

Юным Химикам

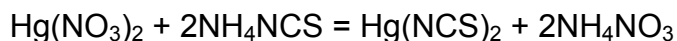
## Серпентарий на лабораторном столе

## Фараонова змея

(разложение роданида ртути  $\text{Hg}(\text{CNS})_2$ )

Вариант 1.

Растворите в небольшом объеме воды 6,5 г.  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , добавьте к нему небольшими порциями раствор, который содержит 3 г.  $\text{NH}_4\text{NCS}$  или 4 г.  $\text{KNCS}$ . Выпадает белый осадок роданида ртути:



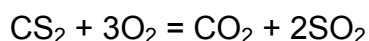
Осадок  $\text{Hg}(\text{NCS})_2$  фильтруют и слегка сушат. Из еще влажной соли формируют брикетик размером примерно 1 см. После этого тиоцианат ртути окончательно сушат в теплом месте или эксикаторе.

Полученный брикетик  $\text{Hg}(\text{NCS})_2$  положите на огнестойкую поверхность и подожгите.



фото minizoo.donetsk.ua

Тиоцианат ртути(II) после поджигания быстро разлагается с образованием черного сульфида ртути(II)  $\text{HgS}$ , желтого объемистого нитрида углерода состава  $\text{C}_3\text{N}_4$  и дисульфида углерода  $\text{CS}_2$ , который на воздухе воспламеняется и сгорает, образуя диоксид углерода  $\text{CO}_2$  и диоксид серы  $\text{SO}_2$ :



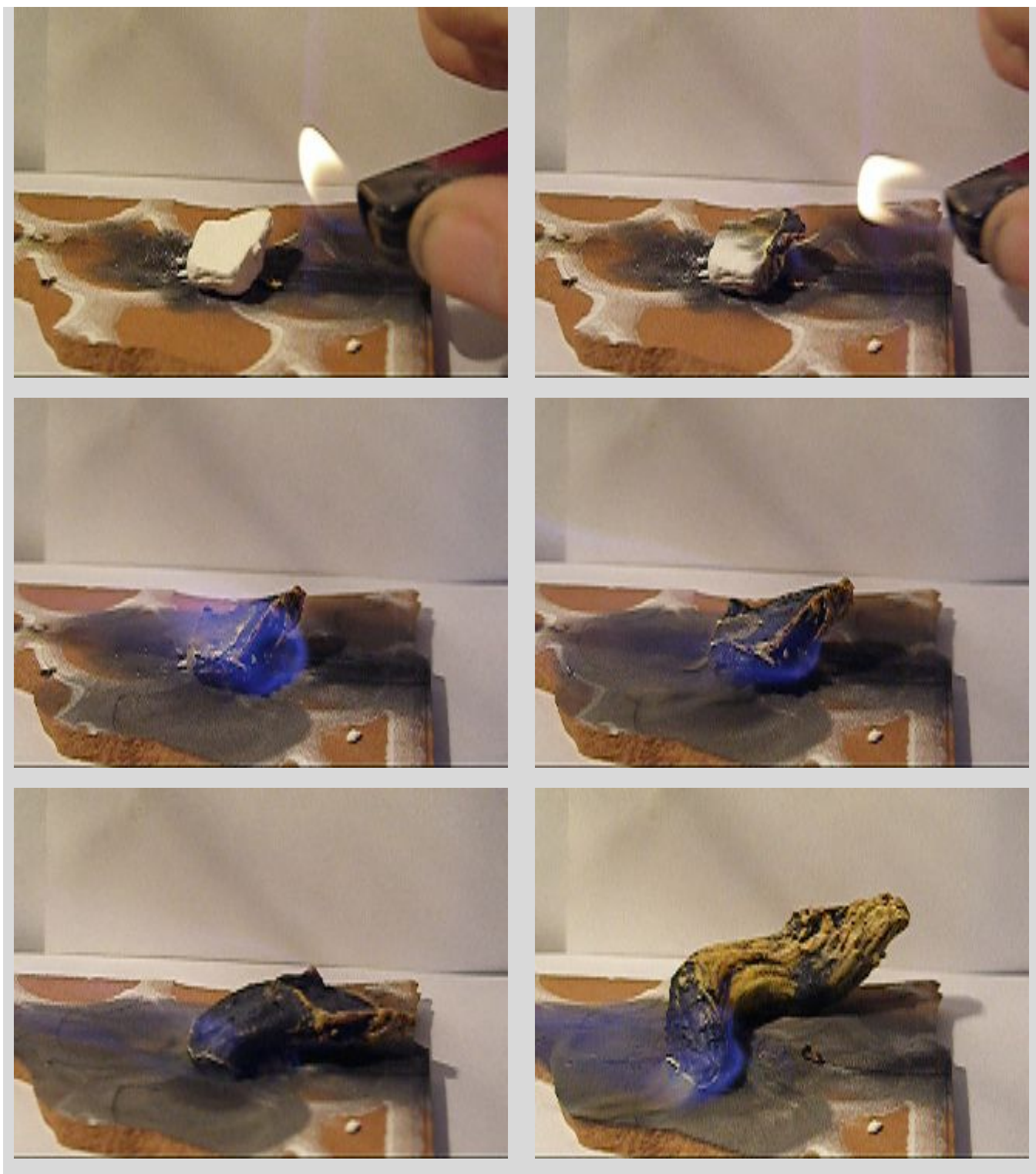
Нитрид углерода вспучивается образующимися газами, при движении он захватывает черный сульфид ртути(II), и получается желто-черная пористая масса.

В результате из кусочка роданида ртути ползет большая змея с черно-желтой



окраской. Такая окраска делает нашу «змею» очень похожей на ужа или гадюку. Голубое пламя, из которого выползает «змея» — это пламя горящего сероуглерода  $CS_2$ .

Рекомендованного количества реактивов достаточно чтобы получить «змею» длиной в 20—30 см.





Змея из роданида ртути. Фото В.Н. Витер

## Вариант 2.

Растворите в небольшом объеме воды 6,5 гр.  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , добавьте к нему небольшими порциями раствор, который содержит 4 гр.  $\text{KNCS}$  или 3 гр.  $\text{NH}_4\text{NCS}$ . Полученный осадок роданида ртути фильтруют и слегка сушат. Но в отличие от предыдущего варианта из него формируют палочки толщиной с карандаш.

Нагревают на огне песчаную баню и на раскаленный песок кладут палочку роданида ртути. Из нее во все стороны быстро выползают, изгибаясь и извиваясь «змеи». По телу «змей» бежит бледно-синий огонь, они часто сплетаются в клубок. Вся картина очень напоминает скопление настоящих змей.

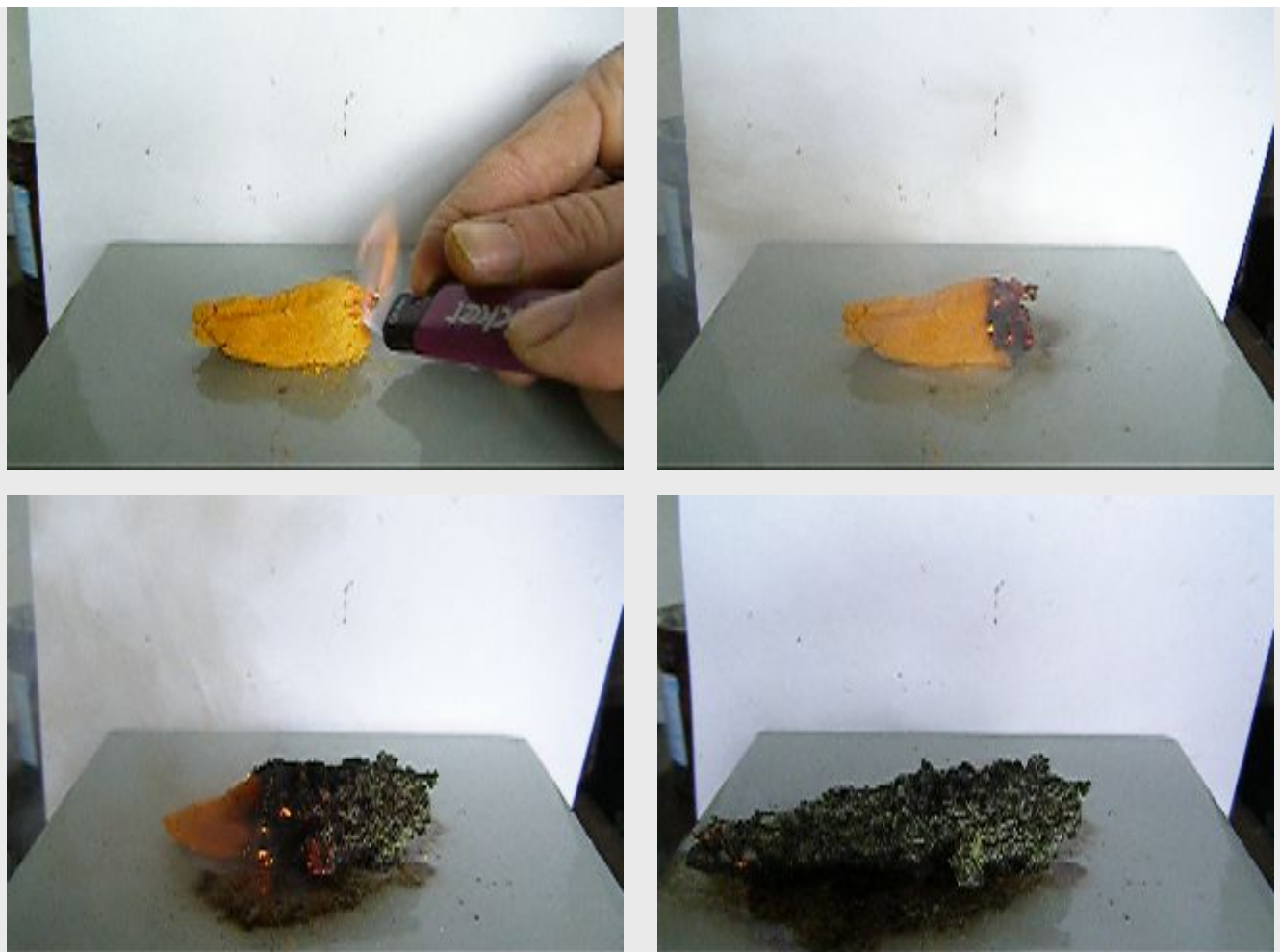
**Внимание!** Соли ртути ядовиты и работа с ними требует осторожности. Поджигать роданид ртути можно только под вытяжкой или на улице.

## Зеленая «змея»

Чтобы осуществить этот опыт, смешивают и растирают в ступке 10 г дихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 5 г нитрата калия  $\text{KNO}_3$  и 10 г сахара (сахарозы)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Полученную смесь увлажняют коллодием (раствором частично нитрированной целлюлозы), который можно купить в аптеке. Потом эту смесь спрессовывают в стеклянной трубочке диаметром 5—8 мм. Полученный столбик выталкивают из трубочки и поджигают с одного конца. Вспыхивает едва заметный огонек, из-под которого начинает вы ползть сначала черная, а потом зеленая «змея». Столбик смеси диаметром 4 мм горит со скоростью 2 мм/сек.



Реакция горения сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в присутствии двух окислителей, нитрата калия и дихромата калия, довольно сложна. Продукты реакции — черные частицы сажи, зеленый оксид хрома(III)  $Cr_2O_3$ , расплав карбоната калия  $K_2CO_3$ , а также диоксид углерода  $CO_2$  и нитрит калия  $KNO_2$ . Газообразный диоксид углерода вспучивает смесь твердых продуктов и заставляет её двигаться.



Горение смеси  $K_2Cr_2O_7 + KNO_3 + \text{сахар}$ . Фото В.Н. Витер

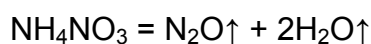
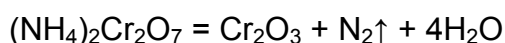
В некоторых источниках утверждается, что при горении столбика смеси диаметром 4 мм. можно вырастить «змею», которая будет в 10 раз длиннее исходного цилиндрика. Однако, мы повторяли этот эксперимент независимо друг от друга. Во всех случаях при горении смеси наблюдалось удлинение примерно в 3 раза. Обратите внимание: для опыта важно сформировать из смеси сравнительно прочные столбики. При отсутствии под рукой коллодия можно взять немного резинового клея, разведенного этанолом или бутанолом. Я также попытался использовать вместо калиевой селитры натриевую, но из этого ничего хорошего не получилось.



Описанный опыт далеко не такой красивый, как «фараонова змея», которая образуется при разложении роданида ртути (II). С другой стороны, он не требует ядовитых и труднодоступных солей ртути.

### Сладкая зеленая «змейка»

Другой способ изготовления смеси для дихроматной «змеи» включает смешивание порошков 1 г дихромата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 2 г нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и 1 г сахарной пудры. Эту смесь смачивают водой, лепят из нее палочку и сушат на воздухе. Если палочку поджечь, из нее в разные стороны поползут черно-зеленые змеи. При этом происходят следующие реакции:



При разложении дихромата аммония образуются азот  $\text{N}_2$ , водяной пар и зеленый оксид хрома(III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Реакция протекает с выделением теплоты. В реакции термического разложения нитрата аммония выделяется бесцветный газ — оксид диазота  $\text{N}_2\text{O}$  (закись азота), который уже при слабом нагревании разлагается на кислород  $\text{O}_2$  и азот  $\text{N}_2$ . А горение сахара дает еще один газ — диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , вдобавок происходит обугливание — выделение углерода. Много газов плюс твердые продукты окисления — вот причина «змеиного» поведения горячей смеси.

### Содовая гадюка

Это очень простой и изящный опыт. Чтобы его осуществить, в столовую тарелку насыпают 3 – 4 чайные ложки сухого просеянного речного песка и делают из него горку с углублением в вершине. Затем готовят реакцию смесь, состоящую из 1 чайной ложки сахарной пудры и 1/4 чайной ложки гидрокарбоната натрия (пищевой соды). Пропитывают песок 96 – 98%-ным этанолом и засыпают в углубление горки приготовленную реакцию смесь, а после этого поджигают спирт. Через 3 – 4 минуты на поверхности смеси появляются черные шарики, а у основания горки —



черная жидкость. Когда почти весь спирт сгорит, смесь чернеет и из песка медленно выползает извивающаяся толстая черная «гадюка». У основания она окружена воротником догорающего спирта.

Диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , выделяющийся при разложении гидрокарбоната натрия и горении этилового спирта в соответствии с реакцией:

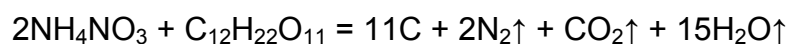


вспучивает горящую массу, заставляя ее ползти, как змея. Чем дольше горит спирт, тем длиннее получается змея, состоящая из карбоната натрия, смешанного с мельчайшими частичками угля, который образуется при окислении сахара.

### Селитряная «змея»

Вот какую змею можно наблюдать, если для опыта с поджиганием сахара и спирта использовать нитрат аммония. В этом случае реакционная смесь должна состоять из 1/2 чайной ложки нитрата аммония и 1/2 чайной ложки сахарного песка, тщательно перетертых в ступке. Эту смесь засыпают в углубление пропитанной этиловым спиртом песочной горки, а потом зажигают спирт. После того как он почти весь выгорит, с вершины горки начинает сползать «гадюка».

Ее появление на свет вызвано реакцией нитрата аммония с сахаром:



Приводят в движение «гадюку» опять-таки образующиеся газы: азот  $\text{N}_2$ , диоксид углерода  $\text{CO}_2$  и пары воды.

### Черный «удав» из стакана

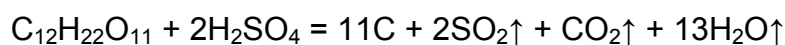
Этот опыт представляет собой захватывающее зрелище. Сахарную пудру в количестве 75 г помещают в высокий стеклянный стакан, смачивают ее 5 – 7 мл воды и перемешивают длинной стеклянной палочкой. Потом к влажному сахару приливают по этой палочке 30 – 40 мл концентрированной серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . (Осторожно!)



фото photographer.ru

Затем быстро перемешивают стеклянной палочкой, которую оставляют в стакане, заполненном смесью. Через одну-две минуты содержимое стакана начинает чернеть, вспучиваться и в виде объемистой, рыхлой и ноздреватой массы подниматься, увлекая вверх стеклянную палочку. Смесью в стакане сильно разогревается и даже немного дымится. Она медленно выползает из стакана.

Серная кислота окисляет сахарозу  $C_{12}H_{22}O_{11}$  и превращается в диоксид серы  $SO_2$ . Одновременно получается диоксид углерода  $CO_2$ . Эти газы вспучивают образующийся уголь и выталкивают его из стакана вместе с палочкой. Уравнение, передающее эти химические превращения, таково:



Диоксиды углерода и серы вместе с парами воды увеличивают объем реакционной массы и заставляют ее перемещаться.

Можно также добавить серную кислоту в стакан с сухим сахаром. Вещества перемешивают стеклянной палочкой, после чего стакан ставят в банку с горячей водой. Менее чем через минуту начнется бурная реакция. Из стакана «выстрелит» столбик черной массы.

В другом варианте опыта горячую кислоту осторожно приливают в стакан с сахаром. Данный опыт уже был описан в прошлом номере журнала (статья про серу).



Разные варианты опыта. Фото В.Н. Витер

### Уротропиновый «дракон»

Купите таблетки уротропина (в аптеке) или «твердого спирта» — сухого горючего (в хозяйственном магазине). Сухое горючее бывает разных типов, поэтому не мешает проверить, содержит ли оно уротропин. Для этого надо отломить несколько кусочков сухого горючего, положить их в пробирку и немного нагреть. Если в нем есть уротропин, то вы почувствуете запах аммиака.

Одну таблетку «твердого спирта» или аптечного уротропина — гексаметилентетрамина  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  положите на блюдце и 3 – 4 раза пропитайте концентрированным водным раствором нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , капая его из пипетки, а потом высушивая. Каждый раз надо наносить 5 – 10 капель (0,5 мл раствора).

Самое утомительное — высушивание таблеток: при комнатной температуре на воздухе оно продолжается слишком долго. Можно поставить блюдце на кипящий чайник, избегая попадания водяного пара на таблетку. К сожалению, более высокой температуры уротропин не выдерживает и разлагается. Разумеется, нельзя сушить таблетки и на открытом огне: они могут загореться. Пропитанную и высушенную таблетку на блюдце следует поджечь с одной стороны. И тут начнутся чудеса: появятся черные шарики кипящей жидкости, которые сливаются вместе и образуют





подобие вырастающего «хвоста». Он изгибается, а за ним вырастает толстое тело «дракона».

Разложение уротропина в смеси с нитратом аммония приводит к образованию пористой массы, состоящей из углерода, и большого количества газов — диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , азота  $\text{N}_2$  и воды. И химически чистый уротропин, и нитрат аммония разлагаются, не образуя твердых продуктов. Однако в сухое горючее на стадии формования таблеток добавляют связующие вещества — парафин и тальк. Вот почему появляется «тело дракона». А выделяющиеся газы вспучивают и двигают его.

### Маленькая черная змейка.

В центр таблетки уротропина капните 2-3 капли конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , после чего подожгите таблетку. При горении сухого спирта в месте, где была нанесена кислота, образуется небольшая черная змейка длиной 1-3 см. Опыт не отличается особой красотой, зато очень прост в исполнении.



Для опыта необходимо: всего 2-3 капли конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и таблетка уротропина...

Фото В.Н. Витер



## Глюконатная змея

Для получения глюконатной змеи достаточно поднести к пламени таблетку глюконата кальция, который продается в каждой аптеке. Из таблетки выползет змея, объем которой намного превышает объем исходного вещества. Разложение глюконата кальция, имеющего состав  $\text{Ca}[\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COO}]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  приводит к образованию оксида кальция, углерода, углекислого газа и воды.

## Нитратный «червяк»

Для выполнения этого опыта делают из жести трубочку диаметром 15—20 мм и длиной 6—7 см. С одной стороны ее закрывают тампон из стеклянной ваты или увлажненного асбеста. Потом почти всю трубочку закапывают закрытым концом вниз в слой песка, помещенного в широкую железную банку.

В верхнюю часть закопанной трубочки насыпают смесь, состоящую из тонко растертых в ступке 5 г сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  и 14 г нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , так, чтобы вверху трубочки остался свободный объем соответствующий примерно 1 см ее высоты. В эту часть объема трубочки помещают «запал» — 0,25—0,26 г измельченных кристаллов перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ . Из них делают небольшую горку с углублением по середине. В это углубление вводят пипеткой или шприцем несколько капель глицерина  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , не содержащего примеси воды.

Теперь будьте осторожны: через 15—20 секунд запал воспламенится и зажжет смесь, находящуюся в трубочке! Как только будет добавлен глицерин, отойдите от банки на три-четыре метра. Из трубочки повалит черный дым, а вместе с ним выползет чёрный дымящийся «червяк» причудливой формы.

Объясним это химическое явление. Запал самовоспламеняется из-за окислительно-восстановительной реакции между  $\text{KMnO}_4$  (окислителем) и глицерином (восстановителем). Продуктами реакции являются окси марганца(IV)  $\text{MnO}_2$ , диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , карбонат калия  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и вода.

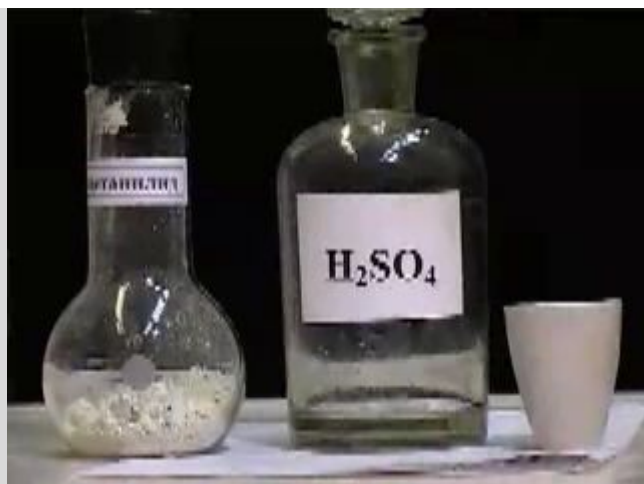
## Змея на основе нитроацетанилида

Налейте в высокий фарфоровый тигель несколько миллилитров серной кислоты и добавьте туда несколько шпательков нитроацетанилида. Содержимое тигля



перемешайте. При этом масса станет темно-розового цвета. Поставьте тигель на огонь бунзеновской горелки.

Через небольшое время из тигля выстрелит толстая черная змея.





Змея из нитроацетанилида. Фото [Video\\_experiment.edu.ru](http://Video_experiment.edu.ru)

(использованы материалы: сайтов [chem.tut.ru](http://chem.tut.ru), [veronium.narod.ru](http://veronium.narod.ru), [video\\_experiment.edu.ru](http://video_experiment.edu.ru) и книги Н.Д. Василега Занимательная химия)