



«СВОИМИ РУКАМИ»

Методические рекомендации для педагогов среднего и
дополнительного образования по организации практической
работы на занятиях

Москва 2018

Методические рекомендации подготовлены АНО «Центр по развитию технологий будущего» с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов.

«Своими руками». Методические рекомендации для педагогов среднего и дополнительного образования по организации практической работы на занятиях. М., 2018.

В методических рекомендациях предлагается набор сценариев проведения практических занятий со школьниками.

Введение

Включение в урок или в факультативные занятия со школьниками элементов практической работы «своими руками» помогает лучше усваивать материал, способствует повышению мотивации школьников, развивает их интерес к науке.

В методических рекомендациях предлагаются сценарии проведения таких занятий.

Важно, что в большинстве случаев все инструменты и материалы легко доступны, а само занятие не занимает много времени и не требует много ресурсов.

Материал будет полезен педагогам, работающим со старшеклассниками в школах и иных образовательных учреждениях, летних лагерях.

Эксперимент с голубой бутылкой

Автор: Вера Корнеева (опубликовано в журнале «Кот Шрёдингера»)

Вокруг нас постоянно протекает множество химических реакций. Что-то окисляется, что-то восстанавливается. Мы не всегда замечаем, как это происходит. Например, глюкоза — основной источник энергии в организме — постоянно окисляется кислородом до глюконовой кислоты. Обычно эта реакция проходит незаметно, но сейчас мы попробуем этот процесс раскрасить и немного им поуправлять.

Что понадобится. Материалы

- 0,5 л воды (можно из-под крана)
- 5 г гидроксида натрия (эта щелочь — основной компонент сухих средств для прочистки труб «Крот» или «Мистер Мускул»)
- Глюкоза (покупаем в аптеке 40%-, он же 400 мг/мл раствор глюкозы для инъекций, лучше в пластиковых ампулах)
- Краситель метиленовый синий (продается в зоомагазине в качестве лекарства для рыбок, лучше брать самый дешевый)
- Прозрачная пластиковая бутылка с крышкой 0,5 л
- Еще несколько прозрачных небольших бутылок/банок (например, из-под горчицы или детского питания)
- Воронка
- Столовая ложка
- Перчатки

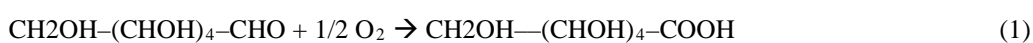
Что делать. Пошаговая инструкция

1. Перед началом работы внимательно ознакомьтесь с рекомендациями по технике безопасности при использовании средства для прочистки труб и наденьте перчатки.
2. Отмерьте столовую ложку сухого средства для прочистки труб (щелочь).
3. Аккуратно через воронку пересыпьте щелочь в бутылку и растворите в 250 мл воды (тут большая точность не требуется, надо налить примерно полбутылки).
4. Плотнo закройте бутылку крышкой и перемешивайте до полного растворения гранул. Будьте аккуратны: бутылка может сильно нагреться (щелочь растворяется в воде с выделением тепла).
5. Вылейте содержимое одной ампулы с глюкозой в бутылку; добавляя воду, доведите общий объем раствора до 0,5 л, закройте крышку и хорошо перемешайте.

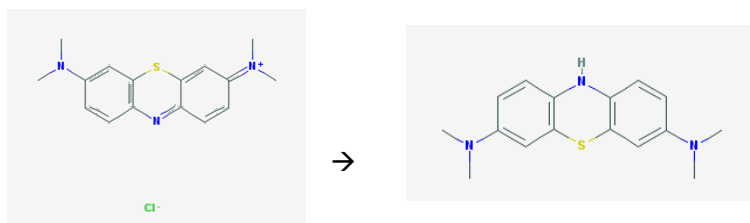
6. Добавьте 5–7 капель метиленового синего и перемешайте. Раствор станет ярко-синим.
7. Закройте крышку и подождите несколько минут.
8. Через некоторое время раствор станет прозрачным — чтобы снова сделать его синим, просто потрясите бутылку.

Как это работает

Так что же происходит в нашей бутылке? Как уже говорилось, глюкоза окисляется кислородом до глюконовой кислоты (1), и чтобы раскрасить этот процесс, мы добавляем метиленовый синий. Глюкоза в растворе переходит в енольную форму, затем окисляется до глюконовой кислоты, а метиленовый синий восстанавливается и превращается в бесцветный лейкометиленовый синий (2).



(2)



В присутствии ионов натрия (помните, мы добавляли гидроксид натрия?) глюконовая кислота быстро превращается в глюконат натрия.

Почему же бутылка синеет, если ее потрясти? При встряхивании мы насыщаем раствор кислородом из воздуха — бесцветный лейкометиленовый синий окисляется до метиленового синего. Происходит окрашивание, и все повторяется.

Такие циклы будут происходить, пока не закончится кислород в бутылке или вся глюкоза не превратится в глюконовую кислоту.

Скорость реакции можно изменять, наливая раствор, например, почти до краев бутылки, до половины или на четверть. Так мы изменяем количество доступного кислорода. Посмотрите, когда реакция идет быстрее.

Игла, батарейка и ложка

(Опубликовано в журнале «Кот Шрёдингера»)

Гравировка — понятие всем, безусловно, знакомое, но многие ли знают, как она делается? Мы предлагаем провести простой эксперимент и познакомиться с процессом физико-химической гравировки на практике. Если вы успешно справитесь с заданием, у вас останется оригинальный сувенир, ну и немножко знаний по физике.

Что понадобится. Материалы

- Батарейка 9 В (известна как «крона»)
- Два тонких одножильных изолированных провода длиной около 15 см каждый (для удобства можно добавить 4 зажима-«крокодильчика»)
- Карандаш, парафиновая свеча (или лак для ногтей)
- Наждачная бумага с самым мелким зерном (продается в хозяйственных магазинах)
- Поваренная соль
- Вата
- Небольшая тарелка
- Швейная игла (что-то острое)
- Сам объект гравировки — любой металлический предмет (мы, например, гравировали ложки и вилки)

Что делать. Пошаговая инструкция

1. В тарелку наливаем теплую воду и насыпаем поваренную соль. Перемешиваем. Соль насыпаем до тех пор, пока она не перестанет растворяться в воде.

Немного физики: раствор соли — проводник электрического тока. Чистая вода ток не проводит, однако молекула соли, попадая в воду, образует по одной положительно и отрицательно заряженной частице, — они и становятся переносчиками заряда, делая раствор проводником.

2. Берем нашу ложку (или что-то еще) и тщательно зачищаем место будущей гравировки наждачной бумагой. В результате этот участок должен приобрести матовый оттенок.

Немного физики: со временем поверхность металла окисляется (электроны покидают его верхний слой), из-за чего появляется пленка, препятствующая дальнейшим химическим реакциям. Поэтому, прежде чем приступить к гравировке, эту пленку нужно убрать.

3. Зажигаем свечу и начинаем капать расплавленным парафином на очищенное место — важно покрыть его сплошным слоем. На этом этапе понадобятся некоторая сноровка и терпение. Вместо парафина можно использовать лак для ногтей.

Немного физики: поскольку при гравировке металл растворяется, те места, которые будут фоном рисунка, нужно защитить, покрыв слоем диэлектрика, то есть материала, не проводящего ток.

4. С помощью швейной иглы начинаем вырезать в парафине буквы (или целый рисунок), которые хотим выгравировать. Делаем все аккуратно, чтобы не оторвать защитный слой. Прорезать парафин нужно до самого металла.

5. Собираем электрическую цепь. Подсоединяем два провода к полюсам батарейки (там есть значки «+» и «-»). Заточиваем карандаш с обеих сторон. Один конец должен быть максимально острым, другой — каким угодно. Провод с положительного полюса батарейки подсоединяем к гравивируемому объекту. В результате наша установка должна выглядеть следующим образом: батарейка, один провод от которой присоединен к гравивируемому предмету, другой — к грифелю карандаша. Острый конец карандаша пока свободен и просто лежит на столе.

Немного физики: как только вы замкнете цепь, по ней начнет течь ток. Это вроде и так понятно.

6. Приступаем к гравировке. Берем вату и смачиваем ее в солевом растворе. Далее выжимаем раствор на слой парафина так, чтобы он заполнил все вырезанные углубления. Затем берем карандаш и острым концом начинаем водить по прорезанным углублениям. Здесь важно ни в коем случае не прикасаться грифелем к металлу. Вы увидите, что при погружении грифеля в раствор начинает выделяться газ, а сам раствор в области контакта постепенно мутнеет и коричневеет.

Немного физики. Маршрут у тока следующий: батарейка — провод — металлический предмет — раствор — грифель — провод — батарейка. Жидкость начинает мутнеть, потому что растворяющийся металл, попадая в нее, вступает в реакцию с водой и кислородом, образуя коричневатое вещество — ржавчину.

7. Когда раствор станет совсем мутным, нужно аккуратно собрать его ваткой и нанести новую порцию. Чем дольше вы так делаете, тем глубже будет гравировка. Главное не торопиться. Поменять раствор придется не менее 5–6 раз.

Немного физики: менять раствор нужно потому, что становится невозможно различить, где есть защитное покрытие из парафина/лака, а где нет.

8. Если вы уже сердцем чувствуете (по-другому никак не проверить), что гравировка достаточно глубокая, отсоединяйте провод, убирайте слой парафина и наслаждайтесь делом рук своих!

Возможные проблемы и их решение

Парафин/лак не держится на поверхности. Не переживайте — попробуйте еще раз. Если все равно не получается, зачистите получше поверхность наждачной бумагой.

Раствор не мутнеет. Возможно, вы перепутали полярность (просто поменяйте местами провода), батарейка разряжена, или просто провода плохо соединены с батарейкой, грифелем или гравировемым предметом.

Во время вырезания в парафине вы случайно махнули лишку. В таком случае на это место придется заново нанести парафин.

Вообще ничего не получается. Не волнуйтесь! Проверьте, все ли вы сделали по инструкции, и попробуйте еще раз.

Как это работает

Из-за разности потенциалов в батарейке возникает направленное движение электронов от грифеля карандаша к предмету, который мы гравировем (от «-» к «+»). Одновременно, чтобы скомпенсировать этот поток, в противоположную сторону (от «+» к «-») начинают двигаться положительно заряженные частицы металла. В результате этого движения они покидают кристаллическую решетку (на поверхности появляются «дорожки») и переходят в раствор.

Как сделать робожука из зубной щетки и сломанного мобильного

Авторы: Лилия Шевчук, Ольга Волкова (опубликовано в журнале «Кот Шрёдингера»)

Если у вас есть ненужная зубная щетка и отслуживший свое мобильный телефон с работающим виброэлементом, вы можете сделать славного робожучка. Щетка замечательна тем, что двигается в сторону, если на нее нажать сверху. А вибромотор как раз совершает такие маленькие быстрые нажатия — по сотне раз в секунду. Разве они не созданы друг для друга?! Мы делаем таких робожуков у себя в музее занимательных наук «Кварки». И они приводят в одинаковый восторг и детей, и взрослых.

Что понадобится. Материалы

- Зубная щетка
- Виброэлемент от мобильного телефона с припаянными контактами
- Часовая батарейка
- Фольгированный скотч или изолента
- Двусторонний скотч
- Ножницы
- Канцелярский нож
- Ножовка
- Бумага
- Цветные карандаши или фломастеры

Что делать. Пошаговая инструкция

1. Отпилите головку у зубной щетки.
2. Немного подрежьте щетину, если это требуется: все волоски должны быть одной длины.
3. Канцелярским ножиком осторожно зачистите проводки вибромотора для лучшего контакта.
4. Прикрепите вибромотор к одному краю щетки с помощью фольгированного скотча (контактами к другому краю).
5. На противоположном конце щетки сделайте небольшой «загончик»: оклейте ее по периметру узкой полоской фольгированного скотча так, чтобы сверху выступало 2–3 мм скотча.

6. Положите туда батарейку так, чтобы под ней был один из контактов и чтобы он хорошо замыкался. Проверьте, чтобы при прикосновении второго контакта мотор работал. Батарейку закрепите скотчем, который оставили сверху.
7. Теперь нам нужно нечто, что будет удобно замыкать верхний контакт, приводя устройство в действие. Нарисуйте красивого жучка размером приблизительно с головку самой щетки. Вырежьте по контуру. На обратную сторону приклейте небольшой кусочек двустороннего скотча.
8. А теперь приклейте то, что получилось, к батарейке, плотно прижав к ней контакт. Мотор должен завибрировать.
9. Робожук готов, и его можно выпускать на ровную поверхность. Он кружится и бежит совсем как живой, может даже обходить препятствия.

Немного истории

Конструкции такого типа называются виброходами. Этот способ перемещения открыли советские ученые, после чего виброходы стали делать все юные техники. Только были они более массивными и походили скорее на танк, чем на насекомое.

Вместо зубной щетки использовалась одежная (или даже две). Для двигателя брали микроэлектромотор, а на его ось прикрепляли кусочек пробки или ластика, чтобы сместить центр тяжести, — так получалась необходимая вибрация. Батарейки для такого виброхода требовались, конечно, более мощные.

Популярна была и более изящная модель, где использовались четыре зубные щетки и мыльница, — в нее прятали всю электрическую часть. Иногда поделку оснащали выключателем.

Зондовый микроскоп своими руками

Автор: Светлана Архангельская (опубликовано в журнале «Кот Шрёдингера»)

Можно ли вручную сделать микроскоп, аналогичный тому, что отображает мельчайшие детали поверхности — например, структуру атома? Можно! Простейшую модель такого прибора студенты под руководством профессора МГУ Игоря Яминского собирают на младших курсах.

Еще полвека назад сложно было представить, что появится прибор, который позволит увидеть отдельные атомы. И не только увидеть, но и манипулировать ими. Первый представитель семейства сканирующих зондовых микроскопов — туннельный микроскоп — был сконструирован в 1981 году швейцарцем Генрихом Рорером и немцем Гердом Карлом Биннигом. Пять лет спустя они были удостоены Нобелевской премии по физике.

Работает это устройство следующим образом: тончайший зонд — металлическая игла — перемещается по поверхности объекта. Между иглой и образцом возникает туннельный ток, который меняется в зависимости от расстояния между кончиком зонда и исследуемой поверхностью, отображая все углубления и выпуклости. Таким образом можно изучить мельчайшие неровности объекта.

В 1986 году появился новый тип сканирующих зондовых микроскопов — атомно-силовой. В них зонд (кантилевер) также перемещается по поверхности, но фиксируется уже не ток, а сила взаимодействия между кантилевером и поверхностью объекта. Определяется эта сила по углу отражения лазерного луча, который падает на край зонда и меняется в зависимости от его положения. Чем больше выпуклость, тем острее угол отражения, и наоборот: чем сильнее вогнута поверхность, тем тупее угол.

Сегодня, используя такие микроскопы, можно создавать полноценные фильмы о мире нано, рассматривать и перемещать отдельные атомы, молекулы, белки, вирусы, ДНК и РНК. Благодаря зондовой микроскопии стали возможны нанотехнологии. Были созданы атласы бактерий и вирусов. Получены уникальные изображения атомных структур...

Конечно, изготовить полноценный сканирующий зондовый микроскоп в домашних условиях не удастся: нужна электроника и много чего еще. Такой микроскоп уже из готовых деталей студенты и школьники собирают в творческой мастерской профессора Яминского в центре молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии».

Однако понять принципы работы прибора и воспроизвести их дома при помощи подручных средств вполне реально. И пусть такая установка не сможет отобразить атомный рельеф поверхности на экране компьютера — информацию обо всех ее неровностях она тем не менее передаст. Для этого профессор Яминский предлагает сразу два инженерных решения: попроще и посложнее.

Решение 1. Простая версия

Что понадобится. Материалы

- Бумага

- Ножницы
- Простой карандаш
- Портативный вольтметр. Можно использовать цифровой мультиметр — он продается в магазинах электротехники и стоит от 300 рублей
- Стол

Что делать. Пошаговая инструкция

1. Простым карандашом рисуем на бумаге равнобедренный треугольник. Равные стороны должны быть жирными — иметь толщину 0,5 см.
2. Вырезаем из бумаги треугольник — это и будет наш условный кантилевер. На его поверхности мы получили графитовые слои, которые при изгибе будут менять электрическое сопротивление.
3. Размещаем треугольник на подставке так, чтобы его основание лежало на поверхности, а вершина висела в воздухе.
4. Прикладываем щупы вольтметра к «жирным» сторонам в области углов при основании.
5. Отклоняем вниз вершину треугольника. Для большей точности это лучше делать с помощью карандаша.
6. Регистрируем изменение напряжения.

Как это работает

Когда бумажный кантилевер отклонится от поверхности стола, меняется его электрическое сопротивление. Это происходит из-за того, что чешуйки графита разъезжаются, образуя пустоты, не дающие току течь свободно. Чем сильнее отклоняется кантилевер, тем выше сопротивление графитового слоя, а значит, меньше электрический ток. Таким образом, величину изгиба кантилевера можно измерять по изменению сопротивления с помощью электрического тестера.

Решение 2. Сложная версия

Здесь уже используется настоящая игла — ее необходимо подвести к исследуемому образцу на 10–50 нм, а затем при помощи электроизмерительных приборов зарегистрировать экспоненциальную зависимость тока от расстояния (чем ближе иглолка к образцу, тем больше ток). Так происходит взаимодействие соизмеримых объектов: атом ощупывает другие атомы. При этом (открытие сделали еще Рорер и Бинниг в 1981 году) выпукло-вогнутый рельеф той части атомной решетки, по которой перемещается кантилевер, наглядно передает синусоидальные кривые, отображающиеся на подключенном к цепи осциллографе (приборе для измерения электрических сигналов), и каждый период синусоиды соответствует отдельному атому.

Разумеется, далеко не в каждом доме есть осциллограф, да и стоит он недешево, в среднем около 5 тысяч рублей. Поэтому визуальную характеристику поверхности мы не получим, но, как и в первом эксперименте, сможем зарегистрировать электрический сигнал, а затем пересчитать его в единицы длины.

Что понадобится. Материалы

- Вольфрамовая проволока. Обычно ее продают в больших объемах (по несколько тысяч рублей за килограмм), а вам нужно совсем чуть-чуть. Можно попробовать договориться, а можно вытащить эту проволоку из старой термопары (прибор для измерения температуры)
- Ножницы (самые обычные)
- Пьезокерамическая пластинка (2 шт.). Она меняет размеры под действием электрического напряжения и понадобится нам в качестве пьезоманипулятора — чтобы, как и в оригинальном микроскопе, перемещать иглу в пространстве. Пьезокерамические пластинки прикрепляют на латунную подложку и используют в мобильных телефонах, компьютерах, а также наушниках с пьезодинамиками. Продаются в магазинах электротехники в среднем по 25 рублей за штуку
- Припой
- Монета достоинством в одну копейку. Она и будет объектом нашего исследования. Подходит для такого эксперимента идеально, так как покрыта мельхиором (сплавом меди и никеля), не окисляющимся при контакте с воздухом и не создающим на поверхности монеты диэлектрических пленок
- Бумага или вата
- Медные провода
- Пальчиковая батарейка. Ее напряжение составляет 1,6 В. Однако нам требуется в 16 раз меньше — 0,1 В, поэтому необходимо использовать резисторы
- Резисторы 100 Ом и 1,5 кОм
- Стол. Измерения нужно проводить на ровной поверхности
- Предметный столик для образца — твердая опора. Или любой другой объект, на котором мы сможем зафиксировать копейку
- Спичка или пинцет. Регулировать расстояние между иглой и поверхностью лучше при помощи инструмента. Рукой нельзя: у нее слишком большая инерция
- Портативный вольтметр. Необходим для того, чтобы фиксировать изменения тока, а через них и неровности поверхности. Можно использовать цифровой мультиметр. Продается в магазинах электротехники, стоит от 300 рублей
- Школьный микроскоп (по возможности). Понадобится для регулировки расстояния между иглой и копеейкой, а фактически для калибровки нашего «микроскопа»

- Операционный усилитель. Необходим, чтобы фиксировать фактические изменения тока, а через них и неровности поверхности. Продается в магазинах электротехники, стоит около 120 рублей
- Стрелочный миллиамперметр. Он зафиксирует количественные изменения тока, которые затем с помощью формулы можно будет пересчитать в нанометры рельефа. Продается в магазинах радиотехники, стоит от 200 рублей

Что делать. Пошаговая инструкция

1. Срезаем проволоку ножницами — получается иголка для сканирующего туннельного микроскопа. Вы удивитесь, но размеры кончика иглы соответствуют атомным, и зонд в буквальном смысле можно вести по атомной поверхности.
2. Припаиваем иголочку к пьезокерамической пластине.
3. Протираем монету бумагой или ватой, чтобы очистить от возможных жировых пятен.
4. Фиксируем монету на условном держателе-«пьедестале» — необходимо расположить ее вертикально и неподвижно на некотором возвышении с ровной поверхностью.
5. Подводим провода от батарейки к игле и монете. Это делается, чтобы впоследствии между ними создавалась разность потенциалов.
6. Подсоединяем резисторы к батарее при помощи проводов, чтобы задать необходимое напряжение.
7. Делаем ручной подвод — регулируем расстояние между иглой и объектом исследования. Необходимо расположить их в 0,1 мм друг от друга (толщина волоса, различимая глазом). Для этого спичкой или пинцетом аккуратно начинаем простукивать монету. Так мы нащупываем необходимое расстояние — то, на котором между иглой и монетой появится ток. Калибровку лучше отслеживать с помощью школьного микроскопа, но можно обойтись и без него, главное — терпение: аккуратное простукивание занимает в среднем 3–4 минуты.
8. Подключаем к одному из резисторов вольтметр — он будет регистрировать появление напряжения в цепи. В нашем случае оно не должно превышать 100 мВ, иначе на поверхности образца может начаться электрохимическая реакция.
9. Ставим операционный усилитель для регистрации туннельного тока. Входной операционный усилитель — первый элемент в цепи обратной связи, которая управляет положением иглы. Если ток стал больше, иглу надо отодвинуть, если меньше — приблизить. За перемещение иглы отвечает пьезокерамика, изменяющая свои геометрические размеры при подаче напряжения на ее электроды.

Что происходит. Электронная схема обратной связи сканирующего туннельного микроскопа включает несколько последовательно включенных усилителей. О первом, входном, мы уже упомянули. Его задача — преобразовать входной туннельный ток

величиной в единицы наноамперов в выходное напряжение около одного вольта. Для этого в цепи обратной связи усилителя ставим сопротивление в один гигаом. Тогда коэффициент преобразования получится 1В/1нА. На следующем операционном усилителе мы сравниваем измеряемое значение сигнала с опорным и получаем сигнал ошибки. Если мы хотим поддерживать величину тока в 1 нА, то на выходе предусилителя устанавливаем напряжение в 1 В, и второй операционный усилитель должен определить, насколько выходное напряжение первого отличается от 1 В. На выходе у него вырабатывается сигнал ошибки — разность между опорным значением и измеряемым сигналом. Она-то и используется для управления пьезокерамикой.

10. Подсоединяем к образцу второй пьезоманипулятор (пластину). Это делается для того, чтобы сканирование происходило не по одной (x), а уже по двум (x, y) координатам: не только вправо-влево, но и вверх-вниз. Измерений по двум координатам достаточно для того, чтобы по изменению тока определять шероховатость монеты. В реальности же кантилевер перемещается в объемном, то есть трехмерном, пространстве и регистрирует сразу три координаты: x, y и z.

11. Подключаем стрелочный амперметр к цепи на выходе из операционного усилителя. Его стрелка будет отклоняться при движении зонда по поверхности. Колебания стрелки, соответствующие изменению тока, пересчитываем в нанометры.

Что происходит. Если ток в цепи становится больше или меньше, на выходе предусилителя изменяется выходное напряжение. Оно преобразуется в сигнал, управляющий пьезокерамикой, которая приближает или удаляет иглу с тем, чтобы величина туннельного тока была постоянной. Напряжение, подающееся на пьезокерамику, будет пропорционально высоте исследуемой поверхности. Таким образом, перемещая иглу вдоль образца, можно измерить его рельеф.

Собираем фотоаппарат из банок и спичечных коробков

Автор: Игорь Балашов (опубликовано в журнале «Кот Шрёдингера»)

Ящик или помещение с единственным маленьким отверстием, в которое проникает свет, называется камера-обскура. В переводе с латинского — «темная комната». Так выглядел древнейший родственник современного фотоаппарата.

Он существовал уже в Античности, и многие столетия, пока не были открыты способы фиксации изображения, представлял собой театр теней. Луч света проникал в ящик через дырочку и отражал на противоположной стене то, что освещал снаружи: силуэты людей, очертания предметов. Картинка получалась перевернутой. В 20-х годах XIX века случилась революция: французский изобретатель Жозеф Нисефор Ньепс нашел способ фиксировать изображения, полученные камерой-обскурой, на оловянной пластинке, покрытой асфальтом. С тех пор много воды утекло: фотоаппарат обзавелся системой линз, объективом, памятью и вообще донельзя усложнился, но самый принцип его работы остался тем же, что и в простейшей камере-обскуре.

Любители фотографии до сих пор не утратили интерес к этому устройству. Во-первых, есть особое удовольствие в том, чтобы собрать его своими руками. Во-вторых, вы можете наблюдать оптическое чудо: обычная картонная коробка способна сделать настоящий снимок. Ну и, в-третьих, фото выглядят так, словно сделаны века полтора назад.

Что понадобится. Материалы

- Металлическая банка из-под газировки
- Спичечные коробки — мы склеиваем камеру-обскуру для панорамной съемки, поэтому понадобятся 2 штуки
- Наждачная бумага — продается в любом строительном магазине. Подойдет «нулевка» — наждачка с самым мелким зерном
- Напильник
- Черная изолента — для монтажа деталей
- Булавка — нужна тонкая, чтобы проколоть отверстие небольшого диаметра. Можно взять иголку с наперстком
- Фотопленка любой чувствительности — мы использовали с ISO 400. Продается в магазинах для фотолюбителей и в фотомастерских
- Карандаш
- Пластиковая бутылка
- Плотный картон
- Ножницы

- Линейка
- Лупа

Что делать. Пошаговая инструкция

1. Диафрагма

Вырезаем из металлической банки кусочек 2×2 см. Разглаживаем о край стола. Напильником снимаем краску. В получившейся заготовке делаем острой булавкой дырочку диаметром от 0,15 до 0,6 мм (можно измерить с помощью лупы и линейки). Такое отверстие называют диафрагмой. Шлифуем наждачной бумагой неровности по краям диафрагмы.

2. Туловище

Берем спичечные коробки и с внутренней частью каждого проделываем следующие манипуляции: отрезаем одну стенку меньшего размера, делаем на дне отверстие $1,5 \times 0,75$ см. Соединяем их так, чтобы получилось окошко, и крепим на него металлическую пластинку с диафрагмой. Это будет деталь № 1.

Склеиваем внешние части коробков. В центре конструкции вырезаем квадрат 1×1 см. Это будет деталь № 2.

Вставляем детали друг в друга так, чтобы диафрагма пришлась по центру выреза на внешней части.

3. Трещотка

Обратите внимание, что по краям фотопленки через каждые 4,75 мм пробиты отверстия. Они нужны, чтобы при съемке пленка перематывалась равными частями. В камере, склеенной из двух спичечных коробков, на один кадр должна приходиться 21 дырочка. Мы сделаем счетчик, чтобы не пропустить, когда закончится один кадр и начнется следующий. Итак...

Берем пластиковую бутылку.

Вырезаем из нее узкую полоску длиной 3 см.

Заостряем и загибаем один конец.

Закрепляем получившуюся ленту на бочке с пленкой так, чтобы крючок попал в одно из отверстий перфорации. При перемотке будут слышны щелчки, после двадцать первого начнется новый кадр.

4. Перемотка

Берем катушку с фотопленкой и продеваем через туловище камеры матовой стороной к диафрагме. Приклеиваем свободный конец пленки к обычному карандашу.

5. Затвор

Берем кусочек плотного картона, вырезаем в нем отверстие 1×1 см, накладываем на диафрагму и прикрепляем изолентой. Это будет деталь № 1. Вырезаем из картона полоску $1,5 \times 4,5$ см. Вставляем ее между туловищем камеры и деталью № 1.

Камера-обскура почти готова!

Финальный этап

Хорошенько проклеиваем изолентой щели в получившейся камере, чтобы свет на фотопленку попадал только через диафрагму.

Как и что снимать

Ставим камеру на штатив или на твердую поверхность.

Открываем затвор и выставляем экспозицию.

Закрываем затвор и перематываем пленку, считая, сколько дырочек прошло через трещотку. Помните: кадр — это 21 дырочка.

Когда пленка закончится, нужно намотать ее обратно на катушку и сдать в фотолабораторию на проявку.

P. S. Экспериментируйте с выдержками. Время экспозиции можно выставлять от половины секунды до полугода! Длительные выдержки подходят, например, для съемки движения Солнца. Для этого нужно оставить камеру с открытым затвором на целый день. И да, чем больше расстояние между отверстием и фотопленкой, тем крупнее будут изображенные на ней предметы. И наоборот.

Как это работает

Поместим перед камерой какой-нибудь предмет и представим, что он состоит из множества светящихся точек. Пучок света от каждой проходит через диафрагму и рисует светлое пятнышко на пленке. Совокупность пятнышек и формирует изображение, причем перевернутое.