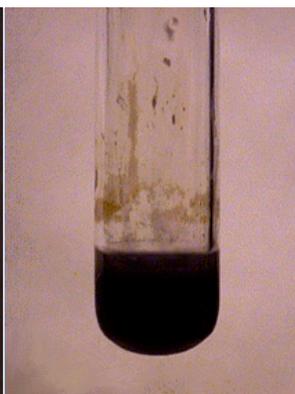
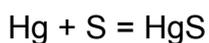


Реакция серы с металлами

В.Н. Витер

Когда говорят о коррозии металлов, то как правило подразумевают их разрушение под действием кислорода или его соединений. Но кислород – далеко не единственный окислитель. На практике часто приходится сталкиваться с коррозией материалов под действием кислот, галогенов, сероводорода, серы. Многие конечно помнят, что даже от небольших количеств сероводорода серебро быстро покрывается черным слоем сульфида. Менее известно, что сера легко взаимодействует с ртутью. Последняя реакция хорошо идет при комнатной температуре. Более того, сера взаимодействует с заметной скоростью со ртутью даже при температуре жидкого азота! (-197°C):

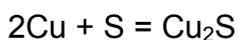


Ртуть и сера (слева)  
Сульфид ртути, HgS  
(справа)

(фото  
rfpaints.files.wordpress.com и  
public.asu.edu)

Разрушение труб газопроводов под действием примеси сероводорода – довольно неприятное явление, поэтому природный газ тщательно отчищают даже от следов H<sub>2</sub>S.

Наблюдать за серной коррозией довольно просто, в частности, был описан такой опыт. Возьмите медную пластину или зачищенную проволоку, и опустите ее в раствор серы в толуоле или бензоле<sup>1</sup>. Поверхность меди сразу же покроется черным налетом сульфида. Если же медь оставить в растворе на несколько дней, а то и неделю – она исчезнет, потому что сера «съест» металл. В стаканчике останутся только черные с синеватым отблеском кристаллы сульфида меди (I), Cu<sub>2</sub>S:



<sup>1</sup> По возможности лучше использовать толуол, поскольку бензол значительно более ядовит



Окисление медной проволоки серой в толуоле.

Медно-никелевый сплав (монета) в этих условиях устойчив.

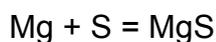
(фото В.Н. Витер)

Выглядит интересно, и я решил повторить опыт. Налил в бюкс толуола, добавил к нему мелко растертой серы. Содержимое тщательно перемешал. Медной пластинки под рукой не оказалось. Вместо нее кинул в раствор новенькую украинскую монету 25 коп., которая состоит из медно-алюминиевого сплава. Но оказывается, что все не так просто. Монетка чернеть явно не желала: и через минуту и через день и даже через две недели она оставалась блестящей без каких-либо признаков разрушения. Вывод напрашивался сам собой – в отличие от чистой меди сплав меди и алюминия устойчив к действию раствора серы, по крайней мере – в условиях опыта.

Делать нечего: нашел толстую медную проволоку, зачистил ее и погрузил в раствор. Проволока сразу же почернела.

Но, чаще всего реакцию серы с металлами проводят по-другому. Готовят смесь порошков металла и серы, а дальше эту смесь поджигают (или нагревают в пламени, если металл малоактивный). Чтобы сравнить разные металлы для начала взял магний.

Смесь эквивалентных количеств мелкой магниевой стружки и серы вспыхивает ярко и очень сильно. Насколько сильно, что я успел пожалеть, о том, что слишком близко поставил фотоаппарат. К счастью обошлось.



Если будете повторять этот опыт, не берите больше 1-2 гр. смеси<sup>2</sup>. Зато иод реагирует с магнием гораздо менее интенсивно (см. журнал Химия и Химики №2, 2009).

<sup>2</sup> На случай, если кто забыл, как рассчитывать необходимые количества веществ, напомним. Например, мы взяли 0.5 гр. магния. Из уравнения реакции следует, что на один моль магния (или 24.3гр.) нужно взять 1 моль (или 32 гр. серы). Составим пропорцию:

$$24.3\text{гр Mg} - 32\text{ гр. S}$$

$$0.5\text{ гр Mg} - X\text{ гр. S, отсюда } X = 0.5 * 32 / 24.3 = 0.7\text{ гр.}$$





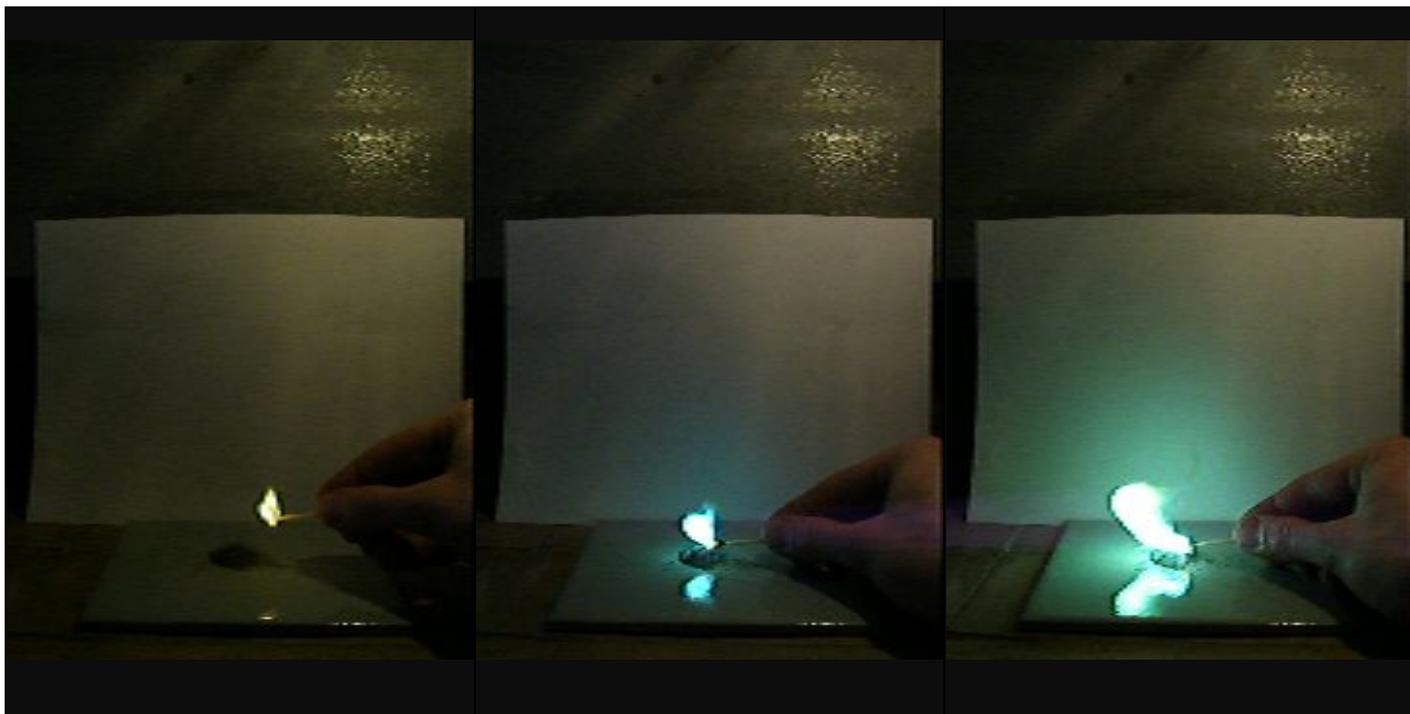
## Реакция смеси магния и серы.

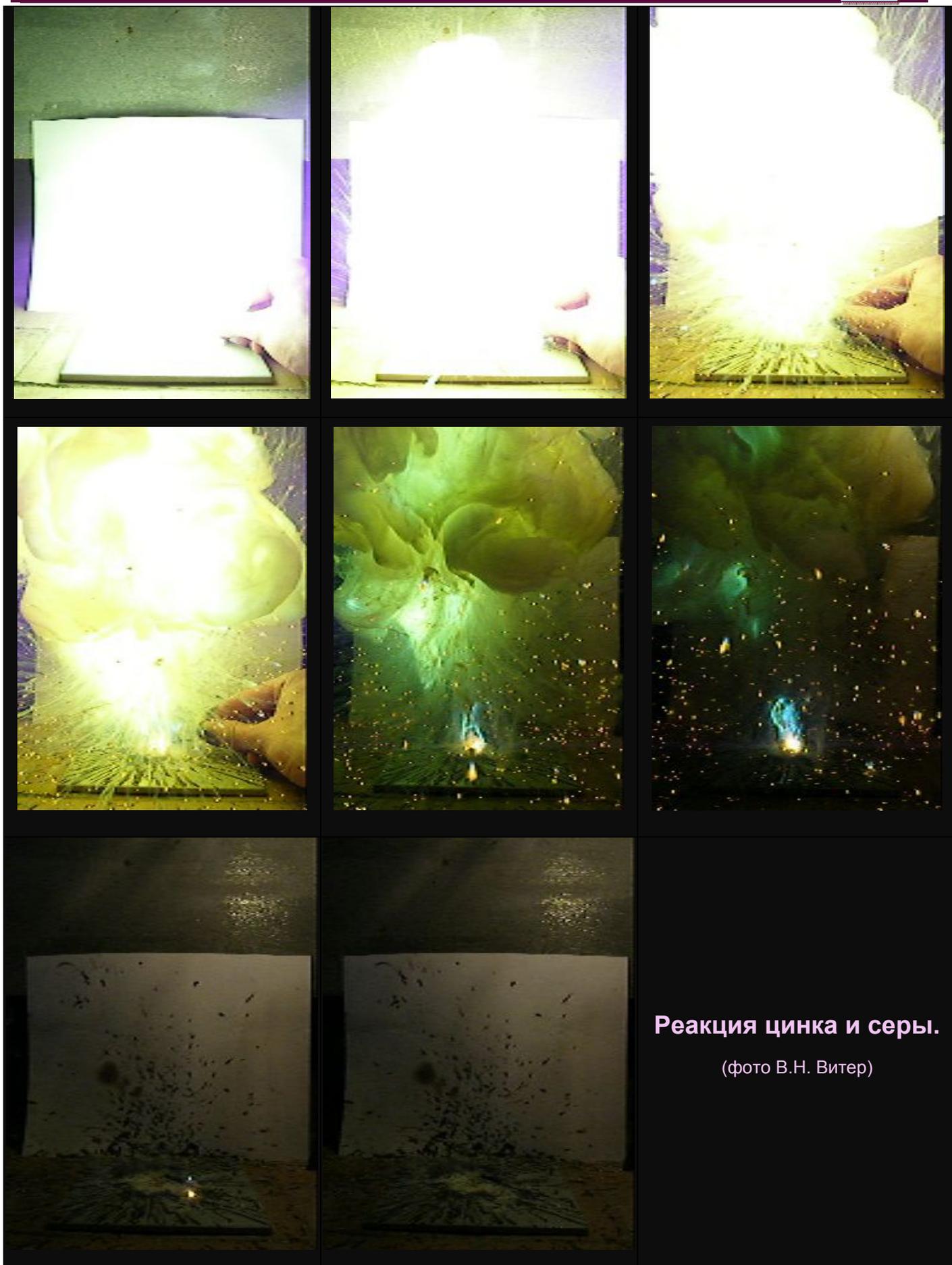
(фото В.Н. Витер)

После магния пришла очередь алюминия. Оказалось, что алюминиевая стружка взаимодействует с серой плохо. Смесь почти не горит. Но, если использовать алюминиевую пудру («серебрянка»), то произойдет яркая вспышка (правда, слабее, чем с магнием).



Сильная вспышка произойдет и в результате поджигания смеси стехиометрических количеств серы и цинковой пыли. При этом во все стороны разлетятся раскаленные кусочки белого сульфида цинка, а также исходных веществ, которые не успели прореагировать.



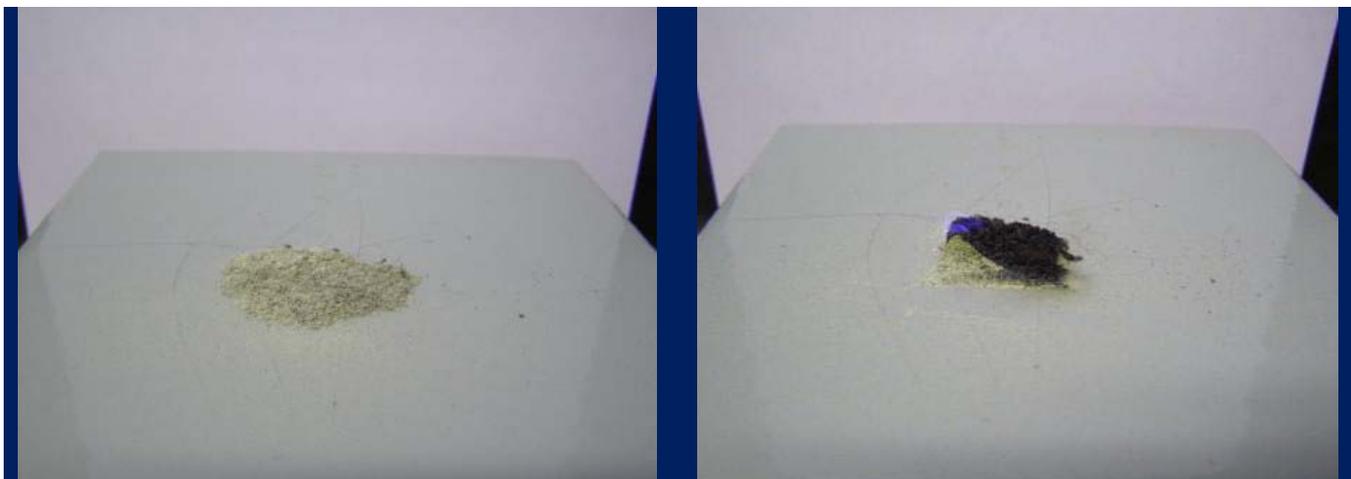


Реакция цинка и серы.

(фото В.Н. Витер)



Опыт выглядит особенно красиво при покадровом просмотре видео, что позволяет различить отдельные стадии процесса. Можно довольно четко увидеть свечение зеленовато-голубых паров цинка, яркую белую вспышку и облако раскаленных до желтого цвета частичек ZnS.



Реакция порошков железа и серы. (фото В.Н. Витер)

Смесь порошков железа и серы при поджигании горит, но достаточно слабо. Реакцию следует проводить в тигле или металлической ложечке, которые подогреваются в пламени горелки. В противном случае взаимодействие не будет полным. После реакции останется черный сульфид железа. Аналогично происходит взаимодействие серы с мелким порошком меди:



Теперь перейдем к более сложным опытам по горению металлов в парах серы. Нагрейте в колбе до кипения несколько грамм серы. Поместите магниевые стружки в ложечку и подожгите их в сильном пламени бунзеновской горелки. Теперь внесите горящий магний в колбу с парами серы, при этом произойдет ярко-белая вспышка.

Аналогичный опыт можно проделать и с алюминиевой пудрой. Возьмите металлическую формочку для выпечки теста (примерно 4-5 см. в высоту и около 5-10 см. в диаметре). Насыпьте в нее несколько грамм серы. Формочку наклоните под углом 45 градусов и нагрейте в пламени горелки – чтобы расплавленная сера собралась в одном из углов формочки. Снимите формочку с горелки в таком положении и дайте расплавленной сере застыть в углу. Дальше наклоните формочку в



**Горения магния в парах серы.** (фото В.Н. Витер).

противоположную сторону и насыпьте в противоположный угол 2-3 см<sup>3</sup> алюминиевой пудры. Сверху на пудру положите несколько крупинок (не больше!) серы.

Застывшая сера и алюминиевая пудра должны находиться в разных углах. Если они будут контактировать - произойдет вспышка! Теперь поставьте формочку на сильное пламя горелки, при этом наклоните ее так, чтобы расплавленная сера осталась в нижнем углу, но алюминиевая пудра - сверху.

Сера расплавится и закипит. Формочка наполнится горячими парами серы, которые загорятся в верхней ее части. Мы увидим характерное синее пламя. Тем временем крупинки серы, которые мы добавили к алюминиевой пудре, расплавятся и начнут с ней реагировать. В результате весь алюминиевый порошок раскалится до красно-желтого цвета и сгорит в парах серы.

Описано также горение медной проволоки в парах серы. В колбе нагрейте до кипения серу, после чего внесите в ее пары пучок предварительно раскаленных медных проволочек. В парах серы проволочки вспыхнут и энергично сгорят, образуя черный дым  $Cu_2S$ . К сожалению, эксперимент довольно сложен в исполнении, так что сфотографировать его не удалось.

Как видите, если повторить своими руками даже самые простые опыты, то это может принести массу удовольствия. Но не стоит забывать о технике безопасности. Все описанные эксперименты следует проводить под вытяжкой или на свежем воздухе. Пары диоксида серы опасны для здоровья, не следует ими дышать. Проследите, чтобы поблизости не было никаких горючих материалов (бумага, дерево, сухая трава и др.) - искры от вспышек могут легко их зажечь. Для всех подобных опытов необходимо использовать огнестойкие поверхности – асбест, песок, бетон, кирпичи и др.

Теперь остается только пожелать коллегам удачных экспериментов.