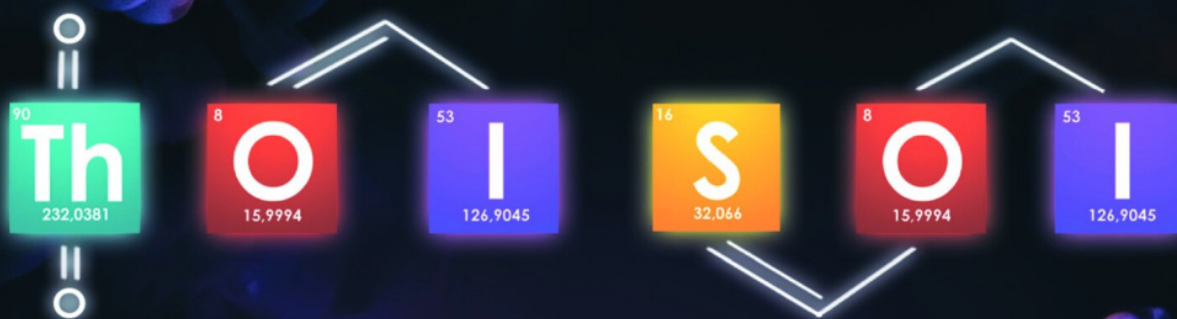


Максим Биловицкий

YouTube-канал свыше 1,4 млн подписчиков

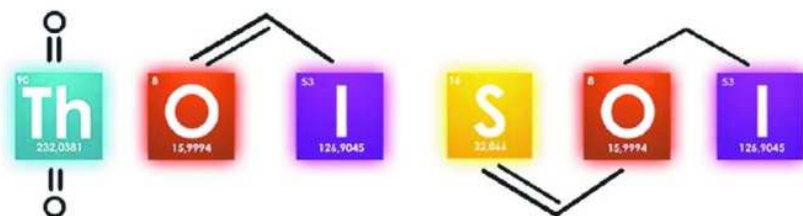


ХИМИЯ

В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ

ГАЗЫ И РАСТВОРЫ





МАКСИМ БИЛОВИЦКИЙ

ХИМИЯ

В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ

ГАЗЫ И РАСТВОРЫ



Издательство АСТ
Москва

УДК 542
ББК 24.1
Б61

Фотографии предоставлены автором

Биловицкий, Максим.

Б61 ThoiSoi. Химия в опытах и экспериментах: газы и растворы / Биловицкий Максим. — Москва : Издательство «АСТ», 2021. — 192 с. — (Звезда YouTube).

ISBN 978-5-17-134961-5

Химия – удивительная наука превращений и преобразований элементов! Сложная, красивая, многогранная и ужасно интересная! Но главное – открывающая новые горизонты возможного, позволяющая фантазировать и удивлять.

Как вы думаете, возможен ли эффект левитации в реальном мире или это все выдумки фантастов и сказочников?

Можно ли получить шелк искусственным путем из карбоната меди?

Реально ли создать в цилиндре молнию из доступных химикатов?

Как получить кристалл и придать ему любую форму?

Возможно ли зажечь воду или получить из нее химическую вспышку?

Благодаря рекомендациям автора вы познакомитесь со свойствами некоторых газов и их соединений, увидите реакции, проявляющие уникальные свойства выращенных кристаллов, сможете сделать простые, но зрелищные опыты, создать светящиеся растворы и даже химическую радугу!

Фотографии, химические формулы, подробное описание каждого этапа опыта и дополнительные интересные факты о применении свойств элементов в реальной жизни – все это позволит взглянуть на химию и ее превращения совсем другими глазами! И попробовать самостоятельно совершить волшебные махинации, открывающие новые границы нашего сознания и знания о мире!

УДК 542
ББК 24.1

ISBN 978-5-17-134961-5

© Биловицкий М., текст
© ООО «Издательство АСТ»

СОДЕРЖАНИЕ

От автора **5**

Где достать химикаты **6**

Методы очистки в органической химии **18**

Безопасные опыты **27**

Очистка серебра в домашних условиях **31**

Сверхпроводник **33**

Химические часы **36**

РАСТВОРЫ/СВЕЧЕНИЕ

Жидкий свет **39**

Люминол **43**

Флуоресценция **46**

Золотой дождь **52**

Химическая радуга **54**

Искусственный шелк **58**

КРИСТАЛЛЫ

Кристаллы и их свойства **62**

Кристаллы льда в мороженом **67**

Кристалл из медного купороса **81**

Кристаллы квасцов **85**

СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ

Горячий лед **89**

Сухой лед **92**

Египетская ночь **96**

Нитроцеллюлоза **100**

Сатурново дерево **103**

Нитинол **105**

Стальная вата **108**

Цианотипия **110**

Извержение в стакане **113**



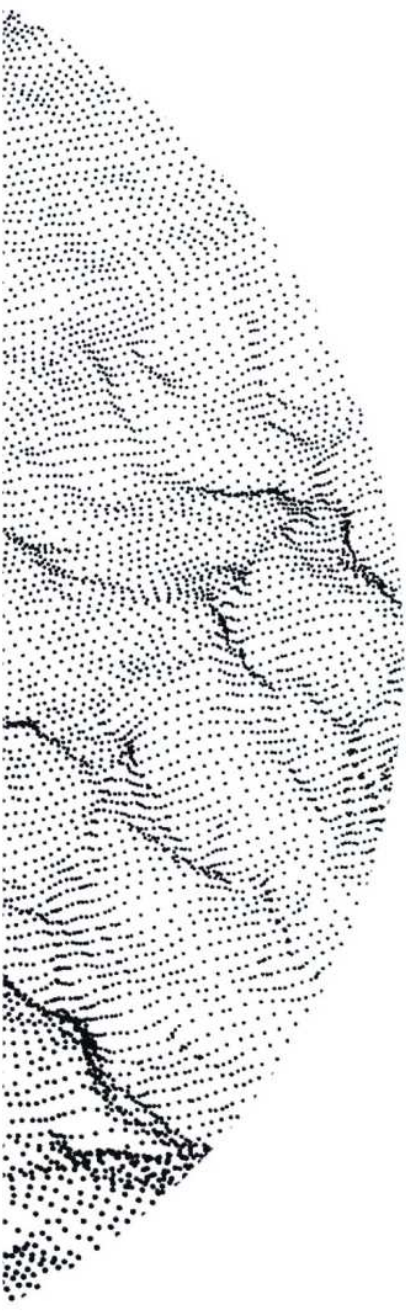
ВЫДЕЛЕНИЕ ГАЗА

- Горючий гель **116**
- Диоксид азота **118**
- Молния в цилиндре **120**
- Получаем оксид железа **126**
- Дым без огня **131**

ОКИСЛЕНИЕ

- Вулкан в колбе **133**
- БигМак в хлорате калия **135**
- Огненная радуга **137**
- Оксид хрома III **139**
- Термит и термитная смесь **141**
- Подводный фейерверк **143**
- Ацетоновый фонарик **146**
- Святой огонь **148**
- Серная кислота и ее особенности **152**

ГАЗЫ И ГОРЕНИЕ

- Неон **155**
 - Радон **158**
 - Жидкий азот **162**
 - Взрыв водорода **171**
 - Облако в бутылке **174**
 - Парафин **176**
 - Как сгорает древесина **178**
 - Химическая вспышка от капли воды **182**
 - Огненная вода **184**
 - Огонь без спичек **186**
- 

ОТ АВТОРА

Приветствую тебя, юный химик, или просто человек, которому не безразлична такая наука как химия. С того момента, как во мне проснулся интерес к химии (а это было еще в далеком 2007 году), я не переставал отдавать время не только сухой теории, но и самому интересному — практике.

Стоит выразить благодарность моей первой учительнице по химии Людмиле Владимировне за то, что пробудила у меня интерес к этой науке. Конечно, все начиналось весьма банально с простейших домашних опытов вроде самовоспламенения смеси марганцовки и глицерина, но тогда это казалось для меня чем-то невероятным. Со временем опыты становились все более сложными, и в один момент мне захотелось поделиться и показать другим людям то, что я видел своими глазами. Так появился мой видео канал на YouTube — ThoiSoi.

Многим нравилось то, чем я занимаюсь, а положительные отзывы мотивировали меня продолжать увлечение и совершенствовать свои умения. Более чем за 10 лет у меня накопилось столько материала и фотографий, что я решил сделать из них эту книгу, которая наполнена наиболее интересным и увлекательным опытом по химии, собранных мною в течение многих лет своего увлечения этой наукой. Каждый опыт сопровождается фотографиями, сделанными лично мною, чтобы читатель смог увидеть самые интересные химические реакции во всей красе.

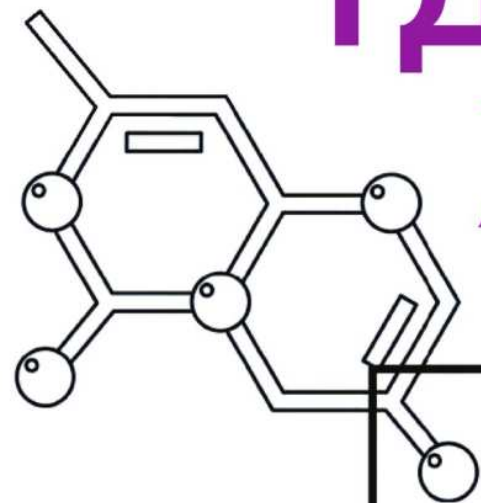
Также в начале каждого опыта есть ссылка (QR-код) на мое видео, если какой-то момент из эксперимента вы захотите увидеть в полной мере. Некоторые опыты опасны, другие же вы можете повторить самостоятельно.

Надеюсь, что информация, приведенная в этой книге окажется для вас полезной и интересной. Кто знает, может быть знания, приобретенные после прочтения этого текста, помогут кому-то сдать экзамен по химии или удивить учителей своими познаниями. Для каждой аудитории здесь найдется что-то новое и познавательное.

Желаю приятного чтения!



ГДЕ ДОСТАТЬ ХИМИКАТЫ



МЕТАЛЛЫ и их соединения

КИСЛОТЫ

ОСНОВАНИЯ

СОЛИ

НИТРАТЫ

ХЛОРИДЫ

ЙОДИДЫ

СУЛЬФАТЫ

КАРБОНАТЫ

АЦЕТАТЫ

СИЛИКАТЫ

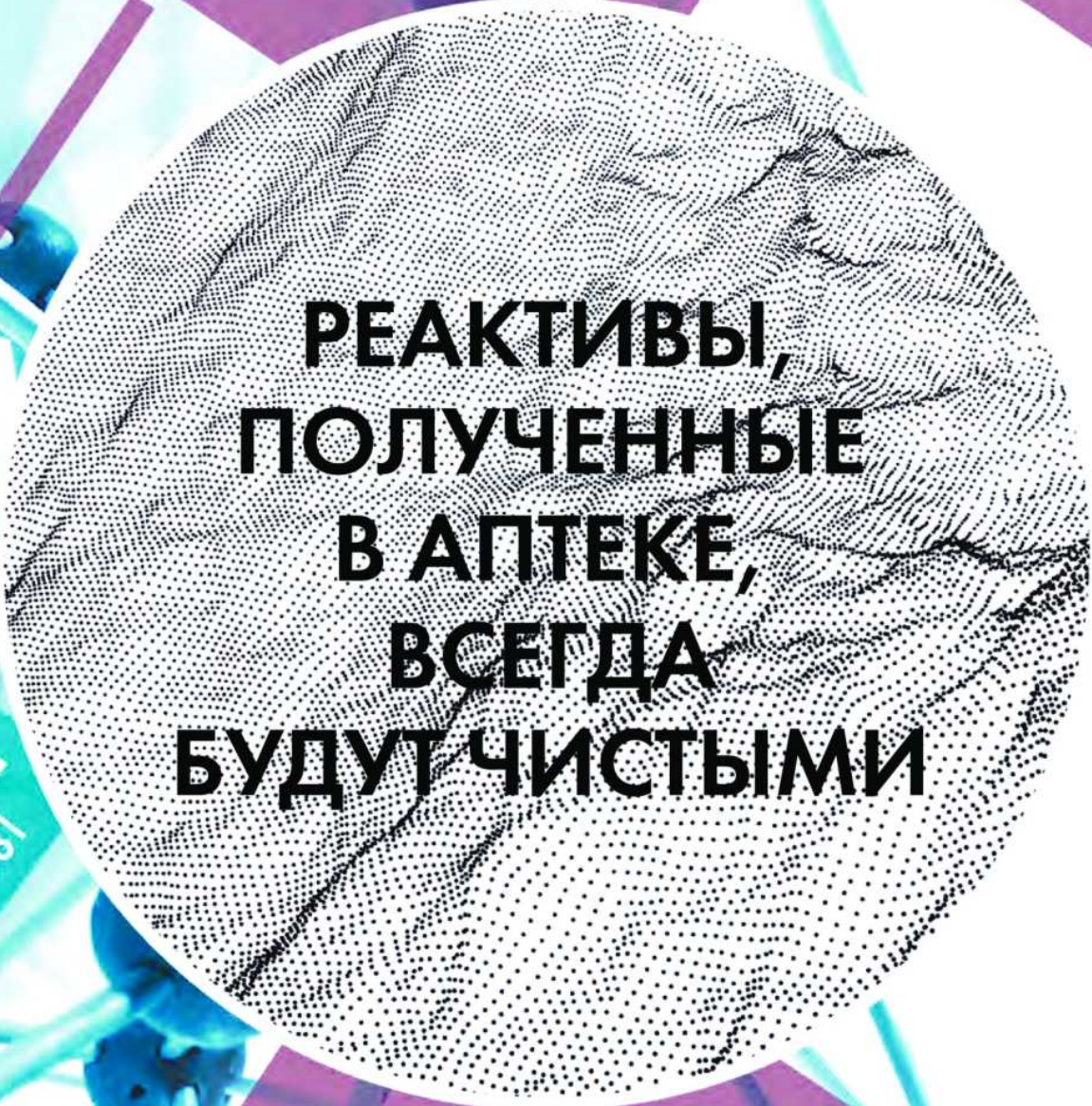
РАЗНОЕ, но важное

ГДЕ ДОСТАТЬ МЕТАЛЛЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Алюминий Al — алюминиевая проволока, провода с ЛЭП.

Алюминиевая пудра — серебрянка, иногда продается в хозяйственных магазинах.

Литий Li — встречается в пальчиковых батарейках ENERGIZER Lithium.



**РЕАКТИВЫ,
ПОЛУЧЕННЫЕ
В АПТЕКЕ,
ВСЕГДА
БУДУТ ЧИСТЫМИ**

ib
232,0381



Натрий Na — в выпускных клапанах двигателей внутреннего сгорания ЗИЛ.

Цинк Zn — в некоторых батарейках типа А или АА (цинковый стакан). С цинком из батареек следует быть поосторожнее, так как в него добавляют свинец и сурьму.

Медь Cu — медная проволока. Бывает, продается в виде бронзовой пудры там же, где и алюминиевая.

Никель Ni — встречается в некоторых батарейках (никелевый стакан).

Свинец Pb — продается в рыболовном магазине как грузило или как пули для пневматического оружия (не шарики!) (Внимание — содержат примеси!).

Олово Sn — продается в радиотоварах (припой), но это сплав.

Магний Mg — в магазине под кодовым названием «магниевые аноды на бойлер». Также картеры автомобилей ЗАЗ изготовлены из этого металла, а точнее — из сплава.

Серебро Ag — в виде серебряного лома (ложки, кольца и т.п.). Почти во всех случаях — это сплав, для получения чистого серебра необходимо производить очистку.

ГДЕ ДОСТАТЬ КИСЛОТЫ

Серная кислота H_2SO_4 — продается в автомагазинах как кислотный электролит для аккумуляторов (25–30% раствор).

Ортофосфорная кислота H_3PO_4 — продается как преобразователь ржавчины или флюс для пайки (читайте состав!).

Уксусная кислота CH_3COOH — обычная уксусная эссенция (70%), продается в любом продуктовом магазине.

Кремниевая кислота H_2SiO_3 — легко изготовить самому: к силикату натрия или калия (канцелярский клей) приливается любая кислота, а затем выпадает осадок нерастворимой в воде кремниевой кислоты.

Борная кислота H_3BO_3 — продается в аптеке.

Лимонная кислота $(HOOCCH_2)_2C(OH)COOH$ — продается в продовольственных магазинах.

Соляная кислота HCl — можно достать на рынке, но маловероятно.



ГДЕ ДОСТАТЬ ОСНОВАНИЯ

Гидроксид натрия NaOH — продается в отделе бытовой химии как чистящее средство «Крот». (Избегать долгого контакта с воздухом, так как гидроксид натрия на воздухе превращается в карбонат! Вдобавок набухает и расплывается.)

Гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ — легко получить самому: к раствору сульфата алюминия приливается раствор гидроксида натрия (избегать избытка гидроксида натрия, так как гидроксид алюминия — амфотерное основание и в избытке щелочи растворяется, образуется тетрагидроксоалюминат натрия ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$). По этой же причине алюминий растворяется в едких щелочах с образованием все тех же тетрагидроксоалюминатов.

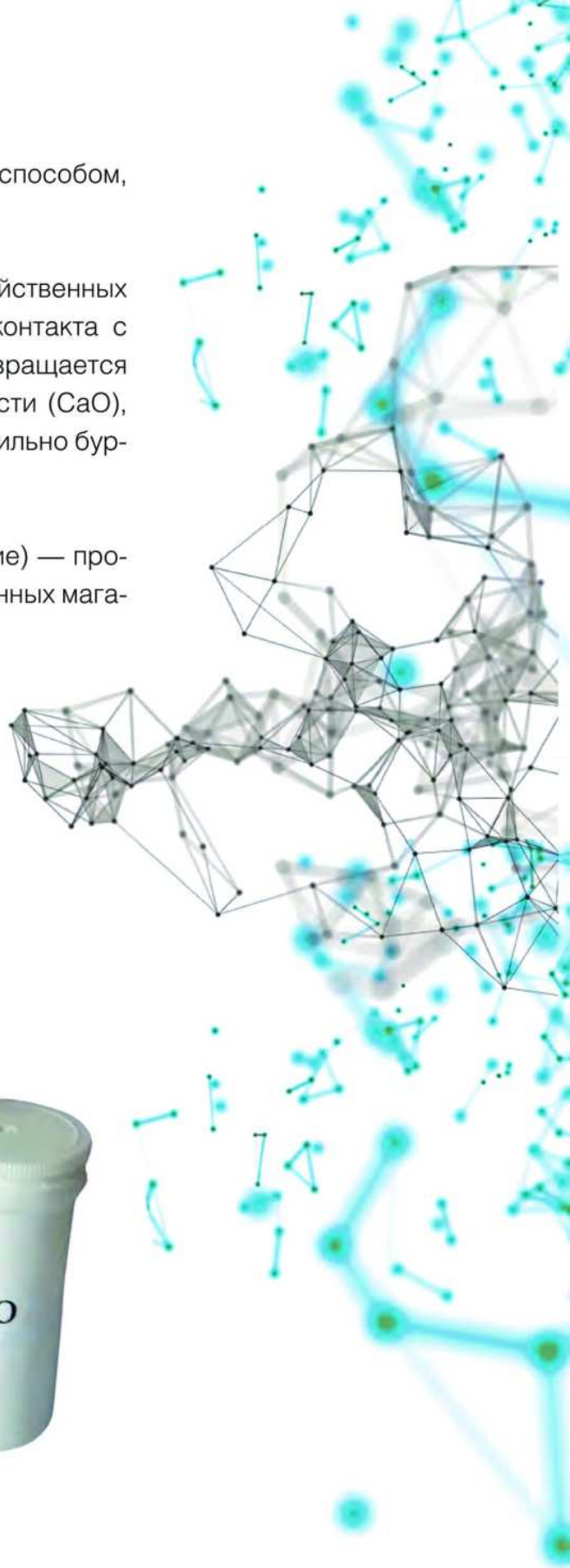
Гидроксид цинка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ — получается таким же способом, только берется раствор сульфата цинка (гидроксид цинка — тоже амфотерное основание).



Гидроксид меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ — получается таким же способом, только берется раствор сульфата меди.

Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — продается в хозяйственных магазинах как гашеная известь. (Избегать долгого контакта с воздухом, так как гидроксид кальция на воздухе превращается в карбонат!). Его можно получить из негашеной извести (CaO), заливая ее кипятком и перемешивая. Смесь начинает сильно бурлить и кипеть.

Раствор аммиака в воде NH_4OH (слабое основание) — продается в аптеке как нашатырный спирт или в хозяйственных мага-





зинах как 25%-ный раствор (теперь его достаточно сложно найти — остался 10%-ный в стеклянных бутылках).

РАЗНОЕ, НО ВАЖНОЕ

Пероксид (перекись) водорода H_2O_2 — продается в аптеке в виде раствора и таблеток гидроперита — соединения мочевины с крепкой перекисью.

Оксид кальция CaO — негашеная известь, может продаваться в хозяйственных магазинах.

Ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ — продается в хозяйственном магазине как растворитель. (Прочитать состав!)

Керосин — продается в хозяйственном магазине, применяется как растворитель.

Сера S — продается в хозяйственном магазине как средство для окуливания теплиц, подвалов и т.п. (комковая сера) Загрязнена всевозможными примесями, как коллоидная сера для приготовления суспензии против цветочных клещей. Можно брать производителя «Грин Бэлт» в пакетиках по 30 г — она дороже комковой серы, но значительно чище.

Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ — продается в хозяйственном магазине как растворитель 646. Ему необходима перегонка, так как это многокомпонентный растворитель с содержанием толуола около 50%.

ГДЕ ДОСТАТЬ СОЛИ

Перманганат калия KMnO_4 (именуемый в быту марганцовкой) — продается в аптеке.

Гипохлорит натрия NaOCl — продается в промтоварах как чистящее средство под названием «Белизна» в виде раствора.

ГДЕ ДОСТАТЬ НИТРАТЫ

Все нитраты лучше хранить в плотно закрытой упаковке по причине их гигроскопичности (сырения). Из приведенных ниже только нитраты серебра, бария и калия почти не сыреют. Остальные — через неделю пребывания в сыром воздухе могут превратиться в раствор.

Некоторые нитраты можно найти в хозяйственных магазинах (там они продаются под названием селитры). Самое главное — аммиачная селитра. Из нее можно получить натриевую, нагревая раствор аммиачной селитры с содой (с пищевой или нет — без разницы).

Можно получить кальциевую, нагревая аммиачную селитру с гашеной известью.

Можно получить калийную, нагревая раствор аммиачной селитры с карбонатом калия или смешав сульфат калия с кальциевой селитрой. При всех реакциях с аммиачной селитрой, приведенных в этом разделе, выделяется много аммиака!

Нитрат аммония NH_4NO_3 — аммиачная селитра.

Нитрат калия KNO_3 — калиевая селитра.

Нитрат натрия NaNO_3 — натриевая селитра.

Нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — кальциевая селитра.

Нитрат бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Можно достать из бенгальских свечей — аккуратно отколоть намазку, измельчить ее, прилить воды, тщательно перемешать и отфильтровать — получим раствор нитрата бария.

Нитрат серебра AgNO_3 — раньше продавался в аптеках под названием ляпис, но сейчас его сняли с производства.





ГДЕ ДОСТАТЬ ХЛОРИДЫ

Хлорид натрия NaCl — это обычная поваренная соль, продается в любом продуктовом магазине.

Хлорид калия KCl — можно найти в хозяйственном магазине как удобрение, но там очень много примесей.

Хлорид аммония NH_4Cl — средство для пайки (флюс). Читайте состав! (в простонародье — нашатырь).

Хлорид кальция CaCl_2 — продается в аптеке (раствор в ампулах). Можно получить нагреванием смеси нашатыря с известью.

ГДЕ ДОСТАТЬ ЙОДИДЫ

Йодид калия KI — продается в аптеке как средство против йододефицита (почитайте аннотацию препарата, перед тем как купить, потому что может быть другой состав!).

ГДЕ ДОСТАТЬ СУЛЬФАТЫ

Сульфат калия K_2SO_4 — продается в хозяйственном магазине как удобрение (примесей тоже много).

Сульфат меди, или медный купорос CuSO_4 , — продается в хозяйственных магазинах.

Сульфат магния, или магнезия (горькая соль) MgSO_4 — продается в аптеке в качестве слабительного или в хозяйственных магазинах как удобрение.

Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — может продаваться в хозяйственных магазинах как удобрение, но его просто изготовить и самому: к

раствору аммиака (раствор аммиака берется в небольшом избытке) приливается раствор серной кислоты (смесь разогревается). Если емкость, где проходила реакция, постоит сутки на воздухе, то избыток аммиака улетучится — получается раствор сульфата аммония. Если требуется получить материал в твердом виде, то можно на крышку вылить получившийся раствор из аммиака и серной кислоты и сушить его около 2–3 суток (этот метод более деликатный, чем выпаривание).

Сульфат бария BaSO_4 — можно получить по реакции $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HNO}_3$. Раствор отфильтровывается, осадок на фильтре — это сульфат бария. Но иногда сульфат бария встречается в аптеках как барий сернокислый.

Сульфат кальция, или гипс CaSO_4 , — можно получить по реакции $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \text{CaSO}_4 + 2\text{HNO}_3$.

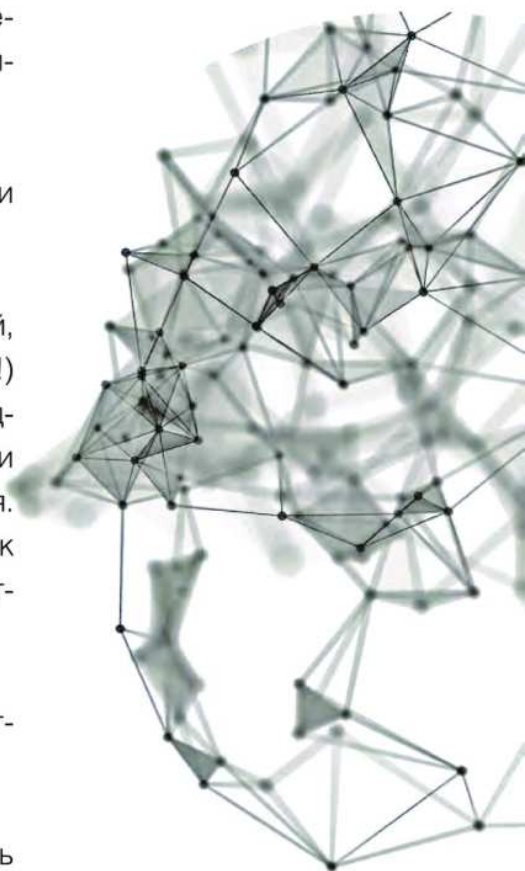
Раствор должен сутки постоять (желательно в холодном месте), чтобы реакция до конца прошла, и сульфат кальция выкристаллизовался из раствора практически полностью.

Сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — можно получить по реакции $3\text{CuSO}_4 + 2\text{Al} = 3\text{Cu} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

В воде растворяется медный купорос (не растворять в железной, алюминиевой, оцинкованной посуде, желательно в стеклянной!!!) (желательно близкий к насыщенному), в емкость с раствором медного купороса опускается алюминиевая проволока, на поверхности алюминия выделяется медь, а в раствор переходят ионы алюминия. Чтобы реакция завершилась до конца, нужно подождать 1–3 суток (в зависимости от объема емкости), пока раствор отфильтровывается, фильтрат — это раствор сульфата алюминия.

Сульфат железа (II) (железный купорос) FeSO_4 — продается в хозяйственных магазинах (зеленоватые кристаллы).

Сульфат железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ — в принципе можно получить так же, как указано выше, только берем железный гвоздь/канцелярскую скрепку (при этом емкость пачкается — покрывается



желтым налетом), или окислением железного купороса (сульфата железа (II)) перекисью водорода

Сульфат никеля NiSO_4 — получается так же, как указано выше, только берется никелевая пластинка.

Сульфат цинка ZnSO_4 — получается так же, как указано выше, только берется цинковая пластинка.

ГДЕ ДОСТАТЬ КАРБОНАТЫ

Гидрокарбонат натрия NaHCO_3 — обычная питьевая сода.

Карбонат натрия Na_2CO_3 — продается как стиральная сода, но его несложно приготовить и самостоятельно: необходимо около 20–30 мин прокалить гидрокарбонат натрия (осторожно!!! горячо!!!), затем происходит реакция: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Или немного покипятить, пока не перестанет пениться.

Карбонат кальция CaCO_3 — обычный мел (примеси тальк и др.) или мрамор.

ГДЕ ДОСТАТЬ АЦЕТАТЫ

Ацетат свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ — продается в аптеке как свинцовые примочки.

ГДЕ ДОСТАТЬ СИЛИКАТЫ

Силикат натрия Na_2SiO_3 , или **калия K_2SiO_3** (чаще всего силикат натрия) — жидкое стекло продается в магазине канцтоваров как канцелярский силикатный клей.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЫТОВ

- Опыты нужно проводить на подносе. Во время проведения опытов необходимо надевать резиновые перчатки и защитные очки.
- Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
- При попадании щелочи на кожу место попадания быстро промывают большим количеством воды, затем слабым (1%) раствором уксусной или борной кислоты, снова промывают водой.
- При ожоге глаз щелочью необходимо быстро промыть их большим количеством воды, затем обработать тампоном, смоченным раствором борной кислоты, и вновь промыть водой. Пострадавшего немедленно отправить к врачу!
- При попадании щелочи на ткань одежды ее промывают 5%-ным раствором уксусной кислоты, а затем большим количеством воды.
- При ожогах кислотой кожу быстро промывают большим количеством воды (струей из-под крана), затем насыщенным раствором гидрокарбоната натрия, после чего смазывают обожженное место водным раствором глицерина.
- При попадании кислоты в глаза необходимо немедленно промыть их как можно большим количеством воды, обработать тампоном, смоченным раствором гидрокарбоната натрия, и вновь промыть водой. Пострадавшего немедленно направить к врачу.
- Если кислота попала на ткань одежды, ее промывают раствором гидрокарбоната натрия, а затем водой.
- При работе с огнем не держите рядом легковоспламеняющиеся предметы. При поджигании свечи снимайте резиновые перчатки.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ



На фото студентка Таллинского технического университета
Грете Кяск проводит органический синтез

В органической химии в процессе синтеза чаще всего получается смесь нужного вещества и других компонентов. Нужное вещество всегда очищают тем или иным способом от примесей. Одним из наиболее частых методов очистки вещества является **дистилляция**. Дистилляция — это метод разделения жидких ве-

ществ, в котором используется разность температур кипения. Пары более легкокипящего вещества отделяются от основной смеси, после чего происходит их конденсация в холодильнике. Разделить можно только те жидкости, температура кипения которых отличается.

Иногда вещества образуют смесь, которую нельзя разделить, т.е. эти вещества кипят при одной и той же температуре, и состав паров не будет меняться. Такие смеси называют **азеотропными**. Например, смесь этилового спирта и воды при концентрации 95,8% нельзя дальше разделить при помощи дистилляции, потому что температуры кипения компонентов при такой концентрации одинаковы, т.е. пар всегда будет состоять из 95,8% спирта и 4,2% воды. Посмотрите на диаграмму, в которой показаны фазовые состояния азеотропной смеси:

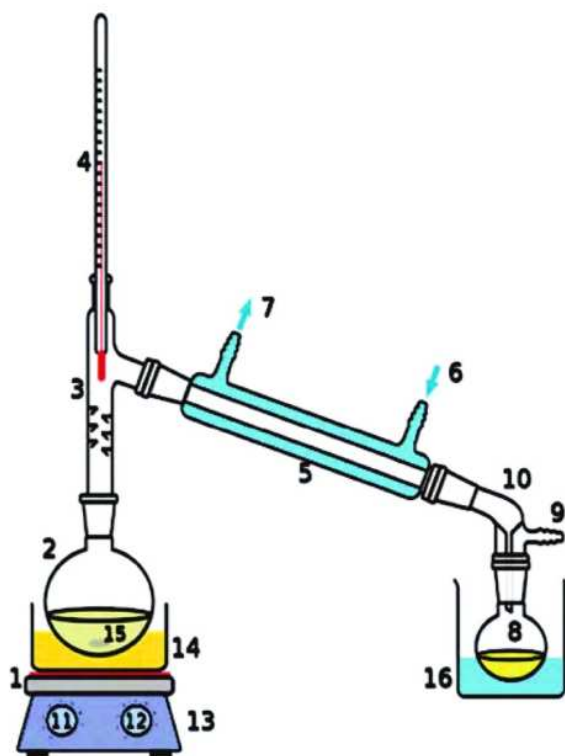


Рассмотрим некоторые способы разделения смеси веществ друг от друга:

1) Простая дистилляция

Простую дистилляцию используют, когда разность кипения компонентов довольно сильно отличается — примерно 50–70°C. Дистилляция происходит при атмосферном давлении и построена на принципе отделения паров более легкокипящего вещества и последующей их конденсацией в холодильнике. Продуктом дистилляции является конденсат или остаток (в зависимости от требований).





Устройство простейшего перегонного аппарата:

1. Нагревательный элемент.
2. Перегонный куб.
3. Отводная трубка, или насадка Вюрца.
4. Термометр.
5. Холодильник.
6. Подвод охлаждающей жидкости.
7. Отвод охлаждающей жидкости.
8. Приемная колба.
9. Отвод газа (в том числе с понижением давления).
10. Аллонж.
11. Регулятор температуры нагревателя.
12. Регулятор скорости перемешивания.
13. Магнитная мешалка.
14. Водяная (масляная, песочная и т.п.) баня.
15. Мешалка или «кипелки».
16. Охлаждающая ванна.

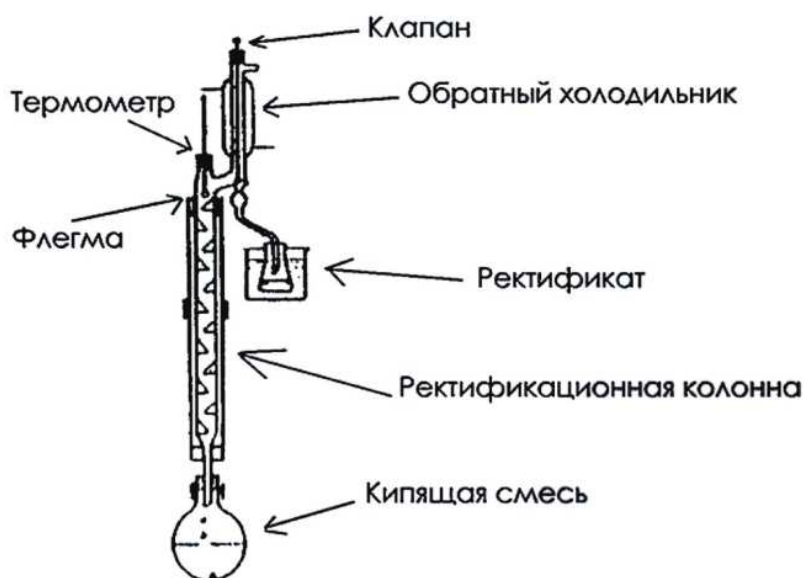
Иногда при дистилляции один из компонентов начинает разлагаться из-за слишком высокой температуры. Для предотвращения этого используют вакуумную дистилляцию. При понижении давления температура кипения веществ также понижается. Для этого к установке подключают компрессор, который понижает давление в системе до определенной отметки. Для создания очень низкого давления используют систему с более толстыми стеклянными стенками, так как обычная система может просто не выдержать нагрузки и расколоться. Метод простой дистилляции не очень точен, так как при изменении концентрации исходного вещества температура паров постепенно начинает изменяться, что приводит к погрешностям при разделении смесей.

В нашем университете для разделения веществ чаще всего использовали простую дистилляцию:



2) Ректификация

Ректификация представляет собой более точный метод разделения смеси жидкостей. При этом методе количество дистиллята и скорость разделения веществ можно регулировать, при этом концентрация полученного ректификата будет гораздо выше, чем при простой дистилляции.



Принцип работы ректификационной установки заключается в следующем: сначала пары жидкости, кипящей при более низкой температуре, поднимаются вверх по ректификационной колонне. Далее пары попадают в обратный холодильник, где и конденсируются. Однако на самом выходе есть специальный клапан, с помощью которого можно регулировать количество ректификата. Когда клапан закрыт, сконденсированная жидкость из холодильника капает обратно в кипящую смесь – такая жидкость называется флегма. Управляя клапаном, можно регулировать количество флегмы и ректификата, увеличивая или уменьшая тем самым точность разделения жидкостей. Количество флегмы рассчитывают так: отмеряют какой-нибудь отрезок времени, например 10 секунд, и считают за это время капли ректификата и флегмы.

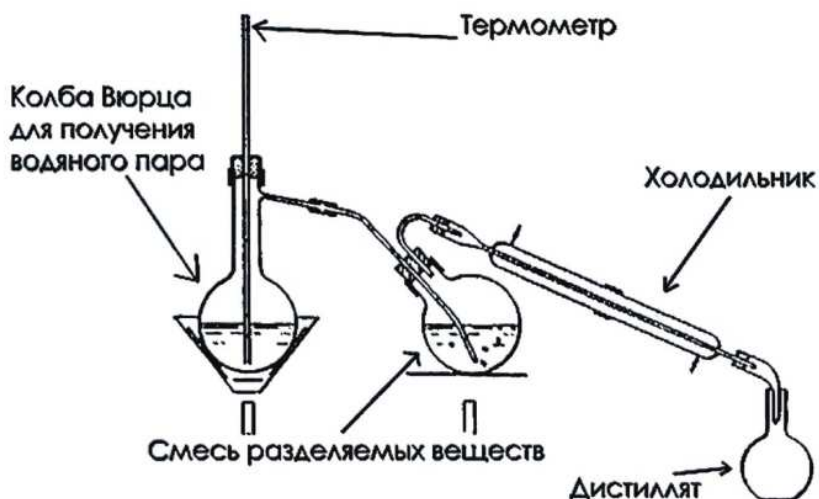
Количество флегмы — это отношение количества капель флегмы на количество капель ректификата. То есть, если за отрезок времени упало 4 капли флегмы и 1 капля ректифика-



та, то количество флегмы будет 4. Чем больше это значение, тем точнее будет разделение жидкостей. Сверху стоит термометр, по показаниям которого определяют, пары какого вещества сейчас находятся в колонне. Ректификацию используют чаще всего тогда, когда температуры кипения разделяемых жидкостей различаются на 5–10 градусов, т.е. довольно схожи.

3) Дистилляция с помощью водяного пара или паровая дистилляция

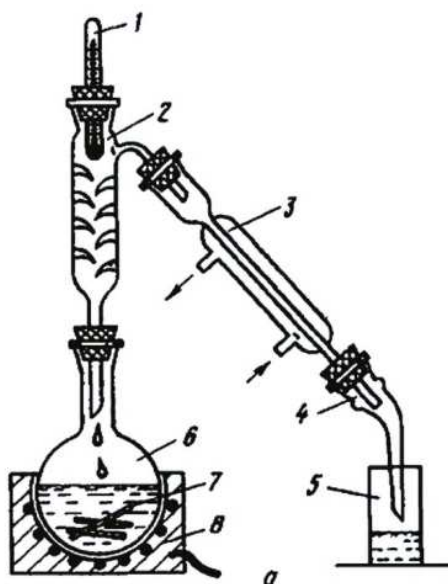
Такой способ дистилляции чаще всего используют для веществ, которые очень плохо или вообще не растворяются в воде. Значение имеет также летучесть разделяемых веществ с водяными парами. При этом методе процесс дистилляции происходит при достаточно небольших температурах (90–100°C). Конечный дистиллят содержит также воду, которую впоследствии необходимо удалить. Паровую дистилляцию используют, например, для извлечения эфирных масел из некоторых растений.



Пары воды проходят через смесь веществ, захватывая наиболее летучие компоненты, дальше смесь воды и летучего вещества конденсируется в холодильнике.

4) Фракционная дистилляция

Фракционная дистилляция очень похожа на что-то среднее между ректификацией и простой дистилляцией. Используется при случае, когда температуры компонентов разделяемой смеси



1. Термометр.
2. Елочный дефлегматор.
3. Холодильник.
4. Аллонж.
5. Приемник.
6. Колба.
7. Капилляры для кипения.
8. Нагрев колбы.

довольно схожи. Отличие от простой дистилляции лишь в том, что при фракционировании смеси веществ используется дефлегматор. Дефлегматор – это то же самое, что и ректификационная колонна, только меньше по размерам.

При фракционной дистилляции используется елочный дефлегматор, на поверхности которого происходит частичная конденсация паров более легкокипящего вещества. Однако здесь количество флегмы точно регулировать нельзя, что делает этот метод не таким точным, как ректификация. Можно регулировать только скорость дистилляции. Качество разделения смеси при фракционной дистилляции зависит от высоты дефлегматора.

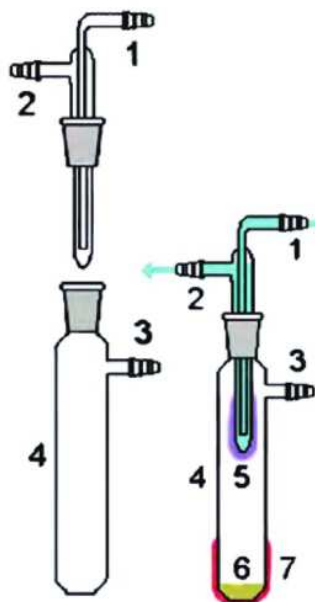
5) Азеотропная дистилляция

Используют в случае, если необходимо разделить азеотропную смесь, которую невозможно разделить простой дистилляцией или ректификацией. Для такого разделения к азеотропной смеси добавляют толуол или бензол. Смесь этих компонентов перегоняют ректификацией или дистилляцией, при этом температура кипения азеотропной смеси будет ниже, чем бензола или толуола. После конденсации компонентов из-за разной плотности они расслаиваются. Более тяжелый компонент оседает на дно. Так, например, можно разделить азеотропную смесь спирта и воды. В конце концов вода окажется в нижнем слое дистиллята.



6) Сублимация или возгонка

Некоторые твердые органические соединения могут сублимироваться — переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. После сублимации, при уменьшении температуры, сублимировавшееся вещество оседает на холодной поверхности в виде кристаллов. Это свойство очень удобно использовать для очистки сублимирующегося вещества от других несублимирующихся компонентов. Часто сублимацию производят при атмосферном давлении, однако, если температура сублимации вещества слишком высокая, этот процесс производят при пониженном давлении или вакууме. Прибор, применяемый для этого способа очистки, называется сублиматор.



Простой сублимационный аппарат. Очищаемое вещество конденсируется из газовой фазы на «пальце»-холодильнике, охлаждаемом водой.

1. Вход холодной воды.
2. Выход холодной воды.
3. Вакуум/газ линия.
4. Сублимационная камера.
5. Сублимируемый продукт.
6. Сырой материал.
7. Внешний нагрев.

Также могут возгоняться и некоторые неорганические соединения, например, йод. На фото — кристаллы сконденсированного йода.

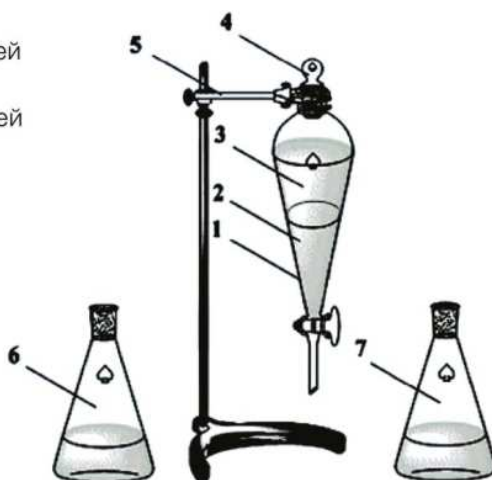


7) Экстракция

Экстракцию чаще всего используют для выделения из жидкости какого-нибудь растворенного вещества. Производят экстракцию в делительной воронке.

Принцип этого метода очистки: в делительную воронку сначала наливают раствор, из которого будет выделяться компонент, а затем более легкий растворитель. Растворитель и основное вещество не смешиваются из-за разной плотности. Растворитель должен хорошо растворять нужное вещество, но не растворять другие вещества, т.е. должен быть **селективным**. Далее делительную воронку закрывают крышкой и перемешивают несколько раз для хорошего контакта между двумя компонентами. После этого вещество, которое находилось в основном растворе, переходит в растворитель, так как оно в нем растворяется лучше. Далее делительную воронку ставят на штатив и ждут, пока два слоя **разделятся**. После этого нижний, более тяжелый слой, сливают, оставляя лишь растворитель, в

1. Делительная воронка.
2. Слой жидкости с большей плотностью.
3. Слой жидкости с меньшей плотностью.
4. Пробка.
5. Лапка штатива.
6. Приемник для более плотной жидкости.
7. Приемник для менее плотной жидкости.



котором присутствует выделенное вещество. Осталось только провести дистилляцию, чтобы выпарить растворитель и оставить необходимое нам вещество. Такой метод очистки иногда используют для экстракции кофеина из кофе. В качестве растворителя чаще всего используют этилацетат или диэтиловый эфир. В некоторых случаях в растворитель добавляют неорганические кислоты, которые повышают растворимость нужного вещества.

8) Перекристаллизация

Перекристаллизацию используют в случае, если необходимо очистить твердое вещество от каких-либо примесей. При органическом синтезе чаще всего получается смесь веществ, которые можно разделить некоторыми методами, в том числе и перекристаллизацией. Идея перекристаллизации в том, чтобы растворить в растворителе нужное нам вещество при высокой температуре. При высокой температуре вещество растворяется хорошо, а при низкой — плохо. То есть при понижении температуры растворимость будет падать, и вещество будет выпадать из насыщенного раствора в виде кристаллов. Имеются также свои требования к растворителю. Растворитель не должен реагировать с веществом, также он должен быть селективным. Полярные растворители (воду, этанол, кислоты) используют для растворения полярных веществ, неполярные растворители (бензол, толуол, алканы) — для неполярных веществ. Кетоны и эфиры растворяют многие вещества, вне зависимости от температуры, поэтому их используют редко. Также температура кипения растворителя должна быть



меньше, чем температура плавления растворяемого вещества. В противном случае мы получим плавающее на растворителе вещество, которое не растворяется. Если растворитель при кипении сильно испаряется, используют установку с обратным холодильником. На фото — кристаллизация нитробензола.

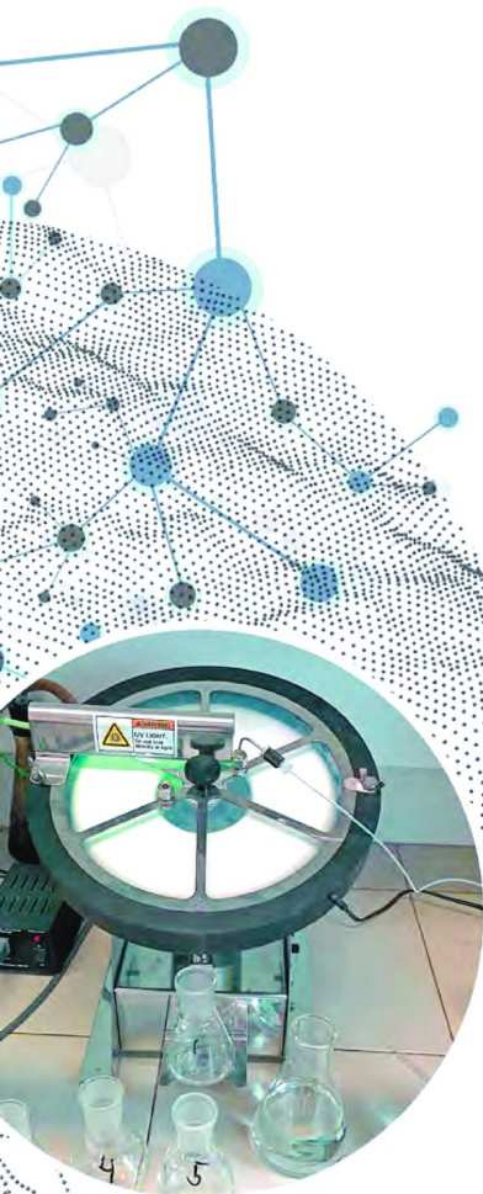
9) Хроматография

Для более тонкой очистки вещества, или, если его никак нельзя отделить от других компонентов всеми вышеперечисленными способами, используют хроматографию. Выделяют два главных типа хроматографии – жидкостную и газовую. Принцип устройства жидкостной хроматографии основан на разделении жидких компонентов путем пропускания их через адсорбент, которым может служить, например, диоксид кремния. Маленькие молекулы попадают в поры адсорбента и задерживаются в них, а большие молекулы проходят через адсорбент и выходят первыми. На фото показан хроматограф, в котором находится крутящийся диск из диоксида кремния или силикагеля. Под действием центробежных сил вещества из раствора разделяются на компоненты.

В газовой хроматографии все иначе. Разделяемые вещества должны быть летучими. Берется проба вещества в летучем растворителе (эфир, например) и впрыскивается в очень длинный капилляр, длиной от 10 до 150 м. Капилляр сделан из жароустойчивого материала, например, фторопласта или расплавленного кварца. Изнутри он покрыт оксидом алюминия или силикагелем. Проба испаряется в капилляре, также через капилляр продувается газ-носитель, например, гелий. Так газовая смесь разделяется на внутренней поверхности капилляра за счет слабых взаимодействий, так называемых сил Ван-дер-Ваальса. Газовую хроматографию используют очень часто в криминалистике для определения следов наркотиков, обнаруженных на коже или на волосах. На фото – газовый хроматограф вместе с детектором и устройством ввода пробы.

После того, как вещество отделили путем хроматографии от всех примесей, оно попадает в детектор, который выдает диаграммы, показывающие наличие того или иного вещества.

На самом деле видов хроматографии гораздо больше, я привел только самые основные с упрощенным описанием, дающие вам представление того, как ученые находят то или другое вещество.



БЕЗОПАСНЫЕ ОПЫТЫ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Уксус (CH_3COOH)
Йодная настойка
Зеленка (бриллиантовый зеленый ($\text{C}_{29}\text{H}_{34}\text{O}_4\text{N}_2$))
Раствор аммиака (NH_4OH)
Сода (NaHCO_3)
Перекись водорода (H_2O_2)
Любое средство для очистки труб



СЕЙЧАС Я РАССКАЖУ ВАМ О СЕМИ ИНТЕРЕСНЫХ, А САМОЕ ГЛАВНОЕ — БЕЗОПАСНЫХ И ПРОСТЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОПЫТАХ, КОТОРЫЕ ЛЕГКО МОЖНО ПОВТОРИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО. ДЛЯ ОПЫТОВ НАМ ПОНАДОБЯТСЯ ТЕ ВЕЩИ, КОТОРЫЕ ЕСТЬ ДОМА У КАЖДОГО — ЭТО УКСУС, ЙОДНАЯ НАСТОЙКА, ЗЕЛЕНКА, РАСТВОР АММИАКА, СРЕДСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБ, СОДА И ПЕРЕКИСЬ.

Внимание, средство для очистки труб содержит едкую щелочь — гидроксид натрия, при работе с ним надевайте перчатки и будьте осторожны!

Для первого опыта нам понадобится раствор зеленки — капнем в стакан с водой немного зеленки, чтобы получить яркий раствор.

Теперь прильем к этому раствору немного перекиси, а после этого добавим средства для очистки труб или щелочь. Мы видим — раствор зеленки обесцветился.

В состав зеленки входит краситель — бриллиантовый зеленый, который в щелочной среде в присутствии перекиси обесцвечивается. Этот опыт можно использовать для удаления трудно удаляемых пятен зеленки с одежды — капнуть на нее сначала немного перекиси, а потом ватной палочкой нанести раствор аммиака.



Для удаления пятен с рук вместо аммиака можно взять раствор соды, но при этом пятна будут исчезать гораздо медленнее.

Для второго цветного опыта нам понадобится яркий фрукт — гранат.

Я почистил гранат, после чего выдавил из него немного гранатового сока. Теперь разбавим сок водой и разольем его в 5–6 стаканчиков.

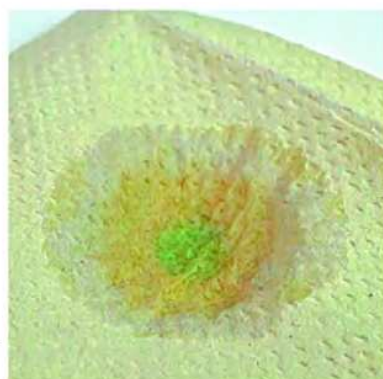
В первый стаканчик я налил соляной кислоты для сравнения, не обращайте на него внимания.

Во второй стаканчик приливаем уксус — раствор становится ярко-красным из-за кислой среды, как и в первом стаканчике.

Следующий стаканчик не трогаем, ведь там нейтральная среда.

В четвертый стаканчик насыплем немного соды. Раствор окрасился в сероватый цвет.

Далее в следующие стаканчики приливаем аммиак и средство для очистки труб — цвет раствора становится коричневым.



Так что же произошло? В соке граната содержатся вещества, которые называются антоцианы. В зависимости от кислотности среды они могут изменять цвет.

Вместо гранатового сока можно взять чай каркаде или фиолетовую капусту.

Переходим к следующему опыту. Возьмем тарелку и насыплем в нее немного соды, рядом поставим свечку и зажжем ее. Теперь добавим к соде немного уксуса, в результате чего начнется реакция, при которой будет выделяться углекислый газ. Он тяжелее воздуха, поэтому соберется в чашке. Теперь наклоним немного чашку, чтобы углекислый газ вытек на свечку.

В итоге свечка потухла, ведь углекислый газ не поддерживает горение и при наклоне чашки вытесняет кислород от фитиля свечки, тем самым не давая ей гореть.

Перейдем к следующему опыту. Возьмем ту же самую тарелку с холодной водой и положим в нее кусок булки.

После того как булка намокнет, выжмем ее в тарелку, тем самым выделив из булки крахмал. Теперь возьмем йодную настойку и капнем около 12 капель раствора йода в другой стаканчик с водой.

Теперь смешаем содержимое стаканчика с раствором крахмала в тарелке.

Раствор в тарелке становится очень темного, почти черного цвета.

Мы только что провели качественную реакцию на крахмал, при помощи которой можно определить наличие крахмала и в других пищевых продуктах, например, в кетчупе или майонезе.

Для следующих опытов нам понадобится марганцовка, которую сейчас трудно найти, но тем не менее возможно купить. Растворим в небольшом





количестве воды немного марганцовки. После того, как все растворилось, разбавим наш раствор водой в другом стакане, чтобы получился ярко-розовый цвет.

Теперь в отдельном стаканчике с водой растворим полчайной ложки сахара и прибавим к нему немного щелочи, то есть средства для очистки труб. Для проведения реакции смешаем раствор марганцовки с щелочным раствором сахара и будем наблюдать происходящее. Раствор сначала немного посинеет, потом зазеленеет, а спустя еще немного времени пожелтеет.

Мы только что провели так называемую **реакцию светификации**, в которой марганцовка окислила сахар в щелочной среде с образованием желтого диоксида марганца.



Для последнего опыта нальем в стакан немного перекиси и насыплем в нее щепотку марганцовки. Начинается реакция разложения, в которой из перекиси выделяется чистый кислород. Для того чтобы доказать вам, что это кислород, я опускаю в стаканчик тлеющую лучину, которая снова загорается в чистом кислороде.

Вот такие интересные и простые опыты можно сделать с использованием того, что у каждого найдется дома!



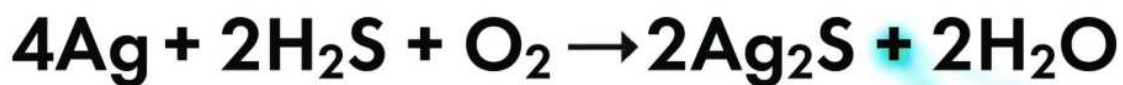
ОЧИСТКА СЕРЕБРА В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Поваренная соль (NaCl)
Пищевая сода (NaHCO₃)
Алюминиевая фольга



В этом довольно полезном эксперименте мы будем очищать столовое серебро. Со временем серебряные изделия, например, серебряные ложки или еще какие-либо серебряные украшения, на воздухе начинают покрываться налетом сульфида серебра (Ag₂S). Серебро очень хорошо может реагировать с оксидами серы или другими серосодержащими веществами, которые могут находиться в воздухе.

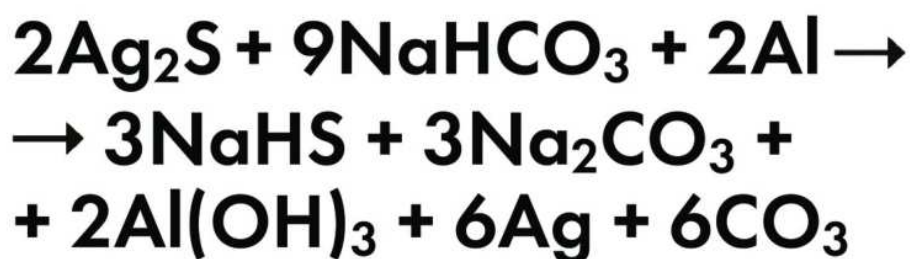




Сейчас я расскажу вам, как очистить серебро химическим способом. Для этого возьмем тарелку горячей воды, далее растворяем в воде две столовые ложки поваренной соли и одну столовую ложку пищевой соды. Теперь берем алюминиевую фольгу и помещаем ее в соляной раствор. Затем кладем изделия, которые мы хотим очистить, на поверхность алюминиевой фольги.

При соприкосновении серебряной ложки и алюминиевой фольги можно сразу заметить резкое исчезновение налета. Теперь немного заворачиваем ложки в алюминиевую фольгу таким образом, чтобы как можно большая часть ложки соприкасалась с алюминиевой фольгой.

Сейчас мы создали наипростейший **гальванический элемент**.



Так как алюминий, из которого сделана фольга, гораздо активнее серебра, то он в соляном растворе отдает электроны, при этом из сульфида серебра восстанавливается серебро. Соляной раствор у нас служит в качестве электролита. В ходе реакции выделяется углекислый газ.

Спустя 15 минут реакция практически завершена. Однако если налет на ложке довольно крепкий, то одного химического взаимодействия недостаточно. Для полного удаления налета с ложек их нужно протереть какой-нибудь тряпочкой, для идеальной полировки можно использовать абразивное средство, например, аякс или циф. После очистки видно, как теперь сияет серебро без черного налета. Можно сравнить серебряные ложки до и после очистки, разница налицо.

СВЕРХПРОВОДНИК



video

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Сверхпроводящая керамика
Пенопласт
Неодимовый магнит



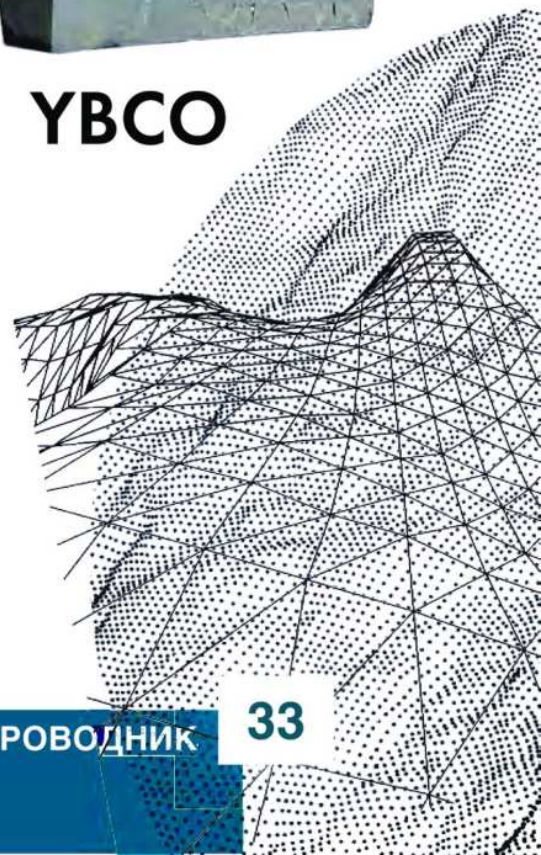
Сверхпроводник, или высокотемпературная сверхпроводящая керамика, является *сплавом оксидов иттрия, бария и меди* в пропорциях $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ и сокращенно называется YBCO. На фото хорошо видна поликристаллическая структура керамики. Именно от размера и формы этих кристаллов зависят свойства керамики, а также максимально возможный захват магнитного поля. Кстати, эта керамика довольно тяжелая, ее плотность сравнима с плотностью циркония ($6,5 \text{ г/см}^3$).

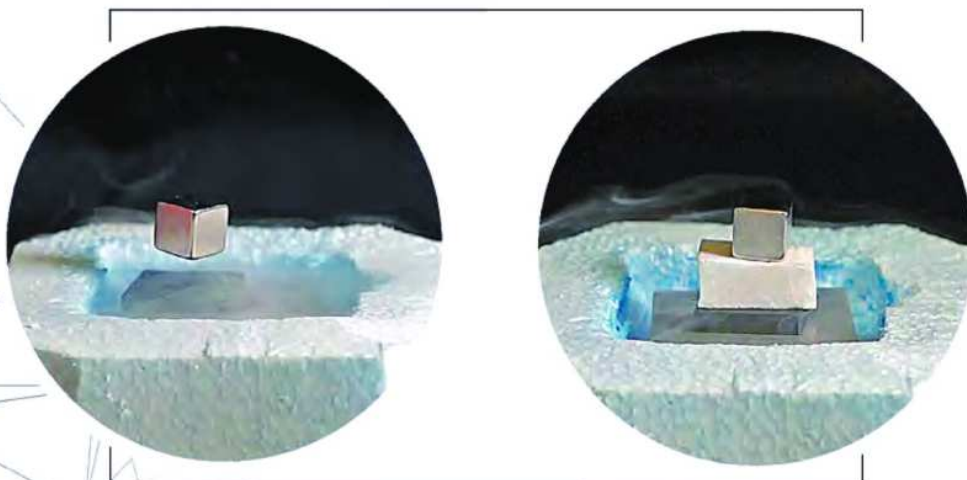
Впервые эту керамику получили в университете Алабамы в Хантсвилле, США, в 1987 году и в Университете Хьюстона. Уникальность этой керамики заключается в том, что она становится сверхпроводником, а точнее — теряет все электрическое сопротивление при довольно высоких по меркам физиков температурах -184°C .

Для демонстрации свойств этого предмета проведем опыт. Сначала возьмем маленький кусочек керамики и положим сверху кусочек пенопласта и мощный неодимовый магнит.



YBCO





Далее охладим сверхпроводник до температуры жидкого азота -196°C . После того как керамика охладилась, вытаскиваем кусочек пенопласта из-под магнита.

И что же мы видим? *Магнит начал левитировать над сверхпроводником и даже крутиться!* То же самое мы можем проделать с большим куском сверхпроводника и большим неодимовым магнитом.

Эффект левитации обусловлен тем, что при охлаждении до критической температуры керамика становится *сверхпроводником*, а также идеальным *диамагнетиком*.

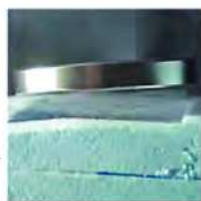
Это значит, что она может отталкивать любое магнитное поле, а также создавать свое собственное при нахождении вблизи сильного магнитного поля. Это явление называется *эффектом Мейсснера*.

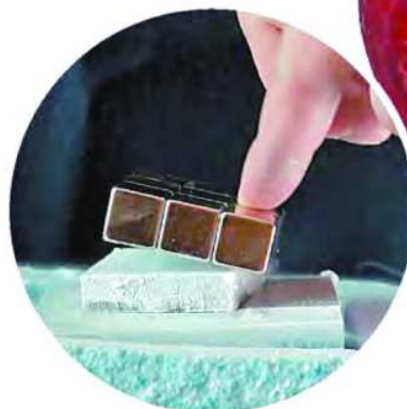
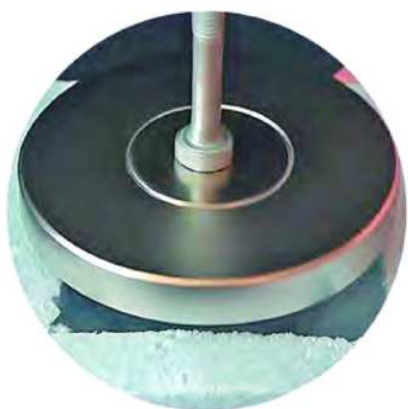
Если магнит поднять, то и проводник вместе с ним начинает подниматься. Магнит и проводник как бы «вмораживаются» в пространстве.

Если к сверхпроводнику поднести мощный круговой магнит, то его в дальнейшем можно вращать.

Круговые магниты можно раскручивать до высоких скоростей, так как ограничением здесь является только сила трения магнита о воздух. Также вмораживать можно и несколько магнитов, слепленных друг с другом. При этом им можно придавать любой наклон относительно сверхпроводника.

Магнит, парящий над сверхпроводником, может выдерживать немалый вес, ограниченный лишь силой магнитного поля самого магнита. Например, мой левитирующий магнит выдерживал поставленную на него двухлитровую банку варенья.





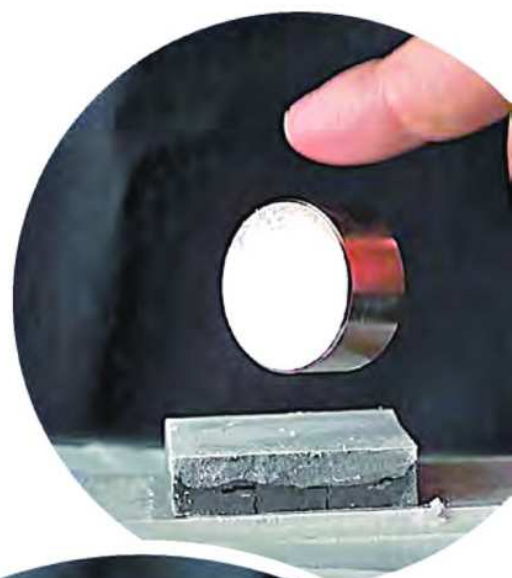
ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Свойство сверхпроводимости и магнитной левитации сейчас используют во многих отраслях науки и техники.

Например, на этом свойстве устроено магнитно-резонансная томография (МРТ) для сканирования мозга, поезда на магнитной подушке. В частности, высокотемпературная сверхпроводящая керамика используется в качестве магнитных подшипников там, где использование обычных подшипников невыгодно.

Получают такие сверхпроводники путем спекания оксидов иттрия, бария и меди при температуре 950°C в течение 12 часов, после чего полученную смесь измельчают, а затем прессуют ее в таблетки и спекают еще 12 часов при температуре 950°C с подачей в печь чистого кислорода. После смесь охлаждают со скоростью 100°C в час или еще медленнее для создания тех кристаллов внутри керамики.

Единственным затруднением в использовании такой сверхпроводящей керамики является ее хрупкость, то есть провода из нее сделать затруднительно.



ХИМИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

НА ЭТОТ РАЗ МЫ ПРОВЕДЕМ ОЧЕНЬ ИНТЕРЕСНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, КОТОРЫЙ НАЗЫВАЕТСЯ «ХИМИЧЕСКИЕ ЧАСЫ», А ТАКЖЕ «ЙОДНЫЕ ЧАСЫ», ИЛИ РЕАКЦИЯ БРИГГСА — РАУШЕРА.



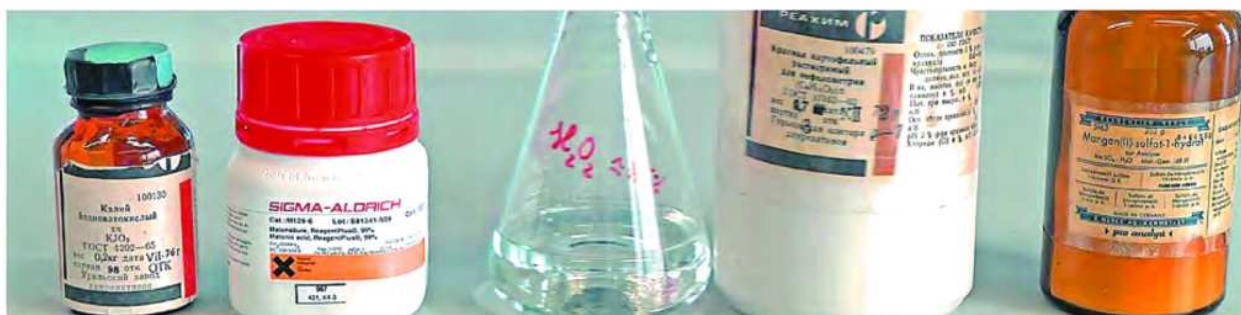
video

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Перекись водорода (30%) H_2O_2
Йодат калия KIO_3
Концентрированная серная кислота H_2SO_4
Малоновая кислота $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$
Картофельный крахмал $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
Сульфат марганца MnSO_4
Дистиллированная вода

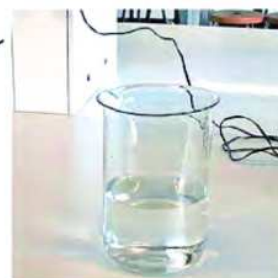
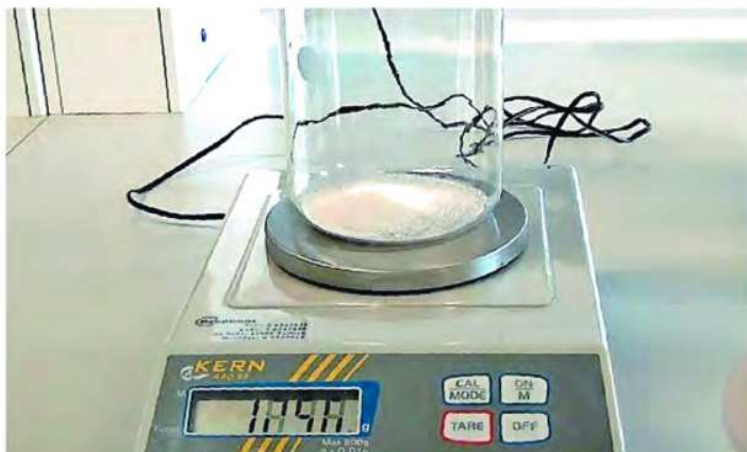
Для того чтобы провести этот опыт, нам надо будет сначала приготовить три раствора.

Первый раствор довольно простой: в большой стакан выльем 120 мл 30%-ной перекиси водорода (H_2O_2), затем добавим 210 мл обычной дистиллированной воды.



Для того чтобы приготовить второй раствор, уже нужно будет взвешивать вещества.

Отмерим в большой стакан 14,3 г йодата калия (KIO_3), далее прильем туда 200 мл воды.



Йодат калия не очень хорошо растворяется в воде, и для того чтобы ускорить растворение, мы нагреем смесь на плитке.

После того как весь йодат калия растворился, добавим в стакан 1,5 мл концентрированной серной кислоты (H_2SO_4).

После этого добавим в раствор воды до объема примерно 0,3 л

Теперь приготовим третий раствор.

Для этого возьмем большой стакан и отмерим туда 3 г сульфата марганца (MnSO_4).

После этого добавим в стакан 5,2 г малоновой кислоты ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$). Затем нальем туда же 230 мл дистиллированной воды. Но на этом приготовление третьего раствора еще не закончено.

Возьмем еще один стакан с очень горячей водой и отмерим туда примерно 0,1 г картофельного крахмала ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n. Крахмал не очень хорошо растворяется в воде, и для полного растворения нам нужно нагревать смесь примерно 10 минут.

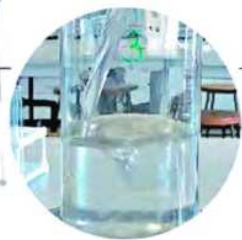
После того как крахмал растворился (у нас получился так называемый крахмальный клейстер), выльем его в стакан с третьим раствором. Далее доведем объем раствора до 330 мл. Итак, все три раствора готовы.

Осталось самое главное — провести реакцию. В принципе неважно, в каком порядке смешивать растворы. Сейчас я выбрал последовательность от третьего к первому.





00:00:00,000



00:00:01,283



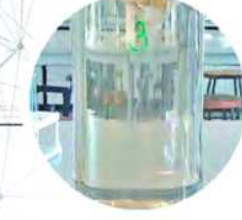
00:00:03,003



00:00:06,323



00:00:10,083



← Нам понадобится магнитная мешалка. Возьмем стакан с третьим раствором, поставим на магнитную мешалку и включим перемешивание. Далее к третьему раствору прильем второй, а затем первый раствор.

После этого начнется реакция. Раствор сначала окрасится в **желтый** цвет, потом в **синий**.

После этого раствор обесцветится. Потом этот цикл повторится: раствор станет желтым, потом синим, потом бесцветным.

Именно поэтому эта реакция и называется «**химические часы**».

После каждого цикла реакция замедляется, и следующий цикл происходит немного дольше.

Суть реакции заключается в окислении малоновой кислоты пероксидом водорода. У этой реакции довольно сложная схема. При этом образуются свободный йод, углекислый газ и вода. Желтый цвет появляется из-за образования свободного йода, а синий цвет — это реакция крахмала на свободный йод.

Со временем реакция затухает.

В конце концов раствор становится просто синим, так как заканчивается малоновая кислота, которая восстановила бы образовавшийся йод.

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Эта реакция называется колебательной, потому что она повторяется вновь и вновь, пока не иссякнет один из компонентов.

Такой тип реакций открыл советский ученый Борис Белоусов в 1951 году. Однако ученое сообщество ему не верило до тех пор, пока его коллега Анатолий Жаботинский с группой ученых не подтвердил существование колебательных реакций и не описал их вместе с математической моделью в своей книге «Концентрационные колебания» в 1969 году.

Изучение автоколебательных реакций очень важно, потому что многие реакции этого типа протекают в клетках живых организмов, в том числе и человеческих.

Изучение этих реакций может помочь ученым найти новые способы лечения некоторых болезней.

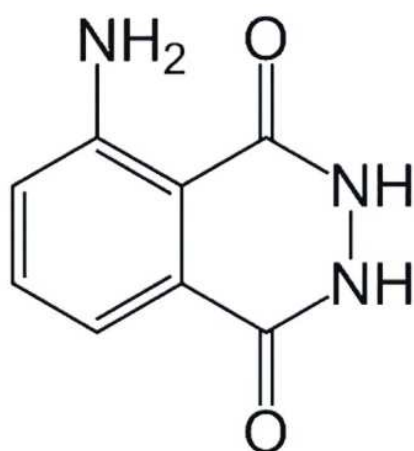
ЖИДКИЙ СВЕТ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Люминол (порошок)
Пищевая сода
Медный купорос, раствор
13%-ная перекись водорода
Аммиачный раствор
1%-ный раствор щелочи
Вода



video



Сейчас я хочу представить вам серию очень интересных опытов с одним интересным веществом, которое называется «**ЛЮМИНОЛ**». При определенных условиях это вещество будет излучать свет.

Для начала попробуем приготовить раствор люминола. Отвесим примерно 0,2 г люминола, поместим его в большой стакан, затем добавим 12 г соды (NaHCO_3) и 0,5 г медного купороса (CuSO_4).

Далее к нашей смеси приливаем 0,5 л воды. И добавляем еще небольшое количество аммиачного раствора и пару капель щелочи. В *щелочном растворе люминол*

Люминол



растворяется гораздо лучше. После этого хорошенько перемешиваем наши реагенты, чтобы все растворилось. И вот готов наш первый раствор.

Далее возьмем еще один стакан и добавим туда примерно 5 мл 13%-ной перекиси водорода (H_2O_2), и разбавим весь объем раствора до половины литра.

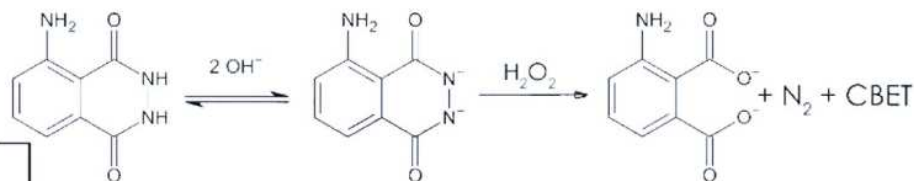
И вот у нас готово два раствора. А теперь проведем саму реакцию — возьмем по 50 мл каждого из растворов.

Выключаем свет и сливаем растворы вместе.

Как можно видеть — происходит очень красивое свечение. Правда, оно длится около 5 секунд и со временем быстро угасает.

В этом основной недостаток люминола — для долгого свечения нужно постоянно добавлять новые вещества.

Выделение света происходит потому, что люминол окисляется перекисью водорода и образующееся новое вещество выделяет *фотон* — частицу света. Соли меди играют роль катализатора свечения, то есть ускоряют реакцию в сотни раз. Без них свечение было бы гораздо слабее.

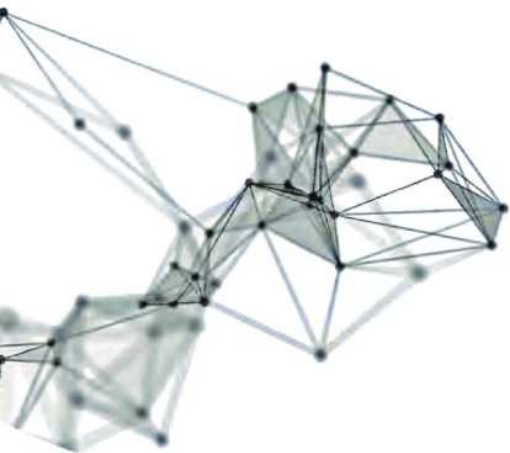




ЛЮМИНОЛ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЮТ В КРИМИНАЛИСТИКЕ, ТАК КАК ОН ПОМОГАЕТ ОБНАРУЖИТЬ СЛЕДЫ КРОВИ

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Люминол часто используют в криминалистике, так как он помогает обнаружить следы крови. Если раствором люминола обработать место, где была кровь, то оно начнет светиться тусклым светом, который можно увидеть с помощью длинной экспозиции на камере. Свечение будет происходить спустя недели с момента преступления, даже если кровь пытались тщательно отмыть. Такое свечение вызывают ионы железа, которые содержатся в гемоглобине, который в свою очередь является важным белком в крови человека и участвует в переносе кислорода. Даже малейшие следы гемоглобина, а точнее железа, содержащегося в засохшей крови, достаточно, чтобы вызвать свечение люминола.

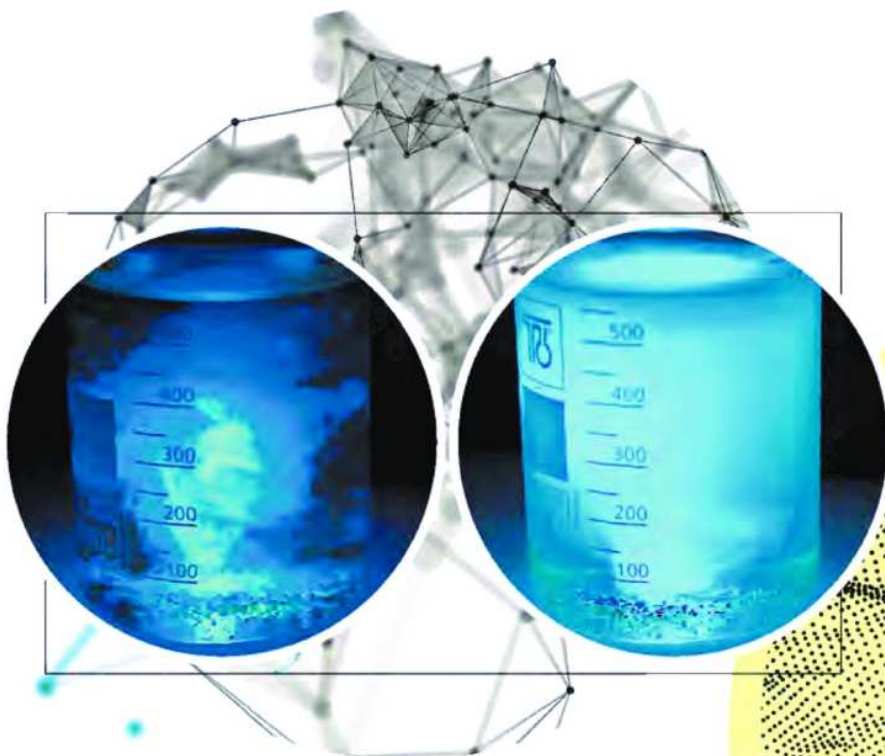
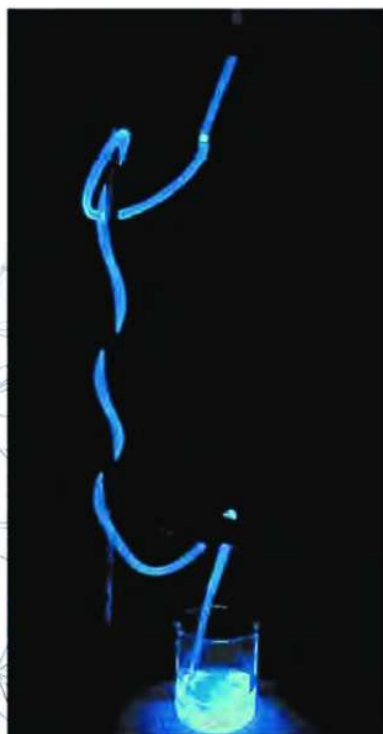


Также для более эффектной реакции я подготовил такую интересную систему. Сверху с помощью кольца закрепляем воронку с надетым на нее шлангом. Шланг обвиваем вокруг штатива. Внизу ставим коническую колбу, в которую продет шланг, поддерживаемый лапкой.

После того как наша установка готова, из обоих стаканов сливаем жидкость в воронку так, чтобы раствор люминола и второй раствор перемешались в шланге. В этом случае мы будем наблюдать очень красивый эффект свечения в движении.

Существует еще один метод свечения люминола. Для этого нужно взять 0,2 г люминола и растворить их в 600 мл 1%-ного раствора щелочи. Еще к этому раствору можно прилить примерно 10 мл 13%-ной перекиси водорода.

Чтобы началось свечение, надо добавить катализатор — *красную кровяную соль* ($K_3[Fe(CN)_6]$). Она растворяется в воде с выделением небольшого количества ионов железа, вызывающих свечение раствора.



ЛЮМИНОЛ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Колба

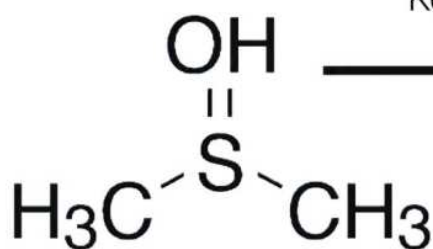
Люминол

Диметилсульфоксид

(используется в качестве антисептика,
его легко можно найти в аптеке)

Гидроксид натрия (NaOH)

Концентрированная перекись водорода



Перед началом опыта добавим в колбу гидроксид натрия, его количество будет зависеть от чистоты димексида.





Затем добавляем в колбу димексид и небольшое количество люминола.

В димексиде люминол хорошо растворяется — раствор в итоге становится коричневым.

Для того чтобы увидеть свечение, выключим свет. Иногда свечение начинается только после добавления гораздо большего количества гидроксида натрия, и его можно увидеть гораздо яснее.

Свечение люминола в среде диметилсульфоксида происходит из-за окисления люминола кислородом воздуха, при котором выделяется фотон, то есть частица света. Окисление происходит гораздо лучше в сильнощелочной среде, практически на поверхности гранул гидроксида натрия.





Чем сильнее мы взболтаем колбу, тем ярче будет светиться люминол — так он будет активнее реагировать с кислородом воздуха.

Если мы добавим в смесь немного концентрированной перекиси водорода, то свечение многократно усилится, и у нас получится настоящий химический фонарик.

Свечение люминола в среде димексида может продолжаться до одного часа, затем оно постепенно угасает. Если добавить в светящуюся смесь немного родамина Б, то цвет свечения изменится на более желтый.



ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Флуоресцин ($C_{20}H_{12}O_5$)
Родамин 6G ($C_{28}H_{31}ClN_2O_3$)
Родамин В ($C_{26}H_{27}ClN_2O_3$)
Тоник
Вода
Лампа ультрафиолетового света
Фиолетовый лазер



bugeo

Сейчас мы будем проводить опыты с флуорофорами, или с флуоресцентными веществами — такими, которые излучают свет под действием ультрафиолетовых лучей.



В качестве флуорофоров я буду использовать такие вещества: флуоресцеин $C_{20}H_{12}O_5$, родамин 6G $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ и родамин В $C_{26}H_{27}ClN_2O_3$.



Их концентрированные растворы не светятся, но если эти растворы разбавить, то они будут излучать яркий свет в ультрафиолетовых лучах.

Давайте приготовим разбавленные растворы флуорофоров. Надо взять три стаканчика с водой и добавить в них по капле каждого из веществ.

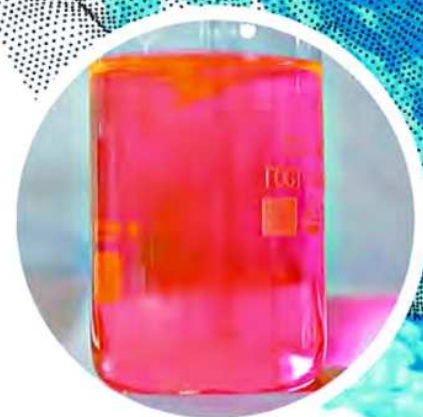
Раствор родамина 6G имеет персиковый цвет.

Родамин В — очень интенсивный краситель, для окрашивания воды требуется совсем мало этого вещества. Его часто используют в защищенных кейсах для инкассаторов. Если грабитель украдет такой кейс и откроет его, то сработает защитный механизм, и внутри кейса взорвется ампула с насыщенным раствором родамина В. Брызги красителя попадут на деньги и грабителя, и их почти невозможно будет отмыть.

Растворяясь, родамин В образует в воде красивые вихри, а потом окрашивает воду в ярко-фиолетовый цвет.

Добавим в воду еще один флуорофор — флуоресцеин. Его раствор — ярко-зеленого цвета.

Флуоресцеин используют, чтобы изучать путь подземных вод. Им также подкрашивают в декоративных целях воду и

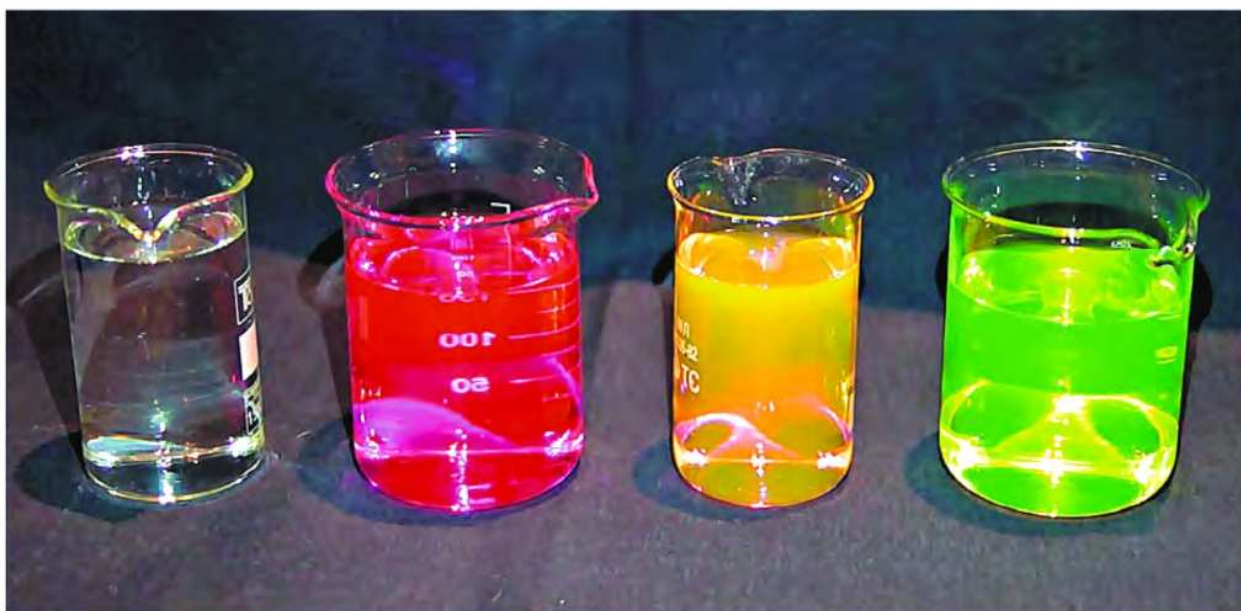




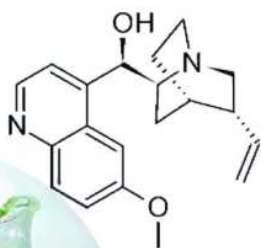
некоторые шампуни. Еще его применяют в медицине при исследовании глаз.

Четвертый флуоресцентный раствор будет светиться синим цветом. Это тоник, который можно найти в обычном магазине. Он содержит в себе хинин — именно это вещество светится в ультрафиолетовых лучах.

Сейчас мы видим растворы с флуорофорами в обычном свете.



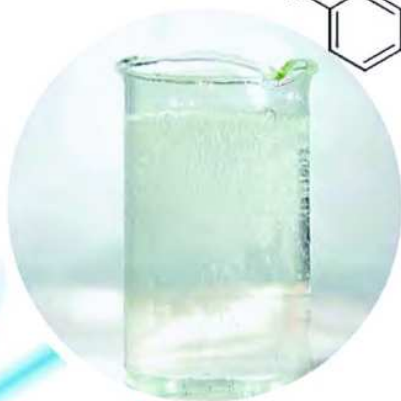
ХИНИН



Теперь включим лампу ультрафиолетового света. Как видите, в ультрафиолетовых лучах растворы выглядят гораздо интереснее. Тоник светится синим, родамин В — оранжевым, родамин 6G — желтым. Раствор флуоресцеина излучает ярко-зеленый свет. А если капнуть в воду концентрированный раствор уранина — ди-натриевой соли флуоресцеина — получатся очень красивые вихри, светящиеся в ультрафиолетовом свете.

Однако эти растворы можно заставить светиться не только с помощью лампы УФ-света.

Если взять фиолетовый лазер и посветить им через все стаканы с растворами, то можно будет наблюдать световой луч, который в каждом стакане окрашивается в свой цвет.

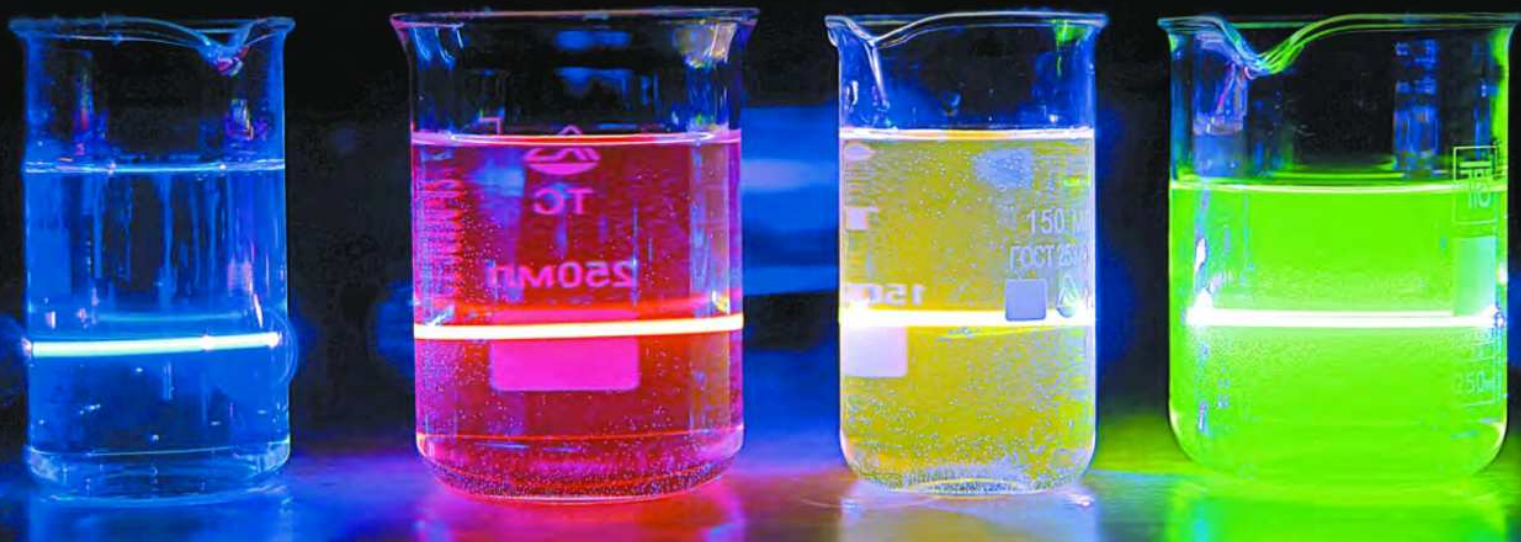




Попробуем смешать несколько разных растворов флуорофоров и посмотрим, какие цвета у нас получатся. Сначала нальем в стаканчик родамин 6G (желтый). Далее добавим родамин В. Раствор станет оранжевым. В конце дольем раствор флуоресцеина.

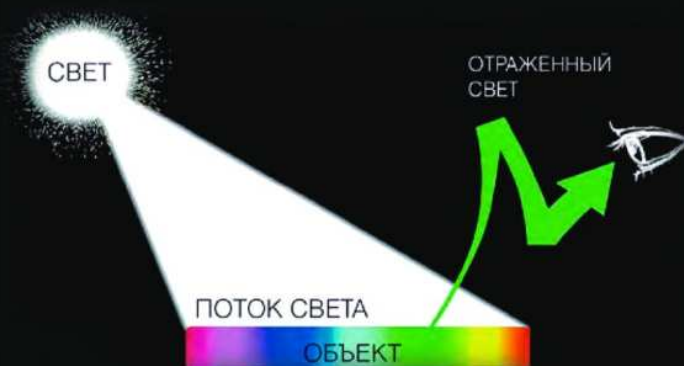
Можно получить белое свечение, если смешать тоник и родамин 6G (желтый цвет и синий).

Так почему же эти растворы светятся в ультрафиолетовых лучах? Сейчас я попробую вам это объяснить.





Посмотрите на световой спектр. Это фото солнечного луча, разложенного на спектр с помощью стеклянной призмы.



В обычном свете мы видим цвета потому, что все остальные части светового спектра поглощаются, а остается только один.

Например, трава зеленая, потому что поглощает все цвета, кроме зеленого. Зеленый цвет отражается, и его мы видим.

При флуоресценции все немного иначе. Чтобы флуорофоры начали светиться, им нужна высокая энергия.



Такую энергию несет в себе ультрафиолетовый свет. Флуорофор поглощает невидимое нашему глазу ультрафиолетовое излучение и преобразует его в какое-нибудь видимое, например, в желтое или зеленое.

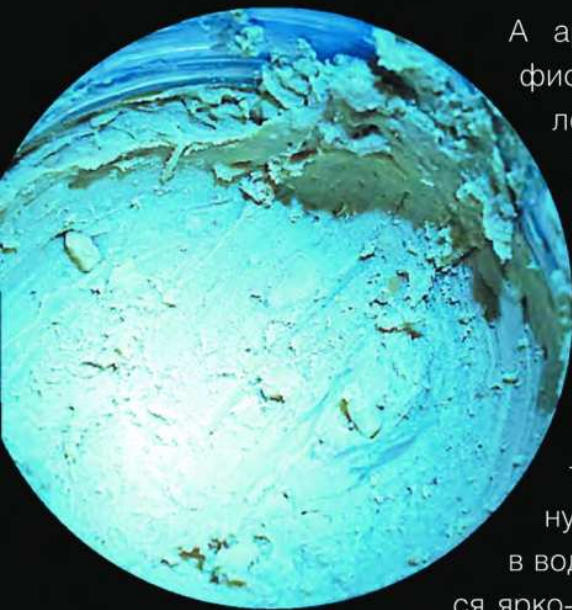
Но теперь вы захотите спросить: где в обычной жизни взять все эти родамины и другие флуорофоры? Что еще может светиться в ультрафиолетовом свете?

Вокруг нас множество предметов, светящихся в УФ-лучах. Например, деньги. Банкнота в 50 евро в УФ-свете выглядит несколько необычно.

Мыло светится в ультрафиолетовых лучах синим цветом, бумага — белым. Часто добавляют флуоресцентные вещества в антифризы для автомобилей — они тоже должны светиться.

В растениях содержится хлорофилл, который светится в ультрафиолете красным. Я взял листья герани, измельчил и залил ацетоном. Хлорофилл из листьев растворился в ацетоне и окрасил его в зеленый цвет. Надо сказать, что в неполярных растворителях, таких как ацетон, спирт или бензин, хлорофилл растворяется очень хорошо.

Можно увидеть, как флуоресцируют обычные бананы. Если бананы залеживаются, на них появляются темные точки. Эти точки светятся в УФ-лучах синим светом.



А арахисовое масло в ультрафиолетовых лучах светится бело-синим светом. Кстати, если посветить на него фиолетовой лазерной указкой, то в месте попадания света появится интересное послесвечение.

Сок чистотела светится в ультрафиолете синим светом. Если куркуму — известную всем специю — растворить в водке, то раствор будет светиться ярко-зеленым светом, как раствор флуоресцеина.

Об остальных веществах вы можете узнать сами. Можно купить лампу Вуда или фонарик ультрафиолетового излучения и изучать флуоресценцию самостоятельно.



ЗОЛОТОЙ ДОЖДЬ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Йодид калия (KI)
Нитрат свинца ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
Уксусная кислота (CH_3COOH)



bugeo



Сейчас мы познакомимся с очень красивым экспериментом, который химики называют «**золотой дождь**». Для этого эксперимента нам понадобится йодид калия и нитрат свинца.

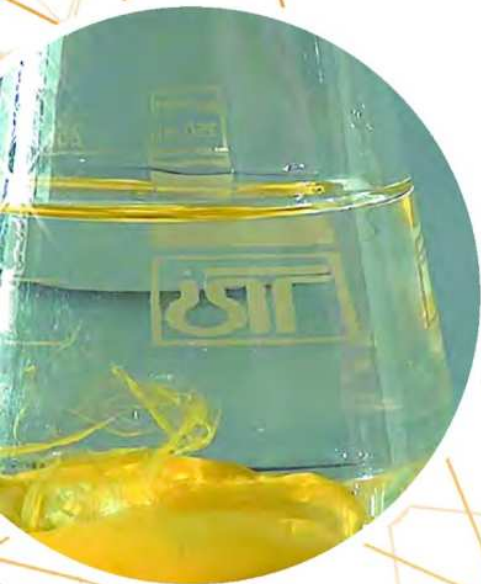
Возьмем две колбы и отвесим в каждую из них по 1 г каждого из веществ.

**БУДЬТЕ ОСТОРОЖНЫ С СОЛЯМИ СВИНЦА,
ТАК КАК ОНИ ДОСТАТОЧНО ТОКСИЧНЫ!**

Затем наливаем в каждую колбу по 175 мл горячей воды. Вода должна быть действительно очень горячая! Если она будет холоднее, эксперимент может не получиться.

Йодид калия растворяется хорошо, а раствор нитрата свинца мутнеет. Это происходит из-за процесса, который называется гидролиз. Чтобы его предотвратить, добавим в раствор немного уксусной кислоты.

После того как мы все растворили, берем большую колбу и сливаем туда наши растворы. Если бы растворы были холодные, то образовался бы мелкий осадок йодида свинца (PbI_2).



ЙОДИД СВИНЦА ИСПОЛЬЗУЮТ В КАЧЕСТВЕ ПИГМЕНТА В КРАСКАХ



Однако наш раствор горячий — и осадок йодида свинца растворится в горячей воде.

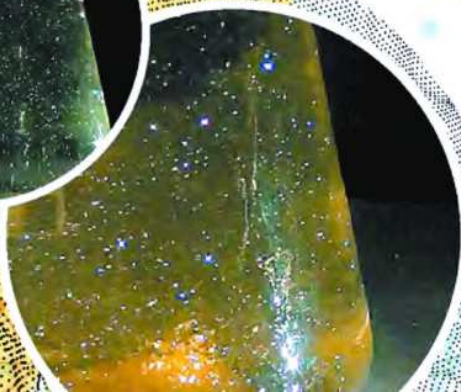
Со временем раствор остывает, и из него начинают кристаллизоваться красивые хлопья йодида свинца.

Чем медленнее будет охлаждение, тем крупнее и красивее будут хлопья йодида свинца.

Этот опыт выглядит красивее при ярком солнечном свете.

Хлопья йодида свинца очень сильно напоминают золотые блестки, поэтому этот опыт называют «золотой дождь».

Опыт выглядит очень красиво в темноте при правильном освещении.



ХИМИЧЕСКАЯ РАДУГА



video

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Тиоцианат калия (KSCN)
Дихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
Медный купорос (CuSO_4)
Манганат калия (K_2MnO_4)
Хлорид железа (III) (FeCl_3)
Гидроксид натрия (NaOH)
Гидроксид аммония (NH_4OH)
Серная кислота (H_2SO_4)
Вода (H_2O)

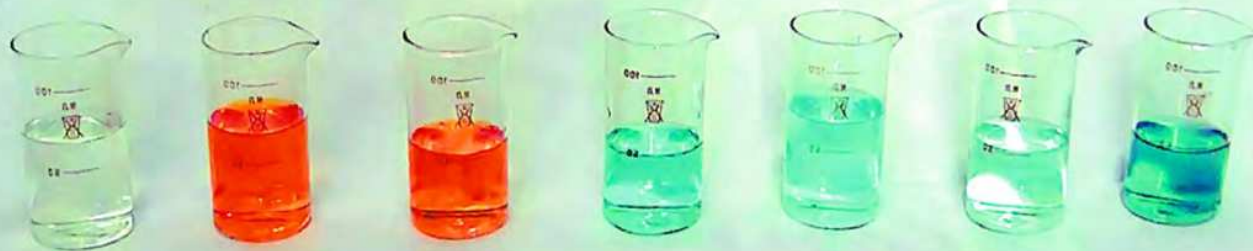
Сейчас мы займемся опытом получения из растворов всех цветов радуги — то есть, красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового.

Лучше всего цвета радуги можно увидеть, разложив солнечный свет на спектр с помощью стеклянной призмы.

Этот эффект называется *дисторсия света*.

Белый солнечный свет — результат смешения всех этих семи цветов.

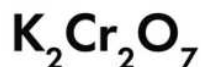
Итак, перед нами семь стаканов, в которые налиты различные растворы. Сейчас это не очень похоже на радугу. Но скоро растворы поменяют свой цвет, и все цвета будут в правильной последовательности — как у радуги.



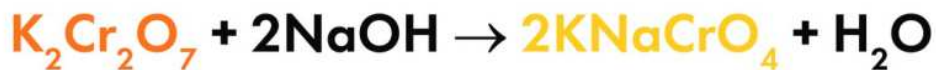
Для начала сделаем красный цвет. В первом стаканчике — раствор тиоцианата калия KSCN . Добавим к нему небольшое количество хлорида железа (III) FeCl_3 . При этом образуется тиоцианат железа (III) $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, у которого очень яркий и насыщенный красный цвет.



Во втором стаканчике находится раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Он и так оранжевый, так что мы с ним ничего не будем делать

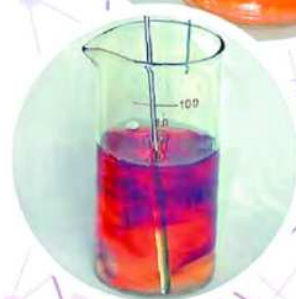


В третьем стаканчике также раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, но мы должны получить из него желтый цвет. Для этого подливаем в стаканчик небольшое количество раствора гидроксида натрия NaOH , то есть щелочи.



В щелочной среде дихромат калия переходит в хромат калия K_2CrO_4 , и раствор приобретает яркий желтый цвет. Теперь мы получили три цвета радуги. Идем дальше.

В следующие три стаканчика у нас налит раствор медного купороса CuSO_4 различной концентрации. Нам нужно получить зеленый цвет. Для этого к раствору медного купороса приливаем небольшое количество тиоцианата калия KSCN .





При этом образуется сложное комплексное соединение меди, и раствор становится зеленым.

В пятом стаканчике у нас раствор медного купороса CuSO_4 . Он и сам по себе голубой, так что мы с ним ничего не будем делать.

В шестом стаканчике — тоже раствор медного купороса, но его концентрация немного меньше, чем в предыдущем. Чтобы получить яркий синий цвет, прильем к купоросу CuSO_4 раствор гидроксида аммония NH_4OH . При смешивании купороса с гидроксидом аммония образуется комплексное соединение — аммиакат меди $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$. При этом раствор становится очень яркого, насыщенного синего цвета.



Теперь, наконец, получим фиолетовый цвет. В последнем стаканчике находится раствор манганата калия K_2MnO_4 . Чтобы получить фиолетовый цвет, прильем к нему серной кислоты H_2SO_4 . При изменении кислотности манганат калия переходит в перманганат калия KMnO_4 , и раствор становится фиолетовым.



В результате этих экспериментов мы получили все семь цветов радуги. Цвета очень яркие и хорошо выраженные.

А теперь давайте посмотрим, что произойдет, если смешать эти семь цветных растворов в одной большой колбе. Начнем с красного цвета. Вливаем в колбу раствор тiocаната железа $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, дальше приливаем раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ — раствор становится оранжевым.

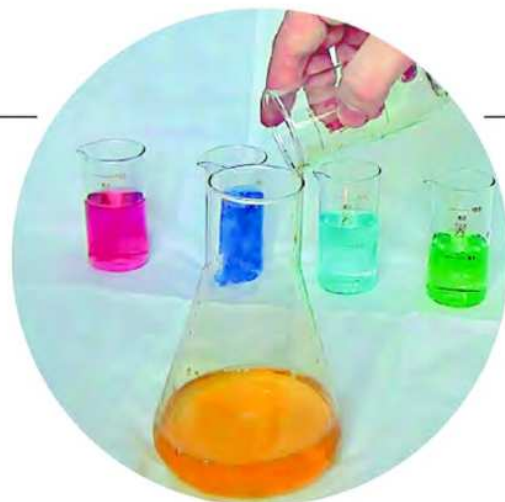
Далее добавляем хромат калия K_2CrO_4 , потом — комплексное соединение меди зеленого цвета $K_2[Cu(SCN)_4]$.

Раствор становится зеленым.

Дальше просто — медный купорос $CuSO_4$. Практически ничего не изменилось. Дальше аммиакат меди $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. Раствор по-прежнему зеленый. Ну и наконец, перманганат калия $KMnO_4$.

Раствор получился мутным, потому что в нем образовался осадок диоксида марганца MnO_2 , гидроксида железа $Fe(OH)_3$, а может быть, и еще что-то.

Чтобы сделать раствор прозрачным, добавим к нему серной кислоты H_2SO_4 . При этом все осадки растворятся, и у нас выйдет прозрачный раствор коричневатого цвета.



ИСКУССТВЕННЫЙ ШЕЛК

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:



bugeo

Стакан
Основной карбонат меди ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) —
получается при взаимодействии
сульфата меди и пищевой соли
Концентрированный раствор аммиака
Хлопковая вата
Серная кислота (H_2SO_4)



Возьмем стакан и насыплем туда примерно 4 грамма основного карбоната меди.

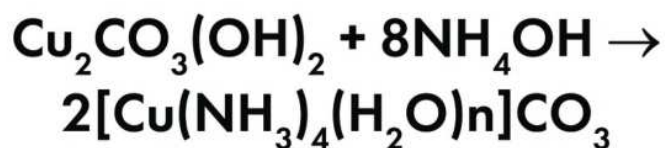
Он имеет зеленоватый оттенок, поэтому очень красиво выглядит.

Далее возьмем концентрированный раствор аммиака — у меня в мерном стакане примерно 40 мл 25%-ного раствора аммиака.



Затем мы приливаем этот аммиачный раствор к карбонату меди.

При этом образуется комплексное соединение меди, которое имеет яркий синий цвет.



Однако не весь карбонат меди реагирует с аммиаком, поэтому на дне стакана остается небольшой осадок.

Затем перельем жидкость в другой стакан, чтобы раствор стал чистым.

Теперь у нас получилось комплексное соединение меди, у которого есть очень интересные свойства.

В этом растворе можно растворить хлопковую вату. Для этого я беру примерно 1 г хлопковой ваты и начинаю медленно добавлять ее в комплексное соединение меди.



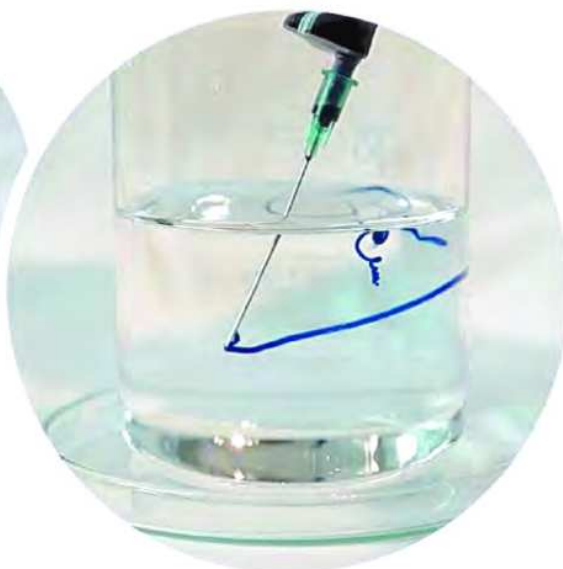


Вата хорошо растворяется и образует так называемую вискозу, которая является сырьем для производства искусственного шелка.

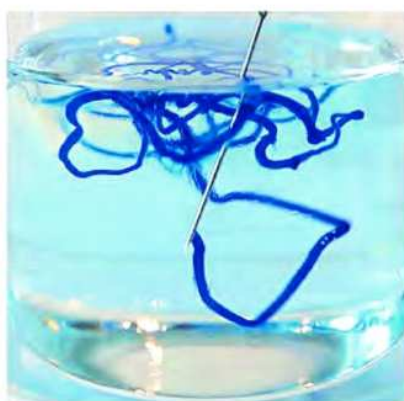
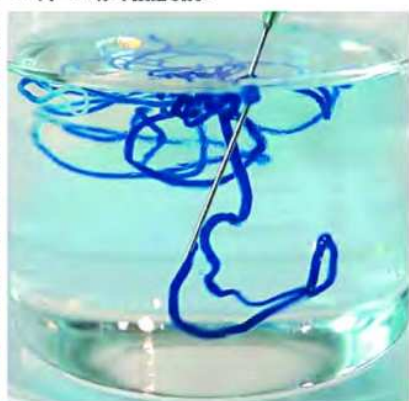
После растворения ваты жидкость, которая была в стаканчике, становится довольно густой.

И чтобы получить искусственный шелк, приготовим 1М (одномолярный) раствор серной кислоты.

Затем набираем немного вискозы в шприц, надеваем на него иглу и медленно выдавливаем вискозу в раствор кислоты.



В этот момент мы можем наблюдать очень интересный эффект — при соприкосновении вискозы и серной кислоты целлюлоза из раствора начинает полимеризоваться.



Серная кислота реагирует с комплексным соединением меди и растворяет его, при этом образуются красивые синие, словно шелковые, нити.

Спустя некоторое время серная кислота реагирует с комплексным соединением и вымывает соли меди из волокон, которые при этом обесцвечиваются.

Спустя некоторое время волокна обесцветились, и теперь мы можем проверить, каковы они на ощупь.

На ощупь волокна очень мягкие и легко рвутся — отчасти это можно объяснить тем, что я использовал слишком толстую иглу.

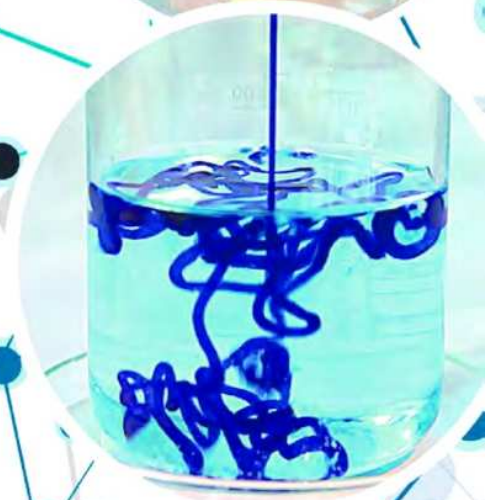
Теперь я просто выливаю оставшуюся вискозу в раствор серной кислоты.

Образуется что-то наподобие синей вермишели. Эти волокна со временем тоже обесцветятся, но они уже будут менее прочными, чем волокна, выдавленные через иглу.

Раствор со временем приобретет синий цвет из-за образования сульфата меди и углекислого газа.

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

На производстве искусственного шелка используется немного иная технология. Целлюлозу обрабатывают 40%-ным раствором щелочи — гидроксида натрия, после чего ее сушат и растворяют в сероуглероде, довольно токсичной и опасной жидкости. Затем волокна искусственного шелка формируют с помощью металлических колпачков со множеством мелких отверстий, так называемых фильеров. Поступая в осадительную ванну, например, с серной кислотой, вискоза на основе сероуглерода подвергается гидролизу, и из нее вновь образуется целлюлоза, но уже в виде длинных волокон.



КРИСТАЛЛЫ

И ИХ СВОЙСТВА



По сути дела кристаллом можно назвать любой объект, имеющий правильную кристаллическую форму многоугольника. Но кристаллы могут быть круглыми или вообще иметь любую форму, а также различное строение. Они могут состоять из атомов, из ионов, из молекул. Все это разнообразие очень интересно.

На фото кристаллы кварца, то есть диоксида кремния (SiO_2), из которого еще состоит песок.

Так для чего же нужны кристаллы? Думаю, те, кто был в ювелирном магазине, знает их основное применение. На фото — кристаллы аметиста. Аметист — это тот же кварц, но с примесью железа, придающей кристаллу фиолетовый цвет.

На следующих фото я хочу показать вам некоторые кристаллы из своей коллекции.



Начнем с пирита, то есть дисульфида железа (FeS_2). Из этого минерала, который чаще всего встречается не в виде красивых кристаллов правильной формы, а в виде маленьких сrostков, получают металлическое железо. Пирит еще называют «золотом дураков», так как по виду он похож на золото из-за своего желтого оттенка.

Существуют также очень редкие кристаллы серы. Многие из вас видели элементарную серу в обычной жизни — это в основном так называемая моноклинная сера, но в жарких условиях вулканов сера может образовывать красивые кристаллы, так называемую «кристаллическую серу». Такие кристаллы довольно редкие, так как на их образование могут уйти тысячи лет.

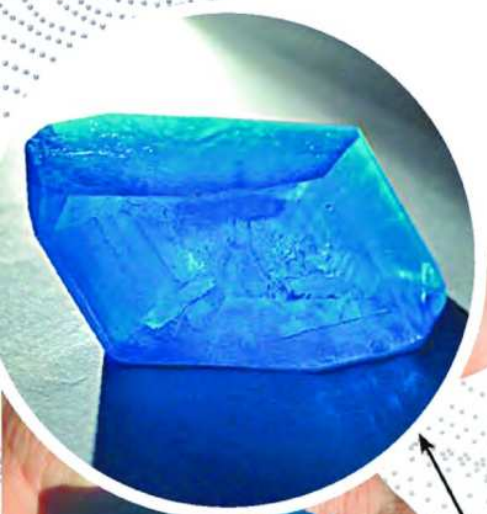
Существуют также некоторые кристаллы, которые светятся в ультрафиолетовых лучах. Например, циркон, представляющий собой силикат циркония ZrSiO_4 , с примесями европия и диспрозия.

Кристаллы используют не только из-за их красоты, но и из-за некоторых физических или химических свойств. Например, огромные монокристаллы кремния (до 2 м в высоту) используют в производстве микропроцессоров. Эти кристаллы выращивают искусственно, в специальных дуговых печах. Очень большие кристаллы кремния, высотой в 2 метра и диаметром в 30–40 см, впоследствии нарезают на тонкие диски, после чего эти диски чистейшего кремния используют для нанесения на них сотни тысяч микротранзисторов. На фото — кристаллический кремний, из которого выращивают большие монокристаллы кремния.





Кристаллы
кремния Si



Искусственные алмазы используют для производства дисков для пил, режущих бетон. Искусственные рубины используют в изготовлении часов (вместо подшипников), а также для создания лазеров. Сапфир используют в качестве пластин для оптических приборов.

Существуют также **кристаллы солей**. Такие маленькие кристаллы соли образуются при резком повышении концентрации раствора, т.е. те кристаллы, которые в воде раствориться не могут, выпадают в виде осадка — мелких кристалликов. На каждой кухне есть столовая соль, состоит она из маленьких кристалликов. Но выглядят они как-то обыденно, и мы обычно не обращаем на них внимания. Также кристаллы соли правильно образуются при повышении концентрации раствора, т.е. те кристаллы, которые в воде раствориться не могут, выпадают в виде осадка. Но чтобы вырастить красивый монокристалл правильной формы, мало одной концентрации — нужен абсолютно чистый раствор, правильное освещение и т.д. Если вы собираетесь вырастить кристалл, необходимо приложить массу усилий. Я сам, помню, очень долго мучился, пока не получилось. На фото — выращенные мною кристаллы. Синий — сульфат меди, зеленый — сульфат железа, бесцветный — алюмокалиевые квасцы.

Так как же растет кристалл? Если концентрация раствора максимальная, то на затравке (самом большом кристалле) в тонком слое раствора растущего кристалла образуется пониженная концентрация вещества в растворе. Это происходит из-за постоянно прикрепляющихся молекул вещества к кристаллической решетке кристалла. Ионы из раствора как бы притягиваются к затравке и образуют все новые и новые слои. Можно заметить, что если в банке, в которой растет кристалл, на дне были маленькие кристаллы, то со временем они исчезают, прирастая к более большому кристаллу. Вода в банке служит как бы проводником ионов соли. Вот кристалл медного купороса, который я вырастил.

Бывают и кристаллы металлов. Если сломать железный прут, то на сломе можно увидеть те самые маленькие кристаллы. Но кристаллы металла также можно вырастить, например, путем газового транспорта в вакууме. Металл соединяется с окислителем,

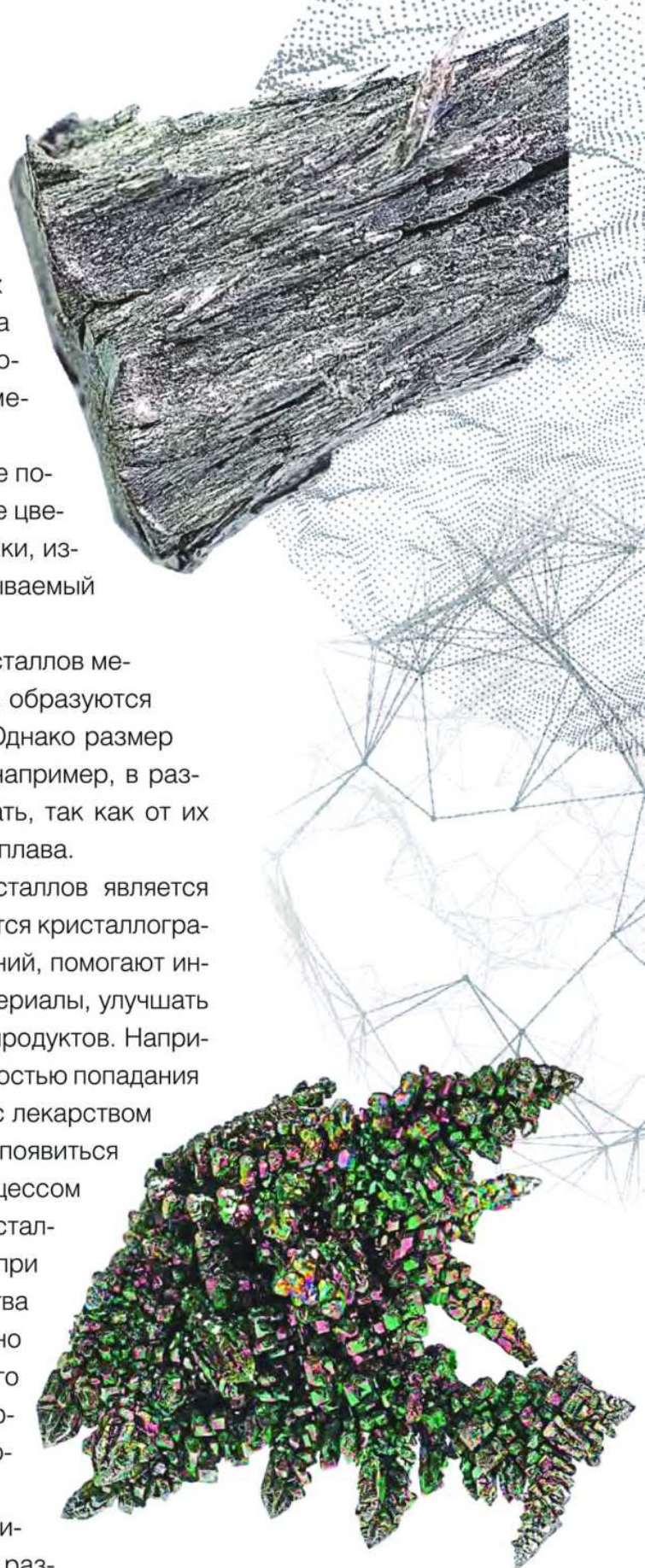
допустим, с хлором. Образуется соль, пары которой при нагревании поднимаются по ампуле вверх и разлагаются, образуя пары металла, которые конденсируются на более холодных стенках и образуют наросты кристаллов. На фото — кристаллы металлического туллия, которые получают путем дистилляции данного металла.

Кристаллы металлического ванадия на воздухе покрываются красивой оксидной пленкой — разные цвета обусловлены разной толщиной оксидной пленки, из-за которой происходит оптический эффект, называемый рассеиванием.

Я не встречал практического применения кристаллов металлов, такие сростки, как на предыдущем фото, образуются при очистке некоторых металлов от примесей. Однако размер зерен кристаллов внутри некоторых металлов, например, в различных сортах стали, необходимо контролировать, так как от их размера будет зависеть прочность и твердость сплава.

Изучение формы, структуры и свойств кристаллов является очень важной отраслью в науке, которая называется кристаллография. Данные, полученные в процессе исследований, помогают инженерам и ученым создавать более прочные материалы, улучшать эффективность лекарств и даже улучшать вкус продуктов. Например, действие лекарства также обусловлено скоростью попадания действующего вещества в кровь. Если таблетка с лекарством слишком быстро растворится в желудке, то могут появиться побочные действия. Для контроля над этим процессом действующее вещество лекарства сначала кристаллизуют до необходимого размера зерен, чтобы при попадании таблетки в желудок кристаллы вещества растворялись медленно, тем самым постепенно давая организму все новые порции действующего вещества и снижая риск неприятных побочных эффектов. На фото — кристаллы лактозы под микроскопом в поляризованном свете.

Кроме этого, в производстве всеми нами любимого мороженого огромную роль играет изучение раз-





мера кристаллов льда! Само мороженое на 60–70% состоит из воды, две трети которой образуют кристаллы льда, остальная вода связывается с сахарами и присутствует в мороженом в виде застывшего стеклоподобного сиропа. Если мороженое неправильно приготовить, то со временем при хранении в нем образуются настолько большие кристаллы льда, что они будут чувствоваться на языке. Это портит вкус продукта и делает мороженое более водянистым. Для уменьшения процесса роста кристаллов при хранении мороженого в него добавляют специальные вещества — стабилизаторы, которые уменьшают рост кристаллов и позволяют хранить мороженое дольше и при более высоких температурах.

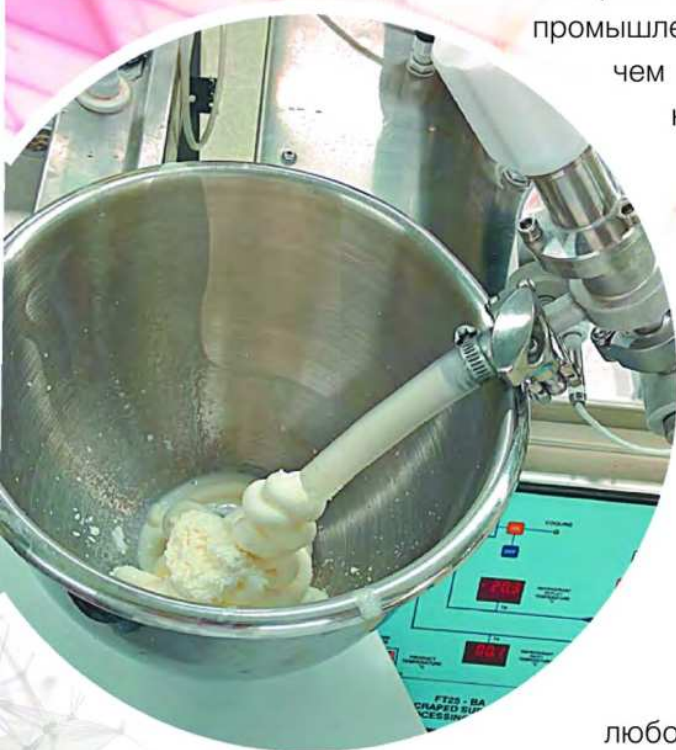
Аметист SiO_2



Золото Au

КРИСТАЛЛЫ ЛЬДА В МОРОЖЕНОМ

Когда я учился в университете, свою тему для исследования на магистратуре я связал с исследованием кристаллов льда в мороженом, поэтому в этой части книги я расскажу некоторые интересные секреты производителей, процесс промышленного изготовления мороженого, а также то, чем занимаются современные ученые для улучшения качества мороженого и продления его срока хранения. На фото — процесс производства мороженого в лаборатории.



Думаю, что мороженое для многих является любимым лакомством. Ничего удивительного, ведь этот замороженный десерт является одним из уникальных продуктов современной пищевой промышленности. Недавно учеными было доказано, что при употреблении мороженого в организме вырабатываются гормоны счастья — **эндорфины**, именно поэтому при поедании этого продукта наше настроение повышается и мы чувствуем радость.

Если почитать указание пищевой ценности на любой упаковке с мороженым, можно заметить, что обычно мороженое состоит из 11% жира, 20–24% сахара и примерно 3,5% белка. Остальное же представляет собой вода, что ни много ни мало, а около 70% по массе. Эта вода при изготовлении мороженого частично превращается в лед, и именно с процессами кристаллизации льда в мороженом связаны основные проблемы при изготовлении мороженого. На фото — лаборатория пищевого анализа.

С научной точки зрения мороженое представляет собой замерзшую **эмульгированную пену**. Именно пену, ведь при



изготовлении мороженого в него добавляется воздух, который стабилизирует кристаллы льда, не давая им вырасти до слишком больших размеров. Примерно от 150 микрон в диаметре кристаллы льда в мороженом уже начинают чувствоваться на языке, портя текстуру продукта. В мороженом, продающемся в магазине, по объему содержится около 50% воздуха, т.е. если вы купили литр мороженого, то в нем будет 500 г самого мороженого, а остальное — пустота.

Однако не спешите ругаться на жадность производителей, ведь без добавления воздуха мороженое при хранении в морозильной камере превратится просто в твердую ледышку, которую невозможно будет употребить в пищу без молотка и зубила. Но свежеприготовленное мороженое, которое не требует долгого хранения, не содержит воздуха. Единственный минус в таком мороженом – его нужно съесть сразу же. Кстати, идеальная температура для употребления мороженого составляет -5°C .



Мороженое можно приготовить и дома, используя простые ингредиенты. Для этого нужно взять 1 часть 35%-ных сливок, 1 часть 10%-ных сливок, 0,5 части сгущенного молока. Все это смешивается, заливается в формочку и ставится в морозильник. Каждые полчаса требуется перемешивать смесь, чтобы она не превратилась в большой кусок льда. Однако по своему опыту могу сказать, что все равно такое мороженое получается очень водянистым с крупными кристаллами. Именно от размера кристаллов льда в мороженом зависит качество и вкус мороженого, его текстура и то, сколько удовольствия вы испытаете при употреблении этого продукта.

Мороженое можно также залить в специальный аппарат — мороженицу, в которой находится охлаждаемая миска с жидкой смесью мороженого, которая при этом еще постоянно перемешивается. В результате постоянного перемешивания кристаллы льда в мороженом получаются нужного размера, что делает вкус мороженого более приятным.



Если же у вас есть доступ к жидкому азоту, то мороженое готовить дома будет одно удовольствие! Для этого в смесь, описанную ранее, нужно всего лишь понемногу приливать порции жидкого азота и активно перемешивать смесь, не давая образовываться комкам. Спустя 5 минут у вас получится необычайно нежное и вкусное мороженое, которое может конкурировать с лучшими ресторанными сортами. Весь секрет мороженого с жидким азотом в том, что при его приготовлении кристаллы льда образуются очень быстро и не успевают вырасти до больших размеров. Это достигается очень резким охлаждением, ведь температура жидкого азота составляет -196°C ! В такое мороженое можно добавлять необычные ингредиенты наподобие ликера или коньяка, которые не будут влиять на замерзание и текстуру смеси. В США даже есть специальные кафе, в которых подают мороженое, приготовленное исключительно с помощью жидкого азота. Процесс автоматизировали: специальные миксеры перемешивают смесь, в которую подается определенное количество жидкого азота. Однако цена на такое мороженое в несколько раз выше, чем на обычное. На что люди не пойдут ради новых ощущений!

На фото — очень крупные кристаллы льда в мороженом, размер самого большого примерно 300×800 микрон

В промышленности мороженое делают совсем по другой схеме, нежели домашнее мороженое в мороженице или то, которое приготовлено с жидким азотом. Так как полученное мороженое должно получиться определенного состава, вместо жирных сли-



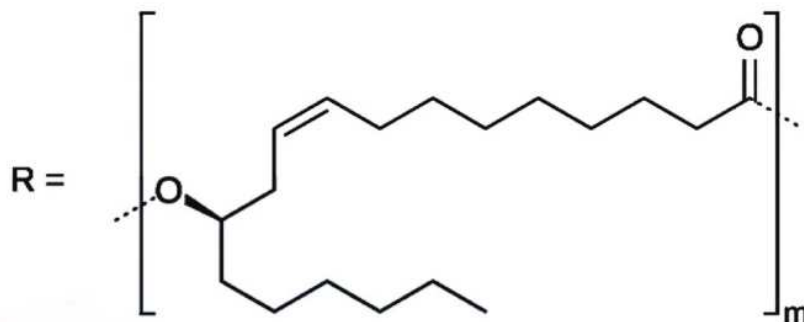
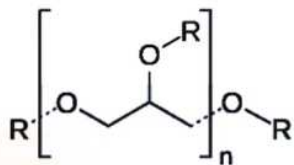
вок и сгущенного молока на заводе для приготовления смеси мороженого используют порошковые компоненты.

Например, для приготовления жидкой смеси для мороженого отвешивают около 10% порошковой смеси, представляющей из себя сухое обезжиренное молоко или же сухую сыворотку. Когда я в университете делал мороженое для исследования, то использовал обезжиренное сухое молоко вместе с другими компонентами — эта смесь запатентована и называется Nutrilac.

После этого в смесь добавляют стабилизаторы, которые будут образовывать более стабильную пену и улучшать вязкость и текстуру мороженого. Стабилизаторы способствуют созданию более стабильных эмульсий — **смеси масла и воды**. В качестве таких веществ сейчас часто используют полиглицерил полирицинолеат.

На фото — мороженое, приготовленное с помощью жидкого азота





Далее в смесь добавляют вкусовые добавки наподобие ванилина. Чтобы мороженое не было пресным, в смесь насыпают сахар, после чего приливают воду и растворяют все компоненты до однородности.

Затем в смесь остается добавить еще один важный компонент — жиры. Различные производители используют разные виды масел: кто-то не экономит и использует молочный жир, то есть сливочное масло, а кто-то использует растительные жиры типа пальмового масла. Иногда некоторые производители добавляют сливки в смесь для мороженого, но так бывает не всегда и только с дорогими сортами. Для своего мороженого в университете мы взяли сливочное масло и растительный жир — для сравнения. На фото — растительный жир.

На фото — процесс приготовления разных смесей мороженого в лаборатории



Чтобы добавить масло в мороженое, его растапливают, саму смесь нагревают до $+40^{\circ}\text{C}$, приливают к смеси масло, а потом нагревают еще до $+60^{\circ}\text{C}$.

Проблема в том, что масло и вода не смешиваются, и для того, чтобы образовалась однородная эмульсия и масло перемешалось с водой, смесь для мороженого нужно гомогенизировать. Гомогенизация — это процесс, при котором при специальной обработке капельки масла становятся очень маленькими, настолько, что могут создать устойчивую взвесь в воде, при этом не расслаиваясь. Самая известная эмульсия — это молоко, в котором мельчайшие капельки молочного жира образуют очень устойчивую эмульсию с водой, которую стабилизируют от расслаивания молочные белки. Для гомогенизации смеси для мороженого ее прокачивают через мелкие отверстия под большим давлением, при этом жир разбивается на мельчайшие капельки, и смесь становится однородной. В результате жирность полученной смеси для мороженого составляет примерно 10% по массе. На фото — **гомогенизация** смеси для мороженого.





После гомогенизации смесь нагревают до $+85^{\circ}\text{C}$ для пастеризации — чтобы убить патогенные бактерии и сделать мороженое безопасным для здоровья.

Теперь смесь ставят в холодильник на 12 часов. На следующий день ее снова гомогенизируют, но уже с помощью более простого устройства, напоминающего кухонный blender.

Теперь можно изготавливать мороженое, но перед этим необходимо точно проверить содержание воды в нем, чтобы учесть это при дальнейшем исследовании. В пищевой промышленности есть очень удобный аппарат для этого — **измеритель влажности продукта**. Работает он следующим образом: в специальную формочку кладется исследуемое вещество, аппарат измеряет его массу, потом просто нажимается кнопка, и аппарат уже все делает сам. Он высушивает продукт инфракрасными лампами и измеряет разницу испарившейся влаги, после чего выдает готовый результат. С мороженым единственная проблема в том, что влаги в нем очень много и измерение 1 грамма мороженого занимает до 40 минут.

После того, как все измерения сделаны, начинают готовить мороженое. В нашем университете для изготовления мороженого мы использовали небольшую машину для мороженого, которое изготавливает этот десерт практически так же, как и на заводе.

Сначала по трубке мороженое закачивается в небольшую камеру, в которую поступает сжатый воздух. Под давлением, кото-



рое тоже регулируется, жидкая смесь в камере смешивается с воздухом, образуя пену. Количество воздуха может регулировать, но обычно оно составляет примерно 50% по объему.

Эта пена проталкивается в охлаждаемую до -40°C металлическую трубу, на стенках которой она начинает замерзать. В трубе находятся вращающиеся металлические ножи, которые тут же срезают примерзшее мороженое и проталкивают его дальше.

В результате на выходе мы получаем готовое мороженое при температуре около -5°C . Это мороженое сразу же упаковывается и помещается в морозильник при температуре -40°C для того, чтобы не допустить роста кристаллов льда и лучше сохранить мягкость мороженого.

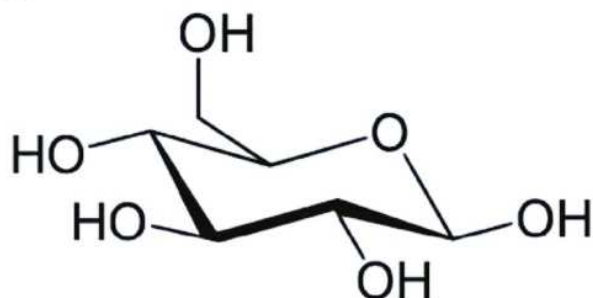
Кстати, на выходе из машины готовое мороженое очень мягкое и нежное из-за маленьких кристаллов льда и своей не очень низкой температуры. Помню, когда мы делали готовое мороженое, к нам тут же прибегали коллеги из других отделов, чтобы попробовать свежеприготовленное лакомство.

Спустя сутки готовое мороженое достается из морозильника с температурой -40°C и отправляется на склад при температуре -20°C , или же как у нас — в морозильник для исследований. Если дело происходит на заводе, то после производства мороженого проводится куча измерений, такие как вязкость мороженого, твердость, тест на содержание всех компонентов и т.д.

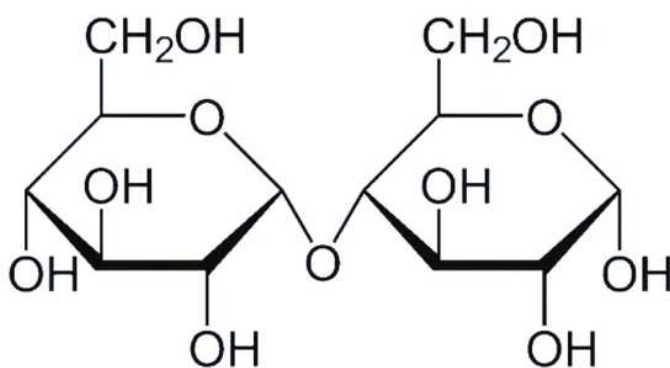
В моей исследовательской теме на магистратуре я занимался исследованием роста кристаллов льда в мороженом, а также влиянием разных добавок на скорость роста кристаллов, называемую еще рекристаллизацией. Такие исследования проводятся по заказу некоторых фирм, занимающихся производством мороженого. Полученные в ходе исследования данные могут использоваться для улучшения состава мороженого, продления срока его хранения, а также улучшения текстуры и вкуса продукта при хранении. В качестве добавок, уменьшающих рекристаллизацию льда в мороженом, я использовал олигосахариды, то есть углеводы, содержащие от 2 до 10 моносакхаридных остатков. Для того, чтобы лучше понять, что это значит, возьмем к примеру молекулу про-



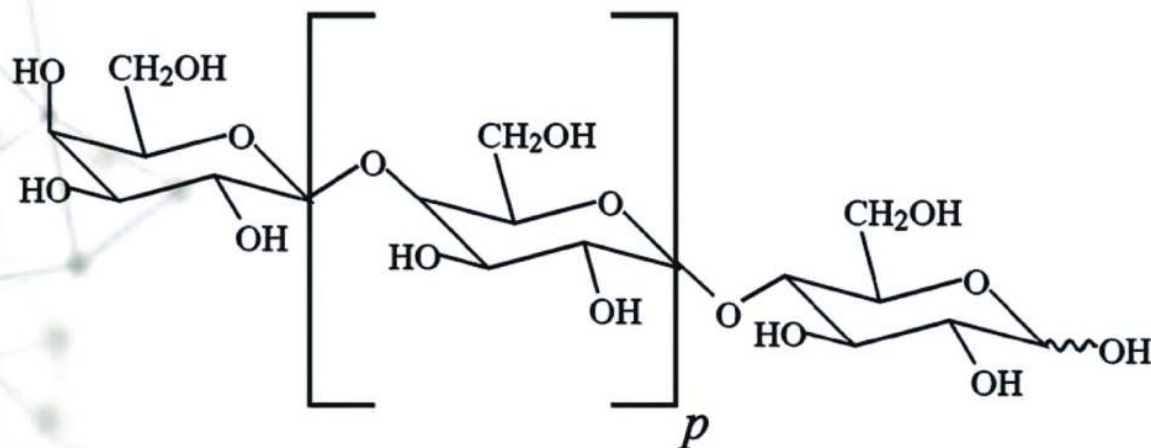
стейшего сахара глюкозы — она является тем самым мономером, вот ее формула:



Если соединить две молекулы глюкозы и убрать из нее воду, получится мальтоза — дисахарид, то есть 2 молекулы сахара, соединенных друг с другом.



Если соединить несколько молекул моносахаридов друг с другом, получится уже олигосахарид, например, поочередно соединенные молекулы глюкозы и галактозы.



В природе олигосахариды встречаются в составе фруктов и овощей, меда, а также в молоке. Олигосахариды получают

либо экстракцией из растений, либо химическим или биотехнологическими методами. Например, можно получить олигосахариды из раствора сахарозы, то есть обычного столового сахара, в биореакторе с помощью особого вида плесени *Sporotrichum thermophile*. Полученные олигосахариды добавляют во многие пищевые продукты, например, в йогурты и некоторые виды косметики. Кстати, добавление олигосахаридов в йогурт препятствует развитию патогенных бактерий в продукте. При добавлении олигосахаридов в мороженое улучшается вязкость и консистенция последнего, при этом продукт может лучше храниться и имеет более приятную кремовую текстуру, чем без добавления олигосахаридов.

Кстати, сами по себе олигосахариды имеют интересный вкус. Однажды я решил попробовать на вкус порошок фруктоолигосахаридов — при попадании на язык он сразу же превратился в сладкую тянучку, которая очень сильно приклеивалась к зубам, но вкус был очень похож на карамель. Очень интересные ощущения!

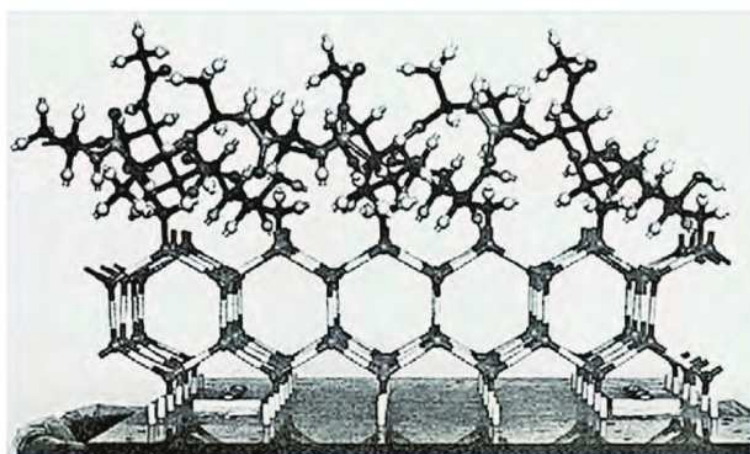
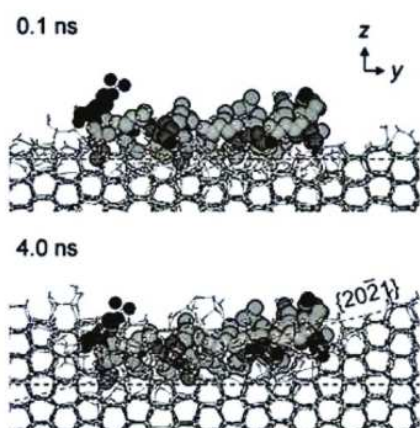
Кроме олигосахаридов есть еще одни удивительные вещества, добавление всего 0,0003% которых в мороженое способно уменьшить рекристаллизацию льда в мороженом до 60%! Такие вещества называют **антифризными белками**. Эти белки встречаются в природе в теле некоторых северных рыб. Эти вещества предотвращают образование кристаллов льда в теле рыбы, когда она заплывает в очень холодные воды. В теле рыбы этих белков содержится немного, в основном в крови, так как белки хорошо растворяются в воде. Наличие антифризных белков дает рыбе возможность плавать в воде при температуре до $-1,9^{\circ}\text{C}$. Также в теле многих насекомых, а также в растениях, способных пережить сильные морозы, находятся антифризные белки. С химической точки зрения эти вещества обладают привычным для всех белков составом — они состоят из аминокислот, отличает их лишь уникальная структура. В своем исследовании я использовал рыбные антифризные белки, которые делятся аж на 4 типа, плюс еще отдельный тип. Далее приведена таблица с описанием белков и вид рыб, в которых они встречаются, а также с изображением белков.



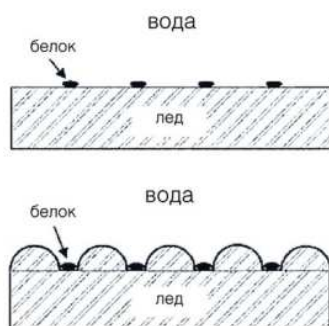


Тип I	Тип II	Тип III	Тип IV	Гликопротеины
Зимняя камбала, европейский керчак	Азиатская корюшка, сельдь, морской ворон	Американская бельдюга, полосатая зубатка	Некоторые виды камбалы	Антарктический клякач, гренландская треска

Механизм действия этих белков достаточно изучен. Структура антифризного белка очень уникальна — одна сторона молекулы очень схожа с кристаллической структурой кристаллов льда.



Когда белок попадает на поверхность образующегося кристалла льда, он как бы приклеивается к ней, не давая новым молекулам воды присоединяться к кристаллической решетке и образовывать кристалл. Образуются также участки закругления льда между прикрепленными белками.



Если всего несколько таких молекул белка прикрепятся к растущему кристаллу, то для новых молекул воды просто не будет места, и при этом рост кристалла будет практически остановлен. Именно это свойство антифризных белков и используется в производстве мороженого.

Антифризные белки можно получить экстракцией из рыбьей крови или из растений, но этот процесс очень дорог и имеет

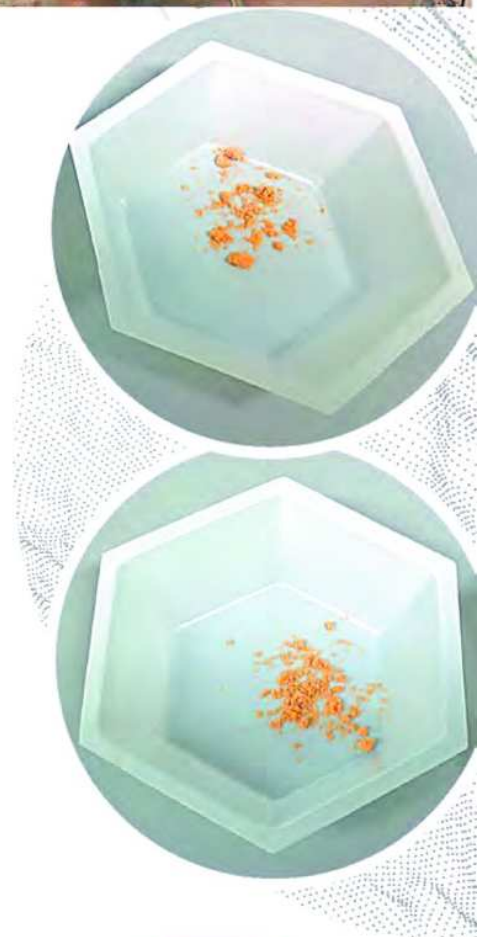
низкую эффективность, так как содержание этих белков в рыбе очень мало. Современные методы производства таких белков применяют биосинтез. Это значит, что берут, например, дрожжевую клетку и изменяют ее генетический код таким образом, чтобы клетка начала сама синтезировать нужные виды белков. Позже такие дрожжи помещают в биореактор, в котором они успешно размножаются и накапливают в себе нужные производителю антифризные белки. После того, как в реакторе наплодилось нужное количество дрожжей, их вынимают, фильтруют и производят экстракцию нужных белков. Преимущество в том, что в таких дрожжах антифризных белков содержится уже гораздо больше, чем в теле рыбы. Такую технологию сейчас использует компания Unilever для производства мороженого с антифризными белками.



На фото — антифризные белки, полученные из дрожжей, а также небольшой биореактор.

Использование антифризных белков дает возможность создавать практически обезжиренное мороженое, которое при хранении не превращается в твердую ледышку, а сохраняет мягкость и приятный вкус. Дело в том, что в обычном, не обезжиренном, мороженом жир является стабилизатором роста кристаллов и не дает им разрастаться до огромных размеров. Если жир убрать, то кристаллы начнут срастаться очень быстро, образуя кусок льда. Добавление антифризных белков не дает кристаллам срастаться друг с другом, что способствует сохранению нужной структуры мороженого.

Для изучения кристаллов в мороженом можно использовать несколько методов, но в моей исследовательской работе я остановился на обычной оптической микроскопии. Единственным минусом было то, что мороженое просто растает, если изучать его под микроскопом при комнатной температуре. Чтобы решить эту проблему, пришлось использовать специальный охлаждающий столик, а также для приготовления пробы весь микроскоп держать в морозильнике.

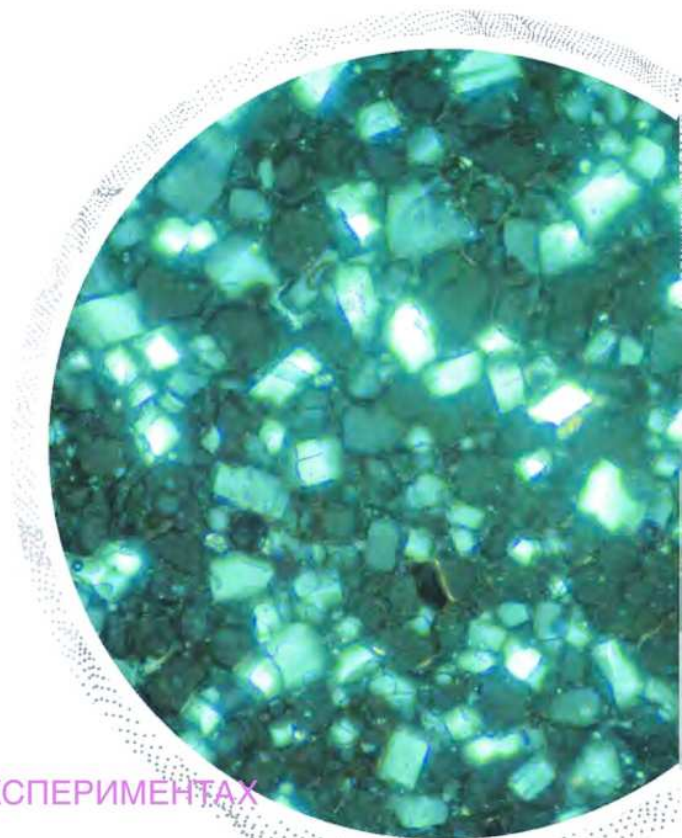
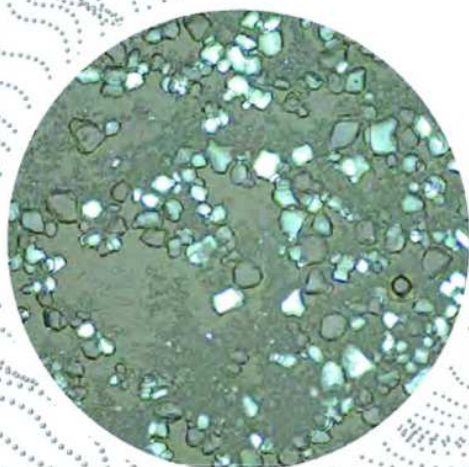
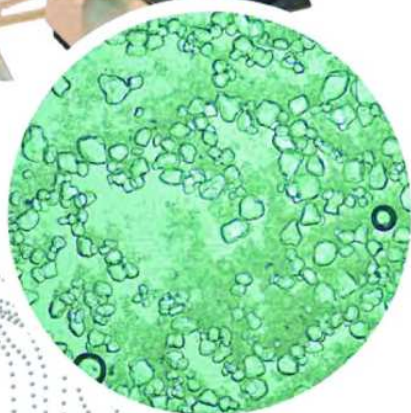




Чтобы кристаллы были лучше видны на белом фоне при изучении, я использовал специальный поляризатор, создающий поляризованный свет, способный проходить только через некоторые кристаллы в зависимости от их положения. Фон остается темным, при этом программа-робот может автоматически вычислить площадь кристаллов. На фото — кристаллы мороженого под микроскопом, первое светлое фото без поляризатора, а второе с поляризатором.

Кстати, при добавлении антифризных белков в мороженое кристаллы льда начали принимать более кубическую форму, обусловленную вклиниванием белков в кристаллическую решетку льда.

В следующий раз, когда будете кушать мороженое, подумайте о том, сколько времени и сил потратили ученые, чтобы вы смогли насладиться этим холодным десертом!



КРИСТАЛЛ ИЗ МЕДНОГО КУПОРОСА

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:



Медный купорос (сульфат меди – CuSO_4)

Самое первое, что нужно сделать, перед тем, как выращивать кристалл — это вырастить затравку. Для этого возьмем стаканчик и насыплем туда треть или половину объема соли.

Дальше в стаканчик наливаем горячую воду и все это перемешиваем. Если вы добавили недостаточно соли, то нужно добавлять ее постепенно, пока она не перестанет растворяться.

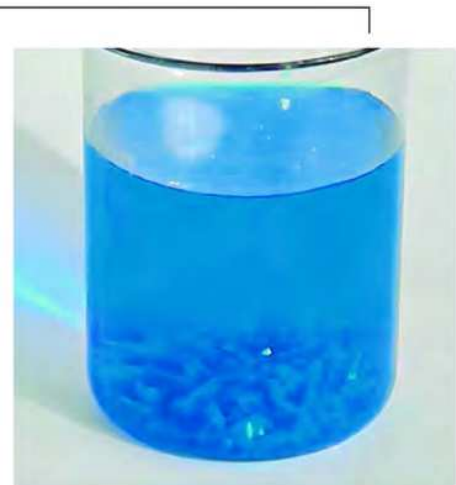
После того, как соль перестала растворяться и раствор стал максимально насыщенным, его нужно профильтровать, чтобы избавиться от разных примесей.

После фильтрации добавляем на дно стаканчика немного медного купороса и оставляем этот стаканчик на сутки, чтобы на дне образовались большие кристаллы.

Спустя сутки на дне стакана образовалось много красивых кристаллов, размером примерно с горошину.

Затем мы сливаем раствор в другой стаканчик — теперь нам нужно расковырять массу спос-

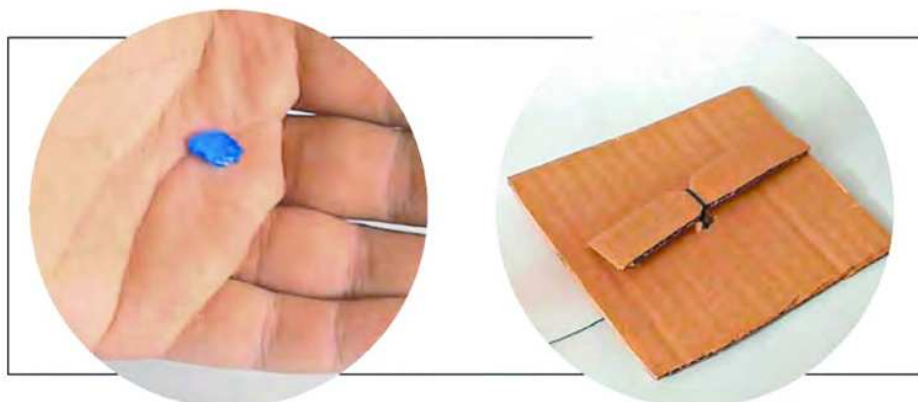




шихся кристаллов. Берем какой-нибудь нож или острый инструмент и сверлим им получившуюся массу, затем высыпаем кристаллы в тарелку и выбираем из них самый ровный и большой кристалл.

ПОМНИТЕ — МЕДНЫЙ КУПОРОС НЕ СЛЕДУЕТ БРАТЬ ГОЛЫМИ РУКАМИ, ЛУЧШЕ ЭТО ДЕЛАТЬ В ПЕРЧАТКАХ!

После того, как мы выбрали самый большой кристалл, его необходимо привязать на нитку. Нитку можно привязать к карандашу или какой-нибудь палочке. В моем случае я вырезал из картона специальное приспособление. Первый кусочек картона будет поддерживать всю систему, а на другой кусочек будет наматываться нитка.



Мы подвесили кристалл в стаканчик, и теперь все, что нам остается, это ждать. Выращивание кристаллов требует очень много времени и терпения. Если вы хотите получить очень ровный и красивый монокристалл, то каждые 2 недели нужно фильтровать раствор, чтобы поддерживать его чистоту.

Если раствор будет грязным, кристалл будет расти не ровным и получится не монокристалл, а поликристалл.

Теперь я буду вам показывать этапы роста моего кристалла.

Я заснял не все этапы, но все же. Каждая фотография соответствует неделе роста кристалла. На первой неделе роста можно видеть сформировавшуюся форму кристалла, повторяющую форму кристаллической решетки молекулы пентагидрата медного купороса, то есть молекулы сульфата меди, соединенной с 5 молекулами воды ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

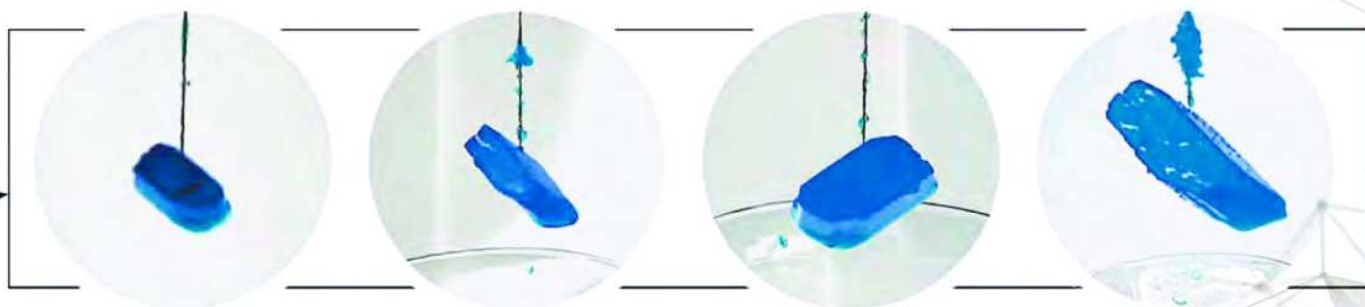
На второй фотографии видно заметное увеличение кристалла.

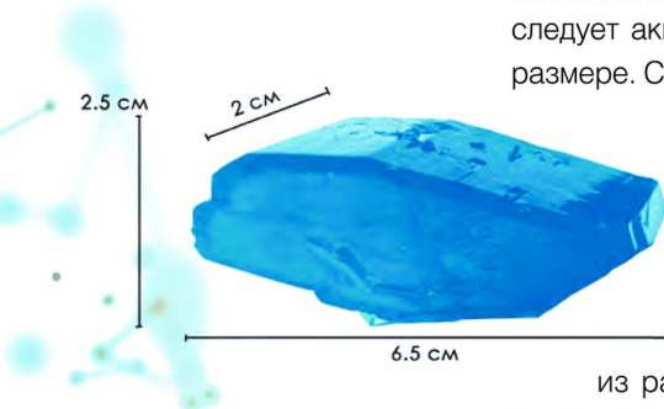
Третье фото ничем не примечательно.

На последней фотографии видно, что кристалл покрыт такими «точками». Эти точки представляют собой наросты маленьких кри-

**КРИСТАЛЛЫ
МОЖНО ВЫРАЩИВАТЬ
ПРАКТИЧЕСКИ ИЗ ЛЮБОЙ
СОЛИ, НО ИЗ МЕДНОГО
КУПОРОСА
ОНИ ПОЛУЧАЮТСЯ
ЛУЧШЕ ВСЕГО**

сталлов на одном большом. Дело в том, что на этом этапе я немного поторопился и опустил растущий кристалл в еще не успевший остыть до комнатной температуры насыщенный раствор сульфата меди. Если так сделать, то при остывании насыщенного раствора будет продолжаться резкое падение растворимости сульфата меди. На основном кристалле произойдет резкий рост побочных кристаллов, так как кристаллизующееся вещество, то есть сульфат меди, не будет успевать занять нужные места в кристаллической решетке основного кристалла. Из-за этого молекулы, не успевшие мигрировать в свободное место на кристаллической решетке, присоединятся к основному кристаллу где попало, из-за чего в то же место понесутся и другие молекулы. Все это потянет за собой цепную реакцию, из-за которой монокристаллическая структура растущего основного кристалла мо-





жет быть нарушена в виде помутнения кристалла или образования так называемых наростов. Если такое произошло, то эти наросты следует аккуратно счистить ножом, чтобы они не увеличивались в размере. Со временем, когда концентрация соли в растворе уравнивается, кристалл начнет расти равномерно и эти некрасивые места зарастут. Однако в кристалле на просвет будет виден этот мутный слой, при котором происходил слишком резкий рост кристалла. Спустя 2 месяца и одну неделю я подумал, что мой кристалл достаточно вырос и пора перестать его растить. Вытаскиваем кристалл

из раствора и сушим его поверхность с помощью салфетки. Далее кристалл нужно покрыть бесцветным лаком для ногтей, одним или двумя слоями. Это нужно для защиты кристалла от дальнейшего разрушения. Если этого не сделать, то будет происходить процесс, называемый еще выветриванием. Дело в том, что кристалл состоит не просто из сульфата меди, а из его пентагидрата, то есть молекулы сульфата меди, соединенного с пятью молекулами воды. В некоторых солях при комнатной температуре молекулы воды могут улетучиваться из кристаллической решетки кристалла. Такой процесс будет сильно портить вид кристалла, да и он со временем может вообще развалиться и превратиться в порошок. К сожалению, у меня нет фотографии того ужаса, который происходит с кристаллами при выветривании, но по памяти из фотографий я могу сказать, что кристаллы медного купороса покрываются белым слоем, а, например, кристаллы сульфата железа II вообще нужно хранить от выветривания в масле, так как их не спасает даже 10 слоев лака для ногтей.

Красоту полученных кристаллов сульфата меди вы сможете лицезреть на фотографиях.



КРИСТАЛЛЫ КВАСЦОВ

НАМ
ПОНАДОБИТСЯ:



Додекагидрат алюминия-калия ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$)

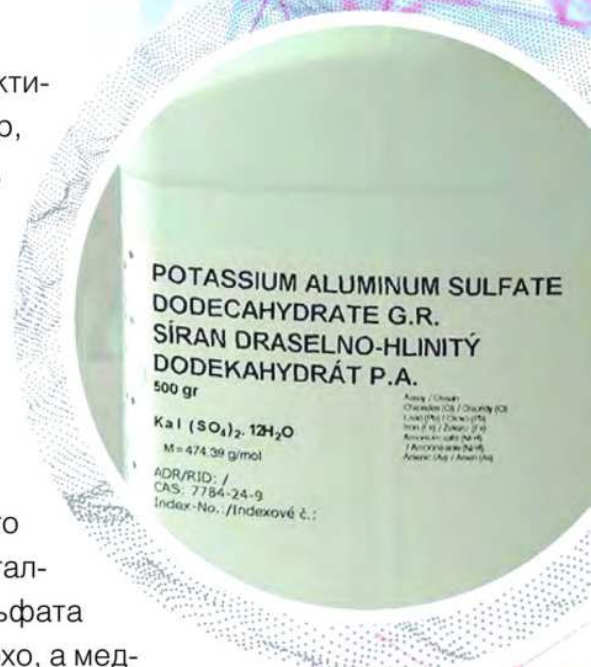
Выращивать кристаллы можно практически из любого вещества. Например, кристаллы белков, кристаллы йода, кристаллы металлов. Даже из воздуха можно вырастить кристалл, если охладить его до нужной температуры. Для обычных условий лучше всего подходят неорганические соли. Сейчас попробуем вырастить кристаллы из алюмокалиевых квасцов.

Однако из личного опыта я скажу, что дома лучше всего выращивать кристаллы из медного купороса, то есть сульфата меди. Из столовой соли они растут плохо, а медный купорос проще купить – из него можно вырастить красивые синие кристаллы.

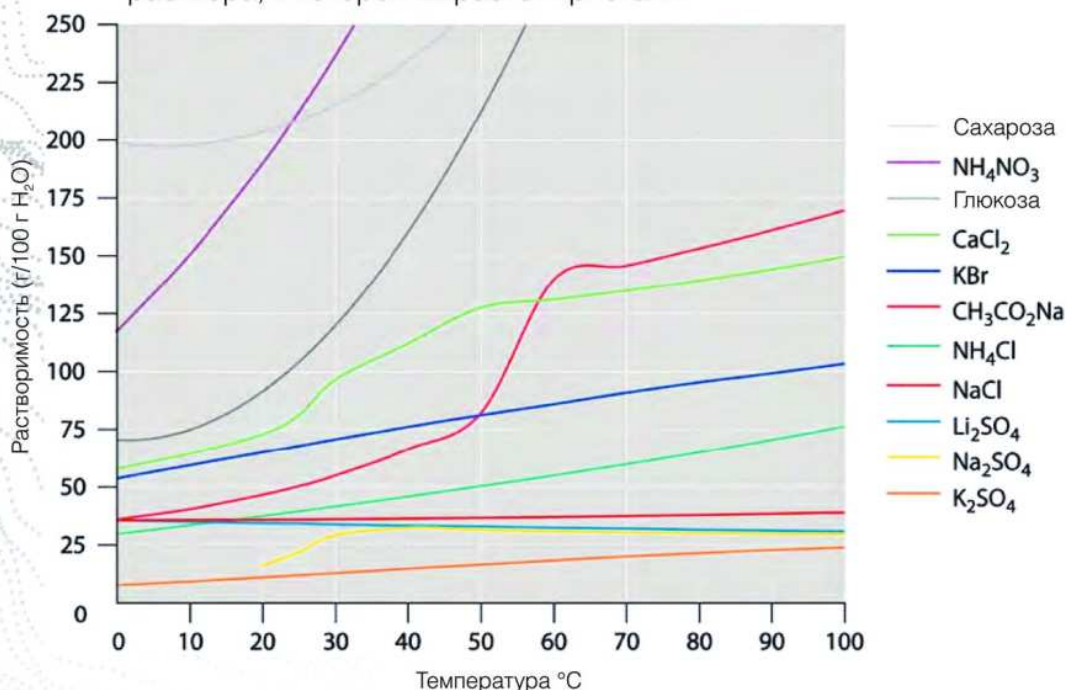
Для начала возьмем какую-нибудь емкость и насыплем туда немного нашей соли. Далее наливаем в емкость горячей воды и добавляем соль, пока она не перестанет растворяться.

При этом у нас получается насыщенный раствор. Обязательно нужно добавлять горячую воду, чтобы не ошибиться с пропорциями!

Для разных солей существуют кривые растворимости. Кривая растворимости – это показатель того, сколько грамм данной



соли может раствориться в 100 мл воды при определенной температуре. Умение пользоваться кривыми растворимости может помочь вам подобрать пропорции соли и воды для создания насыщенного раствора, в котором вырастет кристалл.



И для всех солей эти данные различны. После того, как мы приготовили насыщенный раствор нашей соли, его нужно профильтровать, пока он еще горячий.

Фильтрация не обязательно, но если вы покупаете химикаты не в специальном магазине, а в магазине для сада и огорода, то раствор нужно тщательно очистить от возможных примесей. Однако я все же советую использовать изначально чистые вещества.

После фильтрации оставляем наш стаканчик с раствором примерно на сутки, чтобы из него выпали лишние кристаллы. Кристаллы выпадают потому, что при изменении температуры растворимость соли в воде тоже изменяется. Лишние кристаллы, которые не могут раствориться в растворе, выпадают на дно стаканчика.

Если вы выращиваете кристаллы из квасцов, тут есть один подводный камень. Дело в том, что при остывании из насыщенного раствора часто не выпадают кристаллы и раствор остается перенасыщенным. Для этого в остывающий раствор лучше добавить чайную ложку квасцов для инициализации кристаллизации.



Спустя сутки на дне стаканчика образовались красивые кристаллы. Эти кристаллы будут служить затравкой.

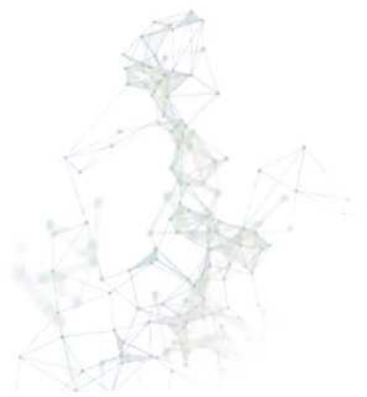
Затравка — это самый большой кристалл, который опускается в раствор и на котором будут нарастать новые слои кристалла. Теперь сливаем насыщенный раствор из стаканчика в какую-нибудь другую емкость.

Далее из массы кристаллов, которая образовалась на дне, выбираем самый красивый и большой кристалл (или тот, который проще всего привязать на нитку). Вместо нитки можно использовать тонкую леску.

После того, как мы привязали кристалл, берем стаканчик и выливаем туда насыщенный раствор нашей соли. Нитку можно подвязать на карандаш и подвесить кристалл в стаканчик на карандаше. Теперь нам остается только ждать роста кристалла.

Со временем кристалл будет становиться все больше и больше. Это будет происходить потому, что вода из раствора будет постепенно испаряться, тем самым повышая концентрацию раствора. Так как у нас есть кривая растворимости, мы можем узнать, что излишек вещества, которое не может раствориться, должно куда-то деваться. И это самое вещество будет образовывать наш один кристалл.

Если бы мы не повесили затравку, то кристаллы начали бы выпадать где попало — на стенках или на дне стаканчика. Во время роста кристалла из стаканчика постепенно будет испаряться жидкость, поэтому кристалл и будет расти. Но в этом вся проблема. При испарении жидкости настанет определенный момент, когда в стаканчике будет недостаточно раствора, и дальнейший рост кристалла будет невозможен. Для этого раз в месяц или раз в две недели в стаканчик нужно будет доливать насыщенный раствор. Готовить насыщенный раствор нужно так же, как и раньше, добавляя соль в горячую воду. Однако нельзя добавлять теплый раствор — насыщенный раствор должен быть той же температуры, что и растущий кристалл. Также, раз в месяц или раз в две недели, рекомендую фильтровать раствор, чтобы поддерживать его чи-





стоту. Со временем в раствор могут попадать пылинки или прочая грязь, которая может испортить кристалл.

С течением времени мои кристаллы из алюмокалиевых квасцов становятся все больше. Как вы можете заметить, у них очень интересная форма.

И вот спустя примерно 3 месяца я вырастил два красивых кристалла из алюмокалиевых квасцов.

Они не идеальные и не совсем ровные, но все равно у меня вышла монокристаллическая структура. Для тех, кто не знает, монокристалл — это один такой большой кристалл, а поликристалл — это множество сросшихся между собой кристаллов.

После того, как мы решили, что наш кристалл достаточно большой, и мы хотим прекратить его рост и положить к себе на полку, нам необходимо еще совершить некоторые действия. Вытаскиваем из раствора наш кристалл и высушиваем его поверхность салфеткой. Далее нам нужно покрыть наш кристалл одним или двумя слоями бесцветного лака для ногтей.

Это защитит кристалл от высыхания и возможного разрушения. После высыхания лака кристалл можно брать руками.

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Получившиеся кристаллы совсем не прочные, думаю, что если их уронить на каменный пол, то они легко разобьются. Практического применения такие кристаллы не имеют. Однако кристаллы других веществ, выращиваемые в лаборатории, имеют частое применение в науке и технике. Например, один из самых больших кристаллов, выращенный в лаборатории — монокристалл дигидрофосфата калия (KH_2PO_4), массой более 100 кг. Такие кристаллы, только меньше размером, используют в оптике для исследования световых полей и их взаимодействия с веществами.

ГОРЯЧИЙ ЛЕД

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Ацетат натрия (CH_3COONa)

Уксус (CH_3COOH)

Столовая сода (гидрокарбонат натрия – NaHCO_3)



Сейчас я не только познакомлю вас с ацетатом натрия, или, как его еще называют, горячим льдом, но и расскажу, как можно самостоятельно его изготовить.

Первое, и самое главное, что вам понадобится — это уксус, рекомендуемая концентрация 30% или 70%. Но если есть только 9%, не беда, подойдет и такой. Второй компонент — обычная столовая сода, или гидрокарбонат натрия.

Но вот вы закупились уксусом и содой, что же теперь делать дальше? Дальше мы берем обычные весы. Без весов этот опыт скорее всего не удастся, так как химия — наука точная и не терпит методов «на глаз». Для проведения опыта советую брать электронные весы, так как с механическими очень трудно работать.

Для начала вам необходимо отмерить компоненты — соду и уксус. Я рассчитал, сколько нужно граммов соды для 200 мл бутылочки уксуса (именно в таких чаще всего продают уксус, а если нет, то обязательно ищите бутылочку на 200 мл уксуса!) различной концентрации, вот мои результаты:

1) Для 200 мл уксуса 70%-ной концентрации необходимо 210 грамм соды.

2) Для 200 мл уксуса 30%-ной концентрации надо 87,4 грамм соды.

3) Для 200 мл уксуса 9%-ной концентрации надо 18,9 грамм соды.

Советую брать соды чуть меньше, так как выход этой реакции не 100%, а около 88–90%. Так происходит, потому что в процессе выделения углекислого газа часть уксуса улетучивается.





Ну вот, вы отмерили количество соды и уксуса, теперь начинаем реакцию:



Реакцию лучше проводить сразу в кастрюльке, слегка нагревая смесь! Нагревание необходимо, так как в ходе реакции температура смеси понижается, и реакция замедляется. Только не надо ставить смесь на газовую горелку — у вас все пригорит! Имейте также в виду, что в ходе реакции образуется много пены.

После того как реакция завершилась, раствор стал прозрачным. Теперь мы можем испытать нашу смесь: капнуть туда чуть-чуть уксуса. Если реакция пойдет, это значит, что в растворе осталась лишняя сода. Добавляйте понемногу уксус, пока реакция не завершится. Если же никаких реакций нет, то смело ставьте раствор на плиту и начинайте варить. Но помните – за смесью обязательно надо следить!

В процессе варки или выпаривания из раствора улетучивается лишняя вода, поэтому процесс необходимо строго контролировать. Упаривать необходимо для получения перенасыщенного раствора ацетата натрия. Варить надо до появления по краям кастрюльки кристаллизационной корки. Время варки зависит от того, какой концентрации вы брали уксус. Вид корки — на фото.

Как только появилась корка — сразу снимаем кастрюльку с огня. И даем смеси немного остыть в течение 5 минут. После небольшого охлаждения кристаллизационная корка должна расшириться, и поверхность раствора должна покрыться как бы «льдом». После этого кипятим в другой кастрюльке воду. Затем по капелькам добавляем ее в кастрюльку с нашей поостывшей смесью.

После того как вы добавили немного воды, помешайте раствор ложечкой. Затем добавьте еще воды и снова помешайте. Так мы продолжаем до того момента, пока весь «лед» и другие кусочки, плавающие в растворе, не растворятся полностью. В итоге должен получиться горячий прозрачный, немного такой маслянистый раствор. Маслянистый не в смысле жирный, а в смысле вязковатый или густоватый.



Дальше вам понадобится какая-нибудь идеально чистая емкость типа баночки или кружки. Это необходимо для того, чтобы раствор не кристаллизовался, пока охлаждается. В эту емкость вы выливаете горячий раствор из кастрюльки. Потом ставите емкость с раствором в холодильник. Раствор должен охладиться как минимум до комнатной температуры. Ну а после того, как ацетат натрия охладился, наступает момент истины — настоящее испытание!

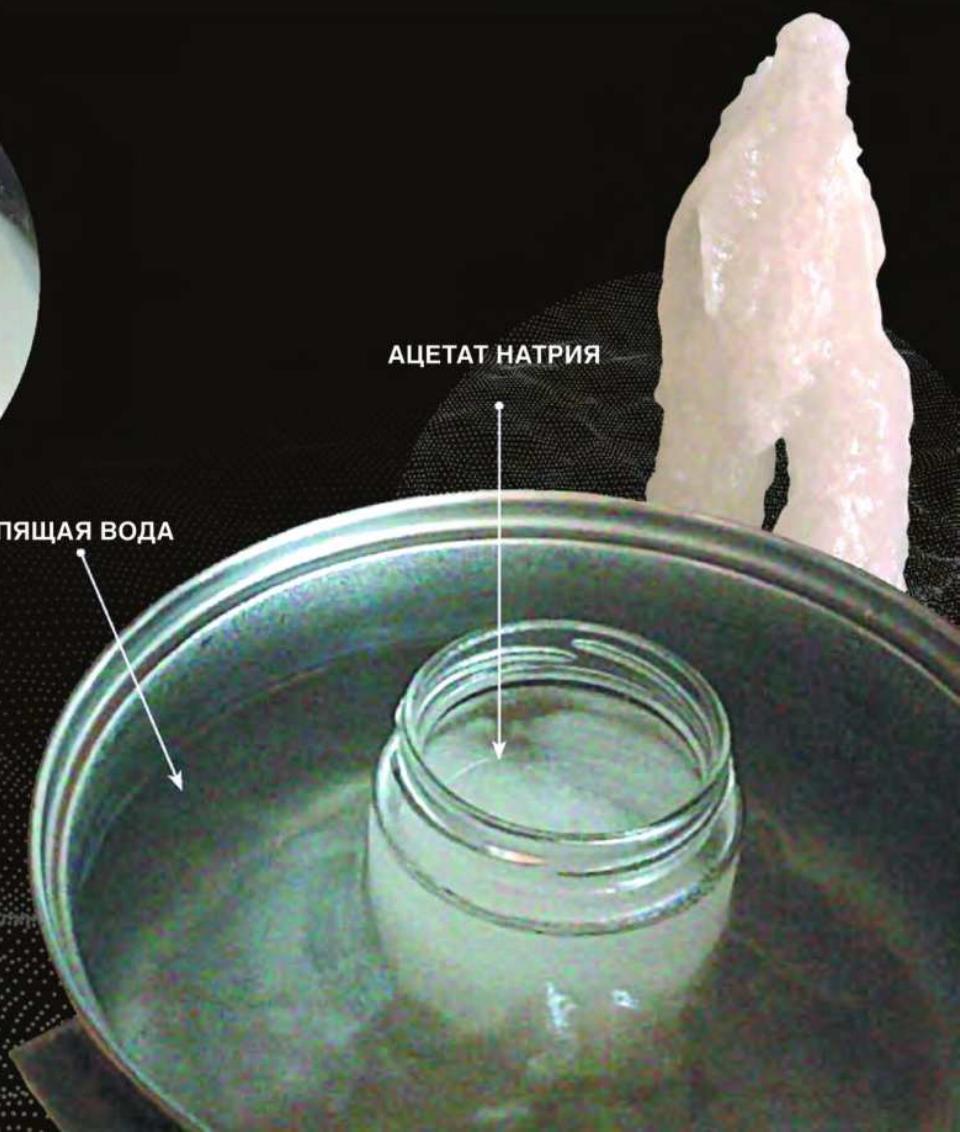
Возьмите щепотку столовой соли и высыпьте ее в горячий лед. Если пошла кристаллизация, и ваше настроение улучшилось, то опыт удался! Вы сделали первый шаг на пути становления химиком!

После кристаллизации такой горячий лед можно еще и повторно использовать! Для этого просто поставьте вашу емкость с кристаллизировавшимся ацетатом натрия на водяную баню. Помешивайте смесь ложечкой. Лед, как ему положено, будет таять. А если будет образовываться противная кристаллизационная корка, не злитесь, а по капелькам добавляйте кипятка в ваш драгоценный горячий лед.



КИПАЩАЯ ВОДА

АЦЕТАТ НАТРИЯ



СУХОЙ ЛЕД

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Сухой лед
Керамическая сетка
Магниевая стружка



Сухим льдом называют твердую фазу углекислого газа, который обычно продают в форме небольших цилиндров.

Сухой лед можно взять в руку и подержать, но только не сжимая и постоянно меняя точку контакта с рукой, иначе можно получить обморожение!

Температура сухого льда -79°C . При атмосферном давлении сухой лед может находиться в твердой или в газообразной форме. В жидкой фазе углекислый газ может быть только при сильном давлении, более 70 атмосфер.

На воздухе сухой лед сублимируется, то есть переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу.

Если положить кусочек сухого льда в воду, то он начнет сублимироваться быстрее, особенно если вода горячая. При таком



процессе образуется красивый туман, то есть очень маленькие капли воды, которые получаются при выходе холодного углекислого газа из емкости с водой.

Образующийся туман гораздо тяжелее воздуха, поэтому он начинает стелиться по поверхности и течь вниз, очень эффектно это выглядит при правильном освещении.



Если в воду добавить жидкого мыла, то начнут образовываться красивые пузыри, которые тоже можно брать в руки.

Пузыри наполняются тем самым туманом, поэтому выглядит это довольно эффектно. Эти пузыри можно взять в руку, после чего сжать ладони, от чего пузыри мгновенно лопнут. Когда пузыри лопаются, туман выходит наружу. Может показаться, что вы видите фокус, однако это всего лишь физические явления.





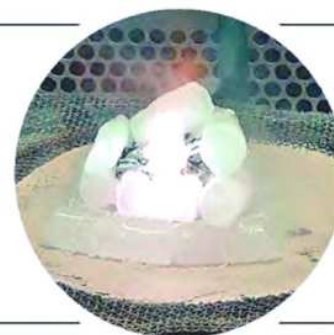
Мы решили немного побаловаться и взяли большую емкость с очень горячей водой и насыпали туда немного сухого льда.

При этом сухой лед начал переходить в газообразное состояние, в результате чего образовался красивый густой туман.

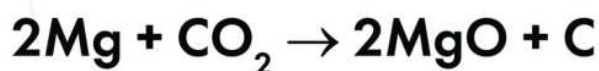
Теперь рассмотрим реакцию сухого льда с магнием. Берем керамическую сетку и кладем на ее поверхность несколько кусочков сухого льда.

Далее в центр образовавшейся конструкции положим немного магниевых опилок.

После того, как мы выложили такую конструкцию, поджигаем магний.



Происходит довольно бурная реакция, при которой магний реагирует с диоксидом углерода (CO_2), образуя уголь и оксид магния (MgO).



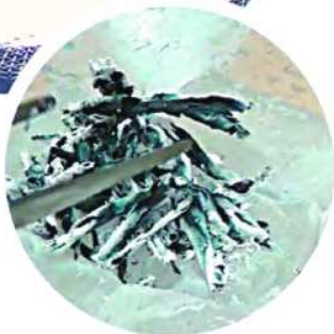
Магний является довольно активным металлом, от чего он даже может отобрать кислород у молекулы углекислого газа, сам при этом окислившись до оксида.

Если подержать сухой лед в пламени газовой горелки, то он все равно не будет таять, а будет просто быстрее сублимироваться.

А сейчас рассмотрим еще одно очень интересное свойство сухого льда.

Если положить кусочек сухого льда на металлическую поверхность, то он будет прыгать и дребезжать!

Так как металлическая поверхность теплая, то на ее поверхности сухой лед очень быстро сублимируется, и образуются очаги повышенного давления.



Также наблюдается такой интересный эффект, при котором сухой лед начинает скользить по металлической поверхности из-за быстрой сублимации. Под кусочком сухого льда образуется что-то наподобие воздушной подушки, от чего этот эффект напоминает воздушный хоккей.

Но еще сухой лед обладает удивительным свойством — музыкальным. Если до кусочка сухого льда дотронуться металлическим предметом, то получится очень громкий звук. Он образуется из-за быстрой сублимации сухого льда, при которой вырывающиеся потоки газа движутся с огромной скоростью. Они ударяются о ближайший предмет, вызывая его вибрацию, которое наше ухо воспринимает как звук.

С сухим льдом можно проводить и интересные вечеринки. Многие напитки и коктейли при добавлении в них сухого льда превращаются в настоящее развлечение. Из стакана выходят потоки пара, а пьющий такой напиток человек вызывает восторг у толпы.

Вообще самый эффектный и безопасный опыт с сухим льдом — его реакция с горячей водой. Для этого можно использовать любую посуду, в колбе Бунзена это выглядит особенно весело.



ЕГИПЕТСКАЯ НОЧЬ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Йодид калия (KI)
Тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
Серная кислота 20% (H_2SO_4)
Пероксид водорода 30% (H_2O_2)
Крахмал



Химическую реакцию «Египетская ночь» можно назвать упрощенной версией химического маятника. Этот опыт любят показывать на различных химических шоу для демонстрации такого явления, как **кинетика химической реакции**.

Перед началом реакции возьмите стаканчик в 500 мл и отсыпьте туда 1,2 грамма йодида калия (KI) и 1,5 грамма тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Затем растворим эту смесь в 200 мл воды.

Возьмем второй стаканчик емкостью 100 мл и растворим там 1 грамм картофельного крахмала, получится что-то наподобие пасты.

Сначала растворим крахмал в холодной воде, а потом дольем туда кипятка, чтобы крахмал лучше растворился. Если дополнительно нагревать раствор на плитке и равномерно перемешивать его стеклянной палочкой, то процесс растворения крахмала ускорится.

Раствор должен получиться немного мутным, похожим на клейстер.

Далее приливаем 1–2 мл раствора крахмала к первому раствору, где у нас находится смесь йодида калия и тиосульфата натрия. У нас должен получиться немного мутный раствор. Чтобы проверить степень его мутности, возьмите бумагу с текстом, напечатанным 12-м кеглем шрифта, и поставьте на него стакан с раствором, где толщина жидкости составляем около 4 см. Текст должен оставаться читаемым.

Затем сделаем второй рабочий раствор. Этот раствор может быть разных концентраций.

Для этого я в каждый стаканчик налил разное количество 30%-ного пероксида водорода (H_2O_2), подкислил раствор серной кислотой (H_2SO_4) и разбавил раствор до 40 мл. Серная кислота является в данном случае катализатором, то есть уменьшает энергию активации, необходимую для протекания реакции.

Теперь проведем реакцию. Я поставил часы, чтобы вы могли видеть, как происходит реакция. В стаканчик я налил 20 мл первого рабочего раствора, а затем прилил к нему второй рабочий раствор.

Проходит какое-то время, и раствор резко становится черного цвета.

Изменение цвета — это реакция образовавшегося йода с крахмалом, так как крахмал является индикатором на йод.

Теперь возьмем 2 стаканчика первого рабочего раствора.

Однако теперь второй раствор будет разбавлен водой и будет иметь меньшую концентрацию, из-за чего время реакции можно изменять. А теперь смешиваем растворы





Первый раствор реагирует быстрее, а второй немного дольше. Это происходит из-за того, что концентрация веществ в стаканчике, находящемся на фото слева, немного меньше, чем в другом стаканчике. И-за этого молекулы реагентов находятся дальше друг от друга, и на их взаимодействие друг с другом требуется больше времени. Такой опыт хорошо показывает, что чем выше концентрация, тем быстрее происходит химическая реакция.

Эта реакция довольно красивая и эффектная, с ней можно играть довольно долго. Время реакции можно увеличивать или уменьшать, варьируя количество тиосульфата натрия в первом растворе или же разбавляя раствор водой. Также на скорость реакции влияет концентрация катализатора — серной кислоты и даже температура, при которой происходит реакция. На самом деле протекание химических реакций и влияние факторов, обуславливающих скорость разных химических превращений, изучает целый раздел физической химии, называемый кинетикой химических реакций. Изучение этого раздела очень важно, так как, например, в промышленности необходимо, чтобы производство происходило максимально эффективно и с наименьшими затратами.

А теперь посмотрим на изменение цвета в замедленной съемке.



КРАТКИЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ

ПОДГОТОВКА К ОПЫТУ

Получение раствора А

В 500 мл стаканчик отвесить 1,2 грамма йодида калия (KI) и 1,5 грамма тиосульфата натрия. Далее растворить содержимое стаканчика в 200 мл воды, перемешивая раствор стеклянной палочкой.

В отдельном стаканчике на 100 мл растворить в небольшом количестве холодной воды 1 грамм крахмала, получится что-то наподобие пасты. Далее прилить к этой пасте 50 мл горячей воды, при этом крахмал начнет лучше растворяться. Дополнительное нагревание на плитке и перемешивание стеклянной палочкой ускорит растворение крахмала. Полученный раствор крахмала должен быть мутным и напоминать крахмальный клейстер.

Далее в стаканчик на 500 мл, где у нас раствор йодида калия и тиосульфата натрия, нужно прилить примерно 1–2 мл крахмального клейстера, чтобы полученный раствор стал немного мутнее. Если переборщить с крахмальным клейстером, раствор будет слишком мутным. Степень мутности можно определить простым способом. Возьмите бумагу с текстом, напечатанным размером шрифта 12, и поставьте на него стаканчик с раствором, где толщина жидкости равняется примерно 4 см. Текст при этом должен оставаться читаемым.

Получение раствора Б

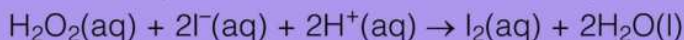
В стаканчик на 200 мл отмерить 30 мл 30% пероксида водорода и 1 мл 20%-ной серной кислоты. Полученный раствор разбавить до объема в 80 мл.

Проведение опыта:

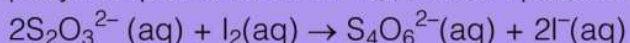
В стаканчик на 200 мл налить 20 мл раствора А. К нему прилить 40 мл раствора Б. Сначала визуально ничего не происходит, но спустя примерно 4 секунды раствор резко окрасится в черный цвет. Время реакции можно увеличивать или уменьшать, варьируя количество тиосульфата натрия в растворе А. Переход цвета бесцветный – черный происходит очень быстро. Опыт лучше проводить на белом фоне, чтобы лучше видеть изменение цвета.

Описание реакции:

Основная реакция – окисление йода пероксидом водорода.



Как только в растворе образовался свободный йод, он реагирует с тиосульфатом, образуя тетраионат-ион. Йод в этом процессе восстанавливается, образуя йодид-ионы.



Как только в растворе иссякает тиосульфат, в растворе остается не прореагировавший йод, а точнее, I_3^- ионы, йод реагирует с крахмалом, образуя комплекс темно-синего — черного цвета.

НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗА

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:



Концентрированная серная кислота (H_2SO_4)
Концентрированная азотная кислота (HNO_3)
Вата

ЭТОТ ОПЫТ БЫЛ СДЕЛАН ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО В ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ. ПОВТОРЕНИЕ ЭТОГО ОПЫТА БЕЗ ЗНАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЗНАНИЙ МОЖЕТ ПОВЛЕЧЬ ЗА СОБОЙ НЕПРИЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ!

Сейчас мы займемся изготовлением нитроцеллюлозы.

Для этого нам понадобится 2 части концентрированной серной кислоты и одна часть концентрированной азотной кислоты.

Смешивать эти кислоты мы будем в холодильнике, так как при смешивании кислот образуется много тепла, и смесь нужно будет охлаждать.

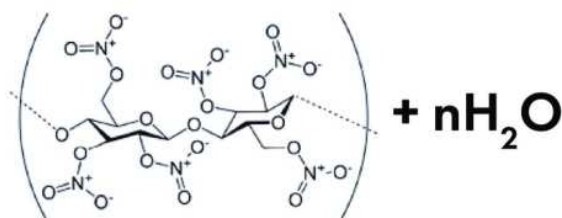
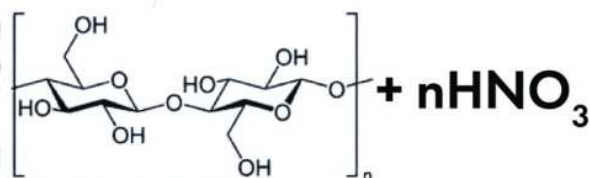
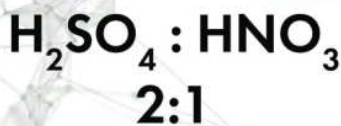
Смесь этих двух кислот называется нитрующей смесью.

После того, как кислоты перемешались, добавляем туда целлюлозу или вату.

Вата — это 100%-ная целлюлоза. Необходимо, чтобы вся вата пропиталась нитрующей смесью.

Теперь оставляем все на 15 минут, чтобы целлюлоза смогла нитроваться.

Что же происходит при этой реакции?





Дело в том, что целлюлоза состоит из множества соединений с собой молекул глюкозы. Каждая молекула глюкозы содержит в себе несколько гидроксильных групп. При реакции целлюлозы с концентрированной азотной кислотой азотная кислота замещает атомы водорода в гидроксильных группах на нитрогруппы. Нитрогруппы резко повышают горючесть целлюлозы. Концентрированная серная кислота поглощает выделяющуюся воду.

Спустя 15 минут целлюлоза пронитровалась. Теперь ее нужно промыть большим количеством холодной воды, чтобы вымыть остатки кислот.

Я добавил немного соды, чтобы нейтрализовать кислый раствор. После того как мы промыли нитроцеллюлозу, ее уже можно брать руками.

Теперь отжимаем нитроцеллюлозу и оставляем ее сушиться. После нитрации целлюлоза на ощупь стала значительно крепче. Теперь время испытаний.

Вот так горит обычная целлюлоза.

А вот так горит нитроцеллюлоза.

Нитроцеллюлоза горит настолько быстро, что ее можно поджечь на руке и не обжечься.

Примерно полграмма нитроцеллюлозы сгорают мгновенно, не образуя никакого дыма или копоти. Руку при этом почти не обжигает. Внутренняя часть комка нитроцеллюлозы взрывается первой, выталкивая и поджигая внешние слои, что отводит жар пламени от руки. Этот опыт очень эффектный.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:



На фото – гранулы
бездымного пороха
на основе
нитроцеллюлозы

Так для чего же нужна эта нитроцеллюлоза, кроме как в демонстрационных опытах?

- На основе нитроцеллюлозы делают бездымный порох для патронов, который горит без образования дыма.
- Также, если нитроцеллюлозу растворить в ацетоне, а потом высушить, можно получить один из первых пластиков, полученных человеком, – целлулоид. Из этого пластика делали киноплёнку в XX веке – она была крайне горюча, а также при неправильном хранении со временем разлагалась. Такая плёнка даже иногда взрывалась при прохождении через нагретый кинопроектор, поэтому от нее отказались, заменив на более безопасную ацетатную.
- Также из целлулоида делали в советское время линейки. По рассказам отца, такую линейку можно было нарезать ножом, завернуть в фольгу и получить классную ракету при поджигании. В XX веке много чего делали из целлулоида, от шариковых ручек до кукол. Сейчас из целлулоида делают некоторые дорогие шарики для настольного тенниса, которые все так же отлично горят. Также многие лаки, а в частности лак для ногтей, имеют в своем составе нитроцеллюлозу.

А вот так горит бездымный порох – практически без выделения копоти и других твердых продуктов сгорания. Изобретение бездымного пороха способствовало созданию современного огнестрельного оружия, из которого можно стрелять несколько раз без перезарядки.



САТУРНОВО ДЕРЕВО ИЛИ ДЕРЕВО САТУРНА

САТУРНОВО ДЕРЕВО – КРАСИВАЯ РЕАКЦИЯ, КОТОРАЯ ПОЛУЧИЛА СВОЕ НАЗВАНИЕ ЕЩЕ В СРЕДНИЕ ВЕКА. АЛХИМИКИ ДАВАЛИ КАЖДОМУ МЕТАЛЛУ ИМЕНА МИФОЛОГИЧЕСКИХ БОГОВ – НАПРИМЕР, СВИНЕЦ ОНИ ИМЕНОВАЛИ САТУРНОМ. ПОЭТОМУ РЕАКЦИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ СВИНЦА ПОЛУЧИЛА НАЗВАНИЕ «САТУРНОВО ДЕРЕВО»

Первый вариант реакции

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

1%-ный раствор ацетата свинца II ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)

30%-ный раствор уксусной кислоты (CH_3COOH)

Цинк (проволока или пластинка)

Очищенная вода

Медная проволока

В цилиндр наливаем около 450 мл 1%-ного раствора ацетата свинца (II). Раствор подкисляем несколькими каплями уксусной кислоты, чтобы в процессе гидролиза не образовалась основная соль свинца и не было помутнения раствора.

На медную проволоку или льняную нитку прикрепляем цинковую пластинку, кусочек или что-то другое из цинка и погружаем в раствор. Медную проволоку или льняную нитку крепим к стенке стеклянного сосуда (к краю).

При этом цинк замещает свинец в соединении. На цинковой пластинке образуются интересные свинцовые образования – кристаллы – по нижеприведенной реакции:





Второй вариант реакции

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Ацетат свинца II ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)

Желатин (агар-агар)

Очищенная вода

Цинк в гранулах

Готовим 80 мл желатинового раствора, к которому добавляем 8 мл насыщенного раствора ацетата свинца, немного нагреваем и выливаем смесь в стеклянный цилиндр. Даем раствору остыть и немного затвердеть. С помощью стеклянной палочки до самого дна цилиндра опускаем кусочек цинка. Если не получается сделать это с маленькой гранулой, то можно сплавить несколько гранул цинка вместе и попробовать снова.

Образуется свинцовое дерево интересной формы. Эксперимент длится несколько дней.



Третий вариант реакции

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Ацетат свинца II ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)

Силикат натрия (Na_2SiO_3)

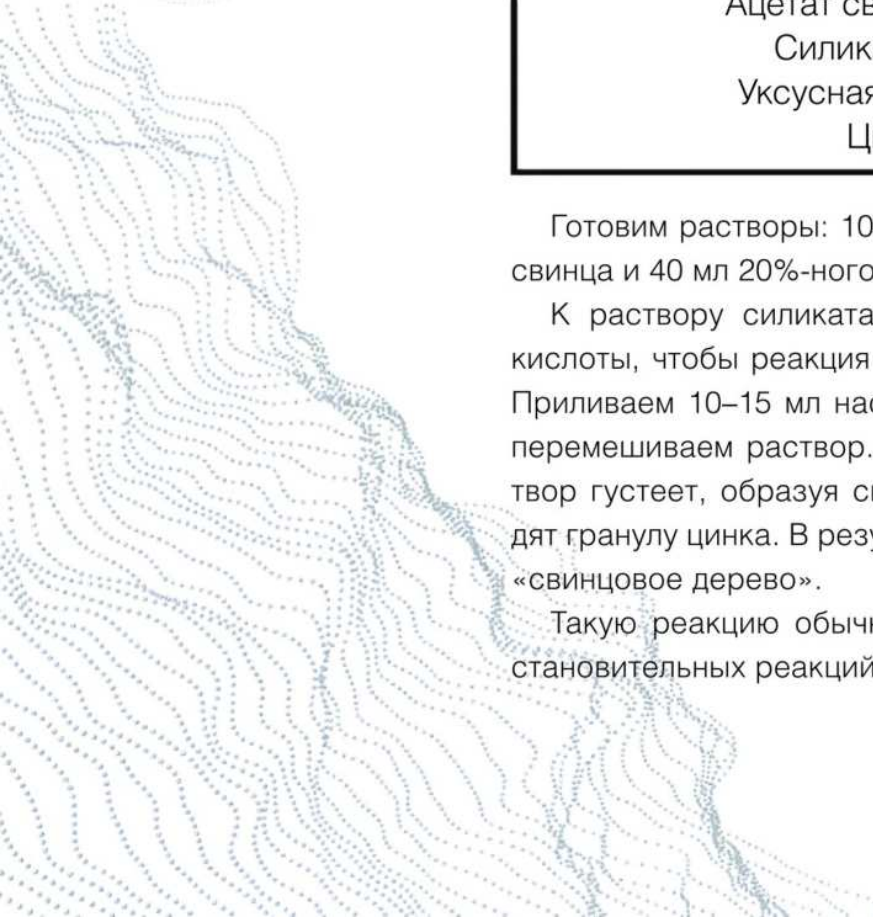
Уксусная кислота (CH_3COOH)

Цинк в гранулах

Готовим растворы: 10–15 мл насыщенного раствора ацетата свинца и 40 мл 20%-ного раствора силиката натрия.

К раствору силиката натрия приливаем столько уксусной кислоты, чтобы реакция по индикаторной бумаге была кислой. Приливаем 10–15 мл насыщенного раствора ацетата свинца и перемешиваем раствор. В короткий промежуток времени раствор густеет, образуя силикатный гель. В гель аккуратно вводят гранулу цинка. В результате реакции замещения образуется «свинцовое дерево».

Такую реакцию обычно используют для демонстрации восстановительных реакций.



НИТИНОЛ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Пружинка и скрепка из нитинола



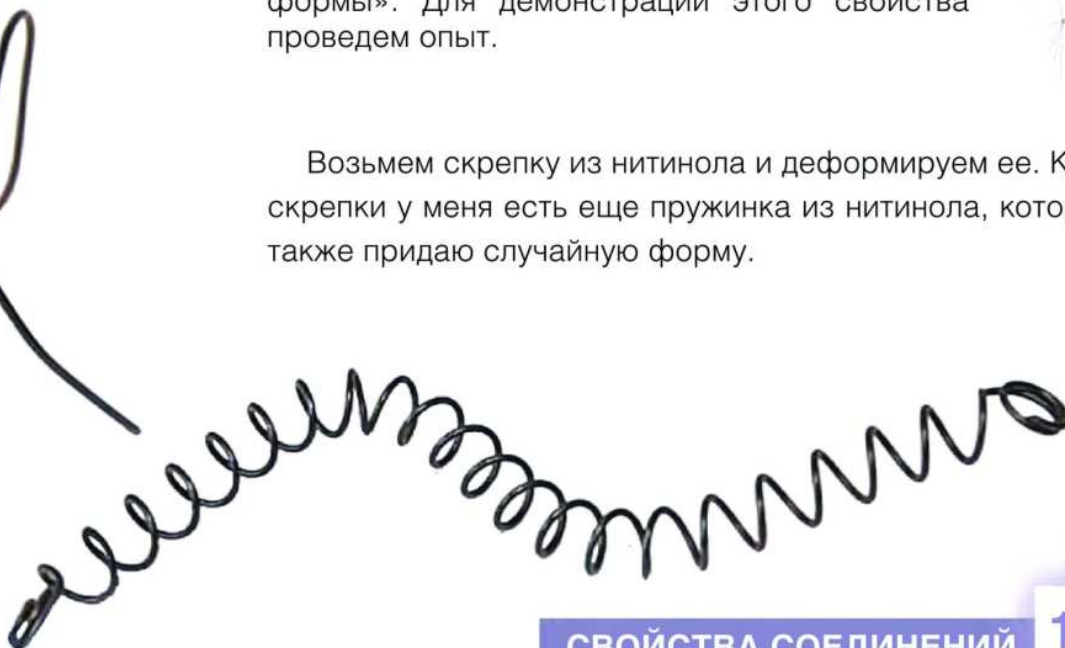
На любом учебном или рабочем столе есть этот предмет. Это обычная канцелярская скрепка, но на этот раз сделана она будет из одного очень необычного материала – нитинола.

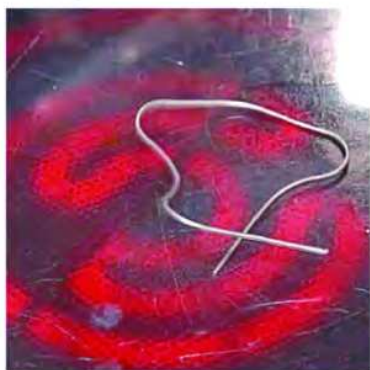
ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Нитинол представляет собой сплав никеля и титана в пропорциях 45% титана и 55% никеля. Этот сплав обладает уникальным свойством, которое было открыто в 1961 году американскими учеными.

Свойство этого сплава называют «памятью формы». Для демонстрации этого свойства проведем опыт.

Возьмем скрепку из нитинола и деформируем ее. Кроме скрепки у меня есть еще пружинка из нитинола, которой я также придаю случайную форму.





Температура активации нитинола — $+40^{\circ}\text{C}$. Я включил конфорку на плите и положил на нее деформированную нитиновую скрепку.

Со временем при нагревании скрепка начинает возвращаться к своей изначальной форме.

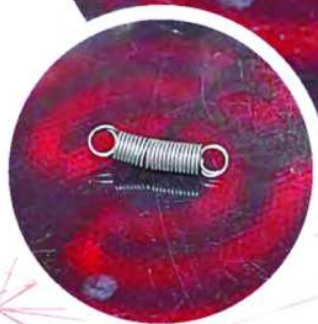
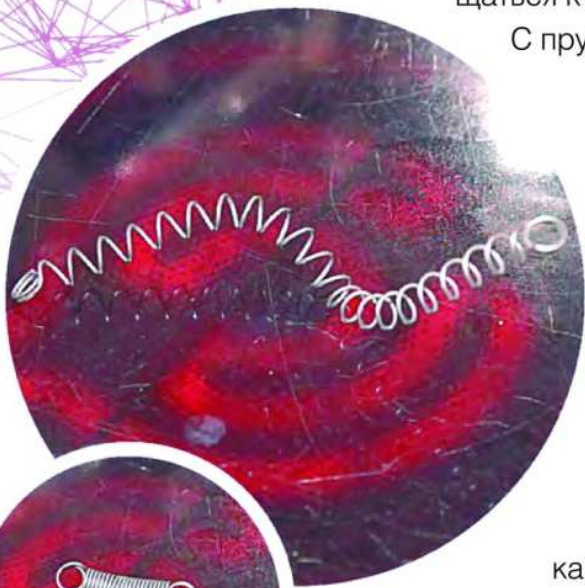
С пружинкой происходит то же самое.

Это происходит, потому что при изменении температуры кристаллическая решетка нитинола меняет конфигурацию из одной фазы в другую.

Нитинол в 10 раз эластичнее других металлов. При восстановлении формы он может совершать работу.

Проверим, какую работу сможет совершить маленькая пружинка из нитинола. Я прикрепил пружинку к штативу и подвесил к ней фарфоровую корзинку, вес которой 118 грамм.

Далее растягиваем пружинку. Чтобы пружинка опять сжалась, я буду нагревать ее при помощи зажигалки. Как можно видеть, пружинка без труда подняла корзинку.



Теперь усложним задачу. Я добавляю в корзинку металлические бруски, при этом общая масса становится уже 278 грамм.

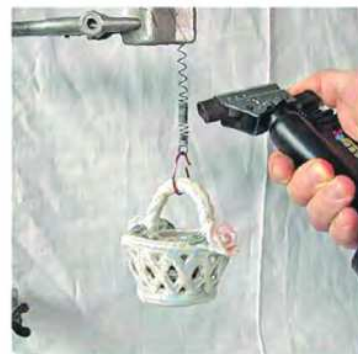
Снова испытываем пружинку.

Как можно видеть, пружинка и с этой задачей легко справляется. Добавим еще массы. Я кладу в корзинку камень и кусок пирита. Общая масса — 440 грамм.

Опять нагреваем пружинку — и ее опять ничто не останавливает.

Чтобы вконец убедиться в силе, которую создает нитинол при восстановлении формы, я подвесил на пружинку свою кнопку от YouTube, вес которой 825 грамм.

Пробуем опять нагреть нитинол — и даже такой вес пружинка поднимает без труда.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Однако вы можете спросить – если это такой суперсплав, почему же его мы не используем в повседневной жизни?

Самый главный недостаток нитинола – это его высокая цена и сложность в изготовлении и сварке. В 70-х годах XX века в США испытывали модели двигателей на основе нитинола и его свойств.

Однако дальше опытных образцов дело не пошло. Отказом от этой идеи послужило заявление руководства США о невыгодности этого проекта. На самом деле нитинол довольно дорогой в производстве, трудности вызывает придание ему формы в больших масштабах так, чтобы он не разломал стены цеха. Представьте силу, с которой будет сжиматься большой нитиноловый прут диаметром в пару сантиметров!

Сегодня нитинол используют в основном в медицине для скрепления костей. Кто знает, возможно, в будущем, когда кончится нефть, человечество вновь обратится к нитиноловым двигателям?

СТАЛЬНАЯ ВАТА

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Стальная вата
Хлорат калия (KClO_3)



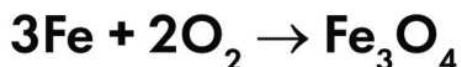
В России, в странах СНГ и Балтии довольно трудно найти в продаже стальную вату, так как исторически она у нас не прижилась. На Западе стальную вату используют как абразив вместо наждачной бумаги.

Эту вату можно использовать не только как абразив, но и проводить с ней довольно красивые химические эксперименты. Рассмотрим некоторые из них.

Стальная вата продается небольшими рулончиками и представляет собой тонкие стальные нити, переплетенные между собой. Нити эти получают просто протачиванием стальных стержней на токарном станке с помощью очень острых резцов.

Если стальную вату хорошо распушить и поджечь, то можно наблюдать довольно красивое горение. Эта реакция — не что иное, как окисление железа на воздухе до оксида железа Fe_3O_4 .

Если на вату подуть во время горения, то она начнет гореть еще сильнее, ярко освещая все вокруг.



Нераспушенный рулончик не будет гореть на воздухе, так как у сжатой стальной ваты небольшая площадь соприкосновения с кислородом воздуха. Чтобы вата горела на воздухе, ее надо распушить, тем самым дать ей возможность смешаться с кислородом воздуха.

Стальная вата будет гореть еще красивее и эффектнее, если нацепить ее на кончик стального провода, поджечь и раскрутить.

При этом смешиваться с воздухом стальная вата будет очень быстро, что дает возможность наблюдать красивые искры. Такие трюки используются на различных огненных шоу.

ХОЧУ ВАС ПРЕДУПРЕДИТЬ, ЧТО БЕЗ ЗНАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ТАКИЕ ОПЫТЫ ПРОВОДИТЬ Я НЕ РЕКОМЕНДУЮ!

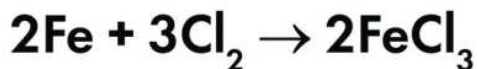
Стальная вата также реагирует с сильными окислителями, например, с хлоратом калия. Хлорат калия – очень мощный окислитель, его смеси со многими горючими веществами чрезвычайно горючи и огнеопасны. Я взял один рулончик стальной ваты, развернул его и насыпал внутрь небольшое количество хлората калия. Затем снова завернул стальную вату в рулончик — и у нас получился такой интересный реактивный рулет.

Теперь подожжем его. Происходит очень бурная реакция, при которой хлорат калия разлагается с выделением чистого, а также атомарного кислорода. Что дает стальной вате возможность гореть в разы быстрее, от чего она расплавляется и окисляется до оксида железа или окалина.

Также стальная вата может реагировать с другими сильными окислителями, например, с хлором.

Хлор — это галоген, газ, который имеет желтоватый оттенок. В этом газе горят многие вещества, так как хлор является довольно сильным окислителем, то есть его атом стремится забрать электроны у других атомов. Поджигаем кусочек стальной ваты и опускаем его в банку с хлором.

При этом железо в стальной вате окисляется до хлорида железа (III). Коричневый дым — это хлорид железа III.



ЦИАНОТИПИЯ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:



30%-ный цитрат железа(III)-аммония ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$)

12%-ный раствор красной кровяной соли
(гексацианоферрат калия – $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)

1%-ный раствор танина

2%-ный раствор соды

Сделать красивую фотографию может каждый, но сделать ее с помощью химии — задача не из простых! Раньше, до изобретения цифровых фотокамер, фотографии проявляли в фотолабораториях с помощью специальных реагентов на основе серебра. Еще раньше, в середине XIX века, когда все фотографии были только черно-белыми и довольно дорогими, в качестве дешевой альтернативы фотографии использовалась синяя печать фотографий, или **цианотипия**. В основном она подходила для копирования чертежей.

Для того, чтобы сделать такую самодельную фотографию, нам понадобятся цитрат железа-аммония и раствор красной кровяной соли.



Для начала сделаем первый светочувствительный раствор. Для этого в 10 мл воды растворим 3 грамма цитрата железа-аммония.

Это вещество можно купить в интернет-магазине или приготовить самому.

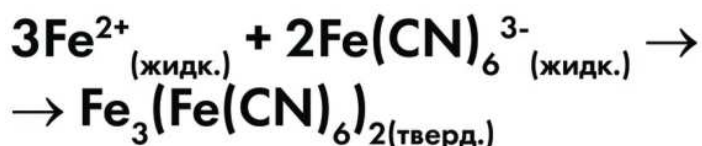
Теперь эта смесь стала светочувствительной, то есть ее нужно хранить в темноте, чтобы она не разложилась. Далее к смеси прибавим 10 мл раствора красной кровяной соли.



У нас готова смесь для цианотипии. Теперь намазываем эту смесь на плотную акварельную бумагу и сверху сразу же кладем негатив.

Негатив я сделал из двух слоев прозрачной пленки для принтера, на которой напечатал негативное изображение.

На негатив я сверху кладу лист акрилового стекла и зажимами прижимаю его к негативу, чтобы изображение получилось более резким. После этого нужно включить яркий свет или оставить изображение на ярком солнце, или под мощной лампой. В течение 15–20 минут лимонная кислота в смеси восстанавливает трехвалентное железо в растворе до двухвалентного, которое сразу же реагирует с красной кровяной солью, образуя ярко-синий краситель — берлинскую лазурь. Спустя 15 минут изображение проэкспонировалось, после чего я снимаю негатив с изображения.





Однако тут медлить нельзя — изображение нужно еще закрепить. Для этого бумагу с изображением нужно промыть водой из-под крана, чтобы смыть растворимые соли железа. После этого изображение можно высушить — в результате у нас получилась красивая фотография Юрия Гагарина.

Кроме нее я сделал еще несколько красивых фотографий.



Однако это еще не все. Подобные фотографии можно сделать двухцветными. Для этого нам понадобится 1%-ный раствор танина (вместо него можно взять крепкий чай) и 2%-ный раствор соды.

Сначала обрабатываем фотографию раствором танина, а потом раствором соды.

При этом в щелочной среде двухвалентное железо образует темный комплекс с танином, изменяя цвет фотографии.

Единственный минус такого метода печати фотографий в том, что он крайне малочувствителен к свету, и изображения получаются иногда не контрастными.

Чтобы немного повысить контрастность изображения, в изначальную смесь можно добавить 5 капель 8%-ного раствора дихромата калия на 1 мл смеси. При этом изображения становятся более яркими и контрастными.

Вместо негатива на лист бумаги можно положить различные предметы, например, листья, которые отпечатаются на изображении.

Сейчас цианотипия используется в основном художниками как альтернативная фотография. За предоставленную возможность сделать интересные фото, а также за помощь при проведении опытов с цианотипией хочу выразить благодарность команде компании «Мэл Сайенс».



ИЗВЕРЖЕНИЕ В СТАКАНЕ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Хлорат калия (KClO_3)
Метабисульфит калия ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$)



На этот раз мы будем проводить химический эксперимент, который называется «извержение в стакане».

НЕ ПЫТАЙТЕСЬ ПОВТОРИТЬ ЭТОТ ЭКСПЕРИМЕНТ САМОСТОЯТЕЛЬНО БЕЗ ДОЛЖНОЙ ПОДГОТОВКИ И ЗНАНИЙ, ТАК КАК ОН ДОВОЛЬНО ОПАСЕН!



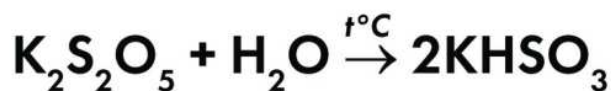
Метабисульфит калия используется очень часто в пищевой промышленности как консервант или антиоксидант. Его часто добавляют в вино или шампанское, чтобы оно не скисало.

Для начала приготовим насыщенный раствор метабисульфита калия. Для этого я беру примерно 50 мл воды и добавляю туда 50 грамм метабисульфита калия.





После этого перемешиваем раствор и растворяем метабисульфит калия в воде, чтобы получить его насыщенный раствор. В воде метабисульфит калия гидролизуете водой, от чего он превращается в гидросульфит калия.



При подобном растворении температура понижается и раствор начинает охлаждаться, при этом его растворимость падает. Для того, чтобы это исправить, немного нагреем раствор на водяной бане.

После того, как вы получили насыщенный раствор метабисульфита калия, выливаем его в другой стакан.

И чтобы начать реакцию, добавляем в стаканчик примерно 10 грамм хлората калия.

В первую минуту практически ничего не происходит, после этого хлорат калия частично растворяется в воде и начинается выделение пузырьков сернистого газа.

Происходит процесс, который называется автокатализ, то есть ускорение реакции образующимися продуктами, в данном случае роль катализатора играет накопление в растворе гидросульфата калия (NaHSO_4) и сульфита натрия (H_2SO_3).



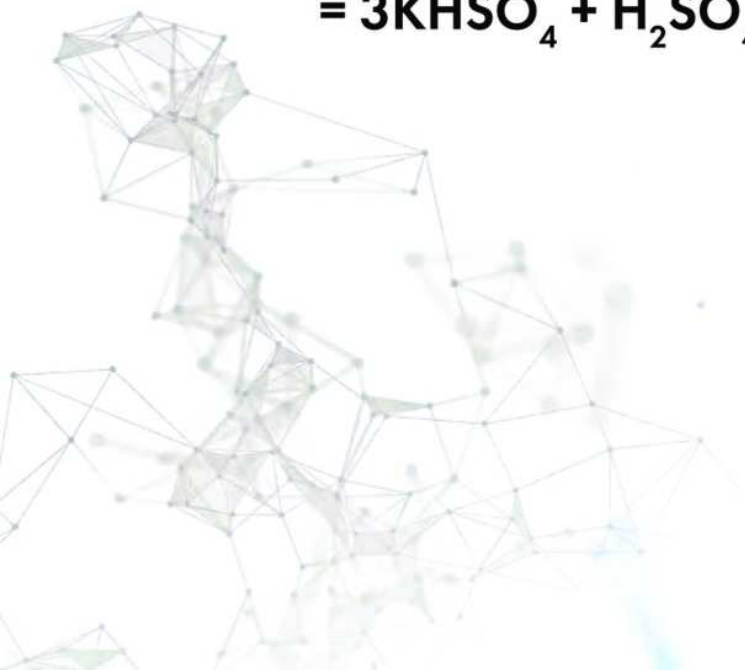
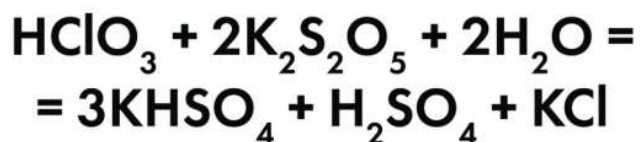
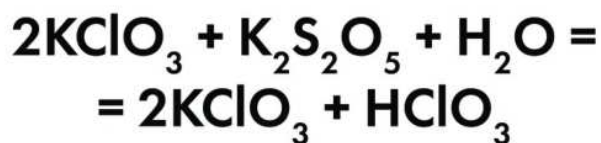
Так как последнее благоприятствует образованию хлорной кислоты (HClO_3), процесс окисления гидросульфита начинает протекать интенсивнее, что приводит к дальнейшему накоплению продуктов реакции и бурному выделению сернистого газа.



Со временем процесс происходит все быстрее, и быстрее, и в конце концов жидкость вскипает и очень резко выплескивается из стакана.

Автокатализ играет ключевую роль в эволюционной химии, поскольку реакция, катализируемая собственными продуктами, получает преимущество перед реакциями, получающими катализатор извне, что создает условия для естественного отбора.

Продуктами реакции разложения метабисульфита калия стали гидросульфат калия, хлорид калия, сернистый газ и вода.



ГОРЮЧИЙ ГЕЛЬ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Гидроксид кальция / известь ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
30%-ный раствор уксусной кислоты (CH_3COOH)
96%-ный этанол / этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)



bugeo

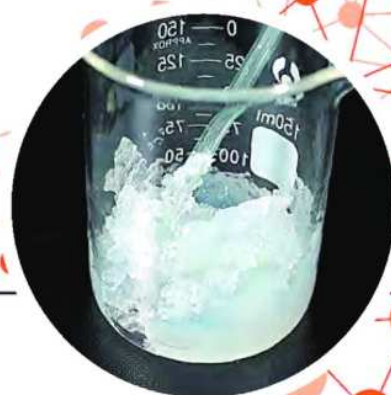


Сначала мы высыплем в стакан около 10 г гидроксида кальция.

После этого отмерим 50 мл 30%-ной уксусной кислоты и дольем ее в стакан с гидроксидом кальция. При этом два вещества начинают реагировать друг с другом, образуя ацетат кальция и воду. Смесь при этом значительно нагревается, поэтому перед следующим этапом ее нужно охладить до комнатной температуры. После охлаждения мы получим насыщенный раствор ацетата кальция. Затем возьмем около 30 мл спирта и начинаем потихоньку приливать к нему раствор ацетата кальция.

Спустя несколько секунд спирт начинает загустевать и в итоге превращается в довольно твердый гель. Этот гель есть не что иное, как сольват ацетата кальция, или простыми словами — горючий гель. Этот гель очень хорошо горит — его можно использовать в походах как сухое горючее (переносить обязательно в герметичной таре!).

При сгорании геля содержащийся в нем ацетат кальция разлагается, образуя карбонат кальция и ацетон, который затем тоже сгорает.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Если вы считаете себя экстремалом, то можете попробовать поджечь этот гель прямо у себя на руке. Но горит он очень даже горячо, будьте осторожны!

ДИОКСИД АЗОТА



video

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Бутылка
Нитрит натрия (NaNO_2)
20%-ный раствор серной кислоты (H_2SO_4)

Для начала мы насыплем в бутылку немного нитрита натрия. Затем добавим туда небольшое количество серной кислоты. При добавлении серной кислоты нитрит натрия начнет разлагаться с выделением диоксида азота.



Затем нальем в бутылку воды и закроем горлышко пробкой. Встряхнем бутылку. При встряхивании диоксид азота начнет растворяться в воде, и газ в бутылке будет обесцвечиваться, так как образуется монооксид азота и азотная кислота.



Бутылка также будет сжиматься.

Когда мы откроем бутылку, и в нее начнет поступать кислород воздуха, то монооксид азота окислится до диоксида азота. Газ в бутылке окрасится в бурый цвет.

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Запомните, диоксид азота — опасный газ, которым нельзя дышать! При реакции с влагой воздуха он образует едкую азотную кислоту, которая весьма опасна.

Раньше у многих заводов из труб шел так называемый рыжий хвост. Это было не что иное, как диоксид азота, выбрасываемый в атмосферу. В облаках этот газ смешивался с капельками воды и образовывал азотную кислоту, которая выпадала впоследствии на землю в виде кислотных дождей. Сейчас такие выбросы запрещают по экологическим соображениям.

Во время взлета самолета из-за реактивных двигателей под воздействием высоких температур из атмосферного азота и кислорода воздуха образуется диоксид азота, что также плохо для экологии. Этот же процесс происходит в двигателях внутреннего сгорания, в дизельных двигателях он особенно проявляется из-за высоких температур и давления внутри цилиндров. Для предотвращения загрязнения воздуха в глушитель автомобиля ставят каталитический конвертер, покрытый изнутри платиной и другими редкими металлами, которые превращают диоксид азота в азот при участии тепла от выхлопных газов. Когда конвертер изнашивается (это легко заметить), вы начнете чувствовать сладковато-приторный запах, напоминающий запах в воздухе после грозы — это и есть диоксид азота.



**ЭТОТ ОПЫТ
МОЖНО ПОВТОРЯТЬ
НЕСКОЛЬКО РАЗ**

МОЛНИЯ В ЦИЛИНДРЕ



НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Сероуглерод (CS_2)
Закись озота (N_2O)
Монооксид азота (NO)
Диоксид азота (NO_2)
Медь (Cu)
Концентрированная азотная кислота (HNO_3)

ЭТА РЕАКЦИЯ ИЗВЕСТНА ЕЩЕ СО ВРЕМЕН СРЕДНЕВЕКОВЬЯ. В 1853 ГОДУ ЮСТУС ФОН ЛИБИХ ДЕМОНИСТРИРОВАЛ ЭТОТ ОПЫТ СВОИМ СТУДЕНТАМ НА ЛЕКЦИЯХ. ДО ИЗОБРЕТЕНИЯ ВСПЫШКИ ДЛЯ ФОТОАППАРАТОВ ЭТУ РЕАКЦИЮ НЕ РЕДКО ИСПОЛЬЗОВАЛИ КАК ОСВЕТИТЕЛЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОГРАФИИ, ЧТОБЫ СКОРРЕКТИРОВАТЬ ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ И ЭКСПОЗИЦИЮ.

Опыт заключается во взаимодействии сероуглерода с закисью азота или монооксидом азота.

Для начала посмотрим, как будет происходить реакция с монооксидом азота.

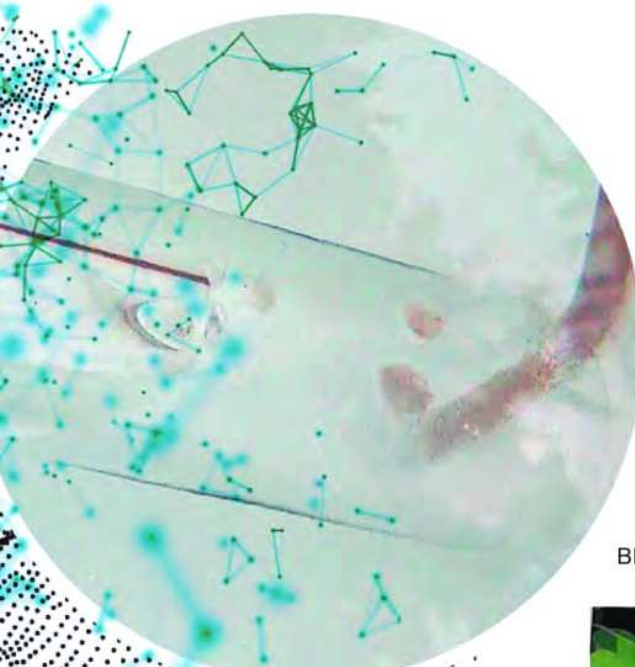
Чтобы подготовить материалы для опыта, нам нужно наполнить емкости газом. В этом случае мы можем воспользоваться методом вытеснения воды. Как он работает? Наполняем водой цилиндр или любую другую емкость, переворачиваем ее вверх дном, опуская при этом в другой сосуд с водой. Пузырьки газа



**МЕТОД
С МОНООКСИДОМ
АЗОТА ВОЗМОЖНО
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТОЛЬКО
ПРИ НАЛИЧИИ ВЫТЯЖКИ,
ТАК КАК В ЭТОМ СЛУЧАЕ
ДИОКСИД АЗОТА
ЧАСТИЧНО УЛЕТУЧИВАЕТСЯ,
ВЕДЬ ДЫШАТЬ ИМ
ОЧЕНЬ ВРЕДНО!**

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Закись азота содержится в качестве пропеллента в баллонах со сливками, которые продают практически во всех магазинах. Закись азота довольно легко стравливается, и из одного баллона можно выдавить примерно 1,5 литра закиси азота.



начнут всплывать вверх ко дну перевернутого сосуда, вытесняя тем самым из него воду.

Первый раз я наполнял цилиндр на 700 мл монооксидом азота путем пропускания диоксида азота через воду.

Монооксид азота будем получать взаимодействием меди с концентрированной азотной кислотой. При протекании реакции будет выделяться диоксид азота, который мы затем пропустим через воду — он восстановится до монооксида азота.



При проведении разнообразных опытов я заметил еще одно преимущество закиси азота — он в полтора раза тяжелее воздуха, а значит не будет так быстро улетучиваться из цилиндра, он относительно стабилен. Монооксид азота, напротив, очень быстро может прореагировать с кислородом воздуха, окислившись до диоксида. Монооксид азота также легче закиси азота и может очень легко улетучиться при переворачивании цилиндра или на других стадиях.

После наполнения цилиндра газом его закрывают снизу пробкой и переворачивают, держа закрытым, чтобы газ не улетучился. После этого в сосуд добавляют сероуглерод.

СЕРОУГЛЕРОД ХРАНИТСЯ В СПЕЦИАЛЬНЫХ БАНКАХ – ЭТО ОЧЕНЬ ТОКСИЧНОЕ ВЕЩЕСТВО, И РАБОТАТЬ С НИМ МОЖНО, ТОЛЬКО ИМЕЯ СПЕЦИАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ!



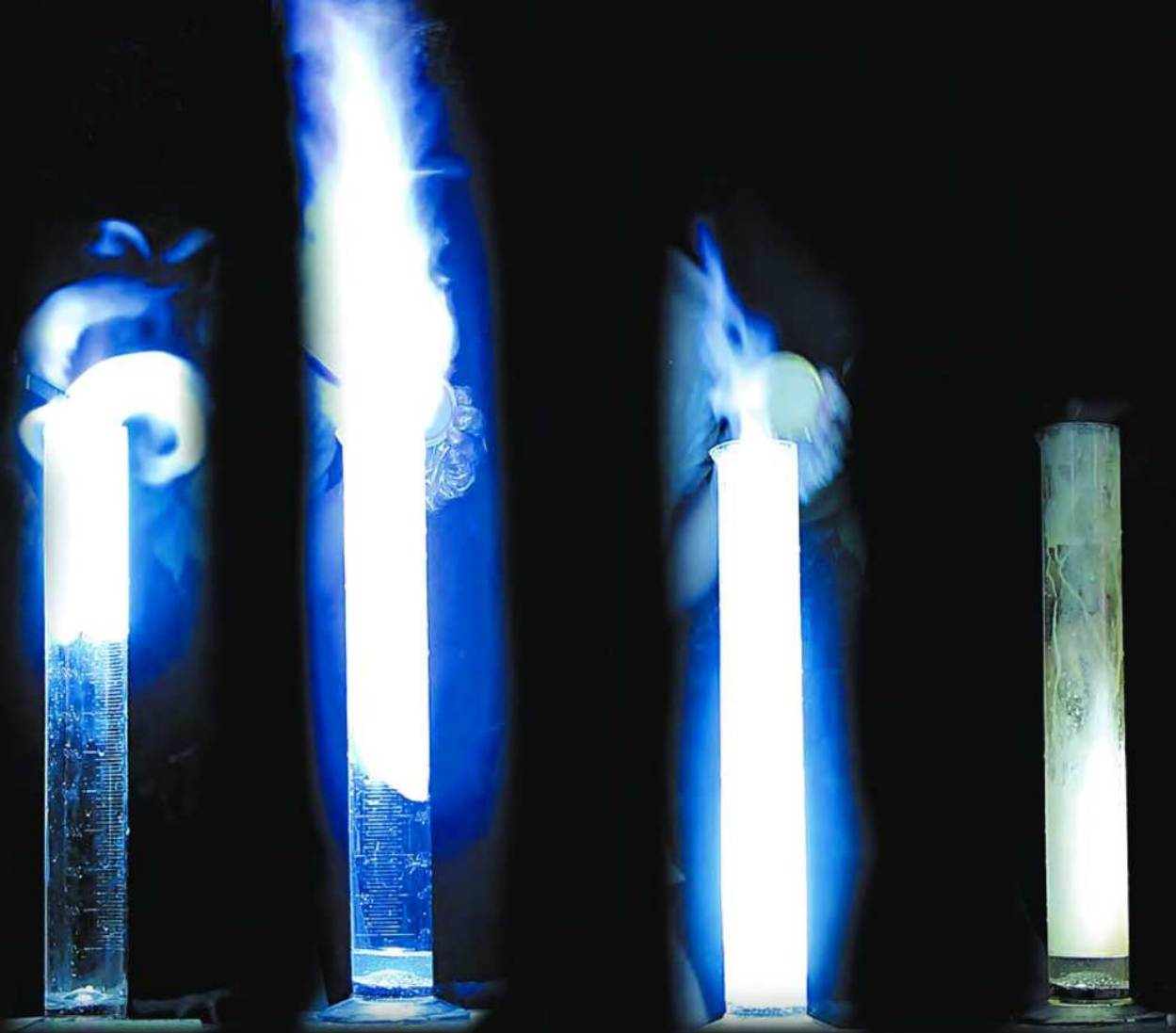
Я вывел для себя идеальное соотношение — 2,2 мл сероуглерода на литр закиси азота или монооксида азота.

Если сероуглерода добавить меньше, чем нужно, то реакция будет происходить медленнее, однако при этом будет выделяться больше света. Сероуглерод лучше добавлять шприцем с иглой, так как при этом он лучше распыляется и испаряется.

Добавлять сероуглерод нужно как можно быстрее, держа пробку цилиндра полуоткрытой, после чего ее необходимо сразу закрыть, но не очень плотно. После добавления сероуглерода цилиндр несколько раз нужно перевернуть, чтобы сероуглерод испарился и смешался с газом в цилиндре. Также, переворачивая цилиндр, следует учитывать, что при испарении сероуглерода в нем создается давление, и лишний газ необходимо будет выпускать, немного приоткрывая крышку сосуда. Для больших цилиндров на дне лучше оставлять небольшое количество воды, чтобы при перемешивании сероуглерод лучше испарялся и смешивался с оксидом азота.

После того как в цилиндре готова смесь газов, крышку цилиндра мы приподнимаем и поджигаем газы в нем. Для этого лучше использовать зажигалку для газа, с длинным носиком. Если нет зажигалки, можно смочить вату спиртом и поджечь ее на длинном пинцете. После поджигания смесь сероуглерода и оксида азота загорается очень ярким синим светом.





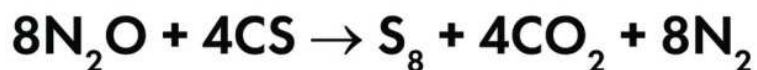
Столб огня движется вниз, при этом скорость пламени постепенно увеличивается. Где-то на середине цилиндра происходит резкое ускорение реакции, при этом в цилиндре происходит один или несколько мини-взрывов с очень громким звуком.

Цилиндр при проведении этого опыта никогда не треснет, так как основное давление приходится на дно сосуда, а если оно достаточно прочное, то опыт можно проделывать в одном сосуде сотни раз. Температура также не сильно высока, цилиндр в конце опыта на ощупь становится немного теплым. Скорость реакции может изменяться от того, насколько много добавили сероуглерода.

После завершения реакции на стенках сосуда образуется желтый слой серы. Слой серы потом можно отмыть с помощью ершика и других абразивных моющих средств. После реакции в цилиндре могут частично образовываться смеси сернистого газа и сероводорода. Они исчезают при заполнении цилиндра водой и промывании.

Что происходит? При поджигании смеси сероуглерода и оксида азота происходят следующие реакции:

для закиси азота:



для монооксида азота:



Сначала реакция происходит спокойно, но при продвижении пламени в цилиндре газы, которые находятся под пламенем, сжимаются из-за так называемой реактивной тяги, при сжатии газов реакция ускоряется, образуя очень сильный звук и вспышки света.

Этот опыт довольно сложный, но он имеет довольно простой аналог. Чтобы сделать этот опыт, возьмите бутылку и наполните ее парами этанола. После этого поджигаем верх бутылки и наблюдаем красивый эффект.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ:

- **Сероуглерод** — очень ядовитое вещество. Смертельная доза при поступлении внутрь составляет 1 г. Высокотоксичная концентрация в воздухе — выше 10 мг/л. Имеет неприятный запах, напоминающий запах гнилого мяса. Обращаться с ним нужно очень осторожно. Оказывает местное раздражающее, резорбтивное действие. Обладает психотропными, нейротоксическими свойствами, которые связаны с его наркотическим воздействием на центральную нервную систему. При отравлении возникают головная боль, головокружение, судороги, потеря сознания. Бессознательное состояние может сменяться психическим и двигательным возбуждением. Могут наблюдаться рецидивы судорог с потерей сознания, угнетение дыхания. При приеме внутрь наступают тошнота,

рвота, боли в животе. При контакте с кожей наблюдаются гиперемия и химические ожоги.

- **Закись азота N_2O** — бесцветный газ со сладковатым запахом. Не ядовит. При вдыхании вызывает легкое опьянение, иногда чувство эйфории, поэтому и называется «веселящим газом».

- **Монооксид азота NO** — бесцветный газ, токсичен, при вдыхании поражает дыхательные пути. При контакте с воздухом образует еще более токсичный диоксид азота.

- **Диоксид азота NO_2** — бурый газ с очень резким, неприятным запахом. Высокотоксичен, даже в небольших концентрациях он раздражает дыхательные пути, в больших концентрациях вызывает отек легких.

ПОЛУЧАЕМ ОКСИД ЖЕЛЕЗА

Fe	26	2
55,8	1,83	14
железо	0,123	8
		2



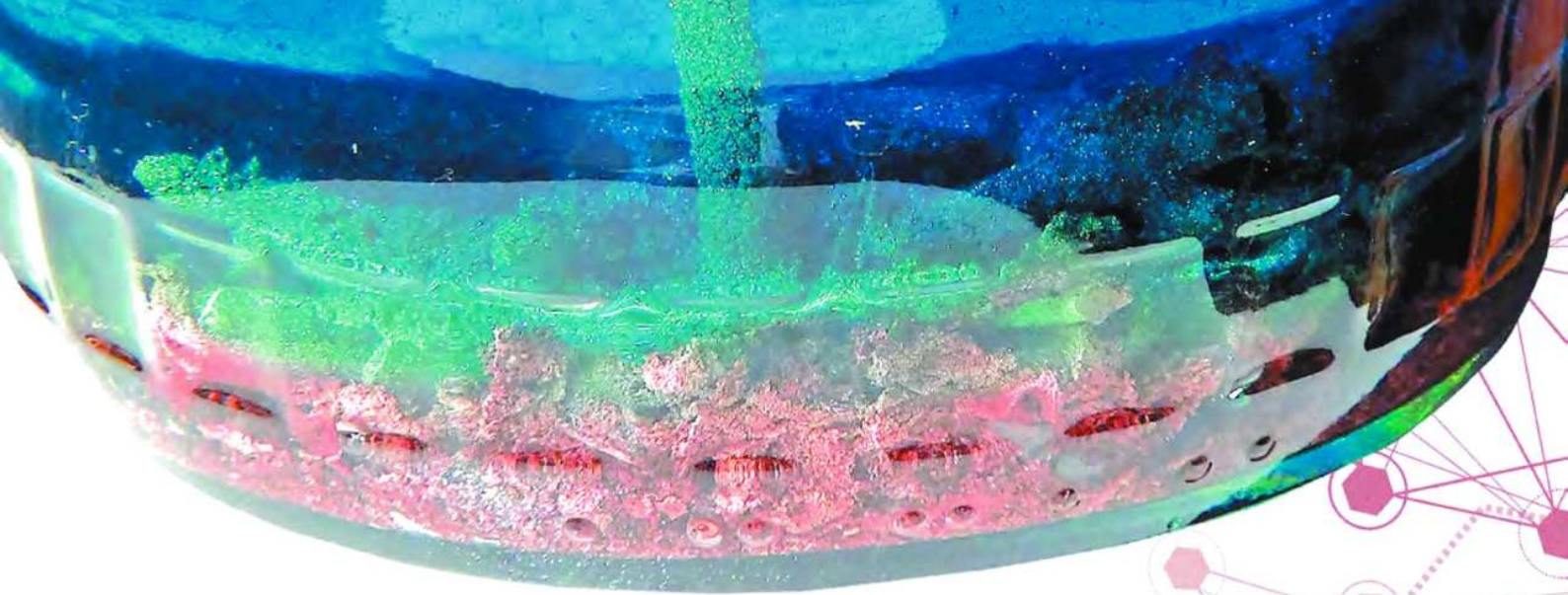
НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Медный купорос (CuSO_4)
Гипохлорит натрия (NaClO)
Железный купорос (FeSO_4)



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

В природе оксид железа связывается с молекулой воды, образуя метагидроксид железа $\text{FeO}(\text{OH})$. Сам по себе метагидроксид железа — это не что иное, как основной компонент ржавчины и железной руды (лимонит, или бурый железняк).



ОКСИД ЖЕЛЕЗА III (Fe_2O_3) — ДОВОЛЬНО НУЖНЫЙ И ПОЛЕЗНЫЙ РЕАКТИВ. НА САМОМ ДЕЛЕ ЭТОТ РЕАКТИВ МОЖНО КУПИТЬ В МАГАЗИНЕ ХИМРЕАКТИВОВ ЗА КОПЕЙКИ, НО ЕСЛИ У ВАС В ГОРОДЕ НЕТ ТАКОГО МАГАЗИНА ИЛИ ЗА ОКСИД ЖЕЛЕЗА ТРЕБУЮТ НЕПОМЕРНУЮ ЦЕНУ, ТО ЭТА СТАТЬЯ ИМЕННО ДЛЯ ВАС.



Итак, приступим к получению оксида железа III. Если у вас уже есть железный купорос или сульфат железа II (FeSO_4), то можете пропустить первые 2 пункта.



1) Сначала сделайте насыщенный раствор сульфата меди, растворимость медного купороса в воде 32 г / 100 мл при температуре 20°C. Я лично брал примерно 100 г купороса и растворял его в воде (0,5 л). После того как приготовлен раствор сульфата меди, необходимо добавить туда железных гвоздей или каких-нибудь железных изделий. Чем больше железа вы добавите в медный купорос, тем быстрее будет идти реакция замещения меди на железо:



Спустя какое-то время на дне сосуда будет образовываться осадок из частичек меди. Всю эту смесь необходимо оставить примерно на сутки для полного завершения реакции.

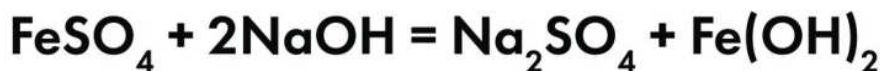
На фото раствор спустя сутки. После завершения реакции замещения цвет раствора изменился с синего на голубовато-зеленый. Интенсивность окраски раствора зависит от изначальной



концентрации медного купороса. Теперь надо просто слить раствор железного купороса, а медь — промыть водой и высушить, чтобы оставить для других опытов.

2) После того как мы получили раствор сульфата железа II, нужно окислить железо двухвалентное до железа трехвалентного со степенью окисления +3. Для этого есть несколько способов, однако результатом каждого из них будет метагидроксид железа $\text{FeO}(\text{OH})$.

А) Способ первый, по моему мнению, самый дешевый и удобный. Для начала необходимо вылить сульфат железа в какую-нибудь емкость, где будет происходить окисление. Далее приливаем к нему раствор гидроксида натрия, при этом образуется черный осадок гидроксида железа II $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Реакция следующая:



После этого перемешиваем смесь, чтобы гидроксид железа равномерно распределился в растворе. Далее добавляем в полученную смесь хлорный отбеливатель. Хлорный отбеливатель — это не что иное, как раствор гипохлорита натрия NaClO .

Гипохлорит натрия является сильным окислителем и окисляет гидроксид железа II до гидроксида железа III $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Гидроксид железа гидролизует в воде и образует осадок *метагидроксида железа — нужного нам вещества*.

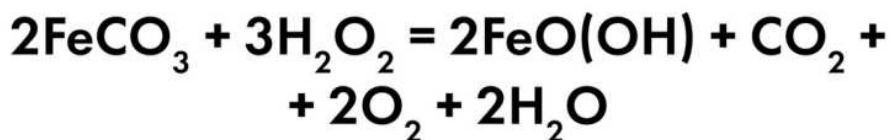
Следует добавлять отбеливатель небольшими порциями, каждый раз перемешивая смесь. Однако не стоит им увлекаться — если добавить избыток гипохлорита натрия, то может образоваться растворимый феррат натрия Na_2FeO_4 .

В конце концов должна получиться коричневая смесь осадка метагидроксида железа и раствора.

Б) Второй способ. Добавьте соды к раствору железного купороса, при этом смесь начнет немного пениться с образованием карбоната железа II. Реакция:



Далее к осадку карбоната железа надо добавить раствора пероксида водорода, если такого нет, можно добавить измельченные таблетки гидроперита. Реакция:



Этот способ неудобен тем, что при добавлении перекиси смесь начинает очень сильно пениться, при этом пена оседает слабо, и смесь все время норовит выскочить из сосуда.

Если у вас есть хлорное железо, то просто прилейте к нему раствор гидроксида натрия, сразу образуется метагидроксид железа.

3) После того как мы получили метагидроксид железа, его нужно промыть от остатков непрореагировавших соединений, растворимых в воде. Для этого лучше всего заполнить сосуд с осадком метагидроксида железа чистой водой, затем подождать, пока смесь отстоится, и далее слить образовавшийся раствор. Так можно проделать несколько раз.

Далее промытый метагидроксид железа нужно отфильтровать. Фильтровать можно через фильтры для кофе или фильтровальную бумагу. Лично я делал немного иначе — я просто отстаивал его до тех пор, пока слой воды сверху не стал минимальным. Этот способ проще, чем фильтрация, но занимает больше времени. Сначала я разлил метагидроксид железа по двум бутылкам.

Потом, когда большая часть смеси отстоялась, я слил раствор сверху и перелил осадок из двух бутылок в одну.

Содержимое бутылки — осадок метагидроксида железа и вода.

4) После того как вы получили метагидроксид железа и промыли, его нужно прокалить при температуре 200°C для того, чтобы получить оксид железа III. При прокаливании метагидроксид железа разлагается на воду и оксид железа III. Реакция:



Далее я расскажу вам о том, как я прокаливал свой отстоявшийся осадок метагидроксида железа на мангале.





5) Я решил выпаривать и прокаливать свой метагидроксид железа на даче. Я разжег огонь в мангале и поставил туда железную плоску со своим метагидроксидом железа.

Оказалось, что в таком положении огонь горит слабо из-за недостатка кислорода, и я решил сделать все как положено.

В результате я соорудил вот такой агрегат — на этот раз огонь неплохо нагревал железную плоску, и было удобно подкладывать дрова. После этого я начал выпаривание.

С течением времени все больше воды испарялось, и жидкость начала густеть. Спустя какое-то время содержимое плоски было похоже на мокрую грязь.

Спустя час вся вода выкипела, и началось прокаливание с образованием оксида железа III. Кстати, оказалось, что при прокаливании на костре образуется также карбонат железа III из-за того, что углекислый газ, образующийся при сгорании дерева, вступает в реакцию с метагидроксидом железа.

Ну вот, спустя примерно полтора часа выпаривания и прокаливания, я получил вот такое количество оксида железа III. Часть оксида слиплась в твердые комочки при выпаривании.

6) После того как вы получили оксид железа III из метагидроксида железа, его необходимо измельчить. Лично я измельчал в ступке. Небольшой совет: чтобы не испачкать ступку какими-нибудь темными пигментами, коим и является оксид железа III, необходимо заранее измельчить в ступке небольшое количество хлорида натрия. Это первое измельчение забьет поры в ступке, после чего ее будет гораздо проще отмыть.

В итоге после измельчения я получил примерно 70 г оксида железа III. Его теперь лучше положить в какую-нибудь герметичную емкость на хранение.



ДЫМ БЕЗ ОГНЯ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Плоскодонная колба
Концентрированный раствор 25%-ного аммиака
37%-ный раствор соляной кислоты (HCl)
Карбонат кальция / мел (CaCO_3)
Гидрокарбонат натрия / пищевая сода (NaHCO_3)



ВНИМАНИЕ! ДАННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ЯВЛЯЕТСЯ ОПАСНЫМ. НЕ ПЫТАЙТЕСЬ ПОВТОРИТЬ ДАННЫЙ ОПЫТ САМОСТОЯТЕЛЬНО!



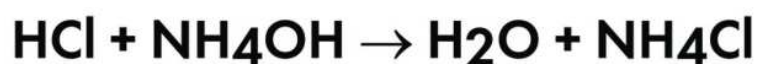


Для начала мы насыпаем в колбу смесь кусочков карбоната кальция (мела) и пищевой соды. После этого добавляем в колбу концентрированный раствор аммиака.

Затем все, что нам нужно, это добавить в колбу концентрированную соляную кислоту. После того как мы откроем бутылочку с соляной кислотой, она сразу начнет дымиться на воздухе.

Для получения большого количества дыма наливаем в колбу соляную кислоту.

Так какие же химические процессы происходят? При добавлении соляная кислота начинает реагировать с кусочками карбоната кальция и гидрокарбоната натрия, то есть пищевой соды. В результате образуется углекислый газ.



Также избыток соляной кислоты реагирует с парами аммиака, который образует дым в виде мельчайших кристалликов хлорида аммония. Образующийся дым выталкивается углекислым газом, который образовался в ходе первичной реакции.



ВУЛКАН В КОЛБЕ

ОПЫТ ОПАСЕН! НЕ РЕКОМЕНДУЮ ПОВТОРЯТЬ ЕГО
БЕЗ ЗНАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ!

**НАМ
ПОНАДОБИТСЯ:**

Хлорат калия (KClO_3)
Мармелад



video

Хлорат калия — это вот такая белая соль, которая является очень сильным окислителем. Но чтобы окислительные свойства этой соли стали еще сильнее, ее необходимо расплавить. Для этого, закрепив на штативе такую колбу, высыпаю туда наш хлорат калия.

С помощью такой горелки нагреваем колбу, при этом находящийся в ней хлорат калия постепенно начинает расплавляться.

Реакцию расплава хлората калия мы будем проводить вот с такими мармеладными конфетками.

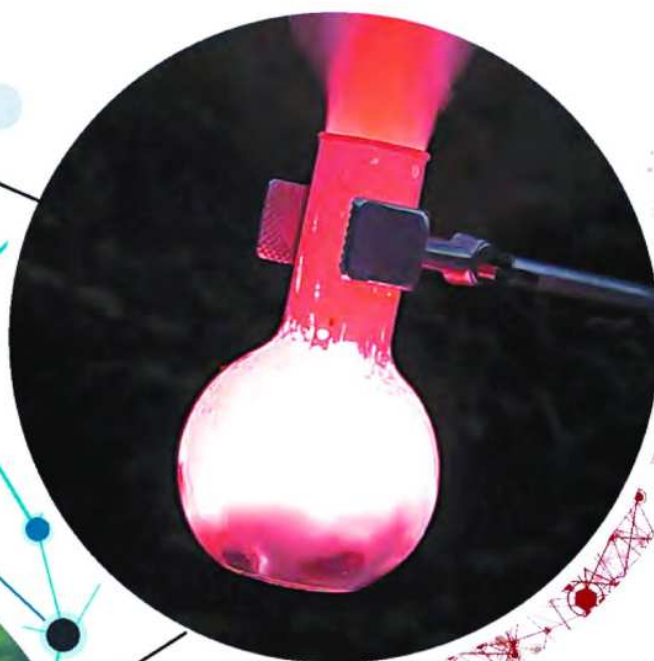
После того как хлорат калия полностью расплавился, добавляем в колбу мармеладные конфетки.



KClO_3



При этой реакции расплав хлората калия окисляет сахар и желатин, который находится в мармеладных конфетках. При этом образуется углекислый газ и вода. А хлорат калия отдает весь кислород и превращается в хлорид калия.



БИГМАК В ХЛОРАТЕ КАЛИЯ



ВНИМАНИЕ! ОПЫТ ОПАСЕН! НЕ ПЫТАЙТЕСЬ
ПОВТОРИТЬ ЕГО В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ!

НАМ
ПОНАДОБИТСЯ:

Хлорат калия (KClO_3)
БигМак



БигМак из «Макдоналдса» содержит 590 калорий — вы можете прочитать это в любом информационном буклете. Это четверть от необходимой человеку энергии в день.

Мы можем попробовать выделить эту энергию быстрее, чем в желудке человека, а понадобится нам для этого мощный окислитель — *хлорат калия*.

Предварительно высушиваем БигМак и плавим на огне хлорат калия.

Сейчас несчастный гамбургер превратится в настоящее ракетное топливо. **ТРИ, ДВА, ОДИН... — ПОЕХАЛИ!**





При соприкосновении сухого гамбургера и расплавленного хлората калия начинается бурная реакция, в которой все горючие компоненты гамбургера сгорают. Мощное горение обусловлено избытком кислорода, а также выделяющимся атомарным кислородом, которые образуются при разложении хлората калия.

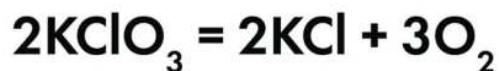
В упаковке от БигМака также содержится энергия, так что давайте и ее выпустим на волю.

В процессе этой реакции образовался углекислый газ, вода и хлорид калия.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Хлорат калия еще называют бертолетовой солью, расплав этого вещества может окислить (то есть воспламенить) все что угодно, например чипсы, шоколадку, сахар и др.



ОГНЕННАЯ РАДУГА

ВНИМАНИЕ! ОПЫТ БЫЛ ПРОВЕДЕН ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО В НАУЧНЫХ И ДЕМО
СТРАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ! НЕ ПЫТАЙТЕСЬ ПОВТОРИТЬ ЭТО САМОСТОЯТЕЛЬНО!

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Метанол (CH_3OH)
Хлорид калия (KCl)
Нитрат свинца ($\text{Pb}(\text{NO})_3$)
Хлорид бария (BaCl_2)
Медный купорос (CuSO_4)
Борная кислота (H_3BO_3)
Хлорид натрия (NaCl)
Хлорид стронция (SrCl_2)
Хлорид лития (LiCl)



bugeo

Суть опыта состоит в том, что мы будем использовать соли разных металлов, чье пламя при горении будет окрашиваться в разные цвета.

В первую чашку мы добавим хлорид калия. Он будет окрашивать пламя в желтый цвет. Затем во вторую чашку мы добавим нитрат свинца, затем хлорид бария, медный купорос, борную кислоту, хлорид натрия, хлорид стронция. В последнюю, восьмую, чашку насыплем хлорид лития — он окрасит пламя в красно-карминовый цвет.





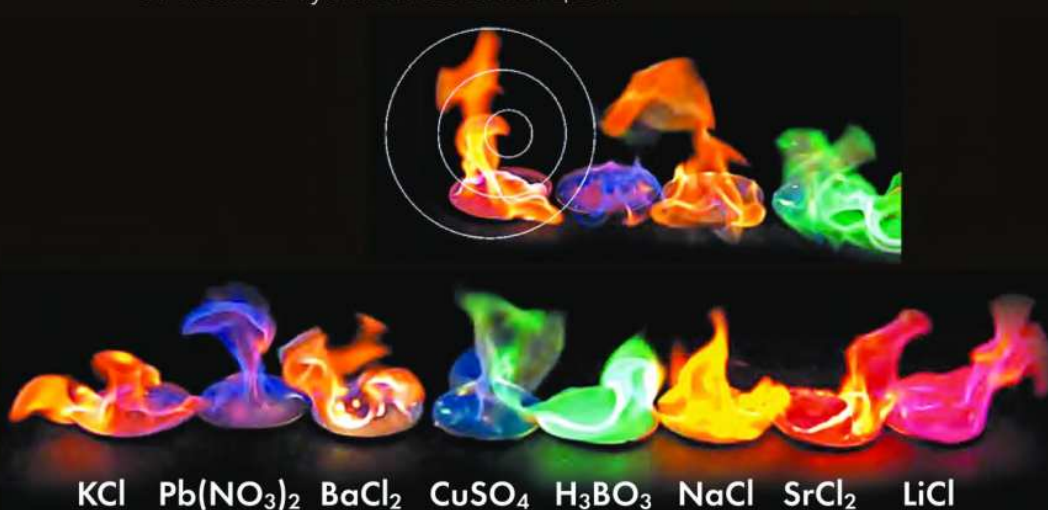
CH₃OH

Чтобы при горении цвет передался лучше, в качестве топлива будем использовать *метанол*.

Наливаем в каждую из чашечек небольшое количество метанола и затем поджигаем его.

После того как пламя разгорелось, у нас получается огненная радуга. Хлорид лития окрашивает пламя в насыщенный карминовый цвет.

Хлорид стронция окрашивает пламя в красный цвет, хлорид натрия — в желтый, борная кислота способна изменить цвет пламени на насыщенный зеленый. А вот медный купорос окрашивает пламя в тусклый зеленый цвет.



Метанол постепенно сгорает, и пламя уменьшается. Теперь мы можем более отчетливо видеть, как разные соли окрашивают пламя. Например, хлорид калия, который до этого был почти желтый, приобретает фиолетовый оттенок.

Медный купорос также становится более зеленым. После того как метанол сгорает, эксперимент завершается.

ОКСИД ХРОМА III



bugeo

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Дихромат аммония $((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$
Гидроксид натрия (NaOH)
Этиловый спирт $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$
Вата



В опыте, который мы рассмотрим ниже, оксид хрома будет служить в качестве катализатора. А получать его мы будем с помощью реакции разложения дихромата аммония.

Для проведения реакции возьмем металлическую чашку и высыплем туда весь дихромат аммония, который у нас есть, — не нужно мелочиться! Затем поджигаем вещество с помощью горелки и наблюдаем красивое его разложение.



Реакция завершилась, и у нас получилось довольно много оксида хрома III.



Сейчас мы рассмотрим каталитическое окисление аммиака оксидом хрома III.

Аммиак мы будем получать в колбе Вюрца, и для этого нам понадобится смесь гидроксида натрия и нитрата аммония.

Засыпаем реактивы в колбу. Так как аммиак легче воздуха, то его лучше всего набирать внизу сосуда. Чтобы начать реакцию, добавим к смеси немного воды. После начала взаимодействия в банку начинает поступать аммиак. И уже после того как банка наполнилась аммиаком, необходимо раскалить оксид хрома III.

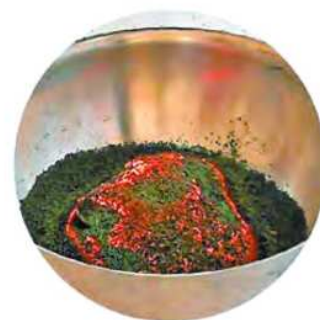
Зажигаем горелку, набираем в ложку немного оксида хрома III и раскаляем его, а затем добавляем раскаленный оксид хрома III в нашу банку.

Что же произошло? Аммиак в банке прореагировал с кислородом, а катализатором к этой реакции послужил оксид хрома III. В результате взаимодействия образовались оксид азота и вода.

Для следующей реакции возьмем металлическую чашку и насыплем в нее немного оксида хрома III. Сверху положим кусочек ваты, пропитанной этиловым спиртом, а затем поджигаем ее.

После начала горения быстро присыпаем вату оксидом хрома III.

При этой реакции оксид хрома III катализирует окисление этанола до уксусного альдегида.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

По запаху уксусный альдегид очень сильно напоминает быстро-сохнущий суперклей.

ТЕРМИТ И ТЕРМИТНАЯ СМЕСЬ



bugeo

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Оксид железа (Fe_2O_3)
Алюминий (Al)

Термит — это смесь двух порошков: оксида железа (Fe_2O_3) и алюминия (Al).

При горении этой смеси выделяется огромное количество энергии. Температура горения термита может достигать 2700°C .

В результате этой реакции образуется оксид алюминия (Al_2O_3) и расплавленное железо (Fe).

Кроме оксида железа, для термитной смеси используются оксиды других металлов, менее активных, чем алюминий, например оксид меди (CuO), оксид марганца (MnO_2) или оксид хрома (Cr_2O_3).

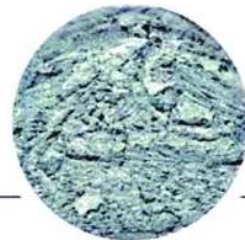
Чем менее активен металл в составе оксида, тем интенсивней будет реакция.

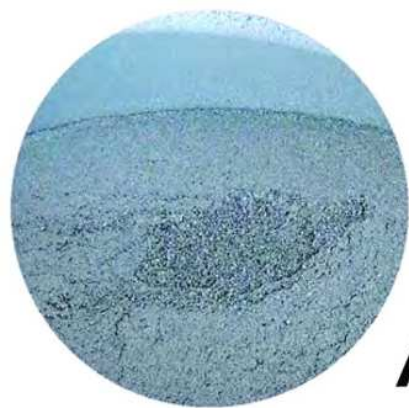
Первая термитная смесь состоит из черного порошка диоксида марганца (MnO_2) и серого порошкообразного алюминия (Al). Порошкообразный алюминий используется потому, что он очень хороший восстановитель, то есть легко отдает электроны.

Fe_2O_3



Al





Al

Эту смесь можно легко поджечь с помощью бенгальского огня. В результате реакции горения образуется металлический марганец (Mn) и оксид алюминия (Al_2O_3).

Основа для второй термитной смеси — оксид меди (CuO). Реакция этого вещества с алюминиевым порошком бурная и происходит быстрее, чем с диоксидом марганца.

В результате этой реакции образуется медь (Cu), которая частично испаряется, и оксид алюминия (Al_2O_3).

MnO₂



Третья термитная смесь наиболее известная. Основой для нее служит оксид железа (Fe_2O_3). Эту смесь также легко поджечь бенгальским огнем. После бурной реакции образуется, как мы уже знаем, расплавленное железо и оксид алюминия. Керамический горшок, в котором происходила реакция, разлетелся на миллион мельчайших частиц. Температура горения смеси настолько высока, что даже спустя несколько минут железо остается раскаленным, и им легко прожечь что-нибудь резиновое, например тапок.

Для еще одной термитной смеси основой служит оксид хрома (Cr_2O_3). Реакция смеси оксида хрома и порошка алюминия медленная, потому что оксид хрома — инертное вещество. Последняя, довольно необычная термитная смесь содержит в основе обычный песок (диоксид кремния SiO_2). При реакции порошкообразного алюминия с песком образуется кристаллический кремний Si, который используется в процессорах как полупроводник.

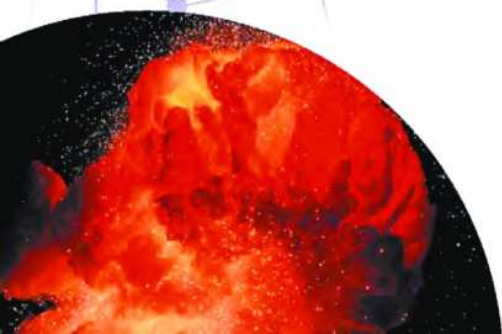
CuO



Эта смесь очень ярко горит, однако поджечь ее трудно. Чтобы реакция поддерживалась постоянно, я добавил туда серу (S).

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Сейчас реакцию термита используют в основном для сварки железнодорожных рельсов. Образующееся в результате реакции расплавленное железо заполняет швы между рельсами, делая их одним целым. Такую сварку используют на высокоскоростных железнодорожных участках, чтобы избежать лишних вибраций и износа ходовой части поезда. Во избежание деформации рельсов вследствие термического расширения железа делают участки через каждые 3–4 километра с соединением по диагонали. Так что на новых железных дорогах уже почти не услышать привычного всем «тудук-тудук».



ПОДВОДНЫЙ ФЕЙЕРВЕРК



bugeo

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

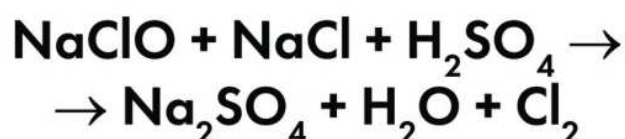
Карбид кальция (CaC_2)
Гипохлорит натрия (NaClO)
50%-ная серная кислота (H_2SO_4)

Для проведения этого эксперимента нам понадобятся генератор хлора, большой медный цилиндр и небольшие кусочки карбида кальция.



Чтобы получить газообразный хлор, можно использовать реакцию между гипохлоритом натрия и 50%-ной серной кислотой. В колбе Вюрца налито небольшое количество 50%-ной серной кислоты, и мы доливаем в воронку еще небольшое количество гипохлорита натрия. Для опыта использовался хлорный отбеливатель, который помимо гипохлорита натрия содержит еще хлорид натрия.

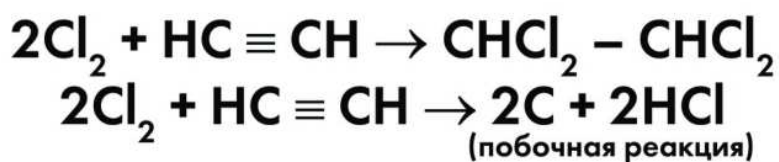
Для получения хлора приливаем небольшое количество гипохлорита натрия и в колбу Вюрца, при этом начинается реакция выделения хлора.



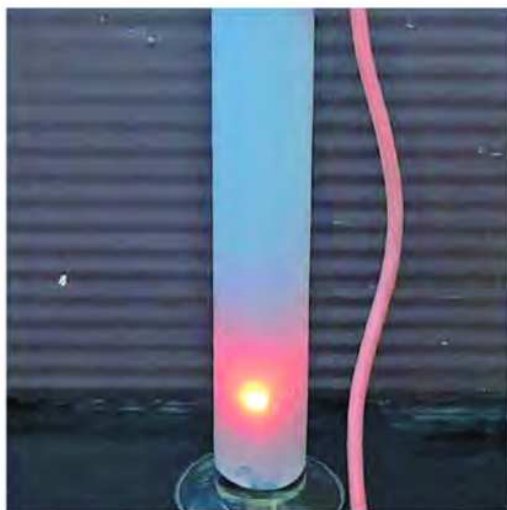
Хлор — это очень токсичный опасный газ, и его получение могут проводить только довольно опытные химики в специальных для этого условиях, т.е. под вытяжкой или на улице. *Любителям такой эксперимент проводить не рекомендую!*

Опускаем газоотводную трубку в цилиндр и пропускаем хлор через воду. Затем бросаем в цилиндр, небольшой кусочек карбида кальция.

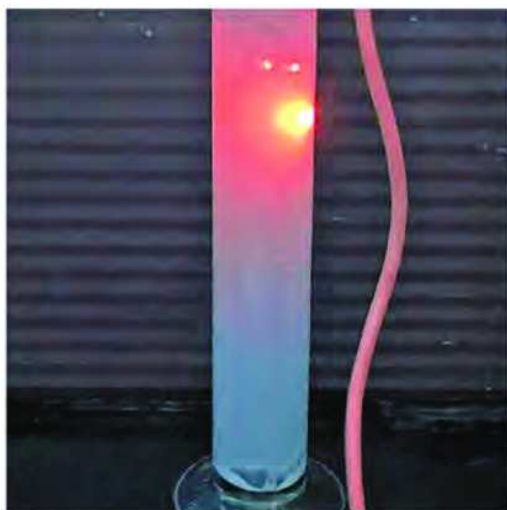
Чтобы хлор выделялся интенсивнее, потрясем нашу установку. При взбалтывании хлор выделяется лучше и начинает поступать в мерный цилиндр, а также смешиваться с пузырьками ацетилена. При этом в воде происходят характерные вспышки. При этих вспышках образуется ди- или тетрахлорэтан (в зависимости от пропорций). Этот эксперимент лучше выглядит в более темном месте.



При добавлении гипохлорита натрия и встряхивании выделяются новые порции хлора, которые реагируют с образующимся ацетиленом.



Вот у нас получается так называемый фейерверк под водой. Реакция взаимодействия ацетилена и хлора происходит в водной среде. Если вам будут говорить, что горение в воде невозможно, — покажите таким людям этот опыт.

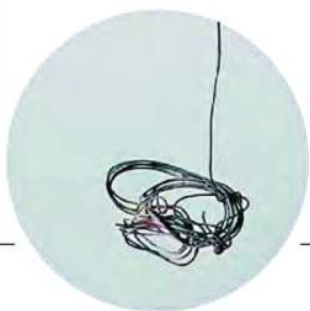
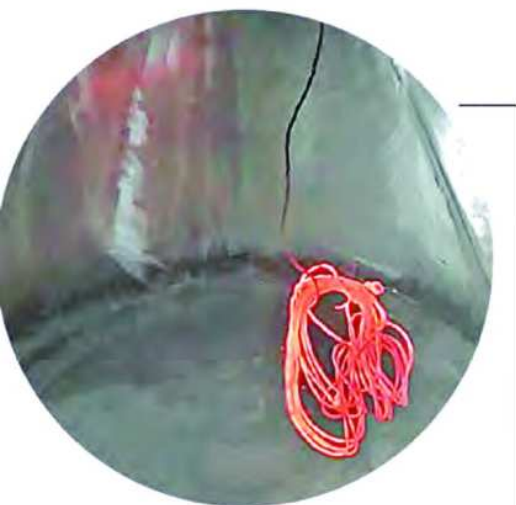


АЦЕТОНОВЫЙ ФОНАРИК



НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Ацетон
Медная проволока
Газовая горелка



Сейчас мы познакомимся с очень интересным экспериментом «Ацетоновый фонарик». Он заключается в окислении паров ацетона на поверхности медной проволоки, при этом проволока сильно нагревается и светится.

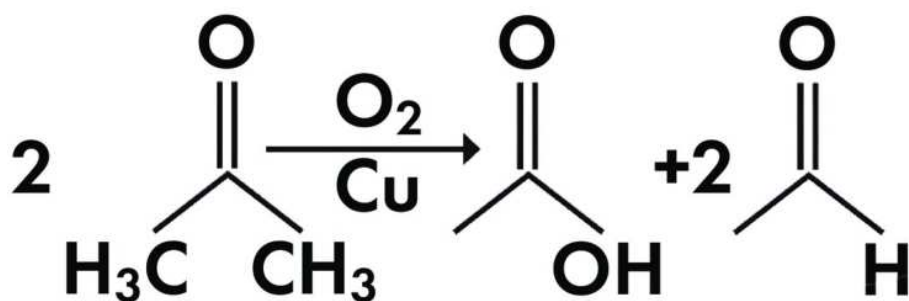
Для начала нужно раздобыть тонкую медную проволоку. Для нашего эксперимента лучше всего подойдет электромагнит или электродвигатель, в котором есть медная обмотка. Откусываем небольшой кусочек проволоки и скручиваем ее как можно плотнее: чем ближе друг к другу будут мотки проволоки, тем ярче она будет светиться и тем меньше будет потеря энергии.

Полученный моток проволоки необходимо обжечь, чтобы избавиться от тонкого полимерного слоя.

После того как мы подготовили проволоку, нальем в стакан немного ацетона.

Далее нагреваем моток нашей проволоки газовой горелкой и, пока проволока еще горячая, опускаем ее в стаканчик.

При опускании в стаканчик проволока начинает разогреваться и светиться. Пары ацетона при этом окисляются на поверхности проволоки до уксусного альдегида и уксусной кислоты. Происходит каталитическое окисление ацетона.

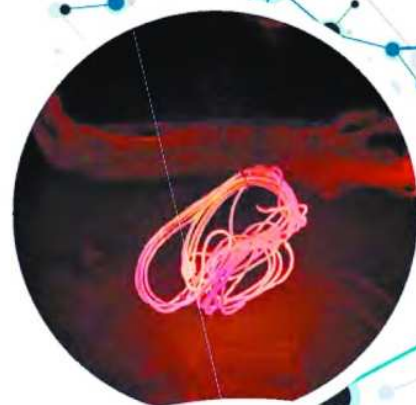


Проволока будет светиться немного ярче, если вместо стакана взять колбу: из-за того, что у колбы маленькое отверстие, пары ацетона будут медленнее улетучиваться.

Теперь посмотрим, как этот эксперимент выглядит в темноте.

Вещества, которые образуются в данной реакции, имеют резкий и неприятный запах.

**ПОЭТОМУ ЭТОТ ЭКСПЕРИМЕНТ
НУЖНО ПРОВОДИТЬ
В ХОРОШО ПРОВЕТРИВАЕМОМ ПОМЕЩЕНИИ
ИЛИ ПОД ВЫТЯЖКОЙ!**



СВЯТОЙ ОГОНЬ



video

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Белый фосфор
Сероуглерод CS_2

Белый фосфор — это одна из аллотропных модификаций фосфора. Он как раз идеально подходит для проведения нашего опыта.

Сам по себе белый фосфор настолько активен, что может самовоспламеняться на воздухе из-за низкой температуры плавления, которая составляет всего $+44^\circ\text{C}$. На фото видно горение белого фосфора с образованием белого дыма оксида фосфора.

Белый фосфор довольно опасен, так как в теплую погоду может легко самовоспламениться на воздухе и вызвать пожар. Горящий белый фосфор очень трудно потушить, так как температура его горения выше $+700^\circ\text{C}$. Вместе с тем это вещество имеет очень высокую токсичность! Обращаться с белым фосфором надо аккуратно — это опасный реактив. Хранят белый фосфор под слоем воды для предотвращения его контакта с воздухом.



А для проведения опыта нам всего лишь потребуется растворить небольшое количество белого фосфора в сероуглероде.

Сероуглерод — это весьма неполярная прозрачная бесцветная жидкость, в которой растворяются некоторые простые вещества, такие как фосфор или сера. Сероуглерод также очень токсичен и имеет очень неприятный запах, похожий на запах гнилого мяса. Но на самом деле этот запах вызван не самим сероуглеродом, а продуктами его разложения.

Кстати, в рецепте некоторых самовоспламеняющихся коктейлей Молотова как раз использовали смесь сероуглерода, серы и фосфора.

После того как мы растворили белый фосфор в сероуглероде, нам понадобится пипетка.

Набираем в пипетку немного раствора фосфора в сероуглероде и капаем несколько капель на бумажный фильтр.

Сначала вам может показаться, что ничего не происходит. Однако сероуглерод постепенно испаряется с поверхности фильтра, оставляя мелкодисперсный белый фосфор.



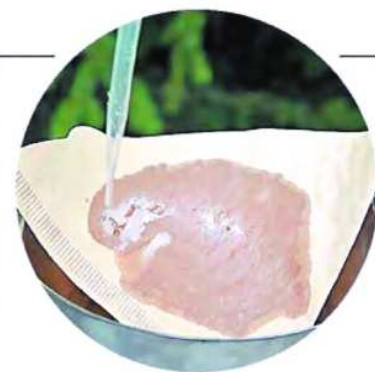


Так как белый фосфор имеет свойство самовоспламеняться на воздухе, спустя некоторое время он начинает активно гореть.

Белый фосфор загорается, поджигая бумагу вместе с собой. Этот опыт часто используется фокусниками для демонстрации так называемого «Самовозгорания книг».

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

По предположениям некоторых ученых-скептиков, именно эта реакция может использоваться как эффект явления благодатного огня в Иерусалиме.



СЕРНАЯ

КИСЛОТА

И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ



НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Концентрированная
серная кислота (H_2SO_4)

Цинк (Zn)

Натрий (Na)

Сахар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

Поваренная соль (NaCl)



Серная кислота является чуть ли не самым важным реактивом в лаборатории органического синтеза.

Чтобы рассмотреть подробно свойства этого реактива, возьмем небольшой стаканчик и нальем туда небольшое количество концентрированной серной кислоты.

При концентрации 96% серная кислота является прозрачной, тяжелой и довольно маслянистой жидкостью.

Рассмотрим некоторые ее химические свойства. Возьмем небольшой кусочек цинка и опустим его в кислоту, затем положим туда железный гвоздь.

Реакция с гвоздем протекает не очень бурно, а со временем вообще сходит на нет.

Теперь рассмотрим реакцию концентрированной серной кислоты с металлическим натрием.



ХИМИЯ В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Некоторые металлы, такие как цинк, железо и алюминий не реагируют с концентрированной серной кислотой — они покрываются защитной пленкой, препятствующей дальнейшему окислению. Эту особенность называют «*пассивацией*». Подобное свойство, например, используют для транспортировки концентрированной серной кислоты в стальных цистернах. При высокой концентрации серная кислота не реагирует со сталью, из которой сделана цистерна. Однако если в такую полупустую цистерну добавить воды, цистерну просто разъест кислотой из-за того, что разбавленная серная кислота отлично реагирует с железом.

Достанем кусочек натрия и отрежем от него небольшой фрагмент, который затем разрежем на еще более маленькие кусочки.

Я использую такие маленькие кусочки для того, чтобы обезопасить себя и отпустить реакцию из-под контроля. Наливаем в колбу небольшое количество концентрированной серной кислоты и добавляем туда маленькие кусочки натрия.

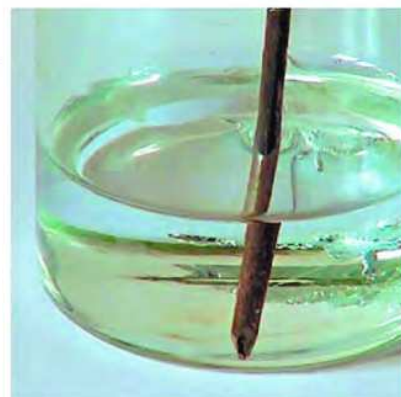
В результате взаимодействия этих веществ образуется сера и сульфат натрия. Помимо всего прочего также образуется сульфид натрия и диоксид серы.

Давайте теперь рассмотрим еще некоторые свойства концентрированной серной кислоты. Серная кислота при высокой концентрации очень быстро отнимает воду у многих веществ. Например, у салфетки, которая состоит из целлюлозы.

Если положить в стакан с серной кислотой салфетку, то она сразу же почернеет и обуглится.

Это происходит, потому что серная кислота забирает из молекул целлюлозы воду, оставляя лишь уголь. Эта реакция выглядит эффектнее, если взять вместо салфетки сахар. К насыпанному в стаканчик сахару можно прилить немного концентрированной серной кислоты.

Спустя некоторое время сахар начинает темнеть и чернеть: серная кислота забирает воду из молекул сахарозы, оставляя углерод.





Вследствие этой реакции содержимое стаканчика начинает нагреваться и вспениваться, и из-за выделяющихся паров воды образуется так называемая угольная пена, которая хорошо горит.

Также с помощью серной кислоты можно получить соляную кислоту и провести интересную реакцию под названием «хлороводородный фонтанчик».

Для проведения этого опыта насыплем в колбу Вюрца немного обычной поваренной соли. Далее с помощью делительной воронки прильем несколько капель концентрированной серной кислоты к хлориду натрия.

В результате реакции образуется хлороводород и гидросульфат натрия. Так как образовавшийся хлороводород тяжелее воздуха, его можно собрать в колбу.

Чтобы провести опыт с «хлороводородным фонтанчиком», закрепим перевернутую колбу в штативе с подсоединенными к ней шлангами для создания разницы давления. Через шланг мы будем подводить воду в колбу.

После того, как первая капля воды попадает в колбу с хлороводородом, последний начинает активно растворяться в воде, образуя разреженное давление в колбе. Из-за этого вода по шлангу начинает всасываться в колбу, образуя так называемый «хлороводородный фонтан». В воду был добавлен индикатор — метилоранж, который в кислой среде окрашивается из желтого в красный цвет.



НЕОН

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Неон

Неоновая лампа



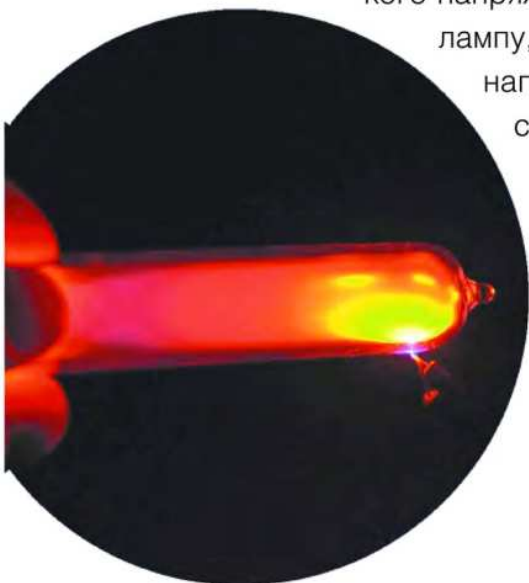
Неон (Ne) — это благородный газ, который находится в VIII группе периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, ниже гелия. Этот газ называют благородным из-за того, что он практически не реагирует ни с одним из веществ, то есть не отдает и не присоединяет электроны. Неон представляет собой бесцветный газ, без вкуса и запаха, содержание которого в атмосфере составляет 126 миллионных процента по массе.

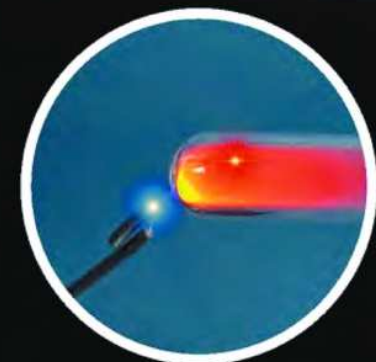
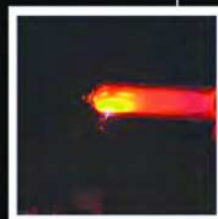
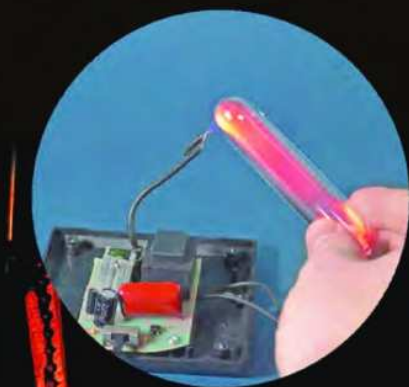
Так как у неона нет никаких химических соединений, рассмотрим его физические свойства. При пропускании высокого напряжения через этот газ он начинает светиться красно-оранжевым светом, интенсивность свечения будет зависеть от напряжения, а также от давления газа.

В этой ампуле давление газа составляет примерно одну сотую от атмосферного давления — это сделано для того, чтобы уменьшить требуемое напряжение для свечения газа в разряде тока.

Я не силен в физике, но простыми словами попробую объяснить механизм свечения неона. В качестве источника высокого напряжения я использовал старую плазمو- лампу, в которой стоит генератор высокого напряжения высокой частоты и малой силы тока.

При высоком напряжении из электрода, то есть катода, стремятся вылететь электроны, при приближении к ним ампулы с неона электроны из металлического провода





вылетают, часть из них проходит через стекло и начинает сталкиваться с молекулами неона внутри ампулы. Атомы неона возбуждаются при столкновении с электронами. Электроны в атоме неона не склонны к бродяжничеству, поэтому после возбуждения атом успокаивается и электрон возвращается на свое место.

В результате атом испускает фотон света. Энергия этих фотонов лежит в красной части спектра видимого света. Моя рука здесь играет роль конденсатора, ведь сила тока для зажигания неона в лампе чрезвычайно мала.

На этом свойстве работают многие неоновые вывески, которые, кстати, наполняют не только неоном, но и другими газами.

Свойства неона излучать свет под воздействием электричества используют и в газоразрядных индикаторах, как, например, в этих ретро часах на советских индикаторах.



Давление газа в этих лампах несколько миллиметров ртутного столба, и ток, проходящий через цифры, около 100 вольт. Из-за того, что напряжение не очень большое, светится не вся лампа, а только тонкий слой газа, находящийся вблизи цифры.

Этот эффект называется тлеющим разрядом, при этом свет исходит от отрицательно заряженного электрода — катода. При этом цвет свечения зависит от рода газа. При тлеющем разряде газ хорошо проводит электричество, а значит, в газе все время поддерживается сильная ионизация. В этих газоразрядных лампах к неону добавлено немного ртути — для облегчения зажигания газа и для увеличения срока службы лампы.

В темноте видно, что вокруг желтой цифры находится синеватый ореол, обусловленный парами ртути, содержащимися в лампе. Ртуть излучает ультрафиолетовый свет при прохождении через нее электрического тока.





РАДОН

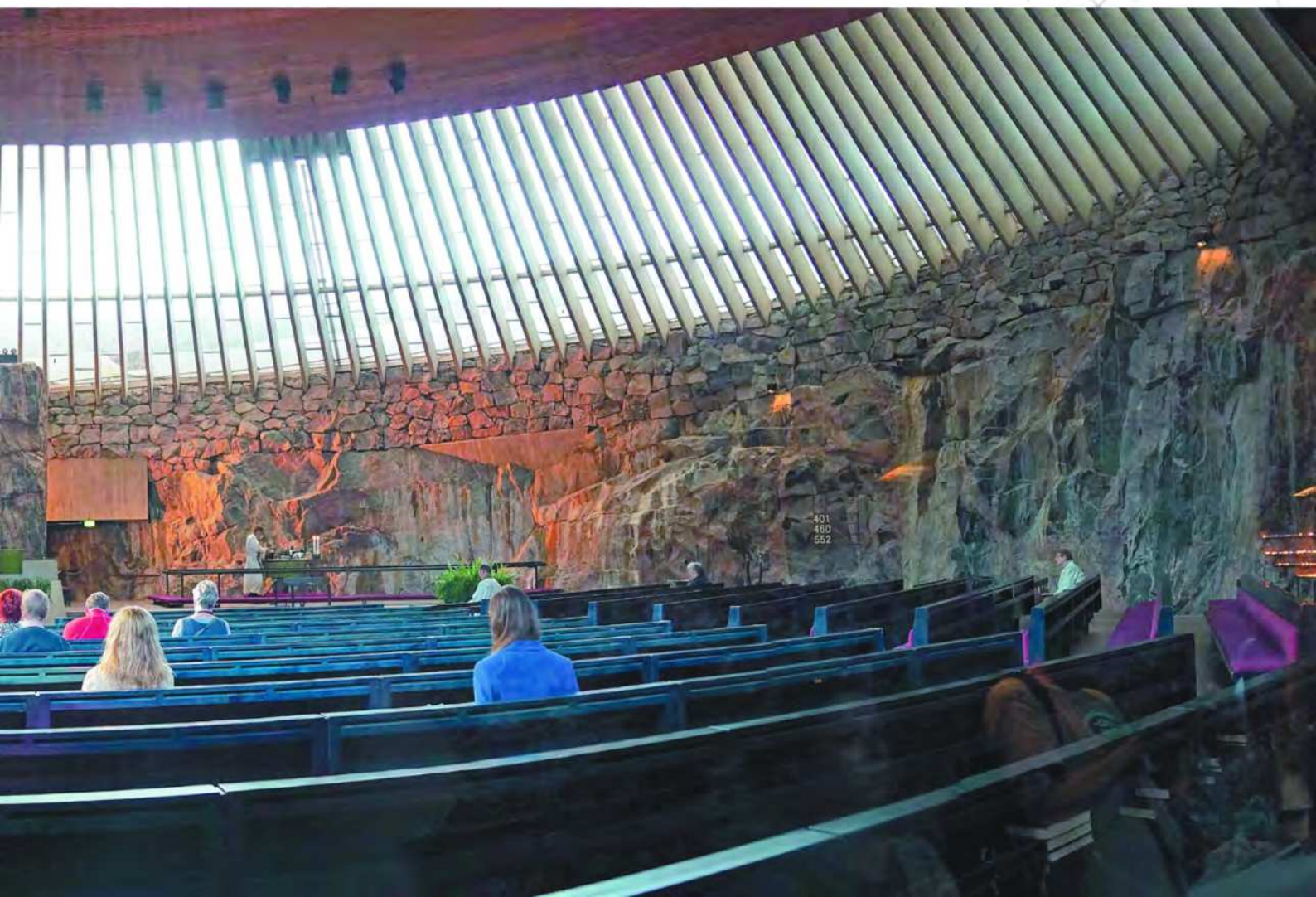
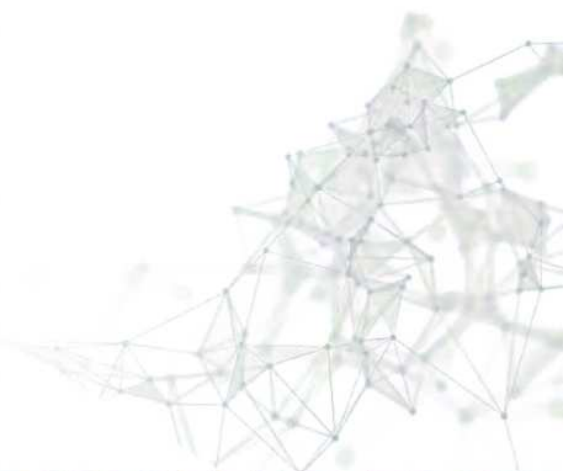
Радон (Rn) — элемент главной подгруппы VIII группы Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Этот газ не имеет ни вкуса, ни запаха, а также не имеет стабильных изотопов, что говорит о его радиоактивности. С физической точки зрения этот газ самый тяжелый из всех известных, поэтому накапливается в подвалах жилых и общественных зданий, горных выработках, пещерах, туннелях, глубоких ямах.

Газ этот легко подвижен и переносится атмосферными потоками на большие расстояния, он также довольно хорошо растворим в воде, перемешивается вместе с



грунтовыми и поверхностными водами. Радон образуется в процессе распада радия, который, в свою очередь, образуется при распаде урана, содержащегося в граните или в почве. Период полураспада радона – около 3,5 дней, и при его распаде образуется целое семейство разных изотопов, излучающих в основном бета- и альфа-излучение, иными словами, радиационный фон в местах скопления радона должен быть гораздо выше нормального фона. Радиоактивный газ радон чаще всего накапливается в помещениях, расположенных на уровне земли, или в подвалах, а также в различных шахтах.

После сильной грозы в выпавшем дожде можно наблюдать немного повышенную радиоактивность, если стереть с подоконника тряпкой выпавшие капли и поднести к ней дозиметр. Радон из воздуха может раствориться в выпавшем дожде и повысить уровень радиации до 2-х раз в отличие от нормы. Благо, для человека это не опасно, так как радон очень быстро распадается, снижая при этом радиационный фон.



Если замерить уровень фоновой радиации в квартире для сравнения, то можно видеть, что нормальный фон — это около 0,12 микрозиверта в час. В принципе, безопасной для человека является норма до 0,5 микрозиверта в час.

Первое место для эксперимента — яма старого гаража, в которой должен был скопиться радон из-за плохого проветривания. Включим измерение в режиме фона, с открытой крышкой гамма-фильтра, чтобы фиксировать гамма- и бета-излучение. Дозиметр показывает двукратное превышение того показателя, который мы наблюдали в квартире. Еще стенки ямы выложены красным кирпичом, который сделан из красной глины. Этот кирпич также является источником радона. Со временем из-за того, что яма гаража была открыта, радиоактивный радон начинает выветриваться из нее и показатели дозиметра уменьшаются. Кстати, половина суточной нормы радиации, получаемой человеком, исходит именно от радона и продуктов его распада.

Для следующего теста я отправлюсь далеко от дома, точнее, даже в другую страну, в старые заброшенные шахты. По рассказам знакомых, в этой шахте раньше добывали сланец, также здесь находили некоторые слои фосфоритных руд. Шахту как раз закрыли из-за опасного газа радона, который выделялся из стен и отравлял рабочих.

Даже рядом с шахтой после 5 минут измерения наблюдается более чем двукратное превышение радиационного фона. В самой шахте довольно тепло, здесь даже можно обнаружить места зимовки насекомых, например, комаров.





Немного пройдя в глубь шахты, я начал измерение уровня радиации. Слюдяной датчик моего дозиметра довольно чувствительный и измеряет уровень радиоактивности довольно точно. Спустя 5 минут измерения дозиметр показал трехкратное превышения того фона, который был в квартире.

Так к какому выводу мы можем прийти, проведя такие опыты? Чтобы не подвергать себя опасности, нужно чаще проветривать помещения, в которых вы находитесь, особенно

людям, живущим на первых этажах, а также в домах, сделанных из гранитосодержащего бетона или имеющих гранитную облицовку. Радон при вдыхании облучает легкие альфа- и бета-частицами, которые являются причиной микроожогов альвеол и причиняют вред здоровью.



ЖИДКИЙ АЗОТ

**НАМ
ПОНАДОБИТСЯ:**

Жидкий азот
Смелость



Мое первое знакомство с жидким азотом началось с роликов на YouTube. Еще в 2008 году я увидел ролик, где преподаватель в российском университете читает лекцию про жидкий азот и демонстрирует его свойства. Я завороженно смотрел, как преподаватель выливает себе азот на руку, пьет его, и при этом не превращается в ледышку, ведь температура жидкого азота -196°C , что в несколько раз ниже самой холодной зимы в нашем городе. В то время у меня не было доступа к жидкому азоту и мне не удавалось проверить на себе те опыты и явления, которые показывал преподаватель в том видео, однако идея провести опыты с жидким азотом жила внутри и ждала своего часа. Позже, когда я поступил в университет, я уже начинал знакомиться с преподавателями и искать кого-нибудь, кто мог бы помочь мне с жидким азотом.

В конце концов, я нашел нужную преподавательницу — она вела у нас неорганическую химию, при этом также занималась исследованиями со спектроскопией ядерно-магнитного резонанса, а точнее, получением спектра органических веществ. В спектрографе, а точнее, в приборе для создания сильного магнитного поля путем сверхпроводимости, используется жидкий гелий, а так как жидкий гелий чрезвычайно дорогой, его охлаждали жидким азотом, который заливался в подушки спектрографа.

Жидкий азот примерно в 100 раз дешевле жидкого гелия.



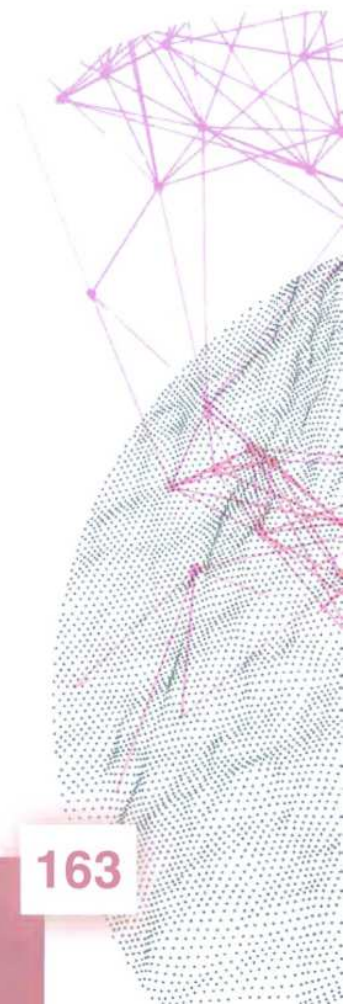
После того, как я рассказал преподавательнице о том, что хочу провести опыты с жидким азотом и сделать видео, она согласилась помочь мне в этом деле. В день проведения опытов она пригласила еще пару работников университета, чтобы они могли помочь мне с проведением реакций.

К моему удивлению, когда я спросил преподавательницу о том, не проводила ли она когда-нибудь разные опыты с жидким азотом, я получил ответ «нет». Для меня это было очень странно, ведь она проработала в университете как минимум около двадцати лет и за все это время не замораживала все подряд в жидком азоте, не делала всех тех безумных опытов, которыми сейчас завален Интернет! Для меня это было весьма странно. Тем не менее, в тот день она и остальные работники просто впали в детство при виде азота, и мне показалось, что в тот день они узнали о жидком азоте больше, чем за всю жизнь работы в университете.

В последующие годы я уже нашел место, где можно самому купить жидкий азот, после чего смог вдоволь наиграться с ним без присмотра преподавателей, которые очень любят экономить на жидком азоте.

Получают жидкий азот из воздуха, так как содержание газообразного азота в воздухе равно 79%. Воздух сначала закачивают в большие баллоны под высоким давлением. По закону Гей-Люссака при увеличении давления газ нагревается в баллонах при сжатии. Баллонам дают остыть, после чего воздух из них выпускают и пропускают через специальный аппарат, по устройству напоминающий турбину в реактивном двигателе самолета. В этом аппарате воздух быстро расширяется, вместе с тем сильно охлаждаясь. Охлаждение происходит настолько интенсивно, что воздух сжижается и превращается в жидкость. Однако в жидком воздухе кроме азота содержится еще жидкий кислород, а также углекислый газ, аргон и много других примесей.

Для использования в качестве охладителя жидкий воздух не подходит, так как он содержит кислород и твердые частицы, которые могут испортить аппараты, в которых он используется как охладитель. Для отделения жидкого азота от жидкого воздуха используют ректификацию — процесс, в котором газы подобно





смеси воды и спирта разделяют в зависимости от температуры кипения. В большой колонне кипит жидкий воздух, и продукты, которые кипят при более низкой температуре, чем азот, улетучиваются первыми, оставляя жидкий кислород, который впоследствии также отделяется от углекислого газа, аргона и т.д.

Жидкий азот — очень холодная жидкость, по плотности она легче воды. Из-за того, что эта жидкость очень холодная, ее необходимо хранить в специальных сосудах Дьюара.

Сосуд Дьюара представляет собой большой термос, между стенками которого есть вакуум: он не дает теплу извне достичь жидкого азота и испарить его.

При наливании жидкого азота в стакан с водой он сразу же начинает кипеть, замораживая при этом верхний слой воды.

Если вода будет горячее, то из-за холода от жидкого азота пары воды будут конденсироваться в воздухе, образуя густой красивый туман, который вытекает из стакана.

Очень эффектный опыт получается, если в большую емкость, наполненную жидким азотом (10 литровое ведро), вылить пару литров кипятка.

При соприкосновении кипятка с жидким азотом азот начинает мгновенно испаряться, охлаждая окружающий воздух и превращая кипяток в водяной пар.





Пары воды сразу конденсируются, образуя целое облако, которое накрывает всех, находящихся поблизости. Этот опыт достаточно эффектный, его демонстрируют на многих научных ярмарках и шоу.

КОГДА МЫ НАЛИВАЛИ ЖИДКИЙ АЗОТ В СТЕКЛЯННЫЙ ТЕРМОС, ТО ДЕЛАЛИ ЭТО ПОСТЕПЕННО И ОЧЕНЬ АККУРАТНО.

Если резко налить азота в термос из стекла, то из-за резкого перепада температур стекло может треснуть, а термос при этом взорвется и разрушится, ведь между стенками термоса вакуум и стекло находится в постоянном напряжении. Лучше использовать металлические термосы для транспортировки малых количеств жидкого азота и для работы с ним.

Жидкий азот может охлаждать практически все что угодно, но не сразу. Например, если налить жидкий азот на стол, то он просто будет стекать с него, образуя круглые капли. То же самое произойдет, если налить жидкий азот на руку — он с нее просто стечет.

Процесса смачивания не происходит, поэтому азот не причиняет никакого вреда телу человека. Все это вызвано так называемым эффектом Лейденфроста, обусловленного высокой разницей температур жидкого азота и поверхности, на которой он находится.

Между каплями жидкого азота и ладонью руки образуется воздушная подушка, которая в первые секунды спасает кожу от об-



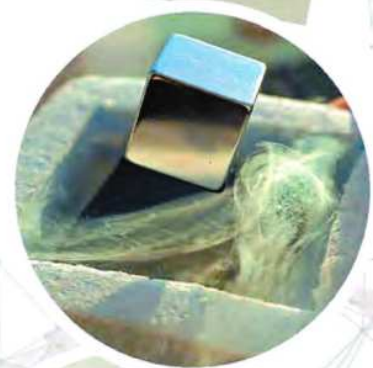




морожения. Однако если капля задержится на одном месте всего на пару секунд, она начнет смачивать охладившийся участок кожи под ней, при этом вызывая ожог. Эффект Лейденфроста можно наблюдать дома при выливании капли воды на раскаленную сковородку. Капля при этом не смачивает поверхность сковороды, а бежит по ее поверхности. Используя этот эффект, можно с легкостью вылить на себя целое ведро жидкого азота без какого-либо вреда, но только при одном условии — нужно быть голым и без волос. Да, да — если на вас будет хоть немного одежды или у вас будут длинные волосы, можно получить обморожение.

Дело в том, что если жидкий азот вылить на человека в одежде, то азот сразу же впитается в одежду, при этом начнется интенсивное охлаждение кожи под ней, так как впитанный в одежду азот хорошо смачивает кожу, и эффекта Лейденфроста не происходит. Жидкий азот я однажды использовал для создания холодного компресса. На одном мероприятии, где я показывал опыты с азотом, одна девушка подвернула руку. Я взял полотенце и облил его из кружки жидким азотом, после чего этим полотенцем мы обмотали девушке руку. Азота было не много, и он не доходил до кожи, но вместе с тем охлаждал сустав руки, снижая болезненные ощущения. Также жидкий азот используют в медицине для удаления бородавок — жидким азотом смачивают ватную палочку, которая препятствует созданию эффекта Лейденфроста.

Многие предметы при охлаждении в жидком азоте резко меняют свои свойства. Полное охлаждение происходит после того, как азот перестает кипеть вокруг охлаждаемого предмета.





Например, фрукты, ягоды и любые растения становятся очень хрупкими, замороженные в жидком азоте лепестки роз можно смять рукой, при этом они превратятся в холодную пыль.

Железо и сталь также становятся чрезвычайно хрупкими — железную трубу после охлаждения в жидком азоте можно разбить несильным ударом молотка. На фото — пластина из твердой стали, которую разбили попаданием пули после заморозки в жидком азоте.

Резиновые трубки в жидком азоте становятся очень хрупкими и ломаются в руках.

При охлаждении у многих металлов уменьшается внутреннее сопротивление. Например, если взять скрученный медный провод и охладить в жидком азоте, то лампочка, которая была подключена до этого через этот провод, будет светиться гораздо ярче. Также, некоторые материалы при температуре жидкого азота приобретают свойства сверхпроводимости, то есть теряют все внутреннее сопротивление. На фото — левитация магнита над высокотемпературной сверхпроводящей керамикой — оксидом иттрия-бария-меди $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

В жидком азоте можно заморозить те жидкости, которые не замерзают в обычных условиях. Этиловый спирт при добавлении к нему жидкого азота замерзает и превращается в белые кристаллы.

Температура замерзания этанола равна -114°C . Если подождать некоторое время, то эти кристаллы растают, превращаясь в густую субстанцию наподобие меда.

Этот так называемый «спиртовой» спред можно намазать на хлеб и получить спиртовой бутерброд.

Однажды на одной из вечеринок, куда мы принесли для развлечения жидкий азот, мы сделали бутерброды из абсента, то есть 70%-ного раствора этилового спирта. Брали сухой хлебец, на одну половину намазывали частично замороженный абсент, на другую половину — сливочный сырок. Тот, кто смог съесть такой бутерброд, получал одобрителный гогот толпы и уважение среди друзей.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

- Свойство жидкого азота увеличиваться в объеме при испарении используют при производстве чипсов. В упаковку с чипсами капают немного жидкого азота, после чего испарившийся азот вытесняет из пачки кислород, тем самым позволяя чипсам дольше храниться.
- С помощью жидкого азота можно сконденсировать воздух. Если надутый воздухом шарик опустить в жидкий азот, то шарик начнет сжиматься и уменьшаться в объеме. Воздух внутри шарика перейдет в жидкое состояние из-за низких температур.

Если после этого шарик вынуть из азота, то от теплоты окружающей среды он снова надуется, так как сжиженный воздух внутри шарика снова расширится.

Жидкий азот при испарении увеличивается в объеме в 700 раз. То есть если в бутылку на 1 литр налить 100 мл азота, то в бутылке при испарении азота создастся давление в 70 атмосфер. От такого давления бутылка может не выдержать и взорваться с оглушительным хлопком.

С помощью жидкого азота можно делать очень вкусное домашнее мороженое. Для этого достаточно взять 400 мл 10%-ных сливок и 200 мл 35%-ных сливок, а также банку сгущенного молока.

Сливки смешиваем, добавляем полбанки сгущенки, после этого активно начинаем мешать смесь и приливать к ней жидкий азот до тех пор, пока смесь не загустеет до консистенции мороженого. Из кастрюли, в которой это происходит, начинает валить туман. Выглядит все очень эффектно!

Но самое интересное — когда из такого дымящего котла достают наивкуснейшее мороженое и дают кому-нибудь попробовать. Изумлению публики нет предела!

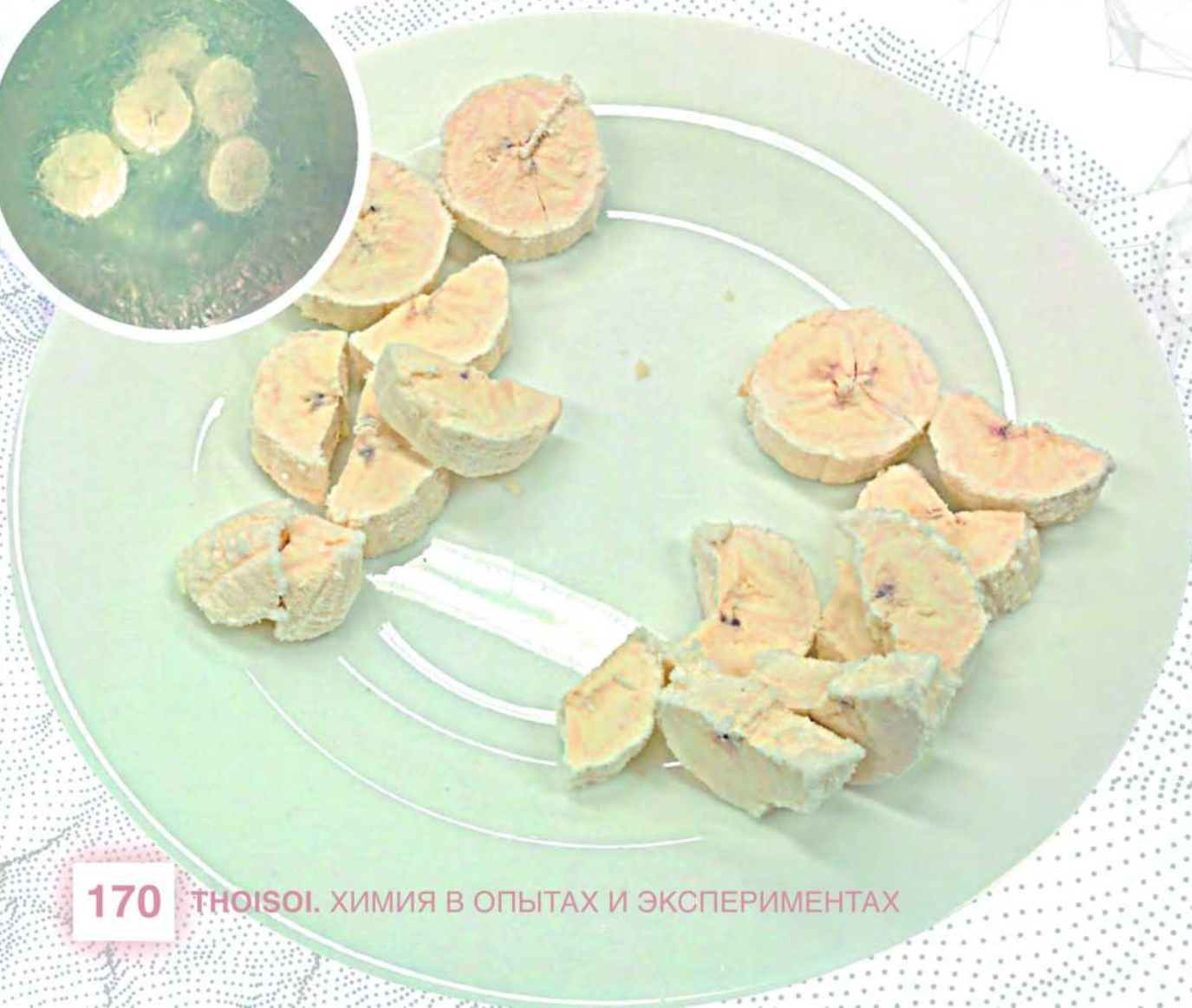




Получившееся мороженое невероятно вкусное и нежное, ведь ледяные кристаллы, содержащиеся в мороженом, получаются очень маленькими, что придает мороженому мягкость и необычную текстуру.

Даже бананы после заморозки в жидком азоте становятся довольно вкусными и хрустящими.

Однако их нельзя есть сразу после заморозки, так как они еще очень холодные и могут просто примерзнуть к языку. Нужно подождать 10 минут, чтобы они прогрелись с -196°C до -10°C . Вообще, жидкий азот — это очень интересная, хотя иногда довольно опасная субстанция!



ВЗРЫВ ВОДОРОДА

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

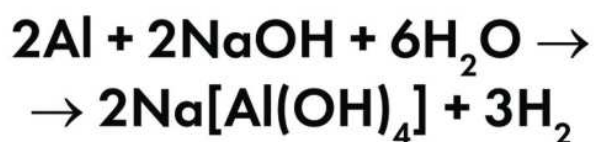
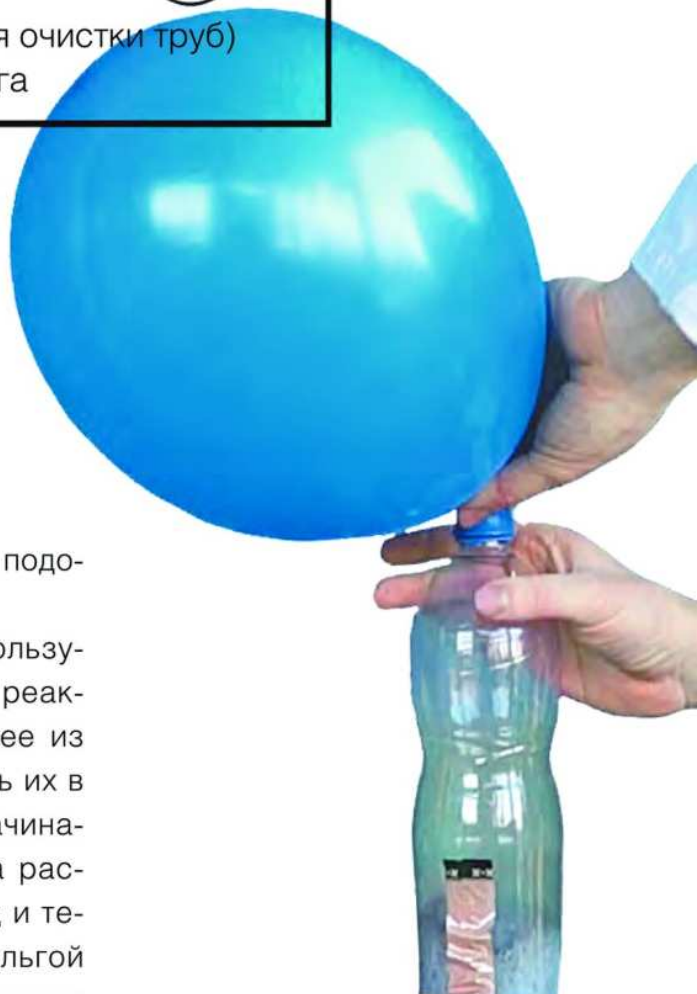
Гидроксид натрия (средство для очистки труб)
Алюминивая фольга



НЕ ПОВТОРЯЙТЕ ЭТОТ ОПЫТ —
ОН ОПАСЕН!

В этом опыте я получу газообразный водород и подожгу его.

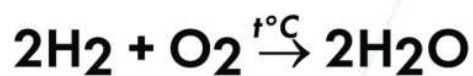
Для прочищения труб от засоров обычно используют раствор гидроксида натрия или щелочь. Для реакции возьмем бутылку, нальем туда щелочи. Далее из фольги необходимо сделать шарики и добавить их в бутылку со щелочью. Спустя некоторое время начинается реакция, при которой алюминиевая фольга растворяется в гидроксиде натрия, образуя водород и тетрагидроксоалюминат натрия ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$). С фольгой реакция идет очень бурно, и шарик быстро надувается водородом.





Теперь я снимаю горячий шарик с водородом и завязываю его. Чтобы шарик взорвался, я поджигаю его горелкой.

При реакции водорода с кислородом воздуха образуется самое полезное для живых организмов вещество — вода. Температура при такой реакции может достигать +550°C.



Водород сгорает на воздухе очень быстро, желтое пламя обусловлено следовыми остатками гидроксида натрия в шарике, которые окрашивают пламя в такой цвет.

ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Так как водород во много раз легче воздуха, раньше этим газом наполняли дирижабли. Расцвет этого транспортного средства был в 30-х годах XX века. Такие дирижабли могли пересечь Атлантический океан за пару дней, и удобство в каютах пассажиров было несравнимо лучше, чем в современных авиалайнерах. Например, у пассажиров первого класса была своя мини-квартира с полноценным туалетом и даже душем! Самый большой на то время дирижабль Гинденбург мог перевозить 100 тонн полезного груза и еще 50 пассажиров вдобавок. Однако после аварии Гинденбурга в 1937 году и гибели 36 человек в мире настал конец эры дирижаблей.

Дело в том, что водород, которым наполняли дирижабли, — это крайне взрывоопасный газ, от малейшей искры такое транспортное средство легко превращалось в горящий факел. Дирижабль можно наполнить и другим легким газом — гелием, однако он в сотни раз дороже дешевого водорода, и такие перевозки становятся крайне невыгодными. Существует мнение, что авария Гинденбурга была подстроена конкурентами — компаниями, занимающимися авиаперевозками, например Боингом. После падения перевозок на дирижаблях у Боинга дела пошли в гору. Однако это только лишь догадки. Сейчас дирижабли используются лишь в военных или в научных целях.

На фото – модели дирижаблей в Музее науки в Лондоне



ОБЛАКО В БУТЫЛКЕ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Бутылка от шампанского
Насос для велосипеда
50%-ный раствор этанола в воде,
или обычная водка (40%-ный раствор этанола в воде)



Этот интересный опыт связан с давлением и газами, и проводить его довольно просто.

На зажим насоса надеваем иглу для мячей, а ее, в свою очередь, воткнем в резиновую пробку так, чтобы ее конец выступал внутрь бутылки.

Затем берем резиновую пробку и плотно втыкаем ее в бутылку. После этого начинаем нагнетать давление в бутылке с помощью насоса. Примерно после 6–7 подач воздуха давление в бутылке возрастет настолько, что пробка не выдержит и выстрелит.



При этом в бутылке образуется туман, который довольно быстро рассеивается.



Такой эффект вызван тем, что при нагнетании давления газы внутри бутылки нагреваются, а при резком высвобождении давления, наоборот, охлаждаются. При резком охлаждении газа в бутылке водяной пар из воздуха конденсируется, переходя точку росы. После этого газ в бутылке снова нагревается, и туман пропадает.

Чтобы туман был более густым, я добавил в бутылку 50%-ный раствор этанола в воде. Тогда при высвобождении давления в бутылке образуется туман не только из воды, но и из спирта.

По-научному этот эффект называют **адиабатическое охлаждение**. Адиабатическое означает, что опыт происходит в закрытой системе, чем является заткнутая пробкой бутылка.

Такой способ охлаждения газов при резком высвобождении давления используют для конденсации воздуха и получения из него жидкого азота и жидкого кислорода. В обычной жизни мы можем увидеть этот эффект при откупоривании бутылки с шампанским. Газ, находящийся в бутылке, резко расширяется, после чего охлаждается и конденсируется, а из бутылки идет легкий дымок.



ПАРАФИН

**НАМ
ПОНАДОБИТСЯ:**

Парафиновая свеча



Все из вас знают, что просто так парафин не горит, даже если его пытаться поджечь горелкой. Однако если пропитать парафином какую-нибудь тряпку или фитиль свечи, то это вещество начнет отлично гореть. Дело тут в том, что горит не сам парафин, а его пары. Когда парафин поднимается по фитилю свечи, то он может быстрее испариться, тем самым эффективно смешавшись с кислородом, освещая при этом помещение.

В этом опыте мы попробуем поджечь парафин в чистом виде. Для начала возьмем какой-нибудь инструмент (у меня был под рукой топор) и измельчим им свечку.

Затем наполняем пробирку кусочками парафина.

Теперь зажигаем горелку и нагреваем на ней пробирку с парафином.

Со временем парафин расплавляется и начинает кипеть.





Как только кипение парафина стало максимальным, опускаем пробирку в ведро с холодной водой. При этом парафин выплескивается из пробирки и загорается.

Так как же это происходит?

При соприкосновении горячей пробирки с холодной водой дно пробирки трескается. Вода проникает в образовавшиеся трещины и мгновенно испаряется от жара парафина. Образующийся пар выталкивает парафин из пробирки, который, в свою очередь, смешивается с воздухом и самовоспламеняется. При распылении в воздухе частицы горячего парафина получают огромную площадь соприкосновения с кислородом воздуха, от чего и могут прореагировать друг с другом. Этот опыт демонстрирует один из главных принципов в химии — чем лучше перемешаны вещества, тем быстрее и эффективнее происходит химическая реакция.

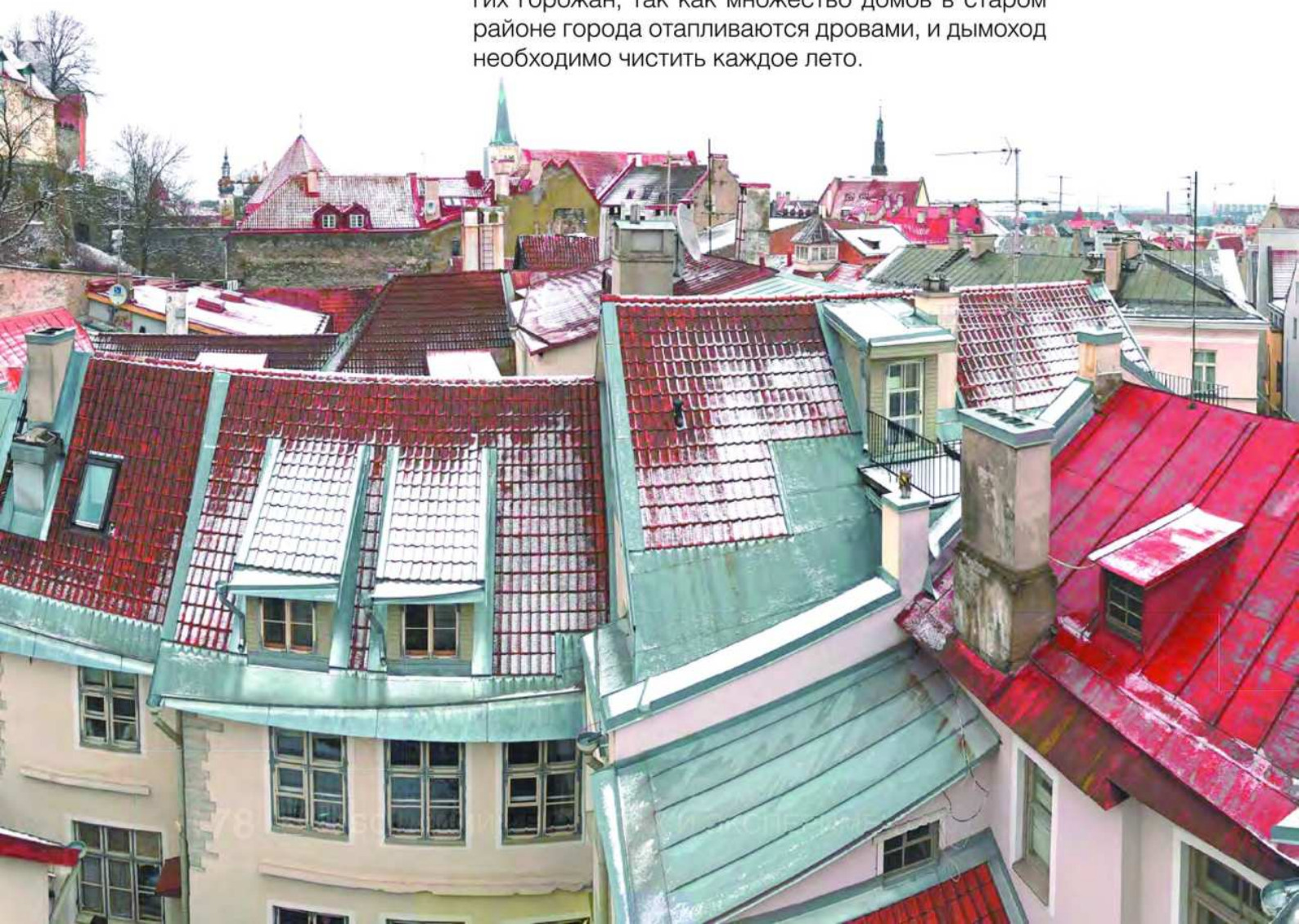


КАК СГОРАЕТ ДРЕВЕСИНА



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

В Эстонии, в самом центре города Таллина, до сих пор существуют дома, которые отапливаются дровами. И мне посчастливилось познакомиться с Вольдемаром — настоящим трубочистом из Таллина. Профессия трубочиста сегодня очень редко встречается. Но ее образ является символом Таллина, эта должность очень важна для многих горожан, так как множество домов в старом районе города отапливаются дровами, и дымоход необходимо чистить каждое лето.



Как многим известно, в результате чистки дымохода образуется 3 главных вида отходов – это пепел, сажа и смола.

Пепел — это в основном карбонат калия, известь, оксид и соли магния с примесями угля. В быту пепел или золу можно использовать в качестве удобрения в чистом виде.

Однако если очистить пепел от примесей, то можно получить карбонат калия, или поташ, очень полезный реактив. Для этого возьмем какую-нибудь емкость, насыплем туда пепла и прильем горячей воды.

Теперь растворяем водорастворимые вещества и отфильтровываем нерастворимые примеси через фильтр для кофе. Полученный раствор выпариваем, и в результате у нас готов карбонат калия (K_2CO_3) технической чистоты.





Содержание поташа в золе может варьироваться от 5 до 15% и зависит от сорта дерева. В таком виде поташ можно использовать как антиобледенитель — вместо соли, которая вредна растениям.

Для проверки эффективности поташа в качестве средства для удаления льда можно провести следующий опыт. Насыпаем на одну часть поверхности снега поташ, который мы получили из золы, а на другую — поваренную соль, и ждем полчаса.

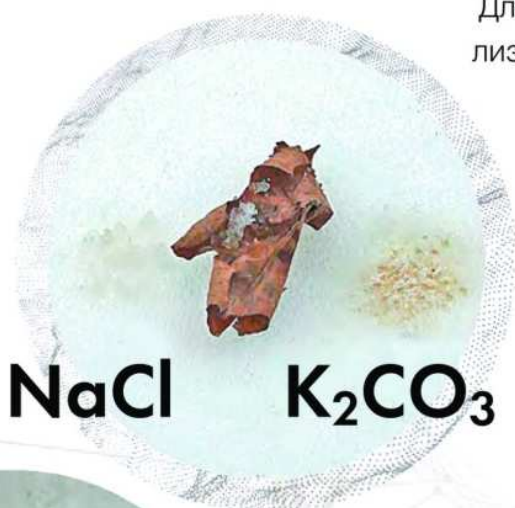
По прошествии времени можно видеть, что в месте, где был насыпан карбонат калия, или поташ, растаяло больше снега. Это произошло из-за того, что поташ растворяется в воде гораздо лучше, чем поваренная соль.

Для более глубокой очистки можно провести рекристаллизацию карбоната калия.

Второе основное богатство трубочиста — это, конечно же, сажа. Сажа представляет собой смесь углерода и различных углеводородов.

В чистом виде из сажи можно легко приготовить черную краску, смешав сажу с растворителем, таким как ксилол или толуол, также можно взять олифу.

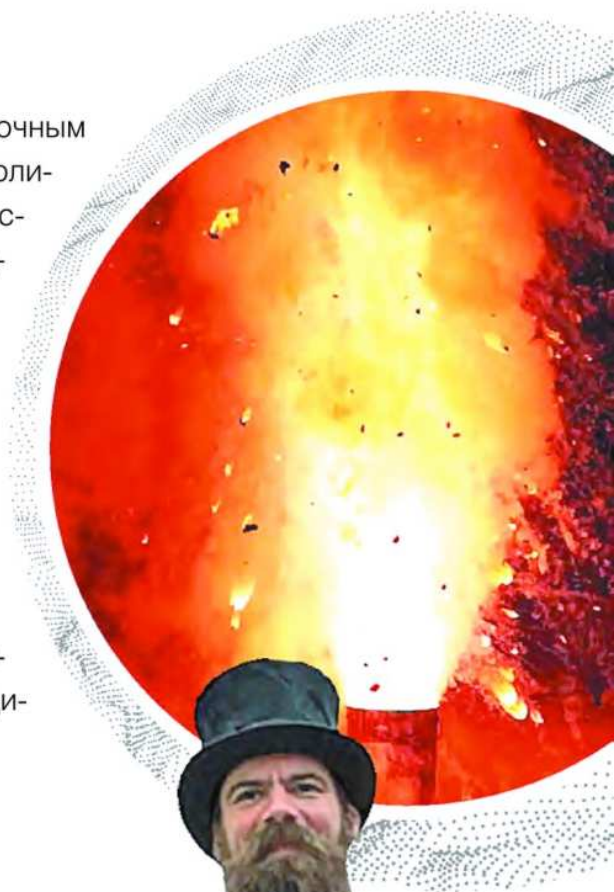
Сама по себе сажа горит плохо — если попытаться поджечь ее, то она будет просто тлеть, выделяя неприятный запах.



Смола, образуемая в дымоходе, также является побочным продуктом сгорания древесины. Она образуется при пиролизе дерева при недостатке кислорода. Состоит смола в основном из углеводов. Однако когда происходит поджиг дымохода для удаления смолы и остатков сажи, то в этом случае смола горит чрезвычайно хорошо.

Вместе с трубочистом Вольдемаром мы попытались симитировать поджиг дымохода. Для этого мы взяли ведро и насыпали туда хлората калия, после чего трубочист Вольдемар, со своей стороны, добавил в ведро смесь сажи и смолы и хорошенько все перемешал. Для начала реакции я поджег смесь горящей бумагой.

При этой реакции хлорат калия служит источником кислорода, который окисляет все углеродсодержащие соединения, находящиеся в смеси сажи и смолы.



ХИМИЧЕСКАЯ ВСПЫШКА ОТ КАПЛИ ВОДЫ

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Нитрат серебра (AgNO_3)
Порошкообразный магний (Mg)
Вода



В этом опыте мы проведем реакцию, в которой смесь будет самовоспламеняться от капли воды с ослепительной вспышкой.

Для опыта возьмем нитрат серебра и порошкообразный магний и перемешаем их в стеклянном стаканчике.

ПОМНИТЕ, ЧТО ЭТОТ ОПЫТ ОПАСЕН, НЕ ПЫТАЙТЕСЬ ПО-
ВТОРИТЬ ЕГО САМОСТОЯТЕЛЬНО!



После перемешивания веществ возьмем подставку, в качестве которой я выбрал кирпич, и положим на него немного смеси нитрата серебра и магния. Чтобы началась реакция, нам понадобится одна капля монооксида водорода, или, проще говоря, – воды. В моем случае это был компот, что, однако, не меняет самой сути. Капнем каплю воды на смесь.

Как только капля касается смеси, происходит мгновенная химическая реакция, при которой нитрат серебра окисляет магний, образуя серебро, оксид магния и оксиды азота.



При этой реакции образуется настолько яркая вспышка света, что мне пришлось поставить специальный светофильтр на камеру, чтобы не было засвета фотографии.

В старых фотоаппаратах использовались магниевые вспышки, в состав которых вместо дорогого нитрата серебра входил хлорат калия. Сейчас такие вспышки не используют из-за образующегося дыма и опасности для окружающих.



ОГНЕННАЯ ВОДА

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:

Металлический калий (K)
Диэтиловый эфир ($C_4H_{10}O$)
Вода (H_2O)



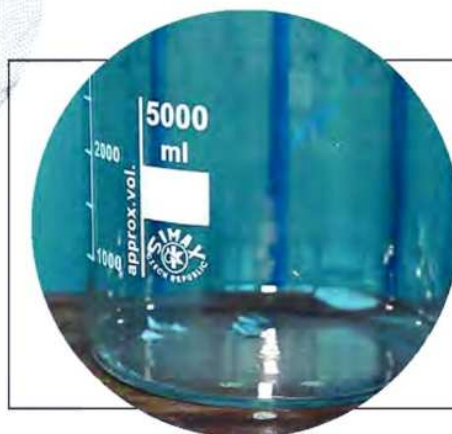
Все привыкли, что огонь обычно тушат водой, но сейчас мы рассмотрим химическую реакцию, в которой возгорание будет происходить от добавления воды. Для данного эксперимента нам понадобится металлический калий.

Калий — активный щелочной металл, поэтому я аккуратно нарезаю его на небольшие кусочки. Теперь возьмем большой химический стакан и добавим в него кусочки калия.

Затем нальем в стакан немного диэтилового эфира.



K



Диэтиловый эфир — это очень горючая жидкость с низкой температурой кипения. Металлический калий не реагирует с эфиром, и пока что в стакане ничего не происходит. Чтобы началась реакция, добавим в стакан немного обычной воды.

При добавлении воды калий, находящийся в стакане, воспламеняется и образует множество искр.

От этих искр загораются пары диэтилового эфира, вследствие чего стакан превращается в большой горящий факел.

Пламя горящего эфира окрашивается в фиолетовый цвет — это происходит из-за ионов калия.



Этот опыт доказывает, что с помощью воды можно не только тушить огонь, но и создавать его!



ОГОНЬ БЕЗ СПИЧЕК

НАМ ПОНАДОБИТСЯ:



Перманганат калия (марганцовка – KMnO_4)

Глицерин ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH}_3)$)

Хлорат калия (KClO_3)

Сахар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

Концентрированная серная кислота (H_2SO_4)

Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)

Нитрат аммония (NH_4NO_3)

Хлорид натрия (NaCl)

Порошкообразный цинк (Zn)

Вода (H_2O)

Для того, чтобы что-то зажечь, мы чаще всего пользуемся спичками или зажигалкой. Однако огонь можно получить также без использования спичек, с помощью химических реакций.

Для получения огня без спичек есть несколько разных реакций.

Первая реакция — известная уже многим людям — реакция марганцовки и глицерина.

Для ее проведения выкладываем марганцовку на поверхность.

Делаем небольшое углубление и добавляем туда глицерин.

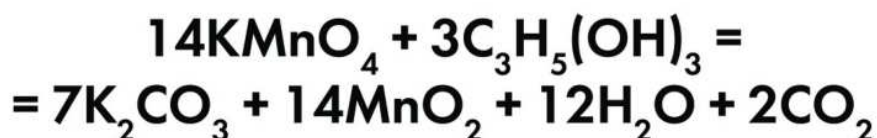
Так как у меня марганцовка не измельченная, для реакции тре-



буется много времени. Чтобы ускорить реакцию, можно добавить несколько капель воды.

Добавление воды способствует растворению небольшого количества марганцовки, которая начинает реагировать с глицерином. Это дает начальное тепло для инициализации реакции.

После этого марганцовка уже начинает разлагаться, выделяя кислород, что еще больше усиливает реакцию. Со временем смесь разогревается настолько, что происходит воспламенение глицерина. Реакцию можно выразить уравнением:



Эта реакция сопровождается выделением большого количества теплоты и газов.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Эту реакцию еще называют «Вулкан Шееле». Название это связано с шведским аптекарем Карлом Шееле, который в 1779 году впервые получил глицерин путем омыления жиров в присутствии солей свинца. В ходе своих экспериментов Шееле однажды случайно смешал полученный глицерин с кристаллическим перманганатом калия (марганцовкой). Его удивлению не было предела, когда спустя пару минут эта смесь вспыхнула ярким пламенем, чуть не опалив исследователю брови.





Вторая реакция — это реакция хлората калия и сахара.

Выкладываем смесь хлората калия (KClO_3) и сахара в пропорциях 2:1. Хлорат калия имеет еще название «бертолетова соль». Это вещество является очень сильным окислителем и используется в производстве пиротехники. Сахар и хлорат калия нужно тщательно измельчить перед опытом.

Чтобы начать реакцию, добавим каплю концентрированной серной кислоты. При смешивании веществ серная кислота сначала реагирует с хлоратом калия, в результате чего образуется диоксид хлора.



ЭТО ИНТЕРЕСНО:

Эта реакция еще имеет название «Запал Кибальчича» в честь русского революционера и изобретателя Николая Кибальчича, который также изобрел и бомбу, с помощью которой было совершено покушение на русского царя Александра II в 1881 году. Бомба должна была взорваться от удара, для чего в ней была стеклянная ампула с серной кислотой, а также немного смеси хлората калия и сахара в качестве запала. При бросании бомбы она ударялась о поверхность, хрупкая ампула с кислотой внутри разбивалась, и от соприкосновения горючей смеси с кислотой происходило воспламенение запала, который приводил взрывчатку в действие. Кибальчич также является изобретателем очень опасного взрывчатого вещества — «гремучего студня», желеподобного вещества, которое представляет собой смесь нитроглицерина и нитроцеллюлозы.

Диоксид хлора является еще более сильным окислителем, чем хлорат калия. Он тут же начинает разлагаться на кислород, хлор, а также окислять сахар, находящийся в смеси. От этого смесь быстро разогревается и самовоспламеняется.

Третья реакция заключается во взаимодействии ацетона с оксидом марганца VII.

Кусок салфетки смачиваем ацетоном, чтобы сделать ее более горючей.

Затем набираем в пипетку концентрированной серной кислоты и опускаем ее в марганцовку, чтобы взять несколько кристаллов. Делаем каплю и капаем на салфетку.

Серная кислота взаимодействует с марганцовкой, образуя оксид марганца VII (Mn_2O_7), который воспламеняет ацетон.

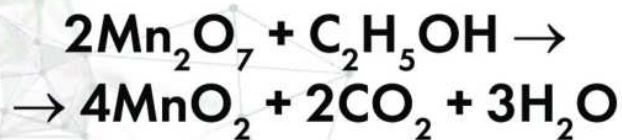


Оксид марганца является очень сильным окислителем, в присутствии которого некоторые вещества, такие как этанол или ацетон, самовоспламеняются или вообще взрываются.

С виду оксид марганца выглядит как зеленое маслянистое вещество.

Если на небольшое количество оксида марганца VII капнуть каплю этилового спирта, произойдет очень бурная реакция — этанол загорится, разбрасывая горящие брызги, а также продукты, образующиеся при реакции с оксидом марганца.





И последняя реакция будет включать нитрат аммония (NH_4NO_3) и хлорид натрия (NaCl).

В какую-нибудь железную чашу выкладываем смесь, состоящую из 4 граммов нитрата аммония и 1 грамма хлорида натрия, то есть столовой соли.

Все компоненты должны быть тщательно измельчены. Добавляем к этой смеси 10 грамм порошкообразного цинка.

Далее перемешиваем компоненты. Для начала реакции добавляем несколько капель воды.

Добавление воды способствует смачиванию смеси и взаимодействию цинка с нитратом аммония, в результате которого смесь начинает разогреваться, со временем вода выкипает и цинк загорается, а нитрат аммония служит окислите-



лем. Хлорид натрия выступает в качестве ионного катализатора для начала реакции. На Западе эта реакция называется Negative X, хотя причина такого странного названия неизвестна.

В результате реакции образуется вспененный оксид цинка.



Звезда YouTube

Издание для досуга

16+

Максим Биловицкий

ТНОISOI. ХИМИЯ В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ
ГАЗЫ И РАСТВОРЫ

Ответственный редактор *А. Амелькина*

Корректор *Ю. Иванова*

Технический редактор *Н. Чернышова*

Компьютерная верстка *Л. Быковой*

Подписано в печать 10.12.2020. Формат 84×108/16. Усл. печ. л. 20,16.

Печать офсетная. Гарнитура HeliosLight. Бумага офсетная.

Тираж экз. Заказ №

Общероссийский классификатор продукции ОК-034-2014 (КПЕС 2008):

– 58.11.1 – книги, брошюры печатные

Произведено в Российской Федерации. Изготовлено в 2020 г.

Изготовитель: ООО «Издательство АСТ»

129085 г. Москва, Звездный бульвар, д. 21, строение 1, комната 705, помещение I, этаж 7

Наш электронный адрес: www.ast.ru

«Баспа Аста» деген ООО

129085, Мәскеу қаласы, Звездный бульвары, 21-үй, 1-құрылым, 705-бөлме, I-жай, 7-қабат

Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru

Интернет-магазин: www.book24.kz

Интернет-дүкен: www.book24.kz

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию в республике

Казахстан:

ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының

өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8(727) 251 59 89, 90, 91, 92

Факс: 8(727) 251 58 12, вн. 107; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Өндірген мемлекет: Ресей

Сертификация қарастырылмаған

Химия – удивительная наука превращений и преобразований элементов! Сложная, красивая, многогранная и ужасно интересная! Но главное – открывающая новые горизонты возможного, позволяющая фантазировать и удивлять.

- Как вы думаете, возможен ли эффект левитации в реальном мире или это все выдумки фантастов и сказочников?
- Можно ли получить шелк искусственным путем из карбоната меди?
- Реально ли создать в цилиндре молнию из доступных химикатов?
- Как получить кристалл и придать ему любую форму?
- Возможно ли зажечь воду или получить из нее химическую вспышку?

Благодаря рекомендациям автора вы познакомитесь со свойствами некоторых газов и их соединений, увидите реакции, проявляющие уникальные свойства выращенных кристаллов, сможете сделать простые, но зрелищные опыты, создать светящиеся растворы и даже химическую радугу!

Фотографии, химические формулы, подробное описание каждого этапа опыта и дополнительные интересные факты о применении свойств элементов в реальной жизни – все это позволит взглянуть на химию и ее превращения совсем другими глазами! И попробовать самостоятельно совершить волшебные махинации, открывающие новые границы нашего сознания и знания о мире!

книги для любого настроения здесь



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА АСТ

www.ast.ru | www.book24.ru

vk.com/izdatelstvoast
[instagram.com/izdatelstvoast](https://www.instagram.com/izdatelstvoast)
facebook.com/izdatelstvoast
ok.ru/izdatelstvoast

ISBN 978-5-17-134961-5

