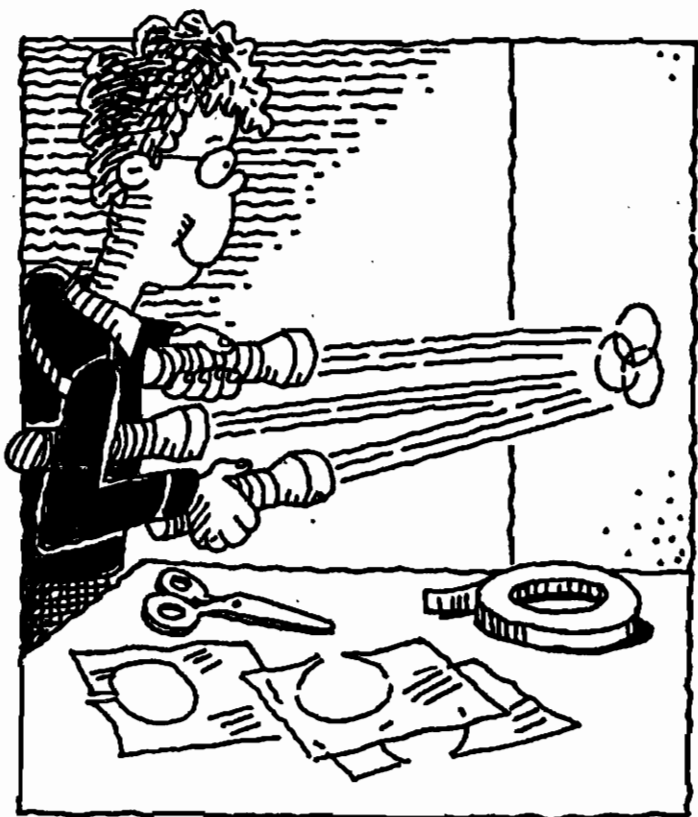
Теперь направь зеленый фонарик так, чтобы все три световых круга попадали в одно место на стене. Что получается, когда цвета добавляются друг к другу?

### Научное объяснение

Когда окрашенные лучи фонариков перекрываются, их цвета складываются. В отличие от красок на палитре, складываясь, они дают более светлый цвет. При определенных комбинациях цветов мы как бы «видим» белый цвет.

### **В реальной жизни**

В следующий раз, когда ты будешь в театре, внимательно приглядишься к рампе. Скорее всего, ты увидишь ряд прожекторов, окружающих сцену по краю. Они не белые, а цветные, и расположены в определенной последовательности. Когда все прожекторы зажжены, вместе они дают белый свет.



## 1.8 ВРАЩАЮЩИЙСЯ БЕЛЫЙ

**Н**равится это тебе, или нет, но наш мозг работает не так быстро, как хотелось бы. Когда мы смотрим на быстро сменяющие друг друга кадры, мозг не воспринимает каждый из них как отдельное изображение, а смешивает их. Эта неспособность мозга достаточно быстро «обновлять» изображение, которое ты видишь, называется инерцией зрительного восприятия. В нашем следующем эксперименте мы используем инерцию восприятия для того, чтобы получить несколько иной эффект.

### Материалы

- \* *плотная белая бумага*
- \* *ножницы*
- \* *цветные фломастеры (красный, синий и зеленый)*
- \* *капроновая нитка*
- \* *канцелярские кнопки*

### Последовательность действий

Скопируй чертеж, приведенный на следующей странице, на лист плотной белой бумаги. С помощью ножниц аккуратно по контуру вырежи круг.

Раскрась один из секторов красным фломастером. Если это возможно, используй оттенок красного, в котором есть немного желтого, или просто добавь небольшой желтый сектор.

Второй сектор раскрась зеленым. Третий – синим. С помощью канцелярской кнопки или другого острого предмета проткни два отверстия рядом с центром круга.

Отрежь кусок капроновой нитки длиной около 60 сантиметров. Продень нитку в отверстия и свяжи свободные концы вместе. Помести диск так, чтобы он находился на середине образованной нитками петли.

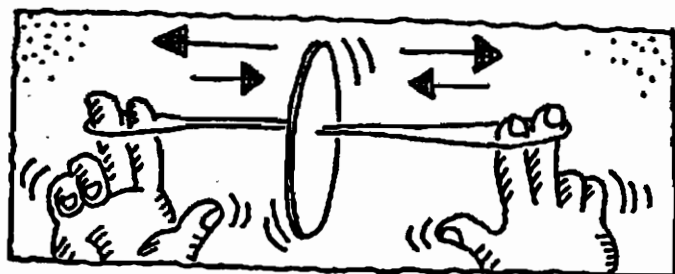
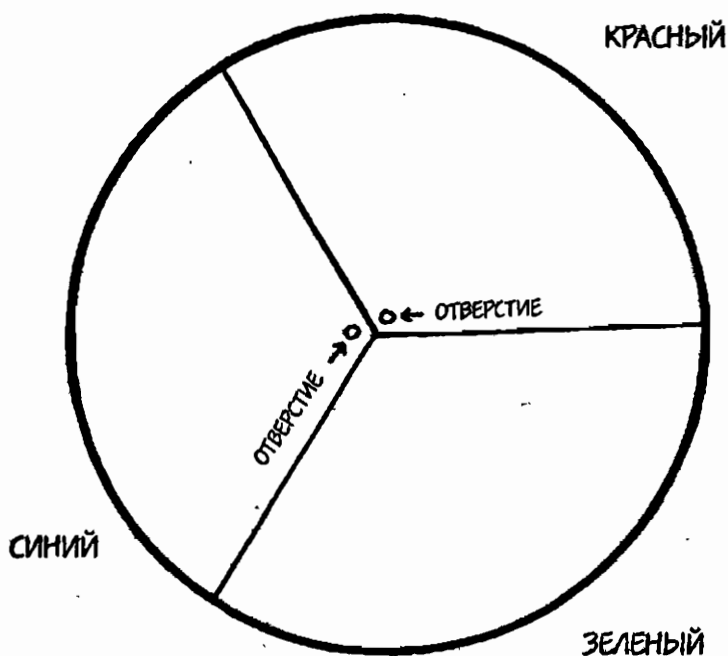
Тихонько потяни за концы петли. А теперь ослабь натяжение. Опять медленно потяни концы петли в разные стороны. Опять ослабь натяжение, дай им сойтись друг с другом. Потяни, ослабь. Потяни, ослабь.

Каждый раз все сильнее и сильнее тяни за концы петли. Продолжай делать это до тех пор, пока не приведешь диск во вращение.

Смотри на раскрашенную сторону. Можешь ли ты различить отдельные цвета? Что получается, когда скорость вращения увеличивается?

## Научное объяснение

Когда диск вращается, твои глаза видят красный, синий и зеленый цвета. При достижении определенной скорости вращения твой мозг уже не может разделить их, и отдельные элементы круга сливаются в один, который твоим мозгом принимается за белый (или, точнее, за некоторый оттенок светло-серого).





## 1.9 ПОЦАРАПАЙ ЗЕРКАЛО

**Е**сли бросить мячик так, чтобы он ударился о ровную стену, то скорее всего, ты сможешь достаточно точно предсказать, куда он отскочит после удара. Теперь предположим, что ты ударяешь мяч о шершавую или неровную стенку. Будет ли так же просто угадать, куда отскочит мяч? Почему?

### Материалы

- \* ненужная пластиковая коробочка от компакт-диска
- \* наждачная бумага
- \* вода

### Последовательность действий

Посмотрись в гладкую поверхность ненужной, а в недалеком будущем испорченной, обложки от компакт-диска. Что ты видишь? Что заставляет поверхность пластика создавать это отражение?

Возьми кусок наждачной бумаги и потри им поверхности пластика, чтобы поцарапать его. Что случилось с отражением?

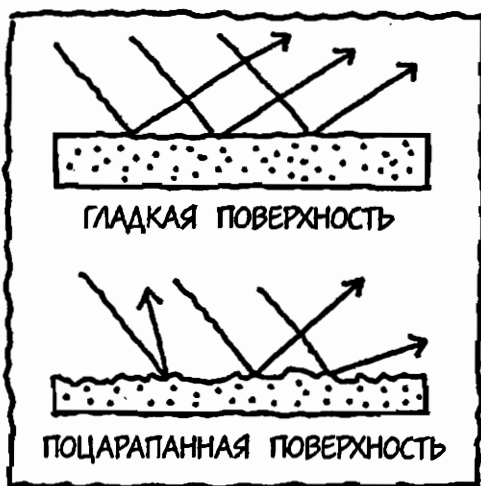
Смочи поцарапанную поверхность водой. Изменилось ли при этом качество изображения?

### Научное объяснение

Вначале поверхность коробочки была ровная и гладкая. Лучи света, падающие на такую поверхность, отражаются одинаковым образом и, следовательно, сохраняют очертания реального предмета. Таким образом, когда ты смотришься в коробочку, то видишь свое собственное изображение.

Когда ты провел куском наждака по гладкой поверхности, на ней образовались впадины и царапины. Они нарушили общее правило, по которому отражались все лучи, и рассеяли изображение оригинала.

Вода, попавшая на оцарапанную поверхность пластика, заполнила некоторые из образовавшихся царапин, поверхность стала ровнее, что и помогло ей вернуть диску часть его отражательных свойств.



## 1.10 КАК ТЕБЯ ВИДЯТ ДРУГИЕ

**П**осмотрись в зеркало. Кого ты видишь? Себя? Так ли тебя видят другие? Очень похоже, за исключением того, что право и лево поменялись местами. Когда ты смотришься в зеркало, то правая сторона твоего лица соответствует левой стороне отражения. Право-лево, лево-право... Есть ли способ как-то исправить это? !тсе отч, миропС

### Материалы

- \* *мамина губная помада*
- \* *два зеркала*

### Последовательность действий

Нарисуй помадой маленькую точку на своей правой щеке – ПРАВОЙ щеке. Теперь посмотришь в зеркало. Внимательно посмотри на отражение. Предположим, что отражение – это другой человек. На какой щеке у него точка?

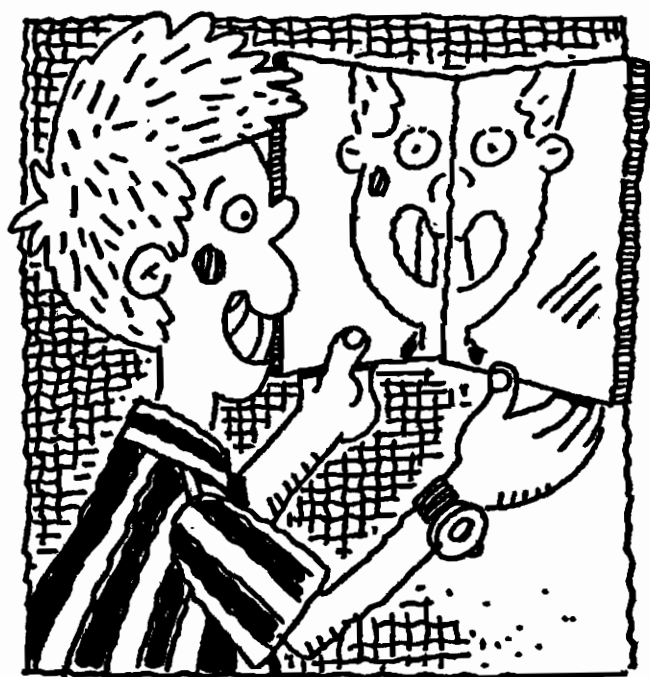
Теперь подмигни левым глазом. Еще раз. Опять посмотри на отражение. Какой глаз моргает?

Возьми второе зеркало. Сложи оба зеркала так, чтобы твое отражение было разбито посередине, одна половина на одном, а другая – на другом зеркале. Возможно, понадобится потратить время, чтобы подобрать нужный угол. Когда все будет готово, ты увидишь себя так, как видят тебя другие.

### Научное объяснение

В зеркальном отражении право и лево поменялись местами. Для того, чтобы поменять их местами еще раз (и сделать изображение нормальным), необходимо двойное отражение.

Используя два зеркала, ты создаешь систему с двойным отражением. Свет, идущий от точки на твоей правой щеке, сначала попадает на противоположную щеку отражения в первом зеркале, но потом отражается во втором зеркале. При этом происходит еще одна перемена правой и левой сторон, и точка попадает на нужную щеку. Это исправленное изображение и есть то, что ты видишь своими глазами.



## 1.11 ЗЕРКАЛОМ К ЗЕРКАЛУ

**В**анная комната часто служит хорошей лабораторией для проведения опытов с зеркалами. Отражение в зеркале над раковиной отражается в зеркале, висящем на внутренней стороне двери. То, что отражает зеркало на двери, отражается в зеркале для бритья, и потом, в свою очередь, отражается в зеркале для нанесения макияжа. Так что через некоторое время ты понимаешь, что не одинок – ванна полна людей, и все они выглядят в точности как ты и ставят физические опыты!

### Материалы

- \* два зеркала
- \* монетка

- \* небольшая игрушка
- \* пластилин

### Последовательность действий

Закрепи с помощью пластилина оба зеркала на столе так, чтобы они располагались отражающей стороной друг к другу и находились на расстоянии около 15 сантиметров.

Помести игрушку между этими зеркалами и, глядя в одно из них, посчитай количество ее отражений.

Попробуй догадаться, сколько отражений будет в другом зеркале. А теперь, если уж ты предположил, давай, проверь! Будет ли отражение одинаковым в обоих зеркалах, или одно из них покажет игрушку немного ближе? Почему?

Теперь посмотри, как наклон зеркал или изменение расстояния между ними влияет на изображение.

### Научное объяснение

Два параллельных друг другу зеркала создают такие условия, что количество отражений бесконечно. Каждый раз, когда изображение отражается, лучи света от него пересекают зазор между зеркалами, и попадают на другое зеркало, где опять отражаются... И снова, и снова, и снова, и вот перед нами череда постепенно уменьшающихся изображений.



## 1.12 ШУТКИ РАДИ

**Ч**то общего есть у слов воск, совок, звонок? Подумай! Не торопись. Небольшая подсказка — это не связано с их значением! Нечто общее у этих слов кроется в написании букв (а точнее, полубукв), из которых они состоят. Сдаешься?

### Материалы

\* *зеркало*

\* *пластмассы*

\* *ножницы*

\* *бумага*

\* *фломастеры*

### Последовательность действий

Вырежи из бумаги три прямоугольных карточки. Напиши слово «СНЕЖОК» на одной из них, слово «ЗЕВОК» на другой и «НОСОК» на третьей, причем пиши только ЗАГЛАВНЫМИ буквами без наклона.

Теперь, когда слова написаны, ножницами разрежь карточки пополам так, чтобы верхнюю половину слова отделить от нижней. Выкинь верхние половинки.

Приложи одну из нижних половинок обрезом к зеркалу. Смотри в зеркало. Что ты видишь? Как работает этот оптический фокус? Какие другие буквы и слова можно использовать?

### Научное объяснение

Добро пожаловать в науку о симметрии. Сколько здесь забавного! Буквы, которые мы использовали в этом опыте, могут быть разделены на абсолютно идентичные друг другу верхнюю и нижнюю половины, одну из которых можно заменить зеркальным отражением второй. А вот и все буквы, которые симметричны подобным образом: В, Е, Ж, З, К, Н, О, С, Х.





## 1.13 ОТРАЖЕННЫЕ ЛУЧИ

Пришло время для инструментов. Однако наш инструмент не поможет тебе забить в стену гвоздь или распилить надвое доску. Это простое устройство создает параллельные световые пучки. Изучая их поведение, ты узнаешь много нового о свойствах света.

### Материалы

- \* картонная карточка
- \* расческа
- \* ножницы
- \* липкая лента
- \* карманный фонарик
- \* зеркало
- \* пластилин

### Последовательность действий

Для того чтобы сделать «лучевую машину», вырежи в карточке прямоугольное отверстие так, как показано на рисунке 1. Липкой лентой приклей расческу к карточке так, чтобы более толстые зубья расчески находились напротив отверстия. Отогни боковые края листка, чтобы он стоял устойчиво.

С помощью пластилина прикрепил зеркало вертикально на середине стола. «Лучевую машину» поставь примерно в 10 сантиметрах от зеркала.

Зажги фонарик. Направь его луч сквозь зубья расчески так, чтобы он падал на зеркало. Посмотри, что происходит с получившимися параллельными пучками света, когда они отражаются в зеркале. Изменяют ли они свое направление? Как связаны между собой угол, под которым лучи падают на поверхность зеркала, и угол, под которым они отражаются?

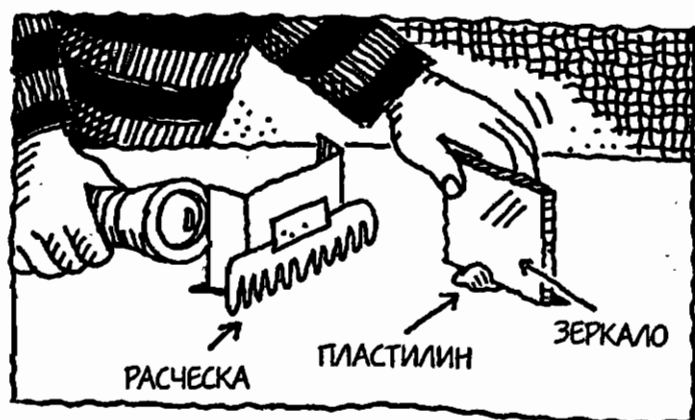
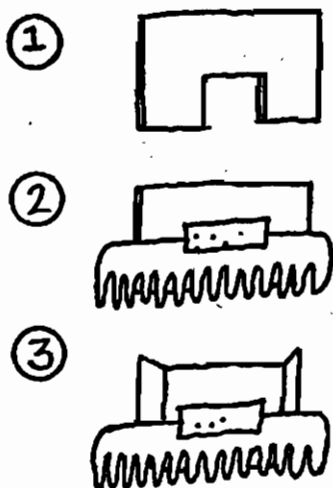
### Научное объяснение

Свет, который проходит сквозь промежутки между зубьями расчески, разделяется на более узкие пучки. Эти пучки падают на поверхность зеркала и отражаются от нее. Изучая лучи и их отражения, можно узнать, как свет ведет себя при попадании на зеркало.

**ДОПОЛНЕНИЕ.** Если внимательно присмотреться к пучкам света, то можно заметить, что с увеличением расстояния от источника света они расширяются и становятся менее сконцентрированными. Такое поведение обусловлено видом света, производимого лампочкой в карманном фонарике. Одна-

ко есть специальный прибор – ЛАЗЕР, который излучает свет так, что его пучок не расширяется. Лучи света в пучке ЛАЗЕРНОГО излучения могут оставаться параллельными даже на таких больших расстояниях, как расстояния между планетами! Конечно, в твоём доме вряд ли есть ЛАЗЕР. Так что в опытах надо учитывать расхождение лучей света.

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Не выбрасывай «лучевую машину»! Она тебе понадобится для других опытов.



## 1.14 СКАЧКИ

**Б**ольшая часть света, который падает на зеркало, не поглощается веществом, из которого сделано зеркало, а отскакивает от отражающей поверхности. Поскольку зеркало плоское, лучи света отражаются от него не беспорядочно, а продолжают идти параллельно, как и в падающем пучке. Отраженные лучи продолжают распространяться по прямой линии до тех пор, пока не достигают другого зеркала.

### Материалы

- \* карманный фонарик
- \* мишень
- \* пластилин
- \* липкая лента
- \* несколько небольших ручных зеркалец

### Последовательность действий

Нарисуй мишень из концентрических кругов. С помощью липкой ленты приклей ее на стену.

Потуши свет в комнате. Включи фонарик и направь его на мишень. Это просто, не так ли? Теперь давай немного усложним задачу, а заодно и понаблюдаем некоторые свойства зеркал.

С помощью пластилина закрепи одно из зеркал на столе. Направь луч фонарика на зеркало. Возможно, тебе понадобится прилепить фонарик пластилином к столу, чтобы закрепить его в этом положении. Подправь положение зеркала так, чтобы луч фонарика, отразившись от него, падал точно на мишень. Отлично.

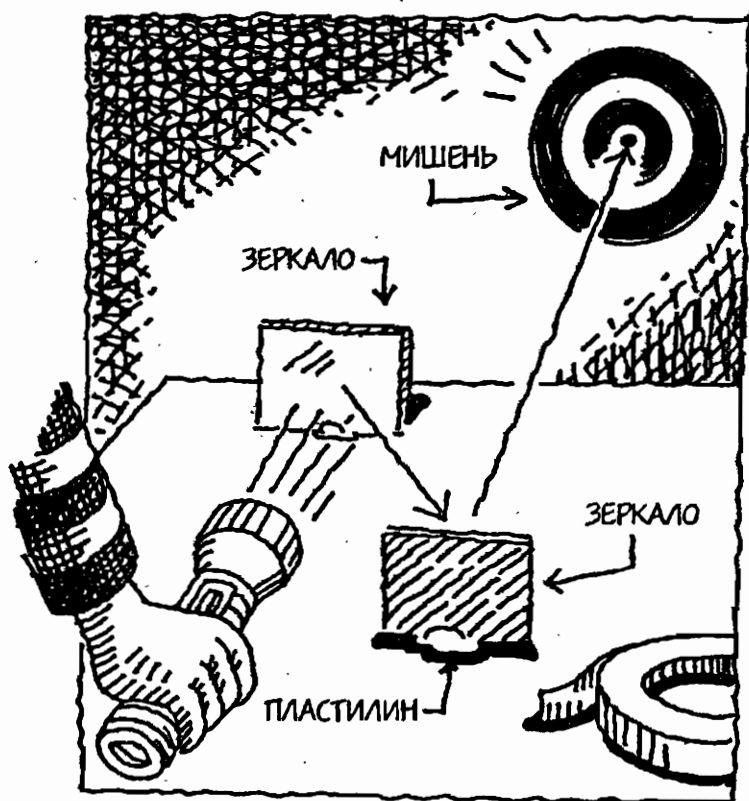
Закрепи на столе еще одно зеркало на расстоянии не больше метра от первого. А теперь подправь положения обоих зеркал так, чтобы луч фонарика, отразившись от первого зеркала, попадал прямоиком на второе. Луч фонарика, отраженный два раза, должен опять попадать на мишень.

Как ты думаешь, сколько зеркал можно добавить к этой системе?

**С ДРУЗЬЯМИ.** Возможно, тебе захочется повторить этот опыт вместе с друзьями. В таком случае вместо того, чтобы использовать пластилин, попроси каждого из них держать одно зеркало, после чего попытайтесь представить себе, по какой траектории будет двигаться световой пучок от фонарика до мишени.

## Научное объяснение

Свет падает на одно зеркало и, отражаясь от него, продолжает движение в другом направлении. Этот отраженный пучок света попадает на другое зеркало и, отражаясь, опять меняет направление. В конце концов он попадает на мишень. Ее поверхность — не зеркало, но и она все же отражает свет. Это «пятно» отраженного света мы и видим.



## 1.15 КАКОЙ УГОЛ?

**П**редставь себе, что ты пытаешься направить бильярдный шар прямо в бортик бильярдного стола. Если ты сделаешь это под прямым углом, то шар, отскочив от стенки, вернется туда же, откуда пришел. Однако если ты направишь его под другим углом, он не вернется в исходную точку, а отскочит в другом направлении. Должно быть, ты удивлен — что общего может быть у бильярдных шаров с лучами света? Читай дальше, и узнаешь.

### Материалы

\* карманный фонарик

\* линейка

\* небольшое зеркало

\* липкая лента

### Последовательность действий

С помощью липкой ленты сделай отметки на стене коридора или узкой комнаты. Первую отметку сделай на уровне 30 сантиметров над полом, вторую — на уровне 60 сантиметров, третью — на уровне 90 сантиметров и четвертую — на уровне 1 метр 20 сантиметров. Убедись, что все четыре отметки расположены точно друг над другом.

Положи зеркало на пол ровно посередине коридора, на одной линии с отметками на стене.

Погаси свет в коридоре. Зажги фонарь и помести его возле самой низкой отметки так, чтобы его ручка упиралась в стену. Направь луч фонарика на зеркало. А теперь посмотри, в какое место на противоположной стене попал отраженный луч. Пометь это место липкой лентой.

Подними фонарик до следующей отметки. Отметь липкой лентой место, куда попал отраженный луч на этот раз. Как влияет угол, под которым луч фонарика падает на зеркало, на его отражение?

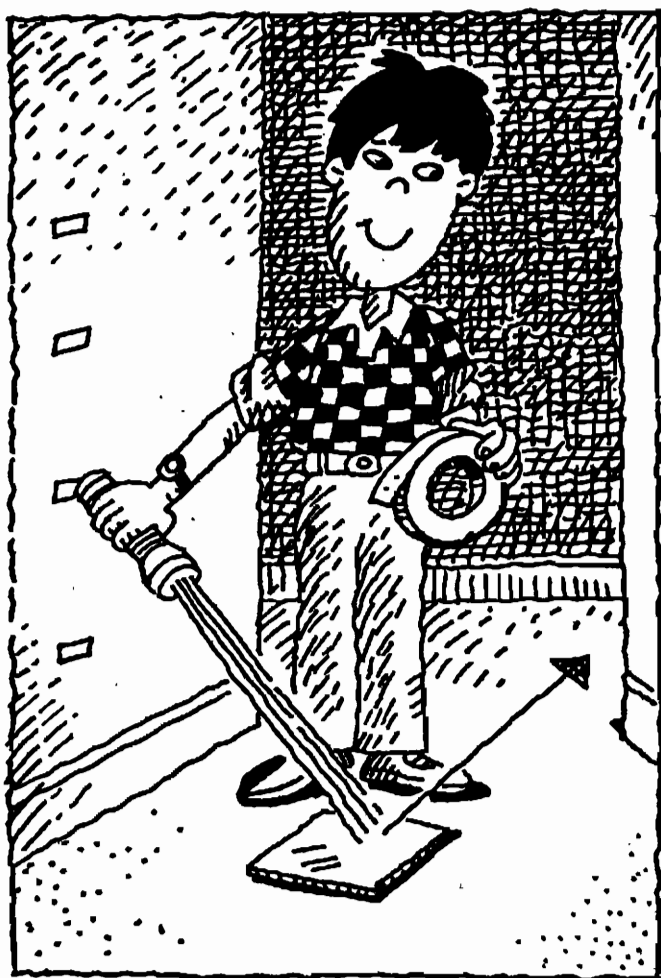
Предположим, что фонарик находится прямо над зеркалом. Куда в этом случае попадет отраженный пучок?

### Научное объяснение

Угол, под которым пучок света падает на зеркало, определяет и угол, под которым он отражается. Если пучок света (чаще называемый падающим лучом) падает на зеркальную поверхность под небольшим углом, то и отраженный луч будет распространяться под небольшим углом к поверхности. Если

же угол падения большой, то и угол отражения будет тоже большим.

В твоём опыте пятно света на противоположной стене всегда возникало на той же высоте, на какой находился фонарик. Так как угол падения равен углу отражения, это пятно и должно возникать на той же высоте.



## 1.16 ПУЛЬТ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**П**редставьте себе жизнь без пульта дистанционного управления телевизором. Ужасно! Однако, веришь или нет, до 1970-х годов все без исключения телевизоры не имели дистанционного управления. Для того чтобы переключить канал, надо было встать, подойти к телевизору и повернуть ручку... Невероятно!

### Материалы

- \* телевизор с пультом
- \* зеркало

### Последовательность действий

Включи телевизор. Попробуй попереключать каналы с помощью пульта. Отойди подальше и определи, на каком максимальном расстоянии от телевизора пульт работает. Помести лист бумаги между пультом и телевизором. Получается ли переключать каналы теперь, или бумага перекрывает путь сигналу?

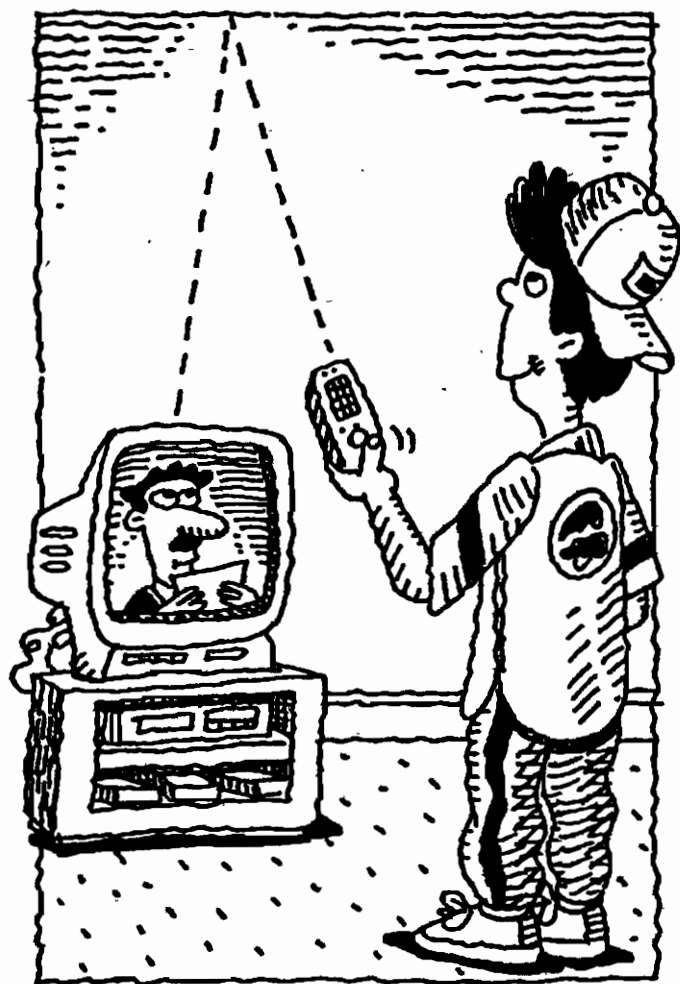
Отойди примерно на 3 метра от телевизора. Направь пульт на телевизор. Как далеко ты должен отойти от него, чтобы пульт перестал переключать каналы?

Может ли луч, отраженный от потолка, достигать телевизора? Попробуй отразить луч от потолка или стен. Будет ли луч отражаться этими поверхностями, или он поглощается ими?

Положи зеркало на пол ровно посередине между тобой и телевизором. Держи пульт на такой же высоте от пола, на какой расположен сам телевизор. Направь пульт на зеркало. Что получилось? Можешь ли ты объяснить свои наблюдения?

### Научное объяснение

Несмотря на то что пульт дистанционного управления не излучает видимый свет (в противном случае мы видели бы луч), он использует похожую форму энергии, которая называется инфракрасным излучением. Инфракрасное излучение, или ИК-излучение, обладает многими из свойств видимого света. ИК-лучи отражаются от зеркальной поверхности, поэтому луч, отраженный от зеркала, смог переключить канал. Как и видимый свет, эти лучи отразились от поверхности зеркала, после этого продолжили распространяться по прямой и попали в приемник телевизора.





## 1.17 ЗЕРКАЛЬНАЯ КОМНАТА

Среди отражений недолго и потеряться, особенно если ты пытаешься найти выход из комнаты смеха. Куда бы ты ни посмотрел, перед тобой лишь бесконечная череда отражений. Только благодаря интуиции можно выбраться из этого зеркального лабиринта. В этом опыте ты сам построишь маленькую, но не менее коварную зеркальную комнату.

### Материалы

- \* *три маленьких прямоугольных зеркала*
- \* *монета*
- \* *пластилин*
- \* *карандаш*
- \* *липкая лента*

### ОСТОРОЖНО!

Если ты взял стеклянные зеркала, то не снимай с них рамки – неприкрытые края стекла очень острые!

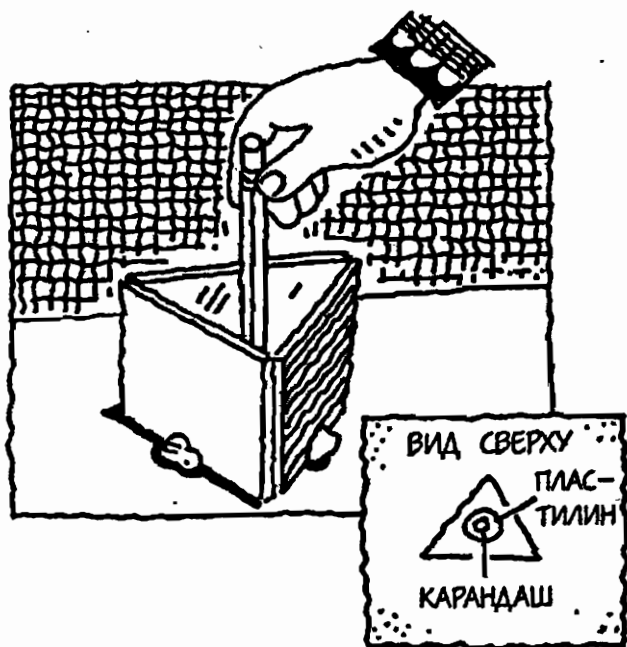
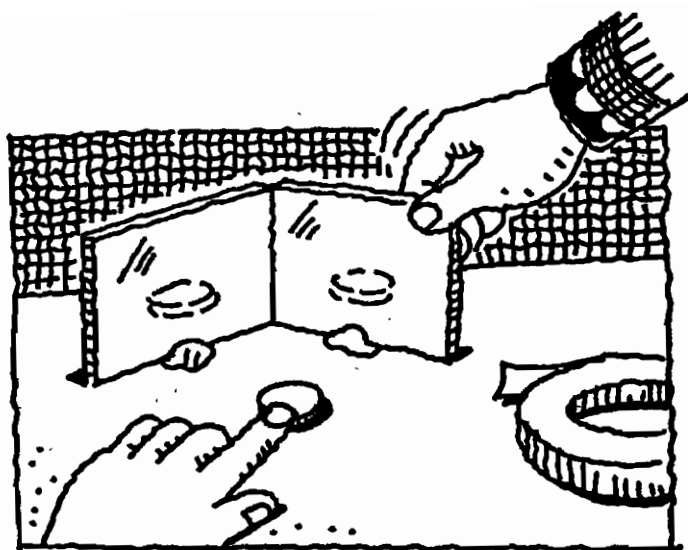
### Последовательность действий

С помощью пластилина закрепи два зеркала на столе так, чтобы они соприкасались краями и образовывали угол. Положи монетку между сторонами этого угла и посмотри на ее отражения в обоих зеркалах. Измени угол, под которым стоят зеркала. Что при этом изменилось в отражениях монетки?

Убери монетку и добавь к двум зеркалам третье так, чтобы получился треугольник. К кончику карандаша прилепи кусок пластилина и помести карандаш в центре этой маленькой «зеркальной комнаты». Внимательно посмотри в середину. Что ты видишь?

### Научное объяснение

Это все та же штука с зеркалами. Если посмотреть в одно из них, то увидишь больше, чем просто отражение предмета. Ты видишь отражение отражения отражения... Такое многократное отражение создаст практически бесконечный ряд изображений.



## 1.18 КАЛЕЙДОСКОП

**К**алейдоскоп — это игрушка, в которой законы отражения используются для того, чтобы создавать волшебные узоры. Хочешь узнать, как она работает? Просто следуй инструкциям!

### Материалы

- \* *три маленьких прямоугольных зеркала*
- \* *липкая лента*
- \* *калька (или пергамент)*
- \* *ножницы*
- \* *аптечная резинка*
- \* *несколько цветных прозрачных бусин*

### ОСТОРОЖНО!

Если ты взял стеклянные зеркала, то не снимай с них рамки — неприкрытые края стекла очень острые!

### Последовательность действий

Составь зеркала вместе так, чтобы получилась треугольная труба. Зеркала должны быть повернуты отражающей поверхностью внутрь. С помощью липкой ленты закрепи зеркала в таком положении.

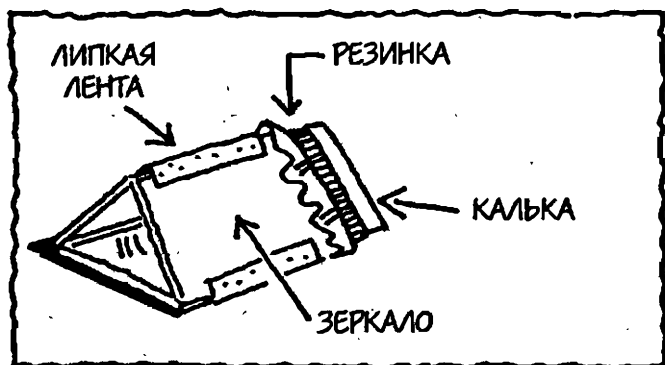
Отрежь кусок кальки, чтобы он был немного больше отверстия трубы. Плотнo закрой ею один из концов трубы и натяни кальку, после чего закрепи ее с помощью резинки. Через открытый конец трубы брось внутрь несколько бусин. Если бусин у тебя нет, то несколько кусочков цветного пластика или поделочной бумаги тоже подойдут.

Теперь посмотри в свободный конец трубы. Что ты видишь? Сколько там отражений? Потряси трубу так, чтобы бусины передвинулись. Что ты видишь теперь?

### Научное объяснение

Волшебные свойства калейдоскопа основаны на создании многократных отражений. Однако фигура, образованная тремя зеркалами, ограничивает число отражений. Каждое изображение (как и настоящий предмет) получается соединенным со своими двумя соседями.

**ЗАДАНИЕ!** Для чего у настоящего калейдоскопа имеется вращающаяся часть?



## 1.19 ПЕРИСКОП

**К**огда вы слышите слово «перископ», что сразу же приходит на ум? Несмотря на то, что первой вспоминается подводная лодка, самолеты также оснащены перископами. С их помощью пилоты могут осматривать всякие внешние механизмы, не выходя наружу. Неплохое решение, особенно если учесть, что там дует ветер со скоростью 700 километров в час, а температура достигает  $-50$  градусов по Цельсию!

### Материалы

- \* два зеркала
- \* липкая лента
- \* ножницы
- \* высокая картонная коробка (от бутылки с шампанским, печенья и т. п.)

### О С Т О Р О Ж Н О !

Если ты взял стеклянные зеркала, то не снимай с них рамки — неприкрытые края стекла очень острые!

### Последовательность действий

Срежь ножницами дно и верх коробки. Также надо прорезать окошки для наблюдения, которые будут находиться на противоположных концах и сторонах коробки.

Для того чтобы проделать эти окошки, надо вырезать маленькие прямоугольные отверстия длиной 5 сантиметров, примыкающие к краю.

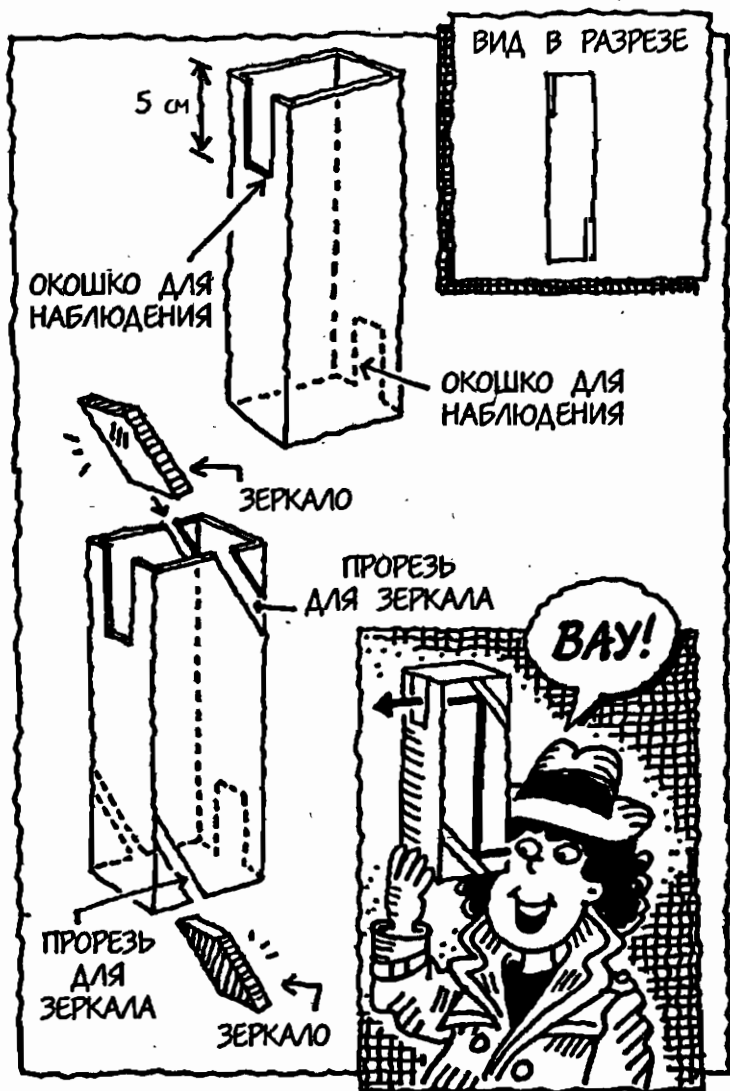
Теперь необходимо сделать прорезы для зеркал. Они делаются в тех сторонах коробки, в которых нет окошек, и наклонены под углом  $45$  градусов к краю, как показано на картинке. Они должны быть достаточно широкими, чтобы в них поместилось зеркало.

Вставь зеркала в прорезы и закрепи с помощью липкой ленты. Если хочешь, можешь заклеить открытые концы коробки прозрачной пленкой.

Посмотри через одно из наблюдательных окошек. Что ты видишь? Если ничего не видно, то, возможно, необходимо немного подкорректировать положение зеркал.

### Научное объяснение

Посмотри на рисунок — и все сразу станет ясно!



## 1.20 ОТРАЖЕНИЕ В ЛОЖКЕ

**З**еркала в комнате смеха создают очень забавные отражения. В одном из них ты видишь себя трехметрового роста. В другом — будто бы у тебя нет талии. Такой эффект создается с помощью искривленных зеркал.

### Материалы

*\* начищенная до блеска металлическая ложка*

### Последовательность действий

Возьми ложку в руку. Ложка имеет две стороны — выпуклую и вогнутую. Держи ложку вертикально прямо перед собой и посмотри в выпуклую часть ложки. Как выглядит твоё изображение? Видишь ли ты себя прямо или перевернутым вверх ногами? Отражение растянуто? Если да, то как ты выглядишь — выше или толще?

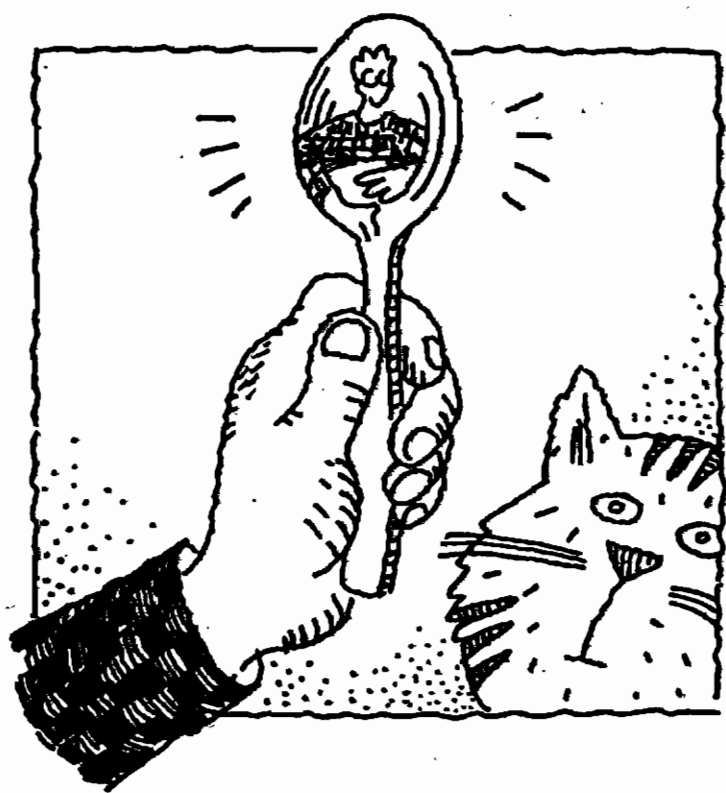
Теперь переверни ложку горизонтально. Как изменилось при этом изображение?

Опять держи ложку вертикально, но переверни так, чтобы смотреть в вогнутую сторону ложки. Как же теперь выглядит твоё отражение? Оно перевернуто? Изменились ли твои черты?

Теперь опять переверни ложку горизонтально. Как это повлияло на изображение? Медленно поднеси ложку ближе к глазам. Перевернулось ли изображение вверх ногами, или все осталось по-прежнему?

### Научное объяснение

Искажение отражения вызвано тем, что зеркальная поверхность искривлена. Когда параллельные лучи падают на искривленную поверхность, то они отражаются под немного разными углами. Это расхождение и схождение лучей и заставляет отражение выглядеть так забавно.





## 1.21 ОБЕРТКА

**Е**ще несколько лет назад все оберточные материалы изготавливались из бумаги. Теперь все чаще обертки делают из тонкой пластиковой пленки. Некоторые из них, особенно подарочные, имеют посеребренную отражающую поверхность. Наверняка ты получал подарок, обернутый в такую упаковочную пленку. Если да, то интересно, что ты сделал с зеркальной оберткой? Надеемся, что ты сохранил ее для очередного опыта.

### Материалы

- \* *посеребренная упаковочная пленка*
- \* *клеевой карандаш*
- \* *картонная карточка*
- \* *ножницы*

### Последовательность действий

Вырежи из посеребренной пленки прямоугольник такого же размера, как и карточка. С помощью клеевого карандаша аккуратно приклей пленку к карточке: сначала сложи их и потихоньку, от середины к краям, пригладь пленку, чтобы избавиться от пузырей воздуха. Подожди, пока клей высохнет.

Теперь посмотри на посеребренную карточку. Ты видишь в ней свое отражение? Хорошее зеркало получилось?

Теперь попробуй изогнуть «зеркало». Держа карточку за края, выгни ее так, чтобы она образовала выпуклое зеркало. При этом центральная часть карточки должна смотреть на тебя. Теперь сдвинь этот изгиб ближе к краю карточки. Как при этом изменилось твоё отражение? Что получится, если изменить угол изгиба «зеркала»?

Теперь сделай из карточки вогнутое зеркало. Можешь ли ты определить расстояние, на котором твоё отражение переворачивается вверх ногами?

### Научное объяснение

Хорошее зеркало обычно имеет очень ровную посеребренную поверхность. Например, стекло с обратной стороны покрыто серебряной краской (точнее, ртутной, так называемой амальгамой). Упаковочная пленка, конечно, не такое хорошее зеркало. Несмотря на то, что она покрыта серебристой краской, она не настолько ровна. Маленькие выпуклости и вогнутости на пленке сильно ухудшают ее отражающие свойства.



## 1.22 ОДНОСТОРОННЕЕ ДВИЖЕНИЕ

**К**акое странное место для зеркала — перед окошком кассы! Для чего оно здесь? В самом деле, зачем оно кассирше, если смотреться в него могут только клиенты? Или она следит за грабителями?

### Материалы

\* *посеребренная упаковочная пленка*

### Последовательность действий

Включи поярче свет в своей комнате. Возьми в руки серебристую оберточную пленку и туто натяни ее. Держи ее на вытянутых руках и посмотри на свое изображение.

Теперь поднеси пленку ближе к своему лицу, так, чтобы она касалась твоего носа. Видишь ли ты сквозь нее то, что находится в комнате?

Теперь попроси приятеля посмотреть на твое лицо за пленкой. Строй рожицы и попроси своего друга догадаться, что ты делаешь. Несмотря на то, что твой приятель не будет видеть, что происходит, ты-то все видишь! Конечно, изображение будет смутным, но все равно видимым!

### Научное объяснение

Такая оберточная пленка — хорошее одностороннее зеркало. Это свойство создается очень тонким слоем серебристой краски. Также как и на одностороннем зеркале, которым отгорожена касса в магазине, слой краски не настолько толст, чтобы загораживать весь свет, часть света все-таки проходит внутрь.

Для того, чтобы увеличить эффект одностороннего пропускания света, объект по одну сторону стекла должен быть ярко освещен, а по другую сторону света должно быть гораздо меньше.



## 1.23 КОМПАКТНОЕ КОПИРОВАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

**П**одожди к большому оконному стеклу в магазине. Смотри на него, и весьма вероятно, что ты увидишь кого-то очень знакомого, кто смотрит прямо тебе в глаза. Несмотря на то, что стекло прозрачное, оно все же имеет некоторые отражательные свойства. В следующем эксперименте мы используем как прозрачность, так и отражательную способность стекла для того, чтобы создать простейший копировальный аппарат.

### Материалы

- \* *прозрачная коробочка от компакт-диска*
- \* *чистый лист бумаги*
- \* *карандаш*
- \* *настольная лампа (если есть)*

### Последовательность действий

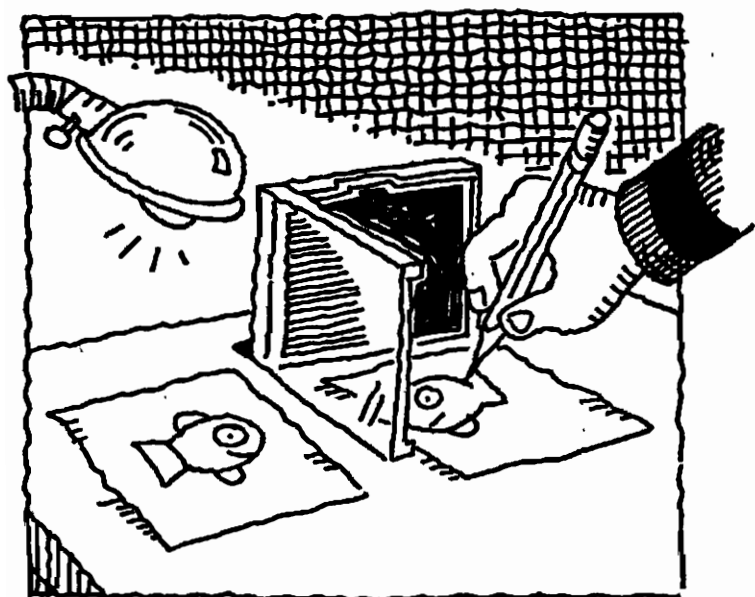
Положи чистый лист бумаги параллельно рисунку, который хочешь перенести. Вынь бумажную обложку из коробочки от компакт-диска. Открой коробочку и поставь на стол так, чтобы прозрачная часть была между рисунком и чистым листом.

Смотри на пластик с той стороны, где лежит картинка. Видишь слабое отражение? Яркость изображения можно увеличить, если подсветить лампой рисунок и одновременно сделать слабее свет над той частью стола, где находится чистый лист. Теперь можно обвести изображение, возникшее на чистом листе, по контуру, и ты получишь копию картинка. Чем полученная копия похожа на оригинал? Чем отличается?

### Научное объяснение

Прозрачный пластик имеет некоторые отражательные свойства. Свет от картинка падает на пластиковую коробочку, отражается от нее и попадает прямо тебе в глаза.

Когда ты смотришь сквозь прозрачный пластик на чистый лист, твой глаз «продолжает» эти лучи и проецирует изображение на чистый лист, находящийся за пластиком. Копия рисунка, которую нарисовал ты, является зеркальной по отношению к оригиналу, поскольку ты обводил контур зеркального отражения.



## 1.24 ЗЕРКАЛЬНОЕ ВОЛШЕБСТВО

**Д**ым и зеркала... Веками эти вещи были атрибутами волшебства. По слухам, все сценические фокусы делаются с помощью этих «инструментов». Одним из наиболее популярных номеров в XIX веке был номер с исчезновением и появлением человека по воле иллюзиониста. Мы, конечно же, не раскроем тебе секрет этого фокуса, однако ты и сам сможешь все понять после того, как проделаешь этот опыт.

### Материалы

- \* *прозрачный стеклянный стакан*
- \* *спички*
- \* *прозрачная коробочка от компакт-диска*
- \* *тарелка*
- \* *свеча*

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Поскольку в опыте используется открытый огонь, то проводить его можно только под наблюдением взрослых. Перед тем как зажечь спичку, убедись, что длинные волосы и одежда аккуратно убраны.

### Последовательность действий

Взнь бумажную обложку из коробочки от компакт-диска. Поставь коробочку на стол так, чтобы две ее части образовывали прямой угол. Конструкция должна быть устойчивой.

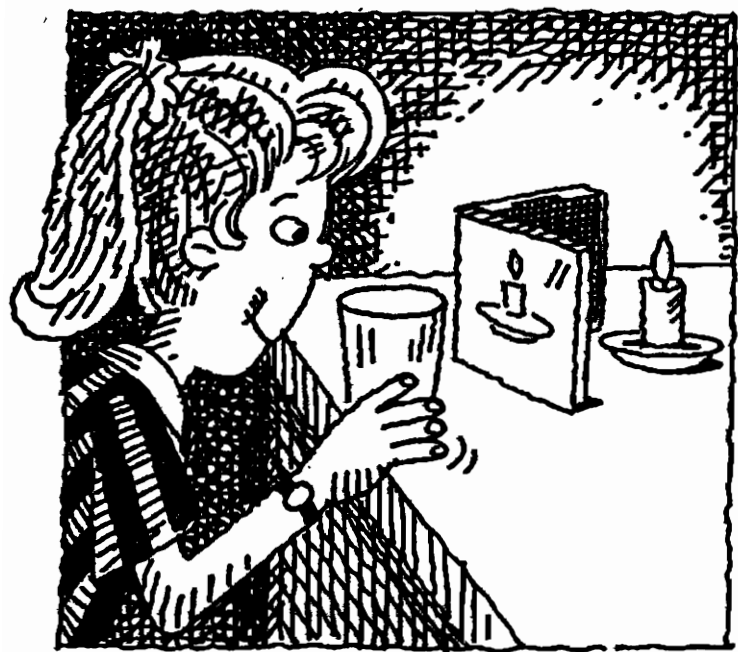
Поставь свечу на блюдце и помести за пластиковым «экраном». Стакан поставь на стол со своей стороны.

Попроси кого-нибудь из взрослых зажечь свечу. Посмотри на пластиковый экран и постарайся увидеть отражение стакана.

Подвинь стакан так, чтобы его отражение и изображение свечи, просвечивающей через пластик, совпали. Потуши свет в комнате. Если стакан стоит правильно, то отражение и просвечивающее изображение сливаются, и кажется, будто свеча горит в стакане. Волшебство? Ничуть! Только физика!

### Научное объяснение

Картинка, которую ты наблюдаешь на обложке компакт-диска, — это соединение отраженного света и света, прошедшего сквозь прозрачный пластик. Отраженный свет — это свет, приходящий от стакана. Свет, проходящий сквозь пластик, приходит от свечи. Поскольку оба изображения перекрываются, то твой мозг считает, что их источники находятся в одном месте, а именно, что свеча горит в стакане.





## 1.25 ПОЯВЛЕНИЕ ИЗ НИОТКУДА

**В** нашем следующем опыте мы сделаем так, что миллиард долларов возникнет просто из ничего! Бурные аплодисменты! Ох, просим прощения, в свете последних принятых Думой законов, касающихся налогов, мы не сможем безнаказанно оперировать такой большой суммой денег. Так что с миллиардом долларов ничего не выйдет, зато законом не запрещено сделать так, чтобы спрятанный рубль вдруг внезапно возник, как по волшебству.

### Материалы

- \* *непрозрачная миска или бульонная чашка*
- \* *чашка с водой*
- \* *железный рубль*

### Последовательность действий

Положи рубль на дно непрозрачной миски или чашки. Постепенно отодвигай ее от себя, чтобы в конце концов край кружки закрыл монету от твоего взгляда. Монета исчезла?

А теперь предположим, что лучи света движутся не по прямым, а по искривленным траекториям. Как может такое странное поведение повлиять на твои наблюдения? Не отрывая взгляд от чашки с монетой, осторожно налей в нее воду.

Когда вода поднимется достаточно высоко, ты вдруг сможешь вновь увидеть «потерянный» рубль. Как же получилось, что он появился снова?

### Научное объяснение

Лучи света движутся по прямым траекториям. Но если луч переходит из одного вещества в другое (физики обычно говорят — из одной среды в другую), то путь света может искривиться. Физики говорят, что лучи света испытывают преломление (или просто преломляются) на границе двух сред. Граница (или поверхность раздела) между воздухом и водой заставляет луч света изгибаться, именно поэтому, глядя на поверхность воды, ты не видишь предметы, которые находятся прямо на луче зрения. Вместо этого ты можешь увидеть предметы, которые затонули где-то в стороне от того места, куда ты смотришь.



## 1.26 И ЕЩЕ НЕМНОГО ВОЛШЕБСТВА

**Х**орошо-хорошо, тебе понравился последний фокус. Бурные аплодисменты. Теперь, конечно же, тебе хочется выучиться еще какой-нибудь «волшебной» штучке, чтобы разыграть своего младшего братишку или сестренку. Как насчет исчезновения? Нет-нет, как бы тебе ни хотелось, но мы не сможем сделать так, чтобы он или она исчезли. Мы будем тренироваться на чем-нибудь менее надоедливом – например, другой монетке.

### Материалы

\* *прозрачный стакан*

\* *вода*

\* *небольшое блюдце*

\* *металлический рубль*

### Последовательность действий

Старайся вести себя так, будто ты на сцене цирка перед многотысячной толпой. Заставь публику обратить внимание на твоё магическое мастерство, декорации, режиссуру представления. Аккуратно поставь стакан дном на монету.

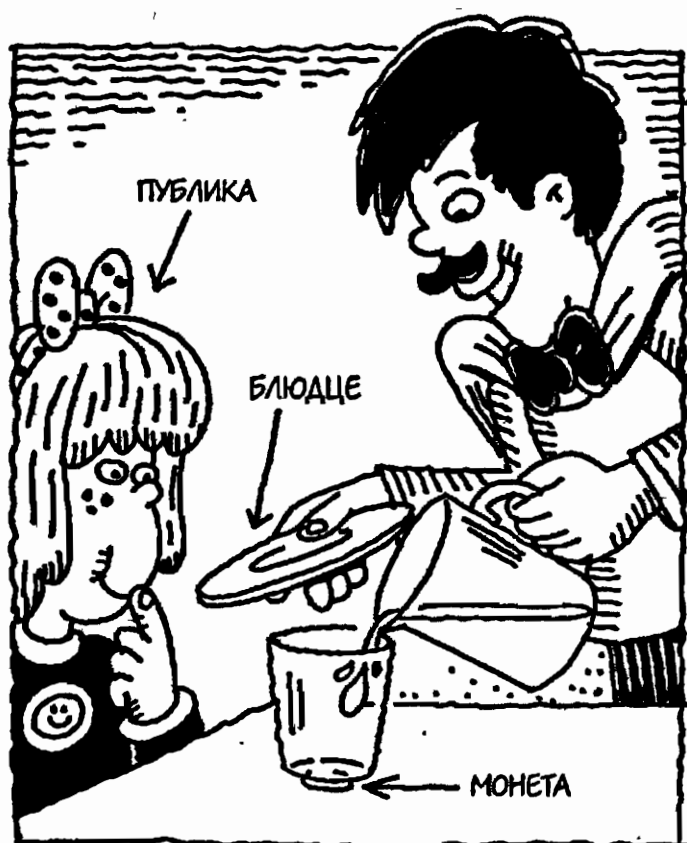
Накрой его блюдцем (оно нужно для того, чтобы зрители не смотрели прямо в стакан). Публика может видеть монету сбоку. Убедись, что все видят её.

Теперь немного приподними блюдце, наполни стакан водой, и положи блюдце на место. Видят ли зрители монету? Что же с ней произошло?

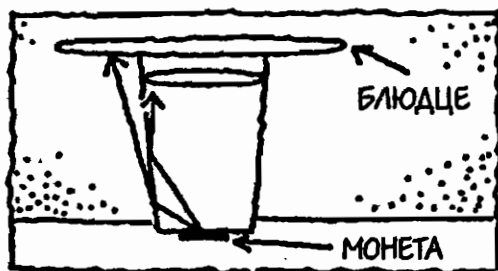
### Научное объяснение

Дело здесь в том же самом свойстве лучей, что и в предыдущем опыте. Лучи света, отраженные монетой, распространяются по прямой линии. Когда стакан пуст (а на самом деле – наполнен воздухом), искажений практически нет и лучи идут прямо от монеты к твоим глазам. Но если налить воды, то все изменится.

Итак, вначале лучи света распространяются в воде. Когда они достигают стенки стакана, то некоторые из них отражаются внутрь стакана и идут вдоль стенки стакана. Те лучи, которые вышли из стакана, изменяют свое направление так, что продолжают распространяться почти вертикально вверх и «упираются» в бортик блюдца. Так как лучи света, которые «несут» в себе изображение монеты, не могут добраться до твоих глаз, объект «исчезает».



ВИД СБОКУ



## 1.27 БОЛЬШЕ СВЕТА!

**Б**ЫЛИ ты когда-нибудь в стереокино? Если да, то наверное, помнишь, что тебе выдали специальные очки, и как здорово все было! Герои прямо выпрыгивали из экрана! И как это у них получается создавать объемное изображение? Но стоит только снять очки – и становится совершенно непонятно, что это за кино. Кадры выглядят как бы не в фокусе. На самом деле ты видишь два немного разных фильма, одновременно проектируемых на один экран. А те очки, что тебе выдали, содержат специальные поляризационные линзы. Они отделяют одно изображение от другого, и посылают их в разные глаза, а уж твой мозг делает все остальное – и пожалуйста, полная иллюзия объемного изображения!

### Материалы

*\* две пары солнечных очков с поляризационными линзами (не просто солнечных очков – их линзы должны быть сделаны из поляризационного материала)*

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Если ты одолжил чужие очки – будь с ними поаккуратнее и постарайся не сломать и не поцарапать их.

### Последовательность действий

Закрой один глаз, а другим посмотри сквозь поляризационную линзу. Что ты видишь? Все вокруг немного потемнело? Хорошо.

Теперь держи вторую линзу перед первой и смотри сквозь обе сразу. Что ты видишь теперь?

Медленно поверни одну из линз по кругу. Что происходит? Можно ли повернуть вторую линзу так, чтобы свет вообще не проходил сквозь них?

### Научное объяснение

Покажи рукой знак «отлично», оттопырив большой палец. Теперь вытяни указательный палец вперед. Твой указательный палец указывает направление, в котором распространяется свет, а большой палец показывает направление, в котором колеблются световые волны.

Теперь покрути руку в запястье. Заметь, что при этом направление распространения волн не меняется, а колебания волны могут происходить во всех направлениях по кругу. Мож-

но ограничить эти направления только одним, для этого существуют поляризационные фильтры. Они отсекают все волны света, которые колеблются вне выбранного направления.

Если у тебя есть целых два фильтра, твои возможности расширяются. Если один фильтр ты установишь так, чтобы он пропускал только волны, которые распространяются вверх-вниз (все остальные волны при этом обрезаются), а другой – вправо-влево, то через такую систему свет вообще не пройдет.



## 1.28 ЗЕРКАЛЬНОЕ ПИСЬМО

**Л**еонардо да Винчи писал в своих дневниках в обратном направлении. Считается, что он делал это для того, чтобы никто не прочитал их и не украл его идеи. Пытался ли ты когда-нибудь читать что-то, написанное справа налево? Поверь нам, это нелегко!

### Материалы

- \* белая бумага
- \* ручка
- \* копировальная бумага
- \* зеркало

### Последовательность действий

Положи кусок копировальной бумаги на стол мажущей стороной вверх. Сверху на нее положи лист белой бумаги. Напиши на ней свое имя, после чего подними и поверни лист бумаги. Что ты видишь на обратной стороне?

Теперь поднеси к имени, написанному справа налево, зеркало. Что ты видишь теперь?

Положи белую бумагу обратно на стол, а зеркало держи над листом. Возьми ручку и попробуй написать несколько предложений, смотря не на бумагу, а на отражение в зеркале. Что получилось?

### Научное объяснение

Когда ты писал свое имя, то нажимал ручкой на бумагу, которая в свою очередь давила на копировальную бумагу, которая работает, если на нее надавливать. Поэтому на обратной стороне листа белой бумаги остался отпечаток. Посмотрев на него, ты поймешь, что надпись сделана в обратную сторону. Зеркало же перевернуло надпись в нормальное положение.

Если во время письма смотреть не на бумагу, а в зеркало, то все будет по-другому. Твой мозг постоянно контролирует то, что ты делаешь, так что во время разговора и письма он проверяет, как именно ты говоришь или пишешь. Если же происходит нечто такое, чего мозг не ожидает, он тут же старается исправить ситуацию. Поэтому мозг изменяет то, как ты пишешь, чтобы результат соответствовал отражению в зеркале.

**ЗАДАНИЕ!** Попытайся пройти лабиринт, смотря только на его отражение в зеркале.





## 1.29 КАК РАБОТАЕТ ЛИНЗА

**П**редставь, что ты катишь магазинную тележку по мощной улице. Внезапно одно из колес соскальзывает с плитки и вязнет в песке. И хотя это колесо продолжает вращаться, остальные колеса, находящиеся на более твердой поверхности, вращаются гораздо быстрее. Это приводит к тому, что тележка крутится на месте вокруг увязнувшего колеса.

Подобно вращающейся тележке, лучи света тоже можно повернуть. Хочешь посмотреть?

### Материалы

- \* «лучевая машина» (из опыта с ОТРАЖЕННЫМИ ЛУЧАМИ, стр. 32)
- \* лупа
- \* пластилин
- \* карманный фонарик
- \* прозрачный стеклянный стакан
- \* вода
- \* капля молока

### Последовательность действий

Наполни стакан водой на три четверти и поставь его на ровную поверхность.

Поставь «лучевую машину» в десяти сантиметрах от стакана. Включи фонарик и направь его луч сквозь зубья расчески. Получившиеся лучи будут видны на поверхности стола.

Подвинь стакан так, чтобы эти лучи падали на центральную часть стакана. Для этого может понадобиться поставить «лучевую машину» на книжку для того, чтобы достигнуть наилучшего угла падения. Теперь посмотри на всю конструкцию сверху. Что происходит с лучами, когда они достигают стакана с водой? Сколько раз меняется их направление? Для того, чтобы лучше видеть, как идут лучи внутри стакана, добавь в воду капельку молока.

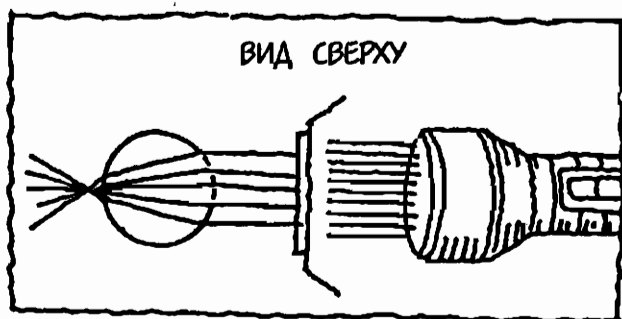
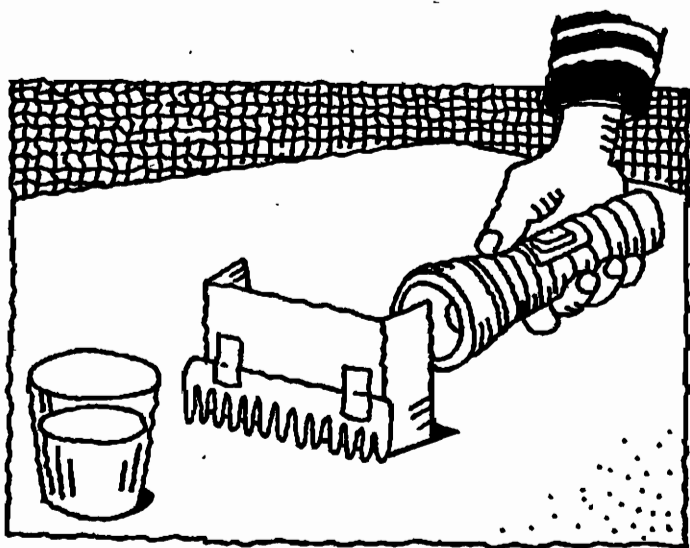
Теперь убери стакан с водой и помести на его место лупу так, чтобы лучи проходили через ее центр. Что происходит с лучами? Похожа ли эта картина на то, что получалось со стаканом?

### Научное объяснение

Когда параллельные лучи света падают на сосуд с водой, то их направление меняется. Первый раз это происходит, когда

они только касаются стакана. Стенки сосуда и вода заставляют лучи собираться вместе.

В стакане с водой лучи распространяются по прямой линии. Еще одно изменение направления происходит при выходе из сосуда. Лучи начинают сходить еще ближе друг к другу. В нескольких сантиметрах от стакана все лучи сходятся в одной точке, образуя яркое пятно. Эта точка называется *фокусом*. В фокусе лучи наиболее сконцентрированы. За фокусом лучи опять расходятся.



## 1.30 ВОДНЫЙ УВЕЛИЧИТЕЛЬ

**З**наешь ли ты, что первые увеличивающие линзы были сделаны с помощью... воды! Античные художники наливали воду в стеклянные сосуды, имеющие круглое сечение. Когда такой сосуд подносили к предмету, вода увеличивала его изображение. Тысячи лет спустя пришел твой черед сделать водный увеличитель.

### Материалы

- \* *небольшой стеклянный флакон или пробирка с крышечкой (смотри замечание)*
- \* *чистая вода*
- \* *бумажная салфетка*
- \* *газета*

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Это может быть прозрачный флакончик от одноразового шампуня в гостинице, или небольшая пробирка от пробника духов или ароматического масла, а также подойдет и прозрачный пластиковый контейнер для контактных линз. Только проследи, чтобы емкость **обязательно** была новой или чисто вымытой с мылом.

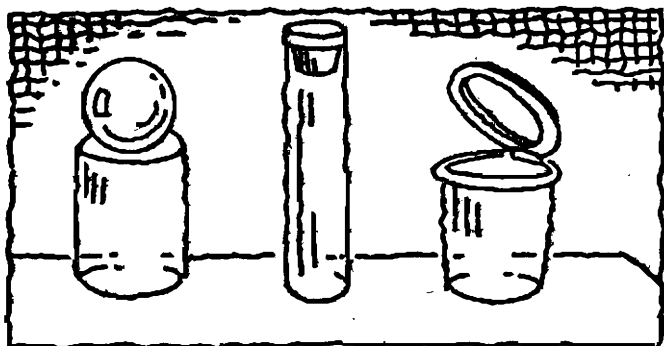
### Последовательность действий

Наполни чистую прозрачную емкость водой до краев и закрой ее крышкой так, чтобы вода не выливалась. Салфеткой сотри все капли, которые остались на внешней поверхности сосуда.

Положи наполненный водой (но сухой) сосуд боком на газетную страницу. Внимательно посмотри на буквы под ним. Что ты видишь? Подвигай сосуд вверх и вниз по листу. Как при этом ведет себя изображение?

### Научное объяснение

Вода в сосуде с круглым сечением приняла искривленную форму, напоминающую линзу. Лучи света, попадающие в такую водяную линзу, отклоняются. Это отклонение и создает увеличенное или растянутое изображение букв.



## 1.31 ВКЛЮЧАЕМ НАГРЕВ

Закрой глаза и посмотри на небо. Даже не открывая глаз, ты можешь определить, где находится солнце. Тепло лучей этой ближайшей к нам звезды позволяет нам безошибочно определить ее положение.

Теперь представь себе, что произойдет, если ты сможешь сфокусировать солнечные лучи в одной точке. Получится очень яркое световое пятно, настолько горячее, что с его помощью можно даже пережечь веревку!

### Материалы

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| * <i>пластиковая бутылка</i> | * <i>черная нитка</i> |
| * <i>липкая лента</i>        | * <i>лупа</i>         |
| * <i>гвоздь</i>              | * <i>ножницы</i>      |

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Проводи этот опыт только под наблюдением взрослых!

### Последовательность действий

Отрежь кусок нитки длиной около 15 сантиметров. К одному концу привяжи металлический гвоздь, а другой конец привяжи к горлышку бутылки. Нитка должна свободно висеть внутри бутылки.

Поставь бутылку в солнечное место. С помощью лупы сконцентрируй солнечные лучи на нитке. Старайся удерживать яркое пятнышко на одном месте. Что произошло? Ты можешь это объяснить?

### Научное объяснение

Лупа фокусирует лучи в очень яркое и горячее пятнышко. Когда такое пятнышко попадает на нитку, температура ее повышается и через некоторое время становится достаточной для того, чтобы нить начала дымиться. Когда достаточное количество волокон в нити перегорит, она порвется и гвоздь упадет на дно бутылки.



## 1.32 ИЗОГНУТЫЙ КАРАНДАШ

 казывается, совершенно не обязательно ехать в пустыню, чтобы увидеть мираж. Достаточно посмотреть на длинное шоссе в теплый летний день, и ты увидишь лужи воды.

Если подойти ближе к этим блестящим пятнам, то они сразу же «высыхают». Как же это происходит? На самом деле никаких луж нет, это мираж. Он создается искаженными солнечными лучами. То, что кажется водой, — на самом деле голубое небо. Нагретый воздух над дорогой работает как линза и отклоняет лучи, в результате чего нам кажется, что небо не над нами, а на дороге.

### Материалы

- \* карандаш
- \* прозрачный высокий стакан
- \* вода

### Последовательность действий

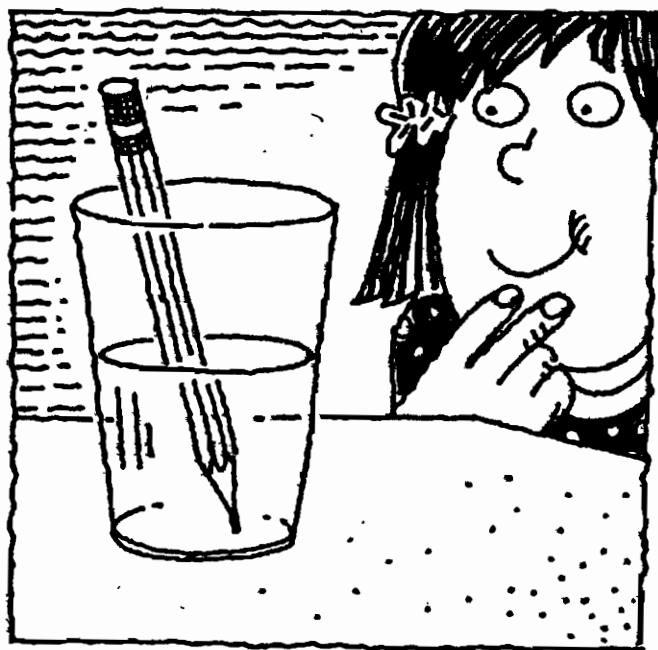
Наполни стакан водой и поставь в него карандаш. Опиши, как выглядит карандаш. Он прямой или изгибается в том месте, где входит в воду?

Медленно наполни стакан водой до краев. Что происходит с перегибом, когда уровень воды поднимается?

### Научное объяснение

Стакан с водой действует как линза. Твои глаза видят изогнутые лучи, но мозг считает их прямыми и «проектирует» помещенный в воду карандаш на то место, где его нет.

Напротив, над поверхностью воды обмана зрения не происходит. Лучи света не изгибаются, и мозг правильно проецирует изображение. Таким образом, «перелом» возникает на границе раздела двух различных сред.





## 1.33 ВОЛШЕБНЫЙ ШАРИК

**Т**вой глаз содержит маленькую линзу, которая называется *хрусталиком*. Подобно объективу фотоаппарата, эта линза фокусирует свет. Но, в отличие от стеклянной линзы фотоаппарата, сделана она из живой мышечной ткани. Подобно другим видам мышц, хрусталик может сокращаться и растягиваться. Изменяя форму, хрусталик может сфокусировать далекие и близкие объекты на чувствительную к свету часть глаза — *сетчатку*. Без этой маленькой линзы в нашем глазу весь мир казался бы нам размытым.

### Материалы

\* белая стена

\* стеклянный шарик (прозрачный, без дефектов и вкраплений)

### Последовательность действий

Встань напротив белой стены. Убедись, что твое тело достаточно освещено. Держи шарик на расстоянии 10 сантиметров от стены. Посмотри на стену прямо под шариком. Что (или кого) ты видишь?

Теперь поднеси шарик к выбоине или царапине на стене. Подвигай его взад-вперед, чтобы сфокусировать изображение. Как выглядит изображение царапины в шарике?

### Научное объяснение

Стеклянный шарик действует как линза. Лучи света, отраженные твоим телом, падают на шарик, проходят сквозь него и попадают на стену. Если шарик находится на нужном расстоянии от стены, на ней появляется твое уменьшенное изображение.

Совершенно так же, как и линза, шарик увеличивает царапины и трещины в стене, потому что лучи света от них, пройдя через шарик, расходятся.



## 1.34 КАМЕРА-ОБСКУРА

 посмотри вокруг. Все выглядит так, как должно быть. Однако на самом деле твои глаза видят все совсем не так. Хрусталик проецирует на сетчатку изображение вверх ногами, и наш мозг учится «переворачивать» его еще в младенчестве.

### Материалы

- \* *пластиковый стаканчик*
- \* *аттечная резинка*
- \* *калька (или пергамент)*
- \* *канцелярская кнопка*
- \* *ножницы*

### Последовательность действий

Кнопкой проделай отверстие в дне стаканчика, ровно по центру. Отрежь кусок **кальки** размером немного больше, чем диаметр **стакана**. Накрой им стакан сверху и закрепи с помощью **резинки**.

Погаси свет в комнате. Направь стакан отверстием на яркое **освещенное** окно или настольную лампу. Посмотри через **кальку**. Что ты видишь? Насколько изображение похоже на **реальный предмет**?

### О С Т О Р О Ж И Т Е !

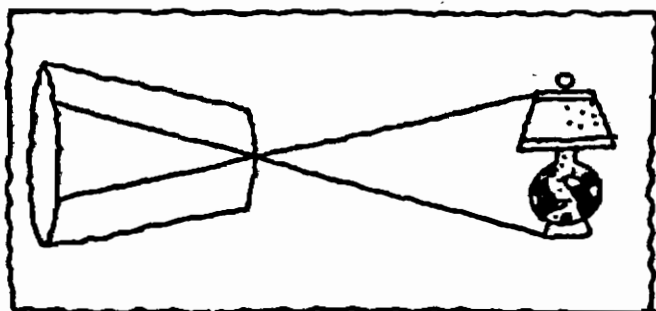
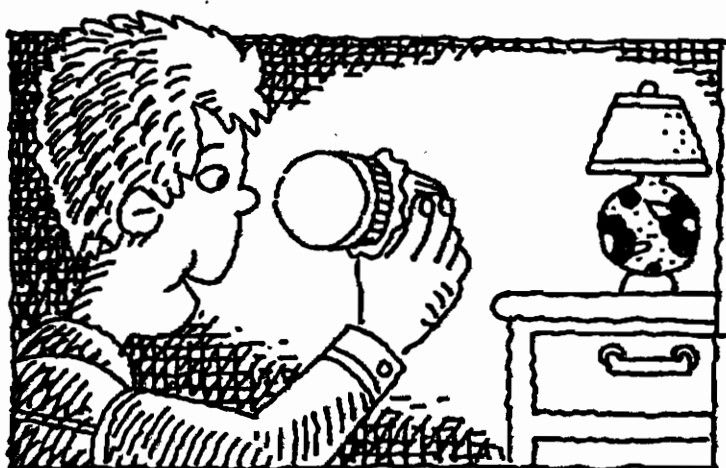
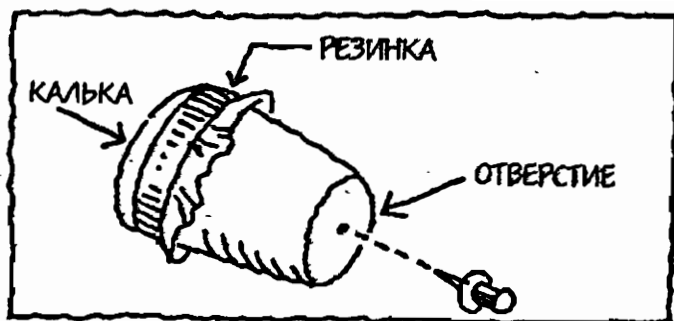
Ни в каком случае не смотри прямо на солнце!

### Научное объяснение

Поздравляем! Ты только что сделал камеру-обскуру. Лучи света, идущие от лампы, проходят через отверстие, продолжая распространяться по прямой линии. Благодаря этому лучи, приходящие от верхней части лампы, попадают на нижнюю часть «экрана» из **кальки**, а лучи, приходящие от нижней части лампы, попадают на верхнюю часть «экрана». Изображение лампы получается перевернутым.

На рисунке показано, как идут лучи в камере-обскуре и как формируется изображение.

**ЗАДАНИЕ!** Какая часть глаза работает так же, как калька в нашем устройстве?



## 1.35 СЛАЙД-ПРОЕКТОР

**П**роекционная комната в кинотеатре — очень холодное место, поскольку в ней находится огромное количество труб, по которым поступает холодный воздух. Это охлаждение необходимо для проектора и пленки, иначе они просто расплавятся из-за сильного нагрева, который производит большая и яркая лампа проектора.

### Материалы

- \* карманный фонарик
- \* ненужный 35-миллиметровый фотографический слайд
- \* калька (или пергамент)
- \* аптечная резинка
- \* лупа
- \* липкая лента

### Последовательность действий

Накрой стекло фонарика двойным слоем кальки, натяни ее и закрепи с помощью резинки. Постарайся разгладить кальку, чтобы на ней не было складок. (Калька немного «смягчает» яркий свет от центральной части фонарика).

Приложи слайд к кальке и закрепи его с помощью липкой ленты.

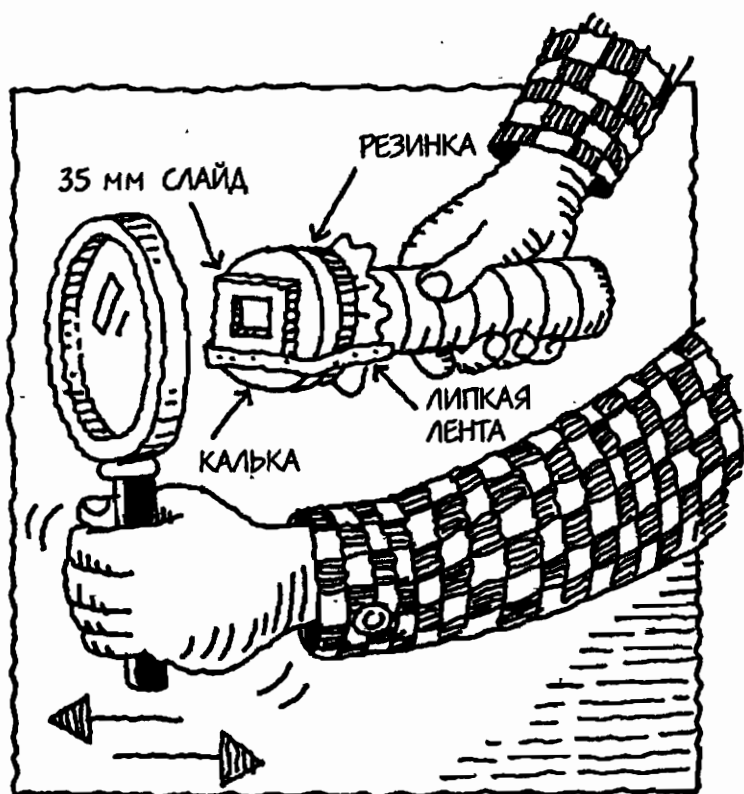
Включи фонарик и направь его на светлую стену на расстоянии вытянутой руки. Что ты видишь? Заметны ли переходы цветов? Изображение четкое или размытое?

Помести лупу на расстоянии 10 сантиметров от слайда. Подвигай лупу взад-вперед. Помогает ли это улучшить изображение? Будет ли получившееся на стене изображение больше, чем слайд?

### Научное объяснение

Поздравляем! Ты построил модель настоящего проектора! Свет, который излучает лампа в фонарике, проходит через слайд и распространяется дальше. Когда лучи достигают стены, они создают нечеткое изображение. Для того чтобы лучи не расходились, мы помещаем лупу перед фонариком. Она собирает расходящиеся лучи, и на стене образуется четкое (и увеличенное) изображение слайда.

**ЗАДАНИЕ!** Чем отличается изображение на стене от изображения на слайде?



## 1.36 ТЕНЕВАЯ ФИЗИКА

**В**се тени повторяют отбрасывающие их предметы, так ли это? Вытяни руку над книжкой и смотри на тень, медленно опуская и поднимая руку. Меняется ли при этом тень, и если да, то как? Когда тень наиболее четкая? Когда она темнее всего?

### Материалы

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| * <i>папиросная бумага</i>    | * <i>карманный фонарик</i>      |
| * <i>копировальная бумага</i> | * <i>калька (или пергамент)</i> |
| * <i>ножницы</i>              | * <i>аптечная резинка</i>       |

### Последовательность действий

Подложи листок папиросной бумаги под странный рисунок на следующей странице. Между ними проложи копировальную бумагу мажущей стороной вниз. Обведи рисунок.

Ножницами аккуратно вырежи из получившегося на папиросной бумаге рисунка закрашенные фигуры.

Как и в предыдущем опыте, закрой стекло фонарика двумя слоями кальки. Делай это аккуратно, чтобы не было складок. Закрепи кальку с помощью резинки.

Поднеси рисунок к стене на расстояние примерно 5 сантиметров. Направь луч фонарика на рисунок. Что ты видишь? Какими получились края изображения – резкими или размытыми? Сколько отдельных теней можно различить?

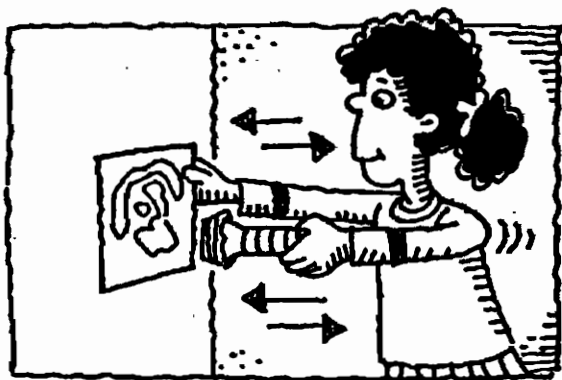
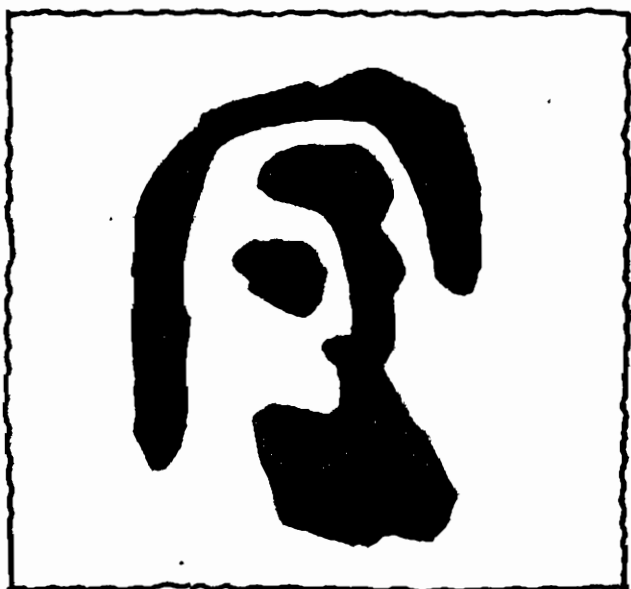
Медленно отодвигай рисунок от стены. Как при этом меняется тень? Теперь оставь рисунок на одном месте и отодвигай фонарик. Что происходит теперь?

### Научное объяснение

Если рисунок находится близко к стене, то тень от него будет яркой и темной. На научном языке такая тень называется *полной тенью*. Если бы ты был размером с муравья и попал бы в такую тень, то тебе показалось бы, что ты в абсолютной темноте. Полная тень – это полное отсутствие света (не учитывая остальной свет в комнате).

Когда ты отодвинул рисунок от стены, то возникла более светлая тень, так называемая *полутень*. Полутень – это не полная темнота, и наблюдатель размером с муравья увидит слабый сероватый свет от фонарика.

**ЗАДАНИЕ!** Где должны находиться наш муравей, чтобы увидеть весь свет от фонарика?





## 1.37 ВВЕРХ НОГАМИ

**Н**ас обманывают! Каждую минуту, с самого рождения и до сих пор! Хотя мы и не осознаем этого, но человеческий мозг постоянно переворачивает все, что видят глаза, нужной стороной вверх. Без этого весь мир казался бы нам вверх тормашками, ведь именно так изображения всех предметов попадают на нашу сетчатку.

Но представим себе, что каким-то образом изображение предмета будет спроектировано на сетчатку в правильном положении. Что тогда? Поймет ли мозг это и оставит изображение так, как оно есть, или же перевернет его вверх ногами?

### Материалы

\* булавка

\* картонная карточка

### Последовательность действий

Булавкой проткни маленькое отверстие в центре карточки. Встань напротив ярко освещенного окна. Поднеси карточку к глазам на расстояние около 10 сантиметров и посмотри за окно сквозь отверстие.

### О С Т О Р О Ж Н О !

Ни в коем случае не смотри прямо ни солнца!

Возьми булавку так, чтобы ее головка смотрела вверх, и осторожно помести ее между своим глазом и карточкой.

Сначала сделай так, чтобы булавочная головка находилась прямо под отверстием. Теперь медленно поднимай ее, в то же время смотря в отверстие. С какой стороны булавка пересечет отверстие — сверху или снизу? Верни булавочную головку на уровень отверстия. Опиши, что ты видишь.

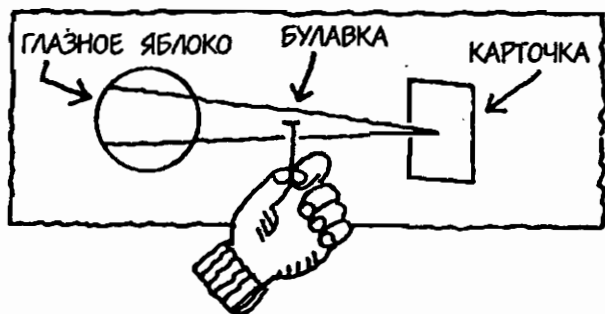
**ЗАМЕЧАНИЕ.** Будь очень осторожен, когда будешь держать булавку или другие острые предметы рядом с глазами.

### Научное объяснение

Обычно идущие от объекта лучи пересекаются, проходя через зрачок глаза. Это создает на сетчатке перевернутое изображение, которое мозг научился переворачивать.

В этом опыте ты создал уникальную ситуацию. Лучи света, пройдя через отверстие в карточке, не будут больше пересекаться, а будут только расходиться. При прохождении через зрачок они создадут на сетчатке изображение, которое будет правильно ориентировано. Однако твой мозг научен переворачивать все, что ты видишь. Поэтому несмотря на то, что изображение правильно ориентировано, мозг все равно перевернет его!

**ЗАДАНИЕ!** При каких условиях лупа переворачивает изображение вверх ногами?



## 1.38 ЦВЕТНАЯ ЮЛА

**П**редположим, что мы смешали синий и желтый цвета. Ты полагаешь, что мы получим зеленый?

Предположим теперь, что смешали белый и красный. Ожидаешь, что мы получим красный?

А теперь предположим, что ты смотришь на вращающийся диск, на который нанесены только черно-белые узоры. Какого же цвета (или оттенка серого) будет смесь черного с белым, когда диск вращается?

Попробуй догадаться. И подготовься к неожиданности!

### Материалы

\* плотная бумага

\* ножницы

\* клеевой карандаш

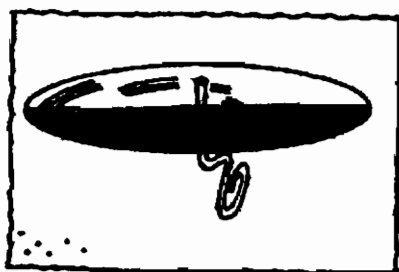
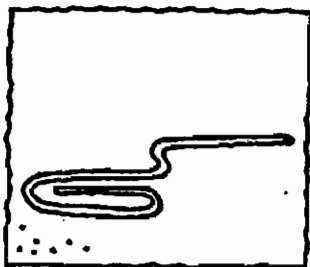
\* металлическая скрепка

\* булавка

### Последовательность действий

Сделай ксерокопию диска, изображенного на следующей странице. Если возможно, используй для этого очень плотную бумагу, а если нет, то поступи так: ксерокопию аккуратно вырежи по контуру и приклей диск на лист плотной бумаги с помощью клеевого карандаша, дай подсохнуть, после чего отрежь лишнее.

Разогни внешнюю «боковину» скрепки, как показано на рисунке.



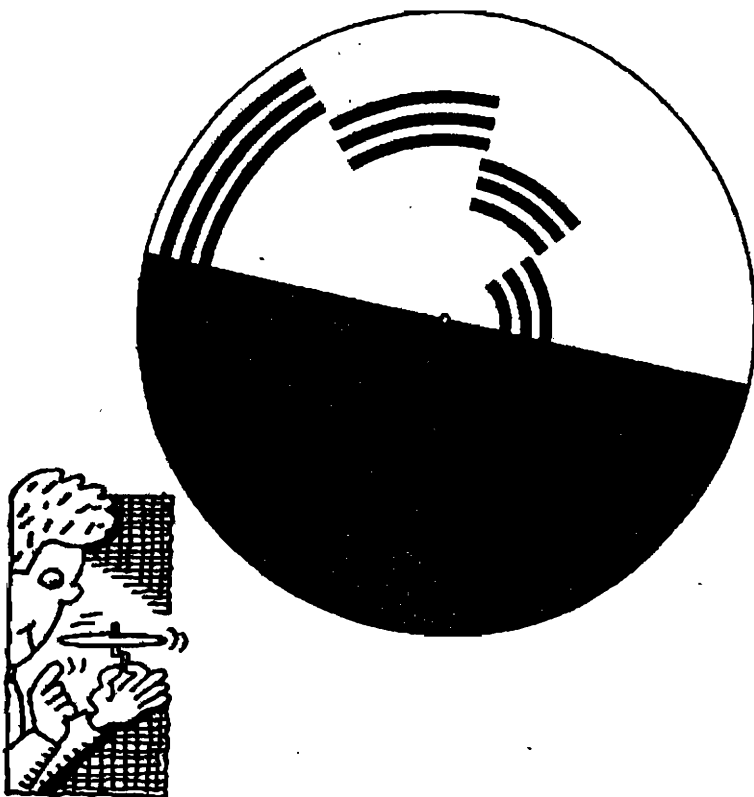
Булавкой проткни отверстие в середине диска и вставь туда отогнутую скрепку. Диск должен ровно лежать и плавно вращаться на своей «ручке». Поднеси диск к яркому свету. Начни вращать его и посмотри, что происходит с черно-бе-

лым рисунком. Меняется ли этот забавный эффект, если изменить скорость вращения?

### Научное объяснение

Неужели? Цвета? Откуда они взялись? Точно никто не знает, но ученые кое-что предполагают...

Эта научная игрушка называется *диск Бенгама*, и впервые она была сделана еще 100 лет назад! Если этот диск вращать с определенной скоростью, то сочетание белого и черного на нем воздействует на твою сетчатку. Ученые считают, что тем самым он посылает глазу некое «сообщение», которое очень похоже на сообщение о цвете. Таким образом, когда мозг получает это «сообщение» (оно закодировано во вращающемся черно-белом узоре), он понимает его неправильно – как будто оно поступило от цветной картинки. И поэтому мы видим цвет там, где его нет!



## 1.39 ЛОВИ МОМЕНТ!

**П**ерегрузка! Перегрузка! Перегрузка!

Наш мозг может обработать только определенное количество информации. Знаешь, как делаются мультфильмы? Мультфильм — набор отдельных рисунков, которые показывают друг за другом на большой скорости, так что наш глаз не может отделить отдельные картинки друг от друга. Наш мозг «обманывается», ему кажется, что предметы на экране на самом деле движутся.

В этом опыте мы поможем тебе изготовить прибор, называемый стробоскопом. Он не совсем похож на тот стробоскоп, который используется для создания световых эффектов на дискотеках и рок-концертах. В нашем стробоскопе иллюзия движения будет создаваться картинками, «проскакивающими» за быстро вращающимися прорезями.

### Материалы

- |                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| * ножницы           | * экран телевизора или компьютера  |
| * зеркало           | * карандаш с ластиком (деревянный) |
| * игольчатая кнопка | * раковина с краном в кухне        |

### Последовательность действий

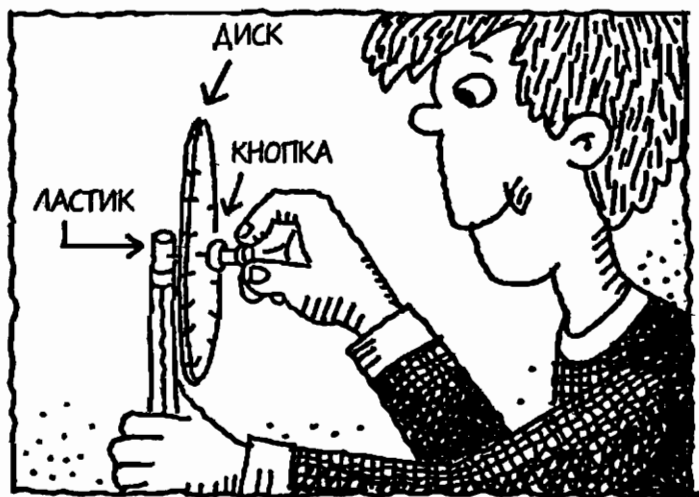
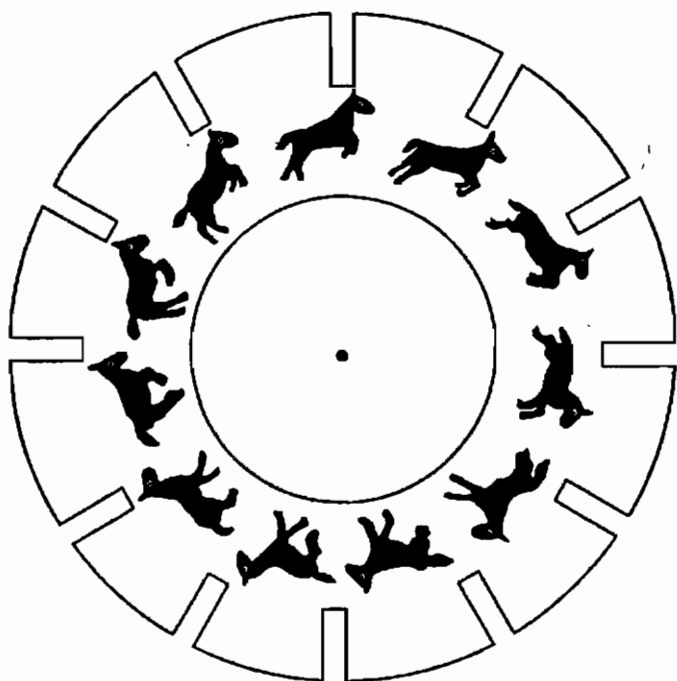
#### ЧАСТЬ 1. Остановись, мгновенье!

Сделай ксерокопию диска со следующей страницы на плотную бумагу (или поступи так, как было рассказано в предыдущем опыте). Ножницами аккуратно вырежи прорезы по краю диска. Кнопкой проткни диск точно посередине и воткни ее в бок ластика. Диск должен свободно вращаться, картинка должна смотреть в противоположную от карандаша сторону.

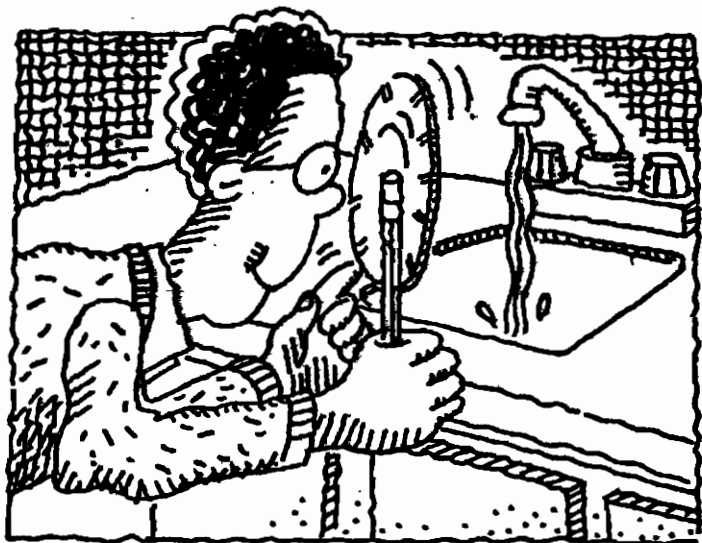
Для начала попробуем с помощью нашего стробоскопа остановить движение. Включи телевизор или компьютер и отойди от экрана на противоположный конец комнаты. Закрой один глаз и смотри на экран сквозь одну из прорезей на диске. Теперь начни вращать диск и продолжай смотреть.

Сквозь вращающиеся прорезы ты каждый раз мельком видишь экран. Выглядит ли он так же, как обычно? Как изменение скорости вращения диска влияет на его вид?

Теперь перейдем на кухню. Открой кран с холодной водой так, чтобы капли медленно, но постоянно падали в раковину. Посмотри на капли сквозь вращающийся диск. Можешь ли ты «остановить» каплю воды в воздухе?



Если невозможно открыть кран так, чтобы он капал, попробуй сделать так: наполни бумажный стаканчик водой и подкрась ее каким-нибудь пищевым красителем. Попроси своего приятеля поддержать стаканчик над раковиной, проткнув иголкой отверстие в его дне. Теперь можно наблюдать этот поток капелек с помощью волшебного диска.



## ЧАСТЬ 2. Волшебное кино

Встань напротив зеркала и поверни диск рисунком от себя. Посмотри сквозь прорезь. Видишь отражение лошадок? Теперь начинай вращать диск и смотри сквозь прорези. Что ты видишь?

## Научное объяснение

Действие на экране телевизора или в кино — это всего лишь иллюзия. И создается она рядом быстро меняющихся кадров. Кадры на экране меняются со скоростью 24 кадра в секунду. На такой скорости мозг, безусловно, не может различить отдельные кадры, поэтому кажется, что объекты на экране плавно движутся.

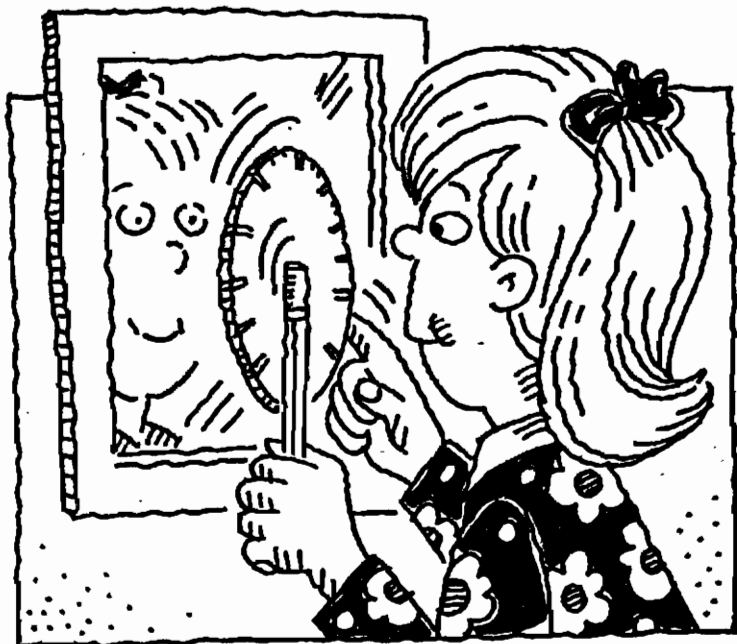
Наш стробоскоп «ловит» момент, когда кадры на экране меняются, изображение «обновляется». Сквозь щелку мы видим частичку обновленную картинку на экране, а черные

полоски — это части не полностью обновленного изображения, «пойманные» нами сквозь разные прорезы на одном и том же этапе смены кадра.

Точно так же мы можем наблюдать зависшие в воздухе капли. Для того чтобы они неподвижно висели в воздухе, необходимо, чтобы сквозь каждую прорезь мы видели следующую каплю в том же положении, что и предыдущую. Также можно создать иллюзию того, что капли движутся в обратном направлении. Для этого надо, чтобы каждая следующая прорезь показывала нам очередную каплю чуть-чуть выше предыдущей. То есть, прорезы должны меняться чуть-чуть быстрее, чем капли падают из крана.

А еще мы можем использовать наш стробоскоп для показа мультфильма «Скачущая лошадка». Когда ты смотришь сквозь прорезы вращающегося диска на отраженных лошадок, то твой мозг не успевает различить отдельные фигурки, и тебе кажется, что лошадки действительно скачут галопом.

**ЗАДАНИЕ!** Что будет, если вращать диск в обратном направлении?







ЗВУК

## 2.1 ПРЫГАЮЩИЕ ЗЕРНА

**С**лучалось ли тебе когда-нибудь в кинотеатре физически **ОЩУЩАТЬ** взрыв, который происходит на экране? Если так, то ты уже знаешь, что звук может создавать ощущение *движения*. Можешь вспомнить, какой звук потряс тебя больше всего? Были ли это высокие, визжащие звуки, или же гудящие, низкие? Чтобы проще было вспомнить, произведем опыт с грохотом, но потише (*очень* громкие звуки вредны для здоровья!).

### Материалы

- \* *музыкальный центр с мощными колонками*
- \* *легкая тарелка из фольги (или пластика)*
- \* *несколько зерен воздушного риса или кукурузы*

### Последовательность действий

Проверь, чтобы музыкальный центр был выключен из розетки и регулятор громкости стоял на минимуме. Осторожно положи одну колонку на пол так, чтобы динамик смотрел вверх. Аккуратно, чтобы не повредить колонку, поставь тарелку прямо на решетку динамика.

Положи около десяти зерен воздушного риса или кукурузы в тарелку. Включи музыкальный центр. Медленно увеличивай громкость (но не *очень* сильно!) и смотри, что произойдет с зернами воздушной кукурузы.

### Научное объяснение

Звук – одна из форм энергии. Он состоит из колебаний, которые передаются от частицы к частице. В воздухе колеблются маленькие частицы, из которых состоит газ, – молекулы, но они слишком малы, чтобы их увидеть.

Звук, который производят колонки, заставляет частицы воздуха колебаться. Энергия этих колебаний распространяется от динамика, и они передаются тарелке. Большая (и легкая) тарелка начинает вибрировать, и эти вибрации передаются лежащим в тарелке зернам. Зерна тоже получают свою порцию энергии и начинают подсакивать в такт музыке.

**ЗАДАНИЕ!** Как громкость звука влияет на подпрыгивающие зерна?



## 2.2 ДВИЖУЩИЙСЯ СГУСТОК

**Н**алей в глубокую тарелку немного воды. Окунь туда палец и подними его на 30 сантиметров над поверхностью воды, чтобы капли свободно падали в тарелку. Наблюдай, что происходит в том месте, где капля касается воды. Как меняется вид поверхности воды при этом?

### Материалы

\* игрушка «Пружинка» из цветного пластика

\* липкая лента

### Последовательность действий

Положи пружину на свободный участок пола, не покрытый ковром. С помощью липкой ленты прикрепи один из концов пружинки к стене.

Оттяни другой конец на расстояние около метра и держи в таком положении одной рукой. Другой рукой быстро, но не очень сильно ударь по пружине. Что получилось? Видишь ли ты волну, которая «побежала» по пружине? Из чего она состоит? В какую сторону движется? «Отскочит» ли она от стены, и куда будет распространяться дальше?

### Научное объяснение

Звук распространяется волнами. Эти волны образованы чередованием областей вещества, где частицы «сгущены», сближены друг с другом. Ударив по пружине, ты сблизил несколько ее витков, и по пружине побежал «сгусток». Если ты ударил достаточно сильно, то «сгусток» будет иметь достаточно энергии для того, чтобы оттолкнуться от стены и продолжить движение в обратную сторону. Когда создается звук, то частицы воздуха «сгущаются». Эта область сжатого воздуха передает энергию соседним частицам, и таким образом сгущение воздуха (а вовсе не сами молекулы), распространяясь, передает звук в виде волны сгущения. Ученые называют такие волны *волнами сжатия*.



ВОЛНА СЖАТИЯ В ПРУЖИНЕ



ВОЛНА СЖАТИЯ В ВОЗДУХЕ

## 2.3 НАГЛЯДНЫЙ ЗВУК

**Е**сли ты когда-нибудь пробовал снять решетку с динамика колонки папиного музыкального центра, то ты видел ту самую часть, которая «толкает» воздух и создаст тем самым звуковые волны. Включи музыкальный центр. Динамик колеблется взад-вперед в такт музыке. Чем громче, тем сильнее он вибрирует. В этом опыте мы подскажем тебе, как сделать прибор, который тоже будет вибрировать в такт музыке, только сделан он будет из куда более хрупкого материала, нежели пластик или картон, — из мыльной пленки!

### Материалы

- \* *бумажный стаканчик*
- \* *ножницы*
- \* *мыльный раствор*
- \* *мелкая тарелка*
- \* *колонка*

### Последовательность действий

Ножницами отрежь «воротничок» с края стакана — это должна быть круговая полоска шириной 2,5 сантиметра.

В тарелку налей немного мыльного раствора. Получившееся картонное кольцо положи в раствор «воротничком» (отогнутым краем) вниз. Тем временем включи музыкальный центр, но не очень громко, а то можешь оглохнуть (и это не шутка!).

Аккуратно вынь картонное кольцо из раствора — в нем образовалась мыльная пленка. Держа за внешнюю часть, поднеси его к колонке. Что происходит с пленкой? Как изменение громкости влияет на это? Как ты думаешь, какие звуки будут вызывать более интенсивные вибрации пленки — высокие или низкие? Почему?

### Научное объяснение

Мыльная пленка очень тонкая, она состоит из частиц мыла и воды. Поскольку она очень легкая, то достаточно совсем небольшого количества энергии, чтобы привести ее в движение. Колебания динамика передаются частицам окружающего воздуха, и образуется волна сгущения, которая переносит энергию. Волна распространяется от динамика и, достигая мыльной пленки, «толкает» ее. Это заставляет пленку колебаться в соответствии с интенсивностью звука.



## 2.4 ЗВУК ПОМОГАЕТ ВИДЕТЬ

**Б**ывало ли, что внезапный звук будил тебя посередине ночи? Что это – чудовища, пришельцы, дальние родственники? Пока ты лежишь в постели ни жив, ни мертв, стараясь не закричать от страха, твой слух переключается в сверхчувствительный режим. Так, слышатся шаги в коридоре... Не очень быстро, не очень громко, шлепая босыми ступнями... Судя по звукам, это всего лишь младший братишка!

### Материалы

- \* плоская коробка от тигца или настольной игры
- \* ножницы
- \* липкая лента
- \* кусок картона
- \* стеклянный шарик
- \* приятель

### Последовательность действий

Нарежь из картона несколько полосок 2–2,5 сантиметра шириной. Открой коробку.

Согни из этих полосок простые фигуры – круг, треугольник, квадрат. Чтобы фигура не распалась, закрепи свободные концы липкой лентой, и с ее же помощью приклей фигуру к дну коробки. Следи за тем, чтобы коробку с фигурой можно было нормально закрыть.

Положи шарик между краем коробки и картонной фигуркой, и плотно закрой крышку (можно даже заклеить ее липкой лентой). Теперь пусть твой приятель догадается, какая фигура лежит в коробке, по тому, какие звуки издает перекатывающийся внутри шарик, если коробку потрясти.

После того, как он догадается (или сдастся), поменяйтесь ролями.

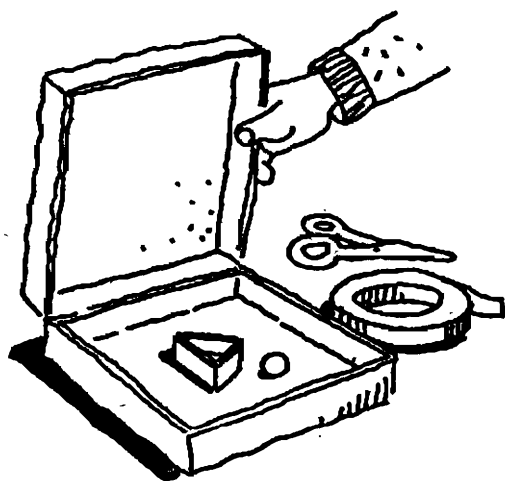
### Научное объяснение

Звуки, которые попадают твои уши, превращаются в нервные импульсы, которые воспринимает мозг. Когда мозг обрабатывает этот сигнал, он учитывает все свойства звука: его высоту, громкость, тембр, длительность, – словом, все оттенки. Принимая во внимание темп и интенсивность звука, мозг определяет углы, под которыми перекатывается шарик в коробке, и может строить догадки относительно формы фигуры.

Безусловно, мозг может и обмануться, неправильно восприняв звуки, которые производит шарик, сталкиваясь со



стенками коробки. Но приняв во внимание всю информацию, которая доступна из звука, мозг делает предположение о наиболее вероятной форме фигуры в коробке.



## 2.5 ПЯТНЫШКО...ЗВУКА

**П**однеси ладонь ко рту на расстояние примерно 30 сантиметров и посчитай от одного до десяти. На каждом счете подноси ладонь все ближе и ближе ко рту. Когда ты досчитаешь до пяти, то почувствуешь, как звуковые волны ударяются о твою ладонь. Теперь поднеси ладонь ко рту на расстояние 10 сантиметров и снова считай. Чувствуется ли разница между цифрами?

### Материалы

- \* картонная трубочка (от рулона туалетной бумаги)
- \* калька (или пергамент)
- \* аптечная резинка
- \* блеска от карнавального костюма или кусочек фольги
- \* клей
- \* ножницы
- \* карманный фонарик

### Последовательность действий

Вырежи из кальки квадрат с длиной стороны 10 сантиметров. Натяни его, накрой им стекло фонарика и закрепи с помощью резинки.

Приклей блеску или фольгу посередине кальки. Поднеси трубку открытым концом ко рту, другой рукой держи включенный фонарик так, чтобы он освещал блеску. Встань напротив стены так, чтобы видеть «солнечный зайчик», отражаемый освещенной блеской. Скажи что-нибудь достаточно громко, продолжая смотреть на «зайчик». Что происходит с ним, когда ты произносишь звуки?

### Научное объяснение

Говоря, ты создаешь звуковые волны. Эти волны (они состоят из сдвинутых вместе частиц воздуха) выходят из твоего рта и распространяются по трубке. Достигая противоположного конца трубки, они сталкиваются с туго натянутой калькой, заставляя ее вибрировать. Движения кальки с приклеенной к ней блеской вызывают движение «солнечного зайчика».



## 2.6 ЧТО У НАС В ПАКЕТИКЕ?

**Д**ля того чтобы существовал звук, который есть не что иное как звуковые волны, необходимо что-то, что будет колебаться. Это что-то – вещество. Во Вселенной существует огромное количество видов вещества. Возникает вопрос – в любом ли веществе может распространяться звук? Или только какие-то особые частицы могут проводить звуковые волны? Давай-ка посмотрим...

### Материалы

- \* *три полиэтиленовых пакета, желательно «застегивающихся»*
- \* *песок (можно заменить сахаром или мукой)*
- \* *вода*
- \* *монетка*

### Последовательность действий

Первый пакет наполни наполовину песком. Выпусти оставшийся воздух и «застегни», если пакет с застежкой, или просто тщательно завяжи. Убедись, что второй пакет герметичен, и наполовину наполни его водой. Выпусти воздух и «застегни» (или крепко завяжи) пакет с водой. Для воды неплохо использовать еще один пакет поверх первого. Третий пакет надуй или, что то же самое, наполни воздухом. «Застегни» (или крепко завяжи) и его.

Положи пакет с песком на стол и приложи к нему ухо. Тихонько постучи по столу монетой. Что ты слышишь? Поменный пакет с песком на пакет с водой и послушай стук монеты через него. Отличается ли звук? Что изменилось – громкость, тембр? Теперь послушай стук через пакет, наполненный воздухом. Сравни все три звука. Чем они отличаются, в чем похожи?

### Научное объяснение

Звук передается, когда частицы вещества «толкают» соседние частицы. В твердом теле частицы находятся друг к другу ближе всего. У жидкости частицы находятся на примерно таком же расстоянии, но они движутся друг относительно друга гораздо свободнее, чем в твердом теле. Самое большое расстояние между частицами – у газа.

Чем ближе друг к другу находятся частицы, тем лучше будет происходить передача звука. Этим можно объяснить то, что звук, который слышится сквозь твердое тело или жидкость, кажется громче, чем через воздух.



## 2.7 ЗВУК НА ПОВЕРХНОСТИ

**Н**аполни пакет водой, как в предыдущем опыте, и послушай звуки, приложив ухо к пакету. Какой вид вещества при этом переносит звук?

А) твердое тело; Б) жидкость; В) газ

Если ты ответил «жидкость», то ты будешь прав только наполовину, так как звук передается не только водной «начинкой» пакета, но и твердой (да-да, именно твердой, просто очень тонкой) полиэтиленовой пленкой, из которой сделан пакет.

### Материалы

\* *наручные часы (с заводом)*

\* *большой «застегивающийся» пакет*

### Последовательность действий

Заведи часы, убедись, что они работают. Положи часы на стол. Наклонись так, чтобы твое ухо было примерно в 15 сантиметрах от часов. Слышишь тиканье?

Наполни пакет воздухом, как в предыдущем эксперименте, и положи его на часы. Приложи ухо к пакету и прислушайся. Слышишь ли тиканье теперь? Почему?

### Научное объяснение

Когда ты пытаешься услышать тиканье без пакета, то звук передается только по воздуху. Воздух достаточно разреженный, его частицы находятся далеко друг от друга, поэтому такой способ передачи звука не очень эффективный.

Когда между твоим ухом и часами находится пакет с воздухом, то ситуация меняется. Энергия звуковых волн передается теперь по поверхности пакета частицами полиэтилена. Полиэтилен – твердое тело, его частицы расположены близко друг к другу, поэтому меньше энергии теряется при передаче.

Однако не надо забывать, что в основном звук передается все же содержимым пакета, а в этом случае там находится воздух.



## 2.8 ДЕНЬ НЕПОСЛУШАНИЯ

«**Т**ак делать нельзя!»

• Не щелкай линейкой! Лучше по голове себе постучи!»

• Сейчас сломаешь линейку – чем будешь отрезки на математике измерять?»

Как часто мы слышали это в школе! Но сегодня у нас будет день непослушания. В этом опыте не просто разрешено – **НУЖНО** щелкать линейкой о край стола. Ведь в этом тоже физика!

### Материалы

\* *линейка (деревянная или пластиковая)*

\* *прочный стол*

### Последовательность действий

Положи линейку на стол так, чтобы половина ее свешивалась с края стола. Тот конец, который лежит на столе, крепко прижми рукой, зафиксировав на месте. Другой рукой приподними свободный конец линейки (только не очень сильно, чтобы не сломать) и отпусти. Прислушайся к получившемуся гудящему звуку.

Теперь немного продвинь линейку, так, чтобы уменьшить длину свешивающейся части. Опять согни и отпусти линейку. Какой получился звук? Такой ли он, как в прошлый раз?

Продвинь линейку еще дальше. Как меняется гудящий звук по мере того, как свободная часть линейки становится короче?

### Научное объяснение

Как ты, наверное, уже догадался, гудящий звук производит вибрация той части линейки, которая свешивается за край стола. Та часть, которая прижата к столу, не может вибрировать и поэтому не издает звуков вообще. Чем короче вибрирующий конец линейки, тем более высокий звук получается, чем длиннее – тем ниже звук.





## 2.9 ЗВУКИ ПРИРОДЫ

**Д**оводилось ли тебе когда-нибудь рассматривать мундштук (ту часть, в которую дует музыкант) кларнета или саксофона? Если да, то наверняка ты заметил маленькую деревянную пластину. Эта штука называется язычок. Когда поток воздуха проходит через язычок, тот начинает вибрировать, и эти движения взад-вперед как раз и производят звук инструмента. По мере того как это «дрожание» проходит по корпусу инструмента, звук достигает нужной высоты и выходит как определенная нота.

### Материалы

- \* травинка
- \* бумага

- \* ножницы
- \* кусочек полиэтилена

### Последовательность действий

Вытяни руки. Если ты соединишь большие пальцы так, чтобы они касались верхней фалангой и основанием, то ты увидишь просвет посередине между ними.

Зажми травинку между большими пальцами, чтобы она делила этот просвет пополам, — сверху крепко зажми ее между верхними фалангами, а снизу — между основаниями больших пальцев. Натяни травинку.

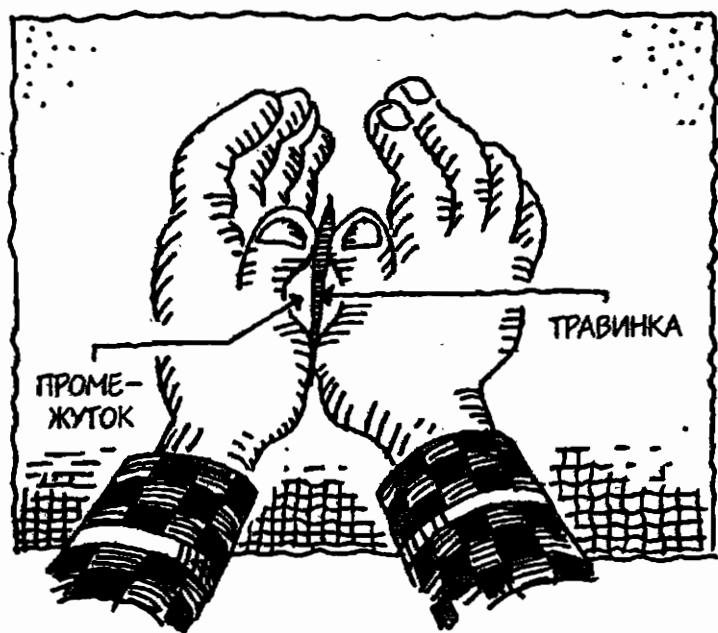
Подуй в просвет. Что получилось?

Если не выходит звука, попробуй сильнее натянуть травинку. Теперь вместо нее возьми полоску бумаги такого же размера. Возможно, ее придется намочить. Подуй опять. Что получится? Можно также попробовать полоску тонкого пластика (полиэтилена).

Попробуй сделать «травинки» из различных материалов и заметь разницу в производимых звуках.

### Научное объяснение

Воздух, проходя сквозь узкое отверстие, заставляет травинку колебаться. Эти колебания и производят звуковые волны.



## 2.10 ПОЮЩАЯ СОЛОМИНКА

**Я**зычки для деревянных духовых инструментов чаще всего делают из специального тростникового растения, которое растет только в одном месте на Земле, во Франции. Музыканты и ценители музыки считают, что только это растение дает наилучшее качество звука. Можно ли использовать другие материалы? Тебе судить.

### Материалы

\* соломинка для коктейля

\* ножницы

### Последовательность действий

Сожми кончик соломинки, чтобы он стал плоским. Ножницами аккуратно отрежь уголки в плоской части. Теперь кончик должен иметь форму трапеции (как показано на рисунке).

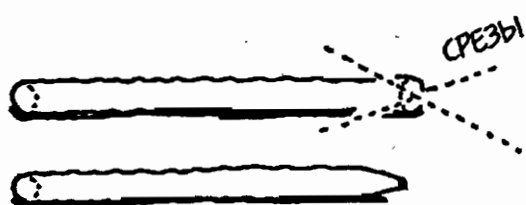
Последи, чтобы обрезанные «язычки» не склеились между собой, а если это произошло, разлепи их зубами.

Теперь надо набраться терпения, возможно, что с первого раза ничего не получится и потребуетсЯ немножко потренироваться. Возьми соломинку в рот тем концом, на котором находятся «язычки». Стараясь не касаться внутренней поверхности щек и языка, подуй сквозь соломинку. «Язычки» должны вибрировать, как и язычок саксофона или кларнета.

Терпение, терпение. С первого раза может и не получиться. Если звук не идет, посмотри еще раз, не слиплись ли «язычки». Попробуй еще раз. Можешь немного пожевать «язычки», чтобы они стали мягче и им стало бы легче колебаться. Если все равно ничего не получается, обрежь кончик и начни сначала.

### Научное объяснение

Когда ты дуешь в трубочку, то воздушный поток идет по ней и заставляет колебаться обрезанные концы. Эти вибрации «язычков» создают вибрации воздуха, которые распространяются вдоль по соломинке. Твои уши фиксируют эти колебания как гудящий звук постоянной высоты.



## 2.11 МАЭСТРО, УРЕЖЬТЕ МАРШ!

**П**редставь себе, что ты можешь увидеть столб колеблющегося воздуха в соломинке, который отвечает за появление звука. Эти колебания распространяются от одного конца соломинки до другого. Если бы можно было удлинить соломинку, то удлинился бы и столб колеблющегося воздуха, а если обрезать соломинку, то и столб воздуха уменьшится. А что нам это даст? А вот послушай!

### Материалы

- \* соломинка для коктейля
- \* ножницы

### Последовательность действий

Сделай «поющую соломинку», как это описано в предыдущем эксперименте. Как только ты освоил методику извлечения звуков – бери в руку ножницы.

Подуй в соломинку, чтобы получился протяжный и устойчивый звук. Продолжая дуть, очень осторожно отрежь два сантиметра от свободного конца соломинки. Изменился ли звук?

Отрежь еще два сантиметра. Что получилось?

Если соломинка еще не кончилась, то отрежь еще два сантиметра. Как при этом изменился звук?

### Научное объяснение

Каждый раз отрезая кусочек соломинки, ты уменьшаешь ее длину, а следовательно, и длину вибрирующего воздушного столба.

Как только длина этого столба уменьшается, звук увеличивается по высоте (также говорят, *увеличивается по частоте*). Ясно слышно, что чем короче столб воздуха в инструменте, тем выше звук.

### В реальной жизни

Возможно, ты видел настоящий орган – в Большом зале Консерватории или в католическом храме. Наверняка ты заметил, что кроме корпуса с клавиатурой он состоит из целого набора трубок различной длины. Одни из них высотой с небольшой дом, другие не длиннее руки. Каждая из этих трубок образует столб вибрирующего воздуха, как только воздух проходит сквозь нее. Длинные трубы дают низкие ноты (басы), короткие – высокие.



## 2.12...И МАЛЕНЬКАЯ ДЫРОЧКА

**П**робовал ли ты когда-нибудь дудеть в глиняную свистульку? В мундштуке игрушки воздух начинает вибрировать. Эти вибрации производят устойчивый звук постоянной частоты. Для того чтобы изменить высоту звука, надо зажать или открыть дырочки в боках свистульки.

### Материалы

\* соломинки для коктейля

\* ножницы

### Последовательность действий

Сделай «поющую соломинку», как сказано в опыте 2.10. Ножницами аккуратно вырежи небольшое отверстие посередине соломинки. Для этого сложи соломинку, чтобы она стала плоской (только не сдавливай очень сильно, необходимо, чтобы потом она снова стала круглой), и ножницами сделай два надреза в форме треугольника, как показано на рисунке. Получившееся отверстие позволяет воздуху выходить, не проходя всего пути по трубочке. Таким образом можно получить более высокие звуки. Главное, чтобы отверстие не было очень большим и не перерезало трубочку пополам.

Закрой отверстие пальцем и подуй в трубочку, чтобы получился протяжный звук. Убери палец. Что происходит со звуком? Как он меняется? Снова закрой отверстие. Что произошло?

Проделай еще несколько отверстий вдоль соломинки. Попробуй, дудя в соломинку, закрывать разные комбинации отверстий. Как сделать так, чтобы получались разные ноты? Как положение дырочки влияет на производимый звук?

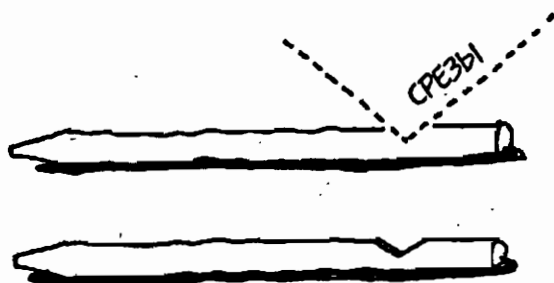
**Б Л Ю З Н А... В О Л Ы Н К Е!** Видел и слышал ли ты когда-нибудь шотландскую волынку? Самая большая трубка волынки называется *басовой трубкой*. Она постоянно играет на одной ноте, в то время как остальные ноты меняются. Ты можешь попытаться сделать волынку своими руками из двух «поющих соломинок», в одной из которых прорезано отверстие. Возьми их обе одновременно в рот и начинай дуть, то закрывая, то открывая отверстие. Ну, как? Почувствуй себя горцем!

### Научное объяснение

Когда все отверстия в соломинке закрыты, то воздух должен пройти весь путь вдоль трубочки, что создает самый низкий



звук. Когда же отверстие открыто, то воздух выходит сквозь него, не доходя до конца трубочки. Поскольку звуковая волна таким образом «укорачивается», то и звук становится более высоким.



## 2.13 ВЫДУВАЕМ ЗВУК

**Т**ы любишь свистеть? Если да, то следующий опыт как раз для тебя.

### Материалы

\* соломинка

\* пластиковый стаканчик

\* ножницы

\* вода

### Последовательность действий

С помощью ножниц сделай надрез на соломинке примерно в 5 сантиметрах от конца. Соломинка должна быть практически разрезана на две части, только маленький кусочек должен их связывать.

Аккуратно согни соломинку под прямым углом, как показано на рисунке. Возможно, придется немножко подрезать сгиб, чтобы было легче согнуть.

Наполни стакан водой на три четверти. Вставь соломинку в воду длинным концом, а короткий возьми в рот. Аккуратно подуй в него. Что слышишь? Если нет свистящего звука, попробуй сжать зубами кончик соломинки.

Как только ты добился устойчивого звука, попробуй подвигать соломинку вверх-вниз в стакане. Как при этом меняется звук?

### Научное объяснение

Когда ты дуешь в короткий конец соломинки, то создаешь поток воздуха в ней. Когда этот поток проходит над открытой частью длинного конца, он приводит в движение воздух в нижнем сегменте. Вибрация этого столба воздуха и создаст тихий, но устойчивый свист.

Когда ты опускаешь трубочку глубже в воду, то вода вытесняет больше воздуха и столб колеблющегося воздуха уменьшается. Это производит более высокий звук. Когда трубочка поднимается, высота столба воздуха увеличивается и звук становится более низким.



## 2.14 СТРУННЫЙ ИНСТРУМЕНТ

**У**дарь по маленькому колокольчику деревянным молоточком. Колеблющийся колокольчик тоненько зазвенит. Если взять колокольчик побольше, то и звон будет погромче и пониже. Такой звук получается потому, что под большим колокольчиком заключен больший объем воздуха, который начинает вибрировать после удара. Больше воздуха – больше звуковых волн, и звук громче.

### Материалы

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| * <i>капроновая нитка</i>     | * <i>канцелярская кнопка</i> |
| * <i>бумажный стаканчик</i>   | * <i>ножницы</i>             |
| * <i>канцелярская скрепка</i> | * <i>липкая лента</i>        |

### Последовательность действий

Отрежь кусок нитки длиной примерно 15 сантиметров. Зажми его между большими и указательными пальцами и разведи руки, чтобы натянуть нитку. Следующая операция может потребовать немного сноровки.

Поверни одну руку так, чтобы одним пальцем (ЕЩЕ одним) ты мог дергать струну. Какой получается звук?

В центре дна стаканчика проделай отверстие с помощью кнопки и пропусти сквозь него нитку.

Привяжи скрепку к тому концу нитки, который проходит через внутреннюю часть стаканчика. Вытяни нитку с другого конца, чтобы скрепка «легла» на дно стаканчика, а он оказался бы «нанизан» на нитку.

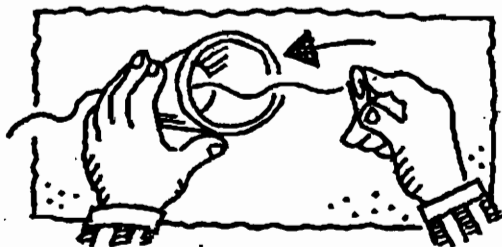
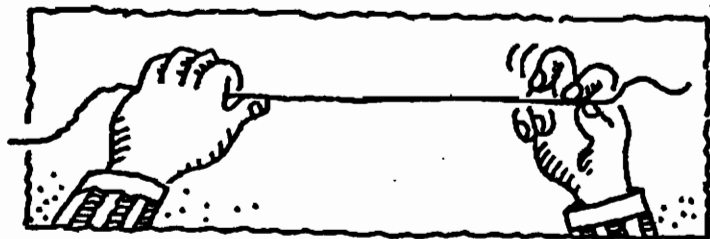
Прижми стакан горлышком к уху и натяни нитку. Одним пальцем дергай нитку и слушай. Что можно сказать о звуке? Как он изменился по сравнению с тем разом, когда не было стаканчика?

### Научное объяснение

Когда ты дернул нитку первый раз, то начали колебаться только те частицы, которые находились в непосредственном контакте с ниткой. Поскольку таких частиц не так уж и много, звук получился мягкий.

Когда мы добавили стаканчик, то ситуация изменилась. Колебания нитки передаются и стакану, и таким образом весь воздух, заключенный в стакане, начинает колебаться, и звук

получается более глубокий и громкий. К тому же часть энергии передается по твердой поверхности стаканчика через кости твоего черепа прямо в среднее ухо.



## 2.15 ПЕРЕГОВОРНОЕ УСТРОЙСТВО

**П**редставь себе доминошные кости, поставленные в ряд одна за другой. Что произойдет, если толкнуть первую из них? Первая упадет на вторую, вторая упадет на третью, третья упадет на четвертую... Это явление называется «принцип домино».

Так же ведут себя и крошечные частицы (атомы и молекулы), из которых сделана нитка: движение передается от частицы к частице. Хотя мы не можем прямо увидеть эту передачу движения, возможно пронаблюдать этот эффект на примере домашнего переговорного устройства.

### Материалы

- \* три бумажных стаканчика
- \* ножницы
- \* капроновая нитка
- \* канцелярская кнопка
- \* три канцелярские скрепки
- \* друзья

### Последовательность действий

В дне каждого стаканчика с помощью кнопки сделай отверстие. Отрежь нитку длиной 5–6 метров.

«Надень» два стаканчика на оба конца нитки так, как было описано в предыдущем опыте.

Ты и твой друг возьмите по стаканчику и разойдитесь на такое расстояние, чтобы нитка была натянута. Теперь попроси твоего друга что-нибудь прошептать в его стаканчик, а сам в это время приложи свой к уху. Слышишь ли ты то, что сказал друг? Поменяйтесь ролями. Слышит ли твой друг тебя?

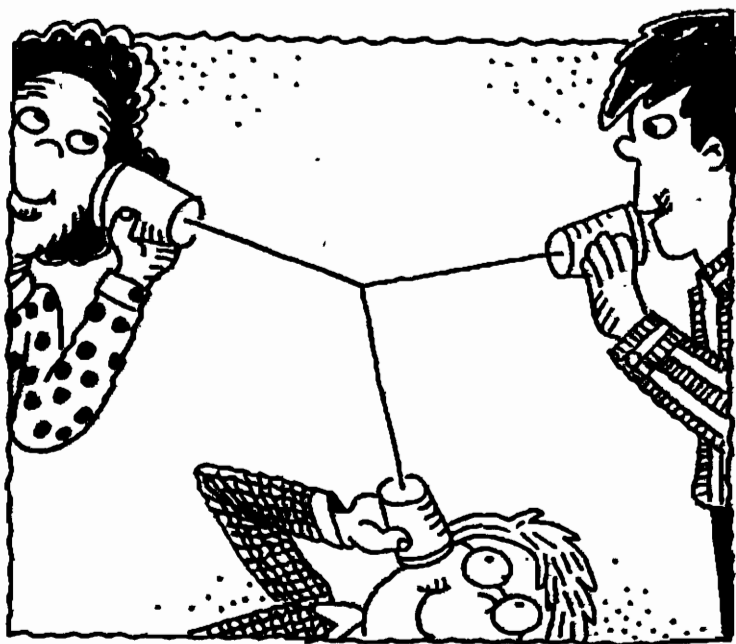
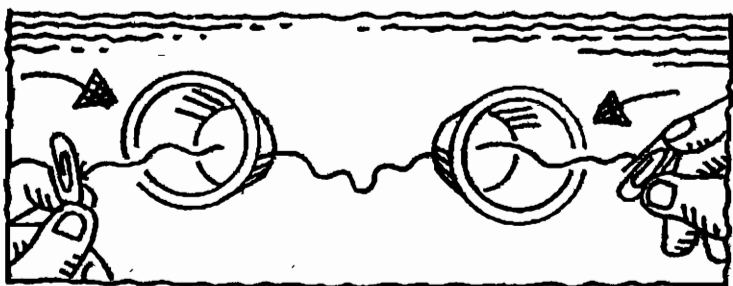
Отрежь еще один кусок нитки длиной 2,5–3 метра, на один его конец «надень» третий стаканчик, а другой конец привяжите к нитке, соединяющей два первых стаканчика, примерно посередине. Работает ли система из трех стаканчиков? Сколько еще «аппаратов» можно добавить? Пригласи еще друзей, и сделайте настоящую домашнюю телефонную станцию.

### Научное объяснение

Когда ты или твой друг говорит что-то в бумажный стаканчик, то производимые голосовыми связками звуковые волны ударяются в дно стаканчика, заставляя его вибрировать. Энергия этих колебаний передается нитке. Согласно «принципу домино», от молекулы к молекуле колебания передаются по нитке к стаканчику на другом конце. Вибрации нитки

передаются дну стаканчика, а от него – воздуху внутри стаканчика. Колебания воздуха ударяют по барабанной перепонке в ухе слушающего, и он слышит звук.

**ЗАДАНИЕ!** Как ты думаешь, будет ли металлическая проволока лучше проводить звук? Проверь!



## 2.16 «ГОНГ!»

**Ч**то можно делать с металлической вешалкой? Первое, что приходит в голову, — это вешать на нее одежду. Если у тебя хорошая фантазия и достаточно сильные руки, чтобы сгибать проволоку, то можно сделать из нее каркасную скульптуру. Но вряд ли ты знаешь, что металлическая вешалка может быть неплохим музыкальным инструментом.

### Материалы

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| * <i>металлическая вешалка</i>    | * <i>два бумажных стаканчика</i> |
| * <i>капроновая нитка</i>         | * <i>ножницы</i>                 |
| * <i>металлическая ложка</i>      | * <i>канцелярская кнопка</i>     |
| * <i>две канцелярские скрепки</i> |                                  |

### Последовательность действий

Отрежь два куска нитки длиной около 60 сантиметров. На каждый из них «надень» по одному бумажному стаканчику так, как описано в опыте со «Струнным инструментом».

Привяжи свободные концы к крюку вешалки. Поднеси стаканчики к своим ушам, вешалка при этом должна свободно болтаться.

Попроси приятеля тихонько ударить по вешалке ложкой или каким-нибудь другим подобным предметом. Что ты слышишь?

### Научное объяснение

Звук очень хорошо распространяется по твердым телам. Когда по металлической вешалке ударяют ложкой, то она начинает вибрировать. По проволоке вибрации передаются ниткам, а они передают эти колебания стаканчикам.

Частицы воздуха внутри стаканчика колеблются, так как колебания передаются им от стаканчика. Эти частицы ударяются о барабанную перепонку твоего уха и передают колебания ей. Эти колебания ты воспринимаешь как звук. Поскольку звук передается в основном твердыми телами (металлической проволокой и ниткой), то основная часть его энергии сохраняется, и тебе кажется, что бьют в большой колокол или гонг.

**ЗАДАНИЕ!** Насколько пластиковое покрытие на вешалке влияет на ее свойство производить звук? Попробуй предположить, а потом проверь.





## 2.17 КУКАРЕКУЮЩИЙ СТАКАН

**К**у-ка-ре-ку! Пора просыпаться и делать устройство, который умеет кукарекать как петух! Кроме того, ты увидишь, как колоколообразный корпус усиливает звучание инструмента. Итак, приступаем к работе.

### Материалы

- \* *бумажный стаканчик*
- \* *капроновая нитка*
- \* *канцелярская кнопка*
- \* *ножницы*
- \* *канцелярская скрепка*
- \* *небольшая губка или кусочек бумажной салфетки*

### Последовательность действий

Проткни кнопкой отверстие в центре дна стаканчика. Отрежь кусок нитки длиной примерно 60 сантиметров.

Привяжи скрепку к одному концу нитки. Намочи нитку и пропусти ее свободный конец в отверстие в дне стаканчика так, чтобы скрепка была с внешней стороны, а свободный конец свешивался внутри стакана.

Намочи губку или кусок салфетки.

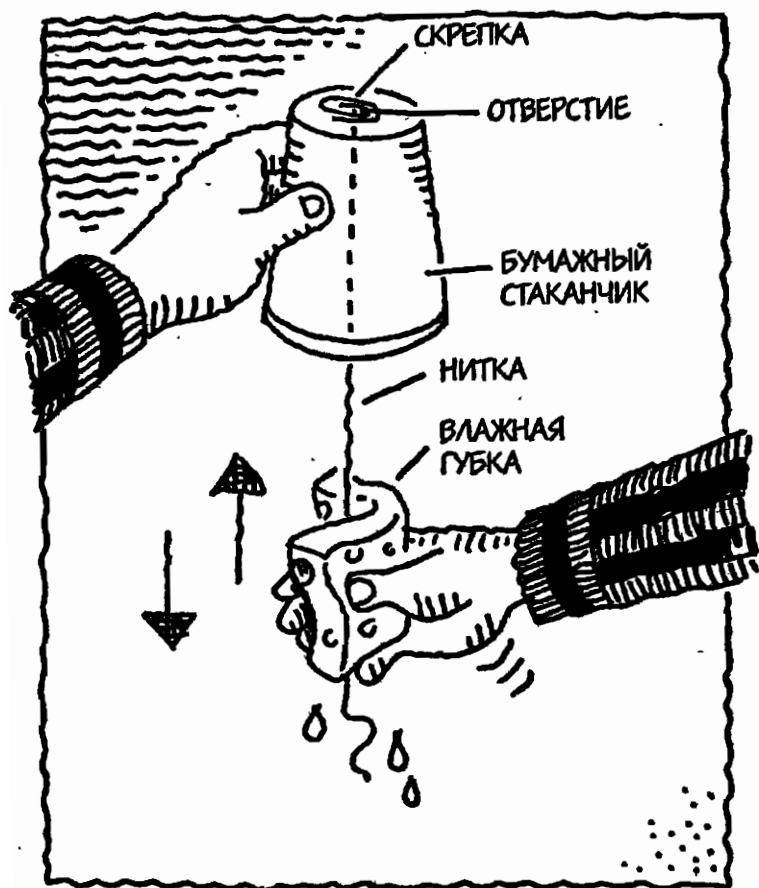
Возьми стакан сверху дном так, чтобы нитка свободно висела, и крепко зажми ее губкой или салфеткой. Аккуратно потяни за нитку, при этом губка должна заскользить вниз. Что ты слышишь каждый раз, когда губка сдвигается?

Если не слышно ничего, опять намочи губку. Как следует выжми ее, чтобы удалить излишки воды, после чего попытайся еще раз. Самое сложное – научиться правильно двигать губку. Тренируйся до тех пор, пока твой инструмент не издаст звук кукарекающего петуха.

### Научное объяснение

Когда губка скользит вниз по нитке, то она производит вибрации. Они передаются по нитке вверх, достигают доньшка стаканчика, и весь стакан начинает колебаться. Колебания передаются воздуху внутри стакана. Форма стаканчика усиливает звук, и мы слышим довольно громкое «кукареканье», раздающееся из стакана.

**ЗАДАНИЕ!** Как ты думаешь, влияет ли размер стакана на получающийся звук, и если да, то как? Попробуй догадаться и проверить.



## 2.18 ЗАСТАВЛЯЕМ ШАРИК ПИЩАТЬ

**П**рикрой свой рот рукой. Напой что-нибудь с закрытым ртом. Чувствуешь, как твои губы вибрируют? Как изменяются вибрации, если изменить высоту или громкость звука? В горле у человека имеется внутренний орган, называемый гортанью. В ней находится особая мышечная ткань, без которой мы бы не смогли издавать звуки. Это *голосовые связки* – два небольших «жгутика», состоящие из мышечных волокон. Как и любые другие мускулы, голосовые связки могут напрягаться и расслабляться. Степень натяжения голосовых связок в момент произнесения отвечает за высоту звука.

### Материалы

\* *воздушный шарик*

### Последовательность действий

Надуй шарик и закрой отверстие (но не завязывай!).

Не давая воздуху выходить, зажми «горлышко» пальцами так, чтобы оно стало плоским. Растяни его в разные стороны. Теперь отпусти немного, чтобы воздух мог выходить, и опять натяни. Что ты слышишь? Что происходит со звуком, когда ты натягиваешь края?

Отпусти резину так, чтобы она полностью «расслабилась». Как это повлияет на звук?

### Научное объяснение

«Горлышко» шарика – модель наших голосовых связок. Когда воздух проходит через узкую щель между резиновыми стенками, он заставляет их колебаться. Эти колебания и производят звук.

Когда горлышко было растянуто, то материал был напряжен сильнее, и звук получился выше.

Когда ты ослабил натяжение, то звук стал ниже. Так, изменяя натяжение, можно даже сыграть гамму!



## 2.19 КАЗУ

**К**азу – это такой духовой музыкальный инструмент. Он хорош для тех, у кого нет сильного певческого голоса. Когда ты напеваешь в него мелодию с закрытым ртом («мычишь»), специальная вибрирующая пластинка передает колебания пластиковому корпусу, который усиливает звук. Можно, конечно, купить казу в магазине, но гораздо интереснее сделать его самому.

### Материалы

- \* *картонная трубочка (вынутая из рулона бумажных полотенец)*
- \* *ножницы*
- \* *целлофановая пленка*
- \* *липкая лента*

### Последовательность действий

Постарайся найти небольшой кусочек целлофановой пленки. Эту прозрачную пленку довольно легко узнать по характерному скрипящему звуку, который она издает, если ее скомкать.

Отрежь от картонной трубки кусок длиной примерно 15 сантиметров и сплющи его.

Ножницами аккуратно вырежи прямоугольное отверстие размером примерно с почтовую марку в центре трубы. Накрой это отверстие куском целлофановой пленки. С помощью липкой ленты закрепи все четыре его стороны.

Попробуй напеть что-нибудь с закрытым ртом в один из концов трубки. Что ты слышишь? Как получается такой звук? Можно ли изменить звучание казу, используя прорезанные отверстия разного размера? Попробуй!

### Научное объяснение

Когда ты «мычишь» в трубу, то твои губы создают звуковые волны. Эти волны распространяются вдоль по трубке и заставляют колебаться кусок целлофана. Колеблющийся целлофан, в свою очередь, тоже создает звуковые волны. Этот гудящий звук добавляется к звуку твоего голоса, в результате чего получается более громкий, глубокий и звенящий звук.



## 2.20 ПОЮЩИЕ БУТЫЛКИ



Флейта – тоже духовой инструмент, как саксофон и кларнет. Однако колебания воздуха внутри флейты получаются не с помощью вибраций язычка, а другим способом. Флейтист вдвухает воздух через мундштук, и поток воздуха выходит через специальное отверстие. Когда воздух выходит под нужным углом, то раздается мягкий свистящий звук. Корпус флейты усиливает этот звук и придает звучанию красивый тембр.

### Материалы

- \* несколько пластиковых бутылок
- \* вода
- \* линейка

### Последовательность действий

Пустые пластиковые бутылки вымой и высуши. Поднеси бутылку горлышком к своим губам. Вытяни вперед верхнюю губу и попробуй выдуть направленный поток воздуха, чтобы он попал прямо в горлышко. Изменяя силу и угол потока, добейся глубокого мягкого звука.

Вторую бутылку наполни водой наполовину. Сперва скажи – будет ли звук выше или ниже? Хорошо, давай проверим.

**ХОРОВОЕ ПЕНИЕ.** Если у тебя есть три бутылки, а также два друга, готовых присоединиться, то можно сделать прекрасный гармоничный хор. Одну бутылку оставь пустой, вторую наполни водой на одну пятую, а третью – на одну треть. Теперь попробуйте одновременно подуть во все три бутылки. Получился гармоничный аккорд? Возможно, придется «настроить» высоту звука бутылок. Это можно сделать, добавив или отлив часть воды.

### Научное объяснение

Когда ты дуешь в бутылку, то воздух в ней начинает колебаться. Частицы воздуха, двигаясь взад-вперед, формируют звуковую волну, и когда эта волна выходит из бутылки через горлышко, мы слышим звук.

Если в бутылку добавить воды, то она займет часть свободного пространства. Поскольку при повышении уровня воды воздушный столб укорачивается, то и звук становится выше, когда воды в бутылке больше.





## 2.21 ДИНЬ-ДИНЬ

**Д**о-ре-ми-фа-соль-ля-си-до. Это музыкальная гамма. Возможно, ты этого не знаешь, но она основана на строгих математических соотношениях. Эти соотношения позволяют определить, как должна звучать одна нота, если известно, как звучит соседняя. Например, в органе труба длиной 20 дюймов (50 сантиметров) отвечает за звук «до». Если мы поставим трубу длиной в три четверти от этой (15 дюймов, 37,5 сантиметров), то она будет производить звук «фа». Если труба будет длиной в три пятых от «до» (12 дюймов, 30 сантиметров), то из нее выйдет нота «ля».

### Материалы

- \* несколько одинаковых стеклянных стаканов
- \* металлическая ложка
- \* линейка

### Последовательность действий

Поставь один из стаканов на ровную поверхность. Тихонько стукни по нему ложечкой. Какой звук получился? Теперь поставь рядом еще один стакан и наполни его водой наполовину. Прежде чем ударить его ложечкой, попробуй догадаться, выше или ниже, чем у пустого стакана, будет его звук. Предполагал? Давай проверим!

**МАТЕМАТИКА.** Знаешь ли ты дроби? Надеемся, что знаешь достаточно, чтобы построить гамму. Давай попробуем.

Это не так трудно – мы всего лишь должны наполнить несколько одинаковых стаканов до определенного уровня водой. Ниже ты найдешь список, в котором написано, до какой высоты надо наполнить стакан, чтобы получить ту или иную ноту.

**НЕ ЗАБУДЬ.** Сначала «настрой» один из стаканов на ноту «до». Это можно сделать добавляя и отливая воду до тех пор, пока не получишь нужного звука. Но даже потом необходимо сверить получившиеся ноты с любым музыкальным инструментом.

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Полный стакан воды             | до |
| Полный на $\frac{8}{9}$ стакан | ре |
| Полный на $\frac{4}{5}$ стакан | ми |

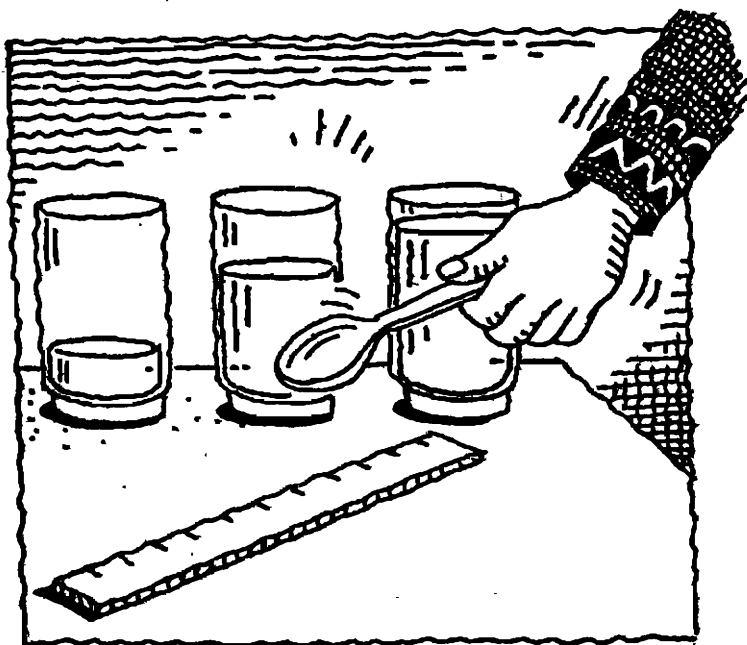
Полный на  $\frac{3}{4}$  стакан  
Полный на  $\frac{2}{3}$  стакан  
Полный на  $\frac{3}{5}$  стакан  
Полный на  $\frac{8}{15}$  стакан  
Полный на  $\frac{1}{2}$  стакан

фа  
соль  
ля  
си  
до

### Научное объяснение

Когда ты ударишь стакан ложкой, то он сам и содержащаяся в нем вода начинают вибрировать. Эти колебания передаются воздуху, находящемуся в стакане, превращаются в звуковые волны и в конечном счете достигают твоего уха. Заметь, что здесь звуковые колебания создает не воздух, а сам стакан с водой. Когда ты добавишь воды в стакан, то количество вибрирующего вещества возрастает, и звук получается ниже.

Несмотря на то, что отношения высоты воды в стаканах точные, сверять ноты с инструментом необходимо, потому что форма стакана сильно влияет на высоту получившегося звука.



## 2.22 КРИСТАЛЬНО ЧИСТО!

**В**ерно-неверно?

Говорят, что только бокалы, сделанные из дорогого хрустала, могут «петь», то есть издавать чистый звенящий звук, если по их краю провести влажным пальцем.

Проверь сам, если хочешь!

### Материалы

\* дорогой хрустальный бокал на длинной ножке с круглым основанием

\* мокрый палец

### Последовательность действий

Поставь бокал на ровную поверхность. Смочи водой указательный и средний пальцы одной руки и положи их на край бокала. Другой рукой крепко прижми основание бокала к столу.

Тихонько начни водить мокрыми пальцами по краю бокала. Не нажимай слишком сильно, касайся стекла осторожно. Если пальцы высохнут, смочи их еще раз и продолжай водить. Край бокала должен быть слегка влажным, скользким, но не мокрым. Когда будет достигнуто определенное давление пальца на край, бокал «запоет».

Наполни бокал наполовину водой и опять заставь его «петь». Как отличается получившийся звук от звука, издаваемого пустым бокалом? Как это можно объяснить?

### О С Т О Р О Ж Н О

Не используй бокал, если на нем заметны трещины или сколы на краю!

### Научное объяснение

Когда ты водишь пальцем по краю бокала, то заставляешь его вибрировать. Эти вибрации передаются воздуху, находящемуся внутри. Когда столб колеблющегося воздуха выходит наружу, ты слышишь звук.

Когда в стакан налита вода, то при «натирании» края начинают колебаться и стакан, и вода. Когда вибрирует большее количество вещества, то колебания взад-вперед происходят медленнее. Они тем не менее передаются воздуху, и создается волна, которую мы воспринимаем как более низкий звук.

**ЗАДАНИЕ!** Как ты думаешь, почему высокие бокалы (бокалы с высокой ножкой) «поют» лучше, чем низкие (те, которые имеют толстенькое короткое основание)?



## 2.23 Ой вы, струны, мой струны

**Н**атянем. Еще натянем. Так, теперь немного отпустим. Еще отпустим. Опять натянем...

Видел ли ты когда-нибудь, как музыкант настраивает струнный инструмент – скрипку, виолончель или гитару? При каждом повороте колка струна натягивается или ослабляется, и высота звука, издаваемого струной, меняется. В конце концов натяжение струны доводится до идеального, так что звучит именно та нота, которая нужна.

### Материалы

- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| * <i>деревянная дощечка</i>     | * <i>игрушечное ведро</i>    |
| * <i>песок, мелкая галька</i>   | * <i>канцелярские кнопки</i> |
| <i>для аквариума или шарики</i> | * <i>леска</i>               |
| * <i>карандаш</i>               |                              |

### Последовательность действий

Положи дощечку на стол так, чтобы один ее конец немного свешивался над краем стола. Воткни посередине дощечки кнопку, ближе к противоположному концу.

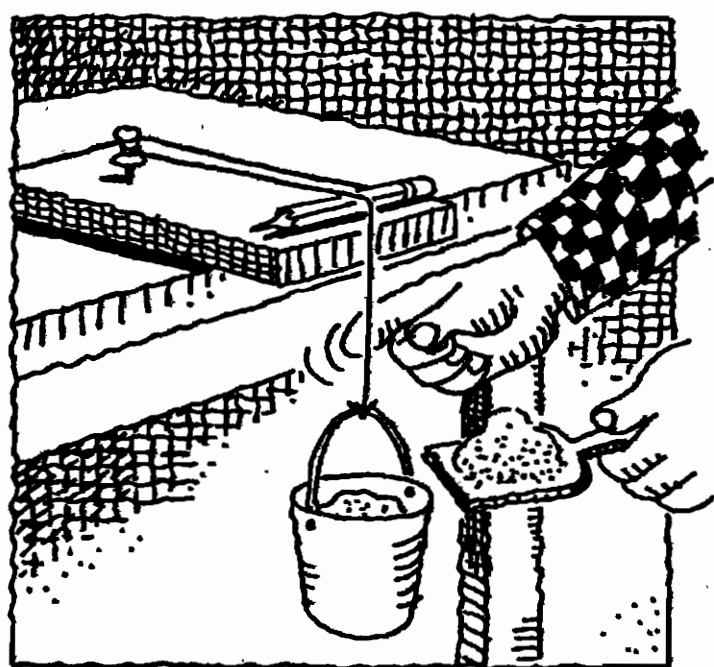
Отрежь кусок лески примерно на 30 сантиметров длиннее, чем дощечка. Один из концов привяжи к кнопке, а другой – к ручке ведерка. Протяни леску по дощечке так, чтобы конец с ведром свешивался с края стола.

Подложи карандаш под леску на краю дощечки. Дерни леску, как струну. Что ты слышишь?

Добавь немного песка в ведро и дерни леску снова. Продолжай добавлять песок, пока ведро не станет полным, и после каждой новой порции дергай леску. Как меняется при этом звук?

### Научное объяснение

Высота звука, который издает леска, зависит от ее натяжения. Добавление песка увеличивает вес ведерка, а это увеличивает натяжение лески. Чем больше натяжение, тем более высокий звук издает леска.



## 2.24 МЕНЯЕМ ВЫСОТУ ЗВУКА

**П**роведи рукой вдоль гитарного грифа. Чувствуешь на нем маленькие «ребрышки»? Эти «ребрышки» делят гриф на отдельные промежутки, которые называются лады. Когда струну прижимают, то длина ее вибрирующей части определяется ладом, на котором зажата струна. Лад, находящийся ближе всего к звуковыводящему отверстию, дает самый высокий звук, а тот, который дальше, — самый низкий.

### Материалы

- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| * бумажный стаканчик | * линейка                  |
| * капроновая нитка   | * две канцелярские скрепки |
| * липкая лента       | * канцелярская кнопка      |

### Последовательность действий

С помощью кнопки проткни в центре дна стаканчика отверстие. Пропусти через него нитку длиной примерно 60 сантиметров. К концу нитки, высунутому с внутренней стороны стаканчика, привяжи скрепку.

Вытяни нитку с противоположной стороны, чтобы скрепка плотно легла на донышко стаканчика. С помощью липкой ленты прикрепи стаканчик к одному из концов линейки.

Другую скрепку разогни так, чтобы получился крючок S-образной формы. Зацепи его за противоположный конец линейки, закрепи с помощью липкой ленты.

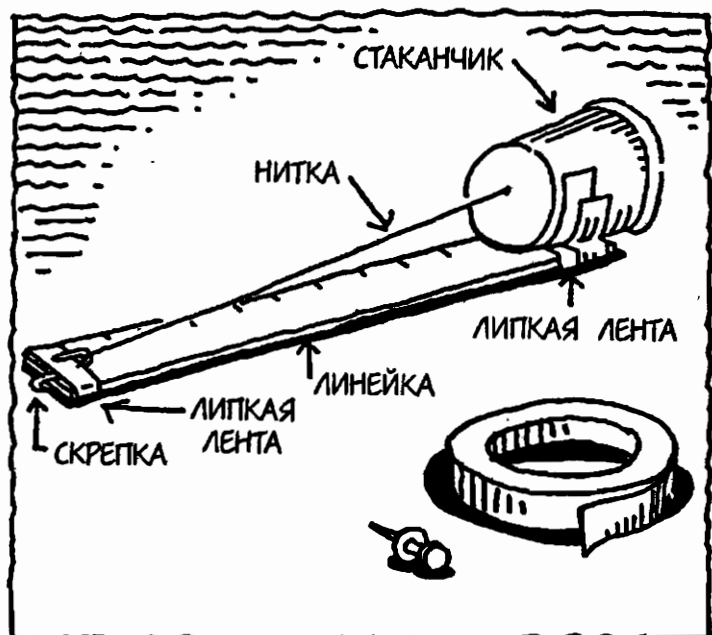
Привяжи свободный конец нитки к этому крючку так, чтобы она была натянута и ее можно было бы дернуть.

Отрежь лишнюю часть нитки. Дерни «струну». Какой получился звук? Прижми нитку к линейке, чтобы она сильнее натянулась. Дерни ее еще раз. Как изменился звук? Прижми «струну» в другом месте линейки. Каким получился звук? Как зависит высота звука от места на линейке, где ты прижимаешь нитку?

### Научное объяснение

Когда ты дернул нитку первый раз, то она начала колебаться по всей длине, что создало самый низкий звук. Когда ты прижал нитку, то длина той ее части, которая вибрирует, уменьшилась, и звук получился выше. Чем меньшую часть нитки ты оставляешь свободной, тем выше получается звук.





## 2.25 БУРЯ В СТАКАНЕ

**М**узыкантам всегда нужно играть в унисон. В этом очень помогает камертон. Камертон — это металлическая конструкция, по форме напоминающая вилку, которая колеблется в постоянном темпе. Ученые говорят — колеблется с определенной *частотой*. Некоторые камертоны колеблются с частотой, соответствующей ноте «до», другие соответствуют другим нотам. С помощью камертона все музыканты оркестра или группы могут настроить свои инструменты на одну и ту же ноту.

### Материалы

- \* камертон
- \* чашка с водой

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Для того, чтобы камертон зазвучал, надо его тихонько ударить специальным металлическим обитым тканью молоточком. В домашних условиях можно использовать любой твердый предмет с мягкой поверхностью. Можно ударить камертон о колено, локоть или покрытый ковром пол. Если же ударить камертон о жесткий предмет или поверхность, то можно незначительно погнуть или испортить вилку, что скажется на издаваемом звуке — частота колебаний камертона изменится, и он уже не будет давать чистую ноту.

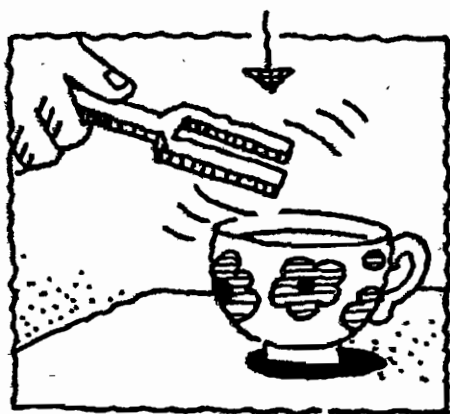
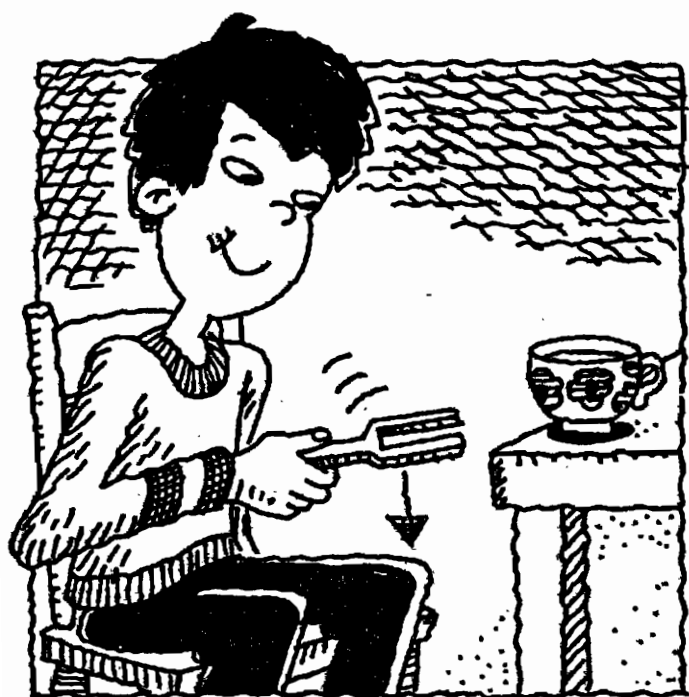
### Последовательность действий

Аккуратно держи камертон за основание вилки. Ударь его раздвоенным концом о колено или любой обитый тканью твердый предмет. Слышишь звук? Ударь еще раз. Звук тот же, или его высота изменилась?

Наполни чашку водой. Ударь камертон о колено, осторожно поднеси к чашке и коснись поверхности воды. Что ты видишь?

### Дома

Многие увлажнители воздуха в жилых помещениях основаны на таком же принципе. Вода из специального резервуара попадает в испарительную камеру. Нижняя часть камеры колеблется с очень высокой частотой, которую человеческое ухо не может зафиксировать (поэтому такая частота называется ультразвуковой). Энергия колебаний передается воде, и частицы воды получают достаточно энергии, чтобы вылететь из камеры в окружающий воздух.



## 2.26 ГРОМЧЕ ЗВУК!

**П**осмотри на сцену во время рок-концерта. Ты увидишь целую стену звуковых колонок. Подойди поближе, и ты увидишь, что они большие, ПРОСТО ОГРОМНЫЕ. У больших колонок большая площадь динамика. Большой динамик может передать колебания большему числу частиц воздуха. Чем больше воздуха вовлечено в колебания, тем больше громкость звука.

### Материалы

- \* камертон
- \* большая плоская поверхность (например, столешница)
- \* друг

### Последовательность действий

Ударь камертон о колено. Держи его на вытянутой руке. Слышишь ли ты его звук? Попроси друга встать на противоположный конец комнаты. Слышит ли он что-нибудь?

Опять ударь камертон о колено. Теперь поднеси его к столу и поставь основанием на поверхность. Как он звучит теперь? Изменилось ли что-нибудь?

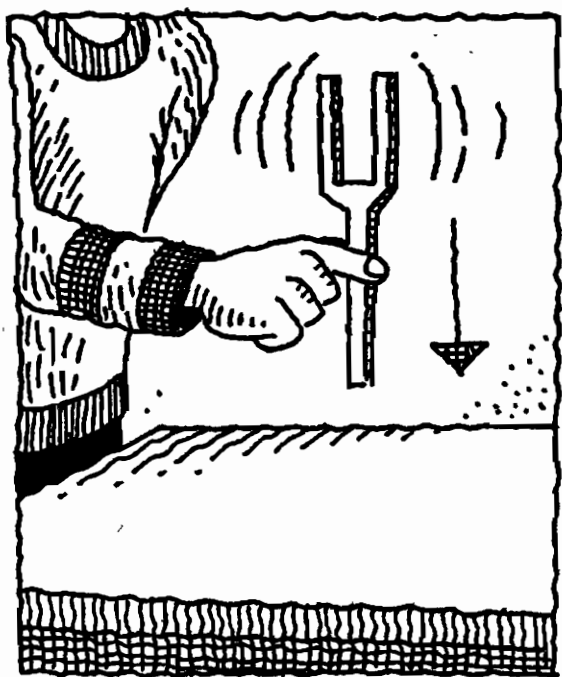
Потренируйся на разных предметах (классная доска, стена, подоконник, шахматная доска и так далее). Какие свойства поверхности помогают усилить звук? Какие свойства только приглушают звук камертона?

### Научное объяснение

Колеблющийся камертон передает свою энергию частицам воздуха. Вилка камертона маленькая, и поэтому она может передать напрямую колебания только небольшому числу частиц воздуха. Поэтому звук от одного камертона не такой уж и громкий.

Как только мы приставляем камертон к большой поверхности, ситуация меняется: колебания передаются также и поверхности.

Поскольку размер стола больше размера вилки, то он может передать энергию большему числу частиц, и громкость звука возрастет. Как только ты поэкспериментируешь с различными материалами, то поймешь, что твердые поверхности, которые могут довольно легко вибрировать, хорошо усиливают звук. Мягкие поверхности, которые не вибрируют, только приглушают звук.



## 2.27 ЗВУК СКВОЗЬ КОСТЬ

**С**лышал ли ты когда-нибудь запись своего собственного голоса? Наверняка ты удивился, ведь твой голос на кассете звучал совсем не так, как ты слышишь сам себя! Это происходит потому, что звук по-разному передается от источника к твоему уху.

Когда ты говоришь, то основная часть энергии выходит наружу и передается по воздуху, однако некоторая часть энергии остается внутри твоего тела. Эта энергия формируется в звуковую волну, которая распространяется... внутри костей твоего черепа! Ты слышишь свой голос «через кость», и звук получается не совсем такой, как его слышат другие.

### Материалы

*\* камертон*

### Последовательность действий

Ударь вилку камертона о колено. Прислушайся к получившемуся звуку. Что можно сказать о его громкости и глубине?

Ударь камертон еще раз. Но теперь, пока он звучит, прижми основание вилки к своей нижней челюсти. Какой звук ты слышишь теперь?

### Научное объяснение

Когда вилка камертона колеблется в воздухе, она может передать энергию движения только ограниченному количеству частиц воздуха, которые соприкасаются с ней. Поэтому звук получается мягким и относительно тихим.

Когда ты прижимаешь вилку к своей челюсти, то колебания начинают передаваться костям черепа и по ним достигают уха, где мозг распознает их как звук. Поскольку в этом случае звуковые волны передаются твердым материалом, то энергии передается больше, и звук получается громче.

### На сцене

В наше время большинство музыкантов не используют металлические камертоны. Уже созданы цифровые камертоны, которые выдают звук нужной высоты и того же тембра, что и настоящий инструмент.

Но раньше музыканты пользовались именно вилочными камертонами. А для того, чтобы звук камертона было слышно

на фоне громкой игры оркестра, они придумали специальный прием: музыкант ударял камертон и... зажимал основание вилки зубами! Звук при этом передавался через зубы костям черепа, а через них – прямо в ухо. В этом случае не имеет значения, как громко играет оркестр, – «внутренний» звук гораздо громче!



## 2.28 ПОЙ СО МНОЙ!

**П**оешь ли ты, принимая душ? Если да, то наверняка ты заметил, что некоторые ноты звучат громче, чем остальные. Пропой гамму, плавно переходя от ноты к ноте, и ты поймешь, какие ноты усиливаются. Этот физический эффект определяется формой и размерами ванной комнаты. Когда ты берешь нужную ноту, стены комнаты начинают вибрировать с той же частотой, что и твои голосовые связки!

### Материалы

- \* две одинаковые пластиковые бутылки
- \* друг

### Последовательность действий

Поставь одну из бутылок на ровную поверхность. Другую бутылку дай другу и попроси его отойти на несколько метров. Пусть он подует в горлышко своей бутылки, чтобы раздался довольно низкий свистящий звук.

После того как свист прозвучал несколько секунд, поднеси ухо к горлышку твоей бутылки. Что ты слышишь? Как долго звучит этот звук? Кто его производит?

### Научное объяснение

Когда твой друг дует в бутылку, то бутылка издает звук постоянной частоты. Звуковые волны выходят из горлышка, достигают твоей бутылки и заставляют ее колебаться.

Поскольку бутылки абсолютно одинаковые, то у них одинаковая «внутренняя» частота. Когда звуковые волны от «поющей» бутылки достигают «молчащей», она начинает вибрировать с той же частотой. Колебания достаточно сильны для того, чтобы заставить воздух внутри бутылки также вибрировать, что создает звук той же высоты, что издает первая бутылка.





## 2.29 РЕЗОНАНС

**П**редставь себе, что ты находишься в комнате, где несколько человек играют на музыкальных инструментах. А в углу стоит пианино, на котором никто не играет. Звуки музыки усиливаются, наполняют всю комнату. Вдруг музыка внезапно обрывается. Но пианино, на котором никто не играл, продолжает звучать на той ноте, которую оркестр сыграл последней! Призраки? Нет, резонанс.

### Материалы

*\* гитара, пианино или любой струнный инструмент*

### Последовательность действий

Дерни открытую (не зажатую на ладу) гитарную струну или нажми клавишу пианино. Послушай и запомни ноту. Можешь несколько раз спеть ее вместе с инструментом, а потом потренироваться, чтобы получился звук точно такой же частоты.

Подожди, пока вибрации струны затихнут. Теперь спой эту же ноту голосом, довольно громко и чисто, и держи ее несколько секунд.

Резко оборви пение и прислушайся. Что ты слышишь? Можешь ли сказать, какая струна колеблется? Как можно это проверить?

### Научное объяснение

Точно повторив голосом звук, издаваемый струной, ты «настроил» свой голос на ту же частоту. Когда ты коснулся струны, ее колебания прекратились. С помощью «настроенного» голоса ты воспроизводишь ту же ноту, что и струна.

Когда колебания воздуха, производимые твоими голосовыми связками, достигают струны, то они «раскачивают», заставляют колебаться только ту из них, у которой «собственная» частота соответствует этой ноте. Это и есть та струна, которая дает этот звук. Она начинает колебаться под действием вибраций воздуха и приобретает достаточно энергии, чтобы делать это самостоятельно, даже когда пение кончится.



## 2.30 УСЛЫШЬ СТУК СЕРДЦА

«й, какой он холодный! Вы его в холодильнике держите?»

Стетоскоп, которым терапевт прослушивает грудную клетку, — это прибор, усиливающий звук. Его звукособирающая часть представляет собой плоскую коробочку с мембраной. Усиленный звук идет по специальным шлангам, которые заканчиваются наушниками. Колебания покидают шланги через открытый конец и попадают к доктору в уши.

### Материалы

\* две хозяйственные воронки

\* 30–40 сантиметровый неширокий резиновый шланг

### Последовательность действий

В каждый из концов шланга вставить воронку ее узким концом. Чтобы проверить, работает ли твой стетоскоп, одну из воронок раструбом приклони к стенке (раструб должен плотно, без щелей прилегать к поверхности), а другую приложи к уху (чтобы ухо оказалось внутри раструба). Тихонько постучи по стене. Что ты слышишь?

Теперь приложи первую воронку к груди в области сердца. Раструб воронки должен плотно прилегать к твоей коже. Что слышно?

Не убирая воронки, сделай глубокий вдох. Слышишь, как воздух проникает в твои легкие?

### Научное объяснение

Твое сердце — это мощная мышца. Когда она сокращается, то «проталкивает» кровь по сосудам. Для того чтобы кровь не текла обратно, когда сердце расслабляется, специальные клапаны в нем закрываются и не дают крови двигаться в обратном направлении. Закрытие клапанов сердца и производит звук, который мы называем сердцебиением. Вибрации от этого распространяются по всему телу, головка стетоскопа своей чувствительной мембраной собирает эти колебания, и мы слышим их как звук.



## 2.31 «ОЧКИ» ДЛЯ УШЕЙ

Слышал ли ты поговорку «и у стен есть уши»? Это чистая правда, только не у стен, а у окон. Дзинь, дзинь, дзинь... Когда люди в комнате говорят, стекла повторяют колебания воздуха. Оказывается, шпионы давно это знали и использовали. С помощью высокоточных приборов, таких, как лазер, они наблюдали колебания стекла и расшифровывали то, что говорилось в комнате в полной секретности.

### Материалы

- \* *стеклянный стакан*
- \* *стенка*
- \* *радиоприемник*

### Последовательность действий

Встань напротив капитальной стены, разделяющей две комнаты. Поставь радио в одной комнате и включи на не очень большую громкость. Закрой дверь и выйди в соседнюю комнату.

Прижми стакан ободком к стене. Стакан плотно, без щелей должен прилегать к поверхности. Приложи ухо к его донышку. Что ты слышишь?

Передвинь стакан в другую часть стены. Может быть, где-то слышно лучше, а где-то хуже?

### Научное объяснение

Звуковые волны, которые производит радио, распространяются по комнате. Они достигают стены, и стена начинает едва заметно вибрировать. Эти колебания настолько малы, что человеческое ухо не может зарегистрировать получающуюся звуковую волну.

Когда мы приставляем к стене стакан, то воздух для передачи колебаний уже не нужен. Вибрации передаются прямо по твердому веществу стакана и достигают уха, где распознаются как звук.



## 2.32 ХЛОПУШКА

**Р**еактивный самолет, фейерверк... Они производят громкие звуки, которые могут испугать неподготовленного человека. Ты тоже можешь создать оглушительный звук в своей собственной комнате.

### Материалы

- \* кусок гофрированного картона (от упаковочной коробки)
- \* плотная упаковочная бумага
- \* ножницы
- \* линейка
- \* липкая лента

### Последовательность действий

Из упаковочной бумаги вырежи треугольник размерами  $35 \times 35 \times 50$  сантиметров.

Из картона вырежи квадрат со стороной 30 сантиметров. С помощью ножниц и линейки по диагонали квадрата процерти бороздку. Важно, чтобы картон при этом ни где не был прорезан насквозь.

Треугольник из оберточной бумаги положи на ровную поверхность. Картонный квадрат положи на него так, как показано на рисунке (бороздка должна смотреть вверх). Загни оберточную бумагу и приклей с другой стороны картона с помощью липкой ленты.

Возьми хлопушку и сложи ее пополам по бороздке так, чтобы оберточная бумага оказалась зажата двумя половинками картонного квадрата.

Подними хлопушку на вытянутой руке над головой, чтобы открытая сторона смотрела вперед. Теперь опускай руку с хлопушкой вниз так быстро, как только сможешь. Р-р-раз! Что ты слышишь? Может ли это сравниться по громкости с новогодним фейерверком?

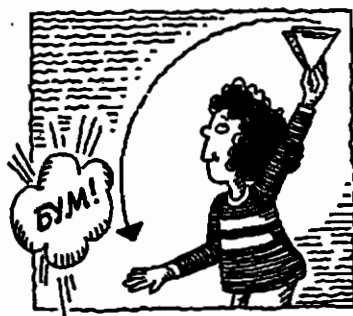
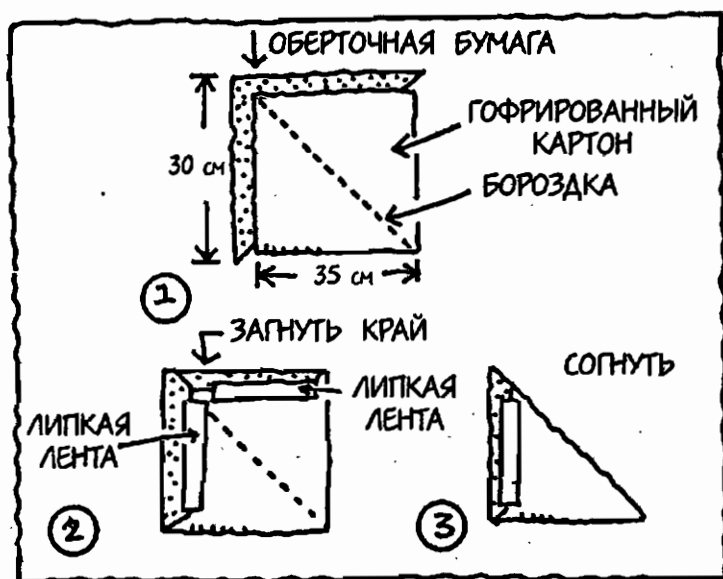
### Научное объяснение

Как только твоя рука опустилась вниз, хлопушка открылась. Воздух устремился занять место между картонкой и оберточной бумагой так быстро, что образовалась ударная волна. Эта волна — «младшая сестричка» той, которая образуется, когда реактивный самолет преодолевает звуковой барьер скорости, она имеет ту же природу.



Кстати, подобным же образом получается и щелканье хлыста. Это тоже ударная волна. Конец хлыста движется так быстро, что преодолевает звуковой барьер. Волна, которая образуется у ручки хлыста, распространяется вдоль него, ее скорость увеличивается и на конце становится больше скорости звука. Образуется ударная волна, которая и производит характерный щелкающий звук.

**ЗАДАНИЕ!** Прочитай статьи про сверхзвуковые самолеты, например, про «Конкорд», который долгое время перевозил пассажиров через Атлантику.



## 2.33 ДРЕВНЯЯ ЗВУКОЗАПИСЬ

**Д**авным-давно (можно даже сказать, в доисторические времена) не было ни кассет, ни компакт-дисков, а люди, которые хотели послушать музыку, были вынуждены использовать довольно забавную штуковину, которая называется грампластинкой. Ты знаешь, что на кассете используется магнитный способ записи информации, на компакт-диске — цифровой. А на грампластинке звук был «вырезан» на специальном материале, который называется винил.

### Материалы

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| * ненужная грампластинка | * плотная бумага |
| * проигрыватель          | * иглолка        |
| * липкая лента           | * лупа           |

### Последовательность действий

Вся поверхность грампластинки испещрена тоненькими бороздками. Для начала рассмотри ее под лупой. Желобки прямые или извилистые? Сплошные или прерывистые? Имеют они одинаковую глубину или разную?

Поскольку грампластинка ненужная, ничего страшного не произойдет, если мы проведем с ней некоторые манипуляции. Засунь ноготь в один из желобков и проведи вдоль него. Что ты чувствуешь? Слышишь ли какие-нибудь звуки?

Сверни лист бумаги, чтобы получился конус. Скрепи его липкой лентой. Узкий конец сплющи, заверни примерно на 2 сантиметра вбок и закрепи его с помощью липкой ленты, как показано на рисунке. В образованный стигб вставь иглолку.

Поставь пластинку на вращающийся диск проигрывателя. Крути его одной рукой, другой рукой при этом аккуратно вставь иглолку в одну из бороздок пластинки. Что получилось?

### Научное объяснение

Бороздки на грампластинке хранят информацию о звуке. Она содержится в их форме. Бороздки извилистые, и в тех из них, волны которых длинные, записаны низкие звуки, а в тех, у которых волны короткие, — высокие.

Для того чтобы эти звуки услышать, надо эти «дорожки» превратить в вибрации воздуха. Когда иглолка движется вдоль бороздки, то она повторяет все ее изгибы и, соответственно, вибрирует с частотой этих волн. Колебания иглолки переда-

ются бумажному конусу, а он, в свою очередь, передает их заключенному в нем воздуху.

**ЗАДАНИЕ!** Что получится, если вращать пластинку быстрее?



## 2.34 КОСМИЧЕСКИЕ ГОЛОСА

**В** космосе вообще невозможно слышать звуки! Для того чтобы передать звук, необходимо вещество, а космос по большей части пуст.

Устройство, которое мы сейчас сделаем, производит странные, «нездешние» звуки и изменяет тембр твоего голоса. Ты только послушай.

### Материалы

- \* *металлическая пружина*
- \* *два бумажных стаканчика*
- \* *капроновая нитка*
- \* *ножницы*
- \* *две канцелярские скрепки*

### Последовательность действий

Отрежь два куска нитки длиной 15 сантиметров. К одному концу каждой нитки привяжи скрепку. В донышке стаканчика проткни дырочку и протяни сквозь нее нитку так, чтобы скрепка осталась с внутренней стороны стаканчика. То же самое сделай и со вторым стаканчиком.

Свободный конец нитки привяжи к последнему витку пружины. Второй стаканчик таким же образом привяжи к пружине с другой стороны.

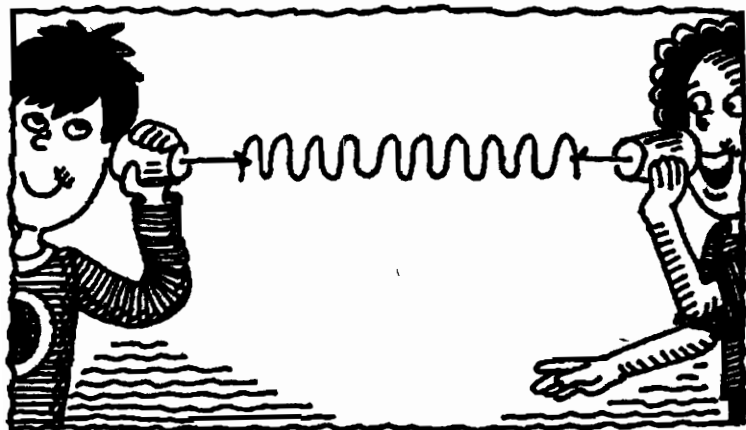
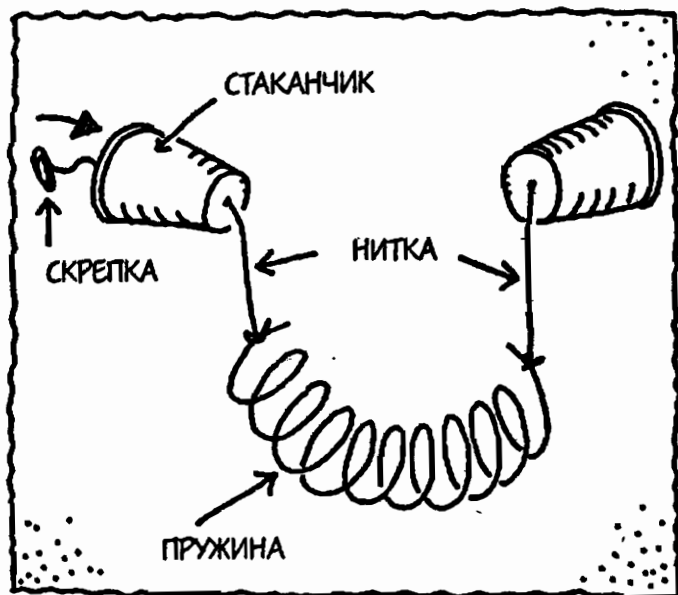
Немного потяни стаканчики в сторону, чтобы натянуть нитки и пружину. Не тяни слишком сильно, чтобы не «растянуть» пружину совсем!

Возьмите с другом по стаканчику. Прислони свой стаканчик к уху и попроси друга сказать что-нибудь в его стаканчик. Потом поменяйтесь ролями. Слышишь голос друга? Как странно он звучит!

### Научное объяснение

Когда ты говоришь, то приводишь в колебательное движение частицы воздуха, находящиеся внутри стаканчика. Эти колебания передаются стаканчику, а от него, по нитке, — пружине. Но не все звуки передаются по ней на другой конец! Некоторые колебания отражаются от противоположного конца пружины и движутся в обратную сторону. Там они отражаются вновь. Эти звуки как бы «застревают» в пружине ненадолго, а после нескольких отражений попадают в стаканчик на противоположном конце «линии» и производят эффект эха.

**ЗАДАНИЕ!** Как будет слышен голос, если пружину натянуть сильнее? А если ослабить?



# УКАЗАТЕЛЬ

**Б**  
безопасность, 6  
буквенная симметрия, 30

**В**  
волна сжатия, 92  
вибрации, колебания, 94  
внутренние, 142  
вперед-назад, 132, 144, 156  
генерация звуковых волн, 124, 126  
изменение, 124  
изменение высоты звука, 106, 108, 112-113  
передающие энергию, 138-139  
передающиеся от атома к атому, 118-119  
передающиеся по воздуху, 132  
передающиеся по поверхности, 122, 140, 142  
распространяющиеся, 122  
свтовых волн, 60  
струны, 61  
частиц воздуха, 120  
энергия, 90, 118-119  
вращающийся диск, 22-23  
выпуклое и вогнутое, 46, 48  
высота звука, 90, 104, 108, 110-114, 124, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 144, 146, 154  
см. также Частота

**Г**  
голосовые связки, 124

**Д**  
движение, передача, 118-119  
оставшаяся, 84-85

диск Бенгама, 83  
домашнее переговорное устройство, 118-119  
другие видят тебя, 26  
духовые инструменты, 106, 108, 128

**З**  
звук,  
громкость, 124, 138, 141, 142, 143  
качество, 116, 126, 156  
передача, 90, 100, 117  
передача веществом, 156  
проводимость кости, 142, 143  
распознавание, 96  
распространение, 92, 120, 150  
создаваемые, 92  
ударная волна, 152  
усиливающийся, 122  
энергия волны, 90  
эхо, 156  
зеркала, зеркальный, 10, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 42, 44, 62, 84  
лабиринт, 40  
одностороннее прохождение, 50  
параллельность, 28  
письмо, 62  
покрытие, 48, 50

**И**  
изображение  
вверх ногами, 74, 80  
зеркала, 52  
изменение размера, 28, 72, 77  
наложение, 54  
переворот, 62, 80, 81  
правильно повернутое, 80  
право и лево меняются местами, 26, 52  
ряд бесконечный, 40

иллюзия движения, 84  
инерция зрительного восприятия, 22-23  
исчезновение и появление, 54, 56, 58

**К**  
калейдоскоп, 43  
камера-обскура, 74  
камертон-вилка, 138, 140, 142-143  
колебания струны, 116-117, 134, 136  
копировальная бумага, 62, 78  
копировальное устройство, 52  
«космический» телефон, 156  
кукарекание, 122

**Л**  
лабиринт, отражение, 62  
лазер, 33, 150  
линсийка, 104  
линза, 60, 70, 72  
ложка, 146, 120, 130  
лупа, 64, 68, 76  
луч, 8  
«лучевая машина», 32, 33, 64

**М**  
мираж, 70  
мозг, восприятие, 83, 96  
монета, 28, 40, 56, 58, 100

**Н**  
нитка капроновая, 20, 22, 116, 118, 120, 122, 136

**О**  
оберточные материалы, 48, 50, 126  
объемное изображение, аэрофот, 60

осторожно! 40, 42, 44, 54, 68, 74, 80, 132, 138, 148

отражение

двойная система, 26

идеальное, 46

интерференция, 40, 42

спектр, 10, 12, 14, 16

угла, 36-37

отражающие свойства,

24, 52

И

инфракрасный, 44

интерференция, 8, 12, 28, 30,

32, 34, 40, 64

поверхности, выбор

разности в такт голо-

су, 150

инфракрасный, 132-133

инфракрасный, 84

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 56

инфракрасный, 38

наложение пучков,

20-21

наложение цветов, 20

отклонение лучей,

18, 56, 58, 70

отраженный и про-

шедший, 54, 60

падающий и отражен-

ный лучи, 36-37

параллельные лучи,

32-33, 34, 36

пересечение лучей,

80

расхождение лучей,

24, 32-33, 34, 46, 66,

72, 76-77, 80-81

угол падения, 12, 64

фокусирование лучей,

46, 68

см. также Цвета

системы, 112

сферический, 148-149

отражающий, 72, 74

слайд-проектор, 76

сигналы, 87

спектр, 1, 12, 14, 16, 20

стетоскоп, 148

стробоскоп, 84-87

стробоскоп, 84-87

стробоскоп, 84-87

Т

твердые тела, жидкос-

ти, газы, 160, 102

тень и полутень, 78-79

травяной самосток, 106

у

увеличительные при-

боры, 64, 66

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

ультразвук, 138-139

Ф

фокусирование света

от солнца, 68

фонарик, 8, 12, 14, 16,

20, 32, 34, 36, 64, 76,

78, 98

Х

хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

Хлопушка, 152

## ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЕ!

с. 10 белый свет разложен в спектр на поверхности компакт-диска; с. 16 пленка достаточно тонкая, чтобы разложить лучи света в спектр; с. 42 для того, чтобы создавать новые комбинации цветных стеклышек; с. 62 это трудно, но возможно при изрядном терпении и сноровке; с. 74 сетчатка; с. 77 перевернуто, и больше по размерам; с. 79 полностью вне тени; с. 81 если она находится на достаточно большом расстоянии от глаза и объекта; с. 87 лошадка будет скакать назад; с. 90 чем громче звук — тем выше прыгают зерна; с. 119 да, поскольку частицы металла расположены ближе друг к другу; с. 120 пластик будет смягчать звук; с. 123 чем больше стакан, тем громче звук; с. 133 ножка позволяет бокалу более свободно колебаться; с. 155 звук станет выше.

## ОБ АВТОРЕ

Майкл Энтони Ди Специо — это педагог нового поколения, чьи учебники, книги и методы преподавания известны во многих странах. Он получил степень магистра биологии в Бостонском университете и шесть лет проработал ассистентом Нобелевского лауреата Альберта Сент-Дьердьи. Утомившись пересчитывать щетинки у копеподов (мелких рачков, обитающих в воде), Майкл сменил морскую научную лабораторию на школьный класс. Годами он обучал детей физике, химии, наукам о Земле, математике, руководил школьным музыкальным театром.

Майкл написал несколько серий увлекательных научно-популярных книг. Кроме того, он является соавтором учебников для начальных, средних и старших классов школы. Его часто приглашают на телевидение для ведения детских познавательных передач. Им написаны статьи в научно-популярные журналы США.

Работая в Национальной ассоциации учителей (США), Майкл внес большой вклад в программу перехода от видимости образования — к реальному образованию.





**Открой глаза и наведи уши,**  
чтобы исследовать удивительные  
миры света и звука.

Соломинки для коктейля, картонная  
трубка от рулона туалетной бумаги,  
аптечная резинка, бумажные  
стаканчики, пластиковые бутылки,  
фонарики и маленькие зеркала...

Обычные подручные материалы,  
которые есть в каждом доме. Однако  
с их помощью можно поставить  
множество необычных опытов!

**Ты узнаешь, как:**

разложить луч света в спектр;  
самостоятельно сделать «лучевую  
машину», калейдоскоп и перископ;  
сделать музыкальный инструмент  
оригинальной конструкции  
и заставить «петь» стакан воды;  
говорить «космическим голосом».  
И еще много всего интересного!

**Ты хочешь удовлетворить свое  
любопытство, стать звездой  
следующей школьной выставки  
или просто развлечься? Эти  
невероятно интересные опыты  
помогут тебе по-новому  
взглянуть и вслушаться  
в окружающий мир!**

интернет-магазин  
**OZON.ru**



27783868

ISBN 978-5-17-024858-2



9 785170 248582