

# Опыты без взрывов

О.Ольгин.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге вы найдете много химических опытов на разные вкусы и различной сложности, от самых простых, для новичков, до весьма хитроумных, в расчете на умелого юного химика, который под руководством преподавателя занимается в химическом кружке.

Пусть вас не смущает ни сложность одних, ни простота других опытов: ведь чем шире выбор, тем легче найти опыты себе по силам и по склонностям. Совсем не обязательно читать эту книгу от корки до корки, из нее можно выбрать только то, что вас интересует.

Любые химические опыты, в том числе и приведенные здесь, лучше ставить **в химическом кружке**. Конечно, если быть аккуратным и точным, то и домашние опыты не дадут повода для волнений. Однако в кружке вам помогут разобраться в сути происходящих реакций, объяснят, как лучше и проще поставить эксперимент, предоставят оборудование и реактивы.

К сожалению, не у всех есть возможность заниматься в кружках. Что ж, и это не должно служить препятствием. Многие опыты можно поставить и в **скромной самодельной лаборатории** на дому. О том, как ее устроить, будет рассказано сразу же после предисловия.

Мы очень просим **внимательно прочесть этот раздел**, особенно его начало, всех без исключения наших читателей, даже тех, кто уже имеет некоторые навыки в этом деле. И не только потому, что вы, вполне вероятно, найдете там что-нибудь новое и полезное для себя, а еще и по той причине, что никогда не помешает лишний раз вспомнить о том, как сделать опыты **безопасными и доступными**. Если же вы приступаете к опытам впервые, то постарайтесь как можно внимательнее прислушиваться ко всем нашим советам.

Увлечение химией начинается обычно с опытов, и не случайно едва ли не все знаменитые химики с детства любили экспериментировать с веществом. Но некоторые начинающие химики почему-то полагают, будто настоящие опыты - это гром и сверкание, клубы дыма и едкие запахи.

Вовсе нет, уверяем вас. Есть множество очень интересных опытов, не таящих в себе никакой угрозы, но от того не менее поучительных и красивых. Если ваши родители обеспокоены предстоящими химическими занятиями, то дайте им прочесть следующую фразу.

**Если ставить опыты, помещенные в этой книге, именно так, как мы советуем, то взрывов никогда не будет.**

Но - еще и еще раз - предпочтительнее заниматься химией не дома, а в кружке. Более того, некоторые опыты вообще не удастся поставить дома - не столько даже из-за сложности эксперимента, сколько из-за отсутствия в домашних условиях нужных реактивов и приборов. Но если уж опыт пригоден для домашней лаборатории, мы постараемся сделать так, чтобы можно было обойтись подручными средствами и теми веществами, которые можно купить в аптеке или в хозяйственном магазине. А некоторые опыты настолько просты, что их могут поставить юные любители химии, еще не начавшие изучать в школе эту замечательную науку.

Надеясь, что наши опыты будут ставить юные химики из разных классов и с разной подготовкой, мы не стали, как это принято в учебниках, приводить в каждом случае уравнения реакций, а ограничились только упоминанием веществ, которые получаются в результате той или иной реакции. Это даст возможность легко читать текст и тем, для кого сложные химические уравнения остаются пока тайной за семью печатями.

А старшеклассники, если их заинтересует точная химическая запись реакции, всегда смогут найти соответствующие уравнения в учебниках и пособиях. Чтобы такой поиск облегчить, мы время от времени будем писать формулы исходных или образующихся в ходе реакции веществ.

## СЕМЬ ПРАВИЛ

Если даже вы собираетесь ставить опыты не дома, а в школе или на станции юных техников, то вам все равно пригодятся некоторые простые советы по использованию для эксперимента подручных средств. Но еще важнее что здесь будут предупреждения и напоминания, которые обязательны для всех юных химиков, какими бы многоопытными они себя ни считали.

**Вот семь наших обязательных условий.**

**Первое и главное условие:** строго и точно соблюдайте все рекомендации к проведению опытов: количество вещества, порядок смешивания исходных реагентов и т.д. Это очень важно! Ведь одна и та же химическая реакция может идти по-разному, если изменить условия опыта.

**Вот самый простой пример.**

Как известно, при разбавления серной кислоты всегда льют медленно и понемногу кислоту в воду, осторожно перемешивая раствор. Казалось бы, какая разница, что к чему добавлять? Дело в том, что при смешивании серной кислоты с водой выделяется много тепла. Кислота гораздо тяжелее воды, и когда ее вливают понемногу в сосуд с водой, кислота сразу опускается, и граница, где выделяется тепло, оказывается глубоко под водой. Смесь нагревается постепенно и равномерно, словно на горячей плите. А если лить легкую воду в тяжелую кислоту, то вода растечется тонким слоем по поверхности, сразу же нагреется и превратится в пар - будто воду вылили на раскаленную сковородку. Пар захватит брызги кислоты, они могут попасть на одежду и на кожу, вызвать ожоги, повредить глаза. Вот такие могут быть неприятные последствия!

**Второе условие:** никогда не смешивайте два реактива, просто чтобы посмотреть, что получится. Хорошо, если вы точно знаете, что образуется в результате реакции и как она идет. Скажем, уже проходили реакцию в школе и совершенно уверены, что опыт безопасен. Но и в этом случае берите минимально необходимые количества веществ. Не стаканы и даже не столовые ложки, а буквально граммы или даже доли грамма. Чтобы наблюдать ход реакции, этого вполне достаточно.

**Третье условие:** не используйте для опытов посуду, из которой едят. Для опытов нужна своя, отдельная посуда. И ни в коем случае не пробуйте вещества на вкус (кроме тех случаев, когда в описании опыта прямо сказано, что продукт можно попробовать).

**Четвертое условие:** храните реактивы в особых склянках или коробках. На них обязательно наклейте этикетки и напишите, что находится внутри. Если препарат вам больше не нужен, немедленно выбросьте ненужные вещества - так спокойнее, и путаницы не будет.

**Пятое условие:** не оставляйте грязной посуды. Во-первых, ее будет потом трудно отмыть, может быть, придется даже выбрасывать. Во-вторых, некоторые вещества окисляются на воздухе, реакции между ними могут продолжаться и после того, как опыт закончен, и в результате таких реакций может получиться нечто такое, на что вы не рассчитывали. Словом, после каждого опыта мойте посуду сразу и тщательно.

Между прочим, когда чисто, то и работать приятнее, и старшие лучше будут относиться к вашим занятиям. Да и вообще экспериментатор только тогда достигает успеха, когда работает аккуратно.

**Шестое условие:** никогда не берите реактивы руками, не наклоняйтесь над склянками, в которых идут реакции, не нюхайте вещества с едким запахом. Берегите и одежду, и кожу, и прежде всего глаза от брызг и крупинок. Это условие коротко можно сформулировать так: будьте всегда осторожны!

И наконец, самое последнее, **седьмое условие**, которое вы обязаны выполнять, если хотите стать настоящими экспериментаторами: приступайте к работе только после того, как вам будут ясны все ваши действия. Еще до начала работы внимательно прочтите описание опыта от начала до конца. Запишите все, что вам может понадобиться: посуда, реактивы, штатив, держалки и тому подобное, вплоть до тряпки. Разложите их на рабочем месте так, чтобы все было под рукой. И **только после такой подготовки приступайте к работе.**

Может быть, вы даже не представляете себе, насколько важен этот последний совет. Если вы будете ему следовать, это избавит вас от суматохи и недоразумений.

Представьте себе, что вы приступили к опыту без подготовки, едва раскрыв книгу. Написано: "налейте в бутылку разбавленной уксусной кислоты и бросьте кусочек сульфата натрия, завернутого в фильтровальную бумагу". Это, положим, вы сделаете без труда, если только второпях, в поисках фильтровальной бумаги, не опрокинете бутылку с уксусом. Началась реакция, стал выделяться газ. А вы тем временем читаете: "**закройте бутылку пробкой с отводной трубкой и пропустите газ через раствор перманганата калия**". Пока вы будете искать пробку, подбирать к ней трубку и доставать из домашней аптечки марганцовку - можете быть уверены, реакция в бутылке давно закончится, и все придется начинать сначала, А что стоило прочесть заранее и приготовить все загодя...

И всем юным химикам, независимо от их подготовки и опыта, настоятельно советуем завести **лабораторный журнал**. Настоящий химик обязательно записывает в лабораторный журнал план работы, список реактивов, порядок действий, зарисовывает прибор и перечисляет, из каких деталей прибор состоит. Он заносит в журнал:

- условия опыта,
- уравнения реакций,
- подсчитывает, сколько надо веществ для опыта.
- записывает свои наблюдения
- и делает из них **выводы**.

Все свои записи делайте сразу в этой тетради, а не на листках или черновиках, которые затем будут переписаны "набело". Учтите: при переписывании вы можете упустить некоторые детали эксперимента, которые потом, возможно, окажутся самыми существенными.

Если ваши наблюдения были точными, записи - аккуратными, а выводы - правильными, значит, вы сумели не просто поставить опыт, но и понять его смысл и извлечь пользу. Не ленитесь заглядывать в учебники и справочники!

А теперь пора переходить к устройству своей домашней лаборатории.

## ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

То, чем вам придется сейчас заниматься, не так интересно, как ставить опыты, однако необходимо. Впрочем, и оборудование собственной лаборатории, если взяться за него всерьез, тоже поучительное занятие.

Если при слове "**лаборатория**" вы представили себе просторную комнату с вытяжным шкафом, стеклянными приборами, печами, насосами и высоченными шкафами, доверху набитыми посудой и реактивами, - то вы в данном случае ошиблись. Речь идет об **уголке комнаты**, необязательно жилой, в котором можно поставить небольшой столик и повесить над ним полку.

Но прежде чем устраивать лабораторию, выполните два требования.

**Первое:** точно решите для себя, хотите ли вы **серьезно заниматься химическими опытами**, хватит ли у вас **терпения** тщательно их ставить, не смущает ли вас **подготовка** к опытам и такие скучные занятия, как **уборка** и **мытьё** грязной посуды. Если вы сознательно идете на все это, то остается **второе** требование: **получить согласие старших**. Будем надеяться, что ваша твердая убежденность возымеет действие.

Начнем с устройства **рабочего места**.

**Рабочий стол** желательно поставить поближе к окну, чтобы освещение было хорошим; к тому же, если работать возле окна, то легче проветривать помещение. Если у окна места нет, позаботьтесь об электрическом освещении. В любом случае имейте в виду, что нельзя ставить опыты в полутемном помещении!

Как бы аккуратно вы ни работали, на стол могут попасть брызги растворов, просыпаться порошки. Во избежание неприятностей, чтобы уберечь стол, положите на него лист **линолеума**, или

**толстую фанеру**, или **прессованный картон**. В крайнем случае можно обойтись и обычной **клеенкой** либо **полиэтиленовой пленкой**. Если стол не отдан полностью в ваше распоряжение, сделать это совершенно необходимо.

Вдобавок не помешает поставить на стол еще и поддон - например, большую фотографическую кювету, которую легко можно вымыть после опыта. Между прочим, и **стол после работы нужно протереть влажной тряпкой**, а затем вытереть насухо.

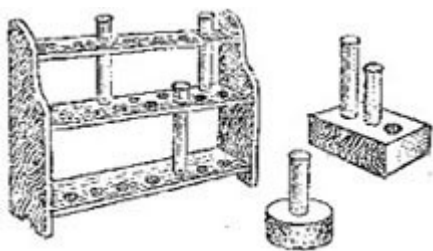
Очень удобно, если над столом можно повесить полку или шкафчик и держать в них все необходимое для опытов. Если же это невыполнимо, то все равно **держите посуду и реактивы в одном месте**, недалеко от рабочего стола. Ни в коем случае не разбрасывайте их по комнате!

Обзаведитесь, пожалуйста, плотным **фартуком**, лучше всего клеенчатым. Нам придется иногда иметь дело с едкими веществами, и фартук предохранит вашу одежду. В аптеке или хозяйственном магазине купите **пару резиновых перчаток** - пригодятся для некоторых опытов.

Теперь поговорим **о посуде**. Конечно, лучше всего было бы **обзавестись настоящими пробирками, колбами, химическими стаканами и тиглями**. Однако далеко не всегда это выполнимо. Но выход из положения найдется: надо использовать то, что есть под рукой.

**Пробирки** проще всего заменить тонкостенными **стеклянными ампулами из-под таблеток**. Поскольку дно у них плоское, нагревать их на открытом пламени нельзя, а вот водяную баню они выдерживают. Для проведения опытов и для хранения веществ годятся также флакончики из-под пенициллина, стрептомицина и других лекарств. На первых порах понадобится не более десяти таких самодельных пробирок.

Иногда пробирки приходится **нагревать**, и, конечно, их при этом нельзя держать голыми руками. Лучшего **держателя для пробирок**, чем деревянная бельевая прищепка, нам, пожалуй, не найти. Для удобства прищепку можно удлинить, прикрепив к одной из ее развилок палочку или кусок толстой проволоки. Из толстой мягкой проволоки нетрудно сделать держатель, но не забудьте надеть на тот конец, за который вы будете брать рукой, кусок резинового шланга или обмотайте его изоляционной лентой.



Специальный **штатив** для большинства опытов не требуется, но полезно сделать **штатив-подставку для пробирок**, чтобы не держать их долго в руках. Самый простой штатив - это брусочек, в котором просверлены (не насквозь) отверстия диаметром чуть большим, чем диаметр пробирок.

Химической посудой могут служить также разнообразные **флаконы и банки из-под лекарств**, которые закрываются обычно полиэтиленовыми пробками.

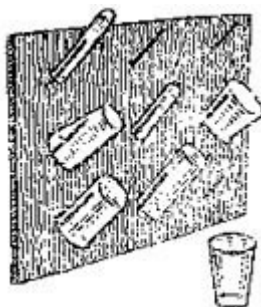
Такие пробки очень удобны, потому что они стандартны и подходят ко многим склянкам. Но главное - **полиэтилен химически стоек**, он не разрушается даже под действием концентрированных растворов кислот и многих органических растворителей и поэтому во флаконах с полиэтиленовыми пробками можно хранить и такие реактивы, от которых со временем разрушаются резиновые пробки. Между прочим, когда количество реагирующих веществ невелико, крышки и пробки тоже можно использовать для опытов.

**Стекло** от пищевых продуктов - майонезные банки, бутылки, стеклянные банки из-под варенья и компота - годится для хранения реактивов и для некоторых опытов. Помните, что **посуду из толстостенного стекла нельзя нагревать** - она может лопнуть. В описаниях опытов мы будем советовать, какую посуду лучше взять. Если же посуда не оговорена, значит, годится любая склянка, которая есть под рукой.

Какую бы посуду для хранения веществ вы ни выбрали, она должна быть плотно закрыта, и к ней обязательно надо **приклеить этикетку**. Самая простая этикетка - из **лейкопластыря**. Он легко приклеивается к сухому стеклу, на нем удобно писать шариковой ручкой; когда запись поблекнет, ее нетрудно подновить. Можно сделать и **бумажную этикетку**, приклеив ее казеиновым канцелярским клеем, а чтобы она дольше держалась, ее надо закрыть скотчем.

Всю **посуду** перед использованием (и после каждого использования) **необходимо тщательно мыть**; если посуда грязная, ее моют стиральным порошком с помощью ершика, а потом еще несколько раз чистой водой.

**Посуда должна храниться только чистой**. Ее надо мыть сразу после опыта (это, кстати, и легче, потому что через час-другой грязь может так пристать к стенкам, что насилу отмоешь). Вымытую посуду лучше сушить так, чтобы вода легко стекала с нее.

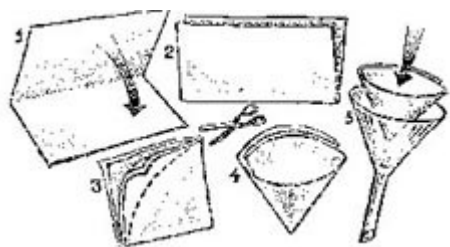


Можно изготовить для этого нехитрую **сушилку**: вбить в толстый лист фанеры длинные гвозди, чтобы они пробili лист насквозь и ушли в него по самую шляпку, отогнуть торчащие из фанеры гвозди вверх под углом примерно 45° и обмотать их изоляционной лентой, чтобы не поцарапаться (или надеть резиновые трубки). На всякий случай не помешает затупить напильником острия гвоздей. Это и есть сушиллка.

Ее надо повесить на стену и поставить внизу поддон, чтобы вода, стекая с пробирок и склянок, надетых на гвозди, не капала на стол или на пол.

Иногда по ходу опыта необходимо **прокалить** какое-либо вещество. Для этого есть специальная **фарфоровая посуда**, но можно обойтись и без нее. Выручат тщательно вымытые **жестяные баночки** из-под гуталина или вазелина. А если вещества немного, воспользуйтесь столовой или даже чайной **ложкой из нержавеющей стали**. Конечно, для еды эта ложка уже не годится. Точно так же, как бутылки, банки и прочая посуда, которую вы взяли для опытов. Лучше, наверное, будет купить специально одну-две **стальные ложки** для своей лаборатории. Они годятся не только для прокаливания, но могут заменить **шпатели**, которыми набирают вещества для опытов. Если же опыт проводят в пробирке, то можно обойтись и без шпателя: порошки набирают большей частью прямо в сухую пробирку.

Теперь немного о **фильтрах**. Они будут нужны очень часто. В описаниях опытов вам то и дело будут попадаться советы: **профильтровать жидкость, отделить осадок от раствора**. Иногда, правда, можно обойтись без фильтрования. Если осадок достаточно тяжелый, ему дают осесть, а жидкость сливают с него в чистый стакан по стеклянной палочке (этот прием называется декантацией). Но чаще приходится все же фильтровать, а для этого надо уметь делать **бумажные фильтры**. Для этого нужна специальная бумага, не пропитанная клеем. Она так и называется - **фильтровальная**. Все с ней хорошо знакомы, даже первоклассники - это обычная промокашка.



**Чтобы сделать фильтр**, надо приготовить квадратный кусок фильтровальной бумаги, сложить его пополам и еще раз пополам, а потом обрезать края так, чтобы при разворачивании получился круг. Такой сложенный вчетверо листок надо раздвинуть, чтобы образовался конус. Половина этого конуса будет из одного слоя бумаги, другая половина - из трех слоев.

Другой фильтр, немного посложнее - **складчатый**. Для него вырезают из бумаги круг и складывают его многократно, чтобы получилась гармошка. Через такие складки жидкость фильтруется быстрее, но **тяжелый осадок может этот фильтр прорвать**; он годится только для легких, хлопьевидных осадков или для крупных кристаллов.

Какой бы фильтр вы ни взяли, его надо вложить в **воронку** - стеклянную (химическую) или пластмассовую, которую продают в хозяйственных магазинах. Он должен плотно прилегать к воронке и не доходить до ее края на несколько миллиметров. **Перед работой фильтр смачивают растворителем** (как правило, водой; мы чаще всего будем иметь дело с водными растворами), затем осторожно льют жидкость с осадком. **Фильтрование** требует терпения, потому что жидкость через промокательную бумагу проходит медленно. Но ни в коем случае не отрывайте носик

фильтра - вся работа пойдет насмарку.

Иногда можно фильтровать **через ткань** или **несколько слоев марли** - это несколько скорее, но не так эффективно. В описаниях опытов будет сказано, через какой материал можно фильтровать без ущерба для дела. Если же особых замечаний по этому поводу вы не обнаружите, то фильтруйте через бумажный фильтр.

Во многих опытах реагирующие вещества необходимо **нагревать**. Если требуется температура не выше 100 °С, то удобнее всего (да и безопаснее) пользоваться **водяной баней**.



Ею может служить любая кастрюля (лучше с ручкой) или просто широкая консервная банка, **в которую налита вода**. Воду нагревают до требуемой температуры, скажем, до кипения, ставят в нее пробирку или склянку с реакционной смесью, а чтобы пробирка не упала, делают какое-либо приспособление. Например, обматывают пробирку проволокой так, чтобы проволочные концы торчали вроде усов, и эти усы кладут на край кастрюльки. Или делают крышку из фанеры так, чтобы она могла лежать на кастрюле, а в крышке просверливают отверстие для пробирок и закрепляют их проволочными усами, только совсем короткими.

Когда вещество нагревают в стакане, то крышка не нужна. Стакан ставят в водяную баню, но не прямо на дно (так он может перегреться), а на подставку из фанеры или куска дерева. В подставке желательны **прорезать отверстия**, чтобы вода могла циркулировать. А чтобы дерево не всплывало, подставка должна плотно прилегать к стенкам бани.

Наливать много воды не надо - достаточно, если стакан или пробирка будут погружены в воду наполовину. По мере выкипания воду надо понемногу доливать.

Водяную баню можно нагревать на **газовой** или **электрической плите** либо на **закрытой электроплитке** (пожалуйста, помните об аккуратности в работе!).



Если же надо **нагревать вещества на открытом пламени до более высоких температур**, то лучше пользоваться горелкой с "сухим спиртом", таблетки которого продают в хозяйственных и спортивных магазинах, - таким сухим горючим часто пользуются туристы. Таблетки горючего дают ровное и жаркое пламя. Сжигать их надо на специально сделанном таганке - **треножнике**. Его можно изготовить из толстой стальной проволоки в виде треноги и положить сверху жестяную крышку с загнутыми краями, например от стеклянной консервной банки; на этой крышке и поджигают таблетку. Приготовьте и жестяный колпачок, например, маленькую консервную банку, которым вы

будете гасить пламя: накройте колпачком горящую таблетку, воздух перестанет к ней поступать, и пламя погаснет.

Еще один способ нагревания до высокой температуры - **песочная баня**. В небольшую сковородку насыпьте ровным слоем сухой прокаленный песок на высоту около 2 см. На песок поставьте фарфоровую чашку или металлическую банку с реакционной смесью и нагревайте песочную баню на электроплитке. Это старый, надежный и безопасный метод прокаливания, хотя и не очень быстрый.

В заключение этой главы - немного **об измерении масс и объемов**.

Для домашней лаборатории подойдут **аптечные весы**, они достаточно точны и стоят недорого. Такого же типа **весы с коромыслом** для отвешивания фотореактивов продают в фотوماгазинах. Годятся и **рычажные весы** с пределом измерения до 100 г; особо высокой точности взвешивания для большинства наших опытов не потребуется.

Что же касается **измерения объемов**, то для этой цели можно использовать **аптечную мензурку** - стеклянную рюмочку с делениями - или **мерный стакан**. В крайнем случае можно воспользоваться **мерной бутылочкой**, из которой кормят через соску младенцев.

Иногда нам нужны будут и более сложные приборы, многие из которых можно будет собрать из подручных средств. Как именно - об этом будет сказано в описаниях опытов.

А сейчас, после всех приготовлений, приступим к работе.

## ПЕРВЫЕ ОПЫТЫ

Сначала, как положено, самое простое.

Опыты, которые напечатаны в этом разделе, - совсем легкие.

Они для тех, кто только качал изучать химию, а может быть, еще и не учит ее.

Наверное, и старшеклассники смогут найти здесь что-то полезное для себя.

Кстати, вам попадался когда-нибудь такой простой, но очень наглядный опыт - рисование иодом по металлу?

Вот с него, пожалуй, и начнем.

## РИСОВАНИЕ ИОДОМ

Чем особенно хорош этот опыт - все необходимое для него, наверное, есть дома: **свечка**, аптечный **иод** (спиртовой раствор, иодная настойка) и какой-нибудь негодный **железный предмет** - старая дверная петля, ключ от неизвестного замка или замок, ключи от которого потеряны.

Металлическую поверхность, на которой будет рисунок, **прошлифуйте наждачной шкуркой до блеска**, зажгите свечку и наклоните ее так, чтобы парафин капал на блестящую поверхность. Слегка нагрейте предмет, тогда парафин растечется тонким слоем. А когда он охладится и остынет, иголкой **процарапайте канавки**, чтобы они дошли до металла.

Наберите пипеткой аптечный иод и **капните на царапины**. Через несколько минут раствор иода побледнеет, и тогда надо вновь нанести его на царапины. Примерно через час **снимите слой парафина**: вы увидите на металле ясные следы, они точь-в-точь повторяют рисунок на парафине.

Если опыт был удачным, можно перейти к более серьезному занятию - не просто царапать парафин, а **написать** на нем **слово** или **сделать рисунок**, например, пометить свой перочинный нож или гаечный ключ от велосипеда.

Разберемся, что же происходит, когда **иод соприкасается с металлом**. **Железо** вступает в **реакцию с иодом**, в результате образуется соль - **иодид железа**. А эта соль - порошок, который легко удаляется с поверхности. И там, где были царапины, образовались углубления в металле. Такой процесс называют **химическим травлением**. К нему часто прибегают, однако используют обычно не иод, а другие вещества, более активные. Между прочим, иод взаимодействует не только с железом, но и с медью. Значит, им можно травить разные предметы из меди и медных сплавов, например, из латуни. Можете попробовать.

## САМОДЕЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

В химических лабораториях то и дело пользуются **индикаторами** - иногда для определения тех или иных веществ, а большей частью, чтобы узнать **кислотность среды**, потому что от этого свойства зависит и поведение веществ, и характер реакции.

Индикаторы не раз понадобятся и нам, а так как не всегда можно их купить, то попробуем **приготовить их** самостоятельно. Исходным сырьем будут служить **растения**: многие цветы, плоды, ягоды, листья и корни содержат окрашенные вещества, способные менять свой цвет в ответ на то или иное воздействие. И, попадая в **кислую** (или, напротив, в **щелочную**) среду, они наглядным образом сигнализируют нам об этом.

Растительное "сырье" летом собрать нетрудно - в лесу, в поле, в саду или огороде. Возьмите яркие цветы - ирис, темные тюльпаны и розы, анютины глазки, мальву; наберите малины, ежевики, черники, голубики; запаситесь несколькими листьями красной капусты и молодой свеклой.

Так как растворы индикаторов получают **отвариванием** (отвар - это нечто вроде бульона), то они, естественно, быстро портятся - скисают, плесневеют. Их надо готовить непосредственно перед опытом. Возьмите немного запасенного сырья (точное количество не имеет значения), положите в пробирку, налейте воды, поставьте **на водяную баню** и нагревайте до тех пор, пока раствор не

окрасится. Каждый раствор после охлаждения **профильтруйте** и слейте в приготовленную заранее **чистую склянку с этикеткой**.

Чтобы обеспечить себя индикаторами на весь год, засушите летом лепестки и ягоды, разложите их по отдельным коробочкам, а потом точно так же, как говорилось выше, приготовьте из них отвары, отдельно из каждого растения.

Чтобы узнать, какой отвар служит индикатором на ту или иную среду и как изменяется его цвет, надо **провести испытание**. Возьмите пипеткой несколько капель самодельного индикатора и добавляйте их поочередно в кислый или щелочной раствор. **Кислым** раствором может служить столовый уксус, а **щелочным** - раствор стиральной соды, карбоната натрия. Если, к примеру, добавить к ним ярко-синий отвар из цветков ириса, то под воздействием уксуса он станет красным, соды - зелено-голубым.

**Результаты всех этих опытов тщательно записывайте**, лучше всего в таблицу; ее образец мы здесь приводим.

Не только листья и ягоды могут сослужить вам службу в качестве индикаторов. На изменение кислотности четко реагируют изменением цвета некоторые **соки** (в том числе из красной капусты, из вишни, черного винограда, черной смородины) и даже **компоты**. Выполнить роль индикатора может **обычный борщ**. Хозяйки это давно заметили и используют такое свойство свекольного отвара, но не для анализа. Чтобы борщ был ярко-красным, в него перед окончанием варки добавляют немного пищевой кислоты - уксусной или лимонной; цвет меняется буквально на глазах.

В лабораториях широко используют индикатор **фенолфталеин**. Приготовим его из аптечных таблеток того же названия. Одну-две таблетки разотрите и растворите примерно в 10 мл водки (в крайнем случае, просто в теплой воде). В любом случае таблетки растворятся не полностью, потому что кроме основного вещества, фенолфталеина, в них есть еще наполнитель - тальк или мел. Отфильтруйте полученный раствор через промокательную бумагу и перелейте в чистую склянку с этикеткой "**фенолфталеин - индикатор**". Этот бесцветный раствор со временем не портится. Он пригодится, и не раз, для определения щелочной среды: в ней он мгновенно краснеет. Для проверки добавьте каплю-другую фенолфталеина к раствору стиральной соды.

А вот и образец таблицы, которая будет служить вам справочником при выборе индикатора:

Индикатор	Исходный цвет	Цвет в кислой среде	Цвет в щелочной среде
виноградный сок	темно-красный	красный	зеленый
синий ирис	ярко-синий	красный	зелено-голубой

Предлагаем вам продолжить таблицу самостоятельно.

И последнее **о растительных индикаторах**.

Некогда было в моде писать приглашения на лепестках цветов; а писали их в зависимости от цветка и желаемого цвета надписи **раствором кислоты или щелочи**, пользуясь тонким пером или заостренной палочкой.

Попробуйте, если хотите, писать таким образом, но лепестки и растворы для письма подберите самостоятельно. Имейте в виду, что раствор должен быть не слишком концентрированным, иначе можно повредить нежный лепесток.

## ЭКСТРАКЦИЯ



Сейчас мы познакомимся с очень распространенным в промышленности процессом, который называют **экстракцией**. Измельчите несколько ядрышек ореха и горсть семечек подсолнуха (понятно, без шелухи), положите в пробирку и **залейте бензином**.

**Рядом не должно быть огня - бензин может загореться!**

Встряхните пробирку и дайте ей постоять часа два, не забывая время от времени встряхивать. Потом слейте раствор на блюдце и выставьте на сквозняк. Когда бензин испарится, вы увидите на дне немного масла. Так с помощью бензина вы извлекли, **экстрагировали**, масло из семян.

Произошло это благодаря тому, что масло хорошо растворяется в бензине. Можете попытаться **приготовить масло** из других семян. Только не вздумайте пробовать его на вкус!

Еще один опыт - с **листьями**. Для него нам понадобится водяная баня и стакан с тонкими стенками (если они будут толстыми, стакан, как вы помните, может лопнуть). Свежий лист какого-нибудь растения поместите в сосуд и залейте небольшим количеством разбавленного спирта. Нагрейте воду в бане, снимите ее с огня и поставьте внутрь стакан с листом. Некоторое время спустя пинцетом достаньте листок: он обесцветился, а спирт стал изумрудного цвета. Вот так вы провели **экстракцию хлорофилла** - зеленого пигмента растений.

Кстати, если взять заведомо съедобное растение - салат или шпинат, то из него таким способом можно извлечь пищевой краситель - для подкраски крема или соуса. Так поступают и на пищевых фабриках: зеленый съедобный краситель извлекают экстракцией из листьев. Чтобы ускорить этот процесс, советуем сначала измельчить листья и встряхивать время от времени сосуд.

Еще один опыт. В пробирку, до половины заполненную водой, налейте примерно 1 мл **аптечной настойки йода**; получится буроватый раствор. Добавьте к нему равное количество бензина, несколько раз встряхните и оставьте в покое. Когда смесь расслоится, то окажется, что верхний, бензиновый слой стал темно-бурый, а нижний, водный слой - почти бесцветным. **Йод в воде растворяется плохо, а в бензине - хорошо**. Поэтому-то он из водного раствора перешел в бензиновый.

На различии в растворимости основан наш последний опыт с экстракцией. Как быстро **отличить порошок кофе от порошка цикория**? По запаху, это понятно, но если запах слаб или вы его не помните в точности? Тогда бросьте по щепотке того и другого порошка в прозрачный сосуд с горячей водой. Окрашенные вещества цикория трудно экстрагируются водой, поэтому ока останется практически бесцветной. А вещества кофе, напротив, легко растворяются в воде, и его порошок медленно опускается на дно, оставляя за собой коричневый след.

## ОПЫТЫ С ГАЗАМИ

С жидкостями мы уже немного поработали, займемся **газами**. Это несколько труднее, и прежде всего нам нужны будут **пробки с отверстиями** и **газоотводные трубки**. Трубка может быть **стеклянной, металлической** и даже **пластмассовой**. Резиновую пробку лучше не брать - в ней трудно сверлить отверстия. Возьмите **корковые** или **полиэтиленовые пробки** - отверстия в них можно прожечь нагретым шилом. В это отверстие **вставьте трубочку** - к примеру, от глазной пипетки; она должна входить в отверстие пробки плотно, без зазоров, поэтому отверстие в пробке надо сделать сначала чуть меньше, чем требуется, а потом понемногу расширять его, подгоняя под диаметр трубки. Наденьте на стеклянную трубку резиновую или полиэтиленовую **гибкую трубку** длиной сантиметров 30, в другой ее конец также вставьте **короткую стеклянную трубку**.

Теперь **первый опыт с газами**. Приготовьте **известковую воду**, залив горячей водой (1/2 стакана) половину чайной ложки измельченной **гашеной извести**, размешайте смесь и дайте отстояться. Прозрачный осадок над отстоявшимся раствором и есть известковая вода. Осторожно слейте жидкость с осадка; этот лабораторный прием, как вы помните, называют **декантацией**.

Если у вас нет **гашеной извести**  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , то известковую воду можно приготовить из двух растворов, продающихся в аптеке: хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$  и нашатырного спирта  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (водного раствора аммиака). При их смешивании также получается прозрачная известковая вода.

Возьмите охлажденную бутылку с **минеральной водой** или **лимонадом**. Откройте пробку, быстро вставьте в горлышко пробку с газоотводной трубкой, а другой ее конец опустите в стакан с известковой водой. Поставьте бутылку в теплую воду. Из нее будут выделяться пузырьки газа. Это **диоксид углерода**  $\text{CO}_2$  (он же двуокись углерода, углекислый газ). Его добавляют в воду, чтобы она была вкуснее.

По трубке газ поступает в стакан, он проходит через известковую воду и она на глазах мутнеет, потому что содержащийся в ней гидроксид кальция превращается в карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ , а он плохо растворяется в воде и образует белую муть.

Чтобы поставить **опыт с известковой водой**, необязательно покупать лимонад или минеральную воду. Ведь при дыхании мы потребляем кислород и выделяем углекислый газ, тот самый, который заставляет мутнеть известковую воду. Опустите конец любой чистой трубки в свежую порцию известковой воды и несколько раз выдохните через трубку-результат не заставит себя ждать.

Откройте еще одну бутылку, вставьте пробку с трубкой и продолжайте **пропускать через известковую воду диоксид углерода**. Некоторое время спустя раствор опять станет прозрачным, потому что диоксид углерода вступает в реакцию с карбонатом кальция, превращая его в другую соль-гидрокарбонат  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , а эта соль как раз очень хорошо растворяется в воде.

Следующий газ, которым мы займемся, совсем недавно был упомянут: аммиак. Его легко узнать по резкому характерному запаху - запаху **аптечного нашатырного спирта**.

Налейте в бутылку немного прокипяченного **насыщенного раствора стиральной соды**. Затем добавьте **нашатырного спирта**, вставьте в горлышко пробку с гибкой отводной трубкой и на другой ее конец наденьте пробирку вверх дном. Подогрейте бутылку в теплой воде. Пары аммиака легче воздуха, и вскоре они заполнят перевернутую пробирку. По-прежнему держа пробирку вверх дном, осторожно опустите ее в стакан с водой. Почти сразу же **вода начнет подниматься вверх**, в пробирку, потому что аммиак хорошо растворяется в воде, освобождая для нее место в пробирке.

Заодно вы можете научиться распознавать аммиак - и не только по запаху. **Во-первых**, убедитесь в том, что раствор аммиака имеет щелочную реакцию (воспользуйтесь фенолфталеином или самодельными индикаторами). **А во-вторых**, проведите **качественную реакцию** на аммиак. Качественная реакция - такая, которая **позволяет безошибочно опознать** то или иное **вещество** либо **группу веществ**.

Приготовьте слабый раствор **медного купороса** (он должен быть бледно-голубым) и опустите в него газоотводную трубку. Когда начнет выделяться аммиак  $\text{NH}_3$ , то у конца трубки раствор станет ярко-синим. Аммиак с солью меди дает ярко окрашенное **комплексное соединение** довольно сложного состава  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ .

Теперь постарайтесь раздобыть совсем небольшой кусок **карбида кальция** - будем получать **ацетилен**. Соберите прибор, как в предыдущем опыте, только в бутылку налейте не нашатырный спирт, а соду. Опустите в нее тщательно завернутый в промокательную бумагу маленький, с горошину, кусочек карбида кальция и вставьте пробку с трубкой. Когда промокательная бумага размокнет, начнет выделяться газ, который вы, как и прежде, будете собирать в перевернутую пробирку. Минуту спустя переверните пробирку горлышком вверх и поднесите зажженную спичку. Газ вспыхнет и сгорит коптящим пламенем. Это тот самый ацетилен, которым пользуются газосварщики.

Кстати, в этом опыте получается не только ацетилен. В бутылке остается водный раствор гидроксида кальция, т. е. **известковая вода**. Ее можно использовать для опытов с диоксидом углерода.

Следующий опыт с газами можно ставить только при хорошей вентиляции, а если ее нет, то на свежем воздухе. Мы будем получать резко пахнущий **диоксид серы** (сернистый газ)  $\text{SO}_2$ .

Налейте в бутылку **разбавленную уксусную кислоту** и добавьте немного завернутого в промокательную бумагу **сульфита натрия**  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (это вещество продают в фотوماгазинах). Закройте бутылку пробкой, свободный конец газоотводной трубки опустите в стакан с приготовленным заранее разбавленным раствором **перманганата калия**  $\text{KMnO}_4$  (это вещество известно в быту под названием марганцовки). Раствор должен быть бледно-розовым.

Когда бумага размокнет, из бутылки начнет выделяться **диоксид серы**. Он вступает в реакцию с раствором перманганата калия и **обесцвечивает** его.

Если вам не удастся купить сульфит натрия, то замените его содержимым большого патрона обычного **фотопроявителя**. Правда, в этом случае в диоксиде серы будет примесь **диоксида углерода**, но опыту это не мешает.

## ОКИСЛЕНИЕ-ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Опыт с диоксидом серы продемонстрировал нам одну из многочисленных окислительно-восстановительных реакций. В таких реакциях атомы одних веществ присоединяют электроны, а других - отдают электроны. Первые носят название **окислителей** (*перманганат калия*), вторые - **восстановителей** (*диоксид серы*).

Поставим еще несколько опытов с **окислением - восстановлением**.

На свежий срез картофеля капните разбавленной *иодной настойкой*: **появится синяя окраска**. Это крахмал, содержащийся в картофеле, синее в присутствии свободного иода. Такую реакцию часто используют для того, чтобы обнаружить *крахмал*, значит, это тоже качественная реакция.

На то же место, куда вы капнули иодную настойку, налейте немного раствора сульфита натрия. Окраска быстро исчезнет. Произошло вот что: сульфит отдал свободному иоду электрон, тот стал электрически заряженным, превратился в ион, а в таком состоянии иод уже не реагирует с крахмалом.

Такое свойство *сульфита натрия*, как и *диоксида серы*, означает, что эти вещества - хорошие восстановители. Вот еще любопытный опыт с сульфитом. Его компаньоном-окислителем вновь будет *перманганат калия*.

В четыре пробирки налейте бледно-розовый, розовый, светло-фиолетовый и темно-фиолетовый растворы *марганцовки*. В каждую пробирку добавьте раствор *сульфита натрия*. Содержимое первой пробирки станет почти бесцветным, второй - буроватым. В третьей пробирке выпадут бурые хлопья, в четвертой тоже, но осадка будет намного больше. Во всех пробирках образуется твердый *диоксид марганца*  $MnO_2$ . Но в первых двух пробирках он существует в виде **коллоидного раствора** (твердые частицы настолько малы, что раствор кажется прозрачным). А в остальных двух пробирках концентрация  $MnO_2$  настолько велика, что частицы слипаются и выпадают а осадок.

Вообще марганцовка напоминает химического хамелеона - так она умеет менять свой цвет. Например, в щелочной среде раствор перманганата калия из **красно-фиолетового** становится **зеленым**, потому что *перманганат* восстанавливается до зеленого *манганата*. Чтобы проверить это, бросьте в раствор щелочи - в концентрированный прокипяченный раствор стиральной соды - кристаллик марганцовки, и вместо привычного розового окрашивания появится зеленое.

Этот опыт получается еще красивее, когда работают с *едким натром*, но для домашнего экспериментирования, пока у вас нет навыка и умения, такие щелочи рекомендовать нельзя. Если же вы занимаетесь в кружке, то поставьте опыт так: налейте в тонкостенный стакан немного красного раствора марганцовки (он должен быть прозрачным) и очень небольшими порциями, чтобы реакционная смесь не разогревалась, добавляйте достаточно концентрированный раствор *едкого натра*. Наблюдайте за цветом жидкости - сначала он будет становиться все более фиолетовым, затем, по мере увеличения щелочности, синим, и, наконец, зеленым. Смена окраски особенно отчетливо видна в проходящем свете. В любом случае освещение должно быть хорошим, без этого переходы оттенков можно и не заметить.

Следующий опыт поможет вам **отличить грязную воду от чистой**. Одну пробирку наполните чистой водой, другую - водой из застоявшейся лужи или из болота. Добавьте в пробирки немного раствора окислителя - *перманганата калия*. В водопроводной воде он останется розовым, в воде из лужи - обесцветится. В теплую погоду в стоячей воде скапливаются органические вещества. Они, как и *сульфит натрия*, восстанавливают перманганат калия, меняют его окраску.

В первом опыте с сульфитом натрия предлагалось брать его из большого патрона проявителя. Если вы последовали этому совету, то у вас остался малый патрон, который содержит смесь *метола* и *гидрохинона*. Растворите эту смесь в воде; раствор будет очень слабо окрашенным. Прибавьте немного *хлорной извести* (это распространенное дезинфицирующее вещество, обращаться с ним надо осторожно). Содержимое пробирки станет желтым. **Хлорная известь** -

**хороший окислитель**, она окисляет гидрохинон до *хинона*, а тот окрашен в желтый цвет. Если же теперь добавить в пробирку смесь сульфита натрия и *сода* из большого патрона, то желтая окраска исчезнет: сульфит натрия вновь восстановит *хинон* до *гидрохинона*.

**Последний опыт** на тему "окисление - восстановление" мы поставим с соединениями хрома. Такие опыты часто бывают красочными, что неудивительно, так как "хромое" по-гречески означает "цвет".

Итак, возьмите немного желтого раствора *дихромата калия*  $K_2Cr_2O_7$ ; это вещество широко применяют в технике в качестве окислителя, например, для очистки сильно загрязненных деталей; обращаться с ним надо аккуратно. Если добавить в желтый раствор немного *серной кислоты* (**осторожно! лить кислоту медленно!**), то он станет красным. В такой подкисленный раствор бросьте несколько кусочков *цинка*.

Если у вас нет гранулированного цинка, с которым обычно ставят опыты, то добудьте цинк самостоятельно, из негодной батарейки: металлические стаканчики в элементах питания - цинковые.

Итак, вы бросили в стакан с раствором немного цинка, и *дихромат*, восстанавливаясь, меняет цвет на **темно-зеленый**. Это образовались ионы  $Cr^{3+}$ . Одновременно благодаря реакции цинка с кислотой выделяется газ - *водород*.

Если продукты реакции не окисляются кислородом воздуха, то реакция будет идти и дальше, причем появится **голубая** окраска - такой цвет у раствора *сульфата хрома(II)*  $CrSO_4$ . Перелейте его в другой стакан; пока вы будете это делать, произойдет **окисление**, и раствор опять станет зеленым.

## АДСОРБЦИЯ

С физико-химическим явлением, о котором сейчас пойдет речь, знаком, наверное, каждый, хотя, может быть, не все знают, что оно называется **адсорбцией**. Если даже вы и не проходили адсорбцию на уроках, наблюдали вы ее неоднократно. Как только вы сажаете чернильную кляксу на бумагу или, что гораздо хуже, на одежду, так сразу и знакомитесь с этим явлением. Когда поверхность одного вещества (бумаги, ткани и т.д.) поглощает частицы другого вещества (например чернил), это и есть **адсорбция**.

Очень хороший **адсорбент** - *уголь*. Причем не каменный, а древесный, и не просто древесный, а активный (**активированный**). Такой уголь продают в аптеках, обычно в виде таблеток. С него и начнем опыты по адсорбции.

Приготовьте бледный **раствор чернил** любого цвета и налейте в пробирку, но не доверху. Положите в пробирку таблетку активного угля, лучше растолченного, закройте пальцем и встряхните как следует. Раствор **посветлеет** на глазах. Поменяйте раствор на какой-либо другой, но тоже окрашенный - пусть это будет разбавленная гуашь или акварель. Эффект окажется таким же. А если взять просто кусочки древесного угля, то они будут поглощать краситель значительно слабее.

В этом нет ничего странного: активный уголь отличается от обычного тем, что поверхность у него гораздо **больше**. Его частицы буквально **пронизаны порами** (для этого уголь особым способом обрабатывают и удаляют из него примеси). А коль скоро адсорбция-это поглощение поверхностью, то ясно: чем больше поверхность, тем и поглощение лучше.

**Адсорбенты** способны поглощать вещества не только из растворов. Возьмите поллитровую стеклянную банку и капните на дно одну каплю одеколона или любого другого пахучего вещества. Обхватите банку ладонями и подержите её так с полминуты, чтобы немного нагреть пахучую жидкость - тогда она будет быстрее испаряться и сильнее пахнуть. Как принято в химии, **не нюхайте вещество прямо из склянки**, а легкими взмахами руки направьте к носу воздух вместе с парами вещества; не всегда ведь известно, хорошо ли пахнет то вещество, которое в склянке.

Каким бы ни был запах, вы его, конечно, почувствуете явственно. А теперь положите в склянку немного *активного угля*, закройте ее плотно крышкой и оставьте на несколько минут. Снимите крышку и вновь направьте воздух к себе взмахами ладони. Запах исчез. Он **поглотился адсорбентом**, или, точнее, поглотились молекулы летучего вещества, которое вы поместили в банку.

Не обязательно брать для этих опытов активный уголь. Есть много других веществ, которые могут служить **адсорбентами**: туф, сухая размолотая глина, мел, промокательная бумага. Словом, самые разные вещества, но обязательно с **развитой поверхностью**. В том числе и некоторые пищевые продукты - вы, наверное, знаете, как легко хлеб впитывает посторонние запахи. Недаром пшеничный хлеб не советуют держать в одной упаковке с ржаным - их запахи смешиваются, и каждый теряет свой особый, только ему присущий аромат.

Очень хороший **адсорбент** - воздушная кукуруза, или кукурузные палочки, столь любимые многими из нас. Конечно, тратить на опыт пакет или даже четверть пакета нет смысла, но несколько штук... Попробуем. Предыдущий опыт с пахучими веществами повторите в присутствии кукурузных палочек - и запах совершенно исчезнет. Конечно, после опыта есть палочки уже нельзя.

Вернемся к **опыту с получением диоксида углерода** (углекислого газа).

Заполните этим газом две пробирки, причем в одну положите кукурузные палочки и встряхните несколько раз. Далее, как и прежде, проделайте опыт с *известковой водой* (можно просто "наливать" в нее газ из пробирок - он тяжелее воздуха). Будет ли разница в поведении известковой воды? Да, будет. **Жидкость станет мутной** только в том стакане, в который "вылили" газ, не обработанный адсорбентом. А из другой пробирки, той, где были кукурузные палочки, диоксида углерода не извлечь: его поглотил адсорбент.

Если вы работаете в химическом кружке и уже научились получать и собирать такие окрашенные газы, как *хлор* и *диоксид азота* (дома с ними дела иметь не надо, тут требуется хорошая тяга), то можете испытать на них действие угля и кукурузных палочек. В сосуд с окрашенным газом поместите адсорбент, встряхните несколько раз - и окраска, если не исчезнет совсем, то заметно ослабеет.

Сейчас на многих кухнях над газовыми плитами ставят разнообразные устройства для очистки воздуха от чада и дыма. В таких устройствах, помимо прочего, есть патрон с каким-либо адсорбентом, через который прогоняют загрязненный воздух. Что при этом происходит, вы теперь знаете. А когда вся поверхность будет занята посторонними, "впитанными" из воздуха частицами, патрон заменяют свежим

## **ХИМЧИСТКА**

Опыты из этой главы можно назвать повторением пройденного, потому что при химической чистке и выведении пятен чаще всего используют как раз те процессы, с которыми вы недавно познакомились в опытах. А именно: **экстракцию, окисление-восстановление и адсорбцию**.

Конечно, не стоит ради опытов пачкать одежду. Поступим так: заготовим несколько кусочков светлой ткани, на нее посадим разные пятна и попытаемся их вывести. А если опыты пройдут успешно, можно рискнуть почистить и свой костюм (или чужой - если разрешат...).

Самые распространенные пятна - **жировые**. Их выводят, как правило, с помощью экстракции, подбирая для этого подходящий растворитель. Для выведения свежих жировых пятен годятся бензин, скипидар, медицинский эфир. Ваткой, смоченной растворителем, протрите пятно несколько раз, и жир перейдет в раствор. Чтобы на ткани не осталось ореола, ее надо протереть мыльной водой или раствором стирального порошка.

Старые жировые пятна удалить труднее, тут одним растворителем не обойтись, нужны смеси. Например, *бензина, медицинского эфира и скипидара* (7:1:2) или *винного спирта, скипидара и медицинского эфира* (10:2:1).

Если ткань цветная, то надо позаботиться о том, чтобы растворитель не повредил окраску. Прежде чем приступить к работе, проверьте, не изменяет ли выбранный вами растворитель цвет ткани.

Пятно от масляного лака хорошо удаляет паста из *бензина* и *белой глины*. Тестообразную смесь наносят на пятно и оставляют до тех пор, пока бензин полностью не испарится. В этом случае к экстракции добавляется адсорбция: белая глина впитывает, поглощает вещества, экстрагируемые бензином.

Свежее пятно от масляной краски сначала смочите *скипидаром* (для размягчения), а потом удалите *бензином*. Если такая обработка может повредить окраске, то протрите пятно горячим раствором *глицерина* или его смесью с равным количеством *винного спирта*.

**Экстракцией** можно удалить и пятна от травы, Помните опыт, в котором мы экстрагировали *хлорофилл спиртом*? Так вот, если протереть испачканное место *спиртом* (или *медицинским эфиром*), можно постепенно экстрагировать хлорофилл из пятна, и оно обесцветится.

Чернильные пятна, посаженные на одежду, тоже удастся иногда обесцветить. Для этого насыпьте на пятно немного толченого *мела* или зубного порошка и капните 2-3 капли *спирта*. Спирт растворит краситель чернил, а мел впитает окрашенный раствор. Снимите испачканный мел тупым концом ножа, нанесите свежую порцию мела и спирта и повторяйте эту операцию до тех пор, пока мел не будет оставаться белым. Дайте ему высохнуть и снимите остатки щеткой.

И в этом случае мы сочетали **экстракцию с адсорбцией**. Вообще при удалении пятен такой двойной прием часто оказывается самым эффективным: белая глина, мел и тому подобные порошки не позволяют подкрашенному раствору расползаться по ткани, образуя ореол вокруг бывшего пятна.

Теперь об **окислительно-восстановительных реакциях**, которые тоже помогают удалять пятна.

Свежие пятна от ягод и соков удастся нередко снять просто горячей водой. Если же это не возымеет действия, то эти пятна на белых тканях можно обесцветить раствором *пероксида водорода* (можно растворить таблетку *гидроперита* в половине стакана воды). Пропитайте пятно этим раствором, добавив к нему несколько капель *нашатырного спирта*, протрите чистой ваткой и промойте водой. *Пероксид* (перекись) *водорода* - сильный окислитель, он окисляет многие красители, и они обесцвечиваются.

Пятна от горячего утюга на хлопчатобумажных и льняных белых тканях тоже можно удалить с помощью реакции окисления - восстановления. В качестве окислителя надо использовать водный раствор *хлорной извести* (**осторожно!**) в отношении 1:50 по массе. При перегреве ткани образуются коричневые продукты термического окисления, а хлорная известь разрушает их, делает бесцветными. Но имейте в виду, что в результате реакции образуется *соляная* (хлороводородная) *кислота*, которая сама по себе может разрушить ткань. Поэтому сразу после чистки ополосните ткань слабым раствором соды, чтобы нейтрализовать кислоту, а затем промойте чистой водой.

Наконец, если на ткань попал иод, то, протерев пятно раствором *тиосульфата натрия* (гипосульфита), вы выведете пятно бесследно. Вы уже знаете, какое вещество в этой реакции **окислитель** и какое **восстановитель**.

## СТИРКА

От химчистки вполне естественно будет перейти к **стирке**, что мы и сделаем.

Стирка - физико-химический процесс, его главные действующие лица - **поверхностно-активные вещества**. Молекулы таких веществ состоят из двух частей - гидрофильной, т. е. имеющей

сродство к воде, и гидрофобной, которая с водой не взаимодействует, зато охотно вступает в контакт с загрязняющими веществами, например, с трудно отмываемыми жирами и маслами. Эти группы - **гидрофильные** и **гидрофобные** - находятся на разных концах длинной молекулы. Такие молекулы прикрепляются своими гидрофобными концами к жирной поверхности, а гидрофильные торчат наружу, словно иголки у ежа. Вода эти "иголки" хорошо смачивает, она окружает такого "ежа", отрывает его от поверхности и уносит прочь. Примерно так действует и мыло, и стиральный порошок. А чтобы поскорее удалить грязь с ткани или с наших рук, мы их трем губкой, щеткой, друг о друга...

Коль скоро **мыло** - самое старое **поверхностно-активное вещество**, с него и начнем.

Растворите в небольшом количестве воды немного мыла, добавьте в пробирку раствор *фенолфталеина*. Окраска станет малиново-красной. Значит, среда щелочная. И в самом деле, обычное мыло - натриевая соль жирных кислот - олеиновой, стеариновой, например,  $C_{17}H_{35}COONa$  (а жидкое мыло - калиевая соль тех же кислот). При растворении в воде такие соли гидролизуются, распадаются на кислоту и щелочь. Но *жирные кислоты* слабые, а щелочи в данном случае сильные, поэтому раствор имеет **щелочную реакцию**.

Раньше думали, будто мыло хорошо стирает и моет потому, что оно образует щелочь. Оказалось, что дело вовсе не в этом. Напротив, щелочь (например, стиральная сода) моет потому, что она соединяется с жирами и образует в растворе поверхностно-активные вещества, подобные мылу.

Между прочим, мыло не так уж сложно получить самим. Есть несколько способов; вот один из них. Приготовьте горячий концентрированный раствор *стиральной соды*, налейте его в пробирку и постепенно, по каплям, добавляйте *растительное масло*, пока оно не перестанет растворяться. Вместо масла можно взять *пчелиный воск*. В полученный раствор насыпьте щепотку *поваренной соли*. Так же поступают и на мыловаренных заводах - этот процесс называют **высаливанием**. После добавления соли твердое мыло всплывает на поверхность и его легко отделить от раствора.

Сейчас мыло для стирки применяют все реже, а **стиральные порошки** все чаще. В состав этих порошков входят поверхностно-активные вещества, полученные синтетически. Поэтому их и называют **синтетическими моющими средствами**.

**Поставим такой опыт.** Разрежьте лоскут грязной ткани на три части и опустите каждый кусочек в стаканы. В первый стакан налейте просто подогретую воду, во второй - мыльный раствор, а в третий - раствор любого стирального порошка, какой найдется дома. Слегка потрите лоскутки, ополосните их в чистой воде, высушите и внимательно разглядите. Тот кусочек ткани, который побывал в воде, стал ненамного чище. Лоскуток из мыльного раствора заметно посветлел. Но самым чистым окажется тот кусочек ткани, который вы извлекли из стакана с раствором стирального порошка. Значит, **синтетические моющие средства** действуют более энергично, чем обычное мыло.

У многих стиральных порошков есть еще одно ценное свойство: они моют в любой воде - в мягкой, в жесткой, даже в морской. А мыло?

Возьмите обычную воду и растворите в ней какую-нибудь соль кальция или магния. Можно купить в аптеке *горькую соль*, можно взять сухую морскую соль (она тоже продается в аптеках) или раствор *хлорида кальция*. Таким образом вы сделаете воду жесткой, ведь **жесткая вода** тем и отличается от мягкой, что содержит много солей кальция и магния - так называемых солей жесткости.

Вновь возьмите кусочек грязной ткани и попробуйте выстирать его мылом в такой жесткой воде. Ничего у вас не выйдет - даже пены не образуется. **Соли жесткости** вступают с мылом в реакцию, образуются кальциевые и магниевые мыла, а они нерастворимы в воде. И наше мыло теряет все свои полезные свойства.

Но если в жесткой воде растворить стиральный порошок, например "Лотос", он будет отстирывать грязь почти так же, как прежде - жесткая вода ему не вредит. **Поверхностно-активные вещества**, входящие в состав порошка, не взаимодействуют с солями жесткости, а значит, не теряют своих свойств.

Растворы стиральных порошков, как и растворы хозяйственного мыла, могут быть щелочными; в этом случае в них рекомендуют стирать хлопок и лен, но никак не шерсть и не шелк. Однако есть и **нейтральные средства**, их нередко выпускают не в виде порошков, а в виде жидкостей; они-то и хороши для шерсти, шелка и синтетических тканей. Если возникнут сомнения, стоит ли стирать тем или иным порошком шерстяной свитер, то проведите пробу с *фенолфталеином*. Раствор стал красным - значит, в нем есть свободная щелочь, а она шерсти противопоказана, потому что может разрушить волокна. Но если раствор остался бесцветным или окрасился совсем немного, смело погружайте в него и шерстяные и шелковые вещи.

В былые времена, когда мыло было предметом роскоши, для стирки часто использовали другие, более доступные вещества, которые хотя и в меньшей степени, но все же отстирывали грязь. Попробуйте и вы, как действуют эти вещества. Можете взять для опыта **порошок горчицы** или отвар фасоли, но еще лучше - корни некоторых растений, например, примулы, вороньего глаза, цикламена, куколи. В этих корнях содержатся сапонины - вещества, обладающие моющим действием (возможно, в старых книжках вы встречали такое выражение - **мыльный корень**). Все эти природные вещества стирают, конечно, хуже мыла, но вы без труда убедитесь, что они все же стирают.

Главу о моющих средствах закончим **опытом**, в котором, добавляя поверхностно-активные вещества и изменяя тем самым **поверхностное натяжение воды**, мы заставим предмет двигаться по воде.

Из тонкой медной проволоки сделайте плоскую спираль в несколько витков, слегка смажьте ее маслом или вазелином и очень осторожно опустите на поверхность воды. Поверхностное натяжение воды не дает спирали утонуть, а вода ее не смачивает. Теперь пипеткой аккуратно капните в самую середину спирали одну каплю мыльного раствора. Спираль сейчас же начнет вертеться. Растекаясь по поверхности, мыльный раствор доходит до конца спирали, выходит из нее и развивает небольшую реактивную тягу. Когда спираль остановится, капните мыльный раствор еще раз - вращение возобновится.

Такая спираль может послужить прибором для определения поверхностной активности различных жидкостей. Замените мыльный раствор другим веществом - спираль станет двигаться с другой скоростью. Если капнуть раствор *поваренной соли*, то кругового движения не будет вовсе. А в растворе стирального порошка спираль быстро утонет. Он смывает слой масла, который удерживает проволоку на воде.

## СВЕЧА ИЗ МЫЛА

Когда мы рассуждали о том, отчего мыло моет, то упоминали особое устройство его молекулы: "голова" и длинный "хвост", причем "голова" стремится к воде, а "хвост", напротив, от воды отталкивается... Рассмотрим повнимательнее **гидрофобный "хвост"** - длинную *углеводородную* цепочку. Такого рода соединения очень распространены и крайне важны для промышленности. Они непременная составляющая часть многих жиров, масел, смазок и других полезнейших веществ. Одно из них - так называемый *стеарин* - мы сейчас и получим, взяв за основу хозяйственное мыло.

Ножом настрогайте с полкуса хозяйственного мыла и положите в чистую консервную банку (или в отслужившую свое кастрюльку). Налейте воды, так чтобы она с избытком покрывала мыльную стружку, и поставьте смесь на водяную баню. Помешивайте время от времени содержимое кастрюльки деревянной палочкой, чтобы мыло поскорее растворилось в воде. Когда это, наконец, произойдет, снимите сосуд с огня (разумеется, не голый рукой) и вливайте в него уксус.

Под действием кислоты из раствора выделится и всплывет на поверхность густая белая масса. Это и есть *стеарин* - полупрозрачная смесь нескольких веществ, главным образом стеариновой  $C_{17}H_{35}COOH$  и пальмитиновой  $C_{15}H_{31}COOH$  кислот. Точный состав сказать невозможно, он зависит от веществ, которые пошли на приготовление мыла.

Из *стеарина*, как известно, делают свечи. Вернее, делали раньше, потому что сейчас свечи большей частью не **стеариновые**, а **парафиновые** - получаемый из нефти *парафин* дешевле и доступнее. Но, коль скоро в нашем распоряжении есть стеарин, мы и приготовим из него свечу. Это, между прочим, само по себе занимательное занятие!



Когда банка совсем остынет, соберите стеарин с поверхности ложкой и переложите его в чистую посуду. Два-три раза промойте стеарин водой и заверните в чистую белую тряпку или в фильтровальную бумагу, чтобы впиталась лишняя влага. Когда стеарин совершенно высохнет, примемся за свечку.

Вот едва ли не самый простой прием: толстую витую нить, например, от фитиля для керосинки окунайте многократно в слегка подогретый расплавленный стеарин, каждый раз давая стеарину затвердеть на фитиле. Поступайте таким образом до тех пор, пока на фитиле не нарастет свеча достаточной толщины. Это хороший способ, хотя и несколько утомительный; во всяком случае, в давние времена так нередко готовили свечи.

Есть способ и попроще: сразу обмазать фитиль подогретым до размягчения стеарином (можно даже только что приготовленным, еще не остывшим). Но в этом случае фитиль будет хуже пропитываться плавкой массой и свеча получится не очень хорошей, хотя и будет гореть.

Для красивых, фигурных свечей и способы изготовления непросты. И прежде всего надо сделать форму - деревянную, гипсовую, металлическую. Фитиль и в этом случае желательно сначала пропитать одним-двумя слоями стеарина; затем его закрепляют в форме так, чтобы он проходил точно посередине. Желательно, чтобы фитиль был немного натянут. И уже после этого в форму заливают горячий стеарин.

Между прочим, таким образом можно делать свечи из парафина, т. е., собственно, из покупных свечей, расплавляя их и придавая им ту форму, какая вам по душе. Однако предупреждаем - придется повозиться...

Получив свечу из мыла, проведем опыт в обратном направлении: приготовим **мыло из свечи**. Только не из парафиновой, из нее мыла вообще нельзя сделать, ибо у молекул парафинов нет "голов". Но если вы уверены, что свеча стеариновая, то смело можете готовить из нее хозяйственное мыло. Годится также натуральный **пчелиный воск**.

Несколько обломков стеариновой свечи **нагрейте на водяной бане**, достаточно горячей, но не доведенной до кипения. Когда стеарин полностью расплавится, добавьте к нему концентрированный раствор *стиральной* (кальцинированной) *соды*. Образовавшаяся белая вязкая масса и есть мыло. Подержите его еще несколько минут **на водяной бане**, а затем, надев рукавицу или обмотав руку полотенцем, чтобы не обжечься, вылейте еще горячую массу в какую-либо форму - хотя бы в спичечный коробок. Когда мыло застынет, выньте его из коробка.

Убедиться в том, что это мыло и что оно моет, труда не составит. Только, пожалуйста, не используйте его для мытья рук - ведь мы не знаем, насколько чистыми были вещества, входившие в состав свечи.

### **МЕЛ, МРАМОР, СКОРЛУПА...**

Кусочек природного мела  $\text{CaCO}_3$  смочите каплей соляной кислоты  $\text{HCl}$  (можно взять аптечную кислоту). Там, куда упала капля, заметно энергичное вскипание. Внесите кусочек мела с "кипящей" каплей в пламя свечи или сухого спирта. Пламя окрасится в красивый **красный цвет**.

Это явление известно: кальций, входящий в состав мела, делает пламя красным. Но зачем кислота? Она, реагируя с мелом, образует растворимый хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$ , его брызги уносятся газами и попадают непосредственно в пламя - от этого опыт становится эффектнее.

К сожалению, такой опыт с прессованным школьным мелом не удастся - в нем есть примесь *соды* (соли натрия), и пламя окрашивается в **оранжевый цвет**. Лучше всего опыт получается с кусочком белого мрамора, смоченного той же кислотой.

А убедиться в том, что соли натрия окрашивают пламя в интенсивный желтый цвет, вы сможете, внеся в пламя крупинку соли  $\text{NaCl}$  (или просто слегка "посолив" огонь).

Для следующего опыта с мелом понадобится свеча. Укрепите ее на негорючей подставке и внесите в пламя кусочек мела (мрамора, ракушки, яичной скорлупы). Мел покрывается копотью - значит,

температура пламени мала. Мы собираемся обжечь мел, а для этого нужна температура 700-800 °С. Как же быть? Надо увеличить температуру, продувая через пламя воздух.

С аптечной пипетки снимите резиновый колпачок и вместо него наденьте резиновую или пластмассовую трубку. Дуйте в трубку таким образом, чтобы через оттянутый конец пипетки воздух попал в пламя над самым фитилем. Язычок пламени отклонится в сторону, температура его повысится.

Направьте язычок на самую острую часть мелка. Этот участок раскалится добела, мел превратится здесь в *жженую* (негашеную) *известь*  $\text{CaO}$ , а заодно выделится *диоксид углерода*.

Проделайте эту операцию несколько раз с кусочками **мела, мрамора, яичной скорлупы**. Обожженные кусочки положите в чистую жестянку. Пока они остывают, самый большой кусочек поместите в блюдце и капните воды на то место, которое было накалино. Раздастся шипение, вся вода поглотится, а прокаленный участок рассыплется в порошок. Этот порошок - *гашеная известь*  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Добавьте воды побольше и капните раствор **фенолфталеина**. Вода в блюдце станет красной; значит, гашеная известь образует щелочной раствор.

Когда обожженные кусочки охладятся, поместите их в стеклянную банку или бутылку, залейте водой, закройте крышкой и взболтайте - вода станет мутной. Вы уже знаете, что мы сейчас получим известковую воду. Дайте жидкости отстояться и слейте прозрачный раствор в чистую склянку. Отлейте немного известковой воды в пробирку - и можно ставить с нею описанные ранее опыты с газами. А можно и другие фокусы.

## ЭЛЕКТРОЛИЗ В СТАКАНЕ

Опыты с электричеством еще не раз встретятся вам в этой книге. Сейчас-самые простые. Чтобы провести их, достаточно трех-четырех батареек для карманного фонаря.

Вообще-то опыты по электрохимии часто пытаются ставить дома, но не всегда они выходят: какая-нибудь мелочь - и ничего не получается. **Если вы будете следовать всем нашим указаниям, можете быть уверены, что опыт удастся.**

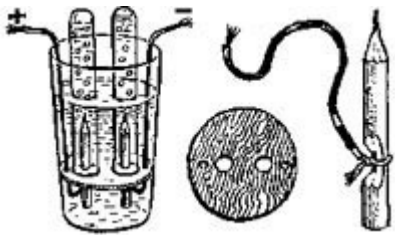
Начнем с очень простого, но тем не менее поучительного опыта. Для него понадобится единственный реактив: **чернила** любого цвета. Правда, придется немного потрудиться над прибором.

Возьмите две металлические полоски длиной 8-10 см и шириной 1-2 см. Они могут быть из *железа, меди, алюминия* - безразлично, лишь бы свободно проходили в прозрачный сосуд - высокую мензурку или большую пробирку. Перед опытом просверлите в пластинах с одной стороны отверстия для прикрепления проводников. Приготовьте две одинаковые, толщиной буквально в несколько миллиметров, пластмассовые или деревянные прокладки и склейте их с металлическими полосками так, чтобы те, расположившись параллельно, не касались друг друга. **Клей** годится практически любой - БФ, "Момент" и др.

В мензурку или пробирку **налейте воду** и капните в нее столько **чернил**, чтобы раствор не был очень насыщенного цвета (однако он не должен быть и прозрачным). Опустите в него конструкцию из двух полосок, **соедините их проводками с двумя батарейками**, подключенными последовательно, "плюс" к "минусу". Несколько минут спустя, чернильный раствор между пластинками станет светлеть, а на дне и вверху будут собираться темные частицы.

В состав чернила входят очень мелкие окрашенные частицы, взвешенные в воде. Под действием тока они слипаются и не могут уже плавать в воде, а опускаются на дно под действием силы тяжести. Понятно, что раствор при этом становится все более и более бледным.

Но как же частицы попали наверх? При действии тока на растворы нередко образуются газы. В нашем случае **газовые пузырьки подхватывают твердые частицы и уносят их наверх.**



В следующем опыте толстостенный чайный стакан, расширяющийся кверху, будет служить **электролитической ванной**. Приготовьте фанерный кружок такого диаметра, чтобы он прижался к стенке стакана в трех-четырех сантиметрах выше дна. В кружке заранее просверлите два отверстия (или вырежьте в нем по диаметру прорезь), неподалеку шилом проколите **два отверстия**: через них будут проходить **проводки**.

В большие отверстия или в прорезь вставьте два карандаша длиной 5-6 см, очиненные с одного конца. Карандаши, точнее, их грифели, будут служить **электродами**.

На неочиненных концах карандашей сделайте зарубки, чтобы обнажились грифели, и примотайте к ним оголенные концы проводков. Проводки скрутите и тщательно обмотайте **изоляционной лентой**, а чтобы изоляция была совсем надежной, лучше всего спрятать проводки в резиновых трубках. Все детали прибора готовы, остается только собрать его, т. е. вставить кружок с электродами внутрь стакана.

Поставьте стакан на тарелку и налейте в него до краев раствор стиральной кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  из расчета 2-3 чайные ложки на стакан воды. Таким же раствором заполните две пробирки. Одну из них закройте большим пальцем, переверните вверх дном и погрузите в стакан так, чтобы в нее не попал ни один пузырек воздуха. Под водой наденьте пробирку на электрод-карандаш. Точно так же поступите со второй пробиркой.

**Батарейки** - числом не менее трех - нужно соединить последовательно, "**плюс**" одной к "**минусу**" другой, а к крайним батарейкам подсоединить проводки от карандашей. Сразу начнется электролиз раствора. Положительно заряженные ионы водорода  $\text{H}^+$  направляются к отрицательно заряженному электроду - катоду, присоединят там электрон и превратятся в газ водород. Когда у карандаша, подсоединенного к "минусу", соберется полная пробирка *водорода*, ее можно вынуть и, **не переворачивая, поджечь газ**. Он загорится с характерным звуком. У другого электрода, положительного (**анода**) выделяется *кислород*. Наполненную им пробирку закройте пальцем под водой, выньте из стакана, переверните и **внесите тлеющую лучинку - она загорится**.

Итак, из воды  $\text{H}_2\text{O}$  получился водород  $\text{H}_2$ , и кислород  $\text{O}_2$ ; а для чего же *сода*? Для ускорения опыта. **Чистая вода очень плохо проводит электрический ток**, электрохимическая реакция идет в ней слишком медленно.

С тем же прибором можно поставить еще один опыт - электролиз насыщенного раствора *поваренной соли*  $\text{NaCl}$ . В этом случае одна пробирка наполнится бесцветным водородом, а другая - желто-зеленым газом. Это *хлор*, который образуется из поваренной соли. Хлор легко отдает свой заряд и первым выделяется на аноде.

Пробирку с хлором, в которой находится также немного раствора соли, закройте пальцем под водой, переверните и встряхните, не отнимая пальца. В пробирке образуется раствор хлора - *хлорная вода*. У нее сильные **отбеливающие** свойства. Например, если добавить хлорную воду к бледно-синему раствору чернил, то он **обесцветится**.

При **электролизе** поваренной соли образуется еще одно вещество - *едкий натр*. Эта щелочь остается в растворе, в чем можно убедиться, капнув в стакан возле отрицательного электрода немного раствора **фенолфталеина** или **самоделного индикатора**.

Итак, мы получили в опыте сразу три ценных вещества - водород, хлор и едкий натр. Именно поэтому **электролиз поваренной соли** так широко используют в промышленности.

С помощью тока и насыщенного раствора поваренной соли можно проделать еще один занимательный опыт. Займемся сейчас тем, что будем **сверлить металл обыкновенным карандашом**.

Приготовьте в чайном блюдце насыщенный раствор *поваренной соли*. Соедините проводком лезвие безопасной бритвы с положительным полюсом батарейки для карманного фонаря (лезвие будет **анодом**). На заточенном конце карандаша обломайте грифель и примерно на полмиллиметра выковыряйте его иглой. На 2-3 см выше сделайте ножом зарубку до грифеля и намотайте на нее конец оголенного провода; это место оберните **изоляционной лентой**, а другой конец провода присоедините к **отрицательному полюсу** батарейки (карандаш будет **катодом**).

Положите лезвие в блюдце с раствором и коснитесь карандашом-катодом лезвия. Тотчас вокруг карандаша начнут бурно выделяться пузырьки водорода. А лезвие-**анод** будет растворяться: атомы железа приобретут заряд, превратятся в ионы и перейдут в раствор. Так минут через десять-пятнадцать в лезвии получится **сквозное отверстие**. Особенно быстро оно образуется, если батарейка новая, а лезвие тонкое (0,08 мм). В алюминиевой же фольге отверстие просверливается буквально за секунды.

Если вы захотите просверлить карандашом отверстие в определенном месте тонкой металлической пластинки, то лучше заранее **покрыть обрабатываемую деталь лаком**, а там, где вы будете сверлить, лак снять.

Углубление в грифеле понадобилось затем, чтобы грифель не касался металла. Иначе цепь сразу замкнется, ток не пойдет через раствор и никакого электролиза не будет.

Сверлить карандашом можно и без электролитической ванны (в нашем случае, без чайного блюдца). Пластинку-**анод** положите на доску или на тарелку, капните воды, обмакните карандаш, присоединенный к батарейке, в соль и погрузите заточенный его конец в каплю. Время от времени удаляйте тряпочкой продукты электролиза и наносите новую каплю. Повторяя эту операцию, можно, не прикладывая усилий, просверлить металлическую фольгу или жесть от консервной банки.

Так же, между прочим, можно сделать отверстие в сломанном стальном ноже, чтобы приделать к нему новую ручку.

Конечно, для сверления металла толщиной более миллиметра одной батарейки мало - надо **включить параллельно несколько батареек** или воспользоваться понижающим трансформатором с выпрямителем - например, от детской железной дороги или от прибора для выжигания по дереву.

И независимо от источника тока и способа электролиза придется несколько раз **менять раствор электролита** и хорошо **очищать лунку** гвоздем или шилом.

## ОЛОВО И СВИНЕЦ

Металлы не очень удобны для опытов: эксперименты с ними требуют, как правило, сложного оборудования. Но некоторые опыты можно поставить и в домашней лаборатории.

**Начнем с олова.** В хозяйственных магазинах бывают иногда палочки металлического олова для пайки. С таким маленьким слитком можно проделать эксперимент: взять оловянную палочку двумя руками и согнуть - **раздастся отчетливый хруст**.

У **металлического олова** такая кристаллическая структура, что при изгибе кристаллики металла как бы трутся друг о друга, возникает хрустящий звук. Кстати, по этому признаку можно отличить чистое олово от оловянных сплавов - палочка из сплава при сгибании никаких звуков не издает.

А сейчас попробуем добыть олово из пустых консервных банок, из тех самых, которые лучше не выбрасывать, а сдавать в утиль. Большинство банок изнутри **луженые**, т. е. они покрыты слоем олова, который защищает железо от окисления, а пищевые продукты - от порчи. Это олово можно извлечь и использовать повторно.

Прежде всего пустую банку надо как следует очистить. Обычного мытья недостаточно, поэтому налейте в банку концентрированный раствор *стиральной соды* и поставьте ее на полчаса на огонь, чтобы моющий раствор прокипел как следует. Слейте раствор и промойте банку два-три раза водой. Теперь можно считать ее чистой.

Нам понадобятся **две-три батарейки** для карманного фонаря, соединенные последовательно; можно, как говорилось выше, взять выпрямитель с трансформатором или аккумулятор на 9-12 В. Каким бы ни был источник тока, к положительному его полюсу присоедините консервную банку (внимательно следите, чтобы был хороший контакт - можно пробить в верхней части банки небольшое отверстие и вдеть в него провод).

**Отрицательный полюс** соедините с каким-либо куском железа, например, с большим очищенным до блеска гвоздем. Опустите железный электрод в банку так, чтобы он не касался дна и стенок. Как его подвесить - придумайте сами, это нехитрая штука. Налейте в банку раствор щелочи - **едкого натра** (**обращаться крайне осторожно!**) или *стиральной соды*; первый, вариант лучше, но требует предельной аккуратности в работе.

Так как раствор щелочи еще не раз будет нужен для опытов, расскажем здесь, как его приготовить. Добавьте *стиральную соду*  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  к раствору гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и прокипятите смесь. В результате реакции образуется едкий натр  $\text{NaOH}$  и карбонат кальция, т. е. мел, практически нерастворимый в воде. Значит, в растворе, который после охлаждения надо профильтровать, останется только щелочь. Но вернемся к опыту с консервной банкой. Вскоре на железном электроде **начнут выделяться пузырьки газа**, а олово с консервной банки станет понемногу **переходить в раствор**.

Ну а если надо получить не раствор, содержащий олово, а сам металл? Что ж, и это возможно. Выньте из раствора железный электрод и замените его угольным. Тут вам вновь поможет старая, отслужившая свое батарейка, в цинковом стаканчике которой сеть угольный стержень. Извлеките его и соедините проводом с отрицательным полюсом вашего источника тока. На стержне при электролизе будет оседать губчатое олово, причем если напряжение подобрано правильно, то произойдет это довольно быстро.

Правда, может случиться так, что олова с одной банки окажется маловато. Тогда возьмите еще одну банку, аккуратно нарежьте ее на кусочки специальными ножницами для металла и положите внутрь той банки, в которую налит электролит. **Будьте внимательны: обрезки не должны касаться угольного стержня!**

Собранное на электроде *олово* можно переплавить. Отключите ток, достаньте угольный стержень с губчатым оловом, положите его в фарфоровую чашку или в чистую металлическую банку и подержите на огне. Вскоре олово сплавится в плотный слиток. Не дотрагивайтесь до него и до банки, пока они не остынут!

Часть губчатого олова можно не переплавлять, а оставить для других опытов. Если растворить его в *соляной кислоте* - небольшими кусочками и при умеренном нагревании, - то получится раствор *хлорида олова*. Приготовьте такой раствор концентрацией примерно 7% и добавьте, помешивая, раствор щелочи чуть большей концентрации, около 10%. Сначала выпадет белый осадок, но вскоре он растворится в избытке щелочи. Вы получили раствор *гидроксоциантата натрия* - тот самый, который образовался у вас вначале, когда вы начали растворять олово из банки.

Но если так, то первую часть опыта - перевод металла из банки в раствор - можно уже не повторять, а приступить сразу ко второй его части, когда на электроде оседает металл. Это сэкономит вам немало времени, если вы захотите получить побольше олова из консервных банок.

*Свинец* плавится еще легче, чем олово. В маленький тигель или в металлическую банку из-под гуталина поместите несколько дробинок и нагрейте на пламени. Когда свинец расплавится, осторожно снимите банку с огня, взяв ее за бортик большим надежным пинцетом или плоскогубцами. Расплав свинца вылейте в гипсовую или металлическую форму либо просто в песчаную лунку - так вы получите самодельное свинцовое литье. Если же и дальше прокалывать расплавленный свинец на воздухе, то через несколько часов на поверхности металла образуется красный налет - *двойной оксид свинца*; под названием "**свинцовый сурик**" его часто использовали прежде для приготовления красок.

*Свинец*, как и многие другие металлы, взаимодействует с кислотами, вытесняя из них *водород*. Но попробуйте положить свинец в концентрированную *соляную кислоту* - он в ней не растворится. Возьмите другую, заведомо более слабую кислоту - *уксусную*. В ней свинец хоть и медленно, но растворяется!

Этот парадокс объясняется тем, что при взаимодействии с соляной кислотой образуется плохо растворимый *хлорид свинца*  $PbCl_2$ . Покрывая поверхность металла, он мешает дальнейшему его взаимодействию с кислотой. А вот *ацетат свинца*  $Pb(CH_3COO)_2$ , который получается при реакции с *уксусной кислотой*, растворяется хорошо и не препятствует взаимодействию кислоты и металла.

## АЛЮМИНИЙ, ХРОМ И НИКЕЛЬ

С *алюминием* мы поставим сначала два простых опыта, для которых вполне годится сломанная алюминиевая ложка. Поместите кусочек металла в пробирку с любой кислотой, хотя бы с *соляной*. Алюминий сразу же начнет растворяться, энергично вытесняя водород из кислоты - образуется соль алюминия  $AlCl_3$ . Другой кусочек алюминия опустите в концентрированный раствор щелочи, например, *каустической соды* (**осторожно!**). И снова металл начнет растворяться с выделением водорода. Только на этот раз образуется другая соль, а именно: *алюминат натрия*.

*Оксид* и *гидроксид алюминия* проявляют одновременно и основные, и кислотные свойства, т. е. они вступают в реакцию как с кислотами, так и со щелочами. Их называют **амфотерными**. Соединения *олова*, кстати, тоже амфотерны; проверьте это сами, если, конечно, вы уже извлекли олово из консервной банки.

Существует правило: чем металл активнее, тем он скорее окисляется, **подвергается коррозии**. *Натрий*, например, вообще нельзя оставлять на воздухе, его хранят под керосином. Но известен и такой факт: *алюминий* гораздо активнее, чем, например, *железо*, однако железо быстро ржавеет, а алюминий, сколько его ни держи на воздухе и в воде, практически не изменяется. Что это - исключение из правила?

**Поставим опыт.** Закрепите кусочек *алюминиевой* проволоки в наклонном положении над пламенем газовой горелки или спиртовки так, чтобы нагревалась нижняя часть проволоки. При  $660^\circ C$  этот металл плавится; казалось бы, можно ожидать, что *алюминий* начнет капать на горелку. Но вместо того чтобы плавиться, нагретый конец проволоки вдруг резко провисает. Вглядитесь получше, и вы увидите тонкий чехол, внутри которого находится расплавленный металл. Этот "чехол" - из *оксида алюминия*  $Al_2O_3$ , вещества прочного и очень жаростойкого.

Оксид тонким и плотным слоем покрывает поверхность алюминия и не дает ему дальше окисляться. Это его свойство используют на практике. Например, для **плакирования** металлов; на металлическую поверхность наносят тонкий алюминиевый слой, алюминий сразу же покрывается оксидом, который надежно **предохраняет металл от коррозии**.

И еще два металла, с которыми мы поставим опыт, - *хром* и *никель*. В таблице Менделеева они стоят далеко друг от друга, но есть причина, чтобы рассматривать их вместе: и хромом и никелем покрывают металлические изделия, чтобы они блестели, не ржавели. Так, спинки металлических кроватей покрывают обычно никелем, автомобильные бамперы - хромом.

А можно ли точно узнать, **из какого металла сделано покрытие**? Попробуем провести анализ. Отколите кусочек покрытия от старой детали и оставьте его на воздухе на несколько дней, чтобы он успел покрыться пленкой оксида, а затем поместите в пробирку с концентрированной *соляной кислотой* (**обращаться с осторожностью! Кислота не должна попадать на руки и одежду!**).

Если это был *никель*, то он сразу начнет растворяться в кислоте, образуя соль  $NiCl_2$ ; при этом будет выделяться водород. Если же блестящее покрытие из *хрома*, то первое время никаких изменений не будет и лишь потом металл начнет растворяться в кислоте с образованием *хлорида хрома*  $CrCl_3$ . Вынув этот кусочек покрытия из кислоты пинцетом, ополоснув его водой и высушив на воздухе, через два-три дня можно будет снова наблюдать тот же эффект.

**Объяснение:** на поверхности хрома образуется тончайшая пленка оксида, которая препятствует взаимодействию кислоты с металлом. Однако и она растворяется в кислоте, правда, медленно. На воздухе хром вновь покрывается оксидной пленкой. А вот у никеля такой защитной пленки нет.

Но в таком случае зачем же мы держали металлы на воздухе перед первым опытом? Ведь хром был уже покрыт слоем оксида! А затем, что покрыта была лишь наружная сторона, а внутренняя, обращенная к изделию, с кислородом воздуха в контакт не вступала.

## ОПЫТЫ С МЕДНОЙ ПРОВОЛОКОЙ

С медью можно поставить несколько любопытных **опытов**, поэтому посвятим ей особую главу.

Из кусочка медной проволоки сделайте **маленькую спиральку** и укрепите ее в деревянной держалке (можно оставить свободный конец достаточной длины и намотать его на обычный карандаш). **Прокалите** спиральку в пламени. Ее поверхность покроется черным налетом *оксида меди*  $\text{CuO}$ . Если почерневшую проволоку опустить в разбавленную *соляную кислоту*, то жидкость окрасится в **голубой** цвет, а поверхность металла вновь станет **красной** и блестящей. Кислота, если она не нагрета, не действует на медь, но растворяет ее оксид, превращая его в соль  $\text{CuCl}_2$ .

Но вот вопрос: если *оксид меди* черный, почему старинные медные и бронзовые предметы покрываются не черным, а **зеленым** налетом, и что это за налет?

Попробуйте найти **старый медный предмет**, скажем, подсвечник. Соскребите с него немного зеленого налета и поместите в пробирку. Горлышко пробирки закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в *известковую воду* (как ее готовить, вы уже знаете). Нагрейте содержимое пробирки. На ее стенках соберутся капли воды, а из газоотводной трубки будут выделяться пузырьки газа, от которого **известковая вода мутнеет**. Значит, это *диоксид углерода*. В пробирке же останется черный порошок, который при растворении в кислоте дает голубой раствор. Этот порошок, как вы, наверное, догадываетесь, *оксид меди*.

Итак, мы узнали, на какие составные части разлагается зеленый налет. Его формула записывается так:  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$  (*дигидроксид-карбонат меди*). Он образуется на медных предметах, поскольку в воздухе всегда есть и *диоксид углерода*, и пары воды. Зеленый налет называют **патиной**. Такая же соль встречается и в природе - это не что иное, как знаменитый **минерал малахит**.

Обратим внимание на **почерневшую медную проволоку**. Нельзя ли вернуть ей первоначальный блеск без помощи кислоты? Налейте в пробирку аптечного *нашатырного спирта*, раскалите медную проволоку докрасна и опустите ее в пузырек. Спиралька зашипит и вновь станет красной и блестящей. В одно мгновение произойдет реакция, в результате которой образуется **медь**, **вода** и **азот**. Если опыт повторять несколько раз, то нашатырный спирт в пробирке окрасится в **синий цвет**. Одновременно с этой реакцией идет и другая, так называемая **реакция комплексообразования** - образуется то самое комплексное соединение меди, которое ранее позволило нам безошибочно определить аммиак по синему окрашиванию реакционной смеси.

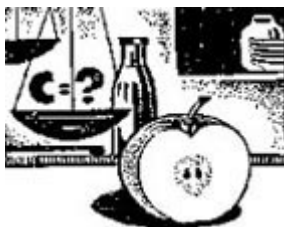
Между прочим, способностью соединений меди вступать в реакцию с нашатырным спиртом пользуются с очень давних времен (еще с тех времен, когда науки химии не было и в помине). Раствором аммиака, т. е. нашатырным спиртом, очищали до блеска медные и латунные предметы. Так, кстати, опытные хозяйки поступают и сейчас; для большего эффекта нашатырный спирт смешивают с мелом, который механически оттирает грязь и **адсорбирует** загрязнения из раствора.

**Следующий опыт.** Насыпьте в пробирку немного *нашатыря* - *хлорида аммония*  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , которым пользуются при пайке (не путайте его с нашатырным спиртом, который представляет собой водный раствор аммиака). Раскаленной медной спиралькой коснитесь слоя вещества, покрывающего дно пробирки. Снова раздастся шипенье, и вверх взойдется белый дым - это улетучиваются частицы нашатыря. А спиралька вновь засверкает первозданным медным блеском. Произошла реакция, в результате которой образовались те же продукты, что и в прошлом опыте, и впридачу *хлорид меди*  $\text{CuCl}_2$ .

Именно из-за этой способности - восстанавливать металлическую медь из оксида - *нашатырь* и применяют **при паянии**. Паяльник обычно изготовлен из меди, которая хорошо проводит тепло; когда его "жало" окисляется, медь теряет способность удерживать на своей поверхности оловянный припой. Немного нашатыря - и оксида как не бывало.

И **последний опыт** с медной спиралькой. Налейте в пробирку немного одеколона (еще лучше - чистого *спирта*) и вновь внесите раскаленную медную проволоку. Результат опыта вы, по всей вероятности, уже представляете: проволока вновь очистилась от пленки оксида. На этот раз произошла **сложная органическая реакция**: медь восстановилась, а *этиловый спирт*, содержащийся в одеколоне, окислился до *уксусного альдегида*. Эта реакция в быту никак не используется, но иногда ее применяют в лаборатории, когда из спирта нужно получить альдегид

## ЗАГЛЯНЕМ В КУХОННЫЙ ШКАФ



Как только человек начал готовить себе пищу, так он, пусть и неосознанно, стал химиком. На сковородах и в жаровнях, в бочках и глиняных сосудах шли сложнейшие **химические и биохимические процессы**. Между прочим, не все они получили полное объяснение и сегодня, что, впрочем, не мешает людям варить, печь, солить и мариновать. Однако многое уже хорошо изучено. И кое-что - конечно, не самое сложное - можно воспроизвести даже в **домашней лаборатории**.

У опытов, помещенных в этом разделе, есть по меньшей мере одно неоспоримое достоинство: нужные вещества (точнее,- продукты) найдутся в кухонном шкафу или в холодильнике. Или же их можно купить в продовольственном магазине. Вам понадобятся небольшие количества веществ, но если вы купите того или иного продукта больше, чем требуется для опыта, остальное не пропадет.

Самая важная составная часть пищи - **белок, основа всего живого, строительный материал всякого организма**. Тысячи исследователей во всем мире работают с белком, изучают его свойства. Конечно, в наших опытах мы не откроем ничего нового. Но, говорят, лиха беда начало...

## ОПЫТЫ С БЕЛКОМ

Первый опыт - **качественная реакция на белок**, т. е. такая реакция, которая позволит нам уверенно судить - белок перед нами или нет. Таких реакций несколько. Ту, которую мы проведем, называют **биуретовой**. Для нее нам потребуются растворы *стиральной соды* (или *едкого натра*) и *медного купороса*.

Приготовьте несколько растворов, которые, как можно предположить, содержат белок. Пусть это будет мясной или рыбный бульон (желательно процеженный через марлю), отвар каких-либо овощей или грибов и др.

Растворы налейте в пробирки примерно наполовину. Затем прибавьте немного раствора щелочи - едкого натра или стиральной соды (раствор соды желательно прокипятить и остудить). Наконец, добавьте голубого раствора медного купороса. Если в испытуемом отваре действительно есть белок, то окраска сразу станет **фиолетовой**.

Про такие реакции говорят, что они **характерные**. Они идут только в том случае, если **в растворе действительно есть белок**. Для контроля поставьте опыт с лимонадом или с минеральной водой.

Всем известно, что **при нагревании белок свертывается** и переходит в нерастворимую форму - сырое яйцо становится крутым. Это явление называют денатурацией белка. Каждая хозяйка знает: чтобы приготовить вкусный бульон, надо нарезанное мясо положить в холодную воду. А когда хотят приготовить отварное мясо, то большие куски опускают в кипяток. Есть ли в этом **химический смысл**? Попробуем разобраться.

Налейте и пробирку холодной воды, опустите в нее немного сырого рубленого мяса и нагрейте. По мере нагревания образуются (и в большом количестве) серые хлопья. Это **свернувшийся белок**, пена, которую снимают шумовкой, чтобы не портила вид и вкус бульона. При дальнейшем нагревании растворимые в воде вещества постепенно переходят из мяса в раствор. Эти вещества называют **экстрактивными**, потому что они извлекаются из мяса при его экстракции кипящей водой (проще говоря, при варке бульона). Они-то, в первую очередь, и придают бульону характерный вкус. А мясо, лишившись этих веществ, становится менее вкусным.



В другой пробирке воду вскипятите заранее и положите сырое мясо уже в кипяток. Как только мясо соприкоснется с водой, оно моментально станет серым, зато хлопьев образуется очень мало. Тот белок, что находился на поверхности, под действием высокой температуры сразу свернулся и закупорил многочисленные поры, которые пронизывают мясо. **Экстрактивные вещества**, и белки в том числе, уже не могут перейти в раствор. Значит, они остаются внутри мяса, придавая ему хороший вкус и аромат. А бульон, разумеется, получается несколько хуже.

**Белок денатурируется** (свертывается) не только при нагревании. Налейте в пробирку чуть-чуть свежего молока и капните одну-две капли *уксуса* или раствора *лимонной кислоты*. Молоко тут же скиснет, образуя белые хлопья. Это свертывается молочный белок. Кстати, без такой реакции не приготовить творога, и не случайно творог так полезен - в него переходит почти весь молочный белок.

Когда молоко оставляют в теплом месте, то его белок тоже свертывается, но уже по иной причине - это работают **молочнокислые бактерии**. Их известно очень много, и все они вырабатывают молочную кислоту, даже если питаются не молоком, а, скажем, соком капусты. Профильтруйте немного скисшего молока и прибавьте к сыворотке несколько капель какого-нибудь самодельного **индикатора**. Цвет индикатора покажет, что в растворе есть кислота. Эта кислота - *молочная*, ее же можно обнаружить и в капустном, и в огуречном рассоле.

В состав некоторых белковых молекул входит, помимо *углерода, водорода, кислорода и азота*, еще и *сера*. В этом можно убедиться на опыте. Немного яичного белка поместите в пробирку с раствором едкого натра или стиральной соды и, нагрев пробирку, добавьте в нее немного раствора *ацетата свинца*  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$  - свинцовой примочки, которая продается в аптеках. Если содержимое пробирки почернеет, значит, *сера* есть: это образуется *сульфид свинца*  $PbS$ , вещество черного цвета.

И в заключение приготовим настоящий **белковый клей - казеиновый**, которым пользуются по сей день, несмотря на обилие синтетических клеев. *Казеин* - это основа творога, а если так, то клей мы будем делать из молока, точнее, из его белковых веществ.

**Отфильтруйте простоквашу от сыворотки**. То, что осталось на фильтре, несколько раз промойте водой, чтобы удалить растворимые примеси, и высушите. Потом промойте полученную массу бензином и высушите вновь; это нужно для того, чтобы избавиться от молочного жира (он растворяется в бензине). Когда масса станет совсем сухой, измельчите ее в ступке - получится порошок казеина.

Сделать из него клей совсем просто - смешать порошок с *нашатырным спиртом* и водой в отношении 1 : 1 : 3. Конечно, вы захотите испытать клей. Попробуйте склеить им какие-нибудь деревянные или керамические предметы, потому что для этих материалов **казеиновый клей** особенно хорош.

## ОПЫТЫ С УГЛЕВОДАМИ

Углеводы - один из "трех китов" нашего питания (два других -- белки и жиры). *Глюкоза* и *фруктоза*, *крахмал* и *клетчатка*, десятки других углеводов образуются непрерывно и "сгорают" (окисляются) в растительных и животных клетках, служат важнейшим энергетическим материалом организма.

При всей несхожести отдельных представителей углеводов есть у них, конечно, общие, обязательные для всех свойства. Это и позволяет обнаружить углеводы даже в очень малых количествах. Верный и к тому же красивый способ их распознавания - **цветная реакция Молиша**.

Налейте в пробирку примерно 1 мл воды и бросьте несколько крупинок сахарного песка (*сахарозы*), часть таблетки глюкозы или клочок фильтровальной бумаги (*клетчатки*). Теперь добавьте 2-3 капли спиртового раствора *резорцина* или *тимола* (эти вещества продают в аптеке). Наклоните пробирку и осторожно налейте по стенке 1-2 мл концентрированной *серной кислоты*. **Будьте осторожны с кислотой, следите, чтобы она не попала на кожу!**

**Закрепите пробирку в вертикальном положении**. Тяжелая кислота опустится на дно, а на границе ее с водой появится яркое красивое кольцо - **красное, розовое** или **фиолетовое**.

Если вещество, состав которого неизвестен, даст при реакции Мелиша такое кольцо - можете не сомневаться, что *углевод* налицо. Помните только, что эта реакция настолько чувствительна, что ее может вызвать даже пылинки и волоконце на стенках пробирки. Поэтому посуду, в которой проводят реакцию, надо очень тщательно мыть, а ополаскивать лучше дистиллированной водой.

Теперь, научившись распознавать углеводы, перейдем к *крахмалу*, одному из самых известных углеводов. Для начала поучимся правильно готовить **крахмальный клейстер** -- коллоидный раствор крахмала в воде. Налейте в кастрюлю немного холодной воды и добавьте крахмал, из расчета примерно две чайные ложки на стакан (учитывая и ту воду, которую вы добавите позже). Смесь хорошо размешайте - получится так называемое крахмальное молоко. При перемешивании добавьте к нему кипятка и, продолжая размешивать, нагревайте на огне до тех пор, пока раствор не станет прозрачным. Остудите его. Это и есть крахмальный клейстер, который так хорошо склеивает бумагу; поэтому его часто применяют, например, для приклеивания обоев.

Вы уже знаете, что **в присутствии свободного иода крахмал синееет**. Это его свойство нам еще пригодится; заметьте только, что раствор иода должен быть очень слабым. Кстати, пользуясь таким раствором (а чтобы приготовить его, достаточно разбавить аптечный раствор водой), можно исследовать на содержание крахмала различные пищевые продукты. Заготовив пробирку со слабым раствором иода, наблюдаем за превращениями крахмала. Попробуем **сделать из крахмального клейстера глюкозу**.

Огромные молекулы крахмала под действием воды **гидролизуются**, расщепляются на более мелкие молекулы. Сначала образуется растворимый *крахмал*, потом "обрубки" помельче - *декстрины*, затем **дисахарид**, но не всем привычная *сахароза*, а другой - *мальтоза*, или *солодовый сахар*. Наконец, при распаде мальтозы образуется *глюкоза*, *виноградный сахар*. Готовый продукт гидролиза часто содержит все переходные вещества; в таком виде он известен под названием **патоки**.

К половине стакана крахмального клейстера добавьте 1-2 чайные ложки разбавленной, примерно 10%-ной *серной кислоты*. Не забудьте: **при разбавлении серной кислоты обязательно нужно лить кислоту в воду, а не наоборот!**

Смесь клейстера с кислотой поставьте кипятиться в кастрюльке, понемногу доливая воду по мере ее испарения. Время от времени берите ложкой пробы жидкости и, слегка охладив, капайте на них разбавленным иодным раствором. Крахмал, как вы помните, дает **синее окрашивание**, а вот декстрины - **красно-бурое**. Что касается мальтозы и глюкозы, то они вовсе не окрашиваются. По мере гидролиза цвет проб будет меняться, а когда окрашивание иодом исчезнет, нагревание можно прекратить. Впрочем, для более полного разложения мальтозы имеет смысл прокипятить смесь еще несколько минут.

После кипячения жидкость надо немного охладить и постепенно добавлять в нее при перемешивании около 10 г порошка *мела*, чтобы полностью нейтрализовать *серную кислоту*. Смесь при этом будет вспениваться, потому что во время реакции кислоты с мелом выделяется *углекислый газ*. Как только вспенивание прекратится, поставьте полученную желтоватую жидкость на слабый огонь, чтобы она упарилась примерно на две трети, затем еще горячей профильтруйте ее через несколько слоев марли, после чего упарьте жидкость еще раз, но теперь более аккуратно, уже не на открытом огне, а на водяной бане (смесь легко пригорает). У вас получится густая сладкая **патока**, основу которой составляет *глюкоза*. Примерно так же патоку получают в больших количествах на крахмалопаточных заводах.

*Глюкоза* человеку необходима, она - один из главных поставщиков энергии. Но в хлебе, в картошке, в макаронах содержится преимущественно крахмал, а в организме он превращается в глюкозу под действием ферментов.

В нашем опыте *серная кислота* в процессе реакции не расходовалась. Она играла роль катализатора, т. е. вещества, резко ускоряющего ход реакции. Каталитическое действие природных ферментов намного сильнее, оно более целенаправленно. Ферментов очень много, и у каждого из них свой, узкий участок работы. Например, содержащийся в слюне **фермент амилаза** может превращать полисахарид *крахмал* в дисахарид мальтозу. Проследим на опыте за действием этого фермента.

Дистиллированной водой (а если ее нет, то кипяченой) с минуту прополощите рот - получится раствор слюны. Этот раствор профильтруйте и смешайте с равным количеством крахмального клейстера. Пробирку со смесью поставьте в стакан с теплой, около 40 °С, водой. Время от времени берите пробы с иодом - изменение окраски будет точно таким же, как при гидролизе с серной кислотой, но реакция пойдет быстрее. Не позже чем через четверть часа крахмал гидролизует до мальтозы, и цветная реакция с иодом исчезнет.

Есть и совсем уж простой опыт: попробуйте долго разжевывать кусочек белого хлеба. Вы заметите, что вкус его становится сладковатым. Это работает **фермент амилаза**, превращая в мальтозу крахмал, содержащийся в хлебе.

## САХАР ИЗ ОПИЛОК

Свое название углеводы получили по ошибке. Произошло это в середине прошлого века. Тогда считали, что молекула любого сахаристого вещества отвечает формуле  $C_m(H_2O)_n$ . Все известные тогда углеводы подходили под эту мерку, и формулу глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  писали как  $C_6(H_2O)_6$ .

Но позднее были открыты и такие **сахара**, которые оказались исключением из правила. Так, явный представитель **углеводов рамноза** (она тоже дает **реакцию Молиша**) имеет формулу  $C_6H_{12}O_5$ . И хотя неточность в названии целого класса соединений была очевидной, термин "углеводы" стал уже настолько привычным, что его не стали менять. Впрочем, в наши дни многие химики предпочитают иное название - "сахара".

Один из сахаров мы попытаемся **получить из опилок гидролизом**, т.е. разложением водой. Это очень распространенный химический процесс. Опилки и другие древесные отходы содержат углевод *клетчатку* (целлюлозу). Из нее на гидролизных заводах готовят глюкозу, которую можно использовать затем по-разному; чаще всего ее сбраживают, превращая в спирт, исходный продукт для множества химических синтезов. Большая и самостоятельная отрасль химической индустрии носит название гидролизной промышленности.

Прежде чем воспроизвести процесс гидролиза древесины, попытаемся понять, в чем его суть, а для этого удобнее будет **начать не с опилок, а с огурцов и лучинок**.

Вымойте свежий огурец, натрите его на терке и выжмите сок. Сок можно отфильтровать, но это не обязательно.

Приготовьте в пробирке гидроксид меди  $Cu(OH)_2$ . Для этого добавьте 2-3 капли раствора медного купороса к 0,5-1 мл раствора едкого натра. К полученному осадку прибавьте равный объем огуречного сока и встряхните пробирку. Осадок растворится, получится синий раствор. Такая реакция характерна для **многоатомных спиртов**, т. е. для спиртов, которые содержат несколько гидроксильных групп.

Теперь нагрейте до кипения (или поставьте в кипящую воду) пробирку с полученным синим раствором. Он сначала пожелтеет, затем станет оранжевым, а после охлаждения выпадет красный осадок оксида меди  $Cu_2O$ . Эта реакция характерна для другого класса органических соединений - для **альдегидов**. Значит, в огуречном соке есть вещество, **представляющее собой альдегид и спирт одновременно**. Это вещество и есть глюкоза, которая по строению представляет собой **альдегидоспирт**. Благодаря ей у огурца сладковатый вкус.

Вы, наверное, догадываетесь, что этот опыт совсем не обязательно ставить именно с соком огурца. Он хорошо получается и с другими сладкими соками - виноградным, морковным, яблочным, грушевым. Можно взять для опыта и туалетную огуречную воду, которая продается в парфюмерных магазинах. И, конечно, просто таблетки *глюкозы*.

Теперь **второй предварительный опыт**; осахаривание лучинки.

Приготовьте раствор *серной кислоты*: к одному объему воды прилейте один объем концентрированной серной кислоты (**ни в коем случае не лить воду в кислоту!**). В пробирку с раствором опустите лучинку и нагрейте раствор до кипения. Лучинка при этом обуглится, но опыту это не мешает.

После нагревания выньте лучинку, опустите ее в другую пробирку с 1-2 мл воды и прокипятите. В обеих пробирках теперь есть *глюкоза*. Проверить это можно, добавив к растворам две-три капли *медного купороса*, а затем и *едкий натр* - появится знакомая синяя окраска. Если же этот раствор прокипятить, выпадет, как мы и ожидали, красный осадок оксида меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Итак, глюкоза обнаружена. То, что наша лучинка осажарилась, и есть **результат гидролиза целлюлозы** (а на ее долю в древесине приходится около 50%). Как и при гидролизе крахмала, серная кислота в этом процессе не расходуется, она играет роль **катализатора**.

Наконец, мы подошли к **основному опыту**, который был обещан в заглавии: **получение сахара из опилок**.

В фарфоровую чашку насыпьте 2-3 столовые ложки древесных опилок и смочите их водой. Добавьте еще немного воды и равное количество ранее приготовленного раствора *серной кислоты* (1:1), жидкую кашицу хорошо перемешайте. Закройте крышкой и поставьте в духовку газовой плиты (или в русскую печь) примерно на час, можно немного меньше.

Затем выньте чашку, долейте воды доверху и перемешайте. Отфильтруйте раствор и нейтрализуйте фильтрат, добавляя к нему толченый *мел* или *известковую воду* до тех пор, пока не прекратится выделение пузырьков *углекислого газа*. Об окончании нейтрализации можно также судить, испытывая жидкость лакмусовой бумажкой или же одним из самодельных индикаторов. **Не надо капать индикатор прямо в реакционную массу. Следует взять пробу, буквально 2-3 капли, и поместить ее на стеклянную пластинку или в маленькую пробирку.**

Содержимое чашки слейте в молочную бутылку, взболтайте жидкость и дайте постоять несколько часов. *Сульфат кальция*, образовавшийся при нейтрализации кислоты, осядет на дно, а сверху останется раствор глюкозы. **Осторожно слейте** его в чистую чашку (лучше по стеклянной палочке) и **профильтруйте**.

Осталась последняя операция - **выпаривание воды** на водяной бане. После нее на дне остаются светло-желтые кристаллы *глюкозы*. Их можно попробовать на вкус, но и только - продукт недостаточно чистый. Итак, мы выполнили четыре операции: **варку опилок** с раствором *серной кислоты*, **нейтрализацию кислоты**, **фильтрование** и **выпаривание**. Именно так и получают глюкозу на гидролизных заводах, только, конечно, не в фарфоровых чашках...

И еще один промышленный процесс мы можем воспроизвести без особых затруднений: **превратим один сахар в два других**.

При долгом хранении домашнее варенье часто **засахаривается**. Это происходит потому, что сахар кристаллизуется из сиропа. С вареньем же, которое продается в магазине, такая беда случается гораздо реже. Дело в том, что на консервных заводах, кроме свекловичного или тростникового сахара -- сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , используют и другие сахаристые вещества, например инвертный сахар. Что такое инверсия сахара и к чему она приводит, вы узнаете из следующего опыта.

Налейте в пробирку или в стакан 10-20 г слабого сахарного раствора и добавьте несколько капель разбавленной *соляной кислоты*. После этого нагревайте раствор на кипящей водяной бане минут десять-пятнадцать, а затем нейтрализуйте кислоту, лучше всего *карбонатом магния*  $\text{MgCO}_3$ . В аптеках продают так называемую *белую магнезию*, вещество несколько более сложного состава; она тоже годится. В крайнем случае можно взять и *питьевую соду*  $\text{NaHCO}_3$ , но тогда в растворе останется *поваренная соль*, которая с сахаром как-то не гармонирует...

Когда прекратится выделение пузырьков *диоксида углерода*, дайте жидкости отстояться. На всякий случай **проверьте индикатором**, полностью ли нейтрализовалась кислота. Слейте отстоявшуюся жидкость и попробуйте ее на вкус: она покажется вам менее сладкой, чем исходный раствор (для сравнения оставьте немного первоначального раствора сахара).

В готовом растворе **практически не осталось сахарозы**, зато появились два новых вещества - *глюкоза* и *фруктоза*. Этот процесс и называется инверсией сахара, а полученная смесь - инвертным сахаром.

И вот что любопытно: внешне реакцию ничем не обнаружить. И цвет, и объем, и реакция среды остаются прежними. Не выделяются ни газы, ни осадки. И тем не менее реакция идет, только для ее обнаружения нужны оптические приборы. **Сахара - оптически активные вещества:** луч поляризованного света, проходя через их раствор, изменяет направление поляризации. Говорят, что сахара вращают плоскость поляризации, причем в ту или иную сторону, и на вполне определенный угол. Так вот, сахароза вращает плоскость поляризации вправо, а глюкоза и фруктоза, продукты ее гидролиза, - влево. Отсюда и слово "**инверсия**" (по-латыни "переворачивание").

Но, поскольку оптических приборов в нашем распоряжении нет, попробуем удостовериться химическим путем в том, что взятый сахар и в самом деле претерпел изменения. К исходному и полученному растворам сахаров добавьте несколько капель раствора *метиленового синего* (можно взять синие чернила для авторучек) и немного слабого раствора любой *щелочи*. Нагрейте исследуемые растворы на водяной бане. В пробирке с обычным сахаром никаких изменений не произойдет, а вот содержимое пробирки с инвертным сахаром станет почти бесцветным.

Инвертный сахар гораздо меньше, чем обычный, склонен к **кристаллизации**. Если осторожно выпарить на водяной бане его раствор, то получится густой **сироп**, внешне немного напоминающий мед. После охлаждения он **не кристаллизуется**.

Кстати, пчелиный мед на три четверти состоит из тех же углеводов, что и инвертный сахар, - из глюкозы и фруктозы. Искусственный мед также делают на основе инвертного сахара. Конечно, наш сироп от меда отличается, и значительно - главным образом, отсутствием запаха. Но если к нему добавить немного натурального меда, то этот недостаток можно отчасти устранить.

Но почему бы не наготовить дома побольше некристаллизующегося сиропа, чтобы варить на нем варенье? Увы, полная его очистка от посторонних веществ затруднительна, и нет гарантии, что ее удастся довести до конца. Во всяком случае, рисковать не стоит.

## ЧАШКА ЧАЯ

После сахарного сиропа, варенья и меда, которыми мы занимались в предыдущих главах, естественно будет **перейти к чаю**. Выделим из чая **вещество, которое подымает жизненный тонус и бодрит**. Речь идет о **кофеине** (это вещество сначала было найдено в кофейных зернах, там его еще больше, чем в чайных листьях).

Строго говоря, в чае есть несколько тонизирующих веществ - **витамины, эфирные масла** и т. д. Но ведущая роль принадлежит *кофеину*, из класса **алкалоидов** (это обширный класс азотсодержащих органических соединений; в него входят также **никотин** из табака, **папаверин** из мака и т. д.).

Для опыта потребуется фарфоровый или металлический тигель (можно использовать любой подходящий металлический сосуд, желательнее не плоский, а высокий, вроде стакана). В него положите **измельченный в ступке черный чай** - около чайной ложки - и примерно 2 г *оксида магния*. Это вещество продают в аптеках ("*жженая магнезия*").

**Смешайте оба вещества и поставьте тигель на огонь.** Нагрев должен быть умеренным, не слишком энергичным. Сверху на тигель или стакан поставьте фарфоровую чашку или другой подобный сосуд, например розетку для варенья, и налейте в нее холодной воды. В присутствии *оксида магния* кофеин будет возгоняться, т. е. превращаться в пар, минуя стадию жидкости. Попадая на холодную поверхность, *кофеин* вновь вернется в твердое состояние и осядет на дне чашки или розетки в виде бесцветных кристаллов. Прекратите нагрев, осторожно снимите чашку с тигля и соскребите кристаллы в чистую склянку.

А как убедиться в том, что перед вами действительно *кофеин*? Для этого есть **красивая качественная реакция**. Несколько кристаллов положите на фарфоровую или керамическую пластинку (сгодится осколок от кафельной плитки) и капните одну-две капли концентрированной **азотной кислоты**. (**С концентрированными кислотами надо обращаться предельно осторожно!**) Нагревайте пластинку до тех пор, пока смесь на ней не станет сухой.

*Кофеин* при этом окислится и превратится в заметную, **оранжевого цвета, амалиновую кислоту**.

Но это не все. Попробуем нейтрализовать кислоту, добавив к ней каплю десяти **концентрированного раствора аммиака** (не аптечного, а такого, который продается в хозяйственных магазинах). При нейтрализации образуется соль очень красивого, **красного**, переходящего в **пурпурный**, цвета. Такая соль носит название мурексида, а реакция - **мурексидной**.

**Дальнейшие опыты с чаем лучше ставить в химическом кружке**: они требуют и хороших навыков, и таких веществ, которых дома обычно не бывает. Мы будем выделять из чая дубильные вещества - *танниды*, а из них получим *таннин*, смесь веществ, используемых для дубления кож (отсюда и название - **дубильные вещества**), протравливания тканей перед крашением, в медицине - как вяжущее средство; вспомните вяжущий вкус крепкого чая. (Заметим, что для промышленных целей есть другие, несъедобные источники танина - чернильные орешки, или галлы, сумах и т. д.).

Итак, мы **попытаемся извлечь таннин из зеленого чая**. При отсутствии зеленого можно взять и черный чай, но в нем таннидов существенно меньше.

Маленькую пачку зеленого чая (50 г) залейте в кастрюльке половиной стакана (100 г) кипятка и кипятите на небольшом огне около часа, чтобы как можно полнее **экстрагировать растворимые вещества**. **Раствор профильтруйте** через несколько слоев марли или через хлопчатобумажную ткань, сложенную вдвое; осадок на фильтре промойте дополнительно горячей водой (полстакана). Вы получите около стакана желто-зеленого раствора. Внесите в жидкость 15-20 г *ацетата свинца* или соответствующее количество свинцовой примочки. Имейте в виду, что **ацетат свинца не должен попадать в рот: он может вызвать отравление**.

Аккуратно слейте жидкость, к осадку добавьте стакан горячей воды, размешайте, **дайте отстояться** и слейте вновь. Повторите эту операцию 3-4 раза, чтобы **удалить ионы свинца**. Проверьте, действительно ли они удалены, взяв пробу жидкости и добавив к ней в пробирке несколько капель разбавленной серной кислоты. Если свинец остался, раствор помутнеет; в этом случае нужно повторить промывку. Когда проба будет отрицательной, отфильтруйте осадок (это - *таннат свинца*) через стекловату и на фильтре промойте 50 мл примерно 1%-ного раствора *серной кислоты*. Собрав раствор, нейтрализуйте кислоту, добавляя по каплям 0,5%-ный раствор *гидроксида бария*, после чего отфильтруйте выпавший осадок *сульфата бария*.

**Оставшийся прозрачный раствор содержит чайный таннин**. Упарьте его досуха на водяной бане. Оставшийся на дне таннин соскребите и измельчите в порошок.

Вот **несколько красивых реакций с таннином** (поскольку у нас его немного, грамма три, будем расходовать его осмотрительно). Примерно 0,5 г *таннина* растворите в 40 мл воды. Как только вы добавите раствор *хлорида железа(III)* или другой соли железа(III), жидкость сразу почернеет. Это - старинные чернила, только *таннин* для них добывали из дубовых (чернильных) орешков, наростов на листьях и молодых побегах дуба.

**Еще один яркий опыт**: около 0,3 г *таннина* положите в маленькую пробирку и капните три капли концентрированной *соляной кислоты*. Образуется *флобафен* - вещество красного цвета.

Далее добавьте немного таннина к раствору *нитрата серебра*  $\text{AgNO}_3$  (ляписа); годится и ляписный карандаш из аптеки. На этот раз выпадет осадок *танната серебра*. У него бурый цвет.

И **последний опыт с таннином**. В 2%-ном растворе *соляной кислоты* растворите около 0,3 г *ванилина* (или соответственное количество ванильного сахара) и добавьте втрое меньше *таннина*. **Малиновое окрашивание** не замедлит появиться. Это характерная реакция не только на таннин, но и вообще на вещества из класса *катехинов*, к которым принадлежат многие **дубильные вещества**.

## КОСТИ - В ДЕЛО!

У хорошей хозяйки кости не пропадают - из них можно сварить бульон, да к тому же очень крепкий, Если же кости варить долго, а потом отвар остудить, то получится **студень**. Между прочим, студень - понятие не только кулинарное, но и химическое. Обширная группа **коллоидных систем** названа студнями в честь первого своего представителя - мясного студня.

Студень из костей образуется благодаря тому, что в костях содержится особое *белковое вещество* - *желатина*. Она, кстати, продается в продовольственных магазинах в хорошо очищенном виде. И техническая, с примесями, желатина тоже продается в магазинах, но не в продовольственных, а в хозяйственных, и носит название столярного или животного клея. Его-то и приготовим из костей. Пищевую желатину нам, к сожалению, вряд ли удастся приготовить, ее очистка слишком сложна.

Немного сырых костей заверните в тряпку и разбейте их молотком, чтобы получились костяные крошки. Эти крошки надо обязательно **освободить от жира**. Жир, как вы знаете, хорошо растворяется в бензине (**не забудьте, что бензин огнеопасен!**). Залейте костяные крошки бензином, перемешайте и оставьте на полчаса. Потом слейте бензин и несколько раз промойте кости горячей водой.

Теперь **приготовим из обезжиренных костей отвар**. Для этого необязательно брать кастрюлю, годится и пустая хорошо отмытая консервная банка. Варить кости в воде надо долго, а потом придется еще уваривать отвар на небольшом огне до тех пор, пока он не станет густым и вязким. Теперь наберитесь терпения. Поставьте отвар в сухое и теплое место и время от времени поглядывайте на него. Через несколько дней отвар высохнет и превратится в коричневый **столярный клей**. Хотя внешне он и кажется сухим, однако содержит немало связанной воды, которую желатина поглотила при варке. Потом, когда вы решите воспользоваться клеем и нагреете его **на водяной бане**, часть связанной воды выделится, и клей будет набухать.

Таким клеем вполне можно склеивать различные деревянные предметы. А вот для наших дальнейших опытов он недостаточно чист. Их лучше ставить с готовой желатиной, из магазина.

**Чтобы приготовить раствор желатины**, положите 10 г порошка в четверть стакана холодной воды и дайте ему как следует размокнуть и набухнуть; на это уйдет не менее часа. Затем нагрейте смесь примерно до 50 °С и, помешивая, подождите, пока желатина не растворится полностью. Часть раствора вылейте тонким слоем на полиэтиленовую пленку (не на стекло - от него вы потом желатину не оторвете) и хорошо высушите на воздухе. У вас получится тонкий желатиновый листок, из которого для пушечного эффекта можно вырезать силуэт рыбки. Положите эту "рыбку" на промокательную бумагу и осторожно подышите на нее. Рыбка начнет извиваться и свертываться. Ваше дыхание увлажняет листок с одной стороны, он увеличивается в объеме и стремится изогнуться.

У набухшей желатины есть и такое интересное свойство: она позволяет получить и надолго **сохранить красивый ледяной узор**. Приготовьте раствор так же, как в предыдущем опыте, только желатины возьмите в два-три раза меньше (или разбавьте остатки прежнего раствора теплой водой). Теплый еще раствор вылейте на стеклянную пластинку и сразу же поставьте ее либо на холод (зимой), либо в морозильник, в самое холодное его место. Вода будет выкристаллизовываться в виде ледяного узора, как зимой на окнах. Если оставить желатиновый студень на морозе на несколько дней, лед постепенно испарится. Дайте желатине медленно оттаять - и она сохранит отпечаток ледяных кристаллов.

Перейдем теперь к приготовлению **минеральных удобрений**. Ведь основа большинства костей - фосфорит (а ткани зубов - апатит). На заводе из минералов **фосфорита** и **апатита** готовят фосфорные удобрения. Попробуем превратить кости в **простой суперфосфат**. Кости сначала как следует прокалите на огне, чтобы выгорели органические соединения - они нам будут только помехой. После прокаливания останется *фосфат кальция*  $Ca_3(PO_4)_2$  - **фосфорит**.

Несколько чистых белых кусков прокаленной кости отделите и измельчите в порошок - сначала с помощью молотка, а потом растиранием в ступке. Смешайте 50 г этого порошка с 3-5 г мела, поместите смесь в чистую склянку и влейте в нее 20 г 70%-ной *серной кислоты*; еще раз

напоминаем: **при разбавлении лить кислоту в воду!** Кислоту к смеси костей и мела надо прибавлять постепенно, все время энергично перемешивая стеклянной палочкой. Смесь быстро разогреется, превратится в пасту, а затем в сухой белый порошок - **суперфосфат**  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . На его образование уйдет около часа.

Но почему же **фосфорит** сам по себе нечасто применяют как удобрение, а предпочитают ему **суперфосфат**? Чтобы понять это, **проделаем еще один опыт**.

Возьмите две склянки с водой и поместите в одну немного измельченной кости (фосфорита), а в другую - уже полученного суперфосфата. Порошок фосфорита быстро осядет на дно, и его первоначальный объем не изменится. Суперфосфат же поглощает воду, намного увеличивается в объеме и оседает не сразу, а медленно, в течение нескольких часов. Это свойство помогает суперфосфату хорошо распределяться в почве и долго в ней удерживаться.

Уж если вы получили **самодельное удобрение**, надо бы, видимо, разумно им воспользоваться. Попробуйте употребить его для подкормки комнатных растений и последите за их ростом; не забудьте только оставить контрольные образцы растений для сравнения. А еще можно подкармливать другую группу контрольных растений готовыми удобрениями, фабричного производства. Интересно, намного ли они лучше самодельных?

## ОТЧЕГО ЯГОДЫ ПУСКАЮТ СОК?

Когда растение засыхает, когда листья его желтеют, это означает, что **растительным клеткам не хватает воды**. Но каждая клетка заключена в оболочку-мембрану. Каким образом впитанная корнями влага проникает через оболочку в клетку? И что заставляет воду двигаться против силы тяжести, снизу вверх, от корней к листьям?

Прежде чем получить ответы на эти вопросы, поставим предварительные **опыты с мембраной**, чем-то напоминающей клеточную оболочку.

Если два раствора разделены плотной перегородкой, то они, конечно, не смешиваются. Если же перегородки нет вовсе, то растворы, напротив, смешиваются сами по себе, даже если их не перемешивать. Ну, а что если **перегородка полупроницаемая**?



Вот это и будет предметом опыта, а полупроницаемой мембраной послужит листок **пергамента** или **целлофана** (**но не полиэтилена**). Чтобы он приобрел интересующие нас свойства, его надо подержать в воде, пока он не размякнет.

**Приготовьте сахарный сироп** - насыщенный раствор сахара, настолько густой, что сахар больше не растворяется. Быстрее и удобнее готовить такой раствор в горячей воде. Налейте сироп доверху в стакан, прикройте размоченным листком и туго перевяжите. Следите, чтобы под пленкой не осталось пузырьков воздуха. Стакан поставьте в банку или в кастрюлю с водой (вода должна покрывать стакан) и оставьте на несколько часов. Когда вы вновь посмотрите на стакан с сиропом, то сразу заметите, что **пленка, которой он закрыт, раздулась**: над стаканом как бы образовался пузырь.

Чтобы понять, что произошло, надо прежде всего уяснить себе, **что такое полупроницаемая мембрана**. Это такая пленка, которая задерживает одни молекулы и в то же время пропускает другие. И целлофановая, и пергаментная пленки **пористы**, но поры в них настолько малы, что для **молекул сахара они непроницаемы**. По обе стороны нашей перегородки есть вода, но с той стороны, где находится раствор сахара, на каждый участок поверхности приходится меньше молекул воды. Поэтому **со стороны воды через мембрану проходит больше молекул**, и это приводит к тому, что объем жидкости в стакане увеличивается и, следовательно, **полупроницаемая пленка раздувается**. В природе все стремится к равновесию, в данном случае - к **выравниванию концентрации растворов**. И вскоре равновесие наступает: сколько молекул воды поступает в стакан с сиропом, столько же из него и выходит в наружный сосуд. Поэтому пузырь получается не слишком большим.



Физико-химическое явление, которое мы только что наблюдали, называется **осмосом**, а давление, заставляющее пленку изгибаться, - осмотическим давлением. Чтобы наблюдать осмос, обязательно нужны перегородка и две жидкости: раствор какого-либо вещества и чистый растворитель (у нас - вода) или хотя бы более слабый раствор.

**Оболочка живых клеток - всегда полупроницаемая мембрана.** Она задерживает молекулы многих веществ, растворенных в воде, но воду пропускает. Поэтому каждая животная и растительная клетка - это **микроскопическая осмотическая система**, а осмотическое давление играет очень важную роль в жизнедеятельности организмов.

**Осмос можно наблюдать в самых простых опытах.** Острым ножом отрежьте тонкий ломтик лимона и положите его на блюдце. Заметьте: сока на поверхности почти нет. Посыпьте дольку сахарным песком или, еще лучше, сахарной пудрой - и очень скоро лимон пустит сок.

**Подобный опыт** можно поставить и с клубникой, и с другими ягодами, положив их в сухие баночки. Ягоды, посыпанные сахаром, быстро выделяют сок.

Во всех этих случаях работает **осмос**. На поверхности лимона или ягод образуется **концентрированный раствор сахара**, и сок, гораздо менее концентрированный, стремится разбавить этот раствор, он проникает сквозь клеточные мембраны и выходит наружу - точно так же, как в предыдущем опыте вода из банки устремлялась в стакан с сиропом.

**Следующий наш объект - капуста.** Ее мы, естественно, будем посыпать не сахаром, а солью. Нашинкуйте капусту ножом, посыпьте солью и хорошенько потрите - капуста тоже даст сок. Так и происходит, когда капусту квасят; а капустные салаты непременно советуют потереть как следует, чтобы выделился сок и капуста стала мягче и нежнее. Причина та же: **осмос**.

**Перейдем к картошке.** Вырежьте из картофелины три кубика, желательного одинаковых размеров. Приготовьте три банки. В одну налейте подсолненную воду, в другую - концентрированный раствор соли, а в третью - просто воду из-под крана. В каждую банку опустите по картофельному кубику. Часа через два-три внимательно рассмотрите кубики. У того, который находился в подсолненной воде, никаких изменений вы не обнаружите. А вот два других изменились, и заметно. Тот кубик, который лежал в концентрированном растворе соли, намного уменьшился, а тот, который вы опустили в воду, стал, напротив, заметно больше.

Сначала о том, почему не изменился первый кубик. Он был в разбавленном растворе, и концентрация соли оказалась примерно той же, что и в самом картофельном соке. Кубик, который находился в концентрированном растворе, стал отдавать воду, снижая концентрацию этого раствора; вода из картофеля уходила, и кубик съежился. А последний кубик, тот, что был в воде, стал поглощать воду и увеличился в размерах.

**От картофеля перейдем к моркови** и заставим ее работать как насос.

Отрежьте от морковки ботву и в "макушку" воткните стеклянную трубку. Морковку поставьте в стакан с водой; наверное, вы без труда придумаете, как удержать морковь в вертикальном положении.

В стеклянную трубку налейте до половины раствор соли и займитесь наблюдениями. Вскоре **уровень воды в трубке начнет подниматься** и, если опыт поставлен правильно, вода даже выльется из трубки. Морковь как бы перекачивает воду из стакана, заставляет ее двигаться вверх.

Когда вы поливаете морковь, растущую на огороде, она примерно так же **перекачивает воду** из почвы в ботву. В ее соке концентрация солей выше, чем в поливочной воде, и благодаря осмосу живительную влагу получают не только корни, но и все ткани растения.

**ЛЕТНИЕ ОПЫТЫ**

Убедиться в существовании осмотического переноса воды, или, как иногда говорят, **корневого давления**, можно прямо в поле или в огороде. Найдите какое-нибудь **быстрорастущее растение**, желательно с крепким и достаточно широким стеблем (подсолнечник, крапива, тюльпан и т. п.) и срежьте его на высоте около 10 см над землей. На торчащий из земли стебель наденьте короткую резиновую трубку, в которую вставлена тонкая и длинная, не меньше полуметра, стеклянная трубка.

Понятно, **такую длинную трубку необходимо как-то закрепить**; привяжите ее к колышку, вбитому рядом в землю. Для лучшего уплотнения обмотайте резиновую трубку ниткой в том месте, где она прилегает к стеблю, а можно вдобавок **обмазать стык пластилином**, чтобы герметизация была надежной.

Теперь займитесь поливкой, и вскоре вода начнет подниматься по трубке. Если диаметр трубки не более 5 мм, то столб воды будет высоким.

Но **осмотическое давление** - не единственная причина, по которой вода в растениях движется снизу вверх. Среди других причин - **транспирация**, т. е. испарение воды листьями. Отдав питательные вещества растениям, вода через устьица листьев испаряется, а на ее место поступают новые порции воды из корней.

**Опыт с транспирацией** прост. Поставьте в пробирку с водой срезанную веточку какого-нибудь растения, отметьте на пробирке уровень воды (хотя бы перевязав ее в этом месте цветной ниткой), и скоро вы заметите, как опускается уровень воды в пробирке. Но может быть, причина в том, что вода испаряется прямо из пробирки?

Чтобы исключить прямое испарение, налейте на поверхность воды чуть-чуть вазелинового или растительного масла: оно полностью закроет поверхность, препятствуя испарению. Однако уровень воды и в этом случае будет опускаться. Значит, вода испарялась через листья. **Если у вас есть весы, то опыт с транспирацией можно ускорить и сделать более наглядным**: пробирку с веткой (не забудьте о нескольких каплях масла на поверхности) поставьте на чашку весов и уравновесьте. Вскоре равновесие нарушится, и та чашка, на которой стоят пробирка, подымется вверх.

**Подобные опыты можно поставить с разными растениями**, с домашними цветами: скорость транспирации у них будет неодинаковой. Но попробуем немного **видоизменить опыт**: накроем ветку растения перевернутой стеклянной банкой. Можно даже не срезать для такого опыта ветку, а просто накрыть банкой какое-либо небольшое комнатное растение, например, молодую настурцию. Если растение полито как следует, то в замкнутом объеме атмосфера очень скоро насытится водяными парами, и вода не сможет больше испаряться из листьев. **Транспирации заведомо нет**, однако спустя некоторое время на листьях появляются капельки воды. Отчего? Опять стало работать **осмотическое давление**...

А еще вода подымается по стеблю благодаря тому, что растение пронизано тончайшими сосудами - **капиллярами**, по которым жидкость движется вверх тем быстрее, чем они тоньше. Если бы у вас был стеклянный капилляр диаметром 0,02 мм, то вода могла бы подняться по нему на три метра! А в растениях есть капилляры и потоньше...

В несколько стеклянных банок налейте воды и подкрасьте ее **несколькими каплями чернил**. Стебли или ветки разных растений срежьте острым ножом (предпочтительнее под водой) и поставьте в банки. Мало-помалу подкрашенная вода заполнит все сосуды растения, подымется по капиллярам. Обнаружить ее движение легко - **изменится цвет прожилок на листьях**. Если сделать на каждой ветке несколько поперечных срезов, то вы увидите, как расположены капилляры (советуем взять для этой цели лупу посильнее).

**И последний опыт с растениями**. Воду, подкрашенную чернилами, налейте в какой-либо широкий сосуд, например, в миску. Ветку опустите в воду и обрежьте под водой часть стебля. Через несколько минут выньте ветку и сделайте острым ножом несколько срезов. За считанные минуты (не забудьте отметить, за сколько именно) вода довольно высоко продвинется по стеблю.

Другую, точно такую же ветку обрежьте на воздухе, после чего погрузите в ту же миску и держите столько же минут в воде. На этот раз, как показывают срезы, **вода поднялась гораздо ниже!**

Причина в том, что капилляры растений очень тонкие, они **легко забиваются воздушными пробками** - крохотными пузырьками воздуха. И тогда поступление воды к листьям прекращается. А когда стебель срезан под водой, то воздушным пробкам неоткуда взяться.

Наверное, вам теперь понятен смысл совета, который дают опытные цветоводы: если вы хотите, чтобы срезанные цветы стояли в вазе как можно дольше, **обрезайте стебли не на воздухе, а под водой**.

## СКОЛЬКО В ЯБЛОКЕ ВИТАМИНА С?

Ответ на этот вопрос можно найти в справочнике. Но там говорится о яблоке вообще, а сколько витамина С именно в этом яблоке, которое вы собираетесь съесть?

**Определение витаминов** - дело сложное. Но **витамин С** - *аскорбиновую кислоту* - можно определить и в домашних условиях.

Возможно, вы решили: коль скоро **витамин С** - кислота, то определять его количество надо с помощью щелочи. Хорошо бы...

Но в нашем случае такой анализ не годится. В плодах, кроме *аскорбиновой*, есть много других органических кислот: *лимонная, яблочная, винная* и прочие, все они вступают со щелочью в **реакцию нейтрализации**. Значит, щелочь не поможет.

Мы воспользуемся характерной особенностью *аскорбиновой кислоты* - легкостью ее **окисления**. Вы, конечно, знаете, что **при хранении и при готовке теряется много витамина С**. Связана это с тем, что молекула аскорбиновой кислоты неустойчива, она легко окисляется даже кислородом воздуха, превращаясь в другую кислоту, *дегидроаскорбиновую*, которая не имеет витаминных свойств. Мы же используем для анализа еще более сильный окислитель - *иод*.

Запасемся **раствором иода известной концентрации**. Для этого можно взять аптечный спиртовой раствор иода (иодную настойку) с концентрацией иода 5%, т. е. 5 г в 100 мл. Далее **приготовим раствор крахмала**: разведем 1 г его в небольшом количестве холодной воды, выльем в стакан кипятка и прокипятим еще с минуту. Такой раствор пригоден для опытов в течение недели.

Теперь **все готово для определения витамина**. Но прежде чем приступить к анализу, потренируемся на чистой *аскорбиновой кислоте*.

Возьмите 0,5 г аптечной аскорбиновой кислоты (без глюкозы), растворите ее в 500 мл воды и отберите 25 мл раствора. Добавьте примерно полстакана воды - точное ее количество значения не имеет - и еще 2-3 мл раствора крахмала. Теперь осторожно, по каплям, прибавляйте из аптечной пипетки раствор иода, постоянно взбалтывая содержимое (удобнее делать это в конической колбе). Внимательно считайте капли и следите за цветом раствора. Как только иод окислит всю аскорбиновую кислоту, следующая же его капля, прореагировав с крахмалом, окрасит раствор в синий цвет. Это означает, что наша операция - **титрование** - закончена.

**Но как узнать, сколько мы израсходовали иодной настойки?** Капли - не единицы измерения... В химических лабораториях есть специальные бюретки с делениями - сразу в миллилитрах. Мы же воспользуемся другим, вполне точным, методом, хотя и более долгим. С помощью той же пипетки посчитаем, сколько капель содержится в аптечной склянке о иодом (она вмещает обычно 10 мл). Не пугайтесь - вся работа займет несколько минут. Зная объем одной капли, можно довольно точно определить объем раствора иода, израсходованного на титрование *аскорбиновой кислоты*. И теперь, воспользовавшись уравнением реакции (предлагаем вам написать его самостоятельно), можно проверить, сколько в таблетке было *аскорбиновой кислоты*. А можно решить и обратную задачу: зная количество кислоты, определить **концентрацию иодной настойки** - действительно ли она пятипроцентная?

Этот несложный способ анализа химии часто используют для определения иода и других окислителей. Он называется **аскорбинометрией**. Теперь приступим к решению нашей основной задачи - **определению количества витамина С**. Концентрация раствора *иода* нам известна: 1 мл его 5%-ного раствора соответствует 35 мг аскорбиновой кислоты (кстати, именно столько ее содержится в одном драже поливитаминов).

**Начнем с апельсинового или лимонного сока** (только что выжатого или консервированного). Отмерьте 20 мл сока и разбавьте водой до объема примерно 100 мл. Влейте немного раствора

*крахмала*, а затем, как и раньше, добавляйте по каплям раствор *иода* до появления устойчивого синего окрашивания, не исчезающего в течение 10-15 с. Правда, теперь в растворе значительно меньше *аскорбиновой кислоты*, чем в опыте с таблеткой, и *иода* пойдет на титрование тоже меньше.

Если содержание **витамина С** очень мало, может случиться так, что потребуется всего 1-2 капли иодной настойки; при этом наш анализ будет, конечно, очень приблизительным. Чтобы результат был более точным, надо либо взять **очень много сока**, либо **разбавить иодную настойку**. Химики (да и все любители вкусного сока) предпочитают **второй путь**. При анализе фруктовых соков удобно разбавить иод водой в 40 раз, при этом получится 0,125%-ный раствор, 1 мл которого соответствует 0,875 мг аскорбиновой кислоты. Не забудьте только, что поверхностное натяжение воды больше, чем спирта, и, следовательно, капли воды значительно крупнее. Значит, придется заново посчитать объем одной капли.

**В школьной лаборатории** или **в химическом кружке** требуемый раствор иода можно приготовить точнее: 1 л его должен содержать 1,27 г *иода*. Но растворимость иода в воде при комнатной температуре очень мала (всего 0,3 г/л), поэтому в раствор придется добавить немного *иодида калия* или *иодида натрия*, в присутствии которых растворимость иода в воде сильно возрастает. Одна из этих солей непременно есть в аптечном растворе иода.

**Приступим теперь к анализу яблок**. Здесь мы встретимся с таким затруднением: в яблоках содержится **фермент аскорбиноксидаза**, в присутствии которого аскорбиновая кислота быстро окисляется на воздухе. Чтобы этого не произошло, анализ надо проводить в кислой среде.

Тонким ножом из нержавеющей стали **вырежьте** из предварительно взвешенного яблока пробу в виде ломтика, от кожуры до сердцевины с семечками. Витамин С распределен в толще яблока неравномерно, а мы хотим сделать анализ не какой-то одной зоны, а яблока в целом. Этот ломтик **перенесите в фарфоровую ступку** с разбавленной *соляной кислотой* и тщательно разотрите пестиком. Добавьте раствор *крахмала* и титруйте смесь разбавленным раствором *иода*. Массу пробы определим по разности: взвесим яблоко до анализа, целиком, а затем еще раз, без ломтика.

**Но точен ли наш способ?** Ведь в соке есть не только **витамин С**, но и другие органические вещества, которые тоже могут реагировать с иодом (хотя и медленнее, чем *аскорбиновая кислота*). И все же способ достаточно точен. Вот какие результаты были получены при одном из определений.

Из купленных в аптеке плодов шиповника приготовили отвар - 25 г плодов на 0,5 л воды. По иодному методу содержание **витамина С**, в расчете на сухие плоды, составило 3,8% (по справочным данным, в сухом веществе плодов шиповника содержится 4,5% **витамина С**), В свежесобранном соке апельсина оказалось 0,05% витамина, а в консервированном - 0,075% (по справочным данным, - 0,04%). Если учесть, что в различных плодах даже одного сорта содержание витаминов, как правило, колеблется, то следует признать, что метод дает достаточно полное представление о содержании **витамина С**.

Итак, вы научились быстро и довольно точно **определять аскорбиновую кислоту**. Теперь перед вами открывается огромное поле деятельности. Можно исследовать самые разные фрукты и ягоды (сок которых не окрашен сам по себе в красный цвет); можно узнать, зависит ли содержание витамина от сорта. Помните только, что растворенная аскорбиновая кислота на воздухе окисляется, опыты надо проводить со свежесобраным соком.

**Вот несколько тем для исследований**. Найдите содержание аскорбиновой кислоты в только что сорванных плодах и в тех, что хранились неделю, месяц, полгода. Иногда говорят, что железным ножом нельзя резать фрукты - от этого **витамин С** разрушается.

Проверьте, так ли это, подержав сок в железной посуде. (Кстати, если вы будете сравнивать содержание витамина в свежем соке и в консервированном, то учтите, что последний может содержать специально добавленную *аскорбиновую кислоту*.)

Наконец, проследите, как меняется содержание витамина С в соке при его нагревании и сами сделайте из этих опытов выводы.

## МИНДАЛЬ - ГОРЬКИЙ И СЛАДКИЙ

Миндаль, который употребляют в пищу, обычно бывает сладким. Но встречается и горький миндаль, близкий родственник сладкого - их плоды по виду практически неотличимы. Просто так, как орех, горький миндаль не погрызешь, но и он зря не пропадает. **Во-первых**, из него получают масло, применяемое в медицине, и **во-вторых**, используют как добавку в пищевой промышленности, да и при домашней готовке: у горького миндаля гораздо сильнее аромат. Тот самый аромат, который и называют "миндальным".

**Отличить горький миндаль от сладкого** можно в ту же секунду, как разгрызешь ядрышко. Но мы попытаемся найти и **химические различия**. Не для аналитических целей - опыт, пожалуй, слишком сложен, чтобы применять его каждый раз для распознавания миндаля, а для того, чтобы разобраться в некоторых любопытных подробностях из жизни розоцветных, ибо к этому семейству и принадлежит миндаль.

**Итак, опыт.** Очистите несколько зернышек миндаля, снимите с семян плотную оболочку и хорошенько растолките их, добавив 5-10 мл воды. Полученную жидкость профильтруйте, отберите около 10 капель фильтрата и смешайте с несколькими каплями разбавленного (приблизительно 10%-ного) раствора *едкого натра*. Реакция смеси должна быть щелочной, поэтому добавляйте раствор щелочи до тех пор, пока не появится устойчивое окрашивание с раствором *фенолфталеина*. Можно использовать для этой цели и самодельный индикатор.

**Следующая операция:** добавьте каплю раствора *железного купороса*  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , нагрейте смесь до кипения, профильтруйте и прибавьте к фильтрату несколько капель *соляной кислоты*. Теперь реакция смеси должна быть кислой (вновь проведите пробу с **индикатором**). И последнее ваше действие: капните одну каплю раствора хлорида железа  $\text{FeCl}_3$ . Вот теперь станет ясно, что у вас за миндаль. Если он был сладким, то ничего не произойдет. Но если он горький, то после добавления хлорида железа мгновенно выпадет красивый синий осадок, это - берлинская лазурь, вещество состава  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

**Горький миндаль**, давший **красивую цветную реакцию**, содержит сложное вещество, которое называется *амигдалином*. И в этом же миндале есть **фермент гликозидаза**, который способен разлагать амигдалин в присутствии воды на более простые вещества. После сложной цепочки превращений, которую мы простоты ради опустим, образуется ферроцианид натрия  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Именно он с последней каплей хлорида железа и дает такое яркое окрашивание.

Но отчего же сладкий миндаль не даст такой реакции? В нем нет амигдалина. Но **фермент гликозидаза** есть, и этим можно воспользоваться для еще одного опыта.

**Горький миндаль** заменим на этот раз сливовыми, персиковыми или вишневыми косточками: и слива, и персик, и вишня - тоже из семейства розоцветных, у них немало общего с миндалем. В том числе - амигдалин в семенах. Извлеките семена из зернышек (но только не подвергавшихся нагреву - это не должны быть косточки из компота или варенья; из замороженных плодов или из свежих - пожалуйста). Смешайте их пополам со сладким миндалем, добавьте воду, профильтруйте жидкость и продолжайте опыт, как с горьким миндалем. Как только вы добавите в конце последнюю каплю раствора хлорида железа, вновь образуется синяя *берлинская лазурь*.

*Амигдалин* в этом опыте - из косточек вишни, персика или сливы, а разрушающий его фермент - из сладкого миндаля. Вот так, с помощью разных плодов, мы получили, наконец, тот же эффект, что и с горьким миндалем.

**Попутно - важное замечание.** Врачи не советуют хранить слишком долго домашние заготовки из вишни и сливы, если они не были сварены. Вся опасность - в косточках. При превращениях *амигдалина* могут образоваться и вредные для здоровья вещества, хотя для этого требуется долгое время (свежие косточки безопасны).

Теперь, разобравшись что к чему, вы можете смело давать советы. **Первый из них:** хотя это и хлопотно, лучше для спокойствия удалять из плодов косточки. **И второй:** компоты и варенья вреда не принесут даже с косточками, потому что при нагревании разрушаются ферменты, которые разлагают амигдалин.

Если хотите, **поставьте опыт** с вареными зернышками - никакой окраски не появится.

## **ПРИЯТНОЕ С ПОЛЕЗНЫМ**

Химические опыты можно ставить с разными целями: чтобы удовлетворить любопытство, приятно и разумно занять досуг, проверить на практике то, что известно по книгам. А еще в результате химических превращений можно получить полезные - для вас, для дома, для школы - вещества или смеси веществ. Причем вы приготовите их своими руками! Это могут быть самодельные краски, или красивый (сугубо химический) новогодний подарок, или значок, которого ни у кого нет... Многие опыты из этого раздела (как, впрочем, и из последующих) лучше ставить в химическом кружке. Во-первых, сообщать приятнее работать. Во-вторых, можно сделать нечто полезное для школы или клуба. И наконец, если возникнут затруднения - с постановкой опыта, с посудой или с реактивами,- то преодолеть их гораздо проще в кружке, нежели дома. Начнем с красок - масляных и акварельных.

## **МАСЛЯНЫЕ КРАСКИ**

Всякая масляная краска-это смесь олифы с пигментами, т. е. с красящими веществами. Как их приготовить самостоятельно, будет рассказано дальше, а сейчас займемся основной масляной краской - олифой.

Разумеется, олифу (как и некоторые пигменты) можно купить в магазине. Но для юного химика такое решение было бы слишком неинтересным. Если уж ставить опыты, то надо и олифу приготовить самостоятельно. Однако прежде надо уяснить, что она собой представляет.

Натуральную олифу готовят на растительных маслах. Таких масел множество; некоторые из них способны высыхать на воздухе (льняное, конопляное). Другие высыхают лишь отчасти, и поэтому называются полувсыхающими (например, подсолнечное масло). А некоторые масла не высыхают вовсе - оливковое из оливок, касторовое из клещевины.

Но что значит слово "высыхают" применительно к маслам? В них нет растворителя, и высыхать вроде бы нечему. Так оно и есть, высыхание - термин хотя и устоявшийся, но не совсем точный. На самом деле масла полимеризуются, их молекулы связываются между собой, образуя твердый нерастворимый и неплавкий полимер. Но для этого нужно вещество, которое сшило бы воедино относительно небольшие молекулы масла. Это вещество - кислород воздуха. Вот почему пленка масляной краски, нанесенной на изделие, высыхает быстро. А масло, оставшееся в банке, загустевает лишь с поверхности: только она и соприкасается с воздухом.

Но даже высыхающие масла сами по себе реагируют с кислородом очень медленно, и нам пришлось бы ждать очень долго, пока краска перестанет пачкаться. Однако эту реакцию можно значительно ускорить, если добавить к маслу немного катализатора. Те катализаторы, которые ускоряют высыхание масляной пленки, называют сиккативами. Обычная олифа - это смесь масла (в последнее время - все чаще синтетического) с сиккативом.

Итак, чтобы приготовить олифу, надо смешать высыхающее масло с сиккативом. Его также можно купить в магазине, но не лучше ли будет приготовить сиккатив самостоятельно и на опыте проверить его действие? Многие сиккативы - это соли органических кислот. Вы можете приготовить такую соль, достаточно известную - плавный резинат; "резинатами" называют соли кислот, входящих в состав канифоли.

В фарфоровой посуде (а если ее нет, то в металлической) нагрейте около 50 г канифоли. Температура должна быть примерно 220-250 °С, канифоль при такой температуре расплавится. В этот расплав небольшими порциями при размешивании введите (с осторожностью, не дотрагиваясь руками) 5 г негашеной извести СаО. В результате реакции получится резинат кальция.

Если вместо извести взять 15 г глета (оксида свинца PbO), растертого в пасту с льняным маслом, и добавлять его небольшими порциями, то образуется другой сиккатив - резинат свинца. Глет можно получить из порошка свинца, смешанного с натриевой или калиевой селитрой (это распространенные удобрения). При нагревании смеси образуется оксид свинца PbO желтого

цвета, так что о ходе реакции можно судить по изменению окраски. Когда она станет достаточно интенсивной, прекратите нагрев, охладите смесь и обработайте ее водой. Растворимые продукты реакции перейдут в раствор, а при встряхивании легкий глет отделится от тяжелого свинца, не вступившего в реакцию, - он осядет на дно. Таким образом, надо слить взмученную непрозрачную жидкость с осадка, профильтровать и высушить - глет готов.

Смесь канифоли с  $\text{CaO}$  или  $\text{PbO}$  надо нагревать до тех пор, пока не получится однородная масса. Ее капли помещайте время от времени на чистое стекло, и как только капля окажется прозрачной, нагрев можно прекратить.

Еще один очень распространенный сиккатив - оксид марганца  $\text{MnO}_2$ . Получить его можно просто. Приготовьте два раствора - сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  (марганцовки). Когда вы смешаете эти растворы, в осадок выпадет черный порошок. Это и есть искомым оксид. Отфильтруйте его и высушите на воздухе без подогрева.

Какой бы сиккатив вы ни приготовили, дальнейшие действия будут одинаковыми. Добавьте сиккатив в нагретое до  $150\text{-}200\text{ }^\circ\text{C}$  льняное или конопляное масло - оба высыхающие. Опыт удастся лучше, если масло рафинированное. На 100 частей масла возьмите 3-5 частей сиккатива и размешайте смесь до полного его растворения. Вы приготовили олифу. Дайте ей остыть и проверьте действие сиккатива.

Нанесите олифу тонким слоем на стекло или металл, рядом нанесите такую же пленку чистого масла, без катализатора. Вы легко обнаружите, насколько сиккатив ускоряет высыхание масла. Если вы приготовили несколько сиккативов, сравните их активность.

Чтобы получить масляную краску, олифу надо смешать с пигментом, готовым или самодельным. Имейте в виду, что пигмент должен быть высушен как следует, растерт и просеян через самое мелкое сито, какое вы сможете найти, или через марлю, сложенную вдвое.

К такому мелкому порошку добавляйте по каплям олифу, каждый раз размешивая и растирая ее, пока не получится густая однородная масса, напоминающая кашу. Разотрите ее тщательно еще раз и разбавьте все той же олифой, чтобы она приняла густоту обычной малярной краски. Возможно, ваша краска окажется прозрачной, а это далеко не всегда желательно.

Чтобы избежать прозрачности (как говорят специалисты, чтобы краска была укывистой), добавьте к маслу какой-нибудь белый пигмент. Он не повлияет на окончательный цвет краски, но лишит ее прозрачности.

Даже если вы все будете делать аккуратно, полученная масляная краска все равно будет, пожалуй, чуть-чуть хуже, чем из магазина. Зато - своими руками.

## ПИГМЕНТЫ

Пигменты еще несколько десятилетий назад называли обычно минеральными красками, подчеркивая их происхождение: многие природные пигменты получали измельчением окрашенных минералов. И сейчас поступают порою так же, особенно если надо приготовить яркие, сочные, стойкие краски для живописи. Но гораздо чаще в наши дни используют синтетические пигменты - всевозможные оксиды и соли металлов. Если же пигменты имеют органическую природу, то их чаще называют красителями; пожалуй, главная область их применения - окрашивание тканей.

Займемся приготовлением минеральных пигментов разных цветов. Начнем с белого.

В роли белых пигментов обычно выступают соединения свинца, цинка и титана: последние для самостоятельного изготовления наименее доступны. А лучший источник свинца в домашней лаборатории - это свинцовая примочка, 20%-ный раствор основного ацетата свинца, с которым вам уже доводилось работать. Так как свинцовые белила представляют собой дигидроксид-карбонат свинца  $\text{Pb}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ , то для их получения надо пропускать диоксид углерода через раствор ацетата свинца. Свинцовые белила при этом выпадут в осадок. Отфильтруйте его, промойте водой и высушите. В фильтрате останется раствор ацетата свинца. Старайтесь работать так, чтобы соединения свинца не попадали на руки и лицо, и ни в коем случае - в рот. Красками,

приготовленными на основе таких соединений (в том числе и со свинцовым сиккативом) запрещается красить посуду и любые предметы, которые соприкасаются с пищей.

Цинковые краски, к которым мы сейчас перейдем, тоже не предназначены для окрашивания посуды; все предупреждения об осторожности, только что сделанные, относятся и к ним.

Исходным веществом для цинковых пигментов будет служить хлорид цинка  $ZnCl_2$ . Раствор его можно получить, опустив в соляную кислоту немного цинка, необязательно гранулированного. Годится, например, стаканчик от старой батарейки - он сделан из почти чистого цинка. К полученному раствору осторожно, по каплям, добавляйте раствор стиральной соды. Сначала он нейтрализует избыток кислоты (вы заметите это по вспениванию), а потом вступит в реакцию с хлоридом цинка, образуется карбонат  $ZnCO_3$ . Его надо отфильтровать, промыть водой и прокалить при температуре не ниже  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Выше этой температуры карбонат цинка разлагается на белый оксид цинка  $ZnO$  и  $CO_2$ .

Есть еще один белый цинковый пигмент - сульфид цинка  $ZnS$ . Для его приготовления надо получить сначала сульфид натрия  $Na_2S$ . Проще всего поступить так: сильно нагреть сульфит натрия  $Na_2SO_3$  (еще раз напоминаем - это вещество продают в фотомагазинах), тогда образуются два вещества - сульфат  $Na_2SO_4$  и сульфид  $Na_2S$ . Нам требуется только второе вещество. Смесь после охлаждения растворите в воде и добавляйте понемногу раствор хлорида цинка, получение которого описано в предыдущем опыте. Избегайте избытка кислоты: образующийся сульфид в ней растворяется. После фильтрования и высушивания вы получите нерастворимый сульфид белого цвета - порошок  $ZnS$ .

Перейдем к цветным пигментам. Получим сначала сине-зеленую ярь-медянку - смесь гидроксид-ацетатов меди.

К раствору медного купороса добавьте раствор соды, и в осадок выпадет дигидроксид-карбонат меди  $Cu_2CO_3(OH)_2$ . Отфильтруйте его, и осторожно, по каплям, добавьте уксусную эссенцию до полного растворения осадка. Упарьте раствор на небольшом огне почти досуха, не допуская сильного перегрева и разбрызгивания жидкости, а затем охладите. Выпавшие сине-зеленые кристаллы отфильтруйте и высушите между листами фильтровальной бумаги.

В кружке такой опыт лучше ставить под тягой, а дома не забудьте после опыта как следует проветрить комнату, чтобы исчез запах уксуса.

Перейдем к пигментам на основе оксида железа  $Fe_2O_3$ . Сурик, мумия, охра, умбра, колхотар, венецианская красная, английская красная - вот далеко не полный перечень таких пигментов. В зависимости от способа получения у краски могут быть различные оттенки, от красного до коричневого, а при сильном нагревании оксид железа чернеет.

Это вещество легко получить прокаливанием железного купороса  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (семиводный сульфат железа). Берите небольшие порции купороса, тогда разложение пойдет быстрее. Накаливайте купорос до тех пор, пока он из зеленого не станет черным. При охлаждении получится красный оксид  $Fe_2O_3$ .

Если не удастся купить готовый железный купорос (а его продают в хозяйственных магазинах), то сульфат железа нетрудно приготовить из более распространенного медного купороса; опустите в его раствор железные опилки, настроганные напильником и промытые в бензине. Как только голубой раствор станет зеленым, слейте его с осадка, профильтруйте и упарьте досуха. Вы получите не чистый железный купорос, потому что железо частично окислится кислородом воздуха, однако на результат опыта это не повлияет.

Коричневый гидроксид железа  $FeO(OH)$  вы получите из раствора железного купороса, в который добавлен раствор едкого натра, приготовленного из стиральной соды и гашеной извести, как было описано в главе "Олово и свинец". Работая с любыми щелочами, не забывайте об осторожности! В результате реакции в осадок выпадет гидроксид железа  $Fe(OH)_2$ . До требуемого нам гидроксида  $FeO(OH)$  он легко окисляется пероксидом (перекисью) водорода, а если время терпит, то просто кислородом воздуха при хранении в открытой склянке. Осадок коричневого цвета отделите и высушите при комнатной температуре.



Широко известный синий пигмент на основе железа - берлинская лазурь. Для ее приготовления нужна соль трехвалентного железа. Вот как ее можно получить: свежесажженный гидроксид железа, приготовленный в предыдущем опыте, растворите в соляной кислоте (можно в разбавленной, аптечной) или, что несколько хуже, в уксусной эссенции, и смешайте с раствором ферроцианида калия (под названием желтой кровяной соли это вещество продают в фотوماгазинах). Мгновенно образуется синий осадок знакомой вам берлинской лазури:  $K_4Fe[Fe(CN)_6]$ . Эта реакция очень чувствительна, ее часто используют для обнаружения в растворе ионов трехвалентного железа.

Желтый оксид свинца - глет, на основе которого вы готовили сиккатив, можно вводить в краску и как пигмент. А чтобы получить ярко-красный свинцовый сурик, смешанный оксид свинца  $Pb_3O_4$ , достаточно нагреть на воздухе ранее приготовленный глет. Тонкость, однако, в том, что реакция окисления обратима, и при температуре выше  $500\text{ }^\circ\text{C}$  сурик вновь превращается в глет. Значит, нужна температура несколько ниже  $500\text{ }^\circ\text{C}$ , но ненамного, иначе реакция вообще не пойдет. Вряд ли у вас есть подходящий термометр. Поэтому положите рядом с прокаливаемым глетом кусочки свинца и цинка. Их температуры плавления соответственно  $327$  и  $420\text{ }^\circ\text{C}$ , этот интервал вполне приемлем для получения сурика. Понятно, что во время опыта свинец должен быть расплавленным, а цинк твердым.

Черный пигмент - это обычная сажа. Вот один из способов получения хорошей сажи, пригодной для изготовления краски. Направьте пламя парафиновой свечи на холодный массивный предмет, разумеется, негорючий. Образующийся черный налет время от времени соскребайте. В таких условиях парафин сгорает не полностью и наряду с диоксидом углерода  $CO_2$  образуется элементарный углерод - сажа.

В заключение получим зеленые пигменты. Сначала темно-зеленый оксид хрома  $Cr_2O_3$ . Как вы помните из опытов с окислением-восстановлением, многие соединения хрома ярко окрашены, поэтому их часто используют в качестве пигментов, однако лишь для тех красок, которые не соприкасаются с пищей.

Будем вновь исходить из дихромата калия  $K_2Cr_2O_7$ , самого доступного из соединений хрома. Смешайте его с активным углем или с серой и тщательно разотрите смесь в ступке, а затем, взяв не более 2 г смеси, сильно ее нагрейте в фарфоровой или металлической посуде (когда веществ взято много, реакция идет слишком бурно). Охладите смесь, промойте ее несколько раз водой и отфильтруйте. Оставшийся на фильтре темно-зеленый оксид хрома высушите.

Есть и другие способы получения этого пигмента, например, нагреванием дихромата аммония или смеси дихромата калия с хлоридом аммония (нашатырем). Примите во внимание, что оксид хрома, получаемый в таких реакциях, находит применение не только как зеленый пигмент, но и в качестве тонкого абразивного материала, одного из самых лучших. Он входит в состав многих особо тонких полировальных паст, например, для доводки линз и зеркал оптических приборов.

Наконец, ярко-зеленый пигмент "изумрудный зеленый", гидроксид хрома. От обычного серого гидроксида того же состава он отличается тем, что состоит из более крупных частиц.

Сплавьте дихромат калия с аптечной борной кислотой в железной ложке. Нагревать надо до красного каления железа, ложку необходимо держать щипцами. После охлаждения обработайте плав водой и профильтруйте. Вы убедитесь, что цвет вещества и впрямь изумрудно-зеленый.

Получив пигменты в достаточном количестве, испытайте их, как списано в предыдущей главе, в составе масляных красок. Или каких-либо других, покупных, добавляя самодельный пигмент в белую краску либо синтетическую эмаль.

## **СРЕДСТВО ОТ РЖАВЧИНЫ**

Из стеблей, коры, плодов и листьев получают десятки полезных веществ. Как ни удивительно, растения содержат и такие органические соединения, которые способны **предохранить металл от коррозии**.

Представьте себе, что громоздкую стальную деталь необходимо очистить от ржавчины. Не тереть же ее наждачной шкуркой. Значит, нужен химический способ, например, травление кислотой. Но если опустить деталь в раствор какой-либо кислоты, удаляющей ржавчину, то неизбежно растворится и часть металла - как его уберечь от контакта с кислотой?

Ответ ясен: нужен раствор, который удалял бы ржавчину, но не трогал самого металла. Такие травильные растворы давно уже применяют на практике. Помимо кислоты, в них входит еще одна важная добавка - **ингибитор коррозии**. Это такое вещество, которое резко замедляет растворение металла, но почти не мешает растворяться его оксидам и гидроксидам, т. е. продуктам коррозии.

Те ингибиторы, которые применяют на заводах, получены преимущественно синтетическим путем. Среди них *гексаметилентетрамин*, в аптеках его продают и под названием "*уротропин*". Если поставить параллельный опыт - два одинаковых железных предмета положить в две пробирки со слабым раствором *соляной кислоты*, причем заранее добавить в одну немного растолченного уротропина, то разницу вскоре можно заметить и невооруженным глазом: в пробирке с ингибитором растворение металла будет идти намного медленнее.

Но мы собирались извлекать **ингибиторы коррозии из растений**. Этим сейчас и займемся.

Из дикорастущих растений для наших опытов подойдут чистотел, хохлатка и дымянка из семейства маковых, алтей лекарственный из семейства мальвовых и тысячелистник из семейства сложноцветных; нам понадобятся их листья и стебли. Заметьте, что многие из этих растений в сухом виде бывают в аптеках. Для опытов нужно несколько экземпляров растений. Предупреждения **о бережном отношении к природе** остаются в силе, равно как и предложение посоветоваться с учителем биологии или запастись определителем растений.

Для извлечения ингибиторов можно взять и некоторые культурные растения - это, пожалуй, проще. Годятся для опытов листья и стебли картофеля и помидоров. Есть смысл подождать, пока созреет урожай и взять для экспериментов ненужные уже остатки растений.

Листья и стебли дикорастущих или домашних растений измельчите ножом и залейте слабым, концентрацией не более 5%, раствором *соляной кислоты*. Если вы пользуетесь аптечной соляной кислотой, то разбавьте ее водой примерно вдвое. Оставьте залитую раствором массу на несколько дней в закрытой посуде, чтобы **экстракция** (извлечение вещества-ингибитора) прошла как можно полнее; недели, во всяком случае, должно хватить. Когда **экстракт** будет готов, составьте травильный раствор для проржавевших деталей. Если ржавчины очень много, то состав раствора (для удобства - по объему) будет таким: на 5 частей экстракта - 40 частей концентрированной соляной кислоты и 75 частей воды. Если же ржавчины не очень много, то надо взять 10 частей экстракта и примерно 20 частей кислоты; количество воды тоже можно немного увеличить.

В такие растворы вы можете погружать заржавевшие детали. Они довольно скоро станут блестящими, будто новенькие, а металл с них почти не перейдет в травильный раствор.

Но что же за вещества в растениях, которые, как обнаружилось, так хорошо защищают металл от коррозии? Это комплекс соединений - *алкалоиды, полисахариды, белки, слизистые и дубильные вещества*. Все они, хотя и в разной степени, обладают способностью **адсорбироваться** на металлической поверхности и закрепляться на ней, а следовательно, они препятствуют прямому контакту металла с кислотой. Со ржавчиной же они объединяться не желают, вот она и растворяется в кислоте без помех.

## **КРАСИМ БЕЗ КРАСКИ**

Без краски можно покрасить многие металлические поверхности, если покрыть их (химически или электрохимически) тонким слоем **цветных оксидов** или **солей**, прочно сцепленных с поверхностью. Последнее условие выполнить не так-то легко. Например, железо во влажном воздухе быстро (и без нашей помощи) покрывается красно-бурым налетом продуктов окисления, попросту говоря - ржавчиной, но такой метод окраски никуда не годится, потому что ржавчина еле-еле держится и пачкается при прикосновении.

Здесь мы приведем **несколько рецептов окрашивания цветных металлов**. Лишь некоторые из них пригодны для домашнего эксперимента, остальные требуют химических реактивов, которые не купишь ни в аптеке, ни в фотوماгазине. Однако надеемся, вы уже записались в химический кружок.

**Медь и латунь** довольно быстро тускнеют на воздухе. Но они сохраняют блеск, если окрасить их химическим путем. Подготовка деталей потребует некоторого времени, потому что поверхность должна быть совершенно чистой, без следов грязи и жира. Отполированную деталь тщательно протрите тряпочкой, смоченной в бензине, а затем влажным мелом или зубным порошком. Промыв деталь в проточной воде, подвесьте ее на суровой нитке или леске и не касайтесь больше руками, чтобы не оставить жировых пятен (даже если кожа на вид совершенно сухая, все равно на ней есть хоть немного жира). Опустите деталь в разбавленный раствор азотной кислоты (не более 5-10 мл на 100 мл воды) и снова промойте, лучше горячей водой. Подготовка завершена.

Дальнейшее зависит от того, в какой цвет вы решили покрасить медь.

Если в **черный**, то подержите деталь минут пять в растворе, в котором на 100 мл воды приходится 0,9 г *едкого натра* и 0,3 г *пероксодисульфата аммония* ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  (его применяют в фотографии). Температура раствора 90-100 °С.

В растворе *хлорида калия*, *сульфата никеля*  $\text{NiSO}_4$  и *сульфата меди*  $\text{CuSO}_4$  (соответственно 4,5, 2 и 10,5 г на 100 мл воды) при той же температуре медь и латунь приобретут приятный **шоколадный** оттенок. Латунь станет **лазурной** после кратковременного выдерживания в смеси, состоящей из 3 г *ацетата свинца* (можно использовать свинцовую примочку), 6 г *тиосульфата натрия* (гипосульфита), 5 г *уксусной кислоты* и 100 мл воды. Температура такого раствора - около 80 °С.

Медь можно и **позеленить**. Для этого ее нужно опустить в такой раствор: на 100 мл воды - 20 г *нитрата меди*  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , 30 г *нашатырного спирта* и по 40 г *хлорида аммония* (нашатыря) и *ацетата натрия*; раствор последнего вещества легко получить из *соды* и *уксуса*. **С нитратом меди обращайтесь, пожалуйста, осторожно, избегая попадания на лицо и особенно в рот.**

За исключением опыта с чернением, мы нигде не указываем времени реакции. Подберите его сами на опыте, приняв во внимание, что чем дольше время обработки, тем интенсивнее цвет.

Следующий металл, который поддается химической окраске, - это **цинк**. Его используют нечасто, но с оцинкованными предметами - ведрами, тазами, корытами - все хорошо знакомо. Объектом эксперимента может быть любой старый, негодный оцинкованный предмет. Промойте его раствором *соды* или протрите тряпочкой, смоченной в *бензине*, вымойте горячей водой с мылом и несколько раз прополощите. На оцинкованную поверхность нанесем смеси веществ, которые вступят с цинком в реакции, дающие окрашенные соединения. Вот рецепты красок.

**Черная:** 2 части *нитрата меди*, 3 части *оксида меди*, 8 частей *соляной кислоты* и 64 части воды; после появления окраски поверхность промыть водой и высушить.

**Зеленая:** по 10 частей *сульфата меди* и *винной кислоты*, 12 частей воды и 24 части раствора *едкого натра* в воде (1:15); как только появится окраска, сейчас же ополоснуть поверхность водой, иначе будет бурый оттенок.

**Синяя:** на 100 мл воды - 6 г какой-либо *соли никеля* и столько же *хлорида аммония*.

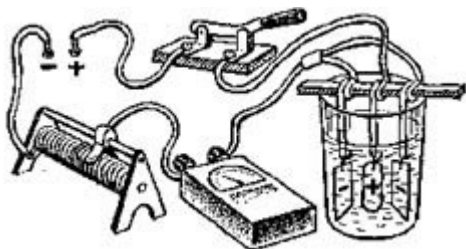
**Золотая:** раствор из 1 части *винной кислоты*, 2 частей *соды* и 1 части воды смешать с чистой глиной; поверхность натереть смесью, а когда она высохнет, ополоснуть водой.

**Коричнево-бронзовая:** смесь из 1 части *яри-медянки* и 5 частей *уксусной кислоты*; поверхность натереть смесью, промыть водой и просушить.

**Медная:** так как цинк активнее меди, значит, достаточно смочить его раствором медной соли, например, *медного купороса*.

Между прочим, такими красками можно нарисовать на цинковой поверхности картину.

От цинка перейдем к **алюминию**. Окрасить его несколько сложнее: и операций больше, и не обойтись без электрического тока. Оксид и соли алюминия невзрачны, поэтому нужен другой способ окрашивания. Он известен: это **анодирование**. Суть его в том, что через алюминиевую деталь, погруженную в электролит, пропускают ток; при этом на поверхности образуется пленка



оксида толщиной менее 0,1 мм.

Так как алюминиевые детали в гальванической ванне служат **анодом**, процесс и называют **анодированием**. Оксидная пленка пронизана микроскопическими разветвленными порами, в которых хорошо удерживаются красители. Можно окрасить анодированную поверхность и органическими красителями, в том числе природными, но лучше все же неорганическими веществами. Обычно деталь обрабатывают поочередно в двух красящих растворах, и ярко окрашенные продукты реакции остаются в порах.

Отполируйте алюминиевую деталь, обезжирьте ее *бензином* или *ацетоном*, промойте в горячей воде и подвесьте на проволочке. Опустите деталь на две-три минуты в 5%-ный раствор *едкого натра*, еще раз промойте и погрузите в слабый раствор *азотной кислоты* (20-30 мл кислоты на 100 мл воды). Разумеется, до детали дотрагиваться уже нельзя, а если с подвеской работать неудобно, помогайте себе пинцетом.

Снова промойте детали в горячей и в холодной воде и подвесьте на проволочке в стакане. Можно положить на края стакана палочку или карандаш и обмотать вокруг него проволочку раз-другой, подобрав такую высоту, чтобы деталь оказалась на несколько сантиметров выше дна. Соедините деталь с положительным полюсом источника тока. **Катоды** - стальные пластинки - подвесьте таким же образом. Источником тока могут служить батарейки, но они очень быстро "сядут"; аккумулятор или трансформатор с выпрямителем предпочтительнее.

В стакан с деталью налейте раствор серной кислоты (20 мл кислоты на 100 мл воды; осторожно!). Включите в цепь ключ или рубильник и реостат, чтобы регулировать ток. Для его измерения нужен миллиамперметр, но годится и тестер, который есть у многих радиолюбителей. Замкните цепь и установите ток из расчета 20-25 мА на 1 см<sup>2</sup> поверхности.

Деталь сразу покроется пузырьками газа - это выделяется *кислород*, который и окисляет алюминий. При комнатной температуре процесс длится около часа.

**Промойте анодированную деталь в проточной воде** и приступайте к окраске. Погружайте деталь поочередно в два красящих раствора, выдерживая в каждом 5-10 мин и промывая каждый раз в проточной воде. Окрашенные детали еще раз промойте и высушите.

Вот составы красящих растворов и их возможная концентрация (в граммах на 100 мл воды):

**синий или голубой цвет** - *гексацианоферрат калия* (1-5) и *хлорид железа(III)* (1-10);

**коричневый** - *гексацианоферрат калия* (1-5) и *медный купорос* (1-10);

**черный** - *ацетат кобальта* (5-10) и *перманганат калия* (1,5-2,5);

**желтый** - *дихромат калия* (5-10) и *ацетат свинца* (10-20);

**золотисто-желтый** - *тиосульфат натрия* (1-5) и *перманганат калия* (1-5);

**белый** - *ацетат свинца* (1-5) и *сульфат натрия* (1-5);

**оранжевый** - *дихромат калия* (0,5-1) и *нитрат серебра* (5-10).

## ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ

После анодирования алюминия естественно будет перейти к очередным электрохимическим опытам, благо под рукой есть и электролитическая ванна, и источник тока, и ключ с реостатом. В этих экспериментах мы будем извлекать металл из раствора и наносить его на поверхность. Этот процесс называют **гальваностегией**, а покрытия - **гальваническими**. Кстати, анодирование алюминия тоже относится к гальваностегии.

Сначала поучимся **наносить на стальную поверхность медь**. Меднение очень распространено в промышленности, и не только как самостоятельный процесс, но и (пожалуй, даже чаще) как подготовительная операция перед покрытием другими, более прочными и нарядными пленками - хромовыми, никелевыми, серебряными. Причина в том, что медь, правильно нанесенная, очень прочно держится на стали и выравнивает

шероховатости и дефекты его поверхности, а другие металлы, в свою очередь, хорошо осаждаются на медной пленке. Казалось бы, все просто: обработал стальную деталь раствором медного купороса, более активное железо вытеснило медь из раствора, и она осела на поверхность. Действительно, так и будет (можете проверить, опустив чистый гвоздь в раствор  $\text{CuSO}_4$ ). Но слой меди на поверхности очень рыхлый - его легко стереть даже тряпкой. А при электрохимической обработке медный слой получается ровным и прочным.

Вот **очень простой способ меднения**. С одного конца мягкого многожильного провода снимите изоляцию и растеребите тонкие медные проволочки, чтобы получилась "кисть". Для удобства работы привяжите ее к деревянной палочке или карандашу, а другой конец провода подсоедините к положительному полюсу батарейки для карманного фонаря. Электролит - концентрированный раствор медного купороса, желательна слегка подкисленный, - налейте в широкую склянку, в которую удобно будет макать "кисть".

Подготовьте стальную пластинку или другой небольшой предмет, желательно с плоской поверхностью. Протрите его мелкой наждачной шкуркой и обезжирьте, прокипятив в растворе *стиральной соды*. Положите пластинку в ванночку или кювету и подсоедините ее проводом к отрицательному полюсу батарейки. Схема собрана, осталось только ввести электролит.

Обмакните "кисть" в раствор *медного купороса* и проведите ею вдоль пластинки, стараясь не дотрагиваться до поверхности; работайте так, чтобы между пластинкой и кистью был всегда слой электролита. Проводки все время должны быть смочены раствором. На глазах пластинка будет покрываться красным слоем металлической меди. На обработку маленькой детали уйдут считанные минуты. Если же поверхность побольше, то потребуется не только дополнительное время, но и дополнительная батарейка; соедините ее с первой параллельно. Когда покрытие нанесено, высушите деталь на воздухе и матовый слой меди натрите до блеска шерстяной или суконной тряпкой.

Кстати, этот опыт можно ставить и с алюминиевой, и с оцинкованной пластинкой. Такой процесс, при котором деталь не опускают в электролитическую ванну, а обрабатывают снаружи небольшими участками, добавляя все время электролит, порой используют и на практике, особенно в тех случаях, когда деталь настолько велика, что для нее не подберешь подходящей ванны. Например, когда надо подновить покрытие на обшивке океанского корабля...

Впрочем, если детали невелики, их обычно все же **погружают в ванну с электролитом** - это быстрее и удобнее. Вот как это делают при никелировании стали, или, точнее, перед никелированием, ибо без предварительного меднения в этом случае не обойтись.

Металлический предмет, который вы решили покрыть никелем (пусть это будет водопроводный кран или табличка для двери), обработайте, как обычно, наждачной бумагой, чтобы **удалить оксидную пленку**, протрите щеткой, как следует промойте водой, обезжирьте в горячем содовом растворе и промойте еще раз. В банку или стакан опустите на проволочках (лучше медных) две медные пластинки - **аноды**. Между ними на проволочке же подвесьте деталь (все эти проволочки, напомним, удобнее всего обмотать вокруг карандаша и положить его на края банки). Те проволочки, которые идут от медных пластинок, соедините вместе и подключите к положительному полюсу источника тока, а деталь - к отрицательному; включите в цепь реостат или радиосопротивления на 200-300 Ом, чтобы регулировать ток, и миллиамперметр (тестер). **Источник постоянного тока** -

две-три батарейки для карманного фонаря, соединенные параллельно, или аккумулятор с напряжением не более 6 В.

Раствор электролита - 20 г *медного купороса* и 2-3 мл *серной кислоты* на 100 мл воды - налейте в стакан, раствор должен полностью покрыть электроды. Пользуясь реостатом или подбирая сопротивления, установите ток от 10 до 15 мА на каждый квадратный сантиметр поверхности детали. Минут через двадцать выключите ток и выньте деталь - она покрыта тонким слоем меди. Электролит меднения не выливайте, он еще пригодится.

Далее - собственно никелирование. Приготовьте новый электролит (30 г *сульфата никеля*, 3,5 г *хлорида никеля* и 3 г *борной кислоты* на 100 мл воды) и налейте этот электролит в другой стакан. Для никелирования нужны никелевые электроды. Опустите их в электролит, соберите схему так же, как при меднении, и включите ток, вновь примерно на двадцать минут. Выньте деталь, промойте и просушите ее. Она покрыта сероватым матовым слоем никеля. Чтобы покрытие приобрело привычный блеск, его надо отполировать.

Электролит для хромирования содержит обычно хромовую кислоту. Но так как этой кислоты у вас, вероятно, нет, прибегнем к обходному маневру. Вы уже получали **зеленый хромовый пигмент**. Если же вы не ставили тот опыт, то имейте в виду, что **хромовый зеленый** продается в магазинах. Сплавьте *оксид хрома* с *содой* на воздухе, т. е. нагрейте смесь в чистой металлической банке. Вы получили хромат натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ . Растворите его в воде, профильтруйте и подкислите серной кислотой; в этом растворе можно проводить хромирование. Разумеется, если у вас есть готовый *хромат натрия*, готовить его излишне.

Небольшой предмет, который вы собираетесь хромировать, обработайте как обычно наждачной бумагой, обезжирьте, протравите слабым раствором кислоты и промойте. Он будет катодом, подсоедините его к отрицательному полюсу источника тока. **Анод** нужен инертный, например, *графитовый*. Разберите старую батарейку и извлеките из нее графитовый стержень.

Чтобы получить ток, достаточный для хромирования, надо взять аккумулятор либо несколько батареек для карманного фонаря. Время опыта и требуемый ток подберите самостоятельно. По окончании электролиза выньте деталь из электролита, тщательно промойте ее и отполируйте до блеска тряпочкой с зубным порошком.

## ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА

Еще один очень распространенный электрохимический процесс - **гальванопластика**, т.е. осаждение толстого, массивного слоя металла на поверхности какого-либо предмета, форму которого хотят воспроизвести, скопировать. **Гальванопластику** используют в тех случаях, когда у металлической детали очень сложная форма и обычными способами (литьем или механической обработкой) ее трудно или невозможно изготовить. Так воспроизводят иногда скульптуры по моделям (колесница Аполлона на фронте Большого театра сделана гальванопластикой); так же кодируют с записи-эталона металлические формы, в которых прессуют грампластинки, в точности воспроизводя тончайший рельеф бороздок.

Если у вас не осталось раствора для меднения, то приготовьте его вновь. Возьмите кусок воска или парафина, очень тщательно разгладьте его поверхность, чтобы она стала по возможности плоской. На этом гладком участке процарапайте надпись, рисунок или узор.

Советуем написать свои инициалы - тогда у вас получится монограмма. Писать удобнее всего иголкой, только, пожалуйста, не оставляйте слишком глубоких царапин.

Мягкой кисточкой нанесите на поверхность с рисунком **электропроводящий порошок**. Можно, например, растолочь в ступке грифель простого карандаша или графитовый стержень батарейки. По краям рисунка прижмите к поверхности, покрытой графитом, тонкие оголенные медные проволочки (они будут служить токоотводами) и соедините их между собой. Восковой слепок подвесьте в стакан, налейте **электролит**, опустите медный электрод и соберите такую же схему, как и в опытах с меднением. Но в отличие от гальваностегии тут нужен намного меньший ток, примерно 5-10 мА. Поэтому придется передвинуть движок реостата или же подобрать другое радиосопротивление.

Включите ток и наберитесь терпения, потому что при таком токе **медь будет осаждаться на графитированной поверхности по меньшей мере пять часов**, если не больше, однако увеличивать ток не надо: качество работы будет гораздо хуже. Разомкните цепь и выньте из стакана восковой слепок. Осторожно опустите воск в горячую воду - он расплавится. А у вас в руках окажется тонкий медный листок с узором. Аккуратно оторвите от него проволочки-токоотводы. Точная копия рисунка получена.

Теперь можно перейти к весьма полезному делу: к изготовлению **способом гальванопластики** уникальных значков. Они будут только в вашей коллекции! Если же в кружке вы сделаете двадцать-тридцать сувениров, они долго будут напоминать вам и вашим товарищам о туристическом походе, о спортивных соревнованиях...

Советов художественного свойства давать не будем: эскиз придумайте сами. Не надо сложных значков: и делать труднее, и смотрятся они хуже. По эскизу вырежьте шаблон из тонкого картона - он должен повторять внешний контур значка. Положите шаблон на тонкую медную или латунную фольгу и аккуратно вырежьте по нему столько заготовок, сколько значков вы собираетесь сделать.

Ваша заготовка мягкая. Чтобы она стала жесткой, **покройте ее слоем меди** в гальванической ванне. В принципе вы уже умеете это делать; здесь вы найдете советы применительно к изготовлению значков.

Заготовки проткните у края иголкой и пропустите в отверстие тонкую медную проволочку. Промойте заготовки, протрите *бензином* и зубным порошком, еще раз промойте и, держа за подвеску или с помощью пинцета, опустите на полминуты в разбавленный, примерно 5%-ный раствор *азотной кислоты*. Напоследок промойте в проточной воде и подвесьте на металлический стержень. Всю подвеску опустите в стакан с двумя медными пластинками-анодами (значки будут **катодами**). Листочки фольги должны быть расположены на разных уровнях, чтобы они не закрывали друг друга. В стакан налейте электролит - 25 г *медного купороса* и 1,5 мл *серной кислоты* на 100 мл воды, **желательно дистиллированной**. Источник тока - **аккумулятор**; можно использовать и трансформатор с выпрямителем. Ток в цепи около 10 мА на 1 см<sup>2</sup>. Толщина медного слоя должна быть 0,5-0,8 мм.

Когда меднение закончено, промойте детали. Если вы решили сделать на значке рельефное изображение или надписи, наметьте их иголкой. Ту часть поверхности, которую покрывать не надо, закройте тонким слоем клея БФ, лака или парафина, опустите заготовки в электролит и опять включите ток, чтобы открытые участки покрылись слоем меди - тогда они станут выпуклыми. После этого клей или парафин снимите.

Если сумеете, выгравировать на значке надпись или изображение, и обязательно припаяйте с обратной стороны булавку.

Наконец, придадим значку нарядный вид. Химическая окраска и никелирование вполне пригодны. Но еще лучше выглядят значки "под старое серебро".

Заготовьте 2-3%-ный раствор *нитрата серебра* (можно растворить в воде аптечный **ляписный карандаш**). Небольшими порциями добавляйте соляную кислоту - три-четыре объема на один объем раствора. С выпавшего осадка хлорида серебра слейте раствор, осадок несколько раз промойте дистиллированной водой, сливая воду очень аккуратно, по стеклянной палочке, чтобы не терять *хлорид серебра*. К отмытому осадку добавьте небольшими порциями 30%-ный раствор *иодида калия* до тех пор, пока осадок не растворится полностью. Долейте воду, чтобы довести объем раствора до первоначального. У вас должно быть столько же электролита для серебрения, сколько вы приготовили его для меднения.

В этот электролит погрузите значки (они вновь будут катодами). **Анодами** могут служить графитовые стержни, лучше из батареек, а не из карандашей, потому что их площадь должна быть немного больше площади значков. Плотность тока небольшая, около 1 мА/см<sup>2</sup>.

Так на значках образуется **слой серебра** и, конечно, оно выглядит как новое. Однако не такая уж хитрость почернить значки под старое серебро... Водный раствор *сульфида калия* примерно 0,5-1%-ной концентрации нагрейте до 50 °С. Значки в этом растворе постепенно изменят цвет - они станут сначала серыми, потом синеватыми и, наконец, черными. Промойте значки и потрите их фетром или суконкой. Тогда выпуклые части посветлеют, остальная же поверхность останется черной, и значки будут выглядеть именно так, как изделия из старого серебра.

### САМОДЕЛЬНЫЙ ПЛАСТИЛИН

Конечно, пластилин можно купить в магазине. Ну и что из этого? Радиоприемник тоже купить можно, однако сколько людей корпят над радиосхемами! Для **самоделного пластилина** единственным дефицитным сырьем окажется, видимо, *олеиновая кислота* C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>COOH. Впрочем, она есть, наверное, в школьной лаборатории (и вообще это очень распространенная кислота, входящая в состав почти всех жиров). Из нее мы получим цинковую соль - *олеат цинка*. К 35 частям (по массе) нагретой олеиновой кислоты прибавьте небольшими порциями 5 частей сухих **цинковых белил** (можно взять самоделный пигмент). Каждую новую порцию белил вносите лишь после того, как исчезнет пена от прибавления предыдущей. Если цинковых белил у вас не оказалось, можно заменить их обычным мелом - тогда у вас получится олеат кальция. Правда, качество пластилина будет несколько хуже.

К полученному сиропообразному олеату прибавьте при постоянном перемешивании 18 частей смеси равных количеств *масла* и *воска*. Чтобы ее приготовить, расплавьте воск и добавьте к нему, энергично перемешивая, жидкое масло, например *вазелиновое*. Еще раз подчеркиваем - все компоненты надо тщательно перемешивать, от этого во многом зависит качество готового пластилина. Что касается воска, то лучше бы взять природный, **пчелиный**, но в крайнем случае его можно заменить *стеарином* (только не парафином). Стеарин же можно без труда приготовить из хозяйственного мыла, как было описано в разделе "Первые опыты".

Когда смесь олеата, масла и воска (или стеарина) будет готова, добавьте к ней 23 части *серы*, измельченной в тонкую пудру (можно взять аптечный препарат), 15 частей сухой мелкой глины, просеянной через сито, и еще 4 части какой-либо минеральной краски. Можно, например, взять **мумию** (*оксид железа* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - вы уже умеете готовить это вещество (не забудьте об интенсивном и постоянном перемешивании). Еще раз тщательно размешайте готовую смесь и **раскатайте скалкой** на листе фанеры или жести. Пластилин готов. Вот только какая неприятность: у олеата



цинка запах не из лучших. Но его можно заглушить отдушкой. Смешивая исходные продукты, добавьте немного (несколько капель) приятно пахнущего вещества, например розового или лавандового масла, или хотя бы одеколона.

## ПОСЕРЕБРИМ ЗЕРКАЛО!

Возможно ли это? Зеркала серебрят на специальных фабриках, в зеркальных мастерских. Ремесло это древнее, с традициями и профессиональными секретами - **хорошее зеркало изготовить нелегко**. И все же попробуем!

Конечно, зеркальную поверхность можно приготовить без труда, - **реакцию "серебряного зеркала"** ставят в школе на уроках. Но хорошего зеркала не получится, поблестит немного - и все. Нет, тут речь пойдет о настоящем зеркале. И оно у вас непременно получится, если вы будете работать аккуратно и не пренебрегать мелочами.

Важное предупреждение: **работайте только с дистиллированной водой**. Порошок "**крокус**" - специально приготовленный *оксид железа(III)* - просейте через мелкое сито и полученную пыль разведите дистиллированной водой. Если у вас нет "крокуса", можно взять какую-либо готовую полировальную жидкость, они продаются в хозяйственных магазинах. Ровное стекло, которое вы собираетесь сделать зеркальным, положите на стол. Проверьте уровнем, горизонтальна ли поверхность стола, и если нет, подложите под ножки сложенные листки бумаги, чтобы выровнять поверхность. **Не берите большое стекло**, начинать лучше с малого. Чтобы случайно не раздавить его, положите на стол, например, старое одеяло.

Налейте полировальную жидкость на стекло и тщательно протирайте его круговыми движениями с помощью войлока, фетра (можно взять старую шляпу) либо куска мягкой кожи. Потрите стекло марлей, смоченной взвесью тонко размолотой и просеянной пемзы в воде, еще раз промойте дистиллированной водой, протрите влажной губкой, а затем марлевым тампоном, смоченным в 0,15%-ном растворе *хлорида олова(IV)*, опять промойте и протрите отжатым тампоном. Подготовка стекла закончена. Это очень важная процедура. От того, насколько тщательно вы ее выполнили, зависит качество будущего зеркала.

**Обработанную поверхность надо сразу же серебрить**. Если вы почему-либо не успели приготовить раствор для серебрения, то **опустите стекло в теплую дистиллированную воду** и не вынимайте из нее, пока все не будет готово. Кстати, такая операция полезна во всех случаях: хорошо, если стекло градусов на 8-10 теплее, чем раствор для серебрения.

Этот **раствор необходимо готовить только в резиновых перчатках**. Его получают, смешивая два раствора, каждый из которых готовят отдельно. Мы укажем количества веществ на литр раствора, а вы прикиньте сами, сколько раствора вам требуется.

**Первый раствор**: 4 г *нитрата серебра*, 10 мл 25%-ного раствора *аммиака*, 4 г *едкого натра*. Порядок приготовления раствора не совсем обычен. Весь нитрат серебра растворите в 300 мл воды, 9/10 раствора отлейте в чистый стакан и добавьте по каплям раствор аммиака, все время перемешивая жидкость стеклянной палочкой. Мутная жидкость будет становиться все более прозрачной, и, наконец, окраска исчезнет. Прибавьте немного раствора нитрата серебра - раствор вновь станет мутным. Добавьте раствор едкого натра, тогда раствор примет светло-коричневый оттенок. Вновь по каплям прибавляйте раствор аммиака, и раствор опять посветлеет, теперь он кажется слегка синеватым. Влейте оставшийся раствор нитрата серебра и аммиак, как следует размешайте и долейте дистиллированную воду до литра.

Если придется хранить этот раствор, то перелейте его в бутылку или склянку с хорошо подогнанной пробкой. **В открытой посуде раствор хранить нельзя!**

**Второй раствор**: на литр раствора - 100 г сахара-рафинада и 10 мл разбавленной (примерно 10%-ной) *серной* или *азотной кислоты*. Сахар заранее растворите в дистиллированной воде, добавьте кислоту, покипятите четверть часа и долейте воду до расчетного объема.

**Смешайте оба раствора**: на один миллилитр **второго** раствора (с сахаром) возьмите примерно 100 мл **первого** раствора (с нитратом серебра). Точное соотношение придется подобрать на

опыте. Если будет избыток сахарного раствора, то при серебрении начнут выпадать хлопья; если же, напротив, этот раствор в недостатке, то серебрение пойдет слишком медленно. Полученную смесь быстро и тщательно размешайте; сначала она станет оранжево-красной, а затем почернеет. Это сигнал: пора приступить к серебрению. **Не упустите момент!**

Сразу вылейте смесь на стекло. Она растечется по всей поверхности, и стекло станет темным, но потом быстро начнет светлеть, на нем образуется слой металлического серебра, которое восстанавливается из нитрата. Через 5-10 мин осторожно сгоните смесь со стекла с помощью марли (а еще лучше - кусочка замши), смоченной в дистиллированной воде, вновь налейте смесь и поддержите ее еще четверть часа. Уже посеребренную поверхность промойте дистиллированной водой. Если на стекле окажутся темные пятна, их надо протереть тампоном со смесью пемзы, затем раствором *хлорида олова(IV)*, снова налить на эти места смесь и промыть водой.

Чтобы проверить, достаточно ли осадилось серебра на стекле, посмотрите сквозь зеркало на лампу мощностью 60 Вт - она должна быть едва видна сквозь посеребренное стекло.

Серебряный слой еще недостаточно прочно держится на стекле. Чтобы укрепить его, поставьте зеркало в вертикальном положении на час-другой нагреваться при температуре 100-150 °С. Воспользуйтесь сушильным шкафом, в крайнем случае - несильно нагретой духовкой. Когда зеркало остынет, покройте серебряную пленку **водостойким прозрачным лаком** из пульверизатора (кисть может ее повредить). После высыхания нанесите поверх лака толстый слой непрозрачной краски или черного битумного лака. Водите кистью или направляйте струю из пульверизатора только в одном направлении: либо сверху вниз, либо слева направо.

Зеркало почти готово. Осталось лишь привести в порядок его лицевую, непосеребренную сторону. На ней могут оказаться затеки серебра; удалите их тампоном, смоченным слабым раствором *соляной кислоты*. Если вы запачкали руки, то удалите пятна слегка подогретым раствором *гипосульфита* и хорошенько вымойте руки теплой водой.

### **Много ли серебра пошло на изготовление зеркала? И сколько серебра в настоящем зеркале?**

Вопросы вроде бы нехитрые, но ответить на них не так-то легко. Пленка серебра настолько тонка, что даже будь у вас микрометр, ее не измерить...

Чтобы не портить хорошее зеркало, возьмите какой-нибудь осколок, удалите слой лака и краски ватой, смоченной ацетоном, и положите на посеребренную поверхность небольшой кристаллик йода. Уже при комнатной температуре йод довольно быстро испаряется, его пары растекаются по стеклу, потому что они намного тяжелее воздуха. Чтобы их не разогнал случайный сквозняк, накройте кристаллик перевернутым стаканом.

При взаимодействии йода с серебром образуется иодид серебра, и возле кристаллика медленно расплывается прозрачное пятно: иодид в тонком слое прозрачен. А у краев прозрачного пятна серебряная пленка не исчезает, но становится тоньше. И в результате на зеркале появляются окрашенные кольца, которые видно особенно хорошо в отраженном свете.

Кольца кажутся цветными по той же причине, по которой нам кажутся радужными мыльные пузыри и масляные пятна на воде. Явление это называется интерференцией света в тонких пленках, его изучают в курсе физики. Для нас самое важное вот что: чем больше колец, тем толще серебряная пленка. Если их два, то толщина пленки около 0,03 мкм, три кольца соответствуют 0,06 мкм, четыре - 0,09, пять - 0,12, шесть - 0,15, семь - 0,21 мкм.

Зная толщину серебряного слоя, легко подсчитать и количество серебра: надо лишь умножить толщину на площадь зеркала и полученный объем еще раз умножить на плотность серебра (10,5 г/см<sup>3</sup>). Вот ориентир для проверки расчета: зеркало площадью около квадратного метра содержит чуть больше грамма серебра.

### **ЛОВКОСТЬ РУК**



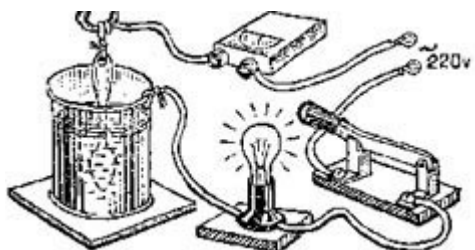
Нас окружает множество вещей и веществ, которые кажутся обыденными и ничем не примечательными. Однако очень часто они обладают удивительными свойствами - надо только суметь их заметить. Скажем,

алюминиевой ложкой можно выпрямлять переменный ток, спичкой - зажечь электрическую лампочку, сахаром-рафинадом - высечь искры, а марганцовкой из аптеки - начистить до блеска кастрюлю. Но для этого надо, **во-первых**, знать свойства веществ и, **во-вторых**, уметь этими свойствами пользоваться, иными словами, необходима **ловкость рук**, приобретаемая с опытом. И, как в старые времена говорили фокусники, - никакого мошенничества!

Итак, **займемся фокусами** - серьезными химическими фокусами. Иногда - для забавы, но чаще - для демонстрации необычных явлений и изготовления необычных вещей.

## ЛОЖКА-ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Для этого опыта годится любая алюминиевая ложка - чайная или столовая. Ее надо тщательно вымыть и обезжирить; как это сделать, вы знаете из опытов с анодированием алюминия. Ложка будет первой деталью будущего выпрямителя тока, а второй нам пока послужит пустая консервная банка, высотой примерно с ложку, во всяком случае, не намного ниже.



Жестяную банку вымойте с мылом или стиральным порошком, ополосните и заполните раствором для анодирования алюминия: на 100 мл воды - 20 мл *серной кислоты* (**осторожно!**). Кислоту можно заменить *карбонатом аммония*  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (10 г) или в крайнем случае *пищевой содой*, растворив ее в воде до насыщения. Вода должна быть дистиллированная, годится и чистая дождевая.

Прежде чем опускать ложку в банку, прикиньте, до какого места ложки будет доходить раствор. На границе **раствор - воздух** алюминий будет интенсивно растворяться, и ложка скоро развалится на две части. Чтобы этого не произошло, участок вблизи границы покройте слоем лака или водостойкого клея.

Теперь подвесьте ложку в банке так, чтобы она не касалась стенок; устройство подвески вы, наверное, без труда придумаете сами. Под банку положите кафельную плитку или любую другую не проводящую электричество подставку. На этот раз мы будем пользоваться не батарейками или аккумулятором, а переменным током от сети, и, естественно, надо полностью себя обезопасить. По той же причине **самым тщательным образом изолируйте все оголенные концы проводов, а во время опыта не прикасайтесь ни к ложке, ни к банке**. Лучше всего, если перед включением тока вы накроете их перевернутым фанерным ящиком или пластмассовым ведром.

Электрическая схема проста: включите в цепь последовательно лампу мощностью около 40-60 Вт, переключатель, ложку и банку; если есть амперметр, можно подсоединить и его. Когда схема собрана и надежность изоляции проверена, включайте ток.

Сначала, как вы и догадываетесь, лампа загорится, потому что **раствор в банке электропроводен**. Но примерно через полчаса она станет светить заметно слабее, а потом и вовсе погаснет. Ложка стала выпрямителем. Она пропускает ток только в одном направлении - от банки к ложке.

В этом было бы легко убедиться, будь у вас осциллограф: на его экране в начале опыта светилась бы синусоида, а в конце нижняя ее ветвь исчезла бы: в цепи течет так называемый импульсный ток. Осциллограф помог бы сразу установить, где **положительный полюс** выпрямителя, а где **отрицательный** (это очень важно, если вы собираетесь ставить с самодельным выпрямителем электрохимические опыты). Но можно обойтись и без приборов: полярность выпрямителя легко установить, пользуясь полоской фильтровальной бумаги, смоченной слабым раствором поваренной соли с добавкой **индикатора фенолфталеина**.

Отключите ток, прижмите листок к ложке и к банке и закрепите его, например, пластмассовыми бельевыми прищепками. Включите ток, и несколько минут спустя фильтровальная бумага покраснеет у одного из полюсов. Этот полюс - **отрицательный**. При **электролизе воды** (соль нужна только затем, чтобы увеличить электропроводность) на отрицательном электроде (**катоде**) выделяется водород, а ионы  $\text{OH}^-$  остаются в избытке. Эти ионы и обуславливают щелочные свойства, поэтому индикаторная бумага краснеет.

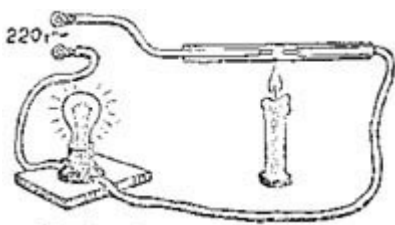
Такое же испытание влажной индикаторной бумагой с солью и фенолфталеином можно провести и в том случае, если вы перепутали полюса аккумулятора или батарейки. Так как здесь напряжение невелико, полоску бумаги можно просто прижать руками к обоим полюсам источника тока.

Но **отчего алюминиевая ложка стала выпрямителем?** После включения тока на ней, как и при анодировании алюминия, растёт пленка оксида алюминия. А эта пленка - **полупроводник**: пропускает ток только в одном направлении. Это ее свойство нередко используют в технике.

С помощью самодельного выпрямителя можно ставить некоторые электрохимические опыты, которые описаны в этой книге. Но в соответствии с условиями опыта включайте выпрямитель через понижающий трансформатор. Напряжение ни в коем случае не должно превышать 40 В. А ток, который можно снимать с алюминиевой ложки, может достигать нескольких десятков ампер.

Но обязательно ли брать для выпрямителя ложку и консервную банку? Разумеется, нет. Вместо ложки можно взять **алюминиевый электрод** любой формы, вместо банки - железный, свинцовый или графитовый электрод и погрузить их в стеклянный сосуд, в который налит раствор электролита. Более того, так мы и советуем вам поступить, если вы решите использовать самодельный выпрямитель на практике. Но если вы собираетесь продемонстрировать, как оксид алюминия выпрямляет переменный ток, то ложка с банкой выглядят гораздо эффектнее...

### ЗАЖГИТЕ ЛАМПУ СПИЧКОЙ!



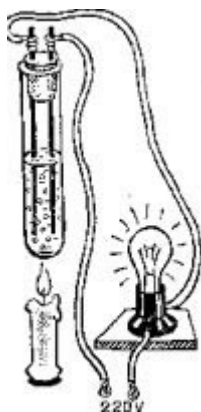
Для этого опыта удобнее взять настольную лампу. Один из ее проводов отсоедините от вилки и удлините, не забывая о хорошей изоляции. Возьмите небольшую узкую стеклянную трубку с тонкими стенками (проще всего воспользоваться стеклянными рейсфедерами с оттянутыми концами). Вставьте в трубку с двух концов электроды - проводки диаметром около 1 мм; закрепите их в трубке изоляционной лентой. Электроды не должны соприкасаться, расстояние между ними 1-2 мм.

Удлиненный провод от лампы присоедините к одному из электродов, а другой электрод соедините проводом со свободным гнездом вилки и изолируйте. У вас получится цепь, разомкнутая в одном участке - между электродами.

Закрепите стеклянную трубку в горизонтальном положении. Это совсем просто сделать, если провода жесткие, с пластмассовой изоляцией: зажмите провод, и трубка будет на нем держаться. Подготовка к опыту закончена, можно включать вилку в сеть. **Лампа, конечно, гореть не будет.**

Поднесите к трубке, в которую вставлены электроды, зажженную спичку. Если трубка из не тугоплавкого стекла, то стекло размягчится и трубка при этом чуть-чуть провиснет. И тут же загорится лампа, несмотря на то, что цепь по-прежнему остается разомкнутой. Дело в том, что **соли, входящие в состав стекла, при нагревании ионизируются, и стекло становится проводником.**

Если опыт не получается из-за того, что трубка широка, то вместо спички возьмите свечку или спиртовку. Зажечь лампу свечкой - тоже эффектный опыт.



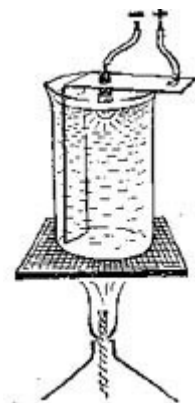
А еще можно ее зажечь с помощью расплавленной *селитры*. Закрепите вертикально пробирку, на дно которой насыпано немного калиевой или натриевой селитры (*нитрата калия* или *натрия*), и опустите в нее две медные проволочки. Чтобы медные электроды не соприкасались, пропустите их сквозь пробку. Подсоедините к электродам лампу так же, как в предыдущем опыте. Когда вы включите ток, лампа, естественно, не загорится: твердая селитра ток не проводит.

**Нагрейте селитру до плавления** с помощью таблеток сухого горючего - лампа вспыхнет. Ионы, составлявшие кристаллическую решетку соли, приобретают подвижность, и цепь замыкается. Лампа будет гореть и после того, как вы уберете

пламя: у расплава селитры высокое электрическое сопротивление, и то тепло, которое выделяется при прохождении тока, поддерживает селитру в расплавленном состоянии.

Подобным образом можно поставить опыт не с расплавом, а с **раствором, например, поваренной соли**. Электроды в этом случае лучше взять графитовые. Погрузите их сначала просто в банку с водой, а потом небольшими порциями добавляйте соль, и лампа будет разгораться все ярче. Между прочим, таким способом удобно проверять электропроводность растворов. Проверьте, например, как проводят ток растворы *соды, сахара и уксусной кислоты* разной концентрации.

И еще один, **не вполне обычный опыт** с электрической лампочкой, но не с большой, а от карманного фонаря. Укрепите ее в полоске жести, согнутой под прямым углом, и вставьте полоску в небольшой химический стакан так, чтобы стеклянный баллон лампочки оказался внутри стакана и был обращен к его дну. Подключите лампочку к батарейке: выступ на цоколе, самый крайний его участок соедините с отрицательным полюсом, а полоску жести - с положительным. Обратите внимание: **припаивать проводники нельзя, потому что во время опыта припой может расплавиться**. Надо придумать механический контакт или же использовать патрон от старого карманного фонаря.



До начала опыта выньте лампу из стакана и насыпьте в него нитрат натрия (нитрат калия в этом случае не годится; почему - станет ясно позже). Поставьте стакан на асбестовую сетку или металлическую пластинку и нагрейте его на пламени газовой горелки или спиртовки; сухой спирт не очень удобен, так как трудно регулировать температуру расплава. Селитра плавится при 309 °С, а при 390 °С уже разлагается; вот в таком интервале и придется поддерживать температуру. Для этого изменяйте либо размер пламени, либо расстояние до стакана. Следите, чтобы расплав не застывал, даже с поверхности.

**В расплавленную селитру осторожно опустите лампочку.** Большая часть стеклянного баллона должна быть погружена в расплав, но следите за тем, чтобы верхняя часть цоколя, к которой припаян проводник, не соприкоснулась с селитрой - произойдет короткое замыкание. Зажженную лампочку подержите в селитре около часа, потом отключите ток, погасите горелку и аккуратно доставьте лампочку. Когда она остынет, промойте ее водой, и вы увидите, что лампочка изнутри покрыта зеркальным слоем!

Мы уже говорили, что при нагревании заряженные частицы в стекле приобретают подвижность (поэтому и зажглась лампа, когда трубку нагревали спичкой). Главные действующие лица - **ионы натрия**: уже при температуре выше 300 °С они становятся достаточно подвижными. Само стекло остается при этом совершенно твердым.

Когда вы погрузили включенную лампочку в расплав селитры, то стекло, из которого сделан баллончик, **оказалось в электрическом поле**: спираль - отрицательный полюс, расплав, который соприкасается с полоской жести, - положительный. Подвижные ионы натрия начали двигаться в стекле в сторону катода, т. е. по направлению к спирали. Иными словами, они перемещались к внутренней стенке баллона.

Значит, зеркальный налет изнутри натриевый? Да. Но как же ионы превратились в металл?

Раскаленные металлы (в том числе и те, из которых изготовлена спираль) испускают электроны. От спирали они попали на внутреннюю поверхность стекла и соединились там с ионами натрия. Так образовался металлический натрий.

Но почему для опыта не годится *калиевая селитра*? Ведь нитрат вроде бы и не участвует в процессе... Нет, участвует. Когда ион натрия стал нейтральным атомом, в стекле осталась отрицательно заряженная ионная дырка. Тут и нужна калиевая селитра: из ее расплава под действием электрического поля в стекло проникают ионы натрия и заполняют дырки. А ионы калия примерно в полтора раза больше ионов натрия, они не смогут войти в стекло. В калиевой селитре лампа просто треснет.

Такой необычный **электролиз через стекло** иногда применяют на практике, чтобы получить слой очень чистого натрия, или, более строго, - **"спектрально чистого"**.

## ДОЛГАЯ ЖИЗНЬ БАТАРЕЙКИ

Представьте, что случилось такое: вы принялись за электрохимический опыт, собрали цепь - а батарейка вдруг "села", и запасной батарейки нет. Как быть? Но это еще полбеды. Гораздо хуже, когда карманный фонарик гаснет темным вечером, да еще в лесу. И как обидно, если батарейки транзисторного приемника отказывают как раз в ту минуту, когда по радио передают вашу любимую песню, или во время трансляции футбольного матча. Но что уж тут поделаешь...

А между тем кое-что предпринять можно. Если запасной батарейки нет, не спешите выбрасывать старую, а попробуйте ее "оживить".

Многие современные батарейки - "Крона", "Марс", "Сатурн", КБС и другие - состоят из элементов **марганцево-цинковой системы**. При работе отрицательный электрод этих батареек - *цинковый* стаканчик - постепенно, но очень медленно, растворяется, а положительный электрод - *диоксид марганца*  $MnO_2$ , восстанавливается до *метагидроксида марганца* (его формулу можно представить как  $MnOОН$ ). Он постепенно покрывает зерна оксида, проникает вглубь зерен и закрывает доступ электролиту. Еще и половина диоксида марганца не использована, а элемент уже перестает работать; цинка же к тому времени остается еще больше, до четырех пятых! Словом, почти годную батарейку приходится выбрасывать.

Но если снять "скорлупу"  $MnOОН$ , то электролит вновь сможет поступать к зернам и батарейка оживет. Только как ее снять? Самый простой способ: постучать по батарейке как следует молотком или камнем. Тогда зерна внутри элементов расколются, и электролит снова сможет в них проникнуть. Этот способ не ахти как хорош, но в лесу, пожалуй, лучшего не найти...

Если же батарейка отказала дома, то **активировать диоксид марганца** можно гораздо эффективнее. В цинковом стаканчике батарейки пробейте гвоздем отверстие и опустите батарейку в воду. Электролит в элементе не жидкий (это было бы неудобно), а загущенный. Он размокает в воде, разжижается, и ему легче проникнуть к зернам диоксида марганца. Этот нехитрый прием позволяет увеличить срок службы батарейки почти на треть. Но его можно еще более упростить.

Заливать батарейку водой совсем необязательно. Достаточно только пробить отверстие в цинковом стаканчике. Оксид марганца в элементе смешан с графитовым порошком - это нужно для того, чтобы увеличить электропроводность. Как только воздух начнет поступать внутрь, графит будет поглощать кислород, и наряду с диоксидом марганца появится еще один положительный электрод - так называемый воздушный, на котором кислород восстанавливается. Словом, простой гвоздь превращает **марганцево-цинковый элемент в воздушно-цинковый!**

Справедливости ради скажем, что после такой процедуры батарейка будет разряжаться малым током - таковы уж свойства самодельного **воздушно-цинкового элемента**. Зато служить будет очень долго.

И последнее: сделаем так, что старая батарейка станет почти совсем как новая. Для этого батарейку надо зарядить электрическим током, т. е. поступить с ней так же, как с аккумулятором. Реакция, идущая в батарейке, обратима, и  $MnOОН$  может вновь превратиться в  $MnO_2$ .

Заметьте, что **подзаряжать можно не все батарейки**, а только те, в которых не засохла паста и корпус не поврежден. И заряжать надо не обычным постоянным током, как заряжают аккумуляторы. В этом случае цинк станет осаждаться на корпусе батарейки в виде разветвленных нитей - дендритов, и очень скоро это приведет к тому, что произойдет короткое замыкание и батарейка выйдет из строя. Заряжать ее надо так называемым асимметричным током. Чтобы получить его, надо выпрямлять переменный ток не полностью, например: включить в цепь **диод-выпрямитель** и параллельно ему - **сопротивление** (около 50 Ом). Напряжение источника должно быть около 12 В, поэтому использовать ток непосредственно от сети нельзя, нужен понижающий трансформатор.

**Марганцево-цинковые элементы** можно заряжать до трех раз, их емкость при этом падает совсем незначительно. А маленькие, так называемые пуговичные элементы (в них использована **ртутно-цинковая система**) можно подзаряжать до десяти раз. Но пробивать их гвоздем или стучать по ним молотком нет смысла - в этих элементах после разряда практически не остается активных веществ.

## ИСТОЧНИКИ ТОКА ИЗ ПОДРУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чтобы оживить старую батарейку, действительно требуется ловкость рук. Но в еще большей степени она будет вам нужна, если вы решите изготовить **самодельный источник тока**. Он может пригодиться для различных электрохимических опытов, например с анодированием алюминия или с никелированием.

Есть множество химических источников тока, но, пожалуй, самый простой в изготовлении - элемент Грене. Для него нужны две пластинки - **цинковая** и **угольная** такого размера, чтобы они входили в стеклянную банку. Подберите к ней полиэтиленовую крышку, проколите ее в двух местах шилом и пропустите в отверстия проволоочки. На этих проволоочках подвесьте пластинки-электроды так, чтобы они не касались друг друга.

Электролитом будет служить водный раствор, содержащий 16% *серной кислоты* и 12% *дихромата калия* (хромпика). Когда вы будете готовить раствор, лейте, как всегда, кислоту в воду и будьте очень осторожны.

Электролит аккуратно перелейте в банку; раствор должен закрывать пластинки примерно на три четверти. Банку плотно закройте заготовленной крышкой с проводами и электродами. В тот момент, когда электроды, соприкоснутся с электролитом, возникнет электрический потенциал. Если цепь замкнуть, по ней пойдет электрический ток. Это легко проверить, подсоединив к проволоочкам вольтметр: он покажет напряжение около 2 В. Однако сила тока не слишком велика, от элемента не будет даже работать лампочка для карманного фонаря. Но если вы изготовите не один, а два или три элемента Грене и соедините их последовательно-цинковую пластину с угольной, то лампочка будет гореть. А для опыта с никелированием достаточно и одного элемента Грене.

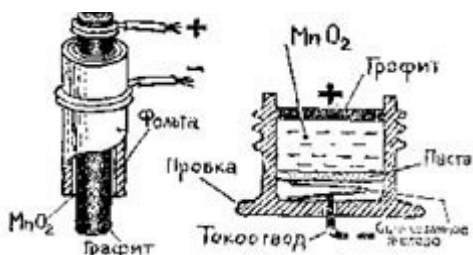
Хотя **элемент Грене** работает надежно, у него есть как минимум два недостатка: во-первых, неудобно иметь дело с жидким электролитом, да к тому же содержащим серную кислоту, во-вторых, не всегда есть под рукой цинковые и угольные пластинки. Поэтому займемся и другими **самодельными источниками тока**. Пусть они и уступают жидкостным элементам, зато не будет проблем с материалами.

Чай и сигареты часто заворачивают в фольгу, у которой одна сторона "серебряная", а другая - бумажная. В магазинах "Юный техник" продают медную фольгу. И ту и другую нарежьте на квадраты примерно 5 x 5 см и кладите одну на другую вперемежку так, чтобы медь ложилась на "серебро". Самый нижний слой должен быть бумажным, самый верхний - медным. У вас получилась батарея элементов; чем выше стопка, т. е. чем больше элементов, тем выше и напряжение.

Из медной фольги вырежьте полоски - токоотводы, приложите их к стопке сверху и снизу и обмотайте изоляционной лентой, а потом погрузите батарейку в электролит - раствор *поваренной соли*. Чтобы убедиться в том, что батарейка начала работать, поднесите к ее полюсам, как вы это уже делали прежде, полоску фильтровальной бумаги, смоченной раствором фенолфталеина. У отрицательного полюса раствор покраснеет. Напряжение у такой батарейки может достигать нескольких вольт, но ток, к сожалению, слабават.

Для других источников тока проще всего будет воспользоваться готовыми уже материалами из старых, отслуживших свое батареек. Разломайте батарейки и извлеките из них активную массу оксида марганца, которой обмазаны электроды, графитовые стержни и засохшую пасту (загущенный электролит) - соскребите его и положите для набухания и воду. Оксид марганца разотрите в порошок и смешайте с несколькими каплями фотоклея или раствора желатины. Этой смесью обмажьте графитовый стержень или же грифель простого карандаша, оставив сверху свободный участок для крепления контакта. Когда смесь высохнет, обмотайте стержень "серебряной" бумагой в несколько слоев, "серебром" наружу, и обвяжите ниткой. Один проводок

плотно обмотайте вокруг стержня, другой - вокруг "серебряной" бумаги и приклейте его липкой лентой. Обмотайте элемент изоляционной лентой - он готов к работе.

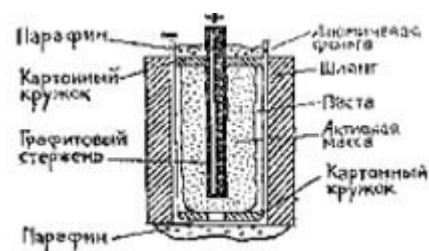


**Более совершенные элементы** получаются, если активную массу и пасту увлажнять раствором *хлорида аммония* (24 г на 100 мл дистиллированной воды; полезно добавить 1 г *хлорида кальция*). Если этот раствор нагреть с крахмальным молоком, то получится электролит в виде пасты.

Возьмите полиэтиленовую пробку от бутылки, проколите в дне отверстие и пропустите через него проволочку. В пробку положите кружок из оцинкованного железа, он должен быть прижат к проволочке-токоотводу. Из фильтровальной бумаги вырежьте кружок по внутреннему диаметру пробки, пропитайте его электролитом, смажьте пастой и вложите в пробку. Сверху положите размоченную активную массу с *диоксидом марганца* из старой батарейки и прижмите кружком, вырезанным из графитового стержня - он будет служить вторым токоотводом. Из таких "пробочных" элементов тоже можно составить батарею, дающую напряжение в несколько вольт.

Пластмассовую пробку можно заменить железной с оловянным покрытием - от бутылки с лимонадом или минеральной водой. Естественно, цинк в этом случае уже не нужен, равно как не нужно пробивать отверстие в пробке-она сама по себе электропроводна, но оловянный элемент дает невысокое напряжение.

Еще **более совершенный элемент - в виде стаканчика из алюминиевой фольги**. Стаканчик можно изготовить с помощью короткого (3-4 см) отрезка пластмассового шланга. Внутри вложите листок фольги заведомо большей высоты, прижмите к стенкам, а из "лишнего" материала сделайте доньшко и распрямите его круглым стержнем, например обратной стороной шариковой ручки. Алюминиевый стаканчик вполне заменит цинковый.



Картонный кружок положите на дно и смажьте стаканчик изнутри загущенным электролитом из старой батарейки или самодельным. Слой не должен превышать 1 мм. Мешочек из легкой ткани наполните увлажненной массой  $MnO_2$ , уплотните, слегка надавливая тем же круглым стержнем, добавьте доверху массу и вдавите графитовый стержень (или грифель карандаша). Еще раз слегка уплотните массу, прикройте по возможности мешочек и наденьте на стержень второй картонный кружок с отверстием посередине - он не даст электроду наклоняться. Зажгите свечу и накапайте на эту шайбу, а потом на доньшко элемента - *парафин* для изоляции.

Такой элемент дает напряжение около 1 В, но ток его больше, чем у элемента из пробок. Два-три "стаканчика" дают возможность слушать транзисторный приемник через наушники.

## КРИСТАЛЛЫ - БОЛЬШИЕ И МАЛЕНЬКИЕ

О выращивании кристаллов написано так много, и эти опыты настолько эффективны и несложны в исполнении, что наверняка вы их ставили хотя бы раз и знаете, в чем принцип. Собственно, ничего мудреного тут нет: надо приготовить **горячий насыщенный раствор** какой-либо соли (*хлорида натрия, сульфата меди или железа, квасцов, дихромата калия* и т. д., перечень очень велик), осторожно охладить его, чтобы избыток растворенного вещества не выпал в осадок (такой раствор называется **пересыщенным**), и, наконец, **вести затравку** - кристаллик той же соли, подвешенный на нитке. После этого остается только прикрыть сосуд листком бумаги, поставить в укромное место и ждать, пока не вырастет крупный кристалл, на что могут уйти недели или даже месяцы; единственное, что придется изредка делать-это подливать понемногу насыщенный раствор по мере испарения.

Все это действительно известно. Но вариантов опыта очень много, и мы выберем не самые распространенные, например, с *нитратом свинца* и *йодидом калия*. Смешайте одинаковые



объемы 10%-ных растворов этих солей, и в сосуде выпадет осадок *иодида свинца*. Аккуратно слейте с него жидкость. Вскипятите воду в каком-либо прозрачном сосуде, подкислите ее уксусом и, пока она кипит, добавьте еще влажный осадок иодида свинца, взболтав его. При медленном остывании жидкости в ней вырастут золотистые кристаллы.

**Вариация на ту же тему:** слейте в пробирку растворы *нитрата свинца* и *иодида калия*, вскипятите содержимое вместе с осадком, чтобы он растворился, а затем быстро остудите под краном. В этом случае образуются мельчайшие золотые кристаллики, взвешенные в жидкости.

Вообще **размер кристаллов** сильно **зависит от скорости охлаждения**. Всыпьте 20 г *нитрата калия* небольшими порциями в сосуд с 25 мл воды. После добавления очередной порции взбалтывайте смесь, чтобы соль растворилась, а затем насыпайте следующую порцию.

Когда соль перестанет растворяться, немного нагрейте сосуд, всыпьте еще порцию, взболтайте, снова нагрейте. И так до тех пор, пока вся взятая соль не растворится. Теперь разлейте раствор в два сосуда, и один оставьте остывать на воздухе (для еще более медленного остывания можно накрыть его несколькими слоями плотной ткани). В этом сосуде образуется несколько крупных кристаллов, а при удачном стечении обстоятельств - и один кристалл. Другой сосуд сразу же поставьте в кастрюлю с холодной водой, и в нем выделится множество мелких кристалликов. Это общее правило.

**Следующие два опыта** настолько впечатляющи, что их смело можно показывать зрителям, конечно, тщательно все подготовив. Первый из них - **опыт Пелиго**. Цилиндр высотой 25-30 см вымойте изнутри горячей водой и через воронку по стенке налейте в него горячий очень концентрированный раствор *гипосульфита*, чтобы он заполнил цилиндр на 1/3. Этот раствор готовят так: 450 г гипосульфита растворяют при нагревании в 45 мл воды.

Второй раствор - *ацетата натрия* (300 г на 45 мл воды) также горячим влейте через ту же воронку еще на 1/3 цилиндра. Лейте очень аккуратно, этот раствор не должен смешиваться с ранее налитым раствором. Наконец, верхнюю треть цилиндра столь же осторожно заполните горячей водой, которая предохранит насыщенный раствор от преждевременной кристаллизации.

В сосуде три слоя: вода, пересыщенный раствор ацетата натрия, пересыщенный раствор гипосульфита. Накройте цилиндр стеклом, дайте остыть до комнатной температуры, а после этого можно приступать к опыту. К концу стеклянной палочки прикрепите кусочком воска маленький, незаметный кристаллик гипосульфита (воск слегка расплавьте, нагрев его над пламенем). На глазах у зрителей быстро опустите палочку в нижний слой. Концентрация соли столь высока, что тотчас вокруг кристаллика нагромоздится множество новых кристаллов, образуя подобие цветка. А в среднем слое "чужое" вещество вокруг кристалла гипосульфита кристаллизироваться не будет.

Другую, точно такую же палочку с воском, но уже с маленьким кристаллом ацетата натрия (зрители не должны заметить разницы) опустите в средний слой - здесь тоже вырастет цветок, но совсем другой! Цилиндр, если обращаться с ним осторожно, удастся использовать несколько раз.

**Другой опыт**, напоминающий фокус, - с одним только *ацетатом натрия*. Растворите 100-150 г соли в горячей воде (лучше в эмалированной посуде) и медленно выпаривайте, стараясь точно уловить момент, когда надо прекратить выпаривание: дуйте время от времени па поверхность горячего раствора, и как только станет появляться пленка, напоминающая жировую, это значит, что концентрация соли та, что требуется для образования кристаллогидрата состава  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Перелейте жидкость в чистый тонкий стакан, закройте его и поставьте остывать. В остывшую жидкость достаточно внести ничтожное количество затравки - ацетата натрия, чтобы она мгновенно закристаллизовалась и превратилась в твердую массу, напоминающую лед. Если вы немного недодержали жидкость на огне и воды в ней многовато, то над застывшей массой будет немного воды, которую надо слить. Если же воды не хватает, то на поверхности окажется налет соли. Снимать его нет смысла, проще добавить немного воды.

Расплавляя кристаллогидрат на водяной бане и охлаждая его, опыт можно проделывать множество раз, в том числе и на глазах изумленной публики, - а кто не изумится, увидев, как "вода" на глазах застывает без охлаждения?

Напротив, стакан даже разогревается - это выделяется теплота кристаллизации. Стакан можно перевернуть, и из него не выльется ни единой капли.

Показывая опыт как фокус, постарайтесь стряхнуть крупинку соли незаметно - скажем, с кончика "волшебной палочки". И **обязательно плотно закрывайте стакан между опытами, иначе даже случайная пылинка сможет вызвать незапланированную кристаллизацию.**

Реагент для этого опыта - *ацетат натрия* - можно получить из *уксусной кислоты* и *соды*. Если вы будете готовить его самостоятельно, то уксусную кислоту разбавьте водой примерно втрое и всыпайте в нее соду небольшими порциями, постепенно, дождавшись, когда прекратится вспенивание от предыдущей порции соды. Без этого реакция пойдет так бурно, что жидкость может выбросить из сосуда. И еще необычные кристаллы - металлические. Будем выращивать кристаллы меди.

Мелкие медные кристаллы вы уже получали, когда опускали гвоздь в раствор медного купороса. Они настолько малы, что пленка меди на поверхности кажется почти сплошной. А чтобы приготовить крупные кристаллы, надо как-то замедлить реакцию, чтобы выделяющаяся в реакции медь успевала осесть на кристаллы и достраивала их. Медленное охлаждение - возможный способ, но в том случае, когда не идет химическая реакция...

Тормозом для реакции будет служить *поваренная соль*.

Положите на дно сосуда (например, стеклянной банки) немного кристаллов *медного купороса* и засыпьте их поваренной солью, по возможности мелкой. Прикройте их кругом, вырезанным из промокательной или фильтровальной бумаги; этот круг должен касаться стенок сосуда. Сверху, прямо на бумагу, положите железный кружок несколько меньшего диаметра. Заранее протрите его наждачной бумагой и промойте.

Налейте в банку **насыщенный раствор** поваренной соли, чтобы он полностью закрыл железный кружок. Дальше все пойдет без вашего участия.

Сколько времени придется ждать, точно сказать нельзя - многое зависит от условий опыта. Во всяком случае, не час и не два, а несколько дней.

Итак, спустя несколько дней вы обнаружите в сосуде красивые красные кристаллы меди. Меняя размеры сосуда, размеры кристалликов медного купороса, толщину слоя поваренной соли и температуру опыта, можно получить медные кристаллы разнообразной формы, порой на редкость необычной. А иногда вырастают дендриты - незавершенные в развитии кристаллы, похожие на ветви деревьев.

Если оставить медные кристаллы в том же сосуде, в котором они были получены, то долго они не сохранятся. Извлеките их, промойте водой, перенесите в пробирку с разбавленной серной кислотой и закройте пробкой. Вот теперь с кристаллами ничего не случится.

## КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ УЗОРЫ

Есть такие вещества, которые называют **изоморфными**: они кристаллизуются одинаково, несмотря на разный состав. Кристаллы одного такого вещества способны расти в насыщенном растворе другого: получается как бы "кристалл в кристалле". Если его разрезать, то на срезе окажется геометрический узор.

Самые доступные среди изоморфных веществ - **квасцы**, кристаллогидраты двойных сульфатов с общей формулой  $M'M''(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ . Воспользуемся тремя их разновидностями: темно-фиолетовыми хромокалиевыми  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , зелеными железоаммонийными  $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  и бесцветными алюмокалиевыми  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ .

В эмалированную или стеклянную посуду налейте воду, насыпьте каких-либо квасцов (одного вида) и нагревайте, размешивая стеклянной или деревянной палочкой, но не до кипения. Когда соль растворится, добавьте еще порцию тех же квасцов и снова нагревайте. Когда раствор станет насыщенным, быстро профильтруйте его через ватный тампон, помещенный в стеклянную или

эмалированную воронку, ополоснутую крутым кипятком. Если воронка будет холодной, может начаться преждевременная кристаллизация и кристаллы закупорят воронку.

Банку с раствором квасцов прикройте и **оставьте медленно остывать**. На дно выпадут небольшие кристаллы. Если они будут срастаться, нагрейте раствор, добавив немного воды, и вновь охладите. Кристаллы извлеките, обсушите, переложите в пробирку и закройте ее пробкой. Так же приготовьте кристаллу других квасцов. Насыщенные растворы сохраняйте!

Чтобы не перепутать их, наклейте на банки этикетки.

Отберите по одному кристаллику каждого вида, обвяжите тоненькими нитями (например, от капронового чулка) и опустите каждый в "свой" раствор. Банки держите подальше от сквозняков; накройте их бумажными крышками.

Примерно за неделю кристаллы заметно вырастут. Поменяйте их местами. Если с самого начала подвесить в каждой банке по два кристалла, то будет еще больше чередований цветов. Чтобы не запутаться, к концам нитей прикрепите ярлычки и записывайте в лабораторном журнале, сколько времени и в каком растворе находятся кристаллы.

**Правильный кристалл квасцов имеет форму октаэдра**, но нам и не нужен идеальный кристалл. Напротив, чем причудливее форма, тем интереснее рисунок на срезе. Одновременно вы можете выращивать кристаллические сростки - друзы, взяв для затравки уже сросшиеся кристаллики. Если они начали ветвиться во время роста, не исправляйте их; более того, вы сами можете управлять ростом граней. Смажьте грань вазелином, и она перестанет расти, смойте вазелин ацетоном - и грань будет расти снова.

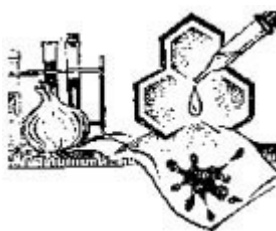
Готовый кристалл разрежьте мокрой суровой ниткой; эта работа требует аккуратности и терпения. Поверхность среза подровняйте наждачной бумагой и отполируйте на влажной ватманской бумаге круговыми движениями. В зависимости от того, как выбрана плоскость разреза, сколько в кристалле слоев и какова их толщина, получатся самые разнообразные геометрические узоры. У друзы вариантов еще больше. Разрезанный кристалл с узором тотчас покройте бесцветным лаком (годятся лак для ногтей), иначе он потускнеет и рассыплется в порошок.

Намного проще в изготовлении узор из кристаллов *нашатыря* - *хлорида аммония*. Правда, он бесцветен, зато рисунком так напоминает... Впрочем, не будем забегать вперед.

Всыпая *хлорид аммония* в теплую воду и тщательно перемешивая, приготовьте насыщенный раствор. Возьмите стеклянную пластинку или зеркальце, вымойте поверхность, кисточкой нанесите на нее приготовленный раствор. Пусть пластинка с раствором медленно охлаждается на воздухе, а чтобы на нее не попадала пыль, можно спрятать ее в шкаф. Спустя несколько часов вода испарится и на стекле образуется узор. Не надо даже всматриваться, чтобы понять, что же он напоминает: морозный узор на зимнем окне.

Такой опыт, конечно, лучше всего ставить под Новый год. Тепло искусственному морозному узору не грозит, но от воды его надо держать подальше...

## СВОИМИ ГЛАЗАМИ



В школе вы изучаете химическую теорию, а на лабораторных занятиях убеждаетесь в том, что теория верна. Но все ли теоретические положения можно проверить на уроках? Вряд ли, времени не хватит, а многое слишком сложно для проверки. И все-таки некоторые явления, сложные по своей природе, можно наблюдать и на занятиях химического кружка, и даже в домашней лаборатории. Узнать о них не по книгам, а на опыте. Сейчас бурно развивается биохимия - и вы можете своими глазами увидеть **биохимические превращения**.

Вы слышали о солнечных элементах, которые преобразуют солнечную энергию в электрическую? Такие элементы можно изготовить самостоятельно - и они будут давать ток. Получить

искусственный шелк, разделить смесь веществ на хроматографической колонке, синтезировать полупроводниковый материал и проверить его свойства - все это посильные задачи для юного химика.

Конечно, множество явлений и процессов останутся у нас вне поля зрения - необъятного не объять. Однако будем надеяться, что то немногое, с чем вы встретитесь в этой главе, даст вам пищу для размышлений. Увидеть своими глазами - очень важно, разобраться в сути - еще важнее.

## ОПЫТЫ С ФЕРМЕНТАМИ: ОКСИДАЗЫ И ПЕРОКСИДАЗЫ

В клетках растений и животных непрерывно протекают сложные химические процессы. Они регулируются **белковыми веществами - ферментами**, которые (напомним еще раз) играют роль катализаторов химических реакций в клетках. Для изучения таких биохимических процессов нужны сложные приборы и множество реактивов. Однако некоторые биохимические явления можно наблюдать, как говорится, и невооруженным глазом.

Начнем с окислительных ферментов - **оксидаз** и **пероксидаз**. Они присутствуют во многих живых тканях, потому что окисление лежит в основе процессов дыхания. Но действуют эти ферменты по-разному: оксидазы окисляют органические вещества кислородом воздуха, пероксидазы для той же цели "добывают" кислород из пероксидов. Конечно, вещества медленно окисляются и без помощи ферментов, но ферменты ускоряют реакцию во много тысяч раз.

При окислении некоторых веществ, например, *фенола* и *гидрохинона*, образуются окрашенные продукты реакции. **Появление окраски говорит о том, что фермент сработал**. А интенсивность окраски позволяет судить о количестве продуктов окисления. Если же окраска вообще не появляется, значит, фермент неактивен. Это может случиться в слишком кислой или слишком щелочной среде, или если отсутствуют поставщики кислорода, или в присутствии вредных для ферментов веществ - так называемых ингибиторов ферментов.

После этого небольшого вступления - сами опыты. Вам понадобятся: капустная кочерыжка, яблоко, клубень картофеля с ростками, луковица с корешками, проросшая в темноте. Реактивами будут служить холодная кипяченая, а еще лучше *дистиллированная вода*, *гидрохинон* (из магазина фототоваров) и аптечная *перекись водорода*. Запаситесь также теркой для овощей, водяной баней, пробирками или флакончиками из-под пенициллина, чистыми пипетками и марлей либо белой тканью.

**Начнем исследования** с капустного сока. Кусочек капустной кочерыжки, примерно 20 г, измельчите на терке, полученную кашицу отожмите через два слоя марли или один слой ткани, сок соберите в стакан и разбавьте водой в десять раз. Сразу же предупреждаем: при исследовании других растительных объектов **сок нужно разбавлять не более чем в два-три раза**.

Шесть чистых сухих пробирок или флакончиков пронумеруйте. В пробирки № 1, 2, 3 и 4 налейте по 1 мл разбавленного капустного сока. Пробирки 1 и 2 поставьте для разрушения (**инактивации**) ферментов минут на пять в кипящую водяную баню, а затем охладите до комнатной температуры. В пробирки 5 и 6 вместо сока налейте по 1 мл воды.

Во все шесть пробирок добавьте немного, на кончике ножа, *гидрохинона*. Затем в пробирки 1, 3 и 5 налейте по пять капель воды, а в пробирки 2, 4 и 6 - по пять капель *пероксида водорода*. Содержимое каждой пробирки тщательно перемешайте.

Через десять-пятнадцать минут можно уже наблюдать результаты опыта. Настоятельно советуем записать их **в виде таблицы**. Внесите в таблицу номера пробирок и состав смеси в каждой из них, в графе против каждой смеси пометьте, изменилась ли окраска в ходе опыта, а если изменилась, то как именно. В следующей графе сделайте вывод - произошло ли окисление.

Когда вся таблица будет заполнена, попытайтесь **проанализировать** полученные результаты. Для этого подумайте над такими вопросами. Может ли *пероксид водорода* окислить *гидрохинон* в отсутствие капустного сока?

Окисляется ли *гидрохинон* под действием сока капусты без *пероксида водорода*?

Сохраняется ли активность ферментов в соке после кипячения?

Какие **окислительные ферменты** содержатся в капустном соке - **оксидазы** или **пероксидазы**?

Однако на основании опыта с растениями одного вида рано еще делать окончательные выводы. Поэтому поставьте такие же опыты с клубнем картофеля и его ростками, с мякотью яблок, с мясистыми чешуями луковицы, а также с ее донцем и листьями ("перьями"). Напоминаем: в этих случаях полученный сок надо разбавлять водой в 2-3 раза.

Когда все опыты проделаны, можно определить, **в каком из исследованных материалов окислительные ферменты активнее**. Как вы считаете, могут ли одновременно присутствовать в растительных тканях **оксидазы** и **пероксидазы**?

Попытайтесь сделать выводы сами, не заглядывая в объяснение. А когда выводы сделаны, проверьте, насколько они правильны.

**Вывод первый.** *Пероксид водорода* может постепенно окислять гидрохинон и без сока: в пробирках 5 и 6 медленно появляется розовая окраска. Значит, **фермент необязателен для реакции**. Как и все катализаторы, ферменты лишь ускоряют начавшуюся реакцию во много раз. Вы заметили, конечно, как быстро появилась окраска в пробирке 4. Однако пероксидазы не могут ускорить реакцию *гидрохинона* с кислородом воздуха (окраска в пробирке 3 отсутствует или появляется очень медленно).

**Вывод второй.** Фермент можно вывести из строя даже кратковременным кипячением. В пробирке 2 окраски практически нет. Ведь **ферменты - это белки**; они свертываются при нагревании - в пробирках 1 и 2 появились белковые хлопья.

**Вывод третий.** В пробирке 3 окраска не появилась. Значит, в капустном соке содержатся **только пероксидазы**, ускоряющие окисление *гидрохинона* лишь в присутствии *пероксида водорода*. Однако в опытах с картофельными клубнями и яблоком окраска появляется, и особенно быстро при встряхивании флакона, когда раствор обогащается кислородом воздуха.

Значит, в картофеле и яблоке есть **оксидазы** (конкретнее - **фенолоксидаза**), способствующие окислению гидрохинона кислородом. Поэтому и темнеют на воздухе разрезанные клубни картофеля и яблоки - они содержат вещества, родственные *гидрохинону*. Оксидаза также теряет активность при нагревании. Вспомните, темнеет ли вареный картофель? Наконец, четвертый вывод. В картофеле и яблоке есть также оксидазы - при добавлении пероксида в пробирку 4 окраска появляется скорее. А в мясистых чешуях лука **оксидазы** нет. Они не темнеют на воздухе даже с *гидрохиноном*.

Кстати, вы обратили внимание на то, что окислительные ферменты особенно активны в готовящихся к росту или растущих органах растений - в донце луковицы и ее корешках, в ростках клубней картофеля? Обмен веществ идет там наиболее интенсивно.

Итак, мы выяснили, что не всякие условия среды благоприятны для действия ферментов. Если **сильный нагрев инактивирует ферменты**, то, может быть, они более активны при низкой температуре? Проверим и это. Для опыта нужны будут дополнительно четыре стеклянные или металлические банки емкостью около одного литра и лед или снег (примерно 1 кг). Опыт поставим с капустной кочерыжкой.

Натрите кочерыжку на терке, сок, как и прежде, отожмите через марлю или ткань и разбавьте водой в двадцать раз. Пронумеруйте вновь пробирки, если старая нумерация почему-либо стерлась, и налейте в пробирки 1, 2, 3 и 4 по 1 мл разбавленного капустного сока, а затем добавьте гидрохинон на кончике ножа. В пробирки 5 и 6 вместо сока налейте по 1 мл воды и тоже насыпьте *гидрохинон*. А затем расставьте пробирки следующим образом: 1 - в банку со снегом или льдом; 2 - в банку с теплой водой (40 °C); 3 - в банку с горячей водой (60 °C); 4 - оставьте на столе при комнатной температуре; 5 - в банку с кипящей водой; 6 - оставьте при комнатной температуре.

Через 5 мин после начала опыта во все пробирки, начиная с более холодных, влейте по пять капель пероксида водорода. Смесь осторожно взболтайте и заметьте время начала реакции. Еще через 5 мин выньте пробирки из банок и запишите результаты опыта в виде таблицы, примерно

такой же, как и в прошлый раз. Когда таблица заполнена, можно заняться анализом полученных данных.

Попробуйте сделать выводы самостоятельно, ответив сначала на следующие **вопросы**.

Ускоряется ли реакция окисления **при повышении температуры** без добавления фермента?

Можно ли сказать, что ферменты лучше действуют **при охлаждении**?

Какая **температура** наиболее благоприятна для действия пероксидазы?

Почему пищевые продукты дольше сохраняются в холодильнике?

Для чего кипятят молоко?

Почему теплокровные животные - млекопитающие и птицы - наиболее жизнеспособные животные на Земле?

Вы ответили на все эти вопросы? Тогда - наши **пояснения**.

Вы, вероятно, заметили, что скорость окисления гидрохинона пероксидом водорода **неодинакова при низкой и высокой температурах**. При высокой температуре скорость окисления, естественно, выше. **Пероксидазы** облегчают взаимодействие *гидрохинона с пероксидом*. В присутствии фермента реакция проходит даже при низкой температуре, однако чем выше температура, тем легче ферменту активировать молекулы реагирующих веществ.

Но нельзя забывать, что **белки при высокой температуре свертываются**, скорость реакции снижается. Существует понятие оптимальной температуры действия ферментов, при которой они проявляют наибольшую активность. Для разных ферментов эта температура неодинакова, но многие ферменты, в том числе и пероксидазы, имеют температурный оптимум 40-50 °С.

Пищевые продукты портятся под действием ферментов, которые содержатся в них или выделяются микроорганизмами. На холоде активность ферментов снижается - вот почему в холодильнике продукты портятся меньше. На верхнюю ступень эволюции поднялись теплокровные животные, которые могут поддерживать температуру тела, оптимальную для деятельности ферментов.

## **ОПЫТЫ С ФЕРМЕНТАМИ: ДЕГИДРОГЕНАЗЫ**

До сих пор вы ставили опыты с растительными тканями. Попробуем поэкспериментировать с ферментами из тканей животных. Объект нового исследования - **дегидрогеназы**, которые участвуют в процессах тканевого дыхания у животных. Из названия этих ферментов видно, что они отнимают у веществ атомы водорода. Как это происходит, вы увидите чуть позже, а пока приготовьте все необходимое для опыта.

На этот раз вам понадобятся следующие вещества: 5 мл 0,5%-ного водного раствора *формальдегида* (аптечный *формалин* разбавить водой в десять раз); столько же 0,02%-ного водного раствора *метиленового синего* (можно использовать разбавленные синие чернила); столько же водного раствора *янтарной кислоты*, осторожно нейтрализованного *пищевой содой* до прекращения выделения пузырьков; 10 мл вазелинового или растительного масла. Еще нужен будет термометр и объекты исследования - свежее коровье молоко и мясо курицы или кролика.

Сначала посмотрим, как окисляет *формальдегид дегидрогеназа* свежего молока. Чтобы это стало заметно, и понадобился раствор красителя метиленового синего: дегидрогеназа отнимет у формальдегида атом водорода, перенесет его на легко восстанавливающийся краситель, и он обесцветится. А формальдегид окислится при этом до муравьиной кислоты. Обесцвеченный после

восстановления краситель легко окисляется кислородом воздуха и вновь синее. Поэтому реакционную смесь придется изолировать от воздуха слоем масла.

Пронумеруйте шесть пробирок. В пробирки 1 и 2 налейте по 5 мл свежего некипяченого молока, а в пробирку 3 - такое же количество холодного кипяченого молока.

Воду в водяной бане нагрейте до 37 °С. Во все три пробирки добавьте по 0,5 мл (около 50 капель) раствора *формальдегида* и по 5 капель раствора *метиленового синего*. Смесь станет голубой. В каждый флакон налейте немного масла, чтобы образовался тонкий изолирующий слой на поверхности, и поставьте пробирки 1 и 3 на водяную баню. Пробирку 2 оставьте при комнатной температуре. Заметьте время начала реакции и наблюдайте за изменением окраски растворов. Результаты не забудьте записать в тетрадь. Как и раньше, зададим вам **наводящие вопросы**. При какой температуре раствор обесцвечивается быстрее?

**Сохраняет** ли фермент свою активность в кипяченом молоке?

Что произойдет, если продуть через обесцвеченный раствор воздух? Прежде чем проверить правильность своих выводов, поставьте еще один опыт с дегидрогеназой, а потом уже рассмотрим результаты обоих опытов. В мышцах животных содержится специфический фермент - **дегидрогеназа янтарной кислоты**. Она катализирует превращение янтарной кислоты в фумаровую с переносом отнятого водорода на подходящее вещество, например, на метиленовый синий. Эта реакция протекает без участия кислорода, как говорят, в анаэробных условиях.

Сырое мясо курицы или кролика (около 10 г) мелко нарежьте и разотрите на блюде. Кашицу промойте несколько раз водой на марле, чтобы удалить растворимые вещества. Промытую кашицу размешайте с тройным объемом воды, в которую добавлена *поваренная соль* - примерно треть чайной ложки. Разбавленную кашицу влейте в пробирки 4, 5 и 6 - по 5 мл в каждую. Пробирку 4 погрузите на пять минут в кипящую водяную баню и охладите до комнатной температуры. Затем в пробирки 4 и 5 добавьте по 0,5 мл раствора янтарной кислоты и по 10 капель раствора *метиленового синего*, а в пробирку 6 добавьте 0,5 мл воды и 10 капель красителя. В каждый флакон долейте чуть-чуть масла, чтобы изолировать смесь от воздуха. Проследив изменение окраски, попробуйте ответить на очередные вопросы. Восстанавливается ли краситель в присутствии прокипяченной кашицы из мяса?

Нужна ли для этой реакции *янтарная кислота*?

Сходно ли поведение ферментов из тканей при высокой температуре?

А теперь - пояснения. **Дегидрогеназы** в свежем молоке ускоряют реакцию окисления формальдегида (это замечено по обесцвечиванию метиленового синего). Восстановленному красителю можно вернуть синий цвет, окисляя его кислородом воздуха. Дегидрогеназа молока при низкой температуре "работает" медленно; после кипячения молока она вовсе теряет активность. Значит, у этого фермента тоже есть оптимальная температура реакции.

В опытах с кашицей из мышц **дегидрогеназа янтарной кислоты**, как и все ферменты, теряет активность после кипячения. В отсутствие янтарной кислоты реакция также не идет (если вы хорошо промыли кашицу водой и удалили таким образом содержащуюся в ней янтарную кислоту). Фермент довольно быстро окисляет янтарную кислоту до фумаровой, перенося атомы водорода на краситель.

И еще один опыт с этим же ферментом, но с другим объектом - с микроорганизмами. До сих пор вы имели дело с животными и растительными тканями. Однако микроорганизмы, пожалуй, еще лучше вооружены ферментами: ведь у них нет других средств борьбы за существование, кроме биохимических. С одним из микроорганизмов, а точнее - грибов, мы и поставим опыт. Речь идет об обычных пекарских дрожжах. Среди множества активных ферментов, которые вырабатываются дрожжами, есть и знакомая нам дегидрогеназа.

Кусочек прессованных дрожжей разотрите на блюде с двумя чайными ложками кипяченой воды. Растирать лучше пластмассовой или алюминиевой ложкой. Когда смесь станет однородной, внесите ее чистой пипеткой в две пробирки. Их надо предварительно вымыть с мылом ватным

тампоном на палочке, промыть водой и высушить. Другой пипеткой добавьте в обе пробирки немного масла.

Пробирку 1 поставьте на пять минут в кастрюлю с кипящей водой и охладите до комнатной температуры. В обе пробирки добавьте по щепотке сахарного песка и осторожно взболтайте, чтобы сахар растворился. Третьей пипеткой введите в обе пробирки по 10-15 капель раствора красителя. Наблюдайте за окраской раствора.

Опыт можно несколько усложнить, для этого понадобится больше пробирок. Попробуйте изменять температуру раствора, брать разные количества дрожжей и сахарного песка. А выводы предоставляем вам сделать самостоятельно, без всяких наводящих вопросов. Теперь, когда вы накопили достаточный опыт, вам это вполне под силу.