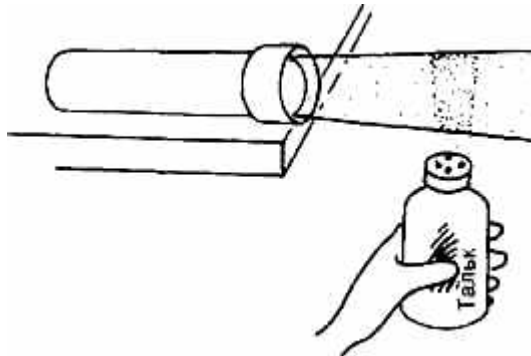


# Оптика

## КАК УВИДЕТЬ СВЕТ

Затемните комнату и положите фонарик на край стола. Держите открытую емкость с тальком под лучом света. Резко сдавите флакон с порошковым тальком.



Луч света едва виден, пока в него не попадает порошок. Разлетевшиеся частицы талька начинают блестеть и световую дорожку можно рассмотреть.

Почему? Свет нельзя увидеть, пока он не отразится от чего-нибудь и не попадет в ваши глаза. Частицы талька, попавшие в луч света, отражают свет, и луч становится хорошо виден.

## ВРАЩЕНИЕ СВЕТОВОГО ЛУЧА

Оказывается луч отраженного света вращается в два раза быстрее зеркала!

Прodelайте этот опыт, сидя за обеденным столом.

Поставьте нож вертикально так, чтобы он отбросил на поверхность стола луч солнечного света или света от электрической лампочки. Медленно вращая нож, можно заметить, что луч отраженного света вращается в два раза быстрее, чем поверхность ножа.



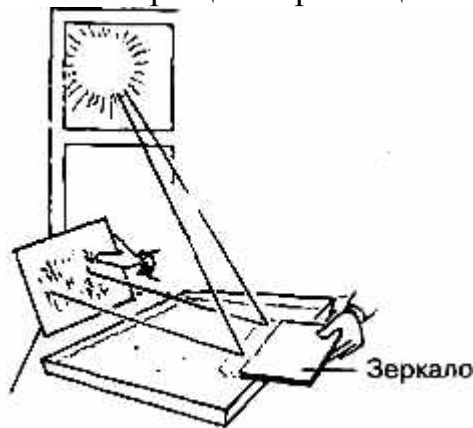
Этот опыт является элементарным подтверждением того простого факта, что при вращении зеркала отраженный от него луч света движется по дуге, содержащей в два раза большее число градусов, чем поворот зеркала.

## РАЗНОЦВЕТНЫЕ ОГОНЬКИ

Эксперимент нужно проводить в ясный солнечный день. Наполните противень водой. Положите его на стол около окна, чтобы на него падал утренний свет Солнца.

Поместите зеркальце внутри противня, положив его верхней стороной на край противня, а нижней — в воду под таким углом, чтобы оно отражало солнечный свет. Возьмите одной рукой лист бумаги и держите его перед зеркалом. Второй рукой слегка подвиньте зеркало. Регулируйте положение зеркала и бумаги, пока на ней не появится разноцветная радуга. Слегка потрясите зеркало.

На белой бумаге появляются искрящиеся разноцветные огоньки.



Почему?

Вода от верхнего слоя до поверхности зеркала выполняет функцию призмы. Призма — это треугольное стекло, которое преломляет проходящие через него лучи света так, что свет разбивается на разные цвета — спектр. Призма может разделить солнечный свет на семь цветов, которые располагаются в таком порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый.

Запомнить цвета радуги хорошо помогает фраза: «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан». Здесь каждое слово начинается с той же буквы, что и соответствующий цвет радуги, и располагаются они в том же порядке.

Вода плещется и изменяет направление света, из-за чего цвета напоминают огоньки.

### **САХАРНЫЙ СВЕТ**

Этот эксперимент должен проводиться в темном помещении. Подойдет кладовая или закрытая ванная комната. Положите в пакет один леденец или кусок сахара-рафинада. Положите пакет на деревяшку. Занесите молоток над леденцом. Не сводите глаз с леденца, когда будете ударять по нему молотком.



Когда леденец крошится, на мгновение появляется голубовато-зеленая вспышка света.

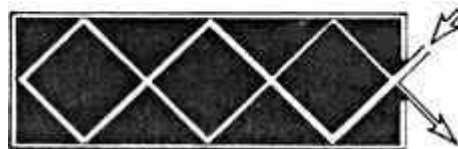
Почему?

Кристаллы, раскалывающиеся под давлением, выделяют свет. Этот свет — пример триболюминесценции. Кристаллы — такие как сахар и кварц — при разрушении испускают вспышки. Такие кристаллы могут использоваться инженерами при изготовлении внешней оболочки космических кораблей. Возможно, что находящаяся на Земле аппаратура сможет засечь вспышки света от кристаллов, находящихся на космических кораблях, что сигнализирует об опасности.

### **АБСОЛЮТНО ЧЕРНОЕ ТЕЛО**

Когда про черный предмет говорят: «предмет черного цвета» - это неправильное выражение. Черного цвета не существует. Слово «цвет» к черному неприменимо. Чернота — это отсутствие света. Но в разговорном языке мы привыкли черное называть цветом.

В физике существует понятие — «абсолютно черное тело». Имеется ввиду тело, которое совсем не отражает падающих на него лучей. В природе такого тела нет, но ученые создали его искусственно. А мы с вами можем изготовить модель, которая даст некоторое представление об «абсолютно черном теле».



Дома всегда найдется какая-нибудь небольшая картонная коробочка или футляр из-под духов, желательной цилиндрической формы. Коробочка должна быть с плотной крышкой. Покрасьте коробочку снаружи и внутри черной (не блестящей) краской, такой, чтобы при высыхании она дала черную матовую поверхность. Затем в торцевой ее части, в середине ее крышки, сделайте маленькое, величиной с копеечную монету, отверстие. Это отверстие будет давать представление об «абсолютно черном теле» — оно будет выглядеть чернее самых черных наружных мест коробочки. (На рисунке для наглядности корпус коробки не зачернен.)

Почему это получается?

Луч света, войдя в это отверстие, падает на внутреннюю стенку и отражается от нее. Отразится очень незначительная часть луча, так как внутренняя стенка черная и большую часть луча она поглотит. Отраженная часть луча попадает на другую черную стенку внутри коробочки и опять отражается. Это продолжается много раз, причем луч с каждым разом все больше слабеет. А уж наружу и вовсе нечему выйти. Поэтому отверстие и выглядит совсем черным.

Опытам с «абсолютно черным телом» ученые придают большое значение. На них изучаются способности различных веществ поглощать и излучать тепловую и световую энергии. Для научных опытов изготавливают металлический цилиндр с отверстием. Цилиндр сильно нагревают, и

специальные термометры показывают температуру нагрева. Отверстие в цилиндре и есть «абсолютно черное тело». В холодном виде оно лучше всего поглощает световые лучи, а когда цилиндр сильно раскален, отверстие лучше всего излучает и световые и тепловые лучи.

Черные предметы, окружающие нас, значительно сильнее поглощают тепловые лучи, чем светлые.

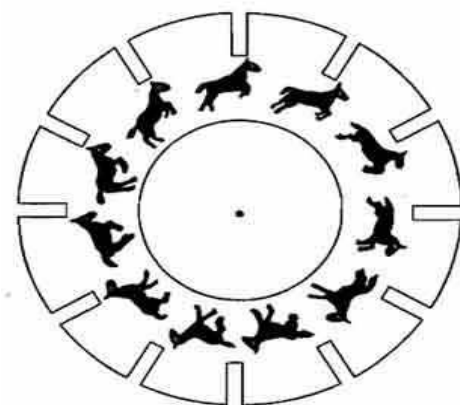
### **СТРОБОСКОП**

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

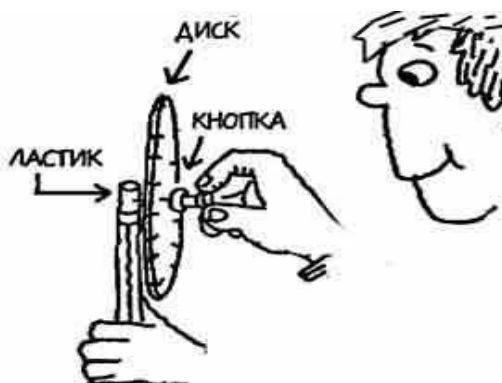
#### **ЧАСТЬ 1. Остановись, мгновенье!**

Сделай ксерокопию диска со следующей страницы на плотную бумагу. Ножницами аккуратно вырежи прорезы по краю диска. Кнопкой проткни диск точно посередине и воткни ее в бок ластика на деревянном карандаше. Диск должен свободно вращаться, картинка должна смотреть в противоположную от карандаша сторону.

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



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



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

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

## **ЧАСТЬ 2. Волшебное кино**

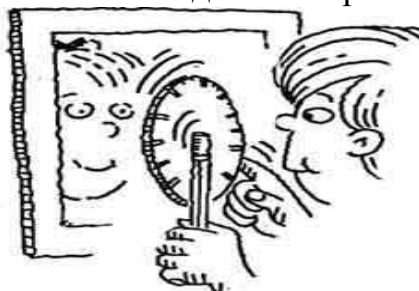
Встань напротив зеркала и поверни диск рисунком от себя. Посмотри сквозь прорезь. Видишь отражение лошадок? Теперь начинай вращать диск и смотри сквозь прорези. Что ты видишь?

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

Наш стробоскоп ловит момент, когда кадры на экране меняются, изображение «обновляется». Сквозь щелку мы видим частично обновленную картинку на экране, а черные полосы - это части не полностью обновленного изображения, «пойманные» нами сквозь разные прорези на одном и том же этапе смены кадра.



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

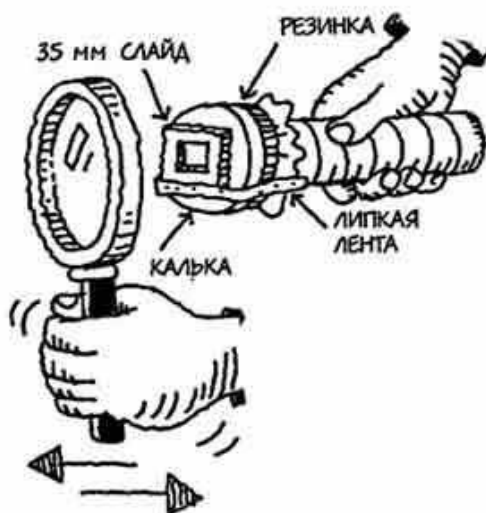


А еще мы можем использовать наш стробоскоп для показа мультфильма "Скачущая лошадка". Когда ты смотришь сквозь прорези вращающегося диска на отраженных лошадок, то твой мозг не успевает различить отдельные фигурки, и тебе кажется, что лошадки действительно скачут галопом.

### **СЛАЙД-ПРОЕКТОР**

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

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



Возьми ненужный фотографический слайд и приложи его к кальке. Слайд закрепи с помощью липкой ленты.

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

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

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

### **ТЕНЕВАЯ ФИЗИКА**

Все тени повторяют отбрасывающие их предметы, так ли это? Вытяни руку над книжкой и смотри на тень, медленно опуская и поднимая руку.

Меняется ли при этом тень, и если да, то как? Когда тень наиболее четкая? Когда она темнее всего?

Скопируй с увеличением рисунок, приведенный в описании этого опыта. Закрой стекло карманного фонарика, двумя слоями кальки. Делай это аккуратно, чтобы не было складок. Закрепи кальку с помощью круглой аптечной резинки.



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

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

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

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

### **ВОЛШЕБНЫЙ ШАРИК**

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



Встань напротив белой стены. Убедись, что твое тело достаточно освещено. Возьми стеклянный (прозрачный, без дефектов и вкраплений) шарик и держи его на расстоянии 10 сантиметров от стены. Посмотри на стену прямо под шариком. Что (или кого) ты видишь?

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

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

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

### КАМЕРА-ОБСКУРА

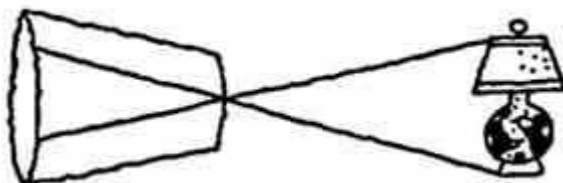
Посмотри вокруг. Все выглядит так, как должно быть. Однако на самом деле твои глаза видят все совсем не так. Хрусталик проецирует на сетчатку изображение вверх ногами, и наш мозг учится «переворачивать» его еще в младенчестве.



Кнопкой проделай отверстие в дне пластикового стаканчика, ровно по центру. Отрежь кусок кальки размером немного больше, чем диаметр стакана. Накрой им стакан сверху и закрепи с помощью аптечной круглой резинки. Погаси свет в комнате. Направь стакан отверстием на ярко освещенное окно или настольную лампу. Посмотри через кальку. Что ты видишь? Насколько изображение похоже на реальный предмет?



Поздравляем! Ты только что сделал камеру-обскуру. Лучи света, идущие от лампы, проходят через отверстие, продолжая распространяться по прямой линии.





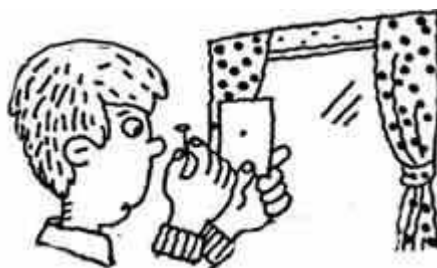
Благодаря этому лучи, приходящие от верхней части лампы, попадают на нижнюю часть «экрана» из кальки, а лучи, приходящие от нижней части лампы, попадают на верхнюю часть «экрана». Изображение лампы получается перевернутым.

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

### **ВВЕРХ НОГАМИ**

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

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



Булавкой проткни маленькое отверстие в центре карточки-открытки. Встань напротив ярко освещенного окна. Поднеси карточку к глазам на расстояние около 10 сантиметров и посмотри за окно сквозь отверстие. Возьми булавку так, чтобы ее головка смотрела вверх, и осторожно помести ее между своим глазом и карточкой. Сначала сделай так, чтобы булавочная головка находилась прямо под отверстием. Теперь медленно поднимай ее, в то же время смотря в отверстие. С какой стороны булавка пересечет отверстие - сверху или снизу? Верни булавочную головку на уровень отверстия. Опиши, что ты видишь.



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

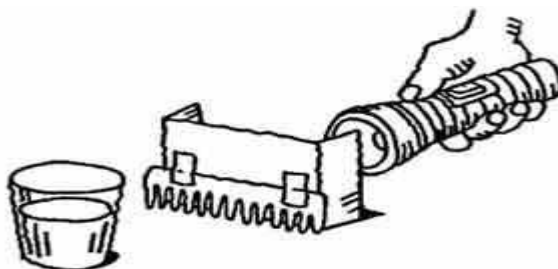
В этом опыте ты создал уникальную ситуацию. Лучи света, пройдя через отверстие в карточке, не будут больше пересекаться, а будут только расходиться. При прохождении через зрачок они создадут на сетчатке изображение, которое будет правильно ориентировано. Однако твой мозг научен переворачивать все, что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

## КАК РАБОТАЕТ ЛИНЗА

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

Поставь «лучевую машину» (смотри, как сделать "лучевую" машину здесь) в десяти сантиметрах от стакана. Включи фонарик и направь его луч сквозь зубья расчески. Получившиеся лучи будут видны на поверхности стола.

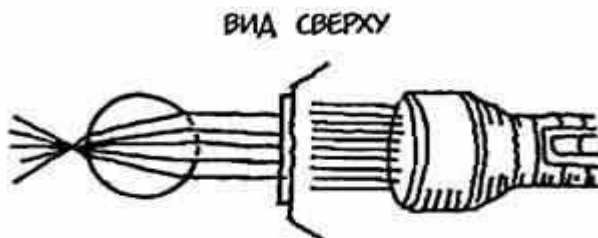
Подвинь стакан так, чтобы эти лучи падали на центральную часть стакана. Для этого может понадобиться поставить «лучевую машину» на книжку для того, чтобы достигнуть наилучшего угла падения. Теперь посмотри на всю конструкцию сверху.



Что происходит с лучами, когда они достигают стакана с водой? Сколько раз меняется их направление?

Для того, чтобы лучше видеть, как идут лучи внутри стакана, добавь в воду капельку молока.

Теперь убери стакан с водой и помести на его место лупу так, чтобы лучи проходили через ее центр.



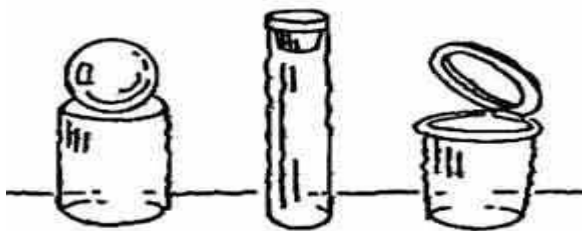
Что происходит с лучами? Похожа ли эта картина на то, что получалось со стаканом?

Когда параллельные лучи света падают на сосуд с водой, то их направление меняется. Первый раз это происходит, когда они только касаются стакана. Стенки сосуда и вода заставляют лучи собираться вместе. В стакане с водой лучи распространяются по прямой линии. Еще одно изменение направления происходит при выходе из сосуда. Лучи начинают сходиться еще ближе друг к другу. В нескольких сантиметрах от стакана все лучи сходятся в одной точке, образуя яркое пятно. Эта точка называется фокусом. В фокусе лучи наиболее сконцентрированы. За фокусом лучи опять расходятся.

## ВОДНЫЙ УВЕЛИЧИТЕЛЬ

Знаешь ли ты, что первые увеличивающие линзы были сделаны с помощью... воды! Античные художники наливали воду в стеклянные сосуды, имеющие круглое сечение. Когда такой сосуд подносили к предмету, вода

увеличивала его изображение. Тысячи лет спустя пришел твой черед сделать водный увеличитель.



Наполни чистую прозрачную емкость (стеклянный флакон, или пробирку с крышечкой от пробника духов, или прозрачный пластиковый контейнер от контактных линз) водой до краев и закрой ее крышкой так, чтобы вода не выливалась. Салфеткой сотри все капли, которые остались на внешней поверхности сосуда.



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

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

### **ВКЛЮЧАЕМ НАГРЕВ**

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

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

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



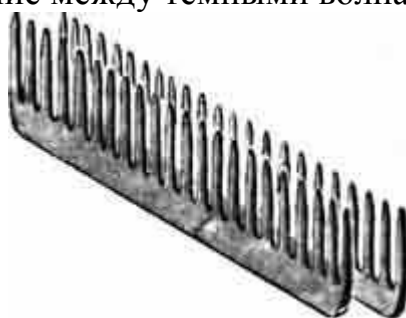
Поставь бутылку в солнечное место. С помощью лупы сконцентрируй солнечные лучи на нитке. Старайся удерживать яркое пятнышко на одном месте.

Что произошло? Ты можешь это объяснить?

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

### **ЗАГАДКА ТЕМНЫХ ПОЛОС**

Существует любопытное явление, которое можно наблюдать, проходя на некотором расстоянии около двух оград, сделанных из штакетника, прибитого с равными промежутками. Такие ограды могут быть расположены или параллельно, или под некоторым углом друг к другу. Если идти мимо таких оград и смотреть через просветы между планками штакетника одной ограды на другую, можно увидеть, как по планкам первой ограды пробегают, как волны, темные вертикальные полосы. Их скорость зависит от вас — от той скорости, с какой движетесь вы. Расстояние между темными волнами одинаковое.



Похожий опыт можно проделать и в небольшом размере — у себя дома, с помощью двух больших одинаковых расчесок.

#### **Опыт 1**

Итак, расположите расчески горизонтально с промежутком в 2 см друг от друга и на расстоянии 25 см от глаз. Смотрите через просветы расчесок на какой-нибудь светлый фон. Поворачивайте голову то влево, то вправо. Вы увидите, что по зубьям ближней расчески движутся темные полосы со скоростью поворота вашей головы. Этот опыт можно проделать и по-другому — не двигать головой, а двигать одну расческу по отношению к другой. Темные полосы тоже будут передвигаться.

Объясняется это явление так. Зубья второй расчески находятся от глаз дальше зубьев первой. Расстояния между зубьями дальней расчески будут видны под меньшим углом зрения. Следовательно, толщина зубьев и просветы будут казаться немного меньше, чем у ближней расчески. В некоторых местах зубья второй расчески полностью закрывают просветы между зубьями ближней расчески. Это и есть темная полоса, которая движется при повороте вашей головы.

#### **Опыт 2**

Приблизьте одну расческу к глазам на расстояние 4—5 сантиметров. Держите ее горизонтально и смотрите через ее зубья на какую-нибудь светлую

поверхность или на небо. Зубья будут вам казаться очень тонкими и нерезкими. Как говорится, они оказались не в фокусе вашего зрения. Внесите теперь в пространство между глазами и расческой вторую такую же расческу, держа ее тоже горизонтально. Вы сразу увидите четкие, немного увеличенные зубья первой расчески. Просветы между зубьями ближней расчески играют роль щелевых диафрагм и позволяют рассматривать предмет на более близком расстоянии. Как и в ранее, зубья видны более крупными из-за увеличения угла зрения.

### **БОЛЬШЕ СВЕТА**

Для этого опыта будут нужны две пары солнечных очков с поляризационными линзами (не просто солнечных очков - их линзы должны быть сделаны из поляризационного материала).

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

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

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

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

Теперь покрути руку в запястье. Заметь, что при этом направление распространения волн не меняется, а колебания волны могут происходить во всех направлениях по кругу. Можно ограничить эти направления только одним, для этого существуют поляризационные фильтры. Они отсекают все волны света, которые колеблются вне выбранного направления. Если у тебя есть целых два фильтра, твои возможности расширятся. Если один фильтр ты установишь так, чтобы он пропускал только волны, которые распространяются вверх-вниз (все остальные волны при этом обрезаются), а другой - вправо-влево, то через такую систему свет вообще не пройдет.

### **ЦВЕТ НА СТЕКЛЕ**

Этот опыт-наблюдение можно провести только в зимний вечер при небольшом морозе (около минус 10 град.)! Садимся в трамвай или автобус и едем. Окно начинает замерзать, и вот уже сквозь стекло ничего не разберешь, но свет фонарей очень четок. И вот в какой-то момент свет уличного фонаря вызывает на замерзшем окне чудесную игру красок!

Через несколько минут слой льда на окне достигает толщины в несколько десятых долей миллиметра и цвета пропадают. Но это не беда, сотрите рукой намерзший слой и повторите наблюдение — цвета вновь появятся.

Интересно, что фонарь с лампой накаливания дает в этом случае пурпурно-изумрудный ореол, а лампа дневного света (ртутно-кварцевая) окружена ореолом желто-фиолетовых цветов.

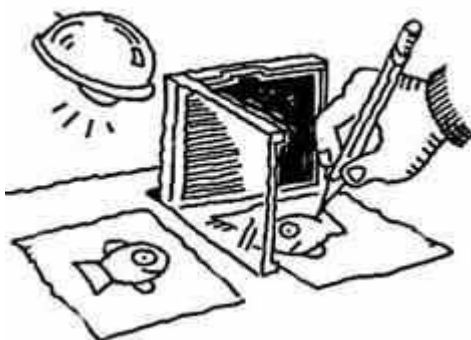
Можно предположить, что игру цвета вызывает интерференция — сложение света, отраженного от верхней и нижней поверхностей тончайшего слоя замерзших на оконном стекле паров влаги.

Это явление сродни тому, какое мы наблюдаем, рассматривая переливающийся всеми цветами радуги мыльный пузырь.

### **КОПИРОВАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО**

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

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



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

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

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

### **ЗЕРКАЛЬНОЕ ВОЛШЕБСТВО**

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

Поставь свечу на блюдце и помести блюдце за пластиковым «экраном»-коробочкой. Прозрачный стеклянный стакан поставь на стол с другой (ближе к себе) стороны.



Зажги свечу, посмотри на пластиковый экран и постарайся увидеть отражение стакана.

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

Волшебство? Ничуть! Только физика!

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

### **ПОЯВЛЕНИЕ ИЗ НИОТКУДА**

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



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



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

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

### ОПЫТ – ФОКУС

Аккуратно поставь стакан дном на монету.

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



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



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

Итак, вначале лучи света распространяются в воде. Когда они достигают стенки стакана, то некоторые из них отражаются внутрь стакана и идут вдоль стенки стакана. Те лучи, которые вышли из стакана, изменяют свое направление так, что продолжают распространяться почти вертикально вверх и



упираются в бортик блюда. Так как лучи света, которые «несут» в себе изображение монеты, не могут добраться до твоих глаз, объект «исчезает».

### **ОТРАЖЕНИЕ В ЛОЖКЕ**

Зеркала в комнате смеха создают очень забавные отражения. Такой эффект создается с помощью искривленных зеркал.

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



Теперь переверни ложку горизонтально. Как изменилось при этом изображение?

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

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

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

### **КРИВОЕ ЗЕРКАЛО ИЗ ОБЕРТКИ**

В наши дни все чаще обертки делают из тонкой пластиковой пленки. Некоторые из них, особенно подарочные, имеют посеребренную отражающую поверхность. Наверняка ты получал подарок, обернутый в такую упаковочную пленку. Если да, то интересно, что ты сделал с зеркальной оберткой? Надеемся, что ты сохранил ее для очередного опыта.

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



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

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

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

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

### **ПРОЗРАЧНОЕ ЗЕРКАЛО**

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

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



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

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

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

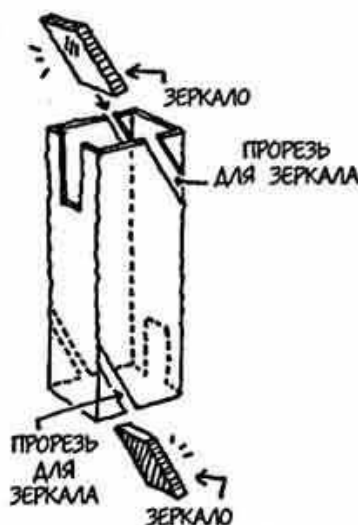
## ПЕРИСКОП

Когда вы слышите слово «перископ», что сразу же приходит на ум? Несмотря на то, что первой вспоминается подводная лодка, самолеты также оснащены перископами. С их помощью пилоты могут осматривать всякие внешние механизмы, не выходя наружу.



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

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



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

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



Посмотри через одно из наблюдательных окошек. Что ты видишь? Если ничего не видно, то, возможно, необходимо немного подкорректировать положение зеркал. Посмотри на рисунок - и все сразу станет ясно!

### КАЛЕЙДОСКОП

Калейдоскоп — это игрушка, в которой законы отражения используются для того, чтобы создавать волшебные узоры.

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



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

Теперь посмотри в свободный конец трубы.

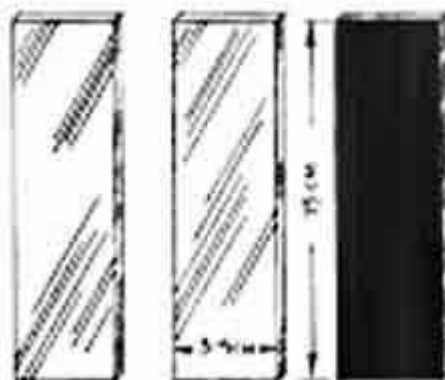


Что ты видишь? Сколько там отражений? Потряси трубу так, чтобы бусины передвинулись.

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

Далее подробно даются несколько вариантов изготовления калейдоскопа. Все размеры вы сами сможете изменять по своему усмотрению, в зависимости от того, какие материалы у вас есть. Возможно, придется прибегнуть и к чужой помощи, но во всяком случае вы не пожалеете о потраченном времени и труде.

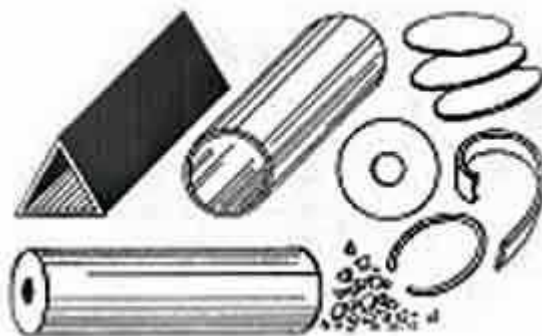
Прежде всего надо иметь две зеркальные пластинки. Назовем их примерный размер: длина 15 сантиметров, ширина 3,5 — 4 сантиметра. Это могут быть и настоящие зеркала, вернее, полоски зеркал, могут быть и просто две стеклянные пластинки, которые станут зеркалами, когда вы зачерните им одну сторону, могут быть и никелированные или полированные металлические пластинки, способные хорошо отражать, как настоящее зеркало. Еще понадобится такая же по размеру картонка, покрашенная с одной стороны в черный цвет.



Дальше работа пойдет так. Если у вас две простые стеклянные пластинки, то их нужно с одной стороны покрыть черным лаком или использовать полосу черной бумаги. Сложив стеклянные пластинки и картонку (картонку — черной стороной вовнутрь) в виде трехгранной призмы, плотно оберните их полосой черной бумаги. Свободный конец бумаги, промазав клеем, закрепите на одной из граней. Получилась трехгранная призма. Вместо черной бумаги можно применить две полоски из тонкого картона такого же размера, как и стеклянные пластинки. Ту сторону картонок, которая будет приложена к стеклянной пластинке, покрасьте черной тушью. Когда вы сложите трехгранную призму, ее грани надо скрепить в нескольких местах лейкопластырем.

Подобным же образом составляется призма из зеркальных полосок или металлических полированных пластин.

Теперь нужно сделать трубку, в которую будет вставляться трехгранная призма. Она будет корпусом нашего калейдоскопа.



Для трубки используйте тонкий картон. Хорошо его намочите в воде, наверните на круглую палку или скалку нужного диаметра. Когда он высохнет, его можно будет согнуть, как вам нужно, и склеить из него корпус нашего прибора. Длина этого корпуса должна быть на 17 миллиметров больше длины призмы.

Еще понадобятся два прозрачных кружка. Их надо будет вставить в корпус — трубку. Кружки можно вырезать из толстого прозрачного целлулоида белого цвета толщиной около 1 миллиметра. Если такого целлулоида у вас нет, его можно будет заменить тонким целлулоидом, сделав каждый из нужных кружков составным — из двух-трех тонких кружков.

Но можно вырезать кружки и из стеклянных пластинок. Для этого надо использовать тонкие ненужные стеклянные негативы. Пластины очищают от эмульсии, затем стеклорезом вырезают квадраты со сторонами, равными внутреннему диаметру картонной трубки. Из картона вырезают кружок диаметром, немного меньшим стороны квадратной пластинки. Затем картонный кружок накладывают на стеклянную пластинку и, опустив в ведро с водой на глубину примерно 30 сантиметров, осторожно понемногу ножницами «откусывают» углы, постепенно приближаясь к размеру картонного кружка. Таким способом — в воде — довольно легко вырезать кружок нужного размера. Нужно, конечно, постараться, чтобы форма кружков не была искажена. Воду из ведра надо аккуратно слить, осколки стекла осторожно собрать в бумагу и выбросить. И учтите, что ножницы следует брать такие, которые не жалко затупить.

Трехгранную призму обмотайте бумагой (если надо) и плотно вставьте в картонную трубку — корпус. Один конец призмы не доводите до конца корпуса на 15 миллиметров, другой — на 2 миллиметра. В тот конец корпуса, где до призмы оставлено 2 миллиметра, вставьте картонный кружок с круглым отверстием в центре диаметром 1,5 сантиметра.

С другой стороны вставьте до упора в призму прозрачный кружок. Из тонкого картона вырежьте полоску шириной 0,8 сантиметра, согните ее в кольцо, промажьте клеем и вставьте в трубку, плотно прижав к прозрачному кружку у призмы.

По размеру второго прозрачного кружка вырежьте кружок из папиросной бумаги.

Теперь осталось «зарядить» наш прибор будущими волшебными узорами. Их будут создавать очень непривлекательные на вид осколки цветных стекол, обломки спичек, кусочки от прозрачной зубной щетки или ненужной оправы очков, кусочки от свечки и обязательно кусочки черной бумаги. Эти кусочки должны быть маленькие, и подобрать их нужно самой произвольной, разнообразной формы. Если вам трудно найти цветные стекла, которые можно было бы превратить в маленькие осколки, замените их кусочками цветных прозрачных пленок. Только каждый кусочек пленки надо согнуть, тогда он в любом положении будет хорошо виден. При изготовлении таких кусочков сначала согните пленку, а потом ножницами настригите сколько надо.

Насыпьте заготовленные осколки и обрезки в картонную трубку на прозрачный кружок. Положите на картонный ободок кружок из папиросной бумаги, а сверху прижмите его вторым прозрачным кружком. Осталось закрепить кружки в обоих концах корпуса и обклеить его цветной бумагой.

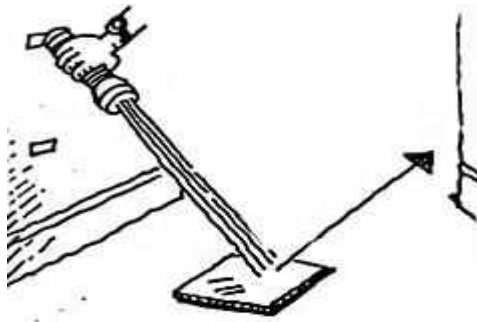
Картонный кружок с отверстием можно закрепить кусочками бумаги, приклеивая их и к кружку, и к корпусу. Что же касается наружного прозрачного кружка, то его надо закрепить, вставив в конец корпуса свернутую в кольцо узкую полоску толстой жести. Такое кольцо будет пружинить и не даст прозрачному кружку выпасть. Крепление «наглухо» лишило бы вас возможности в случае надобности снять кружок и добавить, убавить или совсем заменить цветные кусочки. А вообще не увлекайтесь их количеством и постарайтесь, чтобы набор был поразнообразнее, чтобы преобладали прозрачные кусочки разных цветов. Когда все будет готово, наведите калейдоскоп на яркий источник света и смотрите в отверстие в конце корпуса, поворачивая калейдоскоп или слегка его встряхивая.

### **КАКОЙ УГОЛ**

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

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

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



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

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

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

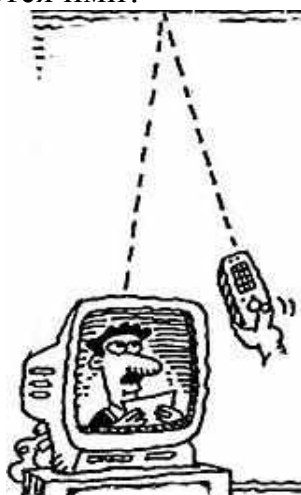
В твоём опыте пятно света на противоположной стене всегда возникало на той же высоте, на какой находился фонарик. Так как угол падения равен углу отражения, это пятно и должно возникать на той же высоте.

### **ПУЛЬТ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

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

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

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



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

Несмотря на то, что пульт дистанционного управления не излучает видимый свет (в противном случае мы видели бы луч), он использует похожую форму энергии, которая называется инфракрасным излучением. Инфракрасное излучение, или ИК-излучение, обладает многими из свойств видимого света. ИК-лучи отражаются от зеркальной поверхности, поэтому луч, отраженный от

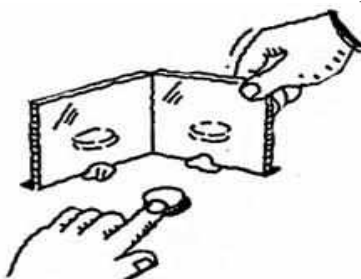


зеркала, смог переключить канал. Как и видимый свет, эти лучи отразились от поверхности зеркала, после этого продолжили распространяться по прямой и попали в приемник телевизора.

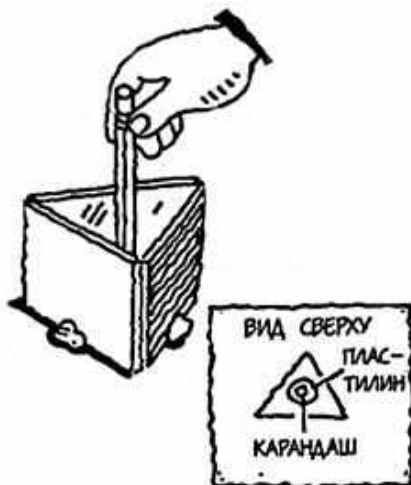
### **ЗЕРКАЛЬНАЯ КОМНАТА**

В этом опыте ты сам построишь маленькую зеркальную комнату.

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



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

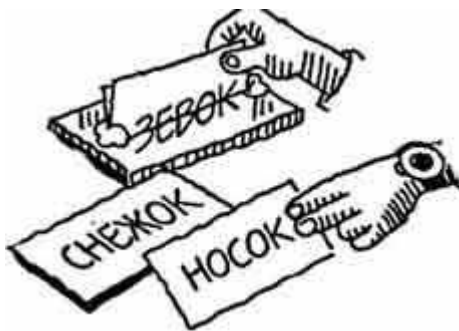


Это все та же штука с зеркалами. Если посмотреть в одно из них, то увидишь больше, чем просто отражение предмета. Ты видишь отражение отражения... Такое многократное отражение создает практически бесконечный ряд изображений.

### **ШУТКИ РАДИ**

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

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



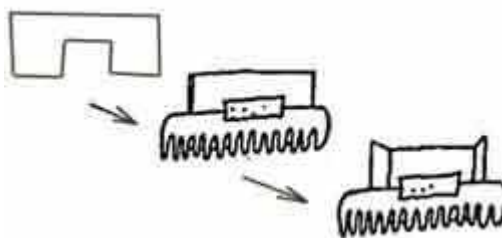
Приложи одну из нижних половинок обрезом к зеркалу. Смотри в зеркало. Что ты видишь? Как работает этот оптический фокус? Какие другие буквы и слова можно использовать?

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

### ОТРАЖЕННЫЕ ЛУЧИ

Для того чтобы сделать «лучевую машину», вырежи в карточке прямоугольное отверстие так, как показано на рисунке.

Липкой лентой приклей расческу к карточке так, чтобы более толстые зубья расчески находились напротив отверстия. Отогни боковые края листка, чтобы он стоял устойчиво.



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

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



Свет, который проходит сквозь промежутки между зубьями расчески, разделяется на более узкие пучки. Эти пучки падают на поверхность зеркала и

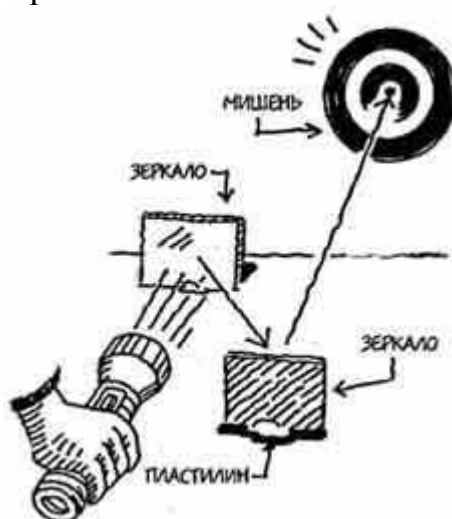
отражаются от неё. Изучая лучи и их отражения, можно узнать, как свет ведет себя при попадании на зеркало.

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

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

### СКАЧКИ СВЕТА

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



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

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

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

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

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

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

### **ЗЕРКАЛЬНОЕ ПИСЬМО**

Леонардо да Винчи писал в своих дневниках в обратном направлении. Пытался ли ты когда-нибудь читать что-то, написанное справа налево? Поверь, это нелегко!

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

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



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

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

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

### **ПОЦАРАПАЙ ЗЕРКАЛО**

В этом опыте мы будем использовать ненужную коробочку от компакт-диска. Посмотришь в гладкую поверхность этой пластиковой коробочки. Что ты видишь? Что заставляет поверхность пластика создавать это отражение?

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

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



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



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

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

### **КАК ТЕБЯ ВИДЯТ ДРУГИЕ**

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

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



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

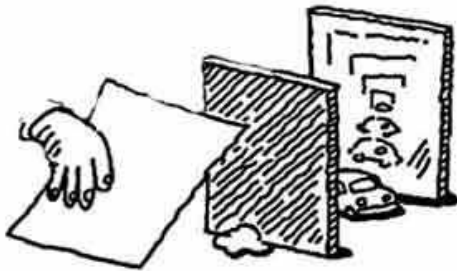
Возьми второе зеркало. Сложи оба зеркала так, чтобы твое отражение было разбито посередине, одна половина на одном, а другая - на другом зеркале. Возможно, понадобится потратить время, чтобы подобрать нужный угол. Когда все будет готово, ты увидишь себя так, как видят тебя другие.

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

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

### **ЗЕРКАЛОМ К ЗЕРКАЛУ**

Возьми два зеркала и закрепи их с помощью пластилина на столе так, чтобы они располагались отражающей стороной друг к другу и находились на расстоянии около 15 сантиметров.



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

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

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

Два параллельных друг другу зеркала создают такие условия, что количество отражений бесконечно. Каждый раз, когда изображение отражается, лучи света от него пересекают зазор между зеркалами, и попадают на другое

зеркало, где опять отражаются... И снова, и снова, и снова, и вот перед нами череда постепенно уменьшающихся изображений.

### **СКЛАДЫВАЕМ ЦВЕТА**

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

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

Могут ли другие сочетания цветов давать иллюзию белого?

Возьми три карманных фонарика. Вырежи из прозрачной пластиковой папки каждого цвета (красного, синего и зеленого) по диску размером примерно как стекло фонарика.

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

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

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

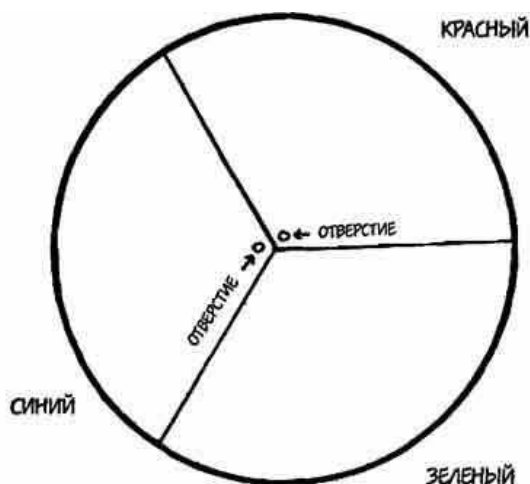
Когда окрашенные лучи фонариков перекрываются, их цвета складываются. В отличие от красок на палитре, складываясь, они дают более светлый цвет. При определенных комбинациях цветов мы как бы «видим» белый цвет.

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

### **ВРАЩАЮЩИЙСЯ БЕЛЫЙ**

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

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

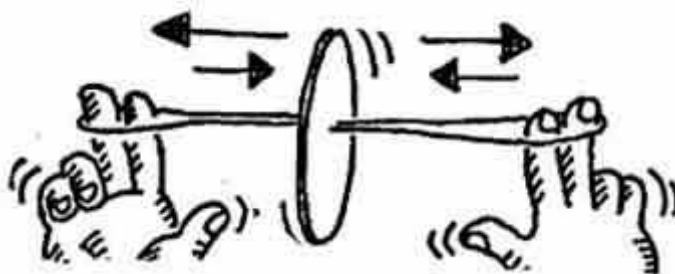


Раскрась один из секторов красным фломастером. Если это возможно, используй оттенок красного, в котором есть немного желтого, или просто добавь небольшой желтый сектор.

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

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

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



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

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

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

### **ЦВЕТНАЯ ЮЛА**

Предположим, что мы смешали синий и желтый цвета. Ты полагаешь, что мы получим зеленый?

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



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

Попробуй догадаться. И подготовься к неожиданности!

Сделай диск с рисунком, изображенный на картинке. Если возможно, используй для этого очень плотную бумагу.

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



Булавкой проткни отверстие в середине диска и вставь туда отогнутую скрепку. Диск должен ровно лежать и плавно вращаться на своей «ручке». Поднеси диск к яркому свету. Начни вращать его и посмотри, что происходит с черно-белым рисунком. Меняется ли этот забавный эффект, если изменить скорость вращения?



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

Эта научная игрушка называется диском Бэнхэма, и впервые она была сделана еще 100 лет назад! Если этот диск вращать с определенной скоростью, то сочетание белого и черного на нем воздействует на твою сетчатку.

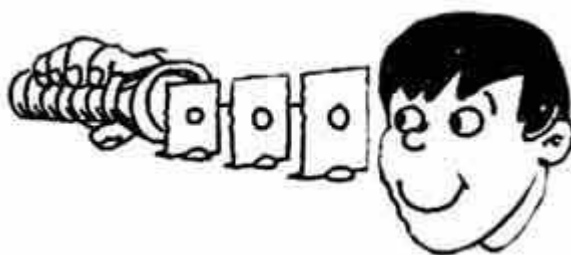


Ученые считают, что тем самым он посылает глазу некое «сообщение», которое очень похоже на сообщение о цвете. Таким образом, когда мозг получает это «сообщение\*» (оно закодировано во вращающемся черно-белом узоре), он понимает его неправильно - как будто оно поступило от цветной картинки. И поэтому мы видим цвет там, где его нет!

### **РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА**

Возьми три карточки-открытки и ножницами прорежь в середине каждой карточки отверстие размером с копеечную монету. Сделай из комков

пластилина подставку для каждой карточки и прилепи их на стол в линию так, чтобы отверстия находились на одной прямой.



Посвети фонариком в отверстие карточки, которая расположена от тебя дальше всего, и посмотри сквозь отверстие ближайшей карточки.

Что ты видишь? Что можно сказать о траектории, по которой свет проходит от фонарика к твоему глазу?

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

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

### **ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРА**

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



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

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

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

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

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

А посмотри-ка на поверхность компакт-диска. Откуда здесь взялась радуга?

### **СПЕКТР НА ПОТОЛКЕ**

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

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



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

Посмотри на потолок. Что ты видишь?

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

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

### **АРИФМЕТИКА ЦВЕТНЫХ ЛУЧЕЙ**

#### **Опыты с фильтрами**

Различный цвет предмета объясняется свойствами предметов по-разному отражать, пропускать и поглощать свет.

Белый свет — это свет сложный. Он состоит из целой гаммы цветных лучей.

Одни поверхности пропускают или отражают все лучи спектра белого света, другие — только часть его, а третьи почти ничего не пропускают и не отражают.

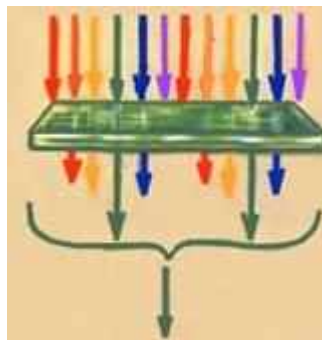
Белая бумага отражает все падающие на нее лучи.



Черная бумага поглощает все лучи света и вовсе ничего не отражает.



Например, зеленое стекло хорошо пропускает зеленые лучи, хуже голубые и желтые и почти совсем не пропускает остальные лучи спектра.



Лучи, прошедшие сквозь стекло, действуют на наш глаз, и мы видим зеленый свет.

Помимо основных спектральных цветов, в природе существует множество различных цветов и оттенков. Как же они получаются?

Новые цвета можно получать двумя способами: “сложением” и “вычитанием”.

### **Опыт 1**

Возьмем три стекла: зеленое, красное и синее. Пропустим через каждое из них пучки света на белый экран.



Причем сделаем так, чтобы цветные “зайчики” частично находили друг на друга. В тех местах экрана, где “зайчики” не перекрываются, мы видим соответственно зеленый, красный и синий цвета. Там же, где они налагаются друг на друга, мы получаем цвета желтый, голубой, пурпурный. Это “сложение” цветов.

### **Опыт 2**

Теперь получим цвета способом “вычитания”. Сложим три стекла — желтое, голубое, пурпурное — так, чтобы они частично находили друг на друга, и пропустим через них пучок белого света.



Желтое стекло поглотит фиолетовые и синие лучи, а пропустит красные, оранжевые и зеленые. Голубое стекло поглотит из света, прошедшего через желтое стекло, красные, оранжевые и желтые лучи.

Значит, через два стекла пройдут только зеленые лучи, и мы увидим источник света зеленым. Подобным образом при сложении пурпурного и желтого стекла получим красный цвет, а при сложении голубого и пурпурного — синий.

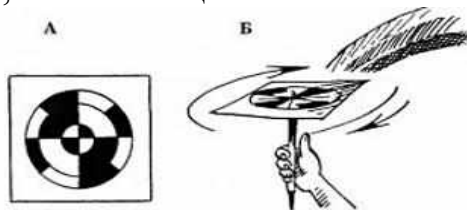
### **Опыт 3**

Сложенные вместе три стекла совсем не пропустят света, и мы увидим черное пятно.

### **ФОКУС С ЦВЕТОМ**

Попробуем показать, что для восприятия разных цветов человеку требуются различные отрезки времени.

Возьмите картонку размером примерно 8 x 13 см. Проведите в середине круг диаметром 5 см. Перерисуйте картинку «А», закрасив темные места черным фломастером. Проткните середину круга булавкой и воткните булавку в резинку на карандаше. Начинайте вертеть картинку. Не сводите глаз с круга. Во время вращения круга появляются различные цветовые комбинации. Когда меняется скорость вращения, меняются цвета.



Почему?

Не закрашенные части круга отражают свет, а черные — нет. Свет — это вид энергии. Свет содержит в себе много цветов, а у каждого цвета свой запас энергии. Чем ее больше, тем быстрее движется световая волна. Для того чтобы глаз принял эти волны и передал сигнал мозгу, требуется некоторое время. Только самые «быстрые» цвета, появляющиеся на не закрашенных участках во время вращения картонки, успевают передать мозгу сигнал о своем появлении, до того как появится черный участок.

### **ДИСК БЭНХЭМА**

С «фокусами» зрения человек сталкивается с раннего детства. Интересный эффект смешения цветов получается при использовании диска Бэнхэма.

Диск Бэнхэма - это наполовину белый, наполовину черный диск с черной дугой на белом поле. Если его закрутить с частотой вращения в несколько сотен оборотов в минуту или еще быстрее, на нем не увидишь ничего, кроме ровного серого цвета.



Однако, если вращать диск с частотой вращения 60...180 об/мин и смотреть на него под углом 30...75°, на диске появятся три цветных кольца. Причем, если диск вращается по часовой стрелке, у периферии диска заметно кольцо голубое, ближе к оси вращения — красное, третье кольцо (зеленое) располагается между ними.

Дело в том, что на характер цветного окрашивания влияет длина черной дуги на белом поле: при вращении по часовой стрелке, чем дуга длиннее, тем более подчеркивается синяя часть спектра.

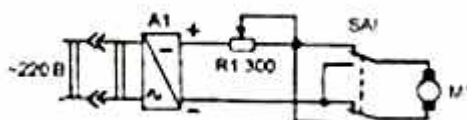
При вращении же против часовой стрелки роль синей части спектра уменьшается, причем голубое и красное кольца меняются местами.

Чередование указанных цветов на диске соответствует порядку расположения их в спектре белого света. Из остальных цветов достаточно отчетливо бывает виден только желтый.

Для опытов следует заготовить несколько дисков Бенхэма с разными дугами. Дуги могут отличаться друг от друга и по длине, и по толщине, и по направлению закрутки, и по другим показателям.

В качестве самодельного привода для «волшебного» диска проще всего использовать электромоторчик для игрушек. Из отечественных «движков» подойдет ДП-10, снабженный насадкой на ось.

Однако номинальная частота вращения такого моторчика слишком велика для нашего эксперимента. Чтобы понизить частоту вращения ротора двигателя, проще всего включить последовательно с ним переменный проволочный резистор с сопротивлением порядка 100 Ом и мощностью 2...3 Вт. Питая устройство лучше не от 4,5-вольтовой («плоской») батарейки карманного фонаря, а от сетевого адаптера, применяемого для питания радиоаппаратуры.



Чтобы изменять направление вращения, введем в схему питания переключатель-тумблер.

В диапазоне удобных частот вращения диска лежит и частота вращения 78об/мин, обеспечиваемая электропроигрывателем грампластинок.

Так что можно попробовать использовать его в качестве привода для диска. В этом случае, конечно, изменить направление вращения диска не удастся, поэтому придется изготовить еще диски с обратной закруткой черной дуги.

### **СМЕШЕНИЕ ЦВЕТОВ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЧКОВ**

Что бы ты сказал, если бы в задачнике по математике тебе попала такая задача:

«Ученик купил лист синей бумаги и перемешал его с листом желтой бумаги. Какого цвета получилась смесь?»

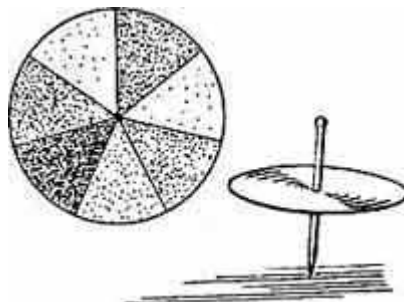
Наверное, ты бы подумал, что автор задачника шутит. Как можно перемешать синюю бумагу с желтой?

Но на самом деле это все-таки возможно. И хотя в задачнике по математике такой задачи, разумеется, нет, мы с тобой сейчас ее решим. Сделай волчок, такой, как на нашей картинке. Ножка волчка — из спички, кружок — из белого картона. Нет белого — возьми любой, только придется сверху наклеить белую бумагу. Раздели кружок на четыре части. Каждая такая часть называется сектором. Красками или цветными карандашами окрась первый и третий секторы в синий цвет, а второй и четвертый — в желтый. Это у тебя будет синяя и желтая бумага из задачи.



Чтобы смешать синюю бумагу с желтой, запусти волчок. Синий и желтый цвета перемешаются и сольются у тебя в глазах. Какой цвет получился? Зеленый! Вот мы и решили эту странную задачу, и ответ получился тоже немного странный. Но нет, все верно. Сколько ни пускай волчок, всегда он будет при вращении казаться зеленым. Ну а если перемешать красную бумагу с желтой? Красную с синей? Сделай такие волчки и проверь, что получается при их вращении.

Но самый интересный волчок получится, если смешать все семь цветов радуги. Для этого раздели кружок волчка на восемь частей и семь из них окрась в красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый цвета. Восьмой сектор пока оставь белым.



Запусти волчок. Ты увидишь, что он стал почти белым. Чтобы точнее подогнать цвет волчка к белому, воспользуйся запасным, восьмым, сектором. Он служит для настройки. Если, скажем, волчок при вращении кажется розоватым, слегка покрась настроечный сектор в зеленый цвет. Пробуя и постепенно усиливая окраску, ты можешь получить почти чистый белый цвет.

Если волчок кажется зеленоватым, подкрась настроечный сектор в розовый цвет, если голубоватым — в оранжевый, если желтым — в сиреневый.

Между прочим, пользуясь таким же настроечным сектором, ты сможешь получать белый цвет и не из всех цветов радуги, а только из пар так называемых дополнительных цветов: голубой + оранжевый, зеленый + красный, фиолетовый + желтый. Тут с настройкой придется повозиться подольше, зато как интересно будет, когда белый волчок, перестав крутиться, окажется желто-фиолетовым или оранжево-голубым!

### **ОПЫТ СО ЗВЕЗДАМИ**

Солнце посылает нам свет, в котором смешаны все лучи: и красные, и зеленые, и фиолетовые. Этот свет нам кажется белым. Но посмотри: вот он упал на лист бумаги и на лист дерева. Почему же один лист оказался белым, а другой зеленым? Потому, что бумага отражает все лучи, и к нам в глаз попадает все та же смесь всех красок. А зелень растений лучше всего отражает зеленые лучи. Остальные поглощаются. Если ты достанешь красное стекло, то посмотри сквозь него на траву и деревья. Они кажутся очень темными, почти черными. Значит, действительно от них отражается очень мало красных лучей!

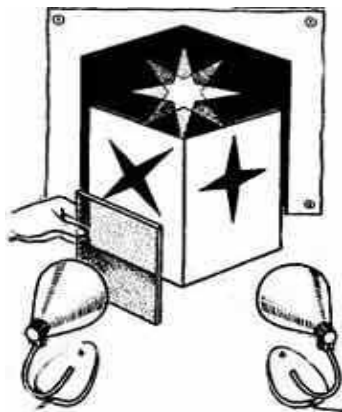
А цветные стекла, почему они кажутся цветными? Потому, что из всей пестрой солнечной смеси «выбирают», пропускают не все лучи. Если у тебя есть пластинка цветного стекла размером хотя бы 6х6 см, можешь сделать забавный опыт с пестрыми звездами.

Возьми лист картона, слегка надрежь его и согни углом. На каждой створке начерти круг радиусом 3 см так, чтобы при складывании листа пополам центры кругов совпали. В каждом круге начерти по четырехконечной звезде. Только у одной звезды должны быть два луча вертикальных и два горизонтальных, а у другой все лучи должны быть повернуты на 45°. Это хорошо видно на нашем рисунке.

Тщательно вырежь звезды по контуру и поставь картон на стол между экраном — листом белой бумаги — и двумя свечами или двумя настольными лампами. Эти свечи или лампы должны быть непременно одной высоты.

Угол между створками картона отрегулируй так, чтобы светлые звезды на экране легли одна на другую и получилась одна восьмиконечная звезда.





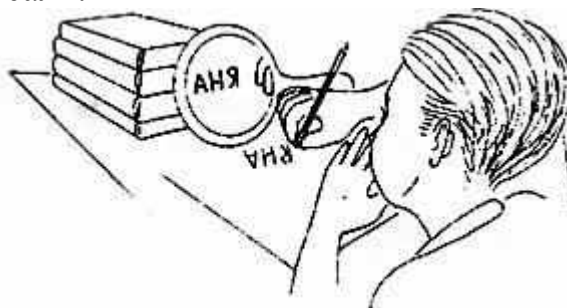
А теперь заслони одну из ламп цветным стеклом. Если уж никакого цветного стекла не найдешь, можешь взять простое и смазать его вазелином, слегка подкрашенным синькой, которая употребляется для стирки.

Смотри, звезда на экране стала трехцветной! Середина белая, одни лучи окрасились в цвет стекла, а другие — в дополнительный к нему. Если, скажем, стекло красное, то зубцы звезды будут красные и зеленые, если голубое — голубые и оранжевые, если фиолетовое — сиреневые и желтые.

### **ПЕРЕВЕРНУТОЕ ИМЯ**

Сложите книги стопкой и прислоните к ней зеркальце. Положите лист бумаги под край зеркальца.

Положите левую руку перед листом бумаги, а на руку — подбородок, чтобы смотреть в зеркало, но не видеть лист, на котором вам предстоит писать. Смотря только в зеркальце, но не на бумагу, напишите на ней свое имя. Посмотрите, что вы написали.



Большинство, а может быть даже все буквы оказались перевернутыми.

Почему?

Потому что вы писали, глядя в зеркало, где они выглядели обычным образом, но на бумаге они перевернуты. Перевернутыми окажутся большинство букв, а правильно написанными будут лишь симметричные буквы (Н, О, Е, В). Они выглядят одинаково и в зеркале, и на бумаге, хотя изображение в зеркале перевернуто.

### **МНОГОКРАТНОЕ ОТРАЖЕНИЕ**

Для этого опыта у вас должно быть: два зеркала (желательно одинаковой величины), скотч, транспортир.

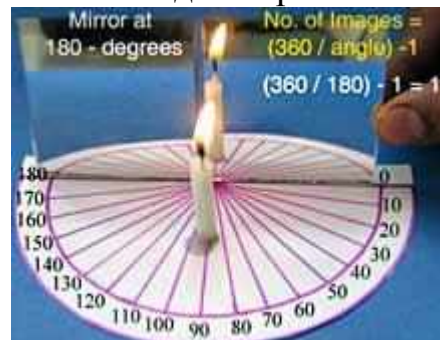
Скрепите скотчем зеркала с обратной стороны.



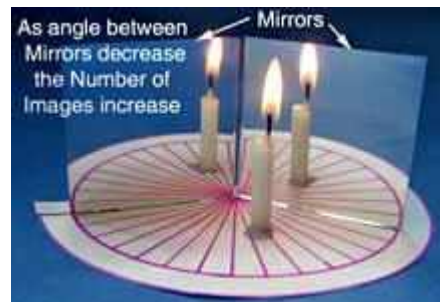
Поставьте зажегшую свечу (или любой другой небольшой предмет) в центр транспортира.



Поставьте зеркала на транспортир и разверните, чтобы угол между ними был 180 градусов. Вы увидите только одно отражение свечи.



Если вы будете уменьшать угол между зеркалами, то число отражений свечи будет увеличиваться!



Чем меньше угол раствора между зеркалами, тем большее количество изображений предмета вы увидите.



Поэкспериментируйте, а если сумеете, то сделайте на бумаге чертежи построения изображений в зеркале (при разных углах). Осилите?

## **ЗЕРКАЛО И ТЕЛЕВИЗОР**

Это явление наблюдал, наверное, каждый: если перед экраном телевизора двигать ладонь с растопыренными пальцами, то кажется, что их на руке не 5, а по крайней мере 20.

Возьмите большое зеркало (размером примерно 13X18 см) и поймайте в зеркале экран телевизора. Если зеркало неподвижно, ничего не произойдет — экран как экран. Но стоит зеркало быстро наклонять, то есть колебать его, как вы увидите изумительную картину: в отражении будет уже не один экран, а много, они будут мельтешить перед глазами, изображения будут деформированными.

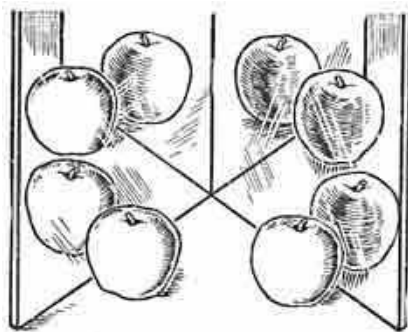
Если придать зеркалу круговое вращение (экран телевизора надо держать все время в поле зрения), можно увидеть еще более замечательную картину: экран «отделится» от телевизора, выйдет из него, получится (для этого вам придется немного потренироваться) замкнутое кольцо экранов разных размеров по вертикали, различно наклоненных. Получаемый эффект объясняется «памятью зрения».

## **УМНОЖАЕМ**

С помощью двух зеркал ты хотел создать своего двойника, не вывернутого зеркально. Что же, ты этого добился... и даже вдвойне. Ведь ты увидел уже не одно, а сразу два «кажущихся» изображения!

Имея два зеркала, можно много натворить чудес в этом же роде!

Если, например, поставить их под прямым углом и в этот угол положить два яблока, ты увидишь восемь яблок. Вот это богатство! Но не спеши радоваться: съедобными все равно останутся только два, остальные шесть мнимые».



Можно поставить зеркала одно против другого, а между ними зажечь свечу. В каждом из зеркал будет отражаться сама свеча, и ее отражение, и отражение отражения... Свечи выстроятся бесконечной вереницей, уходящей в обе стороны. Ближайшие к середине будут гореть ярко, а чем дальше, тем все слабее, слабее... Это потому, что какая-то часть света поглощается зеркалами.

## **НЕВЕСОМОСТЬ В ЗЕРКАЛЕ**

Есть у тебя зеркальный шкаф? Это все, что нужно для полета! Правда, тоже не настоящего, а мнимого, как и все зеркальные «чудеса».

Стань так, чтобы половина твоего тела была спрятана за шкафом, а другая половина выступала из-за него. Товарищ, который будет стоять перед тобой, легко найдет такое место, с которого он увидит тебя как бы целиком.



Подними руку — товарищу покажется, что ты поднял обе. Но это еще не фокус. А вот если ты ногу поднимешь, товарищ увидит тебя висящим в воздухе!

Жаль, что ты сам не можешь взглянуть на себя «в состоянии невесомости». Придется поменяться с товарищем местами, чтобы увидеть это диво.

### **"ПРЯМОЕ" ЗЕРКАЛО**

В зеркале ты видишь себя не совсем так, как видят тебя другие.

В самом деле, если ты зачесываешь волосы на одну сторону, в зеркале они будут зачесаны на другую. Есть на лице родинки, они тоже окажутся не с той стороны. Если все это перевернуть зеркально, лицо покажется другим, незнакомым.

Как бы все-таки увидеть себя таким, каким видят окружающие? Зеркало все переворачивает наоборот...

Ну что же, давай его перехитрим! Подсунем ему изображение, уже перевернутое, уже зеркальное. Пускай перевернет еще раз наоборот, и все станет на свое место!



Как это сделать?

Да с помощью второго зеркала!

Встань перед стенным зеркалом и возьми еще одно, ручное. Держи его под острым углом к стенному. Ты перехитришь оба зеркала: в обоих появится твое «правое» изображение. Это легко проверить с помощью шрифта. Поднести к лицу книжку с крупной надписью на обложке. В обоих зеркалах надпись будет читаться правильно, слева направо!

А теперь попробуй потяни себя за чуб. Уверен, что это удастся не сразу. Изображение в зеркале на этот раз совершенно правильное, не вывернутое справа налево. Именно поэтому ты и будешь ошибаться. Ты ведь привык видеть в зеркале зеркальное изображение! Бывают, однако, трехстворчатые зеркала, так называемые трельяжи. В них тоже можно увидеть себя «со стороны».

### **"КРИВОЕ" ЗЕРКАЛО**

До сих пор речь шла о «честных» зеркалах. Они показывали мир таким, каков он есть. Ну, разве что вывернутым справа налево.

Но бывают зеркала-дразнилки, кривые зеркала. Во многих парках культуры и отдыха есть такой аттракцион — «комната смеха». Там каждый желающий может увидеть себя то коротким и круглым, как кочан капусты, то длинным и тонким, как морковка, то похожим на проросшую луковицу: почти без ног и с раздутым животом, из которого, словно стрелка, тянется вверх узенькая грудь и уродливо вытянутая голова на тончайшей шее!



«Комната смеха» есть не везде, но зеркала-дразнилки окружают нас и в жизни!

Ты, верно, не раз любовался своим отражением в стеклянном шарике с новогодней елки. Или в никелированном металлическом чайнике, кофейнике, самоваре. Все эти изображения очень забавно искажены и при этом все они уменьшены. Это потому, что «зеркала» выпуклые.

На руле велосипеда, мотоцикла, у кабины водителя автобуса тоже прикрепляют выпуклые зеркала. Они дают не искаженное, но несколько уменьшенное изображение дороги позади, а в автобусах — еще и задней двери. Прямые зеркала тут не годятся: в них видно слишком мало. А выпуклое зеркало, даже маленькое, вмещает в себя большую картину.

Бывают иногда и вогнутые зеркала. Ими пользуются для бритья. Если близко подойти к такому зеркалу, увидишь свое лицо сильно увеличенным. В прожекторе тоже применено вогнутое зеркало. Это оно собирает лучи от лампы в параллельный пучок.

### **ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ЛИНЗА**

Увеличительные стекла - линзы применяются во многих приборах и служат для рассматривания маленьких предметов. Обыкновенные линзы, увеличивая, не дают искажений — они увеличивают равномерно по всем направлениям.

Но существуют цилиндрические линзы, которые увеличивают, например, только по горизонтальному направлению. По вертикальному же направлению

они никакого увеличения не дают. Изображение получается приплюснутым. Давайте сделаем такую линзу.



Возьмите обыкновенный (не граненый) чайный стакан и налейте в него воду. Вертикальная цилиндрическая линза готова!

Чтобы посмотреть, как она работает, нужно взять кусочек белого картона и черным фломастером провести на нем знак «плюс». Вертикальная и горизонтальная черточки должны быть одинаковой длины и пересекаться точно под прямым углом. Поместите картонку со знаком «плюс» за стаканом с водой на расстоянии примерно в два сантиметра. Вы увидите, что горизонтальная линия по толщине не изменилась, но стала длиннее вертикальной. А вертикальная линия не изменилась по длине, но зато стала значительно толще. Поверните картонку, чтобы линии поменялись местами: та линия, которая была горизонтальной, станет вертикальной, а другая — горизонтальной. И опять вы увидите ту же картину, как и в первый раз. Это произошло потому, что наша цилиндрическая линза увеличивает только в горизонтальном направлении.

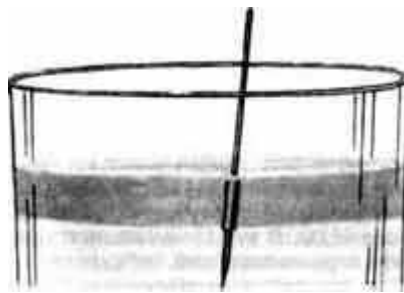
Цилиндрическая линза, вообще говоря, собирает световые лучи в линию. Но оказывается, при некоторых условиях она способна собрать лучи в точку. Сделайте в плотной бумаге отверстие на расстоянии пяти сантиметров от края и, вставив в это отверстие стакан с водой, немного поднимите бумагу, подложив под нее что-нибудь. Укрепите перед краем бумаги расческу. Теперь теневая полоса за расческой нам уже не нужна. Лучи света, проходящие между зубьями расчески, пройдут в стакан и, преломившись в воде, выйдут из другой стороны стакана, собравшись в одну точку, а затем снова разойдутся веером. Прозрачная среда материала, из которого сделана линза, отличается от воздуха и способна преломлять лучи, то есть менять их направление.

Конечно, стакан с водой далеко не идеальная цилиндрическая линза и в этом опыте нет четкого схождения лучей в одной точке, но представление об этом явлении получить можно.

### **ДВУХЭТАЖНАЯ ЛИНЗА**

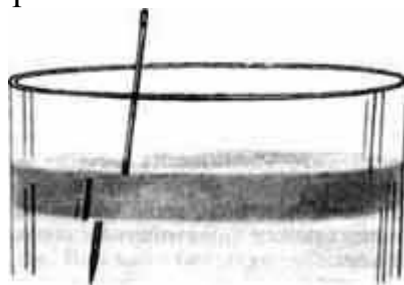
Разные прозрачные вещества преломляют по-разному световые лучи.

Сделаем двухэтажную линзу. В ней будут два разных преломляющих вещества, и поэтому увеличивать они будут по-разному.

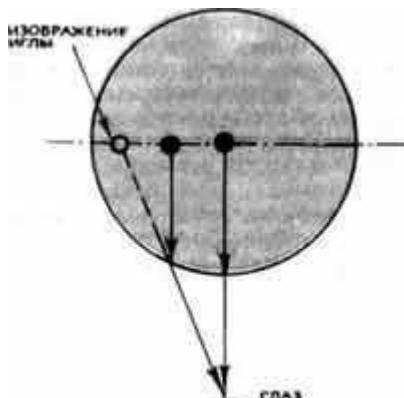


На поверхность воды в стакане налейте слой касторового или постного масла толщиной один сантиметр. Хорошо осветите стакан. Возьмите иглолку и проткните слой масла в центре стакана. Пройдя масло, иглолка должна войти в воду примерно на один сантиметр. Сбоку видно одну сплошную иглолку, но... состоящую из частей разной толщины: нижняя часть иглолки (в воде) стала толще верхней (в воздухе), а средняя (в масле), - самой толстой.

Но сдвиньте немного иглолку влево или вправо к стенке стакана, и она неожиданно «распадется» на три части...



Продолжайте двигать иглолку. Видно, что быстрее всех движется средняя часть, затем — нижняя и, наконец, медленнее всех — верхняя часть иглолки, находящаяся в воздухе.



Отчего? Дело в том, что в воздухе преломления лучей, идущих от иглолки, не происходит; в масле же и в воде, благодаря преломлению света в этих веществах, мы видим отдельные части иглолки как бы не там, где они на самом деле находятся. В воде это смещение меньше, чем в масле, ведь преломляющее свойство воды меньше.

### **РАСSEИВАЮЩАЯ ЛИНЗА**

Линзы не только дают увеличение, есть еще линзы, предназначенные и для уменьшения изображения. Их называют рассеивающими, и у них обязательно есть одна или две вогнутые поверхности.

Сделаем рассеивающую линзу.

Возьмите маленький цилиндрический флакончик из-под лекарства с прозрачным стеклом и резиновой пробкой. Налейте в него воду до самого края

и закупорьте пробкой. Пока получилась небольшая собирательная цилиндрическая линза. Если ее приложить к расческе, хорошо видно, как она увеличивает зубья. Приложите нашу линзу к строчкам газеты — увидите увеличенные буквы.

А теперь сделаем из нее рассеивающую линзу, для этого надо, чтобы одна сторона у нее была вогнутой. Выньте пробку и отлейте каплю воды. Закройте флакончик пробкой и поверните его набок. Под стенкой флакончика появился пузырек воздуха. Нужно добиться, чтобы он был очень маленький и совсем круглый.



Этот пузырек воздуха и образовал нужную нам вогнутость в поверхности воды. В этом месте наша линза стала рассеивающей. Разглядывая через нее зубья расчески или буквы газеты, вы увидите, что она уменьшает изображение. Но на эту рассеивающую линзу влияет выпуклая стенка флакончика с другой стороны. Поэтому лучший результат получится, если рассеивающую линзу изготовить из плоского флакона.

### **САМОДЕЛЬНАЯ СФЕРИЧЕСКАЯ ЛИНЗА**

Есть возможность быстро изготовить сферическую плосковыпуклую линзу. К сожалению, у нее большой недостаток: она получается очень маленького размера.

Возьмите небольшое стекло. Хорошо его вымойте, вытрите, а затем немного потрите пальцем какой-нибудь небольшой его участок или смажьте его тончайшим слоем любого жира. На это место капните из пипетки маленькую каплю воды — и линза готова. Если ее приблизить к кусочку тонкой проволоки или нитки, будет хорошо видно, насколько проволока увеличилась по сравнению с находящимся рядом ее продолжением.

Наша линза, конечно, очень несовершенна и по краям дает сильные искажения.

Различные прозрачные вещества по-разному преломляют световые лучи, например, касторовое или постное масло преломляют сильнее, чем вода. Сильно преломляющим световые лучи является также глицерин. Он густой, и его капля хорошо сохраняет выпуклую форму. А чем выпуклее линза, тем она сильнее увеличивает. Глицерин надо капнуть на стекло, и у вас будет сильно увеличивающая плосковыпуклая линза.

### **КОГДА ЛИНЗА ПЕРЕСТАЕТ РАБОТАТЬ?**

Линза перестанет увеличивать, если ее окружить тем же веществом, из которого она изготовлена.

### **Опыт**

Возьмите стакан с водой и посмотрите сквозь него на пуговицу, приставленную к другой стороне стакана. Пуговица получится увеличенной и растянутой вправо и влево. Увеличение произошло только в горизонтальном направлении, вот она и вытянута по горизонтали.



Теперь опустите пуговицу в таз с водой, положите ее на дно. Погрузите в горизонтальном положении стакан в воду и, держа его горизонтально, посмотрите, как выглядит пуговица.

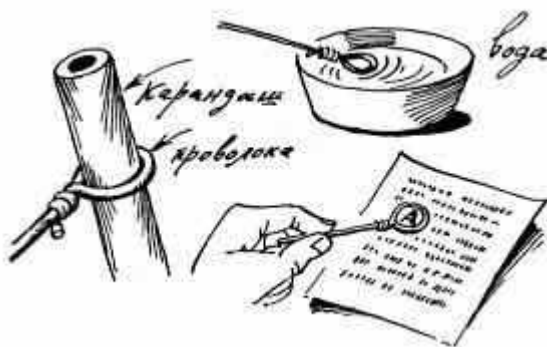
Хотя стакан и наполнен водой, но увеличивать он перестал: вы увидите пуговицу не увеличенной и не приплюснутой, как это было в начале опыта. Просто на дне таза лежит пуговица нормального размера. Это значит, что наша цилиндрическая линза перестала действовать. Теперь закройте рукой отверстие стакана, чтобы вода из него не выливалась, и немного приподнимите его из воды. Линза сразу же опять начнет увеличивать.

А вот рассеивающая линза, если ее тоже опустить в воду, не только не перестанет уменьшать рассматриваемый предмет, а превратится в две рассеивающие линзы, обращенные вогнутыми сторонами друг к другу. Их будет разделять только пузырек воздуха. При проведении этого опыта пузырек воздуха должен быть небольшим и по возможности круглым.

### КАПЕЛЬКА-ЛИНЗА

В этом опыте мы убедимся, что капля воды может служить линзой.

Возьмите кусок проволоки (15 см). Оберните конец проволоки вокруг карандаша, чтобы получилась круглая петля, и снимите с карандаша. Наполните миску водой. Опустите проволоку петлей в воду. Осторожно выньте проволоку из воды и приподнимите петлю над газетой. В петле должна образоваться большая капля воды. Сквозь каплю посмотрите на текст. Чтобы буквы выглядели как можно четче, двигайте проволоку взад-вперед и найдите лучшее положение. Буквы увеличились. Если буквы стали меньше, снова окуните проволоку в воду.



Почему?

Капля воды искривляется и превращается в выпуклую линзу. Тонкая линза используется в качестве увеличительного стекла. Такая же линза находится у нас в глазах. Иногда капля воды так сильно растягивается в петле, что выгибается вниз. Получается вогнутая линза. Такая линза заставляет буквы казаться меньше.

### ОГОНЬ ИЗ ЛЬДИНЫ

Герои Жюль Верна изготовили свою линзу, вырубив ее топором из глыбы льда и отполировав рукой. Можешь попробовать сделать это более легким способом. Только понадобится форма — большая пиала или миска для салата. Тазик не годится: у него дно плоское, а «ледяная зажигалка» должна и посередине быть выпуклой.

Налей в миску чистой воды и выставь на мороз. Когда хорошенько замерзнет, внеси ее в кухню и поставь в большой таз с горячей водой. Как только лед оттает у стенок, вынеси миску снова во двор и выложи готовую «ледяную зажигалку» на чистую доску.

Возьми ее за края и, обратив к солнцу, попробуй собрать его лучи на комке сухой бумаги. Если все сделано хорошо, лед зажжет бумагу.

В летнее время «ледяную зажигалку» можно приготовить в домашнем холодильнике. Правда, в морозильную камеру холодильника, где получают лед, большая миска не влезет. Но хватит и пиалы средних размеров: ведь летнее солнце горячее.

### **УВЕЛИЧИВАЕТ ЛИ УВЕЛИЧИТЕЛЬНОЕ СТЕКЛО?**

Что за вопрос? Крошечное насекомое, маленький винтик, мелкое колесико от часов кажутся гораздо больше, если их рассматривать через лупу или хотя бы через увеличительное стекло от бабушкиных очков. Видны такие подробности, которых не рассмотришь невооруженным глазом.

Но оказывается, что действие лупы сильно зависит от расстояния.

#### **Опыт**

Бери в руки лупу!

Смотри через лупу на какой-нибудь предмет, постелено отодвигаясь от него. Вначале изображение увеличивается, затем начнет раздуваться, как мыльный пузырь, заполнит собой всю лупу и, наконец, расплывется и пропадет.

Продолжай отодвигаться. Изображение появится снова, но, для того чтобы его увидеть, нужно будет держать глаз подальше от лупы. Изображение будет увеличенное, но перевернутое. Отдвигайся еще дальше — и это перевернутое изображение будет становиться все меньше, меньше... Скоро оно станет равным предмету, а потом и вовсе уменьшенным. Значит, увеличительное стекло может увеличивать только вблизи. Удаленные предметы увеличительное стекло не увеличивает, не приближает, а словно бы удаляет.

Как же быть, если мы хотим рассматривать в увеличенном виде удаленный предмет? Артиста на сцене, корабль в море, кратеры на Луне? Увеличительное стекло даст уменьшенное изображение таких предметов. Но зато предмет далеко, а его изображение получится здесь, близко. Значит, это изображение можно рассматривать через второе увеличительное стекло.

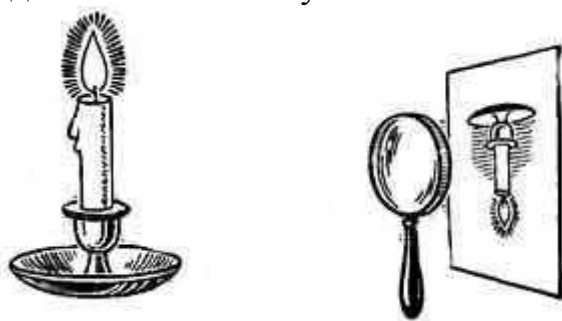
И теперь-то уже изображение можно будет увеличить. Если второе стекло сильнее первого, предмет как бы приблизится к нам. Так удалось создать зрительные трубы, и телескопы, и бинокли. Так увеличительное стекло позволило нам увидеть не только микробов, но и полярные шапки Марса, и кольца Сатурна, и невообразимо удаленные звезды и туманности.

### **ИЗОБРАЖЕНИЕ МОЖНО ПОЙМАТЬ**

Впрочем, поймать можно не всякое изображение. Вот, скажем, изображение, которое получается в зеркале, можно только увидеть глазом. Поймать его невозможно. В самом деле, возьми лист белой бумаги и постарайся расположиться с ним так, чтобы изображение, даваемое зеркалом, получилось на этом листе, как на экране. Можешь особенно не стараться. Все

равно ничего не получится, потому что это изображение мнимое. Так условились называть изображения, которые можно только увидеть, но невозможно получить на экране.

А вот линза дает изображение действительное, которое можно получить на листке бумаги, на экране, на фотографической пластинке. Вспомни хотя бы опыт с зажигательным стеклом. Ведь ослепительно яркое пятнышко, прожигающее бумагу,—это пойманное изображение Солнца. Конечно, оно уменьшенное: ведь Солнце очень далеко от нас, а линза только одна. Но оно уже не мнимое, а вполне действительное. Бумага вспыхивает!



С помощью линзы можно получить и другие действительные изображения. Можешь, например, получить на листе бумаги или на белой стене изображение окна, твоей комнаты и улицы за ним. Этот опыт лучше всего получается под вечер, когда на улице еще светло, но в комнате уже сгущаются сумерки.

В темной комнате легко получить действительное изображение свечи. На расстоянии 1 м от горящей свечи держи лупу, а в нескольких сантиметрах позади нее — лист белой бумаги. Немного подвигав лупу вперед-назад, ты скоро получишь на бумаге резкое изображение свечи. Оно будет перевернутое и уменьшенное. Совсем как изображение окна в предыдущем опыте.

Можно получить и увеличенное действительное изображение свечи. Для этого лупу нужно приблизить к свече. Увеличенное изображение тоже будет перевернутым. Действительные изображения ты видел не раз и очень их любишь. Это изображения на экране кино. Ведь объектив кинопроекторного аппарата — это несколько оптических стекол, с помощью которых маленькая картинка на пленке отбрасывается в увеличенном виде на экран.

### **ПО СЛЕДАМ ЛЕВЕНГУКА**

Сделай в куске картона прокол иглой, получится маленькое отверстие. Интересно, что это отверстие само по себе, без всякого стекла, уже увеличивает. Поднеси картон к самому глазу и гляди через отверстие хотя бы на книжную страницу, но только с расстояния около двух сантиметров. Невооруженным глазом ты ничего так близко не увидишь. А через отверстие буквы покажутся очень большими, словно не в книге, а на афише!



Таким же способом можно рассматривать, например, маленького жучка, наколотого на булавку, мушиную лапку да и мало ли что еще. Условие только одно: наблюдаемый предмет должен быть очень ярко освещен. Лучше всего держать его против света или отбрасывать на него свет лампы с помощью зеркала.

Маленькое отверстие увеличивает потому, что у его краев лучи тоже преломляются, как в линзе. Но ты можешь вставить в это отверстие линзу, и тогда его увеличительное действие намного усилится. Как это сделать? Возьми на кончик булавки капельку чистой воды или вазелинового масла и «посади» ее в отверстие. Конечно, пластинку нужно держать горизонтально, чтобы наша жидкая «линза» не утекла и не потеряла своей круглой формы. Если капелька мала, добавь еще жидкости. Так ты можешь подобрать «линзу» с большим увеличением.

Только пользоваться ею будет очень неудобно. Пластинку нужно держать неподвижно и горизонтально, а голову — очень близко к ней и тоже совершенно неподвижно. Поработай немножко с этим «микроскопом», и ты поймешь, какое терпение было у Левенгука!

### **ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ЛИНЗЫ**

Как определить фокусное расстояние выпуклой линзы?

Приложите белую картонку размером с открытку коротким концом к длинной линейке с того края, где на линейке нулевая отметка. Прикрепите край картонки (примерно 1,2 см) с помощью скотча к линейке и согните картонку так, чтобы она стояла прямо на краю линейки перпендикулярно к ней. Картонка будет служить экраном.



Выйдите из дома и найдите солнечное место. Встаньте так, чтобы солнце оказалось у вас за спиной. Установите свободный конец линейки на правом плече и поддерживайте линейку левой рукой.

Возьмите увеличительное стекло и, удерживая его немного выше линейки, двигайте по направлению к экрану до тех пор, пока на экране не образуется

яркое пятно света. Передвигая линзу вперед и назад вдоль линейки, найдите положение, в котором пятно будет самым маленьким и максимально ярким.

Осторожно: не смотрите прямо на солнце, иначе вы можете повредить глаза, и не держите линзу сфокусированной на картонке более 3—4 секунд, иначе она может загореться.

Запишите величину фокусного расстояния линзы, т.е. расстояния между линзой и экраном.

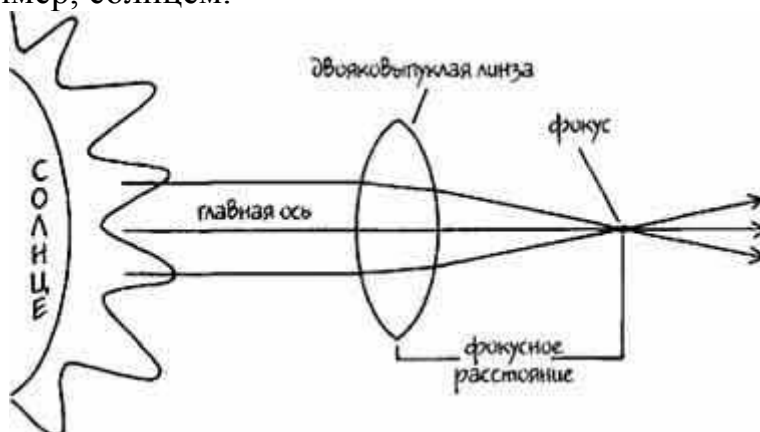
В результате опыта свет, проходящий через линзу, образует на экране маленькое яркое световое пятно.

Почему?

Линза — тело из прозрачного материала с искривленными поверхностями, которое преломляет (изгибает) световые лучи, т.е. изменяет направление проходящего света. Выпуклый означает выгнутый наружу. Линза в увеличительном стекле является выпуклой с обеих сторон. Она называется двояковыпуклой линзой, или двоякособирающей.

Толщина двояковыпуклой линзы максимальна в ее середине, а чем ближе к краям, тем становится меньше. Линия, проходящая через центр линзы перпендикулярно к ее поверхности, называется главной оптической осью линзы. Все световые лучи, входящие в выпуклую линзу параллельно ее главной оси, испытывают преломление в сторону этой оси в момент входа в линзу и в момент выхода из нее. В результате этого преломления они сходятся в некоторой точке на оси, называемой фокусом (фокальной точкой) линзы.

На рисунке изображен ход световых лучей, испускаемых удаленным источником, например, солнцем.



Эти световые лучи можно считать параллельными, когда они достигают земли. Если установить линзу перпендикулярно солнечному свету, солнечные лучи будут проникать в линзу параллельно ее главной оси, преломляться и, на выходе из линзы, сходятся в ее фокусе с образованием яркого пятна света. Расстояние от фокуса (пятна на карточке) до линзы называется фокусным расстоянием ( $F$ ).

## **ЗАГАДОЧНАЯ ПРОБИРКА**

Напишем на белом листе бумаги печатными буквами три слова по-русски: красным фломастером - "машина" и "таблица", а синим фломастером - "снежок".

Возьмите пробирку с пробкой, наполните пробирку водой и закройте ее пробкой. Поверните пробирку горизонтально. Теперь попробуйте посмотреть на написанные слова через пробирку.

Вы увидите, что «красные» слова — «машина» и «таблица» — перевернутся, а «синее» — «снежок», — не подчиняясь законам оптики, останется неперевернутым.

Почему?

Разгадка очень проста. Через пробирку с водой все три слова видны в перевернутом зеркальном изображении: пробирка с водой — это цилиндрическая линза, — но слово «снежок» написано таким шрифтом, что и в перевернутом виде оно не изменяет начертания.

Таким же свойством могут обладать слова «воск», «сено», «конюх» и другие, составленные из 12 «непереворачиваемых» букв: В, Е, Ж, З, К, Н, О, С, Ф, Х, Э, Ю.

Буквы А, Д, Ж, Л, М, Н, О, П, Т, Ф, Х, Ш можно написать таким шрифтом, что они будут симметричны относительно вертикальной оси, и слова, составленные из них, не будут «переворачиваться», если их написать по вертикали и смотреть через пробирку, расположенную также по вертикали.

## **СВОЕНРАВНАЯ СТРЕЛКА**

Нарисуйте на куске плотной бумаги или картона стрелку и поставьте бумагу так, чтобы стрелка показывала, скажем, направо. Поставьте перед листком пустой тонкий стакан: стрелка по-прежнему показывает направо. Но вот в стакан налита «волшебная жидкость» (это вода) — и все видят, что стрелка показывает... налево!

Почему?

А если это не получилось, то как этого добиться?

Стрелка будет смотреть в другую сторону потому, что стакан, наполненный водой (это и есть «волшебная жидкость»), будет действовать как линза. Надо только подобрать расстояние между листком со стрелкой и стаканом: обычно это около 10 сантиметров.

## **РАССЕЯНИЕ СВЕТА**

Частицы вещества, пропускающего свет, ведут себя подобно крохотным антеннам. Эти «антенны» принимают световые электромагнитные волны, и передают их в новых направлениях. Этот процесс называется рэлеевским рассеянием по имени английского физика лорда Рэля (Джон Уильям Стретт, 1842—1919).

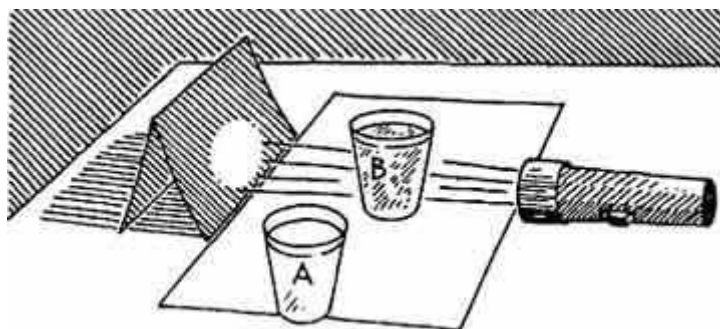
### **Опыт 1**

Положите лист белой бумаги на стол, а рядом с ним фонарик таким образом, чтобы источник света располагался посередине длинной стороны листа бумаги.

Наполните два бесцветных прозрачных пластиковых стакана водой. С помощью маркера обозначьте стаканы буквами А и В.

Добавьте каплю молока в стакан В и размешайте.

Сложите лист белого картона размером 15х30 см вместе короткими концами и согните его пополам в виде шалашика. Он будет служить вам экраном. Установите экран напротив фонарика, с противоположной стороны листа бумаги.



Затемните комнату, включите фонарик и заметьте цвет светового пятна, образованного фонариком на экране.

Поставьте стакан А в центре листа бумаги, перед фонариком, и сделайте следующее: заметьте цвет светового пятна на экране, которое образовалось в результате прохождения света от фонаря через воду; внимательно посмотрите на воду и отметьте, как изменился цвет воды.

Повторите действия, заменив стакан А на стакан В.

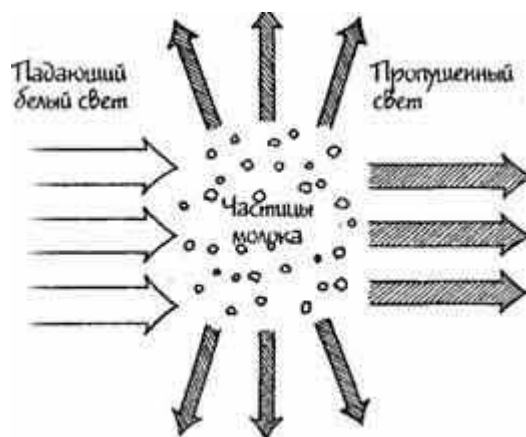
В результате цвет светового пятна, образованного на экране лучом света фонаря, на пути которого нет ничего, кроме воздуха, может быть белым или слегка желтоватым. Когда луч света проходит через чистую воду, цвет пятна на экране не меняется. Не меняется также и цвет воды.

Но после прохождения луча через воду, в которую добавлено молоко, световое пятно на экране кажется желтым или даже оранжевым, а вода становится голубоватого оттенка.

Почему?

Свет, как и электромагнитное излучение вообще, обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами. Распространение света имеет волнообразный характер, а его взаимодействие с веществом происходит так, как будто световое излучение состоит из отдельных частиц. Световые частицы – кванты (иначе фотоны), представляют собой сгустки энергии с различными частотами. Фотоны имеют свойства как частицы, так и волны. Поскольку фотоны испытывают волновые колебания, за размер фотона принимается длина волны света соответствующей частоты.

Фонарь является источником белого света. Это видимый свет, состоящий из всевозможных оттенков цветов, т.е. излучения разных длин волн — от красного, с наибольшей длиной волны, до голубого и фиолетового, с наиболее короткими длинами волн в видимом диапазоне. Когда световые колебания разных длин волн смешиваются, глаз воспринимает их и мозг интерпретирует эту комбинацию как белый цвет, т.е. отсутствие цвета. Свет проходит через чистую воду, не приобретая никакого цвета.



Но при прохождении света через воду, подкрашенную молоком, мы замечаем, что вода стала голубоватой, а световое пятно на экране — желто-оранжевым. Это произошло в результате рассеяния (отклонения) части световых волн. Рассеяние может быть упругим (отражение), при котором фотоны сталкиваются с частицами и отскакивают от них, совершенно так же, как два бильярдных шара отскакивают друг от друга. Наибольшему рассеянию подвергается фотон, когда он сталкивается с частицей примерно такого же, как он сам, размера.

Маленькие частицы молока в воде лучше всего рассеивают излучение коротких длин волн — синее и фиолетовое. Таким образом, при прохождении белого света через воду, подкрашенную молоком, ощущение бледно-голубого цвета возникает из-за рассеяния коротких длин волн. После рассеяния на частицах молока коротких длин волн из светового пучка в нем остаются в основном длины волн желтого и оранжевого цвета. Они и проходят дальше, к экрану.

Если размер частицы больше, чем максимальная длина волны видимого света, рассеянный свет будет состоять из всех длин волн; такой свет будет белым.

### **Опыт 2**

Как зависит рассеяние от концентрации частиц?

Повторите опыт, используя разные концентрации молока в воде, от 0 до 10 капель. Понаблюдайте изменения оттенков цветов воды и света, пропущенного водой.

### **Опыт 3**

Зависит ли рассеяние света в среде от скорости света в этой среде?

Скорость света зависит от плотности вещества, в котором распространяется свет. Чем больше плотность среды, тем медленнее распространяется в ней свет.

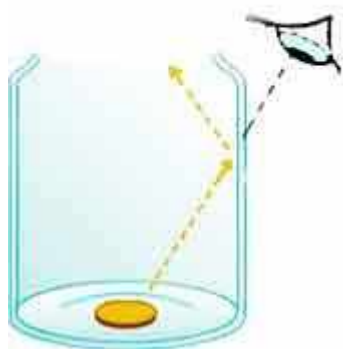
Помните, что рассеяние света в разных веществах можно сравнить, наблюдая за яркостью этих веществ. Зная, что скорость света в воздухе составляет  $3 \times 10^8$  м/с, а скорость света в воде  $2,23 \times 10^8$  м/с, можно сравнить, например, яркость мокрого речного песка с яркостью сухого песка. При этом надо иметь в виду тот факт, что свет, падающий на сухой песок, проходит через воздух, а свет, падающий на мокрый песок, — через воду.



Насыпьте песок в разовую бумажную тарелку. Налейте с края тарелки немного воды. Отметив яркость разных участков песка в тарелке, сделайте вывод, в каком песке рассеяние больше: в сухом (в котором песчинки окружены воздухом) или в мокром (песчинки окружены водой). Можно попробовать испытать и другие жидкости, например, растительное масло.

### **ИСЧЕЗАЮЩАЯ МОНЕТА**

Налей в банку воды и закрой крышку. Положи монету в банку с водой. Посмотри сквозь воду сбоку банки. Видишь ли ты монетку теперь? Монета исчезла ...



Этот опыт удастся благодаря отражению света от стенки банки.

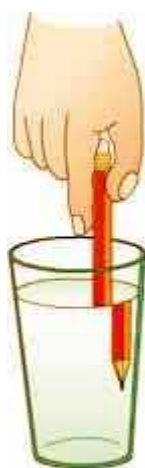
### **СЛОМАННЫЙ КАРАНДАШ**

Этот опыт основан на свойствах воды и света.

Наполни стакан примерно на 2/3 водопроводной водой. Размести стакан с водой и карандаш на столе. Опусти карандаш вертикально в воду, чтобы его кончик оказался примерно посередине между дном стакана и поверхностью воды.

Посмотри сбоку банки на карандаш. Когда ты успел его сломать?

Тебе покажется, что карандаш сломался. Та часть карандаша, что находится под водой, слегка смещена относительно той части, что находится под водой.



Такой эффект возникает благодаря преломлению лучей света. Свет распространяется по прямой, но, когда луч света переходит из одного прозрачного вещества в другое, его направление меняется. Это и есть преломление. Когда свет переходит из более плотного вещества, например, воды, в менее плотное, например, воздух, происходит видимое изменение угла

падения луча. Свет в веществах разной плотности распространяется с разной скоростью.

Свет, отраженный от карандаша, проходя сквозь воздух, кажется находящимся в одном месте, а сквозь воду - в другом.

### **ЖИВАЯ ТЕНЬ**

Если вы станете между источником света и стеной, на стене появится ваша тень - черный силуэт, без глаз, без носа, безо рта. А можно сделать так, чтобы у тени появились и глаза, да не простые, а огромные, как у чудовища, и нос любой формы, и рот, который будет то открываться, то закрываться.

Для этого достаточно стать в углу комнаты возле стены, на которой висит зеркало. Лампу или свечу нужно поставить так, чтобы "зайчик" от зеркала упал на стену, которая служит экраном, точно в том месте, куда ложится тень от вашей головы; на этом месте появится освещенный прямоугольник или овал, в зависимости от формы зеркала.



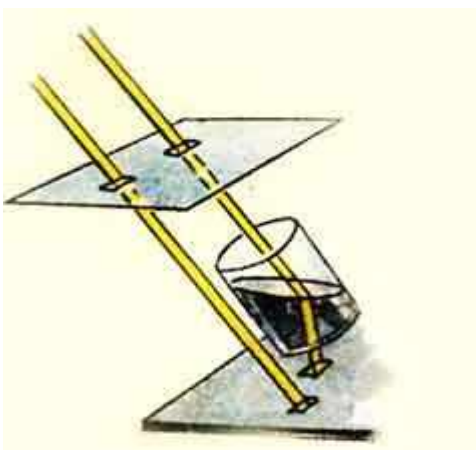
Но зеркало можно закрыть листом бумаги, а в том листе прорезать и глаза, и нос, и рот; они тотчас же вырисуются светлыми пятнами на тени, которую бросает на стену ваша голова.

Если же вы приготовите два листа с разными вырезами, один укрепить на зеркале прочно, а другой будешь то накладывать поверх первого, то снимать, глаза на тени начнут двигаться, и рот будет то открываться, то закрываться. Это очень несложный и веселый фокус.

### **ОПЫТЫ СО СВЕТОМ**

#### **Опыт 1**

Стакан с водой, если его наклонить, становится неплохой призмой, прибором для преломления света.



Попробуй повторить опыт, изображенный на рисунке.

## Опыт 2

Поставьте перед одной из свечей рюмку с подкрашенной красной краской водой. К нашему удивлению, тень фигурки, отбрасываемая этой свечой, покажется нам зеленовато-голубой.



Секрет кроется в особенностях зрения. Если глаз утомлен рассматриванием какого-нибудь цвета, то он становится особенно восприимчивым к цвету дополнительному (дополнительными называются цвета, которые при сложении дают белый цвет).

Для красного цвета дополнительным является зеленовато-голубой цвет.

Если воду подкрасить фиолетовыми чернилами, тень станет желто-зеленой.

## ТЕНЬ ПЛАМЕНИ

Осветите горящую свечу мощной электрической лампой. На экране из белого листа бумаги появится не только тень свечи, но и тень ее пламени.

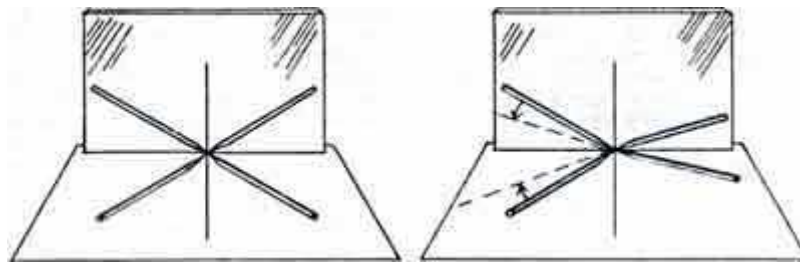


На первый взгляд кажется странным, что сам источник света может иметь собственную тень. Объясняется это тем, что в пламени свечи есть непрозрачные раскаленные частицы и что очень велика разница в яркости пламени свечи и освещающего ее мощного источника света. Этот опыт очень хорошо наблюдать, когда свечу освещают яркие лучи Солнца.

## ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

Для этого опыта нам понадобятся: небольшое прямоугольное зеркало и два длинных карандаша.

Положите на стол лист бумаги и проведите на нем прямую линию. Поставьте на бумагу перпендикулярно проведенной линии зеркало. Чтобы зеркало не упало, позади него положите книги.



Для проверки строгой перпендикулярности нарисованной на бумаге линии к зеркалу проследите, чтобы и эта линия и ее отражение в зеркале были прямолинейными, без излома у поверхности зеркала. Это мы с вами создали перпендикуляр.

В роли световых лучей в нашем опыте выступят карандаши. Положите карандаши на листок бумаги по разные стороны от начерченной линии концами друг к другу и к той точке, где линия упирается в зеркало. Теперь проследите, чтобы отражения карандашей в зеркале и карандаши, лежащие перед зеркалом, образовывали прямые линии, без излома. Один из карандашей будет играть роль падающего луча, другой — луча отраженного. Углы между карандашами и начерченным перпендикуляром получаются равными друг другу.

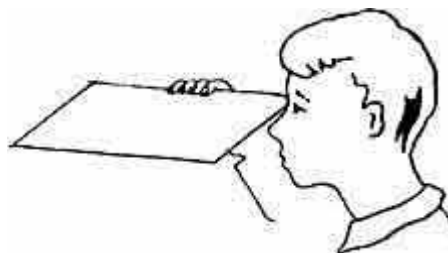
Если теперь вы повернете один из карандашей (например, увеличивая угол падения), то обязательно нужно повернуть и второй карандаш, чтобы не было излома между первым карандашом и его продолжением в зеркале.

Всякий раз, изменяя угол между одним карандашом и перпендикуляром, нужно проделывать это и с другим карандашом, чтобы не нарушить прямолинейности светового луча, который карандаш изображает.

### **ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ**

Бумага бывает разных сортов и отличается своей гладкостью. Но даже очень гладкая бумага не способна отражать, как зеркало, она совсем не похожа на зеркало. Если такую гладкую бумагу рассматривать через увеличительное стекло, то сразу можно увидеть ее волокнистое строение, разглядеть впадинки и бугорки на ее поверхности. Свет, падающий на бумагу, отражается и бугорками, и впадинками. Эта беспорядочность отражений создает рассеянный свет.

Однако и бумагу можно заставить отражать световые лучи по-другому, чтобы не получался рассеянный свет. Правда, даже очень гладкой бумаге далеко до настоящего зеркала, но все-таки и от нее можно добиться некоторой зеркальности.



Возьмите лист очень гладкой бумаги и, прислонив его край к переносице, повернитесь к окну (этот опыт надо делать в яркий, солнечный день). Ваш взгляд должен скользить по бумаге. Вы увидите на ней очень бледное отражение неба, смутные силуэты деревьев, домов. И чем меньше будет угол

между направлением взгляда и листом бумаги, тем яснее будет отражение. Подобным образом можно получить на бумаге зеркальное отражение свечи или электрической лампочки.

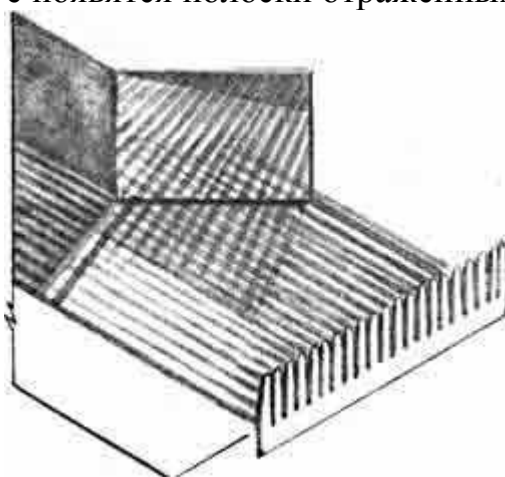
Чем же объяснить, что на бумаге, хоть и плохо, все-таки можно видеть отражение?

Когда вы смотрите вдоль листа, все бугорки бумажной поверхности загораживают впадинки и превращаются как бы в одну сплошную поверхность. Беспорядочных лучей от впадин мы уже не видим, они нам теперь не мешают видеть то, что отражают бугорки.

### **ОТРАЖЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛУЧЕЙ**

Положите на расстоянии двух метров от настольной лампы (на одном с ней уровне) лист плотной белой бумаги. На одном краю бумаги укрепите расческу с крупными зубьями. Сделайте так, чтобы свет от лампы проходил на бумагу сквозь зубья расчески. Около самой расчески получится полоска тени от ее «спинки». На бумаге от этой теневой полоски должны идти параллельные полосы света, прошедшие между зубьями расчески.

Возьмите небольшое прямоугольное зеркало и поставьте его поперек светлых полосок. На бумаге появятся полосы отраженных лучей.



Поверните зеркало, чтобы лучи падали на него под некоторым углом. Отраженные лучи тоже повернутся. Если мысленно провести перпендикуляр к зеркалу в месте падения какого-нибудь луча, то угол между этим перпендикуляром и падающим лучом будет равен углу отраженного луча. Как бы вы ни изменяли угол падения лучей на отражающую поверхность, как бы ни поворачивали зеркало, всегда отраженные лучи будут выходить под таким же углом.

Если нет маленького зеркала, его можно заменить блестящей стальной линейкой или лезвием безопасной бритвы. Результат будет несколько хуже, чем с зеркалом, но все-таки опыт провести можно.

С бритвой или линейкой возможно проделать еще и такие опыты. Согните линейку или бритву и поставьте на пути параллельных лучей. Если лучи попадут на вогнутую поверхность, то они, отразившись, соберутся в одной точке.

Попад на выпуклую поверхность, лучи отразятся от нее веером. Для наблюдения этих явлений очень пригодится та тень, которая получилась от «спинки» расчески.

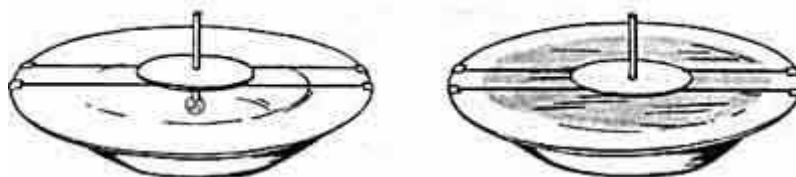
### **ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ**

Интересное явление происходит с лучом света, который выходит из более плотной среды в менее плотную, например, из воды в воздух. Лучу света не всегда удастся это сделать. Все зависит от того, под каким углом он пытается выйти из воды. Здесь угол - это угол, который луч образует с перпендикуляром к поверхности, через которую он хочет пройти. Если этот угол равен нулю, то он свободно выходит наружу. Так, если положить на дно чашки пуговицу и смотреть на нее точно сверху, то пуговица хорошо видна.

Если же увеличивать угол, то может наступить момент, когда нам будет казаться, что предмет исчез. В этот момент лучи полностью отразятся от поверхности, уйдут в глубину и до наших глаз не дойдут. Такое явление называется полным внутренним отражением или полным отражением.

#### **Опыт 1**

Сделайте из пластилина шарик диаметром 10—12 мм и воткните в него спичку. Из плотной бумаги или картона вырежьте кружок диаметром 65 мм. Возьмите глубокую тарелку и натяните на ней параллельно диаметру две нитки на расстоянии трех сантиметров друг от друга. Концы ниток закрепите на краях тарелки пластилином или лейкопластырем.



Затем, проткнув шилом кружок в самом центре, вставьте в отверстие спичку с шариком. Расстояние между шариком и кружком сделайте около двух миллиметров. Положите кружок шариком вниз на натянутые нитки в центре тарелки. Если посмотреть сбоку, шарик должен быть виден. Теперь налейте в тарелку воду до самого кружка. Шарик исчез. Световые лучи с его изображением уже не дошли до наших глаз. Они, отразившись от внутренней поверхности воды, ушли в глубь тарелки. Произошло полное отражение.

#### **Опыт 2**

Надо найти шарик из металла с ушком или отверстием, повесить его на кусочке проволоки и покрыть копотью (лучше всего поджечь кусочек ваты, смоченный скипидаром, машинным или растительным маслом). Далее налейте в тонкий стакан воды и, когда шарик остынет, опустите его в воду. Виден будет блестящий шарик с «черной косточкой». Это происходит потому, что частицы сажи удерживают воздух, который создает вокруг шарика газовую оболочку.

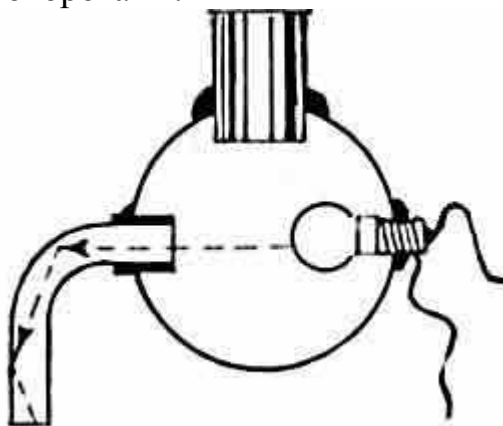
### Опыт 3

Налейте в стакан воду и погрузите в нее стеклянную пипетку. Если ее рассматривать сверху, немного наклонив в воде, чтобы хорошо была видна ее стеклянная часть, она будет так сильно отражать световые лучи, что станет словно зеркальной, будто сделана из серебра. Но стоит нажать на резинку пальцами и набрать в пипетку воду, как сразу же иллюзия исчезнет, и мы увидим только стеклянную пипетку — без зеркального наряда. Зеркальной ее делала поверхность воды, соприкасавшаяся со стеклом, за которым был воздух. От этой границы между водой и воздухом (стекло в данном случае не учитывается) отражались полностью световые лучи и создавали впечатление зеркальности. Когда же пипетка наполнилась водой, воздух в ней исчез, полное внутреннее отражение лучей прекратилось, потому что они просто стали проходить в воду, заполнившую пипетку.

Обратите внимание на пузырьки воздуха, которые иногда бывают в воде на внутренней стороне стакана. Блеск этих пузырьков тоже результат полного внутреннего отражения света от границы воды и воздуха в пузырьке.

### ХОД СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В СВЕТОВОДЕ

Хотя световые лучи распространяются от источника света по прямым линиям, можно заставить их идти и по кривому пути. Сейчас изготавливают тончайшие световоды из стекла, по которым световые лучи проходят большие расстояния с различными поворотами.



Простейший световод можно сделать довольно просто. Это будет струя воды. Свет, идя по такому световоду, встретив поворот, отражается от внутренней поверхности струи, не может вырваться наружу и идет дальше внутри струи до самого ее конца. Частично вода рассеивает небольшую долю света, и поэтому в темноте мы все-таки увидим слабо светящуюся струю. Если вода слегка забелена краской, светиться струя будет сильнее.

Возьмите шарик для настольного тенниса и сделайте в нем три отверстия: для крана, для короткой резиновой трубки и против этого отверстия третье — для лампочки от карманного фонаря. Лампочку вставьте внутрь шарика цоколем наружу и прикрепите к нему два провода, которые потом присоедините к батарейке от карманного фонаря. Шарик укрепите на кране с помощью изоляционной ленты. Все места соединений промажьте пластилином. Затем обмотайте шарик темной материей.

Откройте кран, но не очень сильно. Струя воды, вытекающая из трубки, должна, изгибаясь, падать недалеко от крана. Свет погасите. Присоедините провода к батарейке. Лучи света от лампочки пройдут через воду в отверстие, из которого вытекает вода. Свет пойдет по струе. Вы увидите лишь ее слабое свечение. Основной поток света идет по струе, не вырывается из нее даже там, где она изгибается.

### **ОПЫТ С ЛОЖКОЙ**

Возьмите блестящую ложку. Если она хорошо отполирована, то даже кажется немножко зеркальной, что-то отражает. Закоптите ее над пламенем свечи, да почернее. Теперь ложка ничего уже не отражает. Копоть поглощает все лучи.

Ну, а теперь опустите закопченную ложку в стакан с водой. Смотри: заблестела, как серебро! Куда же копоть-то девалась? Отмылась, что ли? Вынимаешь ложку — черна по-прежнему...

Дело здесь в том, что частички копоти плохо смачиваются водой. Поэтому вокруг закопченной ложки образуется как бы пленка, как бы «водяная кожа». Словно мыльный пузырь, натянутый на ложку, как перчатка! Но мыльный пузырь ведь блестит, он отражает свет. Вот и этот пузырь, окружающий ложку, тоже отражает.

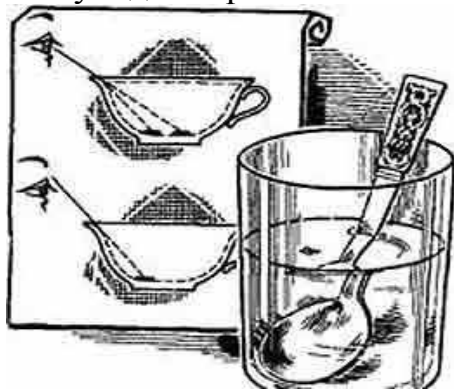
Можете, например, закоптить над свечой яйцо и погрузить его в воду. Оно будет там блестеть, как серебряное.

Чем чернее, тем светлее!

### **ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА**

Вы знаете, что луч света прямолинеен. Вспомните хотя бы луч, пробившийся сквозь щелку в ставне или в занавесе. Золотой луч, полный кружащихся пылинок!

Но... физики привыкли все проверять на опыте. Опыт со ставнями, конечно, очень нагляден. А что вы скажите об опыте с гривенником в чашке? Не знаете, этого опыта? Сейчас мы с вами его сделаем. Положите гривенник в пустую чашку и присядьте так, чтобы он перестал быть виден. Лучи от гривенника шли бы прямо в глаз, да край чашки загородил им дорогу. Но я сейчас устрою так, что вы снова увидите гривенник.



Вот я наливаю в чашку воду... Осторожно, потихоньку, чтобы гривенник не сдвинулся... Больше, больше...

Смотрите, вот он, гривенник!



Появился, словно бы всплыл. Или, вернее, он лежит на дне чашки. Но дно это будто бы поднялось, чашка «обмелела». Прямые лучи от гривенника к вам не доходили. Теперь лучи доходят. Но как же они огибают край чашки? Неужели гнутся или ломаются?

Можно в ту же чашку или в стакан наклонно опустить чайную ложечку. Смотрите, сломалась! Конец, погруженный в воду, переломился вверх! Вынимаем ложечку — она и целая, и прямая. Значит, лучи действительно ломаются!

### **ПРЕЛОМЛЕНИЕ В ЛИНЗЕ**

Сейчас вы в этом окончательно убедитесь. Сделаем опыт со столом, листом белой бумаги и расческой. Здесь нужно будет расположить лампочку на уровне крышки стола, в полутора-двух метрах от края, на краю поставить редкую расческу, а на стол положить белую бумагу. Возьмем обыкновенный чайный стакан с тонкими стенками и нальем в него воду. Прорежем в бумаге отверстие по размеру стакана, вставим в него стакан, а бумагу приподнимем немного, подложив под нее книжки или общие тетради. Нам нужно, чтобы лучи проходили сквозь воду, а не сквозь доньшко стакана.



Готово?

Смотрите: по бумаге протянулись длинные лучи... Они совершенно прямые... Но те, что попали в стакан, сломались. За стаканом они собрались в пучок, а потом разошлись веером. Ну да, конечно, разошлись. Ведь за стаканом они снова совершенно прямые.

Значит, преломление лучей происходит именно в стакане. Точнее, там, где лучи входят в него, и там, где выходят. А то, что они, пройдя через выпуклый, даже круглый стакан, собрались в одной точке, вас не должно особенно удивлять. Стакан работает здесь как увеличительное стекло. Оно имеет форму чечевицы. По-латыни чечевица называется линзой. Поэтому все увеличительные стекла, и все лупы, и вообще все круглые стекла, употребляемые в разных приборах, называли линзами.

Световые волны, как и всякие колебания, могут при определенных условиях и складываться и вычитаться. Когда волны одинаковой длины складываются, происходит усиление света, а когда они вычитаются друг из друга, свет ослабляется или исчезает совсем.

### **ОПЫТ СО ЩЕЛЬЮ**

Для опыта нужно изготовить довольно простой прибор. Возьмите кусочек плотной черной бумаги и лезвием безопасной бритвы сделайте в ней прорез

длиной три сантиметра. Получилась очень узкая щель — это и есть наш прибор.

Эта щель обладает свойством складывать и вычитать световые волны. Посмотрите через нее днем на небо. Вы увидите множество черных параллельных полосок, расположенных вдоль щели. Черные полоски — там, где света нет. В тех местах щели, где есть черная полоска, световые волны как бы «съели» друг друга. Точнее будет сказать, световые волны одинаковой длины вычлись друг из друга и свет в этом месте исчез: образовалась темнота — маленькая черная полоска.

Теперь посмотрите через эту щель на более яркий источник света — на нить горячей электрической лампочки (щель поверните по возможности вдоль раскаленной нити). Кроме черных полосок, увидите по обе стороны нити лампочки множество радужных нитей. По мере удаления от яркой части, от середины, эти радужные нити становятся более тусклыми. Узкая щель обладает способностью, складывая и вычитая световые волны, еще и сортировать их по отдельным цветам (то есть по длинам волн).

Продельвая эти опыты, регулируйте ширину щели. Она должна быть очень узкой, предельно узкой. Этого легко добиться, раздвигая в разные стороны края бумаги.

### **ОПЫТ С ТОНКОЙ ПЛЕНКОЙ**

Тонкие пленки тоже обладают способностью разлагать свет на все цвета радуги. Здесь имеются в виду самые тонкие пленки, какие только можно встретить в природе или создать своими руками, например, при выдувании пузырей, наблюдая пятна машинного масла на мокром асфальте и лужах, поверхность перламутровых раковин, состоящую из тончайших чешуек. Очень красивы пленки, получающиеся при растекании капли лака для ногтей по поверхности воды.

Налейте в тарелку чистую воду и капните туда каплю лака: она растечется тонким слоем по воде. Сделайте из проволоки колечко (диаметром около шести — восьми сантиметров) и, для удобства, ручку. Подденьте кольцом пленку лака и, слегка наклоняя его, снимите пленку. Она будет играть всеми цветами радуги. Такая пленка может храниться довольно долго.



Луч белого света, попадая на тонкую пленку или чешуйку, частично отражается от нее, а частично проходит вглубь и отражается от ее внутренней поверхности. Оба эти отражения попадают к нам в глаза. Ясно, что оба отраженных луча немного отличаются друг от друга: они прошли разные пути. Разница в пути, как вы догадались, примерно равна двойной толщине пленки.

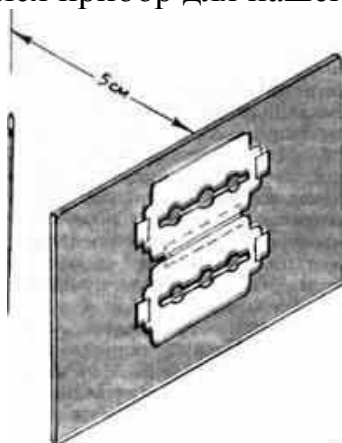
Когда имеешь дело с такими маленькими величинами, как длины световых волн, толщина даже самой тонкой пленки все равно оказывается огромной и разность хода у отраженных лучей получается большой.

Что же происходит с этими двумя отраженными лучами?

Они складываются, вернее, складываются их волны и попадают в наши глаза уже не в виде белого луча, а луча какого-то цвета. Цвет зависит от того, какова толщина пленки (какая получилась разность хода), и от того, под каким углом мы смотрим на эту пленку.

### **ДИАФРАГМА ИЛИ ПРЕВРАЩЕНИЕ ИГОЛКИ**

В куске картона размером с ладонь прорежьте прямоугольное отверстие длиной 3,3 сантиметра и шириной 0,5 сантиметра. Приложите к картонке лезвие безопасной бритвы, перекрыв отверстие до половины его ширины. Лейкопластырем закрепите лезвие на картоне. Затем положите на картон, на открытую часть отверстия до половины его ширины, второе лезвие. Между первым и вторым лезвием оставьте щель шириной 0,5 миллиметра. Второе лезвие тоже закрепите. Получился прибор для нашего опыта с иглой.



#### **Опыт 1**

Поднесите картонку к глазу, повернув щель в горизонтальное положение. Посмотрите сквозь щель на иголку, которую тоже надо держать горизонтально на расстоянии пяти сантиметров от картонки. Вы увидите четкое изображение иголки. Поверните иголку перпендикулярно щели — видимая сквозь щель часть иголки стала размытой, прозрачной.

Что же произошло?

Лучшее расстояние для рассматривания мелких предметов вблизи (как и для чтения) считается равным примерно 25 см для нормальных глаз. Но когда вы держите иголку очень близко от глаза, глаз не способен так настроиться, чтобы изображение получилось резким. Но к этому еще добавляется явление так называемой иррадиации. Оно происходит из-за несовершенства нашего зрения, когда светлые предметы нам кажутся несколько больше размером, чем черные. Попробуйте рассмотреть тонкую черную проволоку, расположив ее против яркого света. Даже на расстоянии лучшего зрения она нам покажется тоньше, чем есть, и притом с нерезкими краями.

Почему же в горизонтальном положении иголка была видна хорошо?

Все дело в щелевой диафрагме, через которую мы на нее смотрели. Диафрагмы обладают способностью увеличивать резкость изображения,

позволяют рассматривать предмет на более близком расстоянии. И явление иррадиации уменьшилось, так как щель уменьшила светлое пространство вокруг горизонтальной иголки.

Чтобы убедиться, какую важную роль здесь играет диафрагма, отнимите ее от глаза, оставив на том же месте горизонтальную иголку. Сразу же иголка станет расплывчатой, как говорят, не в фокусе.

### **Опыт 2**

Приблизьте страницу книги к одному глазу на расстояние пять сантиметров. Если у вас нормальное зрение, то вы вряд ли сможете различить расплывчатые буквы. Но если вы будете на таком же расстоянии смотреть на буквы через проколотое иглой в тонком картоне отверстие, то увидите буквы очень четко, и даже увеличенного размера. Диафрагма увеличения не делает. Она дает возможность приблизить глаз к рассматриваемому предмету. Возможность разглядывать мелкие предметы зависит от угла зрения. Угол зрения образуют прямые линии, мысленно проведенные от краев рассматриваемого предмета на наш глаз. Чем больше угол зрения, тем лучше различимы подробности на рассматриваемом предмете. При рассматривании букв на очень близком расстоянии угол зрения значительно увеличивается, а диафрагма обеспечивает четкость изображения.

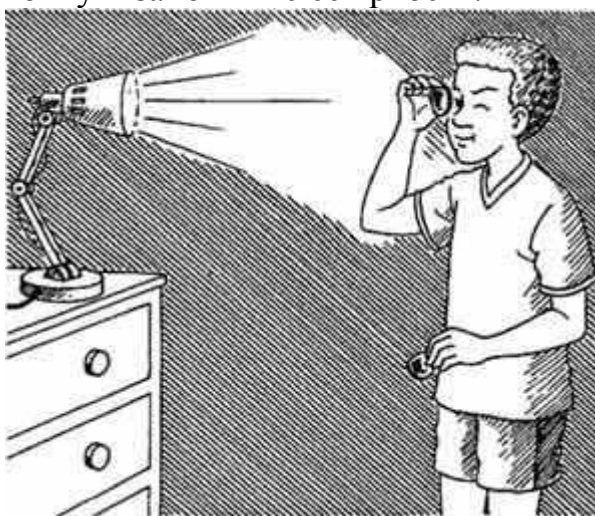
### **ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА**

Неполяризованный свет, например, солнечный, состоит из электромагнитных волн, в которых электрические поля колеблются во всевозможных направлениях.

Поляризованный свет состоит из электромагнитных волн, которые колеблются в одном направлении или в одной плоскости.

### **Опыт 1**

Включите настольную лампу (накаливания) и установите ее так, чтобы была видна лампочка накаливания. Встаньте на расстоянии примерно 1 м от нее. Посмотрите на лампочку и запомните ее яркость.



Выньте пластиковые линзы из очков.

Стоя на расстоянии 1 м от лампы, закройте один глаз и посмотрите другим на лампу сквозь одну из поляризующих линз от очков. Запомните яркость лампочки в этом случае.

Возьмите вторую линзу и держите ее перед первой, не касаясь ее. Закрыв один глаз, посмотрите на лампочку сквозь обе линзы. Не меняя положения первой, вращайте вторую линзу до тех пор, пока яркость лампочки не станет максимальной. Затем медленно поверните вторую линзу на  $90^\circ$ , наблюдая при этом за тем, как будет меняться яркость лампочки.

Что должно было произойти?

Яркость лампы уменьшается, когда вы рассматриваете ее сквозь линзу. Если посмотреть на лампу сквозь обе линзы, то можно убедиться, что ее яркость стала еще меньше. При вращении одной из линз перед другой вы увидите, что яркость лампы становится все меньше и меньше. Наконец вы вообще перестанете видеть свет от лампы.

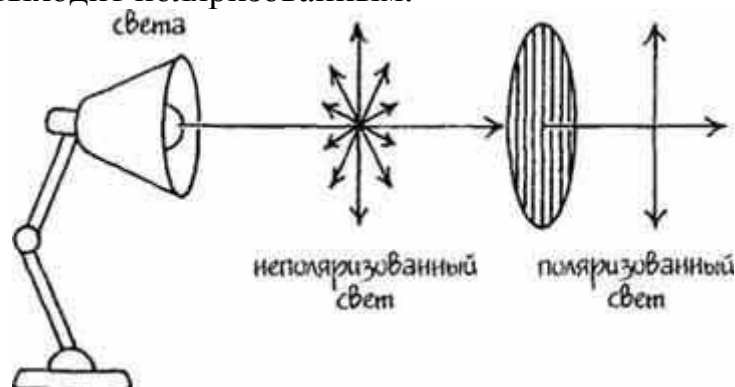
Почему?

Видимый свет — способ распространения энергии в виде электромагнитных волн. Свет представляет собой поперечные волны, колебания которых происходят во всех направлениях перпендикулярно к направлению распространения света. Поляризованный свет — это такие электромагнитные волны, у которых колебания электрических полей параллельны друг другу. Поляризация света характеризует направление электрического поля в электромагнитной световой волне. Световая волна, электрическое поле которой колеблется в вертикальном направлении, является вертикально поляризованной. Световая волна, электрическое поле которой колеблется в горизонтальном направлении, называется горизонтально поляризованной.

Неполяризованный свет содержит световые волны с электрическими полями, чьи колебания происходят в различных направлениях. Пример неполяризованного света — свечение лампы накаливания в нашем опыте.

Поляризующая линза действует как поляризатор, т.е. такое вещество, которое, при прохождении через него света, пропускает только электрические поля, колеблющиеся в одном направлении или в одной плоскости.

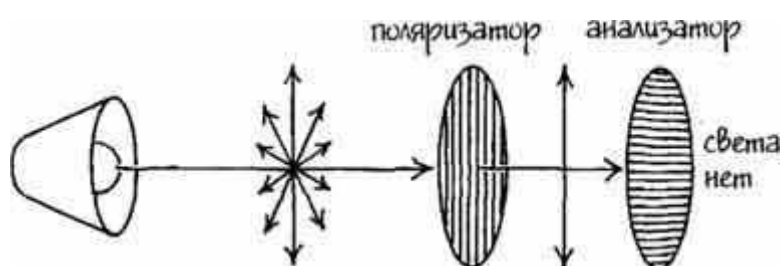
Когда свет попадает на поляризующую линзу, часть его отражается, а часть поглощается линзой. Через линзу проходит только та часть света, у которого электрические поля колеблются в одной заданной плоскости. Из поляризатора свет выходит поляризованным.



На рисунке показана вертикальная поляризация света. Поляризующие солнцезащитные очки сделаны из синтетического материала с добавлением игольчатых кристаллов. Эти кристаллы ориентированы параллельно друг

другу. Благодаря им поляризующая линза действует таким образом, как будто она состоит из множества параллельных щелей. Поэтому через поляризатор проходят только те световые волны, у которых плоскость колебаний электрических полей совпадает с направлением расположения параллельных щелей.

Если разместить друг перед другом две поляризующие линзы, они будут действовать как два одинаково ориентированных поляризатора. Первая линза по ходу распространения света называется поляризатором, а вторая линза — анализатором (анализатор — такой поляризатор, который используется для определения поляризации света). Когда кристаллы в обеих линзах ориентированы параллельно друг другу, то через линзы проходит максимально возможное количество света. Если, начиная от этого положения, повернуть анализатор на  $90^\circ$ , кристаллы в линзах окажутся расположенными под прямыми углами друг к другу, и поляризованный свет не сможет пройти через анализатор.



### Опыт 2

Как влияют на свет неполяризующие линзы?

Повторите опыт с линзами, взятыми из каких-либо дешевых, неполяризующих солнцезащитных очков.

### Опыт 3

Как определить угол полной поляризации света при отражении от воды?

Неполяризованный свет становится частично поляризованным при отражении от неметаллических поверхностей, например, от воды или стекла. Часть света при этом пропускается и/или поглощается. Параллельные лучи падающего света испытывают сильное отражение от поверхности. Отраженный свет оказывается частично поляризованным в направлении, параллельном поверхности, от которой он отражается. Итак, когда свет отражается от глади озера или от другой какой-либо поверхности, параллельной поверхности Земли, он становится горизонтально поляризованным. При некотором угле падения (угле между падающим лучом света и линией, перпендикулярной к поверхности) свет, отраженный от неметаллической поверхности, становится полностью поляризованным. Такой угол падения света называется углом полной поляризации.

Наполните большую миску водой и поставьте ее на стол в темной комнате. Зажгите фонарик, расположите его над водой и направьте свет перпендикулярно (по нормали, под углом  $90^\circ$ ) к поверхности воды. Сядьте лицом к миске с водой и наблюдайте за поверхностью воды через поляризующую линзу. Поскольку вода действует как поляризатор, линза является анализатором.

Часть света войдет в воду и будет видно как световое пятно на дне миски, а часть света отразится от поверхности воды, в результате чего появится изображение (образ физического объекта, сформированный отраженным от поверхности светом) фонаря.

Поверните анализатор, чтобы определить, поляризован ли свет, отраженный от поверхности воды. Степень поляризации определяется тем, насколько сильно исчезает отраженный свет (изображение). Если видимое вами изображение не изменится, это значит, что отраженный свет не поляризован. Если при повороте линзы-анализатора наступит момент, когда изображение полностью исчезнет, это значит, что отраженный свет поляризован на 100%.

Увеличьте угол падения света, сильнее наклонив фонарик, и проанализируйте отражение света при новом угле. Продолжайте ваше исследование для разных углов, пока пучок света от фонаря не станет параллельным поверхности воды.

#### **Опыт 4**

Как влияет на поляризацию материал, из которого сделана отражающая поверхность?

Повторите предыдущий опыт с использованием различных материалов. В качестве гладкой металлической поверхности можно взять плоскую сковородку.

#### **Опыт 5**

Как определить оптическую активность различных веществ?

Вещество называется оптически активным, если оно поворачивает плоскость поляризации световых волн, проходящих через него.

Чтобы узнать, является ли пластиковый стакан оптически активным, поместите его на одной прямой с лампой, поляризатором и анализатором. Вращайте анализатор и наблюдайте, как будет меняться цветовая картина.

Чтобы проверить оптическую активность скотча, можно натянуть кусок прозрачной ленты на какую-нибудь небольшую рамку, вырезанную, например, из картона, и поместить рамку на одной прямой линии с лампой, поляризатором и анализатором, между поляризатором и анализатором. Вращайте анализатор и наблюдайте, как будет меняться цветовая картина.

#### **ЕЩЕ РАЗ**

Наденьте поляризующие солнцезащитные очки. Посмотрите, как выглядят предметы вокруг вас.

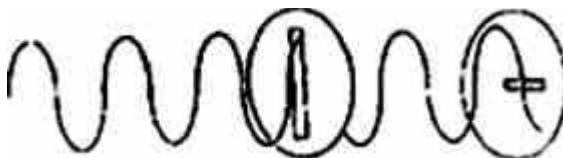


Поместите перед глазами вторую пару очков. Медленно вращайте рукой вторые очки так, чтобы одна из линз поворачивалась перед вашим правым глазом. Наблюдайте за качеством изображения по мере вращения очков.

Надетые очки снимают блики с блестящих предметов и меняют форму тени. Когда вы вращаете перед глазом поляризующую линзу от вторых очков, изображение темнеет и наконец исчезает совсем.

Почему?

На поляризующей линзе нарисовано бесчисленное множество параллельных штрихов.

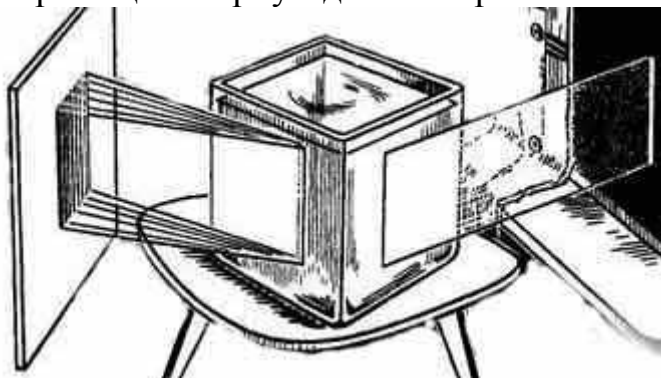


Световые колебания, которые совершаются в плоскости, параллельной направлению штрихов, проходят, а все другие колебания пройти не могут.

Пучок белого солнечного света, проходя через прозрачную призму, разлагается на экране в радужный спектр, потому что показатели преломления вещества призмы не одинаковы для лучей света различной цветности. Это явление называется дисперсией. Как же получить спектр, если нет стеклянной призмы?

### **ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ АКВАРИУМА**

Самое интересное зрелище аквариум дает в хорошо затемненной комнате!



В солнечный день завесь окно плотными шторами или одеялом, а небольшую часть окна закрой картонкой, в которой прорежь щель шириной 2 см и высотой 10 см и приколи его кнопками к раме окна. Лучи солнца пройдут через щель широкой лентой. На их пути установи аквариум так, как показано на рисунке. Лучи должны пройти через две стенки аквариума, сходящиеся под углом. На том месте, куда они упадут, поставь лист белой бумаги. На этой бумаге ты получишь чудесную разноцветную полосу! Порядок цветов в ней будет точно такой, как в радуге: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Этот опыт лучше всего получается, когда солнце стоит невысоко. Для него удобны окна, выходящие на восток или на запад. В окно, выходящее на юг, лучи солнца будут падать слишком отвесно. Придется пристроить за окном зеркало так, чтобы оно отражало лучи солнца в горизонтальном направлении.

### **ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ ВОДЯНОЙ ПРИЗМЫ**



Прекрасную радугу можно получить с помощью миски с водой. Только в этом случае понадобится еще зеркало шириной 12 см и высотой 20 см, которое надо положить на дно миски с водой.



Луч солнца пройдет сквозь щель в листе картона, которым закрыто окно, и попадет в миску. Там он нырнет в воду, отразится от зеркала, снова выйдет на поверхность и попадет на лист бумаги, приколотый ниже щели. Получится радуга с красным цветом наверху и голубым внизу!

### **АНОМАЛЬНАЯ ДИСПЕРСИЯ**

Проходя через прозрачную стеклянную призму, красные лучи (длина волны 760—640 мкм) отклоняются меньше, а фиолетовые (440—400 мкм) больше. По этой причине в непрерывном спектре его красная часть короче, а фиолетовая длиннее.

Длина самого спектра, его растянутость, зависит от вещества, из которого сделана призма. Так, например, спектр, который возникает при прохождении света через призму из сероуглерода, в 6 раз длиннее спектра, получаемого от призмы из воды.



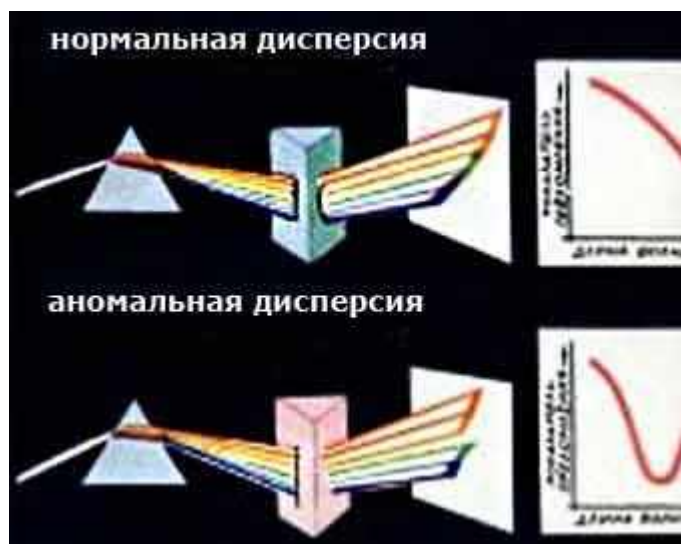
Измеряя показатель преломления для лучей разного цвета, можно исследовать преломляющую способность вещества призмы, построить график зависимости показателя преломления от длины волны.

Это удобно делать с помощью двух скрещенных призм. Цветная полоска после первой призмы, расположенной горизонтально, попадает на вторую, вертикальную, и отклоняется ею, причем в большей степени отклоняется фиолетовая часть спектра. На экране появляется изогнутая цветная полоска — результат действия двух призм.

Исаак Ньютон на основании опытов пришел к выводу, что призмы, сделанные из любого прозрачного вещества, дают изогнутые полосы, похожие друг на друга, что относительная дисперсия различных прозрачных веществ одинакова.

Но оказалось, что есть вещества, не подчиняющиеся этому закону. Не всегда наблюдается увеличение показателя преломления при уменьшении длины волны. О таких веществах говорят, что они дают аномальную дисперсию.

В 1862 году французский ученый Леру проводил опыты с призмами, наполненными парами йода. Он был удивлен тем, что полоска на экране приняла необычный вид: она «разорвалась» на две части, а синие лучи преломлялись меньше, чем красные. В месте разрыва лучи поглощались йодом, и как они себя ведут здесь, не было видно. График зависимости показателя преломления от длины волны «взгорбился» и тоже совсем не был похож на обычный.



Есть много веществ, которые дают аномальную дисперсию, и все они сильно поглощают свет в той области, где наблюдается отклонение от нормальной дисперсии. Дальнейшие исследования показали, что любое вещество, даже стекло или кварц, дает аномальную дисперсию, но она наблюдается в невидимой части спектра — инфракрасной или ультрафиолетовой.

У любого вещества есть свои полосы поглощения, и поэтому аномальная дисперсия, по сути дела, — это та же нормальная дисперсия, присущая всем прозрачным веществам, и противопоставлять их друг другу не имеет смысла.

Казалось бы, стоит присоединить к телескопу микроскоп, и мы получим громадное увеличение, позволяющее видеть самые далекие галактики.

Казалось бы, стоит только добавить к микроскопу несколько линз, и станут видны если не атомы, то вирусы.

Но и тут и там одна и та же история: появляются какие-то ложные изображения!

Виновато в этом явление дифракции — огибание преграды световыми лучами.

Но нет худа без добра!

Та же дифракция очень полезна, поскольку позволяет делать красочные наклейки и объемные голограммы, сверхточные химические приборы и антенны радиолокаторов.

### **ОПЫТ С БУЛАВКОЙ**

Обычная булавка с колечком укреплена на кусочке дерева и освещена лампой карманного фонари с расстояния 1 — 1,5 м. Если на булавку посмотреть через лупу, то станет отчетливо видна дифракционная картина.



Точно так же рассмотрение мелких предметов через микроскоп с очень большим увеличением позволяет отчетливо видеть их дифракционные картины, и их нередко принимают за реальные детали, иногда приводило к ложным открытиям.

### **ОПЫТ С БУМАГОЙ**

Можно увидеть дифракцию света и на круглом отверстии в листе черной бумаги.

Сделайте большое отверстие, например, при помощи дырокола. Тогда под лупой будет видна легкая цветная кайма по его краям снаружи. У луча света, выходящего из большого отверстия, дифракционная картина почти незаметна. В большинстве случаев ее можно вообще не учитывать, полагая, что свет распространяется исключительно прямолинейно. Дифракционная картина крохотного отверстия, проколотого в бумаге иглой, гораздо больше, чем оно само, и выглядит как система колец.



В этом случае отверстие выступает как источник света с малыми угловыми размерами. Его можно заменить светящейся точкой любого происхождения.

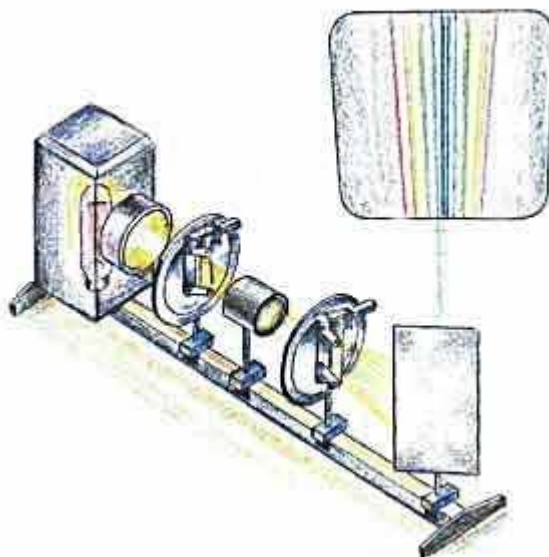
Взяв, например, отражение солнца в шарике от подшипника, лежащем на черном фоне, можно увидеть отчетливую картину, состоящую из колец, как дифракция на отверстии.

Отражение солнца в шарике — не что иное, как его оптически уменьшенное изображение! Так, например, в шарике диаметром 3 мм мы видим солнце таким, каким бы оно виделось с очень далекой планеты. Поэтому звезды, находящиеся от нас гораздо дальше, предстают перед окуляром обычного телескопа как крохотные светящиеся точки, при увеличении которых можно видеть лишь их дифракционные картины.

### **ОПЫТ ПО ДИФРАКЦИИ НА ЩЕЛИ**

Не забудьте о затемнении!

Опытная установка состоит из осветителя с конденсором, двух раздвижных щелей и объектива. Развернем лампу на 80 — 85 градусов, чтобы ее спираль посылала в направлении оси прибора максимум света. Первую щель надо раздвинуть при помощи регулировочного винта до ширины 1,5 — 2 мм, установив ее в таком месте, где покрывающий ее световой поток наиболее ярок.



Далее надо с помощью объектива получить четкое яркое изображение щели на экране. Установите за объективом вторую раздвижную щель так, чтобы просвет ее был строго параллелен просвету первой щели. Далее медленно уменьшайте просвет второй щели примерно до 0,02 — 0,05 мм, и вы получите на экране четкую картину дифракции.

### **ОПЫТ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА**

Луч лазера необходимо направить в объектив микроскопа со стороны резьбы. Выходящий из него луч надо сфокусировать на крохотном отверстии. За ним на экране возникает четкая яркая картина дифракции. Если на пути луча лазера поставить дифракционную решетку, на стене можно получить яркое изображение ее максимумов.