



ОПЫТЫ

ТОМА ТИТА

УДИВИТЕЛЬНЫЙ  СВЕТ



ДЛЯ  
ДЕТЕЙ  
**9-14**  
ЛЕТ

УДК 087.5  
ББК я92  
3-34

Иллюстрации Черентаевой Марии Ильиничны

3-34 **Зарапин В. Г.**  
Опыты Тома Тита : удивительный свет / Виталий Зарапин.

ISBN 978-5-699-69096-1

Опыты Тома Тита известны во всем мире. В этой книге вы найдете серию занимательных научных опытов со светом и его свойствами, опыты с тепловой и электромагнитной энергией и многое другое интересное!

Все эти опыты не только занимательны, но и легко выполнимы в домашних условиях.

**УДК 087.5**  
**ББК я92**

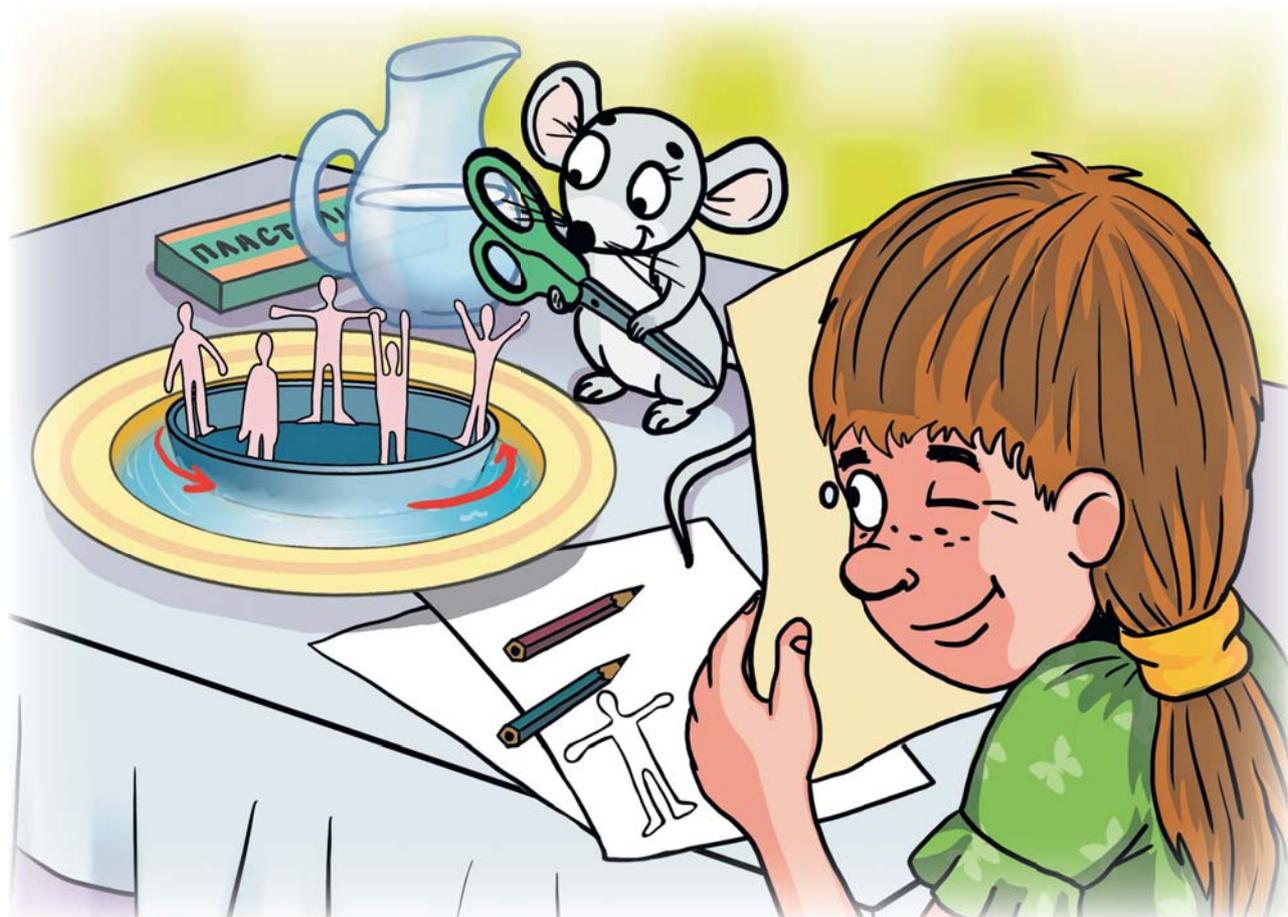
ISBN 978-5-699-69096-1

© Зарапин В.Г., 2013  
© ООО «Айдиономикс», 2014

# Содержание

<b>Введение</b> .....	5	Как умножить отражения.....	24
Увеличивающий и уменьшающий стакан.....	6	Кланяющаяся тень.....	26
Подсветка с помощью ложки... ..	8	Буквы-перевертыши и неваляшки.....	28
Увеличивающая бумага.....	9	Поджигание через стекло.....	30
Обратный перископ.....	10	Исчезающий свет.....	32
Иллюзорный угольник.....	12	Световые радужные крылья.....	34
Стекланный «копир».....	14	Полосатые отражения света.....	36
Как управлять лучом света.....	16	Кольца Ньютона.....	38
Исчезновение в воде.....	18	Радуга на потолке.....	40
Модель человеческого глаза, или Камера-обскура.....	20	Многоцветные звёзды.....	42
Как закрутить тень в разные стороны.....	22	Игра цветов и оттенков.....	44
		Цветовая арифметика.....	46
		Биноклярное совмещение.....	48





Объём из проволоки, или Иллюзия в движении . . . . .	50	Послушная стрелка . . . . .	76
Фигурное вращение . . . . .	52	Электрическая пляска . . . . .	78
Превращение круга в сферу . . . . .	54	Игра в электрические кости . . . . .	80
Дополнительный зрачок . . . . .	56	Электрические рисунки . . . . .	82
Как карусель превратить в кино . . . . .	58	Повелитель мыльных пузырей . . . . .	84
Цветные фантазии глаз . . . . .	60	Генератор электричества . . . . .	86
Температура движет коромыслом . . . . .	62	Электроскоп — индикатор электрического заряда . . . . .	88
Как удлинить иголку . . . . .	64	Электрический бокс . . . . .	90
Разделяем с помощью температуры . . . . .	66	Излучаем радиоволны . . . . .	92
Поглощение тепловых лучей . . . . .	68	Опыт Эрстеда, или Начало электромагнетизма . . . . .	94
Конвекционные узоры . . . . .	70	Магнитный порядок . . . . .	96
Невидимая сила . . . . .	72	Как звук передвигает предметы . . . . .	98
Аномальная вода . . . . .	74	Резонирующий стакан . . . . .	100
		Бутылкофон . . . . .	102

# Введение

Окружающий мир удивителен и многообразен. Во все времена люди стремились к его познанию, накапливали опыт и информацию, фиксировали свои находки в книгах. Наше понимание законов природы, космоса и микромира базируется не только на современных открытиях и достижениях, но и на знаниях, полученных предыдущими поколениями.

Любознательство заставляет нас узнавать и постигать что-то новое, расти и развиваться. Оно порождает интерес и приводит к пониманию происходящего вокруг, к созданию новых удивительных вещей. Большинство устройств — автомобили, телефоны и компьютеры — появились благодаря применению на практике физических открытий.

Физика — это не только научные книги, длинные формулы, сложные приборы и лаборатории. Это ещё и интересные загадки, занимательные эксперименты, позволяющие луч-

ше узнать окружающий мир и понять суть происходящих явлений.

В этой книге ты найдёшь интересные научные опыты известного французского писателя и журналиста Артура Гуда, который в конце XIX — начале XX века публиковался под псевдонимом Том Тит. Его книги популярны во всём мире вот уже более 100 лет.

Тебя ждут опыты со светом и его свойствами, а также с тепловой и электромагнитной энергией. Все эксперименты ты легко сможешь выполнить в домашних условиях с помощью подручных предметов и материалов.

Если ты любознателен, тебе нравится удивлять других и самостоятельно находить ответы на сложные вопросы, тогда смело открывай интересный и захватывающий мир экспериментальной науки и по-новому смотри на окружающий мир!

Вперёд, к новым открытиям!



# Увеличивающий и уменьшающий стакан

Различные изогнутые поверхности искажают форму и размер отражённых в них предметов. В этом легко убедиться, посмотрев на своё отражение снаружи полированной металлической кастрюли. Прозрачные предметы, если их поверхности искривлены, тоже будут искажать форму и размеры объектов, которые видны сквозь них. Например, капля воды может выступать в роли увеличивающего или уменьшающего стекла. Интересно, как такое возможно?

## Опыт

Посмотри через стакан или рюмку на окружающие предметы. На границах граней их вид становится изломанным и немного смещённым. Обмакни палец в воду, наклони стакан и капли на внутреннюю сторону стенки в одно место 2–3 капельки, чтобы они образовали одну большую каплю.

Аккуратно наклони стакан так, чтобы капля сместилась к краю, где нет граней, — так, как показано на рисунке. Посмотри сквозь каплю и стакан на какой-нибудь предмет, например газетный текст. Затем наклони

стакан так, чтобы капля расположилась над одной из граней, и снова посмотри на текст.

## Результат

Когда капля расположена на краю стакана, где нет граней, рассматриваемое изображение будет увеличено, когда над гранью — уменьшено.

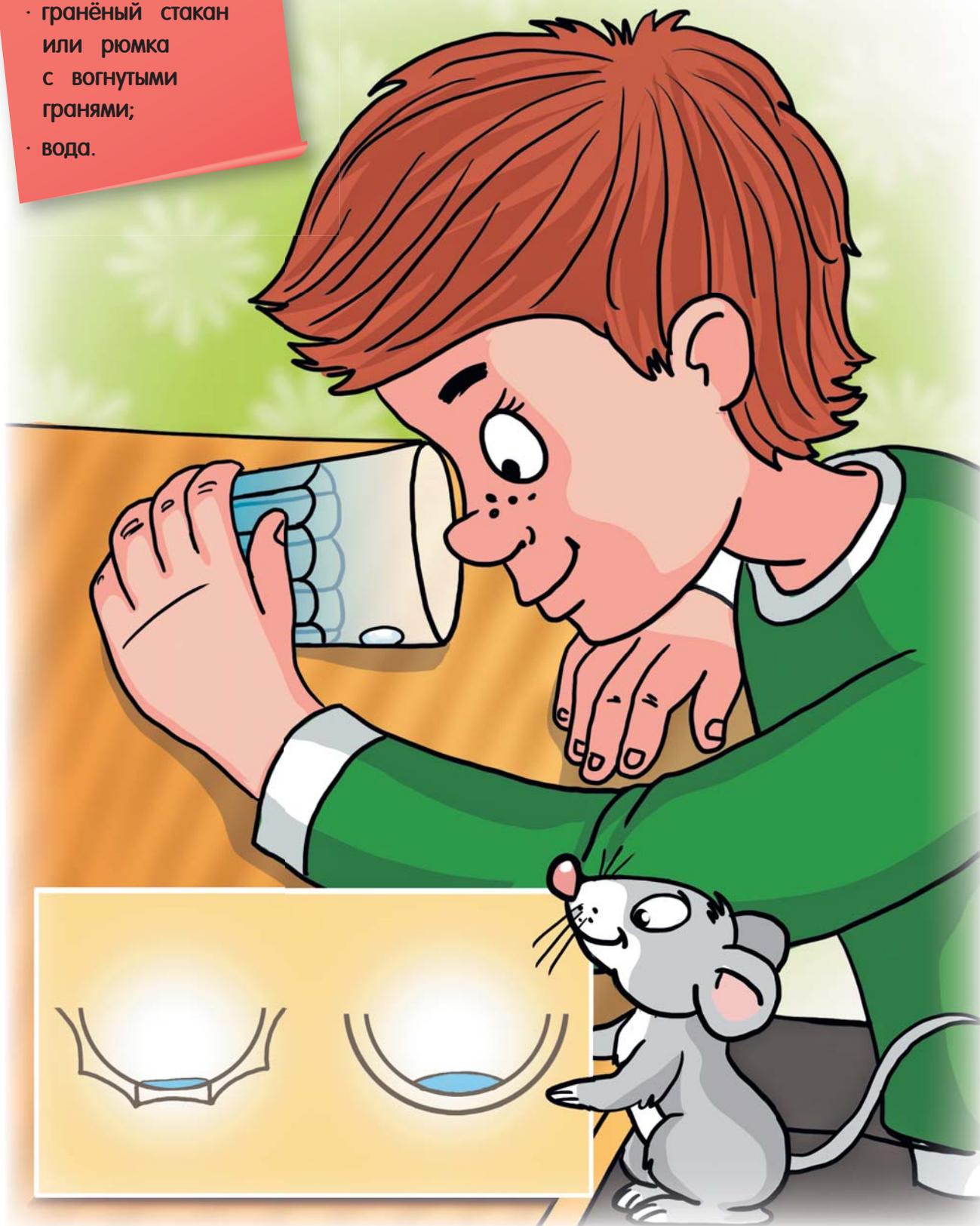
## Объяснение

Капля имеет немного выпуклую форму из-за поверхностного натяжения воды. Суть этого явления заключается в том, что на поверхности жидкости образуется тонкая плёнка из её частиц (молекул). Она находится в натянутом состоянии и стремится сократиться (стянуться), чтобы её поверхность была минимальна. В результате капля приобретает форму шарика, но под действием силы тяжести, прижимающей её к стакану, становится приплюснутым овалом с выпуклой верхней поверхностью. Верх стакана, где нет граней, также выпуклый. Капля, выпуклая вверх, и стекло, выпуклое вниз, образуют двояковыпуклую линзу, которая увеличивает изображение. Вогнутая грань стакана и капля над ней образуют линзу с одной вогнутой поверхностью. Если кривизна изгиба грани (радиус изгиба) меньше кривизны изгиба поверхности капли, получится вогнутая линза, которая уменьшает изображение.

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.

Что потребуется:

- гранёный стакан или рюмка с вогнутыми гранями;
- вода.



# Подсветка с помощью ложки

Металлическая ложка, отполированная до зеркального блеска, может служить в качестве кривого зеркала, как в комнате смеха. Если смотреть на своё отражение с вогнутой стороны ложки, оно окажется перевернутым и растянутым, если с выпуклой — худым и вытянутым. Однако помимо таких забавных эффектов ложка может служить устройством для фокусировки лучей, или рефлектором, который способен хорошо подсвечивать труднодоступные тёмные места.

## Опыт

Чтобы осветить какой-нибудь тёмный угол, обычно используют фонарик. Однако, если его не оказалось под рукой, можно воспользоваться металлической ложкой.

Например, чтобы осмотреть чьё-нибудь больное горло, зажги свечу и приложи её к рукоятке ложки так, чтобы пламя располагалось перед вогнутой частью. Луч света, отражённый от вогнутой стороны ложки, направь в горло.

## Результат

Подобно вогнутому зеркалу, ложка отразит свет пламени, соберёт его в один луч и направит в горло.

## Объяснение

Отражённый свет пламени собирается в один луч благодаря вогнутой форме ложки. Падая на внутреннюю поверхность ложки под разными углами, лучи отражаются преимуще-

### Что потребуется:

- металлическая ложка, отполированная до зеркального блеска;
- свеча;
- спички.

### Сложность:

опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.

ственно в одном общем направлении, собираясь в один яркий луч. Таким же образом работают рефлекторы в электрическом фонарике — зеркальные чашечки, расположенные вокруг лампочки.



# Увеличивающая бумага

Чтобы рассмотреть крошечный предмет, понадобятся различные оптические устройства — от простых увеличительных стёкол до микроскопов. Принцип их действия во многом одинаков: свет от рассматриваемого предмета проходит через искривлённые стёкла линз, преломляется определённым образом и формирует увеличенное изображение. Однако увеличивать изображения маленьких предметов можно и без оптических линз. Для этого достаточно знать об одном интересном свойстве света.

## Опыт

Иголкой проколи в бумаге дырочку и поднеси её к глазу. Прикрой второй глаз и посмотри через отверстие на какой-либо предмет, например газетный текст или булавочную головку, с расстояния 2–3 сантиметров. Рассматриваемый предмет обязательно должен быть хорошо освещён.

## Результат

Предмет, рассматриваемый через отверстие в бумаге, будет значительно увеличен. Невооружённым глазом с такого расстояния ты ничего не сможешь рассмотреть: всё будет расплываться.

### Что потребуется:

- лист плотной бумаги;
- иголка.



**Сложность:**

**опыт можно выполнять самостоятельно.**

## Объяснение

Отверстие в бумаге работает как линза с коротким фокусом. Лучи, попадающие в отверстие, частично отражаются от его стенок и изменяют направление движения. Это похоже на движение лучей через увеличительное стекло. Получается увеличенное перевернутое изображение. Чем ближе расположен объект, тем больший угол отражения и тем больше увеличение изображения.

На крупных отверстиях эффект лупы не проявляется, поскольку большинство лучей проходит сквозь него, не отражаясь от стенок. Вклад отражённых лучей настолько мал, что просто незаметен.



# Обратный перископ

Чтобы увидеть предмет, который находится за спиной, не поворачивая головы, понадобится зеркало. Однако у изображения, полученного таким способом, есть существенный недостаток: оно повернуто справа налево.

Чтобы получить нормальное изображение, смастери простое устройство — обратный перископ.

## Опыт

Перископ (от греческого слова *periskopéo* — «смотрю вокруг», «осматриваю») — оптический прибор для наблюдения окрестностей из укрытий, а также предметов вне непосредственного поля зрения наблюдателя.

С помощью линейки и транспортира начерти на листе картона две линии в форме буквы «V», пересекающиеся под прямым углом. Поставь на них зеркала, чтобы они касались друг друга короткими сторонами в точке пересечения, и отметь внешние раз-

### Сложность:

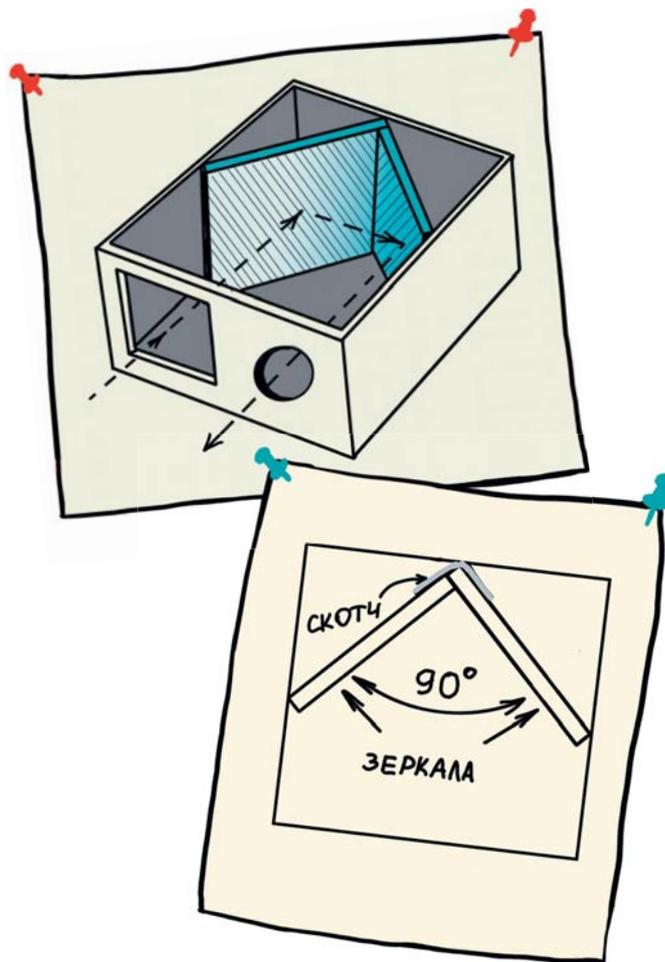
опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

меры полученной из зеркал буквы «V». Теперь начерти, а затем вырежи из картона прямоугольник — он послужит дном перископа. На нём будет располагаться уголок из зеркал (так, как показано на рисунке).

Начерти и вырежи из картона второй прямоугольник такого же размера — он послужит верхней крышкой перископа. По размерам высоты зеркал и длинам сторон вырезанных

### Что потребуется:

- два небольших одинаковых зеркала прямоугольной формы;
- лист картона;
- бумага;
- карандаш;
- линейка и транспортир;
- нож и ножницы;
- клей;
- клейкая лента (скотч).



прямоугольников начерти и вырежи из картона еще четыре боковые стороны.

Скотчем соедини два зеркала и приклей их в виде уголка к картонному дну. Используя бумажные полоски, приклей к дну боковые стенки и крышку — должна получиться небольшая прямоугольная коробочка. В боковой стенке, расположенной напротив уголка из зеркал, ножом аккуратно прорежь два отверстия: маленькое — окуляр (для наблюдения глазом) и большое — объектив, направляемое за спину (так, как показано на рисунке). Закрыв один глаз, посмотри в окуляр, направив объектив за спину.

## Результат

В зеркале обратного перископа ты увидишь изображение, попавшее в объектив. Причём оно не будет развёрнутым, как при использовании одного зеркала. Чтобы убедиться, посмотри с помощью обратного перископа на любую надпись.

## Объяснение

Закон отражения света гласит, что угол падения луча равен углу отражения. Лучи света от наблюдаемого

объекта, расположенного за спиной, падают на первое зеркало под углом  $45^\circ$  и под таким же углом отражаются, образуя общий угол поворота лучей на  $90^\circ$ . Лучи, отражённые от первого зеркала, падают на второе зеркало также под углом  $45^\circ$  и снова отражаются, образуя поворот хода лучей на  $90^\circ$ . Таким образом, общий поворот хода лучей составляет  $180^\circ$ , что аналогично тому, если бы ты полностью повернулся. Кроме того, изображение, развёрнутое справа налево первым зеркалом, вторым зеркалом разворачивается обратно.



# Иллюзорный угольник

Первое, что приходит в голову при слове «иллюзия», — фокусы или обманы зрения, когда человек видит то, чего нет на самом деле. Причиной возникновения иллюзий чаще всего выступают оптические эффекты, такие как игра света и тени. Например, тени от обычных предметов могут принимать весьма причудливые формы. Игрой света и тени для создания иллюзий часто пользуются фокусники, сооружая для этого специальные приспособления. Одно из них — иллюзорный угольник — ты можешь смастерить самостоятельно.

## Опыт

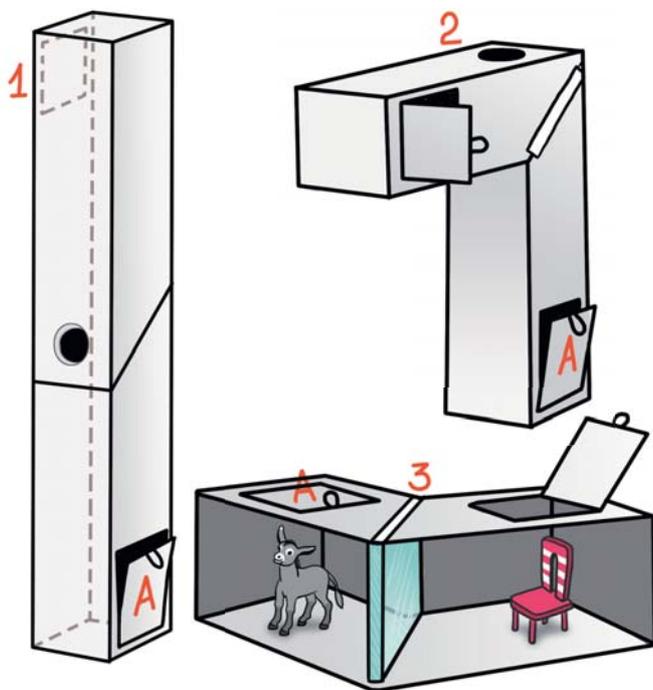
Линейкой измерь длину и ширину стёклышка. Склей из картона прямоугольную трубу длиной около 60 сантиметров. Высота трубы (на рисунке **1** это боковая поверхность с окошком **A**)

### Что потребуется:

- прямоугольное стёклышко;
- лист толстого картона;
- лист бумаги;
- карандаш;
- линейка;
- транспортир;
- ножницы;
- клей;
- клейкая лента (скотч);
- нож для резки бумаги.

отверстием) должна быть на 5 миллиметров больше ширины стёклышка, а ширина (на рисунке **1** это боковая поверхность с окошком **A**) составлять 0,7 от длины. Заклей трубу с обоих концов. По центру с помощью транспортира проведи линию под углом  $45^\circ$ , ножом разрежь по ней трубу.

Половины трубы склей в виде угольника: по линии склеивания вставь стёклышко, зафиксируй его в вертикальном положении кусочками скотча (так, как показано на рисунке **2**). После этого швы картонного угольника, где вставлено стёклышко, проклей полосками бумаги. Возле концов угольника ножом сделай дверцы, отступив от края 5 миллиметров. Повесь их на петли из полосок скотча, чтобы было удобно открывать и закрывать. Затем в длинной боковой стенке одной из половин угольника напротив



стёклышка прорежь небольшое круглое окошко, как показано на рисунке 2.

Готово! Поставь конструкцию на стол и помести два разных предмета через верхние дверцы, например игрушечного ослика и стульчик (так, как показано на рисунке 3). А теперь посмотри в окошко и по очереди открой дверцы.

## Результат

Когда будет открыта дверца над стульчиком, ослика ты не сможешь рассмотреть, поскольку он находится в полной темноте. Освещённый стульчик отразится в стекле, как в зеркале, — ты увидишь его там, где дол-

жен находиться ослик. Открой дверцу над осликом, а над стулом закрой — стул исчезнет, а ослик будет хорошо виден.

## Объяснение

Стекло отлично пропускает свет, однако при некоторых условиях оно его и хорошо отражает. Причём чем больше угол падения лучей на стекло, тем сильнее они отражаются. В угольнике свет от стульчика падает на стекло под углом  $45^\circ$ , и отражённую часть этого света ты наблюдаешь. В обычных условиях отражённые лучи практически не видны, поскольку их «забывает» свет, проходящий через стекло с обратной стороны. Однако, если проходящий свет убрать, будет виден только отражённый. Например, когда за окном темно, а в помещении горит свет, окна ведут себя как зеркала.

### Сложность:

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

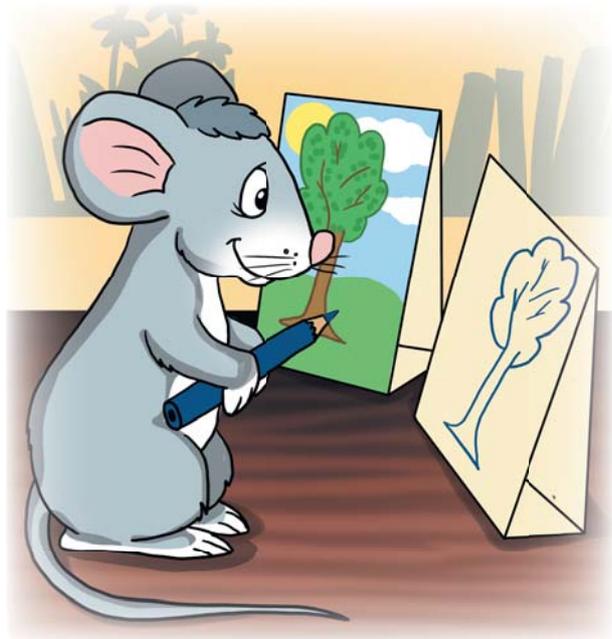


# Стекланный «копир»

Если нужно скопировать какой-нибудь рисунок, можно воспользоваться специальным устройством — ксероксом. Однако он есть не у каждого. Копию рисунка также можно получить, положив на него чистый лист бумаги, приложив к оконному стеклу и обрисовав просвечивающееся изображение. Однако с помощью этого способа нельзя скопировать рисунок с непрозрачного материала, например картона. В этом случае тебе поможет кусок обычного стекла размером чуть больше копируемого рисунка.

## Опыт

Возьми прямоугольный кусок стекла (подойдёт стеклянная полочка из холодильника) и установи на столе вертикально. Чтобы оно не сползло, зафиксируй кусочками скотча. Положи исходный рисунок слева от стекла,



## Сложность:

**опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.**

а чистый лист бумаги — справа (так, как показано на рисунке). Если ты левша, сделай всё наоборот.

Отрегулируй положение стекла, придерживая свободной рукой или плечом: отражённое в нём изображение должно проецироваться на чистый лист бумаги.

## Результат

Теперь ты легко обведёшь карандашом очертания рисунка. Только помни: полученная таким способом копия будет зеркально-симметрична оригиналу (элементы рисунка, которые находились справа, у копии будут располагаться слева, и наоборот).

## Объяснение

Почти весь свет, падающий на стекло, проходит сквозь него, и лишь небольшая часть отражается. Количество отражённого света возрастает при увеличении угла, под которым он падает. Например, свет, падающий на стекло под большим углом (идёт вдоль поверхности), практически полностью отражается. Благодаря отражённому свету ты можешь видеть на стекле отражение рисунка. А поскольку стекло всё-таки больше является прозрач-

ным для света материалом, то сквозь него ты можешь спроецировать видимое отражённое изображение на чистый лист бумаги.

Поскольку свет в воздухе распространяется по прямой, а стекло расположено под углом, то лучи от правой части рисунка отразятся от более близких к ним участков стекла, но для твоих глаз окажутся дальше. А лучи от левой части рисунка отразятся от дальних участков стекла, но к твоим глазам окажутся ближе. Поэтому изображение получится развёрнутым слева направо.

### Что потребуется:

- рисунок для копирования;
- стеклянная пластина;
- лист бумаги;
- карандаш;
- ножницы;
- клейкая лента (скотч).



# Как управлять лучом света

Свет — это уникальный физический объект. В однородной среде он распространяется по прямой линии, но в неоднородной легко изменяет направление своего движения. Кроме того, свет на самом деле вовсе не белый, а состоит из всех известных цветов и оттенков.

## Опыт

Чтобы посмотреть, как свет может изменять направление своего движения, понадобится шаблон. Для этого в листе картона ножом проделай две одинаковые щели размером около 5×10 миллиметров. Опыт лучше проводить на ярком солнечном свете. Сориентируй картонку так, чтобы свет падал на лист, а под ним на столе были отчётливо видны два ярких пятна света, проходящего через щели.

Наполни стакан водой примерно на 1/3. Поставь его под один из лучей, проходящих через щель, чтобы луч падал в воду.

Наполни стакан водой, раствори в ней несколько ложек сахара или соли. Поставь сосуд под падающий луч света.

Наклони стакан с чистой водой так, чтобы поверхность жидкости и дно стакана образовали острый угол, и поставь его под падающий луч.

## Результат

Луч, проходящий через воду, изменит своё направление: пятно света под стаканом сместится и окажется в другом месте. Если такой опыт

провести в немного затемнённой комнате, ты увидишь не только световые пятна под шаблоном, но и два луча — прямой и преломлённый.

Если чистую воду в стакане заменить раствором сахара или соли, то световое пятно отклонится сильнее (отклонение будет тем больше, чем выше в жидкости содержание сахара или соли).

Когда световой луч проходит через воду в наклонённом стакане, пятно не только отклоняется, но и приобретает радужные цвета. Больше всего отклонится фиолетовый цвет, меньше всего — красный, а остальные цвета спектра будут располагаться между ними.

## Объяснение

Изменение направления распространения луча происходит благодаря физическому явлению, которое называется преломлением. Проходя из одного вещества в другое, например из воздуха в стекло или воду, свет меняет направление, потому что изменяется скорость его движения. Преломление луча очень хорошо видно при

### Что потребуется:

- лист картона;
- нож для резки бумаги;
- стеклянный стакан;
- вода;
- сахар или соль;
- ложка.



**Сложность:**

**опыт можно выполнять самостоятельно.**

проведении опыта в затемнённой комнате: луч, проходящий через стакан с водой, будет похож на ломаную линию.

Различные вещества преломляют свет по-разному, например сахар или соль — сильнее, чем вода. Именно поэтому в растворе сахара или соли свет преломляется сильнее, чем в чистой воде. Причём чем выше содержание этих веществ, тем сильнее отклонится луч.

Различные цвета, образующие белый свет, преломляются неодинаково.

В обычных условиях увидеть это практически невозможно, поскольку цветные лучи на выходе из преломляющего предмета вновь собираются и образуют белый свет. Однако, если свет будет преломляться на неравномерном предмете, лучи не сойдутся. Таким предметом является призма, которая образуется между поверхностью воды и дном наклонённого стакана. На выходе из призмы цветные лучи образуют сочетание цветов с плавным переходом друг в друга, которое называется спектром. Явление разложения белого света на спектр называется дисперсией. Самая большая длина волны у красного света, поэтому он отклоняется призмой меньше, самая маленькая — у фиолетового, поэтому он отклоняется максимально.



# Исчезновение в воде

Вода очень часто обманывает наше зрение. Например, выловленная рыба всегда значительно меньше, чем казалась в воде. Такой обман зрения, или оптическая иллюзия, происходит из-за преломления световых лучей, выходящих из воды, на границе воды и воздуха. Однако в некоторых случаях благодаря преломлению света предметы могут исчезать! Чтобы убедиться в этом, выполни следующий опыт.

## Опыт

Циркулем начерти на листе картона кружок диаметром 70–80 миллиметров и вырежи его. В центре проколи острым концом ножниц небольшое отверстие, вставь в него спичку. На конце спички, где нет серы, пластилином зафиксируй моне-

### Что потребуется:

- лист картона;
- ножницы;
- линейка;
- циркуль;
- спички;
- монета;
- пластилин;
- катушка ниток;
- клейкая лента (скотч);
- глубокая тарелка;
- вода.

### Сложность:

**опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.**

ту. Расстояние между монетой и картонным кружком должно составлять 3–5 миллиметров.

Над тарелкой натяни две нитки на расстоянии примерно 3 сантиметра друг от друга (так, как показано на рисунке), концы закрепил на краях скотчем. Положи картонный кружок на нитки над центром тарелки монетой вниз. Если смотреть на тарелку и кружок со стороны, монета должна быть видна. Теперь налей в тарелку воду до самого кружка и опять посмотри на монету.

## Результат

Если тарелку наполнить водой, монета исчезнет. Она не будет видна из-под кружка, то есть лучи света с изображением монеты не достигнут глаз.

## Объяснение

Когда луч света выходит из более плотной среды (воды) в менее плотную (воздух), он преломляется, то есть изменяет направление своего распространения. Однако при движении из более плотной среды в менее плот-

ную луч не всегда может выйти наружу. Это зависит от того, под каким углом он пытается выйти. Под этим углом понимают угол, который образует луч с перпендикуляром к поверхности. Когда он равен нулю (луч падает на поверхность перпендикулярно), луч свободно выходит наружу. Если положить на дно тарелки с водой монету и посмотреть на неё сверху, она будет хорошо видна. Если же этот угол увеличивать, наступает момент, когда покажется, что предмет исчез. В этом случае лучи от предмета полностью отразятся от поверхности воды, уйдут

в глубину и не достигнут глаз. Такое явление называется полным внутренним отражением света. В данном случае лучи от монеты, угол падения которых ограничивается кружком, отражаются от поверхности воды и уходят вглубь тарелки.



# Модель человеческого глаза, или Камера-обскура

Оглянись вокруг, чтобы убедиться, что всё выглядит так, как должно: земля снизу, небо сверху. Однако знаешь ли ты, что на самом деле глаз видит всё иначе? Любое изображение, попадающее в него через зрачок и хрусталик, перевёрнутое. По зрительным нервам образ попадает в мозг, который его корректирует и «переворачивает» обратно. Принцип работы глаза может продемонстрировать простое устройство — камера-обскура (в переводе с латинского языка — «тёмная комната»). Когда свет проникает в тёмное пространство сквозь крошечное отверстие, происходит нечто удивительное. Интересно? Тогда выполни следующий опыт.

## Опыт

Острым концом ножниц проделай в центре дна стакана небольшое круглое отверстие диаметром 2–3 миллиметра. Чтобы получаемые изображения были чётче, выкрась стакан изнутри чёрным маркером. Отрежь кусок кальки размером немного больше, чем диаметр верха стакана, и накрой сосуд. Загни края кальки и закрепи круглой резинкой или скотчем так, чтобы она была натянута ровно. Готово!

Для работы камеры-обскуры лучше всего подойдёт затемнённое помещение. Погаси в комнате свет и направь стакан доньшком на предмет, который ярко освещён, например

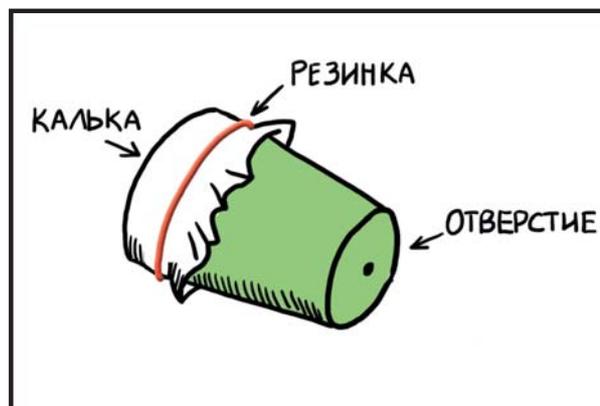
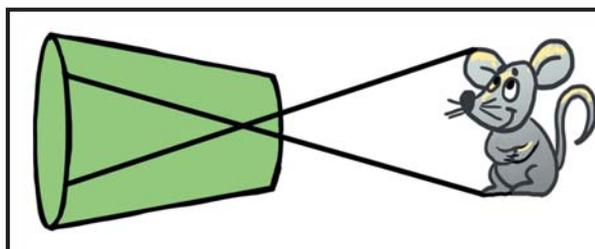
## Что потребуется:

- бумажный или непрозрачный пластиковый стакан;
- тонкая полупрозрачная бумага (калька);
- ножницы;
- круглая резинка или скотч;
- чёрный маркер.

с помощью настольной лампы, или на ярко освещённое окно. А теперь посмотри на кальку.

## Результат

На внутренней стороне кальки ты увидишь рассматриваемый предмет —



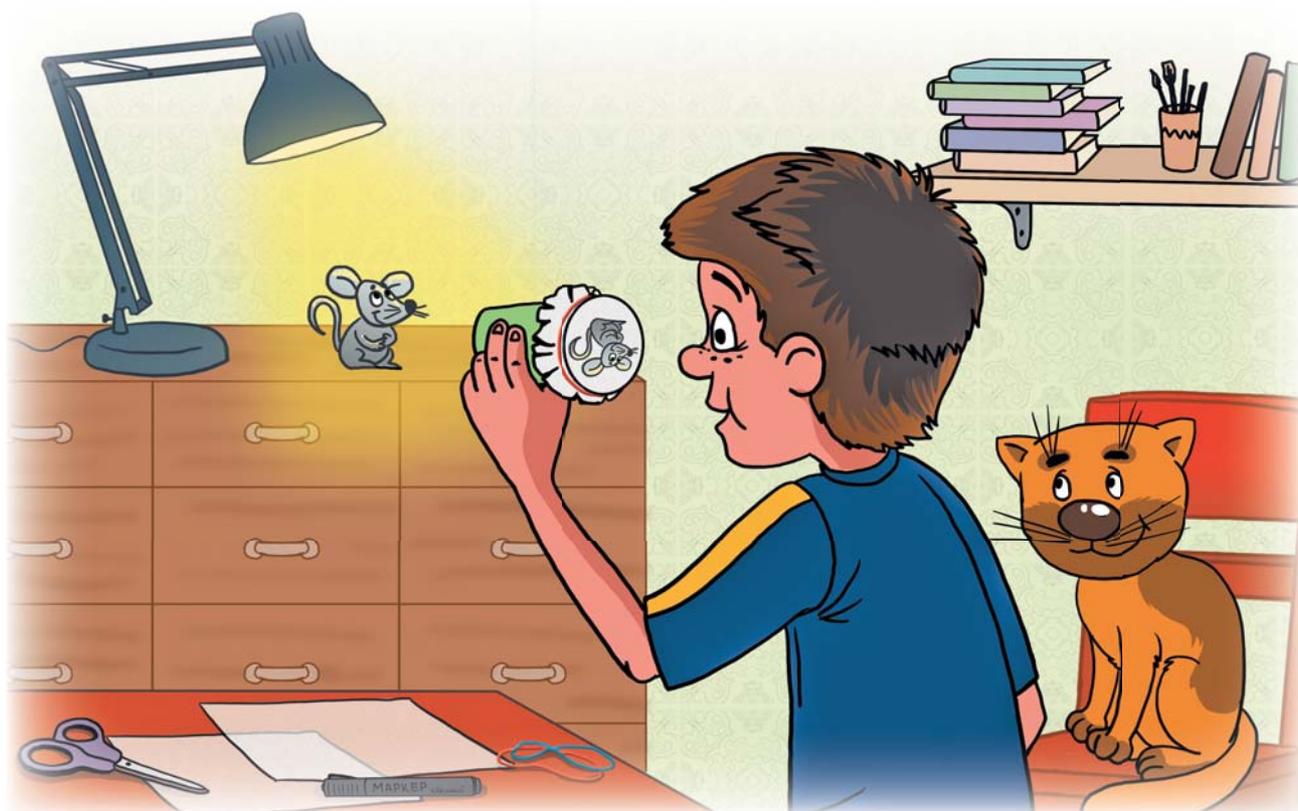
уменьшенный и перевернутый. Обрати внимание: чем ярче он будет освещён, тем более чёткое и контрастное изображение получится.

### Объяснение

Лучи света, которые идут от предмета, распространяются по прямым линиям. Проходя через отверстие в доньшке стакана, они продолжают двигаться прямолинейно и попадают на кальку. В результате лучи от верхней части предмета оказываются на нижней части экрана из кальки, а от нижней части — на верхней (так, как показано на рисунке). Таким образом, изображение предмета на кальке получается перевернутым. А поскольку лучи, прошедшие через отверстие, до экрана проходят меньшее расстояние, чем от предмета до доньшка, — ещё и уменьшенным.

**Сложность:**  
**опыт можно**  
**выполнять**  
**самостоятельно.**

Изображения предметов попадают в человеческий глаз так же, как и в камеру-обскуру: через небольшое отверстие зрачка и в перевернутом виде. Свет проникает в глаз под разными углами, а в отверстии они пересекаются. Лучи, отражённые от верхних частей объектов, направляются вниз, а от нижних устремляются вверх. Точно так же лучи разворачивают изображение слева направо, а мозг его корректирует. Аналогичным образом перевернутое изображение получается в фотоаппаратах, где картинку переворачивает зеркало.



# Как закрутить тень в разные стороны

Тени предметов, освещённых с одной стороны, могут принимать весьма причудливые формы: вытягиваться или сжиматься в различных направлениях. Например, с помощью тени, отбрасываемой рукой, на стене можно изобразить собачку или кролика. А может ли один и тот же движущийся предмет отбрасывать две тени, но при этом движущиеся по-разному? Конечно! Выполни следующий опыт, чтобы убедиться в этом.

## Опыт

Циркулем начерти на картоне две концентрические окружности диаметрами 10–12 и 7–9 сантиметров. Используя линейку и карандаш, прорисуй между ними зубья и аккуратно вырежи полученную фигуру. В отверстие от иголки циркуля вставь булавку и вколи её в карандаш так, чтобы колесо свободно вращалось на булавочной оси, а карандаш служил бы ручкой-держателем.

На столе в 1 метре от стены зажги две свечи на расстоянии 1 метра друг от друга. Установи между ними и стеной колесо таким образом, чтобы оно располагалось параллельно стене и отбрасывало на неё две одинаковые тени. Начни вращать колесо — тени станут двигаться в одном направлении. Затем поверни колесо перпендикулярно стене и, удаляя от нее или приближая к ней, найди такое положение колеса, при котором оно будет

## Что потребуется:

- лист картона;
- ножницы;
- деревянный карандаш;
- циркуль;
- линейка;
- швейная булавка;
- две свечи;
- спички.

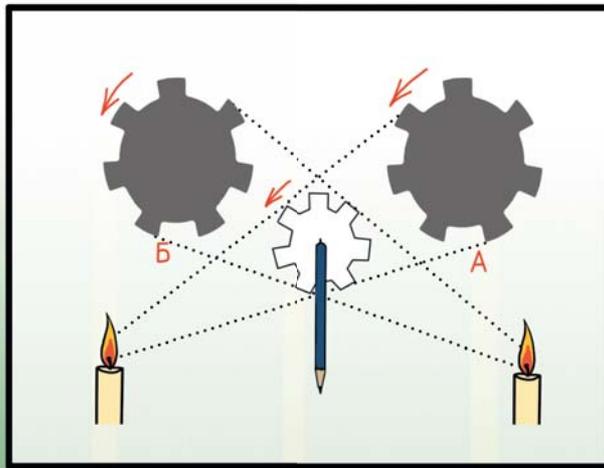
отбрасывать две одинаковые круглые тени. Закрутив колесо в любую сторону, наблюдай, что произойдёт.

## Результат

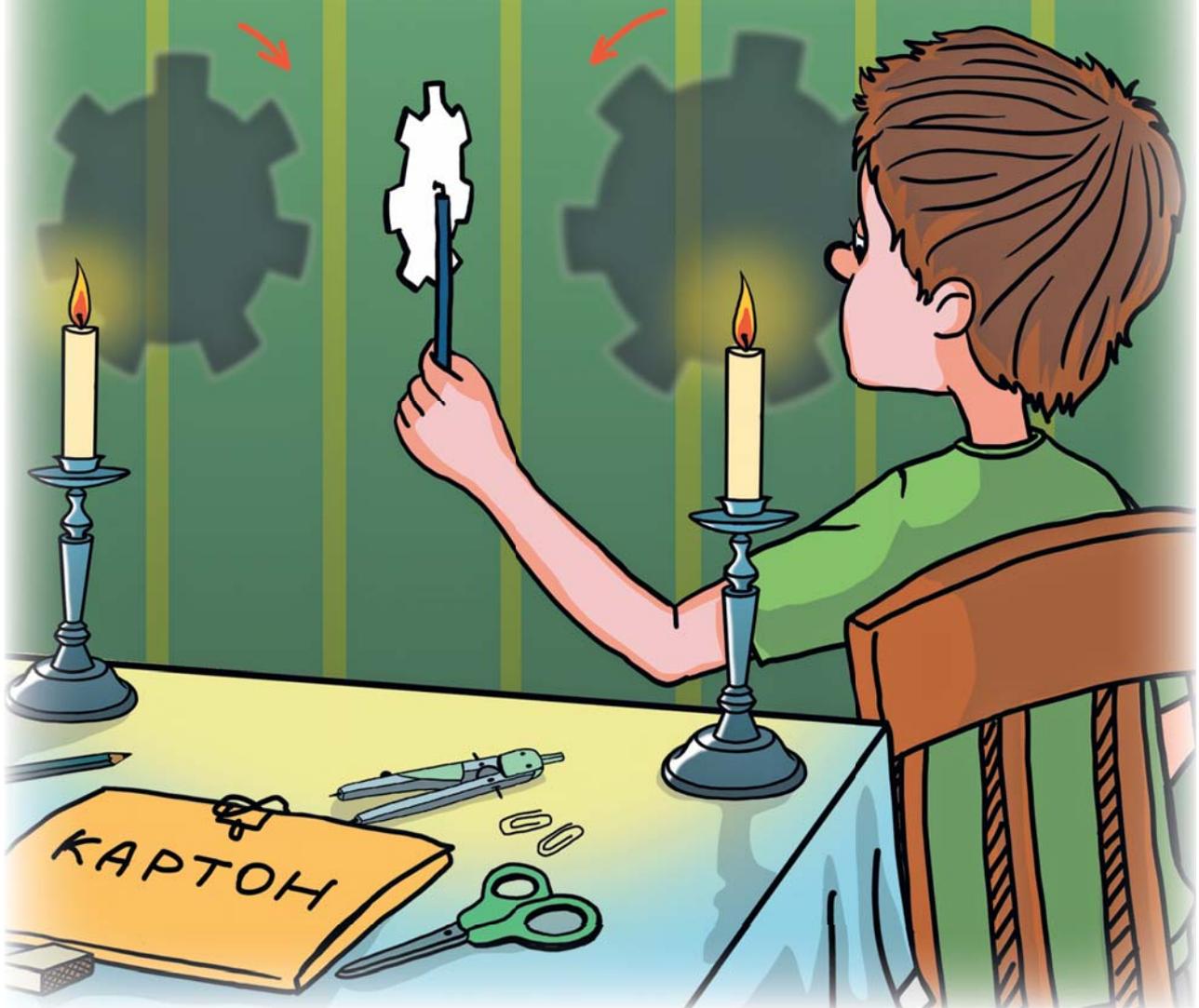
Когда колесо придёт в движение, тени от него начнут вращаться, но уже в противоположные стороны.

## Объяснение

Тени на стене — результат движения световых лучей по прямым линиям, поэтому тень от колеса, расположенного параллельно стене, отбрасывается только одной стороной фигуры (той, которая освещена). А если колесо установлено между свечами перпендикулярно стене, то тени будут образовываться противоположными поверхностями фигуры. Посмотрев на колесо попеременно со стороны каждой из свечей, можно увидеть, что в обоих случаях оно движется в разные стороны: по часовой стрелке и против неё. В тех же направлениях вращаются и тени от обеих сторон фигуры.



Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно,  
но в присутствии  
взрослых.



# Как умножить отражения

Когда ты смотришься в зеркало, то видишь своё отражение. Одно. Для того чтобы получить два отражения, понадобится два зеркала. А как ты думаешь, сколько нужно зеркал, чтобы отражений было, скажем, 4, 10 или больше? Правильный ответ — два, но расположенных определённым образом.

## Опыт

Скотчем скрепи зеркальца так, чтобы их можно было ставить уголком (отражающими поверхностями друг к другу) и угол между ними можно было бы легко изменять.

На поверхность транспортира по линии указания угла в  $90^\circ$  установи зажжённую свечу — так, как показано на рисунке. Свечу лучше расположить таким образом, чтобы расстояние от неё до центра транспортира (нулевой точки, где сходятся линии — указатели углов) равнялось половине длины зеркальца.

Поставь зеркала на транспортир и разверни так, чтобы угол между ними был равен  $180^\circ$  (для этого сзади их следует чем-нибудь подпереть). Ты увидишь одно отражение свечи. Теперь симметрично уменьшай угол между зеркальцами. Наблюдай, как будет изменяться число отражений свечи.

## Результат

Чем меньше будет угол между зеркальцами, тем большее количество отражений ты увидишь. Поэкспериментируй и определи, при каких углах какое количество отражений получается.

### Что потребуется:

- два одинаковых зеркальца прямоугольной формы;
- клейкая лента (скотч);
- ножницы;
- транспортир;
- свеча;
- спички.

### Сложность:

опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.

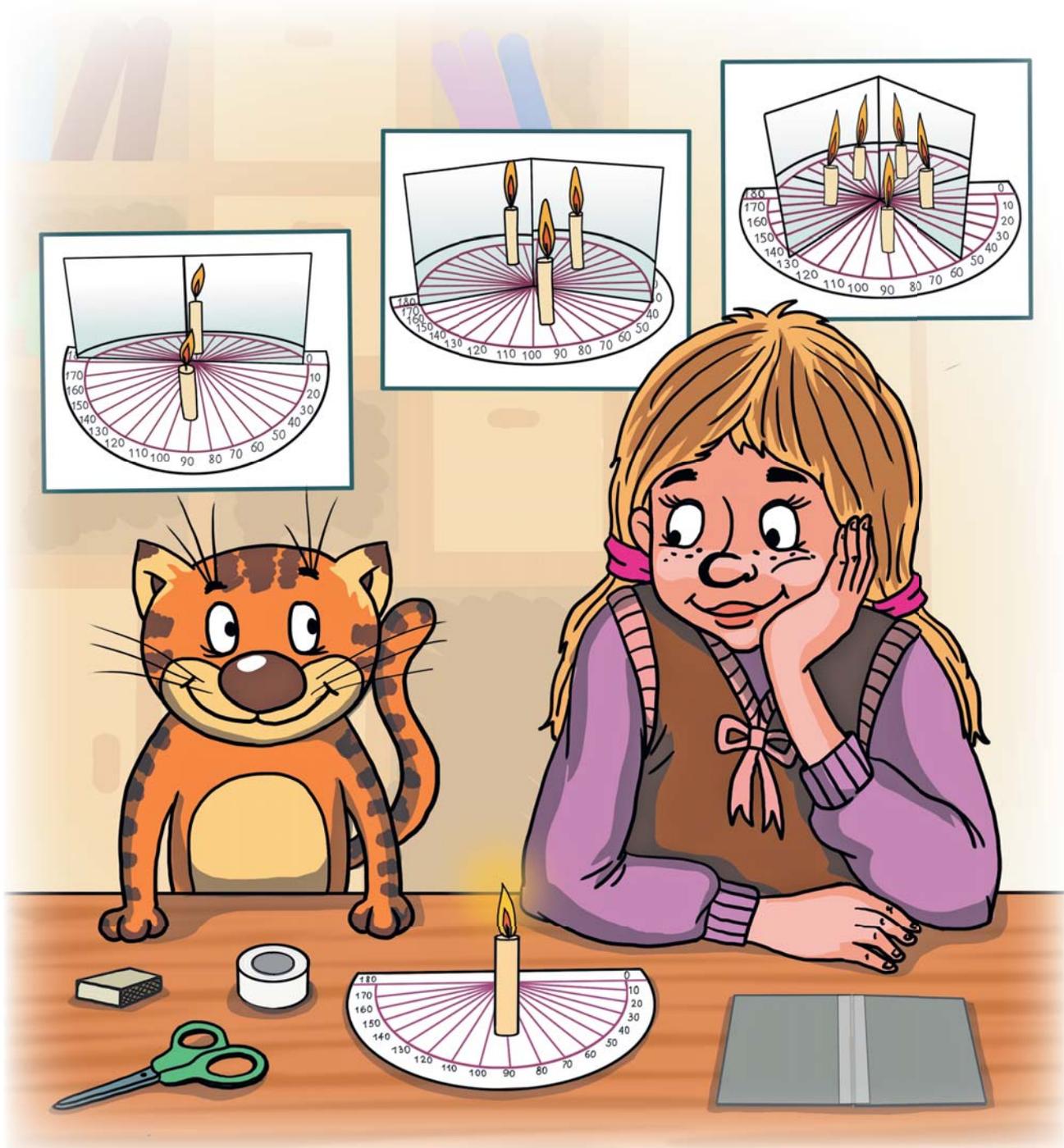
## Объяснение

Лучи света, падающие на зеркало под каким-либо углом, под таким же углом от него отражаются. Поэтому, когда два зеркала повернуты друг к другу, изображение, возникающее в одном из них, отражается в другом. Получается ряд изображений, число которых зависит от взаимного расположения зеркал.

Если два зеркала расположить параллельно, а объект, например свечу, между ними, получится бесконечная последовательность отражений, расположенных на прямой линии, перпендикулярной обоим зеркалам. Часть этой последовательности можно увидеть, если зеркала находятся на достаточно большом расстоянии друг от

друга, чтобы можно было заглянуть со стороны. Если же зеркала расположены под прямым углом, то каждое из двух первых отражений отражается во втором зеркале, но при этом вторые отражения совпадают (накладываются друг на друга), так что в результате

получится всего три отражения. При меньших углах между зеркалами можно получить большее число отражений, и все они будут расположены на окружности, проходящей через объект, с центром в точке пересечения линий зеркал.



# Кланяющаяся тень

Тень от движущегося предмета следует за ним либо движется тогда, когда перемещается источник света или поверхность, на которую она падает. А может ли двигаться только часть тени?

## Опыт

Начерти на картоне и вырежи окружность диаметром 30 сантиметров — она послужит экраном. Внутри неё нарисуй круг диаметром 20 сантиметров. Склей картонный цилиндр диаметром 5 и высотой 8 сантиметров, приклей его к экрану. Раздели цилиндр по высоте на две половины, на одной нарисуй косую диагональ от нижнего до верхнего угла. Деление цилиндра продли по экрану до круга. Шилом проколи в косой диагонали 25 отверстий на одинаковом (4,5 миллиметра) расстоянии. По части круга на экране также проколи 25 отверстий (примерно через 12 миллиметров).

Между цилиндром и экраном натяни 25 ниток (так, как показано на

рисунке): первая соединяет верхнее отверстие в цилиндре с крайним в экране, а каждая следующая располагается над экраном под меньшим углом. Обклей нитки бумагой — получится сплошная спиральная поверхность. Приклей к цилиндру крышку из картона. В центре экрана и крышке цилиндра проколи отверстия, вставь в них трубочку от стержня (ось).

В верхней части палки (рукоятка) просверли отверстие, вставь в него ось и надень на неё экран с цилиндром, закрепив снаружи булавкой (как на рисунке). Из картона вырежи человечка высотой 10 сантиметров. Согни проволоку в форме буквы «Г», на короткую часть насади пробку, прорежь в ней щель и вставь фигурку. Длинную часть проволоки укрепи в палке так же, как ось.

Направь свет от лампы на конструкцию (тень от фигурки должна быть чуть меньше половины экрана). Вращай экран так, чтобы спиральная поверхность закручивалась против часовой стрелки (со стороны фигурки).

### Что потребуется:

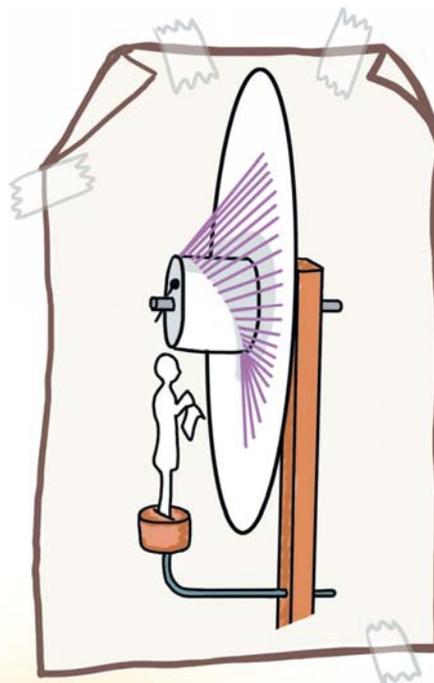
- два листа картона и лист бумаги;
- циркуль, линейка, карандаш;
- ластик;
- ножницы и нож;
- клей;
- катушка ниток и проволока;
- корковая пробка;
- трубочка от стержня шариковой или гелевой ручки;
- шило и швейная булавка;
- деревянная палка длиной 30–35 сантиметров и толщиной 2–3 сантиметра;
- ручная электродрель;
- настольная лампа.

## Результат

На плоской поверхности экрана тень будет неподвижной, а когда перейдёт на спиральную — быстро поклонится и выпрямится.

## Объяснение

Тень кланяется потому, что на ровной поверхности экрана она остаётся неподвижной, а на участке спиральной поверхности, которая приближается к фигурке, — вытягивается в сторону. На границе ровного и спирального участков тень изламывается — кланяется.



**Сложность:**  
опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.

# Буквы-перевёртыши и неваляшки

Любое слово можно прочесть задом наперёд. Иногда при этом слово не изменяется (шалаш), а иногда получается что-то забавное (унитаз). Однако чаще всего прочесть слова таким способом невозможно, за исключением случаев, когда они написаны с помощью букв-перевёртышей. Что это такое, ты узнаешь из следующего опыта.

## Опыт

Красным фломастером напиши в одну строку два слова: «ТАБЛИЦА» и «ШИНА». Еще два слова — «ВОСК» и «СНЕЖОК» — напиши синим фломастером. Слова обязательно следует писать печатными заглавными буквами.

Наполни стеклянный пузырёк водой, закрой пробкой. Поверни бутылочку в горизонтальное положение и посмотри через неё на написанные слова.



## Что потребуется:

- стеклянный пузырёк цилиндрической формы с пробкой (например, от таблеток);
- белый лист бумаги;
- красный и синий фломастеры (или карандаши);
- вода.

## Результат

Ты увидишь, что красные слова перевернутся, а синие — нет.

## Объяснение

Пузырёк, наполненный водой, ведёт себя как оптическая линза. Проходя через него, лучи света преломляются, то есть изменяют направление своего движения: те лучи, которые вошли снизу, на выходе оказываются сверху, и наоборот. Таким образом, пузырёк-линза создаёт перевёрнутые изображения букв. Однако слова, составленные из 12 букв: В, Е, Ж, З, К, Н, О, С, Ф, Х, Э, Ю, не переворачиваются. Эти буквы, если они написаны печатным шрифтом, симметричны относи-

тельно горизонтальной оси, и их зеркальные перевёрнутые изображения неотличимы от неперевернутых.

Ещё 12 букв: А, Д, Ж, Л, М, Н, О, П, Т, Ф, Х, Ш, написанных ровным печатным шрифтом, будут симметричны относительно вертикальной оси. Слова, составленные из них, не перевернутся, если их написать по вертикали и смотреть через пузырёк, также расположенный вертикально.

**Сложность:**

**опыт можно**

**выполнять**

**самостоятельно.**



# Поджигание через стекло

Солнечный свет не только освещает, но и согревает землю. Теплота передаётся с помощью невидимых лучей, которые называются тепловыми или инфракрасными. Поверхности различных предметов на солнце могут нагреваться достаточно сильно. Если же пучок инфракрасных лучей собрать вместе и направить в одну точку, они смогут раскалить тело или даже поджечь его! Один из опытов по воспламенению предмета с помощью солнечных лучей очень прост.

## Опыт

Вколи в пробку булавку и привяжи к ней нитку. С другого конца закрепи на нитке пуговицу такого размера, чтобы она легко проходила через горлышко бутылки. Длина нитки должна быть такой, чтобы пуговица немного не доставала до дна бутылки. Заткни бутылку пробкой (пуговица должна оказаться внутри).

### Что потребуется:

- бутылка из белого неокрашенного стекла с корковой пробкой;
- катушка ниток;
- пуговица (или любой другой мелкий предмет);
- швейная булавка;
- лупа или увеличивающая (выпуклая) линза.

### Сложность:

**опыт можно выполнять самостоятельно.**

Чтобы перерезать нитку, не открывая бутылки, тебе понадобятся лупа (чем больше, тем лучше) или увеличивающая линза и прямой солнечный свет. Расположи лупу между солнцем и бутылкой. Приближая или отдаляя её от сосуда, сфокусируй пучок солнечных лучей точно на нитке.

## Результат

Когда солнечный свет сфокусируется на нитке в виде маленького яркого пятна, она задымится и быстро перегорит.

Этот опыт можно показывать как фокус. Не говоря зрителям о линзе и не показывая её, объяви, что сможешь перерезать нитку, не откупоривая бутылку. Попроси зрителей ненадолго отвернуться и тем временем с помощью линзы быстро пережги нитку, а линзу спрячь.

## Объяснение

Линза собирает лучи в один пучок и усиливает их нагревающее действие. Это происходит благодаря физическому явлению, которое называется преломлением света. Свет, проходя через границу раздела веществ, например из воздуха в стекло, изменяет своё направление (преломля-

ется), потому что при этом изменяется скорость его движения. Световые и инфракрасные лучи преломляются в линзе и, пройдя через неё, собираются в одной точке, которая называется фокусом. Все лучи, прошедшие через линзу, греют одну точку, в которой температура становится очень высокой и достаточной для того, чтобы пережечь нитку. Стенки бутылки прозрачны и лишь немного препятствуют фокусированию лучей.



# Исчезающий свет

Яркость света зависит от количества частиц — фотонов, или квантов, которые попадают в глаза. Их число можно изменять по своему усмотрению, например прикрыть глаза. Однако существует более интересный способ, который позволяет уменьшать яркость светящегося предмета плавно, вплоть до полного исчезновения света. Он основан на том, что свет ведёт себя не только как частица-фотон, но и как электромагнитная волна, движущаяся в прозрачном пространстве.

## Опыт

Для удобства проведения опыта следует вынуть линзы из оправ очков-поляроидов (либо использовать двое очков).

В затемнённом помещении включи настольную лампу, установи её так, чтобы хорошо была видна светящаяся нить лампочки. Встань на расстоянии 2–3 метров от прибора, посмотри на лампочку и запомни её яркость. Теперь зажмурь один глаз, посмотри на лампочку через линзу от очков и также запомни её яркость. Затем перед

первой линзой установи вторую (они не должны касаться друг друга). Глядя на лампочку через обе линзы, поворачивай внешнюю линзу до тех пор, пока яркость лампочки не станет визуально максимальной. А теперь очень плавно поверни одну из линз на  $90^\circ$ . Наблюдай, как изменится яркость лампочки.

## Результат

Если посмотреть на лампочку сквозь одну линзу, её яркость уменьшится, через обе — уменьшится ещё больше. При вращении одной линзы яркость лампочки будет снижаться. Наконец, когда она окажется повернутой на  $90^\circ$  относительно второй, ты перестанешь видеть свет от лампы.

## Объяснение

Обычный свет от солнца или лампочки является неполяризованным. Он состоит из электромагнитных световых волн, которые колеблются во всевозможных направлениях. Если свет поляризован, колебания происходят только в одном направлении (или в одной плоскости). Очки-поляроиды, на линзы которых нанесено множество не различимых глазом параллельных штрихов, пропускают только свет, поляризованный в одной вертикальной плоскости (вдоль штрихов). Например, блики света, отражённые от поверхности воды, состоят в основном из света, поляризованного в горизонтальной плоскости. Поэтому очки-поляроиды их не пропускают.

### Что потребуется:

- солнцезащитные очки-поляроиды;
- настольная лампа.

Если смотреть на лампочку через две поляризационные линзы, направления штрихов на которых совпадают, свет, прошедший через одну линзу, проходит через вторую без изменений (яркость лампочки максимальна). Если

повернуть одну из линз относительно второй, часть света отсекается. А вот когда штрихи на линзах станут взаимно перпендикулярными, свет через них не проходит вовсе (свет лампочки слабее и исчезает).



**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.

# Световые радужные крылья

Ты наверняка знаешь, что белый свет состоит из различных цветов и оттенков от красного до фиолетового. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть на радугу, которая появляется после дождя. Однако проще всего получить из белого света цвета и оттенки с помощью ресниц. Если посмотреть на включённую лампу издали, прищурив глаза, ты увидишь ряд радужных изображений. В этом случае получение цветов обусловлено явлением дифракции, с которым ты познакомишься, выполнив следующий опыт.

## Опыт

Изготовь корпус ветряной мельницы: из картона смастери цилиндр, сверху приклей бумажный конус. Вершину конуса обрежь, чтобы внутрь можно было вставить зажжённую свечу. Дно приклеивать не надо, но в том месте, где должны крепиться крылья

### Что потребуется:

- лист картона;
- лист бумаги;
- карандаш;
- ножницы;
- бумажный клей;
- свеча;
- спички;
- очень тонкая полупрозрачная ткань (шёлковый газ).

### Сложность:

**опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.**

мельницы, прорежь квадратное отверстие с размером стороны примерно 1 сантиметр — так, как показано на рисунке.

Для того чтобы увидеть крылья мельницы, изготовь экран. Вырежи из картона квадратную рамку с размером стороны 7–8 сантиметров. Приклей к ней кусочек газа из натурального или искусственного шёлка (из такой ткани, например, изготавливают девичьи банты или тюль для окон). Обрати внимание: газ следует натянуть на рамку очень хорошо. Подбери свечу такой высоты, чтобы её фитиль находился на высоте прорезанного окошка. Установи её на стол, зажги и накрой корпусом мельницы (пламя должно быть хорошо видно через окошко). Отойди от мельницы примерно на 3 метра и посмотри на неё через экран, который следует держать в вытянутой руке.

## Результат

Лучи света от пламени свечи, выходящие через окошко, пройдут через экран и примут форму светящегося креста. Его концы будут украшены разноцветной бахромой, переливающейся всеми цветами радуги.

У мельницы появятся радужные крылья! Если экран немного поворачивать, крылья начнут вращаться.

### Объяснение

Появление радужных крыльев на экране обусловлено явлением дифракции. Его суть заключается в том, что при прохождении сквозь узкие щели (отверстия) или при огибании малых препятствий световые лучи отклоняются от прямолинейного распространения. В результате дифракции

лучи после прохождения через небольшие отверстия (сетку ткани) или обхода края непрозрачных небольших предметов (тончайших нитей) могут образовывать чередующиеся цветные полосы или кольца. Дифракционная картина от сетки, которую представляет собой шёлковый газ, имеет вид двух взаимно перпендикулярных дифракционных максимумов — лучей. А если ячейки сетки квадратные, дифракционная картина получается симметричной.



# Полосатые отражения света

Свет всегда отражается от гладких поверхностей. В этом легко убедиться, ведь ты наверняка пускал солнечных зайчиков с помощью зеркала и видел, как в озере или реке отражаются небо и облака. А как ты считаешь, может ли отражение света выглядеть полосатым, почти как зебра? Конечно! Доказательство — в следующем опыте.

## Опыт

Сначала нужно изготовить спиртовку. В крышке баночки шилом проделай отверстие диаметром 2–3 миллиметра. Из ниток скрути толстый шнурок-фитиль, который должен очень плотно входить в это отверстие. Длина фитиля должна быть такой, чтобы он выступал над крышкой на 1 сантиметр, а в баночке ложился на дно. Напол-

ни ёмкость наполовину медицинским спиртом или водкой, закрути крышку и подожди, пока фитиль полностью промокнет.

На конец фитиля, выступающий из крышки, насыпь немного поваренной соли и подожги. Цвет пламени должен получиться ярко-жёлтым. В противном случае погаси пламя, досыпь немного соли и снова подожги. Поднеси к пламени слюдяную или перламутровую пластинку.

## Результат

Отражение пламени от поверхности слюдяной или перламутровой пластинки будет представлять собой чередование полос жёлтого и чёрного цветов.

## Объяснение

Получение полосатого отражения возможно благодаря оптическому явлению, которое называется интерференцией света в тонких плёнках.

Слюдяные или перламутровые пластинки состоят из очень тонких чередующихся слоёв, в которых, как в тонких плёнках, наблюдается интерференция. Попадая на тонкую плёнку, часть света отражается от её наружной поверхности, ещё часть проходит через плёнку и отражается от внутренней поверхности. Отражённые от обеих световых поверхностей волны накладываются друг на друга. А поскольку отражённые от внешней и внутренней поверхностей волны проходят разные расстояния, то при их наложении получается некоторая разность хода.

### Что потребуется:

- маленькая стеклянная баночка с металлической винтовой крышкой;
- катушка хлопчатобумажных ниток;
- шило;
- медицинский спирт или водка;
- спички;
- поваренная мелкозернистая соль;
- пластинка слюды или перламутра.

Если разность хода волн равна чётному числу длин полуволн, свет усиливается (яркая жёлтая полоса); если нечётному — волны гасят друг друга (чёрная полоса). Такое усиление и гашение света будет наблюдаться лишь в случае, если на плёнку падает свет только с одной длиной волны (одного цвета). В случае бело-

го света интерференционная картина будет радужной. В данном опыте использован жёлтый свет с одной длиной волны, который и позволил получить полосатую интерференционную картину. Именно для этого фитиль спиртовки посыпали солью. В её состав входит натрий, атомы которого окрашивают пламя в жёлтый цвет.

**Сложность:**  
опыт необходимо  
выполнять  
с родителями.



# Кольца Ньютона

В XVII веке Исаак Ньютон установил, что белый свет — это сочетание различных цветных лучей. В ходе одного из экспериментов учёный заметил необычные цветные полосы света в виде концентрических чередующихся колец. Такие кольца наблюдаются вокруг точки касания двух прозрачных (стеклянных) поверхностей, одна из которых плоская, а вторая — сферическая с очень малой кривизной. В воздушном зазоре между ними, как в плёнке неравномерной толщины, происходит интерференция света с образованием цветных колец. Повторить опыт учёного без специальных стёкол в домашних условиях невозможно. Однако ты можешь получить так называемые кольца Ньютона с помощью подручных средств.

## Опыт

Изготовь экран. Из картона сделай рамку размером 20×30 сантиметров и приклей к ней кальку (она должна быть натянута ровно).

Приготовь мыльную воду: набери в миску немного воды, положи в неё мыло и мыль его до тех пор, пока не появится пена. Для лучшего результата добавь немного глицерина. Чтобы выдуть большой пузырь, используй трубочку, крестообразно расщепив один из её концов ножом.

С помощью трубочки выдуй большой пузырь диаметром 15–20 сантиметров и посади его на стакан — так, как показано на рисунке. Край стакана предварительно смажь гли-

## Что потребуется:

- лист картона;
- калька;
- нож и ножницы;
- бумажный клей;
- свеча и спички;
- стеклянный стакан;
- глицерин;
- мыло;
- миска;
- вода;
- трубочка для коктейля.

церином. Позади пузыря на расстоянии 70–80 сантиметров поставь зажжённую свечу, впереди на расстоянии 10–20 сантиметров — экран.

## Результат

На экране появится изображение пузыря, а через некоторое время на нём отчётливо станут видны цветные кольца. Они начнут перемещаться сверху вниз, сменяя друг друга в порядке следования в радуге.

## Объяснение

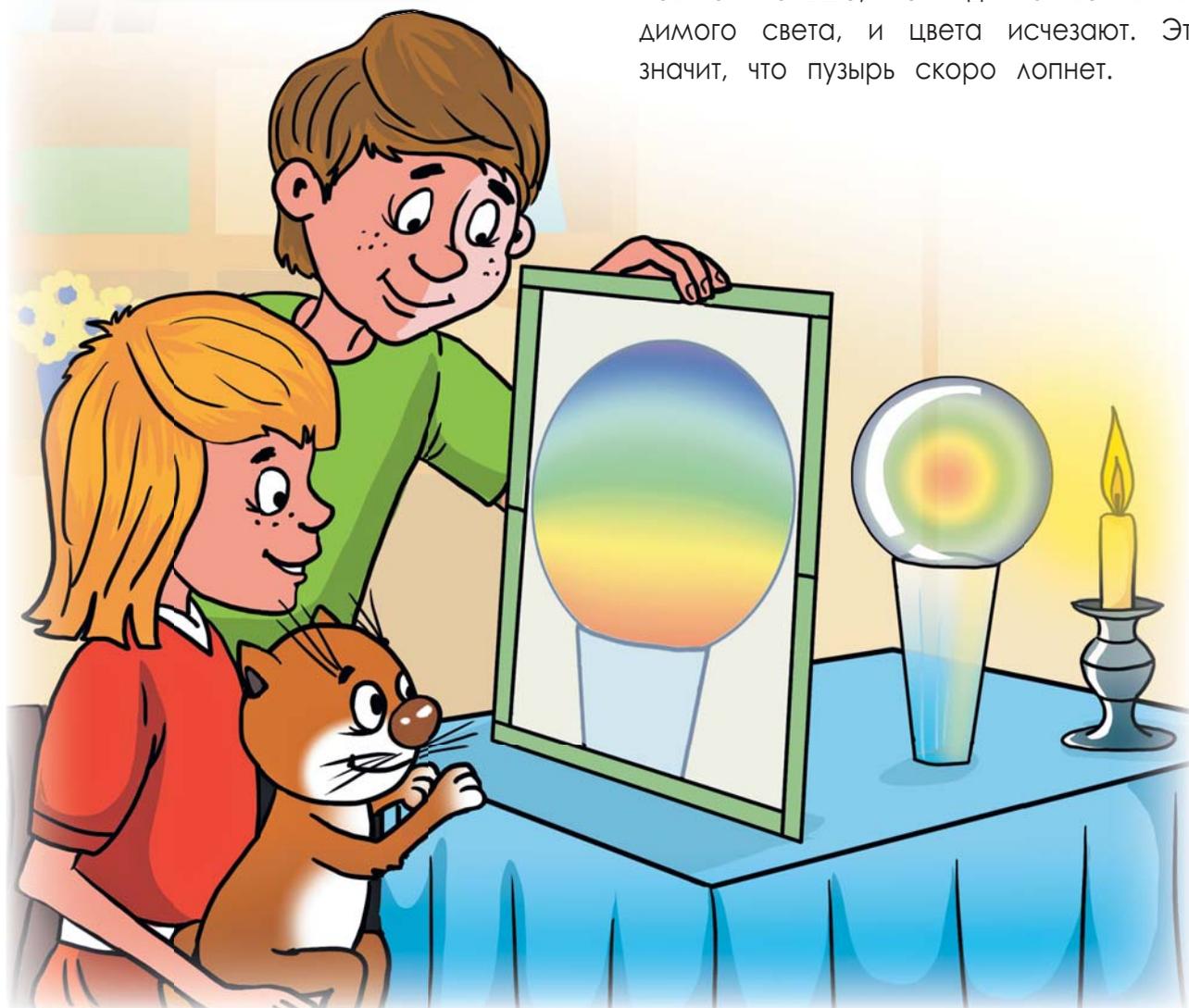
Как и в экспериментах Ньютона, цветные кольца в этом опыте появляются благодаря явлению интерференции. Только она происходит не в воздушном зазоре, а в тонких стенках плёнок пузыря. Поскольку стенки пузыря искривлены, свет от пламени свечи падает в разные места под разными углами. Световые волны, отражён-

ные от внешних и внутренних границ стенок пузыря, приобретают различные разности хода. В результате волны, соответствующие разным цветам, накладываются. Те из них, которые за счёт интерференции усиливаются,

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно,  
но в присутствии  
взрослых.

окрашивают участок пузыря. Толщина пузыря постоянно меняется из-за гравитации, которая стягивает жидкость в нижнюю часть, — именно поэтому цветные полосы движутся сверху вниз.

С течением времени вода испаряется, плёнка становится тоньше, что также влияет на изменение цвета пузыря. Более толстая плёнка убирает из белого света красный компонент, делая оттенок сине-зелёным, а более тонкая — жёлтый (оставляя синий), затем зелёный (оставляя пурпурный) и синий (оставляя золотисто-жёлтый). В конце концов стенка пузыря становится тоньше, чем длина волны видимого света, и цвета исчезают. Это значит, что пузырь скоро лопнет.



# Радуга на потолке

Радуга — очень красивое природное явление, которое можно наблюдать после дождя. В воздухе летают крошечные капельки сферической формы. Преломляясь и отражаясь в них, солнечный свет распадается на отдельные цвета. А знаешь ли ты, что радугу можно увидеть, не выходя из дома? В этом тебе поможет несложный опыт.

## Опыт

Опыт обязательно следует проводить вечером. Положи на пол стопку книг (её высота должна немного превышать длину фонарика). На верхнюю книгу поставь стакан, наполненный на  $\frac{1}{3}$  водой (он должен свисать со стопки, но не падать). Под выступающую часть стакана под небольшим углом поставь фонарик — так, как показано на рисунке. При необходимости прикрепи его к полу кусочком пластилина. Включи фонарик, потуши свет и взгляни на потолок.

## Результат

Ты увидишь цветные полосы света, которые будут чередоваться, как и в радуге после дождя. Чтобы изменить вид и форму радуги на потолке, достаточно увеличить или уменьшить количество воды в стакане.

## Объяснение

Разложение белого света на составляющие называется дисперсией. Она происходит потому, что на границах раздела разнородных сред, на-

### Что требуется:

- **стеклянный стакан с ровным дном;**
- **несколько книг;**
- **фонарик;**
- **пластилин;**
- **вода.**

пример воды и воздуха, свет преломляется и изменяет своё направление. Однако разные цвета, составляющие белый свет, преломляются по-разному и движутся по разным направлениям.

Свет — это волна, причём разные цвета имеют разные длины волн и отклоняются по-разному. Самая большая длина волны у красного света (он отклоняется меньше), самая маленькая — у фиолетового (он отклоняется максимально). Именно это определяет неизменную последовательность цветов в радуге.

Если путь света, который преломляется, неравномерный, на выходе лучи разного цвета не собираются. Луч фонарика падает на заполненный водой стакан под небольшим углом. В результате белый свет разлагается на составляющие его компоненты и цвета продолжают свой путь по расходящимся траекториям. Попадая на потолок, они формируют радужный спектр.

Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Многоцветные звёзды

Предметы, рассматриваемые через цветные стёкла, порой приобретают неожиданные цвета. Если смотреть через красное стекло, почти всё покажется красным. Но зелёные предметы будут почти чёрными, так как не отражают красный свет. Узнать об этом больше ты сможешь из опыта.

## Опыт

По центру листа картона сделай ножом под линейку неглубокий надрез сверху донизу (не прорезая насквозь) и перегни лист пополам. На одной половине начерти и вырежи звезду с двумя вертикальными и двумя горизонтальными лучами (так, как показано на рисунке слева).

На второй половине обведи контур вырезанной звезды, вершины лучей соедини линиями. Через точку их пересечения (центр) проведи ещё две линии под углом  $45^\circ$  к первым. По этим линиям начерти и вырежи на второй половине такую же звезду, только повернутую на  $45^\circ$  относительно первой.

Прикрепи бумагу к стене — она послужит экраном. Напротив поставь лист с контурами звёзд и две зажжённые свечи — так, как показано

## Что потребуется:

- лист картона;
- лист белой бумаги;
- лист цветной бумаги;
- линейка;
- транспортир;
- карандаш;
- нож для резки бумаги;
- две свечи;
- спички;
- несколько кусочков стекла;
- фломастеры.

на рисунке. Изменяя расстояние до экрана, угол между створками листа и расположение свечей, добейся, чтобы на экране получилась одна восьмиконечная звезда.

Зелёным фломастером закрась кусочек стекла, заслони им пламя любой свечи и посмотри на экран.

## Результат

Звезда на экране окрасится в три цвета: лучи станут зелёными и красными поочерёдно, а в центре будет белая восьмиконечная звёздочка. Если закрасить кусочек стекла голубым, лучи будут голубыми и оранжевыми, если фиолетовым — сиреневыми и жёлтыми.

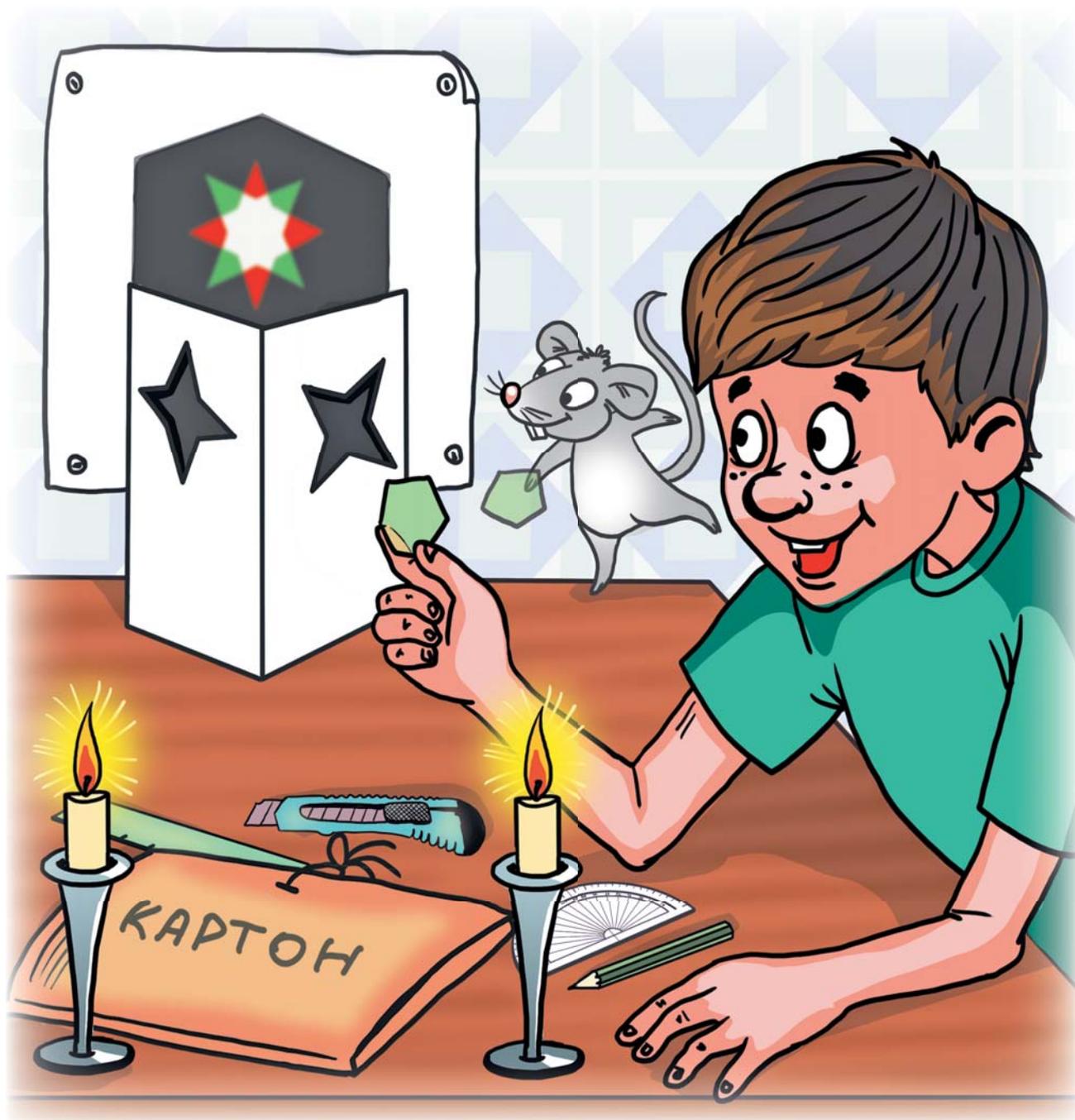
## Сложность:

**опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.**

## Объяснение

Изменение окраски лучей происходит потому, что белый цвет можно получить из сочетания двух цветов (например, зелёного и красного), которые называются дополнительными. Зелёные лучи от зелёного стекла окрашива-

ют лучи одной звезды в зелёный цвет. Пересекаясь с белыми лучами от второй звезды, они вычитают из них зелёный, в результате чего те окрашиваются в красный. В центре есть участок в виде маленькой звездочки, на который падают зелёные и красные лучи одновременно, образуя белый свет.



# Игра цветов и оттенков

Дополнительные цвета, о которых шла речь в предыдущем опыте, расположенные рядом, создают максимальный контраст, усиливая зрительное воздействие друг друга (красный усиливает зелёный, жёлтый — фиолетовый, оранжевый — голубой). Это свойство объясняется противоположными реакциями, которые вызывают тёплые и холодные тона (в перечисленных парах один цвет тёплый, другой — холодный). А ещё эти цвета вызывают последовательный контраст: например, если долго смотреть на что-нибудь красное, а затем перевести взгляд на белый фон, то вместо белого ты увидишь слабый зелёный. Остаточное явление свидетельствует о силе воздействия дополнительных цветов. В этом опыте ты убедишься, каким образом глаза реагируют на дополнительные цвета.

## Опыт

Нарисуй на картоне и вырежи небольшую фигурку, например чёртика. К вертикальной поверхности (стене) прикрепи лист белой бумаги — он послужит экраном. Напротив на расстоянии 50–60 сантиметров установи две зажжённые свечи. Закрепив чёртика между страницами книги, установи его так, как показано на рисунке. Фигурка должна отбрасывать на экран две тени.

Подготовь стёкла: равномерно закрась первое красным фломастером, второе — синим (голубым), третье — фиолетовым. По очереди заслони одну из свечей каждым стёклышком.

## Что потребуется:

- лист картона;
- лист белой бумаги;
- карандаш;
- ножницы;
- книга;
- две свечи;
- спички;
- несколько кусочков стекла;
- фломастеры или цветные маркеры.

## Результат

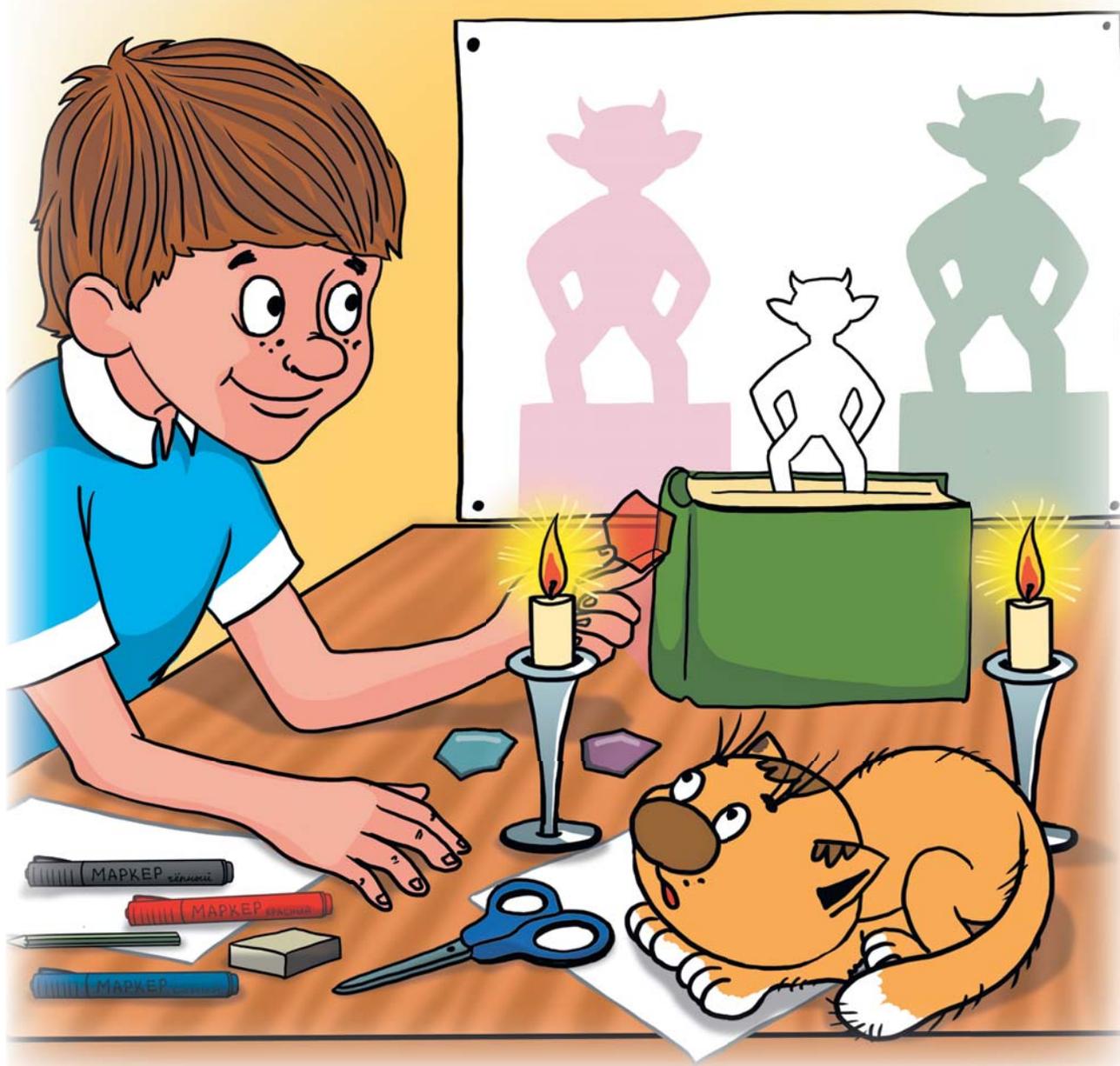
Если заслонить левую свечу красным стеклом, фигурка чёртика слева станет розовой, а справа исчезнет. Однако, если как следует присмотреться, ты увидишь, что на его месте появился бледный зеленовато-голубой чёртик. Если ты заслонишь свечу синим стеклом, фигурка станет оранжевой, если фиолетовым — жёлто-зелёной.

## Объяснение

Из предыдущего опыта ты узнал, что дополнительными называются цвета спектра, которые при оптическом смешивании «дополняют» друг друга, взаимно уничтожаются и создают белый цвет. Если цвета непрерывного спектра (как в радуге) свернуть

в круг, то дополнительные цвета окажутся напротив друг друга по линии диаметра круга. Когда, например, глаза утомлены каким-либо одним цветом, они становятся очень чувствительными к дополнительным цветам.

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно,  
но в присутствии  
взрослых.



# Цветовая арифметика

Человек различает цвета благодаря светочувствительным клеткам — колбочкам. Однако они «узнают» лишь основные цвета — красный, синий и зелёный. Возможность видеть миллионы цветов и оттенков появляется при смешивании и вычитании этих трёх цветов. Чтобы убедиться, проведи этот опыт.

## Опыт

Подбери три стёклышка такого размера, чтобы они полностью закрывали стёкла фонариков. Фломастерами равномерно выкрась их красным, синим и зелёным цветами.

Поскольку одному светить из трёх фонариков не очень удобно, пригласи друзей. Опыт лучше проводить в затемнённой комнате, чтобы лучи фонариков были хорошо видны.

Сначала нужно получить цвета путём сложения. Направь включённые фонарики на белый экран, чтобы цветные зайчики частично перекрывали друг друга, и посмотри на результат.

Для получения цветов путём вычитания потребуется один фонарик и три стёклышка жёлтого, голубого и пурпурного цветов. Сложи их так, чтобы они частично накладывались друг на друга, пропусти через них луч фонарика. Посмотри на результат вычитания.

## Результат

При сложении в тех местах, где зайчики не перекрываются, будут видны красный, синий и зелёный цвета, а там, где накладываются друг на друга, — пурпурный, голубой и жёлтый.

## Что потребуется:

- три одинаковых фонарика;
- шесть стёклышек;
- шесть фломастеров или цветных маркеров: красный, зелёный, синий, жёлтый, голубой, пурпурный.

При вычитании жёлтое стекло поглотит фиолетовые и синие лучи, а пропустит красные, оранжевые и зелёные. Голубое стекло поглотит из света, прошедшего через жёлтое стекло, красные, оранжевые и жёлтые лучи. Таким образом, через два стекла пройдут только зелёные лучи. Аналогично при наложении пурпурного и жёлтого получится красный цвет, голубого и пурпурного — синий. Если три стекла сложить вместе, они совсем не пропустят света — получится чёрное пятно.

## Объяснение

Цветовые комбинации при сложении и вычитании (поглощении) цветных лучей получаются в результате изменения соотношения фотонов света различных частот, отражённых от белой поверхности. Однако следует помнить, что глазные рецепторы у разных людей работают и воспринимают различные фотоны света неодинаково. Поэтому цветовые оттенки, которые видят разные люди, несколько отличаются.

Сложность:

опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.



# Биноккулярное совмещение

Ты наверняка обращал внимание, что у различных существ глаза расположены в разных местах. Например, у птиц — по бокам головы, а у человека — спереди. Дело в том, что у птиц зрение монокулярное (они видят одним глазом в одном направлении), а у человека — биноккулярное (поля зрения обоих глаз частично перекрываются). Благодаря разнице углов, под которыми рассматривается один и тот же объект двумя глазами, биноккулярность приводит к стереоскопичности восприятия, которая улучшает оценку объёмности предметов и расстояния до них. Чтобы убедиться в биноккулярности зрения, посмотри на любой предмет правым глазом, закрыв левый, затем — наоборот. Разница в полученных «картинках» объясняется тем, что каждый глаз воспринимает предмет под своим углом зрения. Однако кроме улучшения качества «картинки» биноккулярность позволяет создавать зрительные иллюзии. Об одной из них ты узнаешь, проделав следующий опыт.

## Опыт

Вырежи из бумаги прямоугольник размером 10×15 сантиметров, вдоль длинной стороны раздели его по центру вертикальной линией. На одной половине нарисуй пустую клетку, на другой — птичку (так, как показано на рисунке).

Теперь отрежь половину почтовой открытки и приложи её перпендикулярно к рисунку по разделительной линии. Дотронься носом до края от-

## Что потребуется:

- лист плотной бумаги;
- карандаши;
- линейка;
- почтовая открытка;
- ножницы.

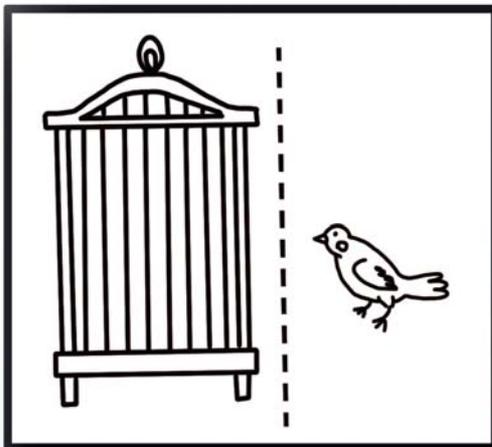
крытки и посмотри одним глазом на клетку, а другим — на птичку.

## Результат

Через несколько мгновений тебе покажется, что птичка сдвинулась с места и вошла в клетку.

## Объяснение

Такая иллюзия происходит потому, что человек видит в первую очередь с помощью мозга, а не глаз, ведь зрение на 90 % — результат работы головного мозга. В зрительном центре мозга различные изображения предмета, сформированные оптической системой правого и левого глаз, мгновенно совмещаются, сливаются в единый зрительный образ. Благодаря этому согласованному взаимодействию глаз и мозга человек может перерабатывать информацию, воспринимаемую глазами, и создавать единый, а не раздвоенный образ внешнего мира. Иллюзия слияния изображений предмета в единый зрительный образ называется стереозффектом.



Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Объём из проволоки, или Иллюзия в движении

Может ли зрение обманывать человека? Конечно! Если тело движется очень быстро, его легко принять за что-то иное. В этом опыте ты познакомишься с иллюзиями, создаваемыми движущимися формами.

## Опыт

Для опыта понадобится вертушка. Из грецкого ореха изготовь рукоятку: сверху, снизу и сбоку просверли в скорлупе отверстия диаметром 6 миллиметров. Удали через них содержимое. Осью вертушки послужит деревянная палочка. Ножом аккуратно обточи один из концов (6–7 сантиметров) до такой толщины, чтобы он свободно входил в отверстия в скорлупе. Неровности со сточенного участка убери наждачной бумагой. Другой конец палочки длиной около 2 сантиметров нужно сделать квадратного сечения (здесь будет установлен маховик для более ровного вращения вертушки).

Изготовь маховик. На листе картона циркулем начерти круг диаметром 22–25 сантиметров. Вырежи его, в центре прорежь квадратное отверстие по размеру сечения верхней части палочки. Маховик должен держаться на оси крепко, при необходимости его можно приклеить.

Собери вертушку. К нижнему сточенному концу палочки примерно по центру расположения скорлупы-руко-

## Что потребуется:

- деревянная палочка длиной 12–15 сантиметров и толщиной около 1 сантиметра;
- лист картона;
- циркуль и ножницы;
- катушка прочных ниток;
- пуговица;
- кусок плотной проволоки;
- пассатижи;
- нож;
- электродрель;
- наждачная бумага;
- грецкий орех.

ятки привяжи прочную нитку длиной 50–60 сантиметров. Свободный конец пропусти через верхнее, а затем через боковое отверстие в скорлупе. Вставь ось в скорлупу, на конце нитки для удобства привяжи пуговицу.

Из проволоки согни различные фигуры — половины контуров предметов, симметричных относительно вертикальной оси (бокала, вазы или бутылки), — так, как показано на рисунке. В нижней части шаблонов обязательно оставь прямой хвостик длиной 1,5 сантиметра для крепления на оси вертушки. Для этого в верхней части палочки просверли отверстие

толщиной чуть меньше диаметра проволоки.

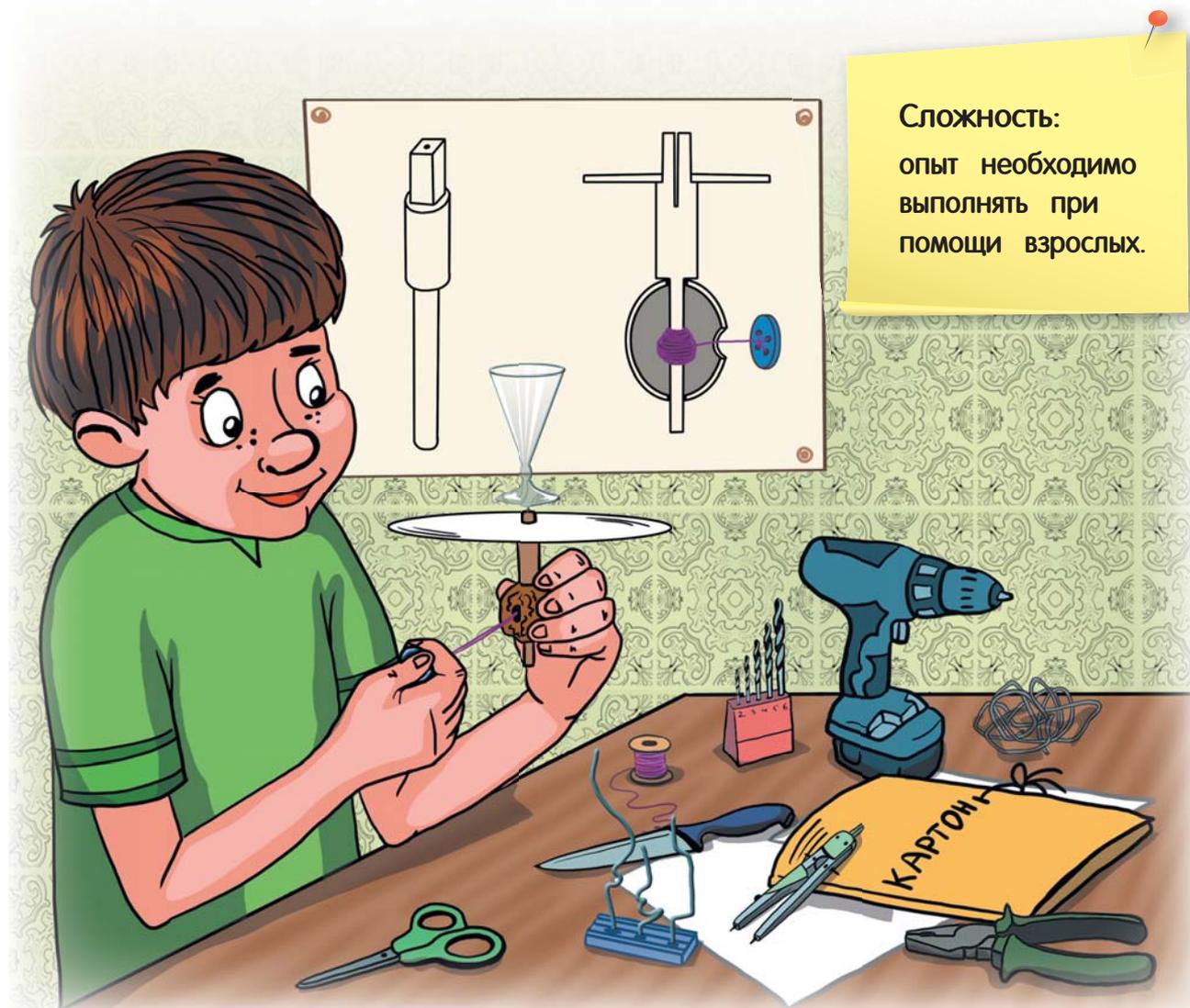
Вставь проволочный шаблон в отверстие оси. Намотай нитку на ось, держа вертушку за рукоятку и поворачивая палочку. Держа вертушку вертикально за скорлупу, дёрни за нитку.

## Результат

Вертушка начнёт быстро вращаться — ты увидишь объёмную фигуру, половину контура которой изображает проволочный шаблон. Фигуры будут блестящими и прозрачными, словно из стекла.

## Объяснение

Причина возникновения зрительных иллюзий, появляющихся при быстром движении объектов, — свойство глаз удерживать в течение долей секунды зрительное впечатление. Это происходит несмотря на то, что предмет исчез из поля зрения. Если перед глазом появляется объект, то зрительное ощущение от него возникает примерно через 0,1–0,3 секунды. К этой инерционности зрения прибавляется инерционность нервной системы, по которой сигнал от органов зрения передаётся в мозг.

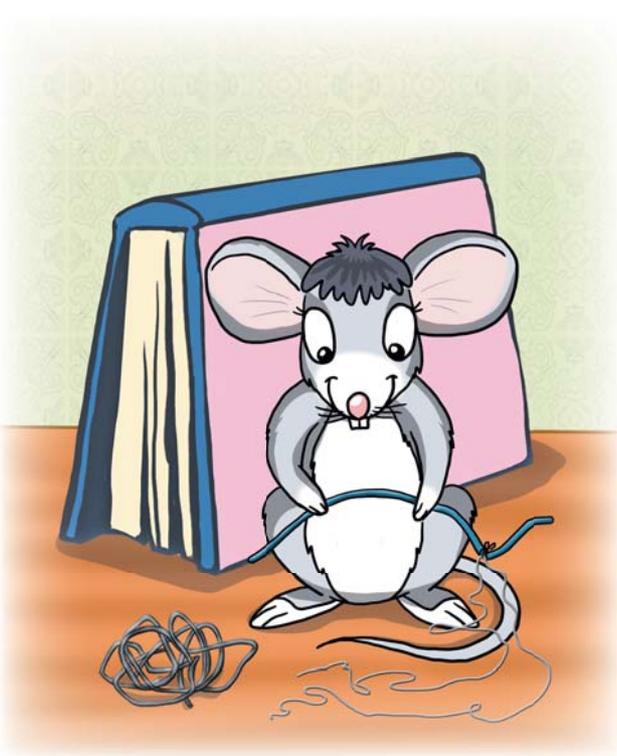


# Фигурное вращение

Представь, что поезд движется со скоростью около 60 километров в час. На откосах насыпи растут красные цветы, которые ты хочешь рассмотреть из окна вагона. Однако цветы мелькают быстро и ты не можешь определить, что это: розы, маки или георгины. И это несмотря на то, что поезд движется довольно медленно — около 17 метров в секунду. Дело в том, что человек не способен уследить за подробностями более или менее быстрых движений. Чтобы убедиться в этом, сделай несложный опыт.

## Опыт

Изогни шпильку так, как показано на рисунке, и привяжи её ниткой по центру резинки. Возьми резинку вер-



## Что потребуется:

- кусочек тонкой резинки длиной 20–25 сантиметров;
- шпилька для волос или кусочек проволоки;
- катушка ниток;
- фонарик.

тикально, пальцами начни закручивать концы и одновременно натягивай её.

## Результат

Шпилька начнёт вращаться с большой скоростью и станет похожа на стеклянную вазочку. Для усиления визуального эффекта опыт лучше проводить в тёмной комнате, направив на шпильку луч фонарика.

## Объяснение

Причина появления иллюзии предмета, как и в предыдущем опыте, — зрительное ощущение, возникающее при быстром движении. Другими словами, срабатывает эффект памяти глаз. Если для появления зрительного ощущения требуется в среднем 0,2 секунды, то при вращении шпильки с частотой 300 оборотов в минуту и более рассмотреть её не получится.

Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Преобразование круга в сферу

Знаешь ли ты, что края твоих глаз чувствительны к движению, но не могут определить вид и форму предмета? А центр хорошо различает форму, но при движении тела не способен её определить? Проведи опыт, чтобы удостовериться в этом.

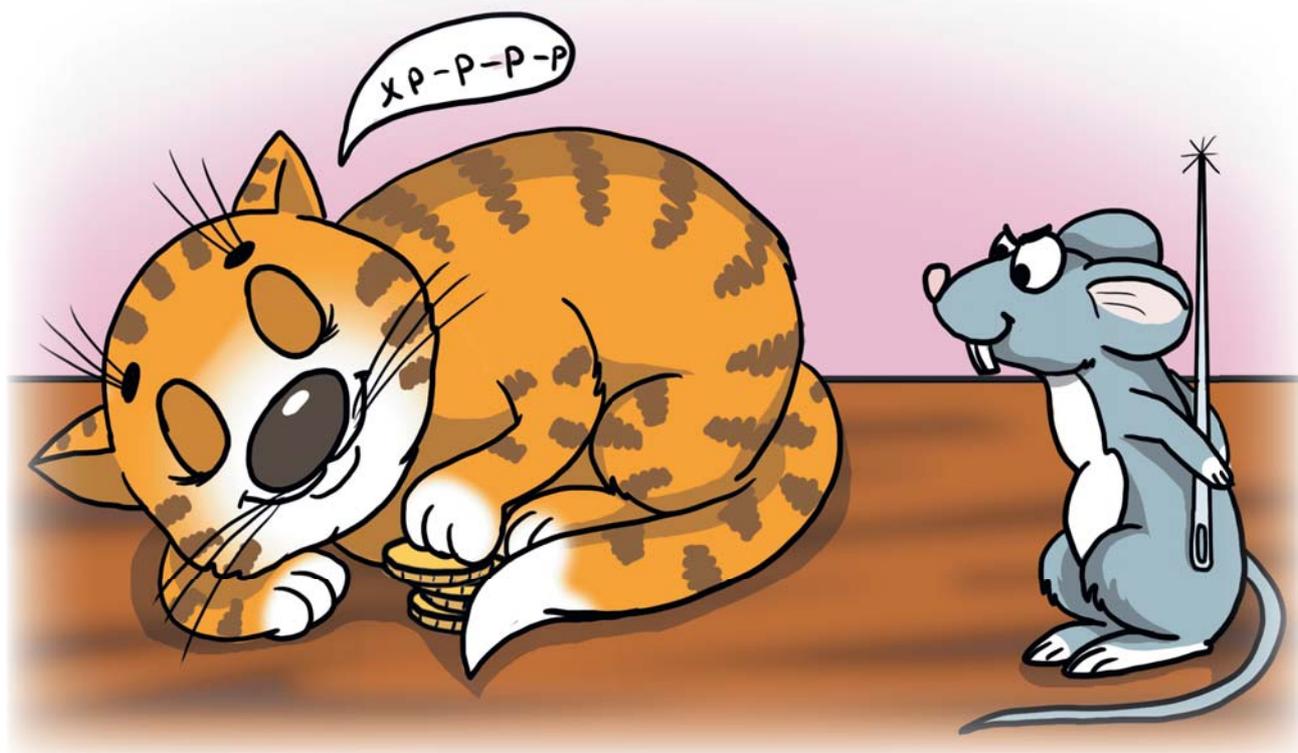
**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.

## Что потребуется:

- две швейные булавки;
- монета.

## Опыт

Положи на угол стола монету и подними её, зажав с двух сторон остриями булавок. Удерживая монету перед собой, сильно дунь на её верхнюю или нижнюю половину.



## Результат

Монета начнёт вращаться с большой скоростью, держась между булавками, как на оси. При быстром вращении она будет казаться шаром.

## Объяснение

«Преобразование» круга монеты в сферу происходит потому, что сет-

чатка глаз некоторое время сохраняет полученное зрительное впечатление. Если полный оборот монеты на  $360^\circ$  разбить, например, на 360 положений с шагом в  $1^\circ$  и каждое положение «запомнится» сетчаткой, то совокупность этих изображений, наложенных друг на друга, сформирует сферу.



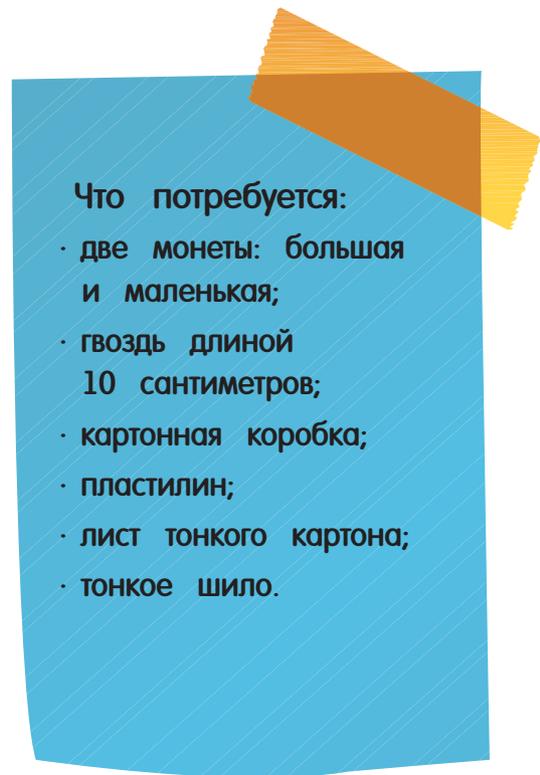
# Дополнительный зрачок

Предмет, который находится на удалении, кажется меньше, чем такой же предмет, расположенный вблизи. В этом «виноваты» глаза. Лучи, идущие от предметов, проходят через зрачок, пересекаются в хрусталике и проецируются на сетчатку в перевернутом виде. Затем мозг корректирует изображение — «переворачивает» обратно. Если предмет расположен дальше, угол между лучами от его верхней и нижней границ будет меньше, следовательно, после пересечения таких лучей их проекция на сетчатку также будет меньше. Однако такой эффект можно существенно усилить, так что даже мелкие предметы, расположенные ближе, будут казаться больше, чем крупные, находящиеся чуть дальше. Как это сделать, узнай из простого опыта.

## Опыт

Примерно посередине стенки коробки воткни гвоздь, при необходимости укрепи его пластилином. На шляпке пластилином зафиксируй маленькую монету, а большуюкрепи на стенке недалеко от гвоздя. Обе монеты должны располагаться на одной линии зрения.

Поставь полученную конструкцию на стол и взгляни на монеты. Даже с близкого расстояния меньшая из них будет казаться меньше, чем большая. Всё потому, что расстояние между монетами слишком маленькое. Теперь изготовь «дополнительный зрачок». Для этого по центру картонного



### Что требуется:

- две монеты: большая и маленькая;
- гвоздь длиной 10 сантиметров;
- картонная коробка;
- пластилин;
- лист тонкого картона;
- тонкое шило.

листа шилом проколи дырочку диаметром 1 миллиметр. Держа картонку у самого глаза, взгляни на монеты через сделанное отверстие.

## Результат

Приближая лист с отверстием к коробке, ты увидишь, что маленькая монета станет быстро увеличиваться, достигнет размера большой, а затем превзойдёт её.

## Объяснение

Лучи, идущие от монет, попадают в отверстие в картоне. Часть их (особенно от краёв монет) отражается от его стенок и изменяет направление своего распространения (расходится

в разные стороны). Такое изменение направления хода лучей похоже на их преломление в собирающей (увеличивающей) линзе. При этом от близко расположенной монеты лучи падают и отражаются под большими углами, поэтому её изображение увеличивается гораздо больше. Таким образом, небольшое отверстие ведёт себя подобно увеличительному стеклу. Однако, если его расширить, эффект отраже-

ния от краёв станет гораздо меньше, поскольку больше лучей будут проходить напрямую, не изменяя своего направления, и отверстие утратит эффект увеличительного стекла.

**Сложность:**

**опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.**



# Как карусель превратить в кино

Если велосипед едет очень быстро, вращающиеся спицы создают ощущение цельных колёс. Это обусловлено явлением сохранения зрительного впечатления, которое, кстати, используется на телевидении. Электронный луч в кинескопе телевизора с очень большой скоростью словно «рисует» изображение видимой картинке, двигаясь по горизонтальным строкам и смещаясь от строки к строке по вертикали. Благодаря большой скорости его движение незаметно. На таком же принципе основан показ фильмов в кинотеатре: плёнка состоит из кадров, при достаточно быстрой подаче которых и создаётся впечатление движения. Эффект киноплёнки ты можешь воспроизвести дома, проделав интересный опыт.

## Опыт

На листе плотной бумаги (картона) нарисуй 5–8 одинаковых человечков, которые немного отличаются позами. Например, у первого руки опущены вниз, у второго — слегка приподняты, у третьего — разведены в стороны, у четвёртого — подняты выше плеч, у пятого — подняты вверх. Вырежи фигурки и раскрась одним цветом.

Подбери две миски такого размера, чтобы одна свободно помещалась в другую. По краям меньшей миски кусочками пластилина на одинаковом расстоянии друг от друга зафиксируй фигурки человечков. Затем опусти её в большую миску, в которую предварительно налей немного воды.

## Что потребуется:

- два листа плотной бумаги или картона;
- карандаши;
- ножницы;
- пластилин;
- две миски: большая и маленькая;
- вода.

Подготовь экран: в листе плотной бумаги ножницами проколи небольшую дырочку. Раскрути миску с фигурками и посмотри на неё через отверстие в экране. Обрати внимание: смотреть следует горизонтально в одну точку круга, по которому проходят человечки.

## Результат

При быстром вращении «карусели» будет казаться, что фигурка человечка только одна и при этом она размахивает руками вверх-вниз, словно занимается гимнастикой.

## Объяснение

Действие этого устройства, как и других предшественников современного кинематографа, основано на способности глаза сохранять некоторое время произведённое на него зрительное (световое) воздействие. Ещё

примерно 0,1–0,3 секунды глаз «видит» то, что уже исчезло. Если смена изображений происходит достаточно быстро, зрительные впечатления сливаются. Глаз продолжает видеть исчезнувшее изображение, хотя оно уже сменилось другим.

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Цветные фантазии глаз

Существует много пословиц о том, что надо доверять тому, что видишь: «Не верь брату родному, верь своему глазу кривому», «Не верь чужим речам, верь своим очам», «Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать». Все они призывают доверять своим наблюдениям и собственному опыту, а не чужим умозаключениям. Однако так ли всё на самом деле? Могут ли глаза «фантазировать» и видеть то, чего на самом деле нет? Прodelай опыт, чтобы узнать ответ на этот вопрос.

## Опыт

Из цветной бумаги вырежи три полоски размером 8×21 сантиметр. Наклей их вплотную друг к другу на лист картона вдоль короткой стороны (чёрную — по центру). Слева и справа от полосок останутся края картона шириной около 3 сантиметров.

На столе на расстоянии 24 сантиметров друг от друга установи на торцы книги переплётами в противоположные стороны. Между страницами вставь картонку с наклеенными полосками. Перед ней с зазором толщиной в 10–12 страниц установи аналогичным образом лист картона. Он послужит подвижным экраном, который будет перемещаться вертикально, то открывая, то закрывая цветные полоски.

Подними экран так, чтобы его нижние углы оставались между страницами книг. Несколько минут смотри на цветные полоски, а затем быстро опусти экран.

## Что потребуется:

- две толстые книги;
- два листа белого картона;
- листы бумаги чёрного, зелёного и оранжевого цветов;
- ножницы;
- клей для бумаги;
- линейка.

## Результат

Через несколько секунд ты увидишь на белом экране три полосы: голубую, белую и красную на месте оранжевой, чёрной и зелёной.

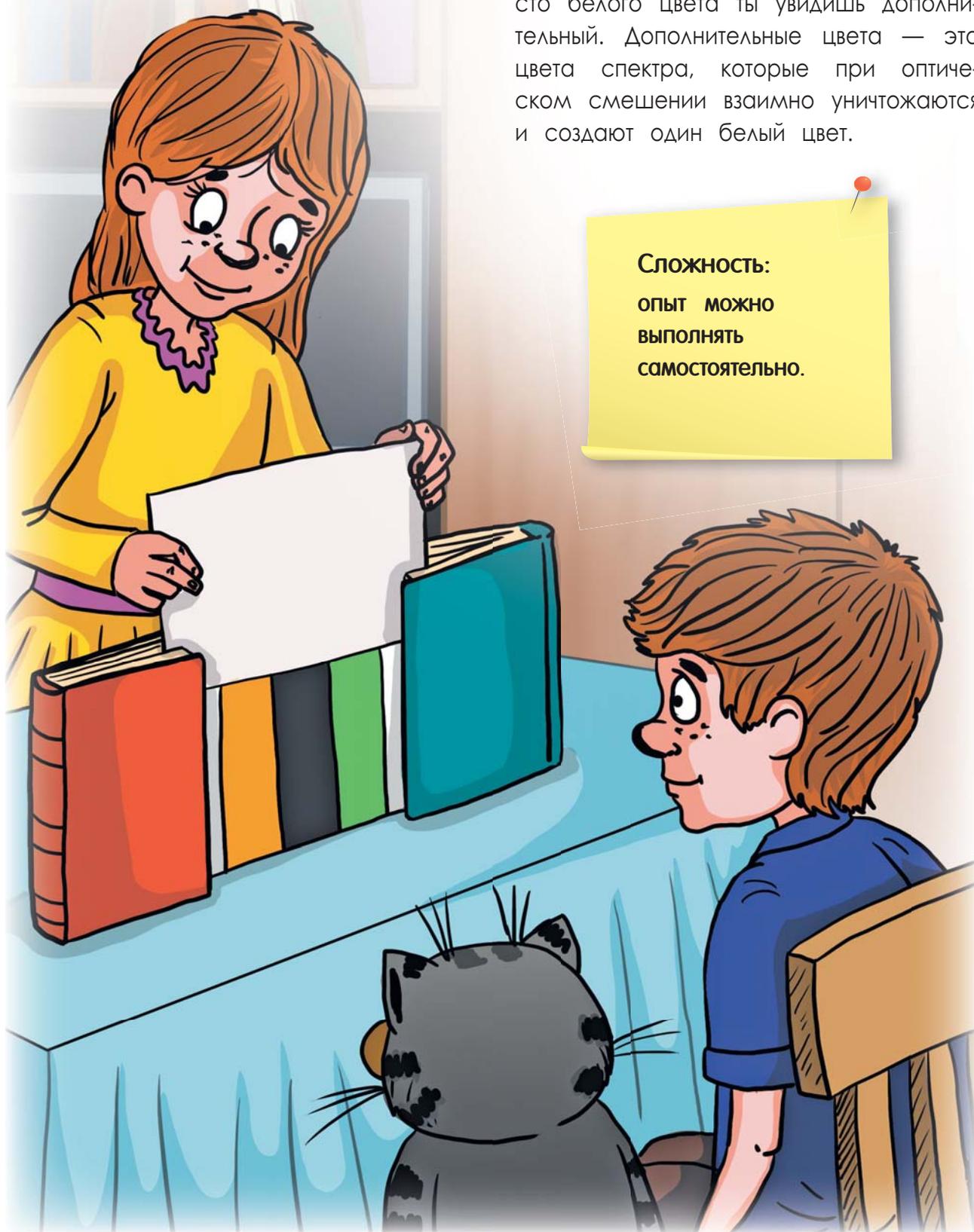
## Объяснение

Появление цветных фантазий глаз обусловлено остаточным действием и влиянием дополнительных цветов. Остаточное действие состоит в том, что в мозге некоторое время сохраняется образ предмета (особенно яркого), только что исчезнувшего из поля зрения. Например, взгляни на лампочку, а затем закрой глаза — её изображение ты будешь «видеть» ещё несколько секунд. Дополнительные цвета, рассмотренные в предыдущих опытах, вызывают последовательный контраст: например, если долго

смотреть на один цвет, а затем перевести взгляд на белый фон, вместо белого цвета ты увидишь дополнительный. Дополнительные цвета — это цвета спектра, которые при оптическом смешении взаимно уничтожаются и создают один белый цвет.

**Сложность:**

**опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.**



# Температура движет коромыслом

Как ты думаешь, что происходит с веществами при их нагревании или охлаждении, кроме изменения температуры? Чтобы узнать это, проведи простое наблюдение. Налей в стакан горячую воду, маркером отметь её уровень. Через час посмотри, как он изменится. Немного воды, конечно, испарится, однако основная причина падения уровня — сжатие (уменьшение объёма) жидкости при охлаждении. Используя это свойство жидкости, сооруди коромысло, положение которого можно регулировать с помощью температуры.

## Опыт

Из толстой проволоки изготовь ровный прут длиной 35–40 сантиметров. От пробки отрежь кружок высотой 1 сантиметр. Шилом проделай сквозное поперечное отверстие и пропусти через него прут. Расположи кружок по центру прута, проткни насквозь двумя булавками (по одной с каждой стороны) — они послужат опорами коромыслу.

В двух пробках на расстоянии примерно 5 миллиметров от края проделай поперечные отверстия и насади на концы прута. Пробки должны располагаться длинными частями вниз.

Установи коромысло ножками-булавками на дно перевернутого стакана (так, как показано на рисунке) и уравновесь его. Для этого воткни в нижние части пробок по 15–20 гвоздиков. Регулируя положение пробок и добавляя гвоздики, добейся того, что-

## Что потребуется:

- толстая проволока;
- пассатижи;
- три корковые пробки;
- нож;
- шило;
- швейные булавки;
- маленькие (обойные) гвоздики;
- стеклянный стакан;
- свеча;
- спички.

бы коромысло находилось в устойчивом горизонтальном положении. Такие «весы» будут очень чувствительными.

Начни нагревать одно плечо коромысла с помощью зажжённой свечи и посмотри, что произойдёт.

## Результат

По мере нагревания плечо коромысла станет опускаться. А теперь убери свечу. Коромысло начнёт плавно остывать, и равновесие восстановится.

## Объяснение

Коромысло — подобие рычажных весов, в которых плечи создают противоположно направленные изгибающие моменты. Момент — это умножение силы, действующей на плечо, на длину плеча (расстояние от точки при-

ложения силы до точки опоры). Сила в данном опыте создаётся силой тяжести пробки с гвоздиками на конце прута, а длина плеча — это расстояние от середины пробки на конце до середины пробки с булавками-опорами по центру. Когда моменты равны, коромысло находится в равновесии. При нагревании плечо удлиняется, так как вещества расширяются с увеличением температуры. Поскольку температурное расширение происходит по всем направлениям, это приводит к увеличению длины плеча

**Сложность:**

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

и создаваемого момента. В результате коромысло наклоняется в ту сторону, где изгибающий момент становится больше.



# Как удлинить иголку

Из предыдущего опыта ты знаешь, что при нагревании вода расширяется, а при охлаждении — сжимается. А теперь в холодную бутылку налей холодную воду, отметь её уровень и поставь в кастрюлю с горячей водой. Уровень жидкости в бутылке быстро упадёт. Неужели она сжалась? Нет, это расширилась от нагрева бутылка! Однако, когда вода прогреется, её уровень восстановится. Для наблюдения температурного расширения предметов существует множество способов. Один из них описан в следующем опыте: нагреваемый предмет сам «покажет», что он расширился и насколько.

## Опыт

Подбери три иголки такого размера, чтобы одна из них входила остриём в ушко другой на 2–3 миллиметра. Размер третьей особой роли не играет, но лучше, если она будет равна первой.

Изготовь деревянную дужку-держатель — так, как показано на рисунке. Её можно выпилить из дощечки размерами 5×3 сантиметра и толщиной 10–15 миллиметров, а затем подравнять ножом и напильником. Вместо дощечки можно использовать подходящий кусок корковой пробки или фанеры. С одной стороны на выступе дужки вырежи небольшую полочку на глубину чуть меньше половины высоты.

Вколи вторую иголку в стенку **А** дужки (ушко должно лежать на полочке **Б**). Через ушко в полочку вко-

ли вертикально первую иглу — она послужит стрелкой-указателем. Третью иголку вколи в полочку за ушком ровно вдоль первой — так, как показано на рисунке. Теперь нагрей горизонтально расположенную иглу с помощью зажжённой свечи.

## Результат

Нагреваемая иголка удлинится, ушко сместится в сторону и отклонит вертикальную иголку-стрелку. Если к ней ещё добавить шкалу и пружинку (для возвращения в исходное положение), такое устройство сможет работать как термометр.

## Объяснение

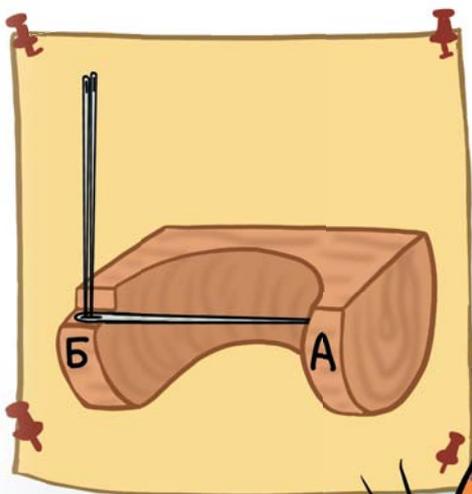
Удлинение иголки происходит благодаря эффекту температурного расширения. Его суть состоит в том, что за температуру и передачу теплоты ответственны атомы вещества (в данном опыте — железа). При любой темпе-

### Что потребуется:

- три швейные иголки;
- деревянная дощечка;
- нож;
- пила или лобзик;
- напильник;
- свеча;
- спички.

**Сложность:**

опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.



ратуре выше абсолютного нуля атомы колеблются (периодически смещаются) относительно положения равновесия. При нагревании иголки колебания становятся больше, атомы смещаются на большие расстояния. Промежутки между ними возрастают, поэтому размеры иголки увеличиваются во всех направлениях (толщина, длина). На эффекте температурного расширения, например, основана работа автоматических выключателей в электрочайниках, когда в них закипает вода.



# Разделяем с помощью температуры

Из предыдущих опытов тебе известно, что тела при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Например, если налить кипятка в стеклянный стакан, он может треснуть, так как изнутри резко расширится, а снаружи не успеет прогреться и останется прежних размеров. Чтобы этого не случилось, в него следует опустить ложку — она поглотит часть теплоты и уменьшит перепад температур при наливании кипятка. Используя свойство тел расширяться и охлаждаться при изменении температуры, можно разъединить два стеклянных стакана, плотно вставленных друг в друга.

## Опыт

Нагрей стаканы в горячей воде, плотно вставь один в другой. Когда остынут, убедись, что они прочно «схватились» (такое нежелательное «соединение» иногда случается при мытье посуды). Чтобы разъединить стаканы, налей в миску горячей воды, опусти в неё полученную конструкцию так, чтобы нижний стакан был погружён не более чем наполовину. В верхний

### Сложность:

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

### Что потребуется:

- два одинаковых стеклянных стакана;
- глубокая миска;
- горячая вода;
- холодная вода.

налей холодной воды (например, из-под крана).

## Результат

Через несколько секунд ты легко разъединишь стаканы.

## Объяснение

Нижний стакан нагревается и расширяется, а верхний охлаждается и сжимается, поэтому они легко разъединяются.

Температура может помочь разделить не только стаканы. Например, очень часто случается так, что заржавленный болт не хочет откручиваться. В этом случае можно нагреть его через шляпку паяльником, дать остыть и снова попытаться открутить. От расширения при нагреве, а затем последующего сжатия при охлаждении частицы ржавчины и других посторонних веществ на поверхности резьбы болта потрескаются и легко отделятся.



# Поглощение тепловых лучей

Тебе наверняка приходилось чувствовать жар костра или горячей печи даже на некотором расстоянии от них. Дело в том, что тепло передаётся не только при непосредственном контакте с нагретым предметом, но и с помощью невидимых тепловых лучей, которые называются инфракрасными. Такие лучи поглощаются поверхностью предметов и преобразуются в теплоту. Причём поглощение зависит от свойств поверхности. Чтобы убедиться в этом, выполни интересный опыт.

## Опыт

С помощью чёрного маркера и белой корректирующей жидкости снаружи стакана нарисуй вертикальные полосы — так, как показано на рисунке. Количество полос выбери самостоятельно, главное — они должны быть примерно одинаковой ширины. Раздели стакан на восемь частей так: пополам, затем каждую половину пополам, а затем каждую четверть пополам.

Подбери свечу такой высоты, чтобы фитиль находился чуть ниже края стакана. Зажги её и подожди, пока вокруг фитиля соберётся лужица жидкого парафина. Окуни в неё головку булавки и быстро прижми к полоске на стакане. Таким образом прикрепи булавки к каждой полосе. Обрати внимание: фиксировать следует по центру полосок на одинаковой высоте от края сосуда. Задуй свечу.

Далее её следует установить в стакан ровно по центру. Чтобы сде-

## Что потребуется:

- стеклянный стакан цилиндрической формы с тонкими стенками;
- лист картона;
- циркуль;
- ножницы;
- чёрный маркер;
- корректирующая жидкость;
- обыкновенные булавки;
- свеча;
- спички.

лать это правильно, начерти циркулем на картоне 3–4 окружности, равные внутреннему диаметру стакана, и вырежи их. В центре каждой из них нарисуй и вырежи отверстие, равное диаметру свечи. Надень кольца на свечу, вставь её в стакан и зажги.

## Результат

Стакан станет постепенно согреваться, а парафин, которым прикреплены булавки, — таять. После того как упадёт четвертая булавка, задуй свечу. Посмотри: булавки отклеились только от чёрных полос. И это несмотря на то, что свеча грела весь стакан одинаково.

## Объяснение

Чем темнее поверхность, тем лучше она поглощает тепло. Чёрные предметы лучше других поглощают инфракрасные лучи, поэтому булавки отклеились от тёмных полос в первую очередь. Светлые поверхности поглощают лучи хуже — по этой причине

летом, чтобы не было жарко, люди надевают светлую одежду.

Однако кроме цвета на поглощение тепла также влияет состояние поверхности. Из двух поверхностей одинакового цвета меньше будет поглощать тепло гладкая и блестящая, а матовая и шероховатая — больше.

### Сложность:

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.



# Конвекционные узоры

Теплота от нагретых предметов может передаваться не только с помощью инфракрасного излучения, но и через «горячие» частицы вещества — атомы и молекулы. Если в твёрдом теле теплота равномерно распространяется во все стороны от места нагрева, то в газах или жидкостях все иначе. Если воздух нагревается, например от горячего утюга, то, он поднимается вверх. Это явление называется конвекцией и наблюдается только в газах и жидкостях. Одна из причин конвекции — высокая подвижность молекул в таких телах. Нагреваясь, они поднимаются вверх, а охлаждаясь — движутся вниз. Прделав опыт, ты сможешь увидеть тепловые конвекционные движения.

## Опыт

Положи по центру крышки несколько кристаллов перманганата калия и капни на них каплю воды. Подожди, пока марганцовка растворится и капля окрасится в тёмно-фиолетовый цвет. Зажги свечу, осторожно капни расплавленный парафин на раствор марганцовки и задуй свечу. Край стеариновой лепешки, закрывающей

**Сложность:**  
опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.

## Что потребуется:

- стеклянный стакан;
- ровная металлическая крышка от банки;
- две картонные коробки;
- перманганат калия (марганцовка);
- свеча;
- спички;
- вода.

каплю раствора марганцовки, плотно прилепи к крышке. Наклони крышку и убедись, что капля из-под парафина нигде не вытекает и хорошо держится.

Наполни стакан водой, накрой крышкой (парафиновой лепёшкой внутрь). Придерживая крышку рукой, переверни стакан. Расположи картонные коробки на расстоянии 6–7 сантиметров друг от друга, установи на них перевернутый стакан. Поднеси зажжённую свечу к той части крышки, где находится парафиновая лепёшка.

## Результат

Через несколько секунд лепёшка нагреется и оторвётся от крышки — тёплая окрашенная вода устремится вверх. Дойдя до верха и охладившись, она направится вниз. Ты увидишь кра-

сивые фиолетовые узоры, которые создаются циркуляцией окрашенных потоков воды.

### Объяснение

Конвекционное движение происходит потому, что нагретые объёмы жидкости (газа) расширяются, становятся менее плотными и более лёгкими, в результате чего поднимаются вверх. Более холодные плотные и тяжёлые

слои опускаются на их место. Конвекция наблюдается только в гравитационном поле, например в поле притяжения Земли. Это происходит потому, что силы земного притяжения и тяжести придают горячим и холодным объёмам жидкости (газа) определённый вес, позволяющий совершать движения. В случае невесомости, например на орбите земных спутников, конвекция происходить не будет.



# Невидимая сила

Чтобы передвинуть предмет, к нему нужно приложить определённую силу. Это можно сделать с помощью рук, жидкости (напора воды) или газа (потока воздуха). Кроме того, сдвинуть предмет можно, используя невидимую и неосязаемую субстанцию — поле. Например, под действием гравитационного поля все предметы падают на землю, притягиваясь к ней. А вот как передвинуть предмет, используя электрическое поле, ты узнаешь из простого опыта.

## Опыт

Установи палочку в равновесии на спинке стула. Теперь нужно вывести её из этого состояния (уронить), не касаясь и не дую. В этом тебе поможет наэлектризованная картонка. Для этого как следует высуши её на солнце или подержи над огнём, а затем тщательно натри одежной щёткой — она должна прилипнуть к руке, словно магнит. Приблизь наэлектризованную картонку к одному из концов уравновешенной палочки.

## Результат

Палка притянется картонкой, повернётся или наклонится, потеряет равновесие и упадёт со спинки стула.

Этот опыт можно демонстрировать как фокус. Для этого одной рукой незаметно наэлектризуй картонку, а другой уравновесь палочку. После приблизь к ней руку с картонкой так, чтобы она не была видна зрителям.

## Что потребуется:

- небольшой (размером с почтовую открытку) кусочек картона;
- сухая деревянная палочка длиной 50–60 сантиметров;
- стул;
- одежная щётка.

## Объяснение

При трении разных предметов друг о друга происходит явление, называемое электризацией. До электризации каждый предмет содержит одинаковое количество положительных и отрицательных зарядов, то есть является электрически нейтральным. При электризации трением происходит разделение положительных и отрицательных зарядов, содержащихся в незаряженных предметах. Часть зарядов с одного предмета переходит на другой. В результате оба предмета заряжаются равными по величине, но разноимёнными (положительными и отрицательными) зарядами. При трении картонки о щётку на неё со щетины переходит некоторая часть электронов — она приобретает отрицательный заряд и создаёт вокруг себя электрическое поле. Когда заряженная картонка приближается к незаряженной палочке, которая не проводит электричество, то под действием

электрического поля картонки поверхность палки тоже заряжается, но уже положительно. Это физическое явление называется поляризацией в электрическом поле. Таким образом, два противоположно заряженных предмета притягиваются друг к другу и создаётся сила, которая смещает палку.

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Аномальная вода

Вода — одно из самых удивительных веществ на земле. При охлаждении она постепенно сжимается, а затем опять расширяется. Чтобы познакомиться с её удивительными свойствами, сделай несложный опыт.

## Опыт

Опыт следует проводить зимой, когда температура воздуха за окном ниже 0 °С. Сначала изготвь поплавок-индикатор. Шилом сделай в яйце два отверстия: сверху и снизу. Удали через них белок и желток, скорлупу просуши. Используя пассатижи, согни из проволоки крючок размером с половину яйца и закрепи в одном из отверстий скорлупы. Залепи обе дырочки пластилином. На крючок подвесь пластилиновый шарик такой массы, чтобы скорлупа с грузом, погружённая в воду комнатной температуры, едва тонула, а при

## Сложность:

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

малейшем уменьшении груза тут же всплывала.

Отрегулировав массу груза, помести скорлупу в банку, наполненную водой. В воду также опусти термометр и выставь банку на мороз, например за окно.

## Результат

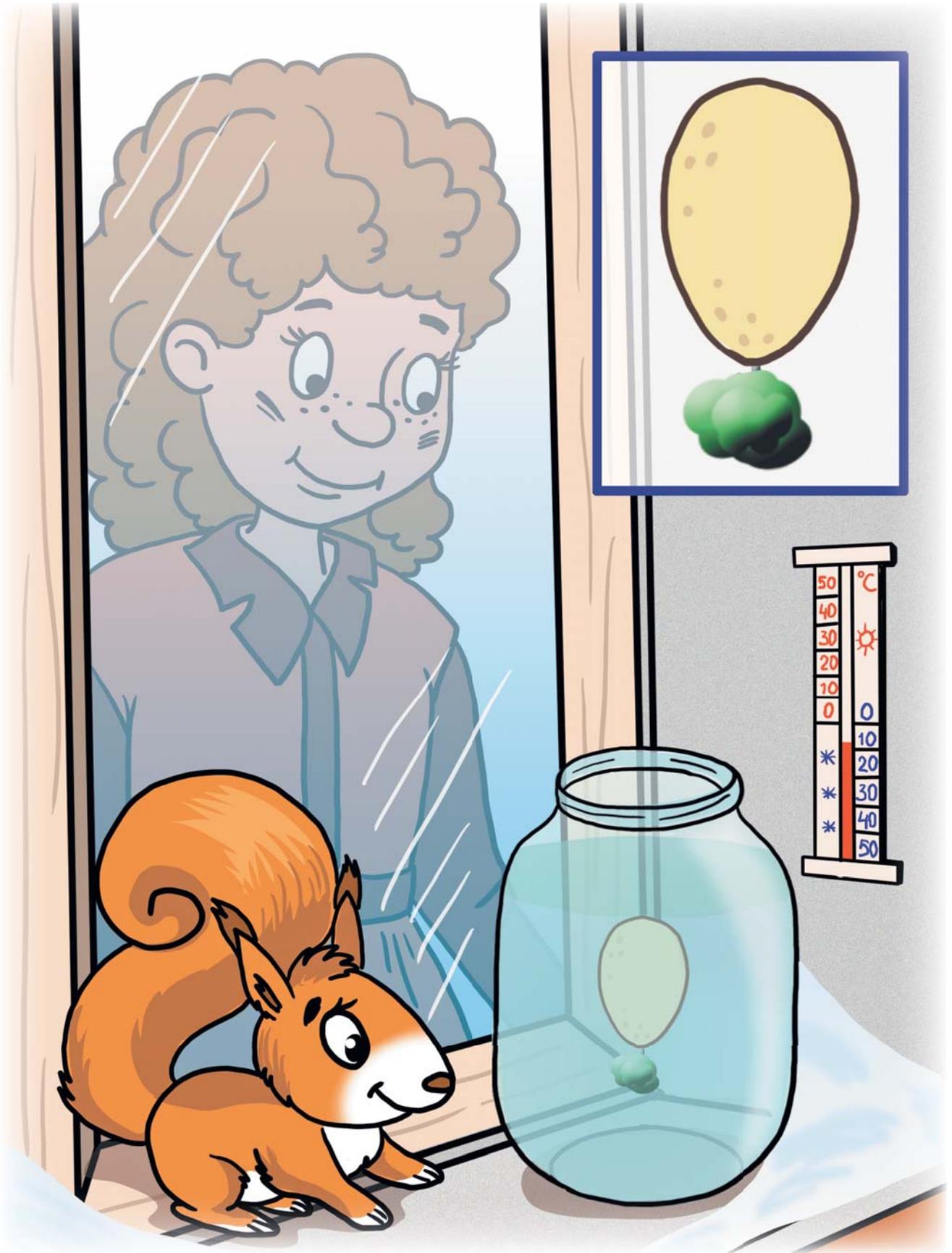
Вода начнёт охлаждаться. Когда её температура достигнет отметки +4 °С, скорлупа всплывёт, когда опустится ещё ниже — утонет. Если после этого банку забрать в комнату, вода станет нагреваться, а скорлупа — понемногу всплывать. Когда температура жидкости превысит +4 °С, скорлупа снова утонет.

## Объяснение

Под действием силы тяжести скорлупа с грузом тонет. Однако в воде действует архимедова сила, направленная противоположно силе тяжести, — она стремится вытолкнуть скорлупу на поверхность. Архимедова сила равна весу вытесненной скорлупой воды и зависит от её плотности. При приближении температуры к +4 °С плотность воды возрастает до наибольшего значения, архимедова сила становится больше силы тяжести скорлупы и она всплывает.

## Что потребуется:

- стеклянная банка объёмом 3 литра;
- куриное яйцо;
- шило;
- пластилин;
- проволока;
- пассатижи;
- вода;
- термометр для воды.



# Послушная стрелка

Электризацией сопровождается почти любое движение предметов, например падение снежинок или брызги воды. Однако электризация может также создавать движение и управлять расположением предметов. Как это происходит, ты узнаешь из следующего опыта.

## Опыт

Сложи бумагу вчетверо. Затем распрями, вдоль линий сгиба начерти и вырежи стрелку длиной 3,5–4 сантиметра такой формы, как показано на рисунке. Изготовь подставку: поставь пробку вертикально и вколи в неё иголку ушком. Аккуратно помести стрелку центром (точкой пересечения двух сгибов) на остриё иголки и убедись, что она находится в равновесии. При необходимости отрегу-

лируй положение стрелки, отрезая небольшие кусочки от краёв.

Накрой стрелку стаканом так, чтобы она располагалась ровно по центру. Потри стенку сосуда шёлковой или шерстяной тряпочкой.

## Результат

Стрелка повернётся остриём к натираемому месту. Если водить тряпочкой вдоль стенки или по доньшку, стрелка станет вращаться вслед за ней.

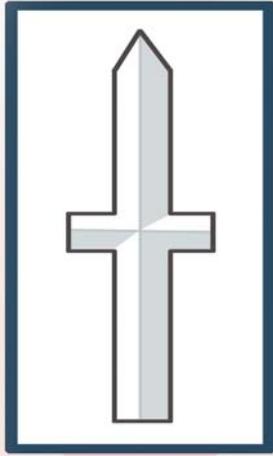
## Объяснение

Стрелка становится «послушной» благодаря электризации стакана при натирании шёлком или шерстью. В данном случае стекло электризуется положительно, ткань — отрицательно. Это значит, что часть электронов переходит из стекла на тряпочку, в стекле образуется недостаток электронов, а в тряпочке — их избыток. Поскольку стекло не проводит электричество, то за счёт его поляризации на внутренней стенке формируется отрицательный заряд, поле которого будет управлять положением стрелки. Кроме того, на положение стрелки влияет её форма. В результате воздействия поля на поверхности стрелки индуцируется положительный заряд. Под влиянием притяжения стакана и этого заряда стрелка стремится повернуться так, чтобы расстояние между ней и заряженной стенкой было минимальным. А минимально это расстояние между стенкой и остриём стрелки.

### Что потребуется:

- лист плотной бумаги;
- линейка;
- карандаш;
- ножницы;
- корковая пробка;
- иголка;
- стеклянный стакан;
- шёлковая или шерстяная тряпочка.

Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Электрическая пляска

Электризация при трении бывает опасной, особенно при работе с горючими жидкостями, например при заправке самолёта топливом. Однако человек нашёл способы «приручить» самопроизвольно возникающее электричество и «заставить» его приносить пользу. Так, с помощью электризации к ткани приклеивают ворс (короткие волокна и частицы шерсти), получая искусственный мех, бархат, плюш, замшу. Электризация помогает разделять смеси, состоящие из различных частиц. Её используют на фабриках и заводах в электрических фильтрах для очистки воздуха от дыма и пыли. В этом опыте с помощью электризации ты можешь смастерить забавный электрический театр.

## Опыт

На кальке нарисуй несколько человечков, например таких, как показано на рисунке. Обрати внимание: фигурки должны быть маленькими, высотой не более 2 сантиметров. Вырежи их и раскрась.

Положи на стол книги страницами друг к другу на расстоянии 20–25 сантиметров. Между ними расположи человечков. Над фигурками в 3 сантиметрах от стола между страницами помести стеклянную пластину. Чтобы театр «ожил», как следует натри стекло шёлковой или шерстяной тряпочкой. Учти, что стекло и тряпочка должны быть совершенно сухими.

## Что потребуется:

- стеклянная пластина;
- тонкая бумага (калька);
- карандаш;
- фломастеры;
- ножницы;
- шёлковая или шерстяная тряпочка;
- две книги.

## Результат

Когда ты станешь натирать пластинку, фигурки придут в движение: начнут вставать и подпрыгивать к стеклянному «потолку». Это будет продолжаться до тех пор, пока ты будешь натирать стекло.

## Объяснение

При натирании стекла тканью его поверхность заряжается положительно, то есть приобретает положительный электрический заряд. Он создаёт электрическое поле, под действием которого противоположная поверхность стекла, расположенная над фигурками, приобретает отрицательный заряд — он создаёт электрическое

поле, заряжающее фигурки положительно. Подпрыгивая и касаясь стекла, фигурки разряжаются (на них перетекает отрицательный заряд). Их заряд становится равным нулю, и они падают на стол. Затем человечки снова заряжаются и подпрыгивают, опять разряжаются и так далее.

**Сложность:**  
**опыт можно**  
**выполнять**  
**самостоятельно.**



# Игра в электрические кости

Для игры в кости используют кубики, на грани которых нанесены от одной до шести точек. При правильной разметке сумма точек на противоположных гранях должна равняться 7 (6 напротив 1; 5 напротив 2; 4 напротив 3). Игроки по очереди бросают несколько костей (от одной до пяти), сумма выпавших очков подсчитывается. Побеждает тот, кто набрал больше всего очков. Очень простые правила, не так ли? Однако они вовсе не подходят для необычной игры в электрические кости!

## Опыт

Вырежи из пенопласта 3–4 одинаковых кубика со стороной около 1 сантиметра. Маркером нанеси на грани точки: 6 напротив 1; 5 напротив 2; 4 напротив 3. Просуши кубики и помести в небольшую деревянную или пластмассовую коробку (её глубина не должна превышать 2,5 сантиметра).

Потри крышку коробки шёлковой или шерстяной тряпочкой — кубики подпрыгнут и прилипнут к ней. Теперь попроси кого-нибудь сосчитать выпавшие очки. После этого прикрой крышку рукой, подожди несколько секунд и сообщи считавшему, что он плохо справился с задачей, а затем покажи ему коробочку.

## Результат

Кости будут показывать совсем другие числа! Например, вместо 6, 4 и 2 — 1, 3 и 4. И это при том, что

### Что потребуется:

- кусочек мелкозернистого пенопласта;
- нож для резки бумаги;
- линейка;
- карандаш;
- маркер;
- деревянная или пластмассовая коробка со стеклянной крышкой;
- шёлковая или шерстяная тряпочка.

коробочку никто не тряс и не переворачивал! Через несколько секунд очки на костях опять сменятся, и будут меняться ещё не раз.

## Объяснение

Самопроизвольное переворачивание кубиков происходит потому, что их плоскости, прилегающие к стеклу, постепенно теряют свой заряд и отделяются от крышки. Кубики «отлипают» и повисают на ребре, после чего наэлектризованное стекло вновь притягивает их, но уже другими гранями, на которых заряд ещё высок.

Сложность:  
опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.



# Электрические рисунки

Рисовать можно различными способами. Кто-то создаёт рисунки, высекая изображения на поверхности камней, кто-то вытрапливает их на стекле или металле с помощью химических реактивов, а кто-то использует кисти, краски и холст. Однако для создания рисунка отлично подойдут электрические заряды и их свойство притягиваться! Как это можно сделать, ты узнаешь из приведённого опыта.

## Опыт

Опыт лучше показывать как фокус зрителям, которые ничего не знают о твоих маленьких хитростях. Тебе понадобится мелкий лёгкий порошок, который можно получить, потерев корковую пробку о наждачную бумагу.

На столе на расстоянии 20–25 сантиметров друг от друга положи две книги. Между ними ровным слоем насыпь пробочный порошок. В тайне от зрителей на стеклянной пластине с помощью тонкой кисточки нарисуй глицерином какой-нибудь рисунок, например контур человека. Включи настольную лампу и направь её свет на стену. Между лампой и стеной помести стекло с рисунком. Глицерин прозрачный, поэтому все увидят совершенно чистое стекло.

Положи стекло на книги в виде мостика (глицериновым рисунком к пробковому порошку) и потри шёлковой или шерстяной тряпочкой. За счёт электризации лёгкие частицы порошка подскочат и прилипнут к поверхности пластины ровным слоем.

## Что потребуется:

- стеклянная пластина;
- глицерин;
- кисточка;
- корковая пробка;
- наждачная бумага;
- шёлковая или шерстяная тряпочка;
- две тонкие книги;
- настольная лампа;
- линейка..

Поставь стекло вертикально на стол, подуй на него, после чего помести между лампой и стеной.

## Результат

Зрители увидят на стене отчётливое изображение теневого рисунка, причём в увеличенном виде.

## Объяснение

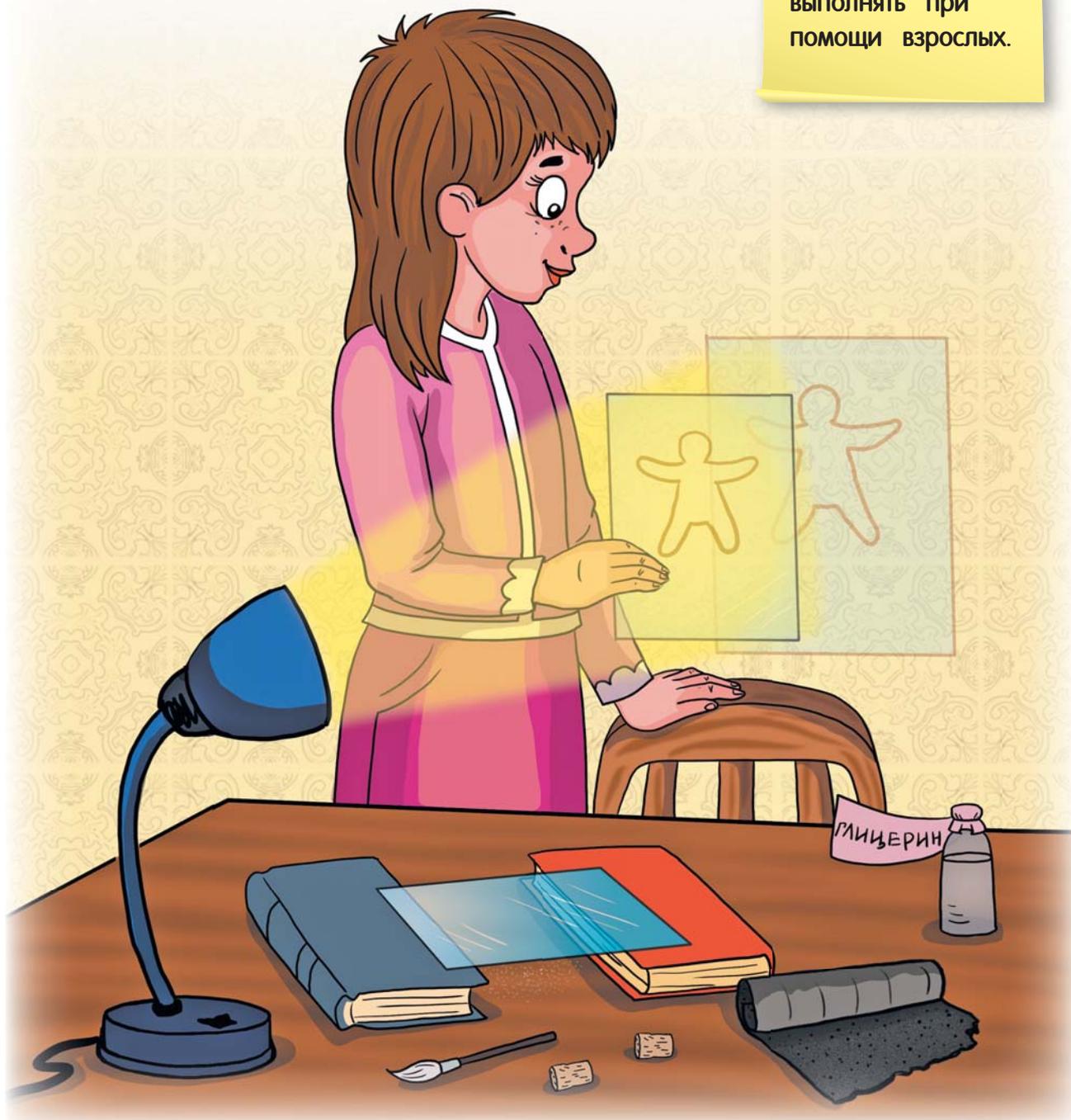
При натирании стекло приобретает положительный заряд, а его противоположная поверхность заряжается отрицательно. Электрическое поле под стеклом электризует частицы пробочного порошка, которые равномерным слоем прилипают к нему. Попадая на глицерин, они намокают и удерживаются на стекле за счёт смачивания. Аналогичным образом пыль или грязь удерживаются на любой мокрой по-

верхности. Удерживание частиц порошка смачиванием значительно сильнее, чем удерживание за счёт электростатического притяжения. Поэтому, когда ты сдуваешь порошок, его частицы, попавшие на глицерин, остаются на пластинке, формируя рисунок.

В некоторых производствах такой способ используют для нанесения порошковой краски на твёрдую поверхность в форме рисунка или логотипа.

**Сложность:**

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.



# Повелитель мыльных пузырей

Развлечения с мыльными пузырями, которые летают по воздуху и отливают всеми цветами радуги, всегда очень интересны. Однако ещё интереснее уметь управлять ими.

## Опыт

Приготовь в миске раствор из 20 миллилитров средства для мытья посуды, 60 миллилитров воды и 10 миллилитров глицерина (продаётся в аптеке). Воду лучше использовать кипячёную или отфильтрованную. Полученную смесь тщательно перемешай и оставь открытой на некоторое время. Если на её поверхности появились пузырьки или пена, дождись, пока они исчезнут.

Для выдувания больших пузырей используй трубочку, крестообразно расщепив один из её концов ножом. По-

ложи на стол сухую шерстяную ткань и выдуй на неё три-четыре больших пузыря (они будут лежать на материи, не лопаясь, достаточно долго). Натри открытку одежной щёткой и поднеси к пузырям.

## Результат

При приближении открытки к пузырю он начнёт вытягиваться и приобретёт форму яйца. Если поднести почтовую карточку ближе (не касаясь!), оторвётся от стола и полетит вверх, как воздушный шар. Поднося открытку то к одному, то к другому пузырю, ты сможешь заставить их «танцевать».

## Объяснение

Плётка мыльного пузыря состоит из тонкого слоя воды, заключённого между двумя слоями «мыльных» молекул, одна часть которых является гидрофильной (притягивается и смачивается слоем воды), а другая — гидрофобной (отталкивается и не смачивается). В результате образуются слои, которые защищают жидкость от быстрого испарения и уменьшают поверхностное натяжение. Когда плётка растягивается, концентрация «мыльных» молекул на поверхности уменьшается, а поверхностное натяжение — увеличивается. Таким образом, эти молекулы избирательно усиливают слабые участки пузыря, не давая им растягиваться дальше, и предохраняют воду от испарения, увеличивая время существования пузыря. Сферическая форма также получается за счёт поверхностного

### Что потребуется:

- почтовая открытка;
- миска;
- мерный стакан;
- вода;
- жидкость для мытья посуды;
- глицерин;
- трубочка для коктейля;
- нож;
- кусочек шерстяной ткани;
- одежная щётка.

натяжения. Силы натяжения формируют сферу потому, что она имеет наименьшую площадь поверхности при данном объёме.

При натирании открытки щёткой она электризуется, приобретает от-

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.

рицательный заряд и создаёт вокруг себя электрическое поле. Когда заряженная почтовая карточка приближается к пузырю, под действием её электрического поля «мыльные» молекулы в плёнке пузыря поворачиваются в сторону открытки своими положительно заряженными центрами. Происходит «ориентационная» поляризация молекул в электрическом поле. Два противоположно заряженных предмета — открытка и участок плёнки пузыря — притягиваются друг к другу. В результате создаётся сила, которая деформирует пузырь и заставляет его отрываться от стола.



# Генератор электричества

Статическое электричество известно с глубокой древности. Например, для его получения греки натирали янтарь различными тканями или кожей. В начале XX века для этих целей использовали фанеру, которая при перегибах генерировала электричество. Сейчас статическое электричество получают с помощью машин, которые называются электростатическими генераторами. Они могут создавать напряжение до 5 миллионов вольт, которое используют в опытах по расщеплению атомного ядра. Выполнив следующий опыт, ты узнаешь, как смастерить «домашнюю» электрическую машину.

## Опыт

По центру трубки приклей кольцо из фольги шириной 15 миллиметров, а вдоль неё — полоску из фольги шириной 10 миллиметров (так, как показано на рисунке). Полоска не должна доходить до кольца около 10 миллиметров, а с другой стороны немного загигаться за край трубки. Подожди, пока клей высохнет.

Из кальки вырежи 5–7 полосок длиной 8–10 сантиметров и шириной 5 миллиметров. Один конец проволоки обвяжи вокруг кольца на трубке, на втором зафиксируй полоски (они должны висеть в виде пучка). Длина проволоки от кольца до пучка бумажных полосок — 15–20 сантиметров.

Оберни ёршик для мытья посуды шёлковой тканью и быстрыми движениями начни натирать трубку изнутри. Обрати внимание: трубку необходи-

## Что потребуется:

- стеклянная или пластмассовая трубка длиной 35–40 сантиметров и внутренним диаметром 25–30 миллиметров;
- ёршик для мытья посуды;
- шёлковая ткань;
- металлическая фольга;
- тонкая проволока без изоляции;
- универсальный клей;
- тонкая бумага (калька);
- линейка;
- ножницы.

мо держать так, чтобы случайно не коснуться фольги.

## Результат

Если опыт проводить в затемнённом помещении, то каждый раз когда ты извлекаешь ёршик из трубки после натирания, между полоской и кольцом из фольги будет проскакивать искра. По мере натирания трубки бумажные полоски на проволоке начнут отталкиваться друг от друга, а после искрового разряда снова опадать. Для успешного результата опыт следует проводить в сухую погоду, а трубка, ёршик и шёлк должны быть хорошо просушены.

## Объяснение

При трении двух различных материалов они приобретают электрические заряды, так как с одного предмета на другой переходит часть электронов. Такое явление называется трибоэлектричеством. Знак получаемого заряда зависит от природы материала. Например, при трении о пластмассу шёлк заряжается положительно, о стекло — отрицательно.

При натирании трубки на ней накапливается заряд, который концентрируется на электропроводящем кольце из фольги, а на шёлке — заряд противоположного знака. При извле-

чении ёршика заряд шёлка попадает на электропроводящую полосу из фольги. Таким образом, обе полоски приобретают большие заряды противоположного знака. Там, где расстояние между ними минимально, происходит пробой — разряд, сопровождающийся ионизацией воздуха (между ними проскакивает искра).

Когда при трении происходит накопление заряда на кольце из фольги, по проволоке, проводящей электричество, он передаётся бумажным полоскам. Они приобретают заряд одинакового знака, поэтому начинают отталкиваться друг от друга.

### Сложность:

опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.



# Электроскоп — индикатор электрического заряда

Тела могут заряжаться, то есть приобретать электрический заряд. Появление заряда происходит благодаря электронам — мельчайшим отрицательно заряженным частицам, которые являются переносчиками электричества. Если у тела возникает избыток электронов, оно приобретает отрицательный заряд, если недостаток — положительный. Чтобы обнаружить наличие или отсутствие заряда у тела, а также его знак, используют специальное устройство — электроскоп.

## Опыт

Корпусом электроскопа послужит стеклянный стакан, к которому нужно подобрать электропроводящую крышку. Это может быть металлическое блюдце без изолирующего покрытия (эмали, краски, лака) или металлическая пластина.

Изогни проволоку под прямыми углами в форме буквы «Z» — так, как показано на рисунке. От фольги отрежь полоску длиной 7–8 сантиметров и шириной 5 миллиметров. Перегни её пополам и повесь на проволочный крючок, который разместить в стакане под крышкой. Обрати внимание: вертикальная часть крючка не должна касаться стенки стакана. Теперь дотронься до крышки любым заряженным предметом (стеклянной палочкой, бумагой, пластмассовой линейкой), наэлектризованной трением шёлковой тряпочкой.

## Что потребуется:

- стеклянный стакан;
- металлическое блюдце или пластина;
- кусок проволоки без изоляции длиной 10 сантиметров;
- пассатижи;
- тонкая металлическая фольга (например, от шоколада);
- ножницы.

## Результат

Если ты коснёшься крышки электроскопа сначала стеклянной палочкой, полоски фольги разойдутся, затем электризованным шёлком — раздвинутся сильнее, после пальцем — опадут. От прикосновения разными электризованными предметами полоски будут расходиться на разные углы. Если электроскоп зарядить электризованной бумажкой, а затем дотронуться пластиковой линейкой, электризованной шёлком, то разошедшиеся ранее полоски опадут.

## Объяснение

При трении тел часть носителей заряда (электронов) переходит с одного предмета на другой — они приобретают заряд. Величина заряда зависит от площади трения, силы и продол-

жительности, а его знак определяется природой материала.

При соприкосновении двух тел, одно из которых заряжено, часть его заряда перейдёт на незаряженный предмет, и заряд между ними делится пополам. Поэтому, когда ты подносишь заряженный предмет к электроскопу, на него переходит часть заряда и по проводнику из проволоки передаётся половинкам полоски фольги. Они заряжаются одинаково и начинают взаимно отталкиваться. По величине угла расхождения полосок фольги можно судить о величине заряда. Например, если к заряженно-

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.

му электроскопу поднести другое заряженное тело, которое имеет заряд того же знака, угол расхождения полосок фольги увеличится. Если знак будет противоположным — уменьшится. Таким образом, заряженный электроскоп позволяет обнаружить, зарядом какого знака наэлектризовано тело.



# Электрический бокс

Трибоэлектричество, рассмотренное в предыдущих опытах, применяется для различных целей, например для получения высоких напряжений с помощью электростатических генераторов. Кроме того, оно используется при проведении исследований в микроэлектронике, а также в минералогии для определения возраста горных пород и условий их образования. Однако трибоэлектричество можно использовать и для создания весёлых игрушек.

## Опыт

Нарисуй на картоне, а затем вырежи фигурку боксёра высотой 10 сантиметров. На одну сторону налей фольгу (она должна немного выступать за края — загни её и приклей), а другую раскрась. На кальке нарисуй, а после вырежи фигурку кенгуру, к одной стороне которого также приклей фольгу.

У одного края дощечки шилом проделай отверстие, вставь в него

кусоч толстой жёсткой проволоки, согнутой в форме буквы «Г» (высота — 16–18 сантиметров с горизонтальным участком длиной 10–12 сантиметров), — он послужит подвесом. Напротив подвеса кусочком пластилина зафиксируй боксёра (передняя нога не должна касаться дощечки). Прикрепи к кенгуру нитку и привяжи к подвесу так, чтобы фигурка находилась напротив боксёра на расстоянии 2–3 сантиметров.

С одного конца заткни хорошо просушенную трубку пробкой, на которую намотан конец тонкой проволоки без изоляции длиной 70–80 сантиметров. Если пробка меньше диаметра отверстия в трубке, намотай на неё нужное количество изолянта, после чего обмотай проволокой. Второй конец приклей скотчем к фольге на боксёре.

Чтобы боксёр и кенгуру начали поединок, начни натирать трубку шёлком или шерстью.

### Что потребуется:

- стеклянная или пластмассовая трубка длиной 35–40 сантиметров и внутренним диаметром 25–30 миллиметров;
- шёлковая или шерстяная тряпочка;
- деревянная дощечка размером 20×10 сантиметров;
- металлическая фольга;
- толстая и тонкая проволока;
- пассатижи и шило;
- универсальный клей;
- тонкая бумага (калька);
- лист картона;
- карандаши;
- ножницы;
- катушка ниток;
- корковая пробка;
- пластилин;
- скотч и изолянта.

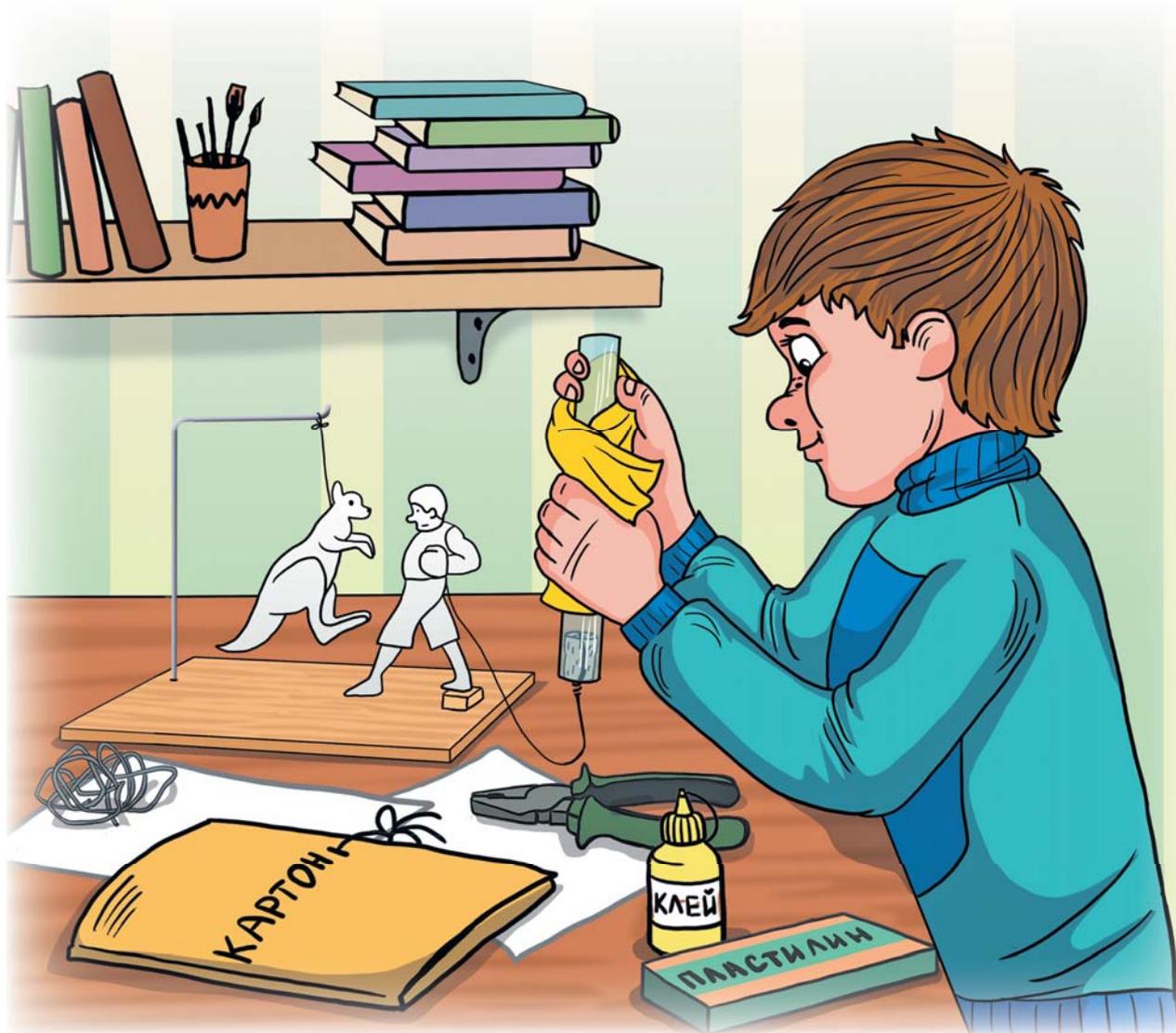
**Сложность:**  
опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.

## Объяснение

При трении на трубке появляется электрический заряд, который по проволоке передается боксёру. Фольга, приклеенная к фигурке, работает как накопитель заряда, который создаёт электрическое поле, заряжающее кенгуру зарядом противоположного знака. Кенгуру притягивается к боксёру, касается приклеенной к нему фольги — происходит разряд. В результате заряды фигурок падают до нуля — кенгуру отскакивает. Затем по мере трения заряд появляется снова, и всё повторяется.

## Результат

Когда ты начнёшь натирать трубку, кенгуру станет прыгать на боксёра и отпрыгивать назад. Он будет яростно нападать на соперника до тех пор, пока ты будешь тереть трубку.



# Излучаем радиоволны

Если ты носишь одежду из синтетики, то наверняка замечал, что она электризуется и прилипает к коже. При этом твоё тело заряжается электричеством и может создавать радиосигналы. Как стать источником радиоволн, ты узнаешь из этого опыта.

## Опыт

Опыт нужно проводить в сухую погоду в помещении с сухим воздухом. Включи радиоприёмник и настрой его на частоту, где нет радиосигналов (из динамика должен доноситься ровный шум от атмосферных помех в виде шипения). Надень штаны из синтетической или шерстяной ткани и обувь с резиновой или пластиковой подошвой — кеды, кроссовки или тапочки. Присядь на пластмассовый или деревянный стул, покрытый лаком. Хорошо покрутись на нём 1–2 минуты.

Когда на тебе накопится некоторый заряд, поднеси руку к металлической дверной ручке. Внимательно слушай, какие звуки будут доноситься при этом из приёмника.

## Что потребуется:

- радиоприёмник;
- дверь с металлической дверной ручкой;
- штаны из синтетической или шерстяной ткани;
- пластмассовый или деревянный стул;
- обувь с резиновой подошвой.

## Результат

Когда ты поднесёшь руку к металлической ручке, то услышишь из радиоприёмника характерные «бурчащие» звуки.

## Объяснение

При трении синтетической или шерстяной ткани о пластмассу или слой лака происходит электризация. В результате образуется электрический заряд, который распределяется по поверхности твоей кожи. А поскольку ты изолирован от других предметов обувью и воздухом, заряд накапливается на тебе. При контакте с электропроводящим, но не заряженным предметом часть твоего заряда перетекает на него, то есть тело разряжается.

Когда ты подносишь руку к дверной ручке, то при маленьком расстоянии заряды перескакивают рас-

## Сложность:

опыт можно выполнять самостоятельно, но в присутствии взрослых.

стояние, разделяющее твою руку и дверную ручку. Между рукой и ручкой по воздуху потечёт электрический ток, который вызовет крошечную искру и сформирует электромагнитную вол-

ну. Она распространяется в пространстве, принимается антенной радиоприёмника, в котором сигнал от волны преобразуется в звук, усиливается и воспроизводится через динамик.



# Опыт Эрстеда, или Начало электромагнетизма

Электричество и магнетизм были известны ещё древним грекам, а первый примитивный магнитный компас много веков назад придумали китайцы. Взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями в начале XIX века впервые установил датский учёный Ганс Христиан Эрстед. Его опыт, положивший начало изучению электромагнетизма, ты можешь повторить дома.

## Опыт

Намагнить иголку с помощью постоянного магнита. Ножом аккуратно отрежь от корковой пробки кружок толщиной 2–3 миллиметра, скотчем зафиксируй на нём по центру иголку. Наполни стакан водой почти до краёв и опусти в него пробку с иглой. Одним концом она сразу повернётся в сторону севера. Компас готов!

Теперь изготовь источник электричества. Из бумаги и пищевой фольги вырежи квадратики размером немного больше монет (пластинок). Налей в миску воды, насыпь немного соли и перемешай. Добавляй соль до тех пор, пока она не перестанет растворяться. Положи в полученный раствор бумажные квадратики, чтобы они промокли. Компоненты «батарейки» сложи столбиком: медную монету (пластинку), затем бумагу, фольгу, снова монету и так далее. Сверху столбика должна располагаться фольга, а снизу — монета.

Прикрепи к батарейке провода. Зачисти концы проволоки от изоляции. Конец первого куска положи под стопку, второго — сверху. Для надёжности обмотай батарейку скотчем.

Собери гальваноскоп — прибор, который будет показывать наличие электрического тока. Для этого на края стакана-компаса положи чайную ложку (она должна располагаться вдоль иголки). К краям ложки под соедини свободные концы проводов от батарейки.

### Что потребуется:

- стеклянный стакан;
- вода;
- иголка;
- корковая пробка;
- нож;
- постоянный магнит;
- скотч;
- чайная ложка;
- два куска тонкой медной проволоки длиной 30–40 сантиметров;
- лист бумаги;
- соль;
- миска;
- 5–7 медных монет или пластинок;
- пищевая фольга.

## Результат

Когда по ложке потечёт электрический ток от батарейки, иголка отклонится в сторону. Если провода разомкнуть, стрелка снова будет указывать на север. Если изменить направление тока через ложку, поменяв провода местами, иголка отклонится в другую сторону.

## Объяснение

Батарейка — это гальванический элемент, или химический источник тока. Одним из электродов является алюминиевая фольга (отрицательно заряженный анод), другим — медная

### Сложность:

опыт необходимо выполнять при помощи взрослых.

монета (положительно заряженный катод). Они разделены бумагой, пропитанной электролитом — соляным раствором, который хорошо проводит электрический ток. При соединении анода и катода через провода и ложку (внешнюю цепь) происходит растворение алюминия анода с образованием электронов. Электроны движутся к катоду, на котором поглощаются химической реакцией восстановления водорода из водного раствора. При последовательном соединении нескольких отдельных гальванических элементов, которые в данном опыте образуют столбик, их напряжения складываются.

Под действием магнитного поля Земли намагниченная иголка ориентируется вдоль магнитного меридиана, то есть направляется одним концом на север, а другим на юг. Протекая от батарейки через ложку, ток создаёт магнитное поле, которое направлено перпендикулярно его движению, следовательно, перпендикулярно ложке и иголке. Это поле и отклоняет иголку от направления магнитного меридиана. При изменении направления тока через ложку изменяется и направление создаваемого им магнитного поля, то есть изменяется и направление отклонения намагниченной иголки.



# Магнитный порядок

Магниты известны людям с древних времён. В XIII веке французский учёный Перегрин установил, что у них есть полюсы, для которых характерно два вида взаимодействия — притяжение и отталкивание. Выполни опыт, чтобы познакомиться ближе со свойствами магнита и магнитного поля.

## Опыт

Циркулем начерти на картоне пять одинаковых окружностей диаметром около 10 миллиметров и вырежи их. Намагнить иголки, приложив к магниту (если он в форме бруска — вдоль него, если в форме подковы — остриё прикладывай к одному полюсу, а ушко к другому). Самое главное — намагнитить все иголки в одном направлении.

Воколи намагниченные иголки в центры окружностей, выпустив концы на одинаковое расстояние. Чтобы иголки устойчиво плавали остриём вверх (так, как показано на рисунке), конец со стороны ушка должен быть чуть-чуть длиннее.

Налей в миску воды и опусти две иголки остриём вверх — они должны плавать, как поплавки. Обрати внимание: иголки следует расположить рядом, но чтобы они не касались друг друга. Сверху плавно приближай к ним магнит то одним, то другим полюсом.

## Результат

Иголки отплывут друг от друга на некоторое расстояние и замрут. Когда

### Что потребуется:

- глубокая стеклянная, керамическая или пластмассовая миска;
- лист тонкого картона;
- циркуль;
- ножницы;
- пять одинаковых иголок;
- постоянный магнит;
- вода.

ты снова приблизишь магнит, то в зависимости от полюса они раздвинутся ещё больше либо потянутся к магниту и сблизятся. Когда ты уберёшь магнит, иголки опять раздвинутся.

Опусти на воду поплавок с третьей иголкой. Иголки разойдутся и займут места в углах равностороннего треугольника. Поднеси магнит к центру треугольника: иголки либо разбегутся в разные стороны, либо соберутся вместе. Убери магнит — иголки вновь займут прежние места.

Проделай этот опыт с четырьмя и пятью иголками. Каждый раз они будут занимать определённые места по отношению друг к другу. Четыре иголки образуют квадрат, пять — пятиугольник либо квадрат с одной иголкой по центру. Повтори этот опыт с большим количеством намагниченных иголок. Интересно, какие фигуры они будут образовывать?

## Объяснение

Иголки изготовлены из стали — ферромагнитного сплава железа. Атомы ферромагнитных материалов за счёт особой конфигурации электронов на орбитах вокруг ядер образуют маленькие «магнитики», которые взаимодействуют между собой и создают целые намагниченные области — домены. Когда предмет из ферромагнитного материала помещают в магнитное поле, все его домены ориентируются вдоль этого поля и предмет намагничивается — сам становится источником магнитного поля.

Поскольку иголки намагничены в одном направлении, то северные и южные полюсы у них совпадают. Два одинаковых полюса магнитов отталкиваются, поскольку их поля направлены навстречу друг другу. Поэтому иголки, расположенные

## Сложность:

опыт нужно выполнять в присутствии взрослых.

одинаковыми полюсами в одном направлении, отталкиваются как остриями, так и ушками и на поверхности воды расходятся в разные стороны. Чем дальше они расходятся, тем слабее отталкивание. С другой стороны, остриё одной иглы притягивается ушком другой, и наоборот. Это притяжение не позволяет иглам разойтись далеко — в результате они располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга, образуя правильные геометрические фигуры. Однако это происходит лишь в случае, если иголки одинакового размера намагничены в одном направлении и вколоты в кружки одного размера.



# Как звук передвигает предметы

Тебе приходилось задумываться над тем, почему водопроводные трубы порой начинают рычать и выть, когда ты открываешь кран? Почему они гудят не всегда? Дело в том, что при увеличении скорости потока воды в местах сужений в трубах могут возникать завихрения, которые приводят к образованию и разрыву пузырьков. Колебания этих пузырьков в виде звука усиливаются трубами, а также стенами, полами, потолками, к которым трубы прикреплены. Таким образом, звук может возникать в результате движения. А может ли движение возникать под действием звука? Прodelай этот опыт, и всё узнаешь.

## Опыт

Измерь линейкой диаметр рюмки. Из бумаги вырежи две полоски шириной 5 миллиметров и длиной на 2 сантиметра больше диаметра рюмки. Склей их крест-накрест, положи на рюмку и загни концы под прямым углом — так, как показано на рисунке. Чтобы опыт удался, бумажный крест должен быть очень ровным и симметричным.

Наполни рюмку водой почти до краёв, сверху положи бумажный крест. Немного смочи палец и потри стенку рюмки, чтобы она зазвучала. Другой рукой обязательно придерживай её за ножку.

## Результат

Стекло начнёт звучать, а бумажный крест — едва заметно вибриро-

### Что потребуется:

- тонкостенная стеклянная рюмка на ножке;
- лист бумаги;
- линейка;
- ножницы;
- клей для бумаги;
- вода.

вать. Если ты будешь тереть рюмку под одним из плеч креста, он будет лежать неподвижно, если между плечами — начнёт медленно двигаться. Крест будет перемещаться до тех пор, пока одно из плеч не станет ровно над тем местом, где ты трёшь. Начни медленно водить пальцем вокруг стенки — крест последует в том же направлении.

## Объяснение

При трении пальца о стенку в рюмке возникают вибрации и колебания, в том числе и звуковые. Звуковая волна, движущаяся в веществе, смещает его частицы, то есть вызывает деформацию вещества (в данном опыте — стекла). Деформация заключается в том, что происходит последовательное разряжение и сжатие определённых участков, причём расстояние между двумя соседними об-

ластями сжатия и растяжения соответствует длине звуковой волны. Чем больше удельное акустическое (звуковое) сопротивление вещества, тем больше степень сжатия и растяжения.

Звуковые колебания движутся от пальца вдоль стенок рюмки и по пути следования ударяют в плечи креста, заставляя его двигаться. Удары волн создают силы, действующие на плечи креста, в результате чего по-

являются вращающие моменты. Эти моменты будут двигать крест до тех пор, пока вращающий момент не станет минимальным. Это случается, если два плеча расположатся с источником волн вдоль одной линии. При таком положении эти два плеча не будут создавать крутящих моментов, а крутящие моменты от двух других плеч креста уравновесят друг друга.

**Сложность:**  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Резонирующий стакан

Из предыдущего опыта ты знаешь, что звук создаёт колебания предметов. Существует легенда о знаменитом певце Фёдоре Шаляпине, который якобы мог запеть так, что лопались плафоны на люстрах. С точки зрения физики здесь нет ничего необычного. Если, например, известна частота (нота) собственных колебаний стакана и если громко запеть эту ноту вблизи него, он может треснуть. Однако петь нужно очень громко. Расколоть стакан пением на самом деле тебе вряд ли удастся, однако ты можешь заставить его вибрировать.

## Опыт

Стаканы следует настроить в унисон, чтобы ноты их звучания были одинаковыми. Наполни их водой примерно на четверть, чайной ложкой аккуратно постучи по стенкам и послушай издаваемые звуки. Подливая ложкой воду то в один стакан, то в другой, добейся того, чтобы они звучали совершенно одинаково.

Расположи стаканы на столе на расстоянии 10–15 сантиметров друг от друга. Из проволоки согни скобку — так, как показано на рисунке. Положи её сверху на любой стакан. Кончиком пальца, смоченным в воде, води круговыми движениями по краю другого стакана, пока он не зазвучит.

## Результат

Когда стакан начнёт издавать звук, то станет едва ощутимо вибрировать. Вибрации передадутся второму ста-

### Что потребуется:

- два одинаковых стеклянных стакана с тонкими стенками;
- кусочек проволоки;
- чайная ложка;
- вода;
- линейка.

кану — скобка на нём начнёт подпрыгивать. Чем громче будет звучать первый стакан, тем интенсивнее будет двигаться скобка на втором.

## Объяснение

Движения пальца по краю стакана происходят не ровно, а немного прерывисто. Это заставляет сосуд вибрировать и колебаться с частотой собственных колебаний. Эта частота соответствует той ноте, на которую ты его настроил. Движения пальца всего лишь выводят стакан из равновесия и подпитывают энергией его собственные колебания, чтобы они не затухали. Звуковая волна — области сжатия и растяжения воздуха — движется от стакана во все стороны и достигает второго сосуда. Поскольку собственные колебания второго стакана совпадают с ней, в результате сложения этих волн второй стакан входит в состояние резонанса. Это значит, что его колебания усиливаются, он начинает интенсивно вибрировать и подбрасывать проволочную скобку.

Сложность:  
опыт можно  
выполнять  
самостоятельно.



# Бутылкофон

То, что слышит человек, можно условно разделить на музыкальные звуки и шумы. К музыкальным звукам принято относить пение и звучание музыкальных инструментов. Такие звуки можно извлечь из самых разных предметов. Например, обыкновенных стеклянных бутылок! Как это сделать, ты узнаешь из этого опыта.

## Опыт

Настрой бутылки на фортепьянную гамму, которая состоит из семи тонов и пяти полутонов, образующих музыкальный строй. Музыкальный строй — это ряд нот, расположенных по возрастанию частоты с регулярными интервалами. Для настройки бутылок воспользуйся камертоном: духовым (похож на губную гармошку и позволяет извлечь 12 необходимых звуков) либо электронным (тюнером).

При настройке бутылок на нужные ноты каждую из них следует наполнить водой до нужного уровня. Ударяя по бутылке деревянной палочкой и сравнивая издаваемый звук со звуком ноты камертона, доливай или отливай воду, чтобы получить музыкальный строй.

Установи два стула спинками друг к другу на расстоянии 1,5–2 метров. На спинки положи большую деревянную палку, например палку от швабры. Затем на одинаковом расстоянии друг от друга и на одинаковой высоте подвесь на кусках верёвки в ряд несколько настроенных бутылок с водой.

## Что потребуется:

- два стула;
- 12 одинаковых пустых стеклянных бутылок;
- большая деревянная палка;
- вода;
- верёвка;
- ножницы;
- две небольшие деревянные палочки;
- духовой или электронный камертон.

## Результат

Чтобы играть на этом самодельном пианино — бутылкофоне, достаточно двух небольших деревянных палочек. Если в два раза увеличить количество бутылочных нот и повесить бутылки в два яруса (так, как показано на рисунке), на таком музыкальном инструменте можно играть в четыре руки.

## Объяснение

Стеклянная бутылка — это упругое твёрдое тело. При касании палочкой в ней возникают свободные колебания, в том числе и колебания звуковых частот. Частота таких колебаний зависит от длины, формы и массы тела, а также плотности материала и условий закрепления его концов. Вода в бутылке поглощает часть колебаний, особенно от стенок, которые

с ней непосредственно контактируют. А поскольку все бутылки одинаковые и одинаково закреплены, их колебания (издаваемые ноты) зависят только от количества налитой в них воды. Частота слышимого звука определяется в основном частью бутылки, не заполненной водой.

**Сложность:**  
опыт необходимо  
выполнять при  
помощи взрослых.



*Для младшего школьного возраста*

ОПЫТЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ

**Зарапин Виталий Георгиевич**

**ОПЫТЫ ТОМА ТИТА  
Удивительный свет**

Наука не стоит на месте. Научные эксперименты помогают разобраться, что и как происходит.

Благодаря экспериментам учёные изобрели и усовершенствовали машины и технику, облегчив нашу жизнь.

Эта книга, посвящённая экспериментированию, познакомит вас с открытиями и крупными достижениями, отразившимися на нашей жизни. И что самое интересное — вы узнаете как можно провести научные опыты у себя дома, используя для этого неожиданно простые, обыденные вещи, окружающие нас.

Эксперименты меняют наш взгляд на мир, и мы многое начинаем видеть не так, как прежде. А еще эксперименты приносят удовольствие!

