



Химические вулканы

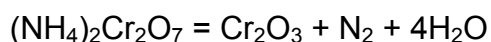
В.Н. Витер, А.В. Зубко



Бихроматный вулкан

В фарфоровой ступке разотрите 50 гр¹. оранжево-красных кристаллов бихромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Порошок насыпьте горкой на большой лист металла или асбестового картона. На вершине «вулкана» сделайте углубление «кратер» и налейте туда 1-2 мл. спирта. Спирт поджигают, в помещении гасят свет. Начинается активное разложение бихромата аммония. При этом появляется сноп ярких искр и образуется серовато зеленый Cr_2O_3 «вулканический пепел». Объем оксида хрома во много раз превышает объем исходного бихромата аммония. Опыт очень напоминает извержение настоящего вулкана, особенно на заключительной стадии, когда снопы красных искр прорываются из глубины пушистого Cr_2O_3 .

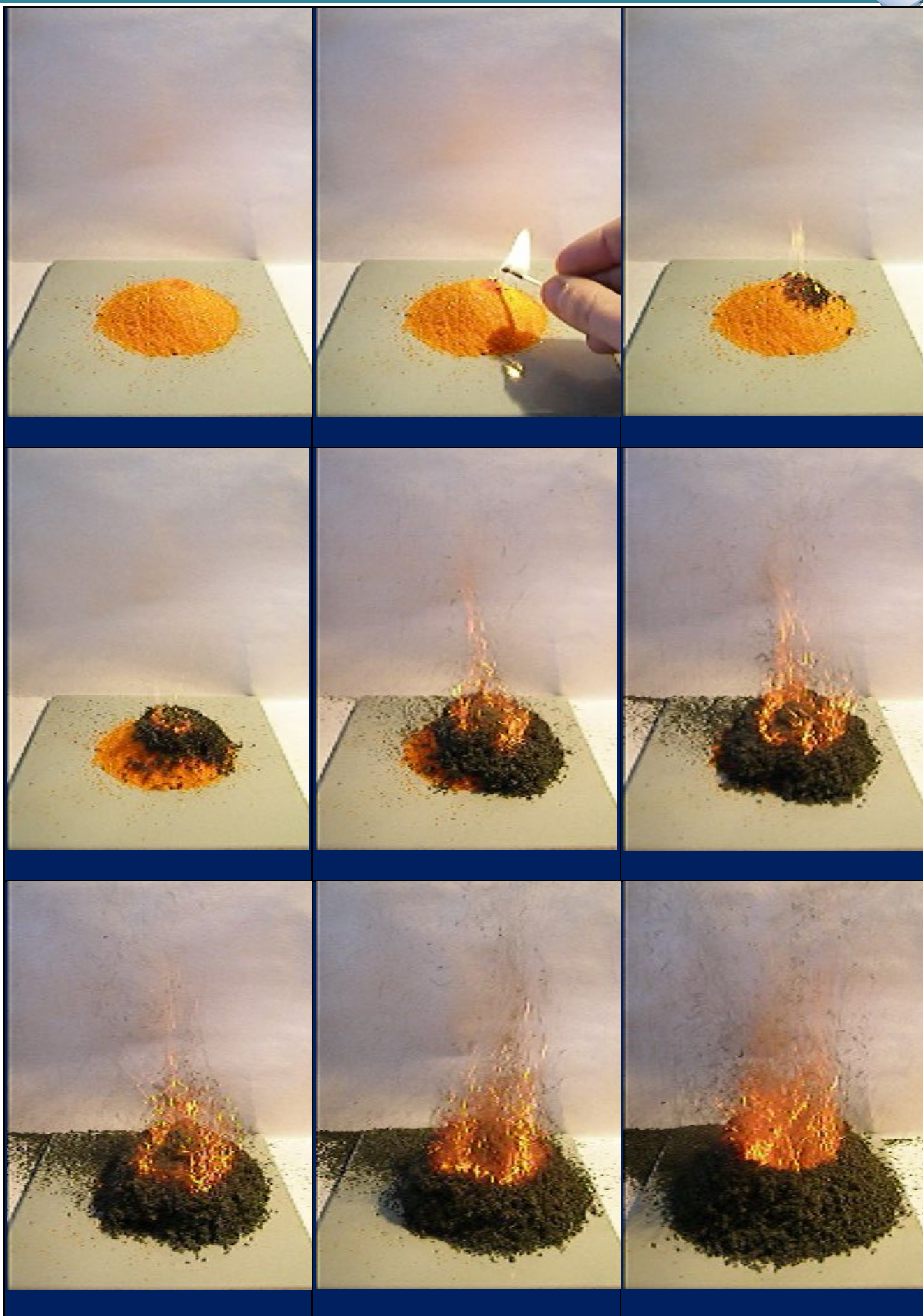
Реакция разложения бихромата аммония протекает с выделением большого количества тепла, поэтому после поджигания соли она протекает самопроизвольно – до тех пор, пока весь бихромат не разложится.



Впервые за разложением бихромата аммония наблюдал первооткрыватель этого вещества - Рудольф Беттгер (1843 г.).

Есть несколько модифицированных вариантов данного опыта. Например, насыпьте горку сахарной пудры и сделайте в ней углубление, в которое засыпьте бихромат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Подожгите бихромат. Начало опыта ни чем не отличается от описанного выше эксперимента. Однако, оксид хрома Cr_2O_3 , который образовался в результате разложения, является катализатором окисления сахарозы. Поэтому если в конце разложения бихромата смесь перемешать, опыт перейдет во вторую стадию. Потом почти сгоревшую, но еще горячую горку посыпьте селитрой, при этом получатся красивые мерцающие огни, разъедающие массу.

¹ Можно использовать и меньшее количество бихромата аммония, но тогда опыт будет менее красивым





Извержение бихроматного вулкана

фото В.Н. Витер

Пороховой вулкан

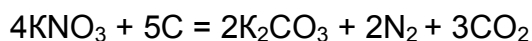
Закрепите в штативе металлическое кольцо и поставьте в него фарфоровую выпарную чашку. Поместите в чашку 5—10 г нитрата калия KNO_3 и расплавьте содержимое в пламени горелки. Отставьте горелку в сторону и раскалите в ее пламени кусочек древесного угля (размером около 1 см.). После чего бросьте уголек в расплав.

Уголь сразу же начинает ярко гореть, при этом он будет бегать по поверхности расплава и подпрыгивать. Теперь высыпьте в расплав пол чайной ложки порошка серы. Появятся яркое желто-белое пламя и белый дым оксидов серы. Все это



напоминает активное извержение вулкана. Опыт будет выглядеть особенно эффектно, если показывать его в сумерках или ночью на открытом воздухе. Обратите внимание: серу нужно добавить **до того**, как сгорит уголь.

Реакции угля и серы с нитратом калия можно выразить уравнениями:



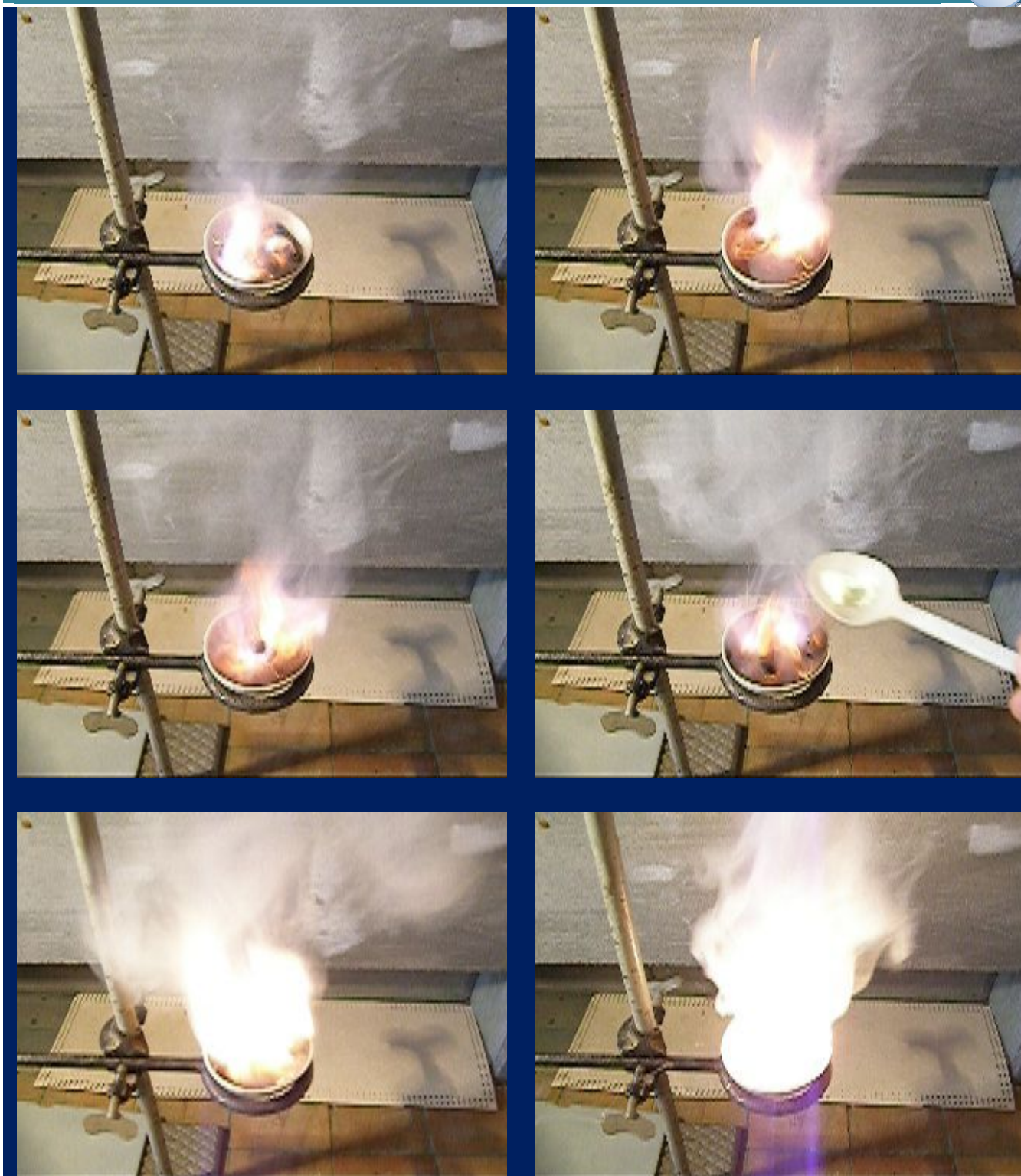
При взаимодействии KNO_3 и серы также могут образовываться K_2SO_4 и SO_3 .

Смесь из 75% нитрата калия, 12.5% серы и 12.5% угля называется черным порохом². Черный порох был известен еще в древнем Китае и многие века служил основным взрывчатым веществом.

Выполняя опыт, будьте осторожны: раскаленный уголь и брызги расплавленной серы нередко вылетают из чашки. Поэтому перед опытом нужно надеть защитные очки, а после начала горения отойти на расстояние полтора-два метра. Ни в коем случае нельзя наклоняться над чашкой и прикасаться к ней, пока процесс не закончится и все вещества не остынут. Рядом не должно быть никаких легко воспламеняемых материалов.



²В зависимости от назначения пороха и качества исходных компонентов его состав мог немного изменяться



Реакция калиевой селитры с углем и серой. В расплав KNO_3 с начала вносят раскаленный уголь, потом – серу. На последних двух фотографиях четко видно, как из чашки выбрасывает остатки уголька и расплавленной серы (см. следующую страницу).
фото В.Н. Витер



Дымящий вулкан

На дно высокого химического стакана насыпают слой песка толщиной 3—4 см и ставят фарфоровую чашку, в которую из пипетки наливают по 10 мл концентрированной азотной кислоты HNO_3 (плотностью 1,50 г/мл) и концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (плотностью 1,84 г/мл). Стакан с чашкой помещают в вытяжной шкаф и из пипетки приливают по каплям только что перегнанный скипидар. Каждая капля, попадая на поверхность смеси двух кислот, воспламеняется и сгорает с выделением густого черного дыма с большим количеством копоти.

Азотная кислота является окислителем скипидара, а серная кислота действует как обезвоживающее средство. При сгорании скипидара образуются вода и диоксид углерода CO_2 .

Разложение перманганата калия

С реакцией разложения перманганата калия знакомится каждый, кто начинает изучать химию. Это один из наиболее известных способов получения кислорода в лаборатории: в пробирке с газоотводной трубкой нагревают несколько грамм перманганата, а кислород, который при этом выделяется, собирают в различные сосуды. Реакция протекает спокойно и внешне почти незаметно:





Существует и другой вариант проведения данной реакции – намного более красивый. Оказывается, разложение перманганата калия может происходить очень бурно. Этот процесс напоминает сильное извержение вулкана.

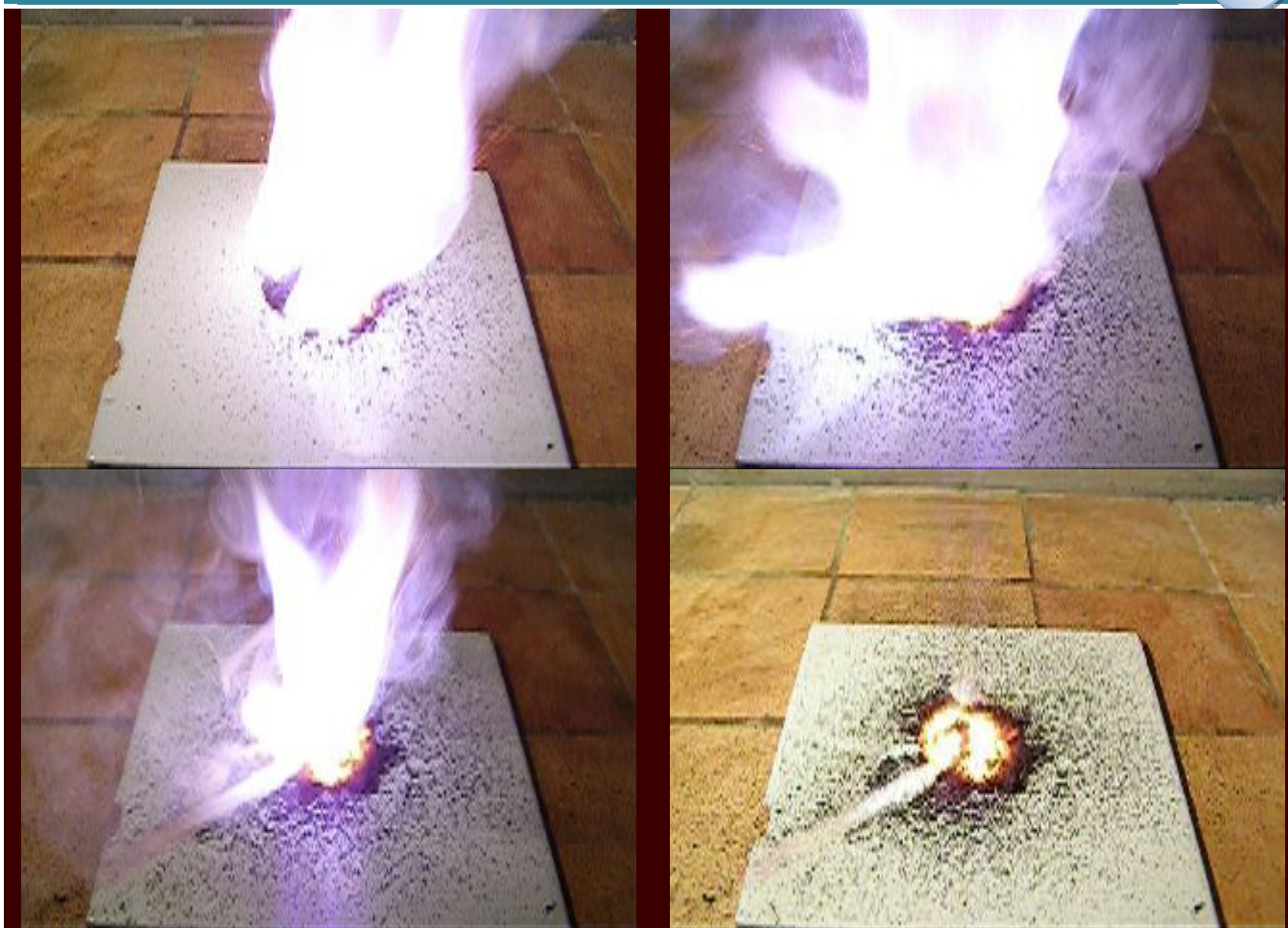
Итак, на керамическую плитку или другую огнестойкую поверхность насыпьте горку из 5-10 гр. перманганата калия. Сверху смочите горку 2-3 мл спирта³. Желательно, чтобы весь порошок перманганата был увлажнен спиртом более-менее равномерно, а не только сверху. Теперь подожгите верхнюю часть горки.

В первые секунды вы увидите желтое или синеватое пламя спирта. Но скоро появятся первые искры и характерное шипение – это начнется разложение перманганата. Из горки ударит фонтан яркого фиолетово-белого пламени. Появится множество искр, во все стороны полетят горячие частички. Реакция будет постепенно распространяться от центра горки к периферии. В середине твердые продукты реакции раскалятся до желтого свечения, а потом будут медленно остывать.

Объяснить происходящее довольно просто: тепло, которое выделилось при горении спирта, нагревает смесь до температуры самопроизвольного разложения перманганата калия. Кислород, который при этом образуется, резко усиливает горение. Если перед опытом к перманганату добавить меньше спирта – пламя станет менее ярким, но более фиолетовым. Не трудно догадаться, что фиолетовый цвет пламени возникает благодаря присутствию калия.



³ Этилового, изопропилового или бутилового.



Разложение перманганата калия

фото В.Н. Витер

Перманганатный вулкан

Вариант 1 - «Химический миномет». Большую и широкую пробирку закрепите в штативе почти вертикально. В пробирку насыпьте 2-3 гр. мелкорастертого перманганата калия $KMnO_4$ и осторожно пипеткой добавьте туда 1-2 мл. концентрированной серной кислоты H_2SO_4 . Теперь приступим к опыту.

В пробирку с некоторыми интервалами кидайте небольшие бумажные шарики. От контакта со смесью бумага с треском вспыхивает, при этом образуется бурый дым MnO_2 (точнее - $MnO_2 \cdot nH_2O$) – продукта восстановления Mn_2O_7 целлюлозой бумаги. Время от времени слышно хлопки, из пробирки выстреливают языки пламени, идет дым и вылетают бурые пушистые хлопья.

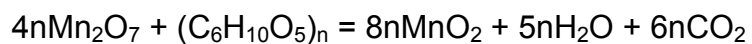
Реакции можно выразить уравнениями:



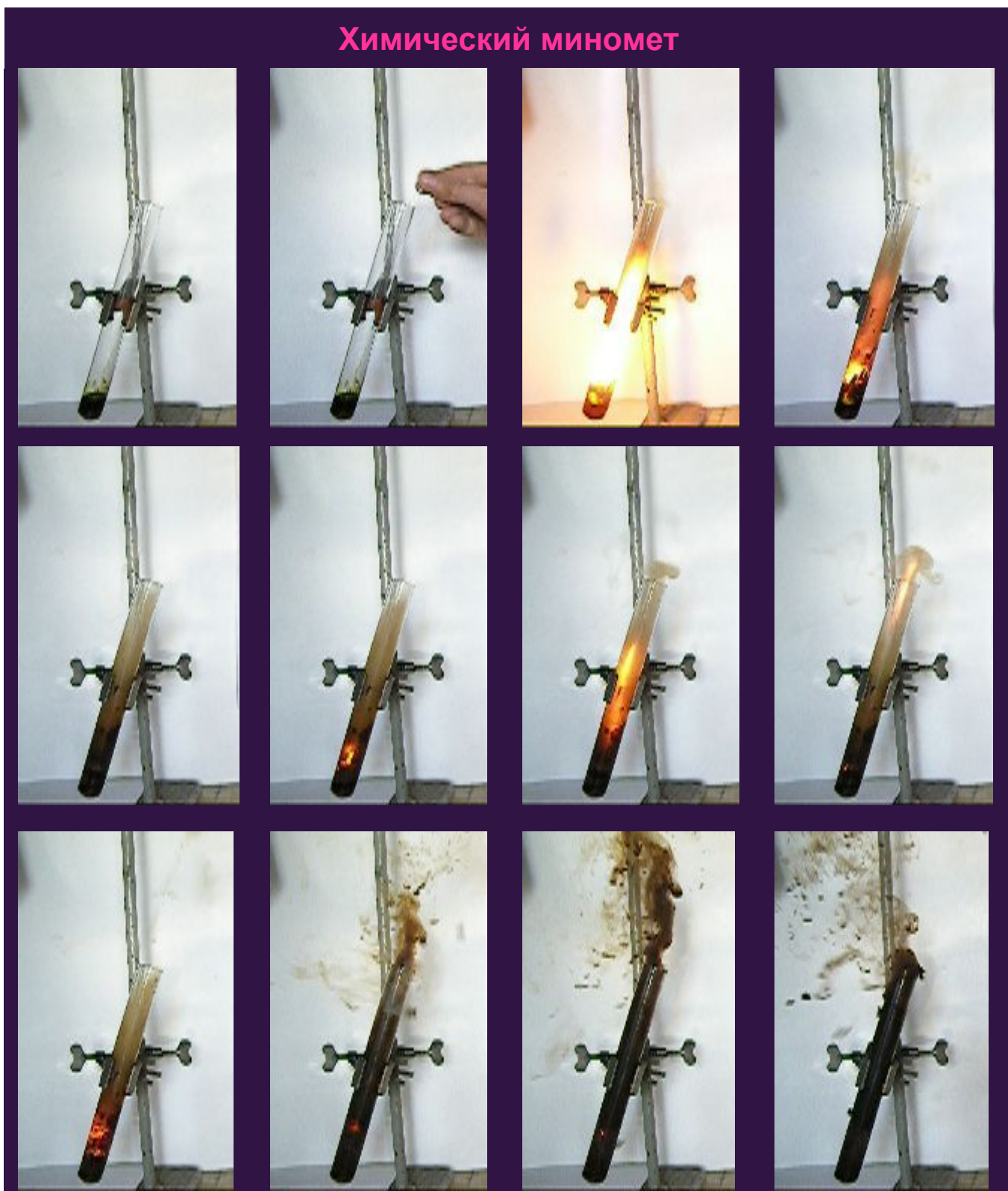
марганцевая кислота под действием конц. H_2SO_4 разлагается:



в результате образуется зеленый оксид марганца (VII) - Mn_2O_7 , который обладает очень сильными окислительными свойствами и поджигает бумагу:



Химический миномет





Химический миномет

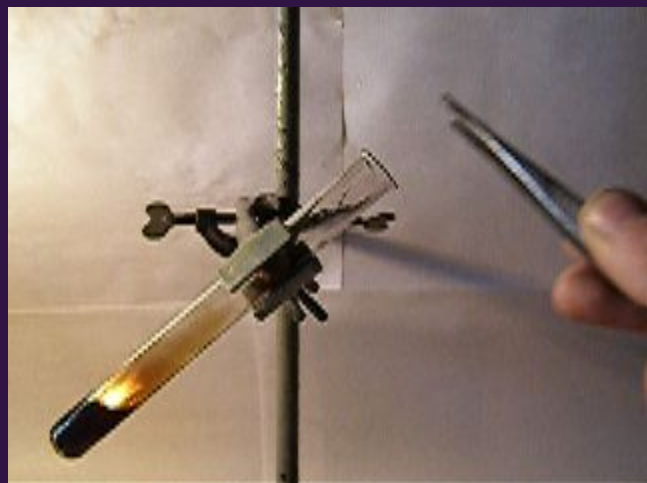
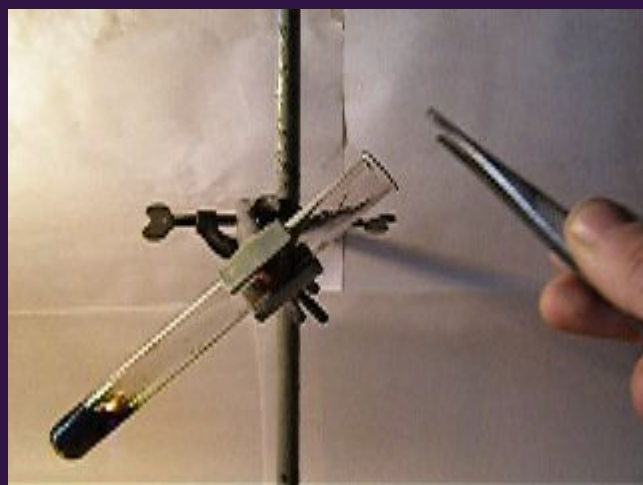
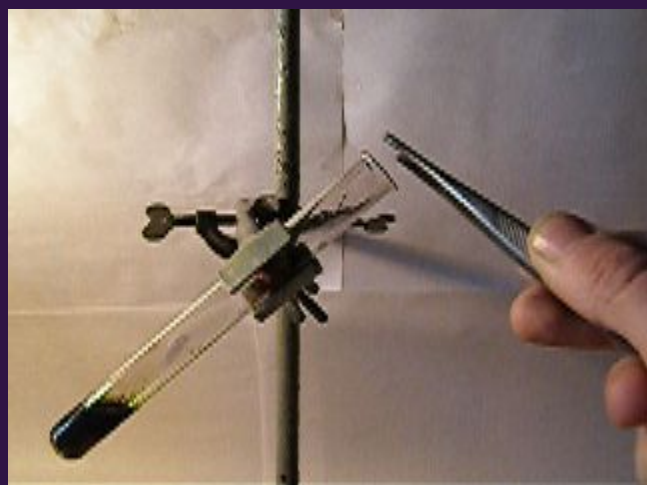


фото В.Н. Витер



Опыт выглядит очень красиво. Вместо бумажных шариков в пробирку можно кинуть комочки ваты или муху, главное не кидать слишком много шариков одновременно – в противном случае возможен выброс смеси из пробирки.

Вариант 2. Возьмите несколько грамм перманганата калия $KMnO_4$ и насыпьте ее горкой на керамическую плитку. В центре горки сделайте небольшое углубление «кратер» и капните туда 2-3 капли конц. H_2SO_4 (**не больше!**).



Все готово к опыту. При контакте $KMnO_4$ с конц. H_2SO_4 жидкость окрашивается в зеленый цвет – результат образования марганцевого ангидрида Mn_2O_7 .

фото В.Н. Витер

В «кратере вулкана» жидкость окрасится в зеленоватый цвет вследствие образования неустойчивого марганцевого ангидрида Mn_2O_7 . Иногда можно видеть выделение пузырьков озонированного кислорода, который образуется при разложении последнего.

Теперь капните 1-3 капли (**не больше!**) спирта⁴ в центр горки. Сразу же произойдет яркая вспышка с выделением «вулканического дыма» - бурого

⁴ Можно взять также: изопропанол, бутанол, глицерин, скипидар и др.



аэрозоля $MnO_2 \cdot nH_2O$. В данном случае в роли восстановителя выступает спирт, в роли окислителя - оксид марганца (VII) - Mn_2O_7 .

Когда будете делать эксперимент, соблюдайте предельную осторожность. Смесь перманганата калия и конц. H_2SO_4 ведет себя непредсказуемо. Во время опыта может произойти взрыв или неожиданный выброс реакционной смеси, которая содержит концентрированную кислоту. Работайте в защитных очках, чтобы уберечь глаза от брызг кислоты или осколков стекла. При демонстрации опыта «Химический миномет» отверстие пробирки направьте **в сторону** от себя и зрителей.

С описанными экспериментами связано много ярких воспоминаний.

Например, студенты первого курса делали опыт «Химический миномет». Все шло по плану: эксперимент получился очень красиво. Но со временем добавление бумажных шариков перестало вызывать эффект – один из компонентов смеси израсходовался. Вдоволь накидав шариков, студенты добавили в пробирку перманганата – ничего не произошло. Тогда долили еще конц. серной кислоты. Сначала это не вызвало никакого эффекта, но через минуту пробирка улетела в одну сторону, а ее содержимое – в другую. Тут как раз пришел преподаватель...

- Ну что увидели? А теперь быстро мыть вытяжку!

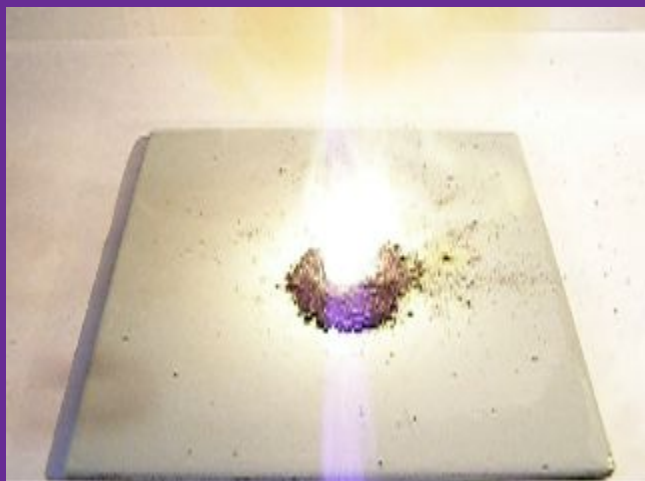
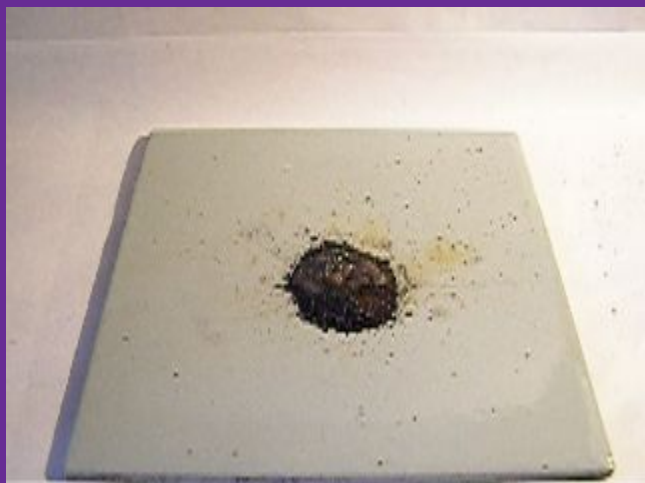
А мыть было что – вся вытяжка была забрызгана смесью серной кислоты и перманганата. Благо, никто не пострадал.

Другой случай имел место совсем недавно. Во время съемки второго варианта опыта произошел взрыв, в результате которого кафельную плитку расколото на четыре части, а смесь рассеяло по всей вытяжке. Слава богу, обошлось. На сайте журнала будет выложено видео. Причина взрыва: в смесь было добавлено слишком много спирта.

Описан случай, когда химик капнул из пипетки смесь $KMnO_4$ / конц. H_2SO_4 на кусочек красного фосфора. В результате взрыва оторвало носик пипетки. Не трудно догадаться, что все могло кончиться намного хуже.



Извержение перманганатного вулкана





При добавлении нескольких лишних капель спирта произошел взрыв.

Кафельную плитку раскололо на четыре части. фото В.Н. Витер



Ферратный вулкан

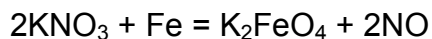
Чтобы показать извержение ферратного вулкана, смешивают 3-5 г железного порошка или железной пудры с равным по массе количеством сухого нитрата калия KNO_3 , предварительно растертого в ступке. (Нитрат калия должен быть тщательно высушен!). Смесь помещают в углубление горки, сделанной из 4—5 столовых ложек сухого просеянного речного песка. В центре самой смеси также делают небольшое углубление. Далее раскаляют уголек в пламени газовой горелки и кидают его в середину смеси.

Начинается активное горение с выделением искр, белого дыма и сильным разогревом. Масса раскаляется до ярко-желтого цвета и очень напоминает лаву. Если



вулкан с бихроматом аммония изображает выброс вулканического пепла, то ферратный вулкан больше напоминает другую стадию вулканического извержения - когда из кратера появляется лава.

При взаимодействии нитрата калия с железом образуется феррат(VI) калия K_2FeO_4 .



Неприятным моментом при выполнении опыта является то, что смесь нитрата калия и железного порошка довольно трудно поджечь: она вполне выдерживает действие пламени горелки в течение нескольких минут. Один из выходов – раскаленный уголек достаточных размеров. Смесь также можно поджечь с помощью узкого газо-воздушного пламени (стеклодувная горелка или поддув воздуха в пламя обычной горелки через пипетку). В любом случае, перед демонстрацией опыта аудитории его необходимо тщательно отработать, в противном случае экспериментатор может попасть в неудобную ситуацию.

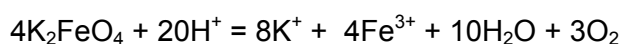
В некоторых источниках рекомендуют брать 2 массовых части KNO_3 на 1 часть железа. Однако такая смесь загорается значительно хуже. Видимо, это соотношение взято из методик по синтезу феррата калия. Но при демонстрации опыта «химический вулкан» главным является красота и надежность, а не синтез каких-либо веществ.

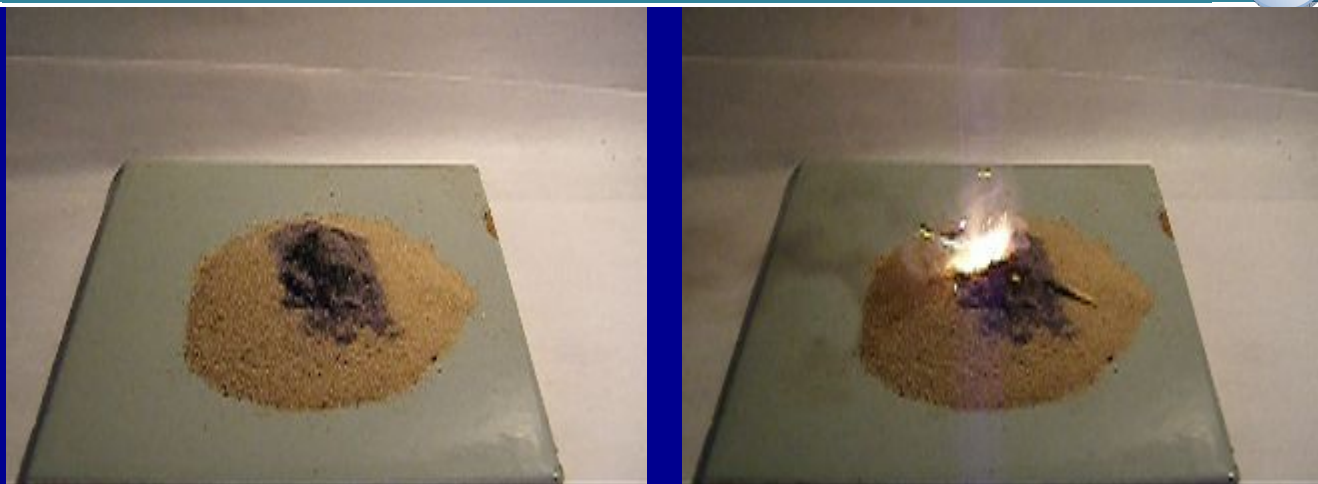
Если же необходимо получить именно феррат, то поступают по-другому.

Смешивают 10 г порошка Fe и 20 г KNO_3 . Селитра перед опытом должна быть переплавлена и снова растерта в порошок, чтобы удалить даже минимальные следы влаги. Смесь помещают на железный лист слоем толщиной 1 см., с краю насыпают небольшое количество такой же смеси, но с соотношением компонентов 1:1. Последняя необходима для того, чтобы зажечь основную массу. Смесь 1:1 поджигают бунзеновской горелкой. В результате реакция распространяется на весь объем.

После охлаждения массы ее растворяют в 50 мл. ледяной воды и быстро фильтруют. В результате получится красно-фиолетовый раствор феррата(VI) калия. К этому раствору быстро добавляют ледяной раствор $BaCl_2$. Осадок феррата бария $BaFeO_4$ фильтруют, промывают этанолом (без альдегидов) и сушат в эксикаторе.

При подкислении исходного раствора (или добавления кислоты к осадку $BaFeO_4$) сразу же происходит выделение кислорода O_2 в результате восстановления Fe (VI) до Fe (III):





Ферратный вулкан

фото В.Н. Витер

Вулканический термит

В 1898 г. немецкий инженер-металлург Ганс Гольдшмидт изобрел способ выплавки металлов из их оксидов с помощью алюминия как восстановителя. Для этого использовалась смесь порошков алюминия и оксида металла, которую ученый назвал термитом (от греческого «терме» — жар, теплота).

В случае термита из Fe_3O_4 и алюминия развивается температура около $2400\text{ }^\circ\text{C}$, а сама эта реакция начинается, когда температура достигает $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Способ получения металлов с помощью термита называли алюмотермией, а смесь порошков оксида металла и алюминия — термитом Гольдшмидта. Алюмотермия является частным случаем металлотермии, которую открыл в 1856 г. Н.Н. Брекетов.

На сегодняшний день известно много самых разнообразных термитных составов. В роли восстановителя может выступать не только алюминий, но и магний, кальций, ферросилиций, бор, бориды, кремний, титан и др. В качестве окислителей также берут фториды или хлориды малоактивных металлов и даже тефлон. Термиты служат не только для получения металлов, но и для сварки, а также в качестве боевых зажигательных смесей.

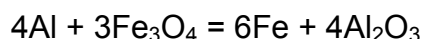
Теперь проведем реакцию горения термита Fe_3O_4 ⁵ + Al, которая внешне напоминает извержение лавы из кратера вулкана. Для опыта предварительно готовят

⁵ Иногда предлагается использовать Fe_2O_3 , это допустимо, но опыт получится хуже, чем в случае Fe_3O_4



совершенно сухой речной песок, высушивая его при 200 °С в сушильном шкафу или просто в духовке. Одновременно высушивают небольшой керамический горшок. Широкую металлическую емкость (тазик, сковородку и т.п.) наполняют сухим песком, а над ним укрепляют в кольце штатива глиняный цветочный горшок и закрывают его донное отверстие листом фильтровальной бумаги. Высушенные порошки оксида железа Fe₃O₄ и алюминия смешивают в соотношении 3:1 по массе. Этой смеси — термита — берут не более 200 г (около 50 г Al и приблизительно 150 г Fe₃O₄) и засыпают ее в горшок на 3/4 его объема. Для приготовления термитной смеси **не следует вместо алюминиевого порошка брать алюминиевую пудру**. Алюминиевая пудра содержит окисленный алюминий, что сильно мешает началу реакции. Но главная неприятность состоит в том, что алюминиевая пудра содержит много воздуха, а это приводит к сильному разбрызгиванию очень горячей смеси.

В термитной смеси, засыпанной в горшок, делают по центру углубление и помещают в него запал — обрезок магниевой ленты, зачищенной мелкозернистой наждачной бумагой. С помощью длинной лучинки зажигают магниевую ленту и быстро отходят в сторону на расстояние 2—3 м. После того как сгорает запал, начинается бурная реакция. Над горшком появляется пламя и дым, из него вылетают раскаленные частички смеси, а из донного отверстия вытекает струйка расплавленного железа, образовавшегося по реакции:



Алюминий — металл более активный, чем железо, поэтому он отнимает кислород у оксида железа, превращаясь при этом в оксид алюминия. Когда расплавленное железо остынет, извлекают образовавшийся королек из песка и очищают от шлака — оксида алюминия.

Теперь становится очевидным, почему песок должен быть совершенно сухим. Из влажного песка будет испаряться вода, и капли расплавленного железа начнут разбрызгиваться. В этом случае опыт станет крайне опасным.

Если проводить эксперимент на улице, то в качестве одноразового реакционного сосуда подойдет и железная консервная банка, которую закапывают в песок.

Получить Fe₃O₄ можно действием избытка раствора аммиака на раствор, который содержит равные количества солей Fe(II) и Fe(III). Выпадает осадок, его фильтруют, промывают водой, сушат и прокаливают примерно при 200 °С.



Горение термита (Wikipedia)



**Горение термита на поверхности
замерзшего озера** (youtube.com)



Термитная смесь $Fe_2O_3 + Al$
(Wikipedia)

Цинковый вулкан

Возьмите 5-8 г цинковой пыли и насыпьте ее на металлический лист. К цинковой пыли добавляйте по каплям при перемешивании тетрахлорид углерода CCl_4 до тех пор, пока смесь не превратится в густую массу. Затем сформируйте из этой массы горку. В центре горки сделайте углубление и насыпьте туда небольшое количество зажигательной смеси (например, $Mg + S$).

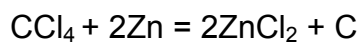
Теперь подожгите зажигательную смесь пламенем бунзеновской горелки с поддувом воздуха (через пипетку)⁶. Сразу же начнется активная реакция: произойдет

⁶ Просто поджечь смесь спичками или пламенем горелки без поддува воздуха не удастся – пары CCl_4 препятствуют доступу воздуха и отсекают пламя от смеси.



вспышка, смесь раскалится, из нее повалит густой белый дым хлорида цинка $ZnCl_2$. Время от времени будет появляться и исчезать пламя. Все это похоже на вулкан в момент извержения. В нашем случае «извержение» продолжается около пяти минут. После реакции останется желтовато-черная масса.

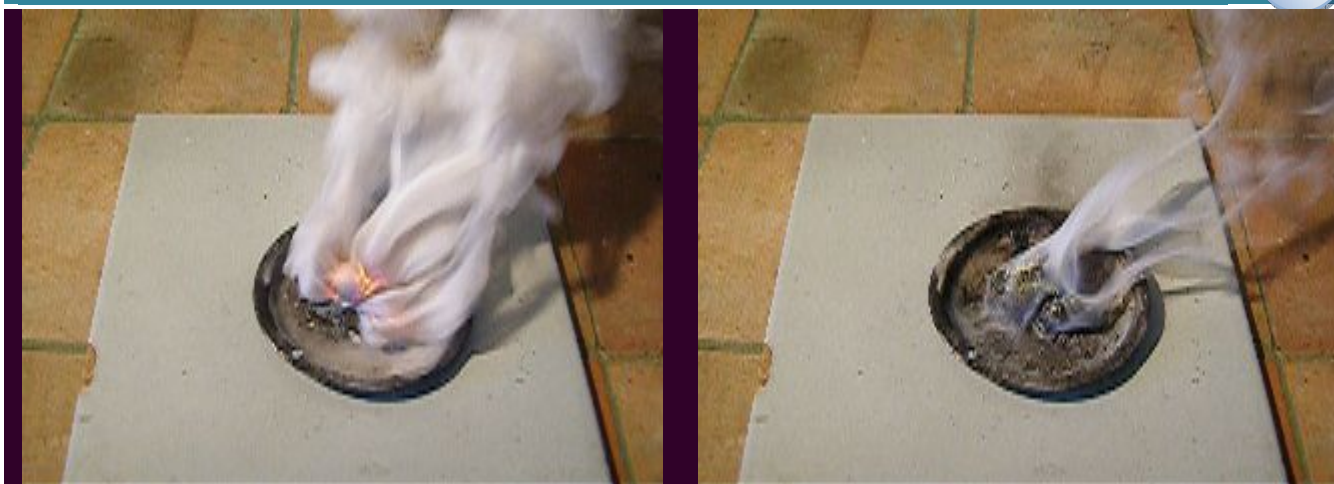
Тетрахлорид углерода и цинк реагируют с образованием хлорида цинка $ZnCl_2$ и углерода (сажи):



За счет тепла реакции хлорид цинка легко сублимируется, а после охлаждения конденсируется в твердые частицы, жадно поглощающие из воздуха влагу.

Все операции следует выполнять в вытяжном шкафу либо на открытом воздухе. Тетрахлорид углерода летуч и ядовит!





Горение смеси CCl_4 и цинковой пыли фото В.Н. Витер

Искристый вулкан

Этот опыт требует большой подготовки, он порадует тех, кто не боится подобной работы. Вначале готовят бумажную гильзу или патрон. Из листа бумаги вырезают прямоугольник шириной 4 см и длиной 10 см. Его наворачивают на обрезок круглой деревянной палки диаметром 6—8 мм и длиной 12—13 см, смазав бумажную заготовку клейстером с внутренней стороны на ширину 3—4 см. Последний оборот бумаги также смазывают клейстером и плотно прижимают к деревянной вставке. Затем вставку выдвигают на 1 см и освобождают гильзу на ее конце. Этот конец с двух противоположных сторон сгибают, чтобы получилось донышко, смазывают клейстером и придавливают деревянной вставкой к плоской поверхности. Полученную таким образом гильзу снимают со вставки и сушат. После этого готовят смесь из 8 г тщательно растертого в фарфоровой ступке нитрата калия KNO_3 и 2 г мелкозернистого древесного угля, которую и насыпают в гильзу, слегка утрамбовывая деревянной вставкой. Когда гильза будет почти заполнена, вставляют конец фитиля и досыпают смесь. Выступающий конец фитиля должен иметь длину 3—4 см.

Фитиль — это слабо скрученная льняная веревка или шнур толщиной 3—5 мм, вываренная в водном растворе ацетата свинца в течение 5—10 минут. Раствор должен содержать на каждые 10 г соли 20 мл воды. Пропитанную солью свинца веревку сушат, а потом протирают суконкой для удаления ворса, который мог бы увеличить скорость горения фитиля. Она должна быть около 25 см/ч.



Теперь все готово, пора привести «вулкан» в действие. Гильзу закапывают в сухой песок, помещенный в железное ведро или железную банку, оставляя 1/4 высоты гильзы над песком, и поджигают фитиль, а потом отходят от вулкана на расстояние 2—3 м. Фитиль воспламеняет смесь, и из гильзы начинает вылетать сноп мелких искр с дымом, вырывается розоватое пламя. Вулкан действует 2—3 минуты, а потом извержение прекращается.

Горение смеси ведет к образованию K_2CO_3 , оксидов углерода и азота.

Если в смесь добавить щепотку нитрата бария $Ba(NO_3)_2$ то пламя приобретет зеленый цвет. Добавка нитрата стронция, $Sr(NO_3)_2$ придает пламени красный цвет.

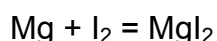
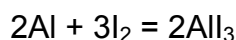
Фиолетовый вулкан

Йод реагирует с активными металлами (например, магнием и алюминием) с эффектной вспышкой. При этом образуется много фиолетовых или бурых паров йода. Опыт представляет собой очень красивое зрелище.

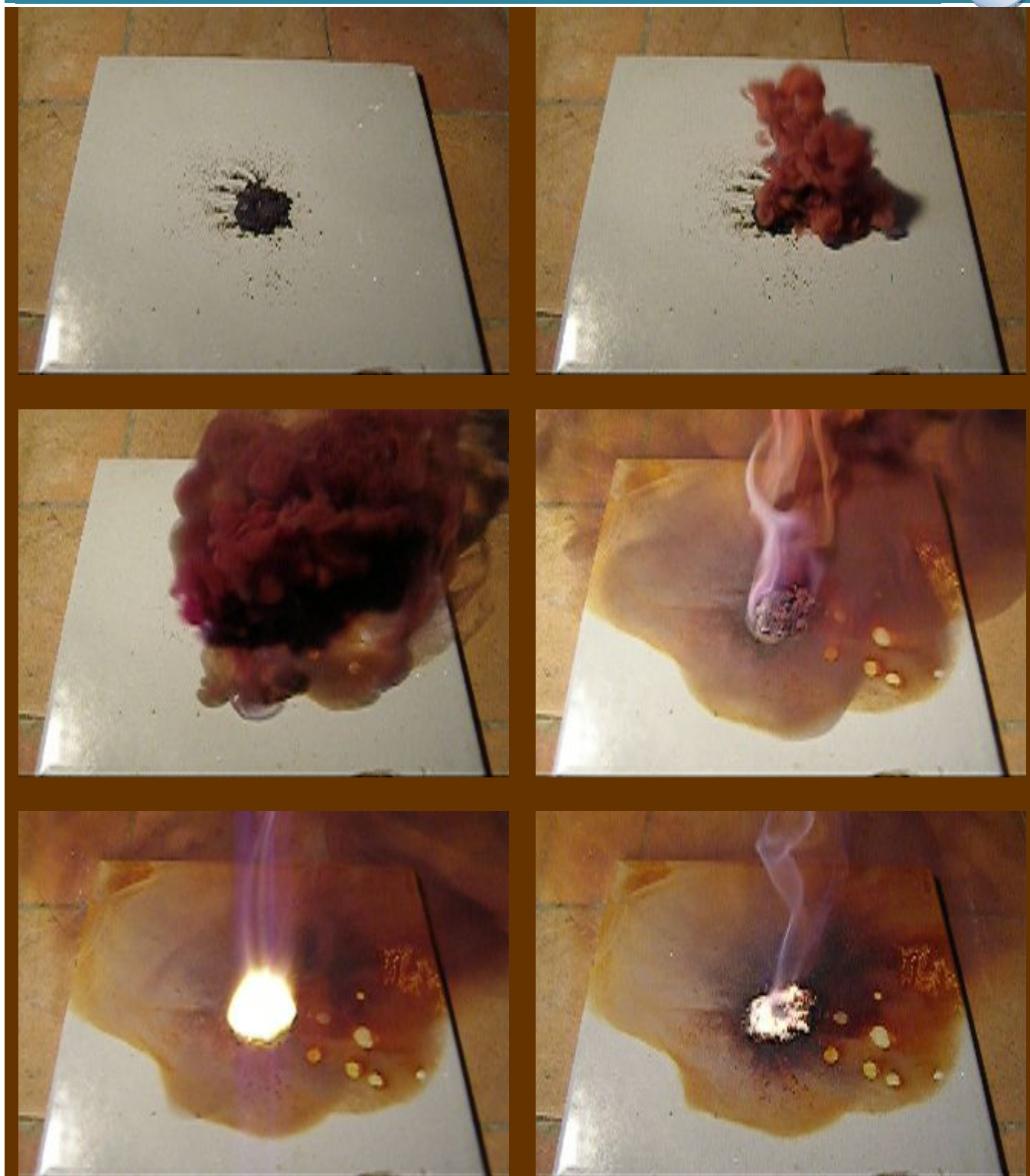
В фарфоровой ступке смешайте половину чайной ложки алюминиевой пудры или мелкого порошка магния и чайную ложку предварительно растертого сухого йода. Смесь собирают горкой и в вершине ее делают углубление, в которое приливают из пипетки 1—2 капли дистиллированной воды.

Через несколько секунд над горкой появится облако густого бурого и фиолетового дыма. Потом происходит внезапная вспышка, и вся смесь моментально раскаляется до белого цвета.

В результате реакции образуется йодиды алюминия AlI_3 или магния MgI_2 , а бурая и фиолетовая окраска дыма вызвана частичной возгонкой йода.



Все операции проводите под вытяжкой или на свежем воздухе. Если такой возможности нет, приготовьте стеклянный колокол (или пятилитровую стеклянную банку), которым накройте смесь сразу же после начала реакции.



Горение смеси $Mg + I_2$ при попадании капли воды фото В.Н. Витер

С порошкообразным алюминием этот опыт не получается, магниевую стружку использовать можно, но в этом случае не всегда происходит воспламенение.



Показанная на рисунке реакция $Mg + I_2$ началась неожиданно: во время включения фотоаппарата из пипетки (которую я держал в другой руке) вылетело несколько мелких брызг воды, одна из которых попала в смесь. Взаимодействие началось моментально.

Вулкан Шееле

В 1779 г. шведский химик Карл Вильгельм Шееле впервые получил глицерин и назвал полученную жидкость «сладкое масло». Изучая свойства глицерина, он смешал его с кристаллическим перманганатом калия. Неожиданно произошла яркая вспышка.

Теперь этот эффектный опыт осуществляют следующим образом. В фарфоровую чашку или на керамическую плитку насыпают в виде горки тщательно растертый перманганат калия $KMnO_4$. В вершине горки делают небольшое углубление и вносят туда несколько капель безводного глицерина $C_3H_5(OH)_3$. Примерно через одну минуту смесь воспламеняется, при этом происходит вспышка фиолетового цвета, горение сопровождается разбросом раскаленных частиц продуктов реакции.

Реакцию можно выразить уравнением:

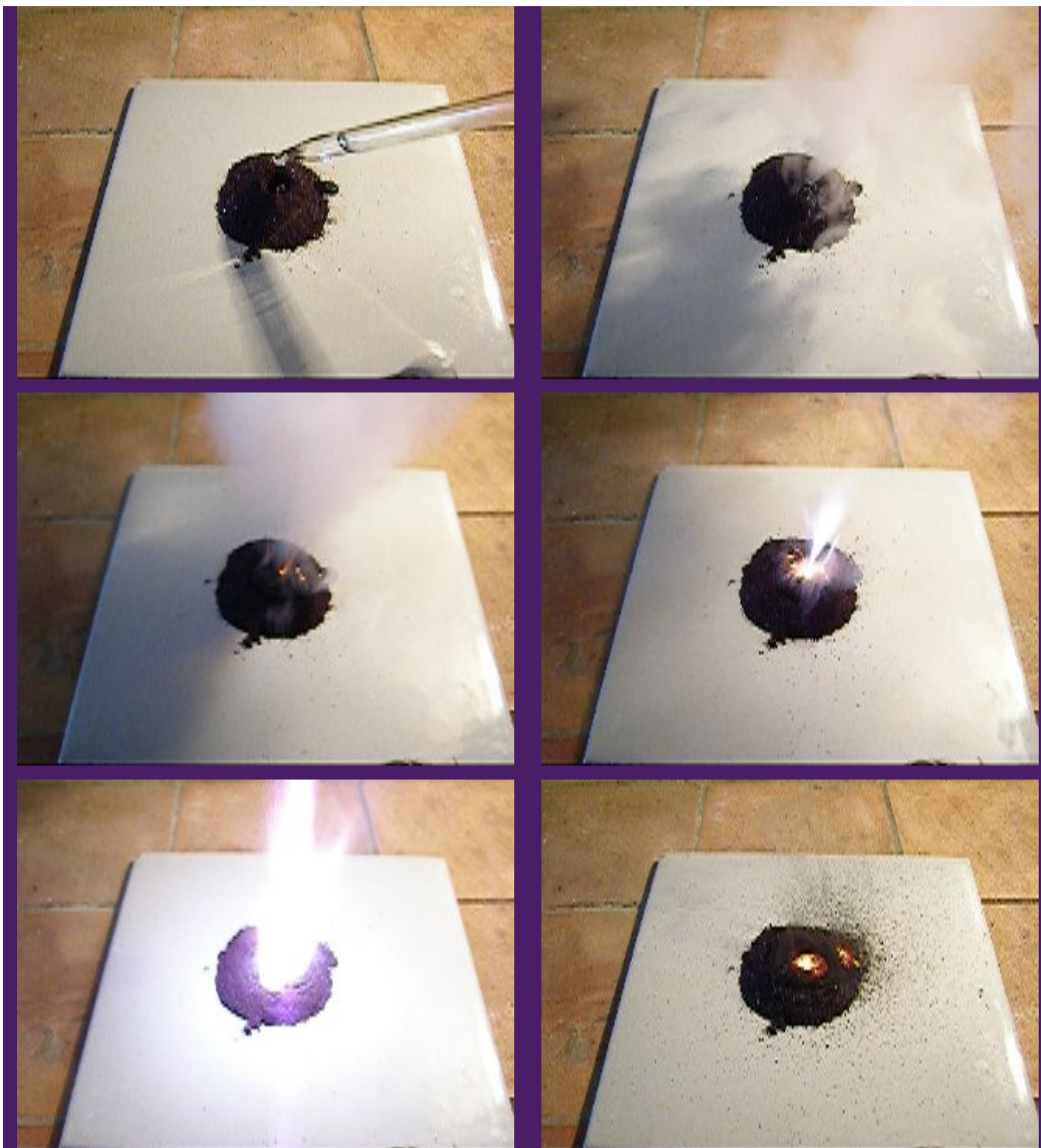


Взаимодействие сопровождается выделением большого количества теплоты и газообразных продуктов (CO_2 , пары воды), которые увлекают за собой горячие твердые частицы диоксида марганца MnO_2 и карбоната калия K_2CO_3 . Внешне опыт очень напоминает разложение перманганата калия при добавлении спирта и поджигании (см. выше). Однако, есть и существенная разница – в данном случае смесь воспламеняется самопроизвольно, поэтому не стоит добавлять много глицерина.

Получить глицерин из его водного раствора можно аккуратным упариванием. Нагревайте раствор до тех пор, пока не прекратится кипение. Глицерин значительно менее летуч, чем вода, поэтому он почти не будет испаряться. После охлаждения останется вязкая жидкость – почти чистый глицерин. Соблюдайте осторожность: при



слишком сильном нагревании глицерин загорается синим пламенем, кроме того, перегретый глицерин частично переходит в акролеин – вещество с неприятным запахом и слезоточивым действием.

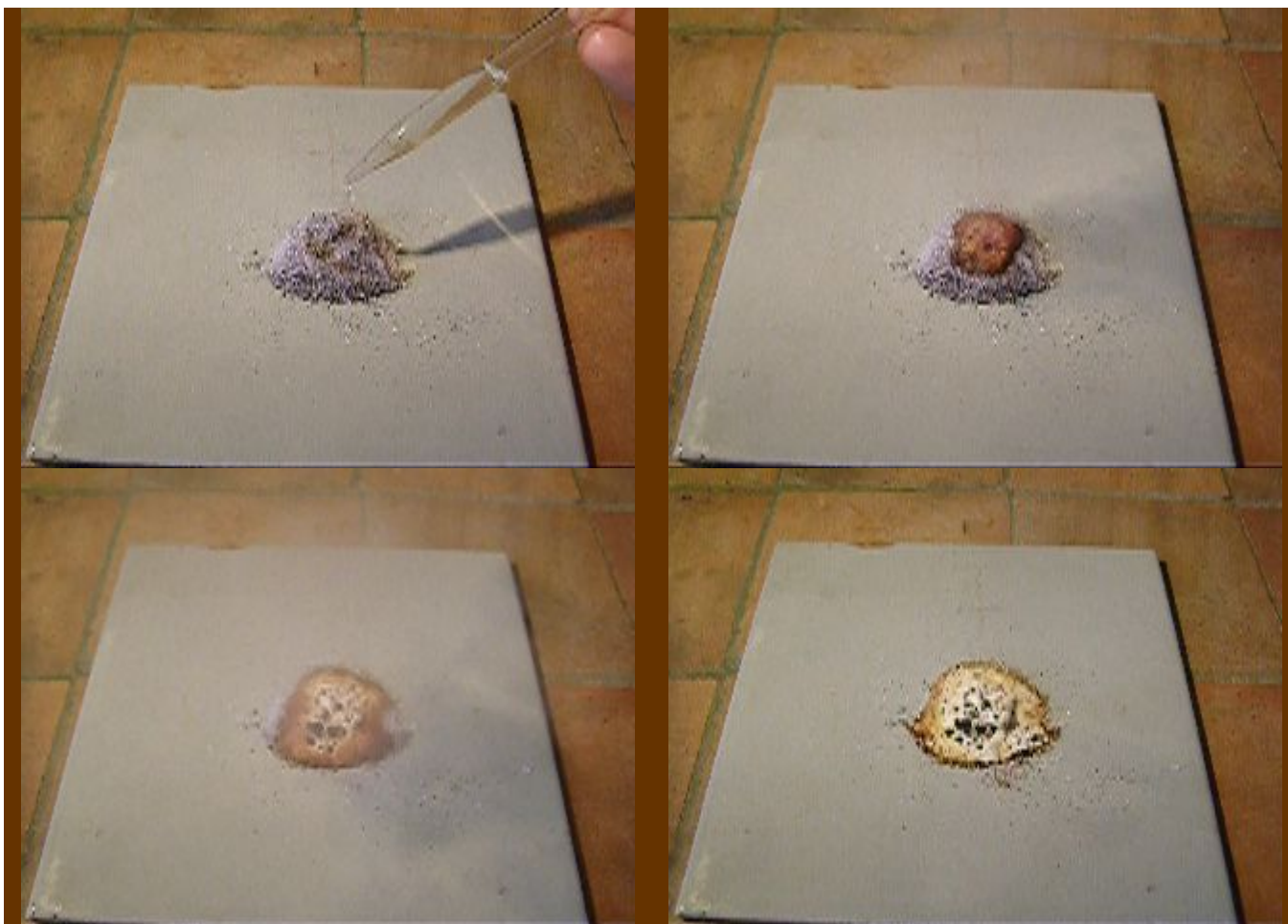


Вулкан Шееле

фото В.Н. Витер



Грязевые вулканы



Реакция перманганата калия и щавелевой кислоты фото В.Н. Витер

Аккуратно смешайте 6 гр. щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и 3 гр. перманганата калия KMnO_4 ⁷. Смесь высыпьте на керамическую пластинку и капните в ее центр 1 каплю воды. Через несколько секунд смесь вскипит с выделением большого количества газа и пара.

Дело в том, что щавелевая кислота активно окисляется перманганатом калия с образованием воды, углекислого газа и выделением теплоты. Вода, которая при этом образовалась, служит растворителем и обеспечивает быстрое прохождение реакции.

Реактивы и посуда должны быть **сухими**, в противном случае «извержение» может начаться раньше, чем вы это запланировали.

Есть и другой вариант данного опыта. В фарфоровую ступку насыпьте щавелевую кислоту, перманганат калия и разотрите содержимое. Почти сразу же начнется

⁷ Точное количество не имеет большого значения



активная реакция.

Обратите внимание, что взаимодействие двух твердых веществ началось в результате растирания – без добавления даже капли воды.

Возьмите сухую таблетку гидроперита и аккуратно насыпьте на ее поверхность немного перманганата калия. При добавлении капли воды произойдет бурное вскипание смеси в результате реакции между перманганатом калия и перекисью водорода.



Как и в предыдущем опыте, реакция KMnO_4 и гидроперита начинается и от совместного растирания веществ в ступке.

Гидроперит представляет собой соединение мочевины с перекисью водорода:

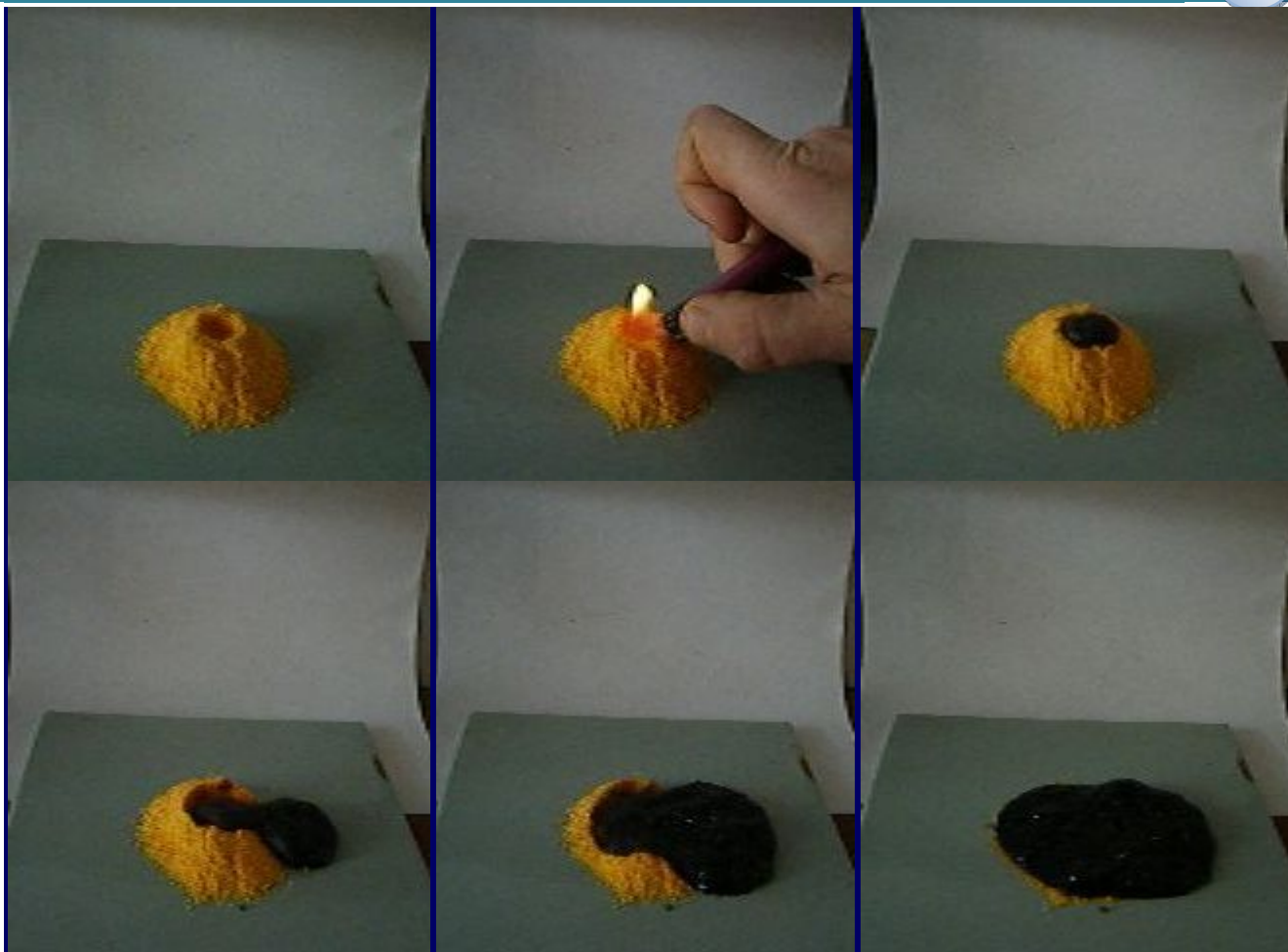


Аналогичный опыт можно провести, если посыпать таблетку гидроперита кристаллами тиосульфата натрия. При добавлении капли воды или от растирания веществ они бурно вскипят и превратятся в желтую кашу. Опыт следует делать под вытяжкой или на свежем воздухе, поскольку некоторые продукты реакции имеют неприятный запах.

Не смотря на внешнюю схожесть обеих реакций, пероксид водорода играет в них противоположную роль – при взаимодействии с перманганатом калия он является восстановителем, а тиосульфатом натрия - окислителем.

Возьмите 6 гр. щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и 4 гр. бихромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ⁸. Вещества разотрите в ступке (отдельно), потом смешайте. Смесь высыпьте на керамическую пластинку в форме горки. В центре горки сделайте небольшое углубление. Если теперь смочить эту смесь водой, то ничего интересного не произойдет: можно разве что наблюдать слабое выделение газа.

⁸ Точные количества веществ не имеют большого значения



Реакция бихромата аммония и щавелевой кислоты

фото В.Н. Витер

Как же запустить вулкан? Очень просто: достаточно только слегка прикоснуться к смеси огнем, и начнется бурная реакция. В месте контакта сразу же образуется капелька темно-зеленой жидкости, из которой активно выделяются пузыри углекислого газа⁹. Скоро вся масса превратится в лужу почти черной «кипящей» жидкости, из которой активно выделяется CO_2 и во все стороны летят брызги.

В другом варианте опыта для того, чтобы начать извержение смесь смачивают 5-6-ю каплями воды, после чего добавляют несколько капель конц. H_2SO_4 . Разумеется, это более сложно и выглядит менее красиво.

В основе опыта лежит реакция окисления щавелевой кислоты ионом бихромата. В результате выделяется вода, углекислый газ и тепло. Смесь превращается в вязкую пузырящуюся жидкость. Темно-зеленый (почти черный) цвет «грязи» обусловлен образованием трехвалентного хрома.

⁹ Постарайтесь поджечь смесь так, чтобы эта капелька скатилась в углубление в центре горки – опыт выйдет более красивым.



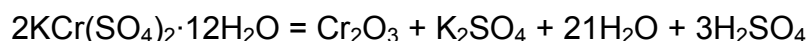
Любопытно, что в журнале ХиЖ был описан аналогичный опыт, в котором вместо бихромата аммония используется бихромат калия $K_2Cr_2O_7$. В отличие от нашего случая, смесь $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O / K_2Cr_2O_7$ бурно реагировала при добавлении одной капли воды или от легкого растирания. Однако когда мы попробовали повторить этот опыт, то оказалось, что бихромат калия вел себя аналогично бихромату аммония – при растирании смеси ничего не происходило, а в результате добавления воды наблюдалось лишь слабое выделение газа.

Возможно, причина таких расхождений заключается в том, что в первом случае реактивы содержали примеси, которые выступали в роли катализаторов реакции, в результате взаимодействие начиналось более активно.

Маленький искусственный гейзер на столе получится, если на электрической плитке сильно нагреть металлическую пластинку, после чего на нее поместить несколько крупных темно-фиолетовых кристаллов хромокалиевых квасцов¹⁰ $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ – додекагидрата сульфата хрома(III)-калия. Сначала поверхность кристаллов становится матовой, потом они, не теряя формы, плавятся, растворяясь в собственной кристаллизационной воде — ведь на 1 моль соли приходится целых 12 моль воды.

Образуется густой, почти черный расплав. По мере нагревания пластинки на поверхности расплава формируется пленка, которая периодически лопается из-за выделения паров воды. Сквозь образующиеся трещины показываются серые пузыри, похожие на грязевые пузыри в гейзерах. При более высокой температуре хромокалиевые квасцы полностью обезвоживаются и превращаются в зеленый порошок оксида хрома(III) Cr_2O_3 , смешанный с бесцветным сульфатом калия.

В реакции термического разложения хромокалиевых квасцов образуется серная кислота H_2SO_4 , которая улетучивается вместе с парами воды:



Обратите внимание: для опыта важно, чтобы металлическая пластинка была хорошо нагрета. В противном случае кристаллы будут медленно разлагаться почти без выделения жидкости. Если квасцы выветрились (от хранения в неплотно закрытой банке), перед опытом их можно смочить несколькими каплями воды.

¹⁰ Можно взять чайную ложку мелких кристаллов.



Разложение $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ фото В.Н. Витер



Извержение вулкана и северное сияние в Исландии

фото Sigurdur H. Stefnisson