



“Холодное” пламя сероуглерода

В.Н. Витер

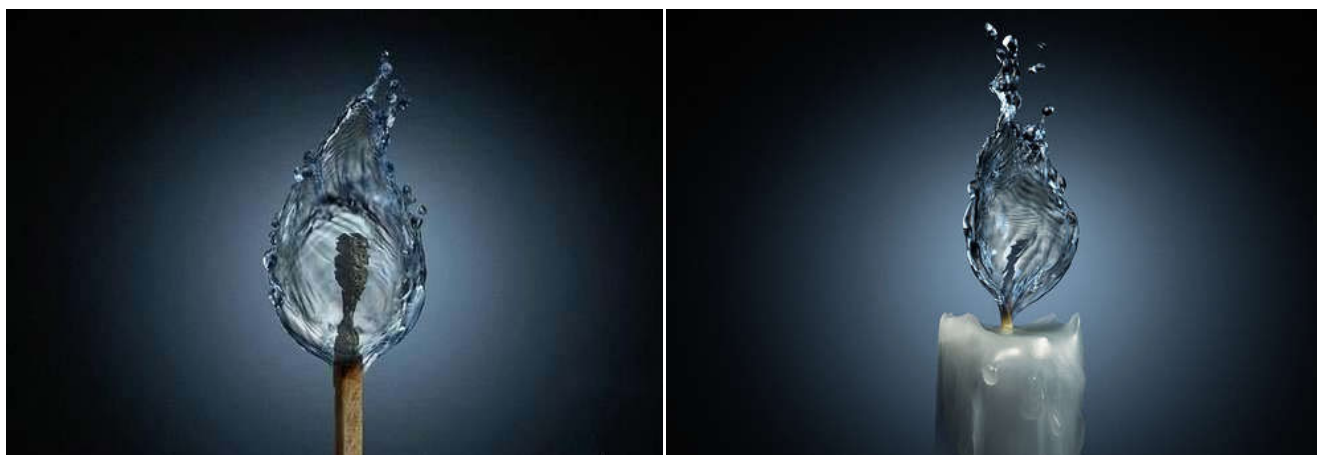


Сероуглерод обладает замечательным свойством – пламя CS_2 настолько холодное, что в нем не обугливается даже бумага. В пламени сероуглерода можно держать руки, не боясь ожога. По крайней мере, так пишут в некоторых книгах и так думают немало химиков. Например, встретил довольно интересную олимпиадную задачу:

«Сероуглерод горит светло-синим пламенем, богатым фотохимически действующими лучами, и при этом обладающим такой низкой температурой, что в нем не обугливается даже бумага. Как это можно объяснить, ведь тепловой эффект велик? $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$ ($H = -1080$ кДж)»

В книге Алексинский В.Н. *Занимательные опыты по химии*. М. Просвещение, 1980¹ описан интересный опыт:

«Невоспламеняющее пламя. В чашку под тягой наливают небольшое количество сероуглерода и поджигают. В пламя горящего сероуглерода помещают листок бумаги. Он не загорится!»



1exe.piczo.com

На первый взгляд, аналогичные примеры известны и для других веществ. Небольшие количества нитроцеллюлозы (нитрированная вата), эфира или перекиси ацетона сгорают на ладони, не причиняя ожога. Но тут дело вовсе не в «низкой» температуре пламени. Во-первых, эти вещества берутся в небольших количествах, во-вторых, они имеют высокую скорость горения – ладонь просто не успевает нагреться. Если же взять большие количества перечисленных веществ или подержать над пламенем руку, то ожог неминуем², поскольку все они имеют высокую температуру горения.

Закономерно возникает вопрос: **«Действительно ли пламя сероуглерода холодное?»**

¹ Цитата: <http://chemister.da.ru/Chemie/Effect/plamya.htm>

² В случае перекиси ацетона возможен взрыв, в результате которого легко остаться без кисти руки.



1exe.piczo.com

Отвечу сразу - это утверждение не соответствует действительности. Сероуглерод относится не только к токсичным, но и к очень огнеопасным жидкостям. Он легко загорается, смесь паров сероуглерода с воздухом взрываются, а температура пламени CS_2 достаточно высока. Сероуглерод много раз служил причиной пожаров и взрывов. Работа с CS_2 связана с постоянным риском. Это относится и к лабораториям и к химическим производствам.

В свое время автор работал на заводе вискозного волокна, в технологическом цикле которого использовали сероуглерод. Данное вещество доставляло массу неприятностей. Склад сероуглерода находился на значительном расстоянии от основных помещений, чтобы в случае пожара или взрыва ущерб был минимальным. В отличие от воды (а также серной кислоты или растворов щелочи) сероуглерод не перекачивали насосами, а передавливали из емкости в емкость с помощью азота. По возможности старались делать так, чтобы CS_2 тек сам – сверху в низ. В цехах, где



oldwww.iosh.gov.tw

Производство вискозных волокон. Раствор ксантогената целлюлозы (вискозу) выдавливают через узкие отверстия (фильеры) в разбавленную серную кислоту, которая течет по желобу. При этом образуются тонкие нити целлюлозы – вискозные волокна, а также сероуглерод и сероводород. Рабочие вынимают бабины ниток из серной кислоты вручную. Пол цеха мокрый от масла и серной кислоты. В отличие от случая, показанного на фотографии, рабочие на заводе «Черкасское химволокно» не пользовались защитными респираторами



был сероуглерод, рабочим категорически запретили использовать инструменты из «черной» стали – такие инструменты могут дать искру, а результат – взрыв. Поэтому все инструменты (гаечные ключи, молотки и т.д.) были из нержавеющей стали или латуни. Хранить сероуглерод можно только под слоем воды или в атмосфере азота.

Даже далеким от химии людям известно, что сероуглерод применялся во Вторую мировую войну в качестве зажигательного вещества. Например, как противотанковое средство многие армии активно использовали «коктейль Молотова». Советский вариант представлял собой желто-зеленый или темно-бурый раствор фосфора и серы в сероуглероде, который имел низкую температуру кипения. Время горения бутылки, наполненной таким составом, было 2–3 мин, температура горения – 800–1000 °С. Нескольких зажигательных бутылок иногда хватало, чтобы уничтожить легкий или средний танк. Отмечен случай, когда тяжелое самоходное орудие ягдпантера (jagdpanther) было уничтожено всего одной бутылкой зажигательной смеси, которую американский солдат кинул в открытый люк. При этом лобовую броню ягдпантеры часто не могли пробить танки союзников – даже при выстреле в упор.



dic.academic.ru



interesniy.kiev.ua



«Коктейль Молотова» финского (слева) и советского (справа) производства. Советский «коктейль Молотова» представлял собой раствор фосфора и серы в сероуглероде



Довольно эффективен был раствор фосфора в сероуглероде и в морской авиации. Бомба или торпеда, попавшая в корабль, оставляла команде шанс на спасение – пусть даже небольшой. Но если самолет выливал сверху на палубу корабля раствор фосфора в сероуглероде, шансов выжить у моряков не оставалось.

Конечно, фосфор или сера также вносят свой вклад в температуру пламени, но и одного сероуглерода вполне хватит, чтобы устроить сильный пожар – он дает достаточно жаркое пламя.

Логично возникает вопрос: откуда же взялось утверждение, что сероуглерод горит холодным пламенем?. Ведь трудно себе представить, что разные авторы этот факт просто «выдумали». Долже быть какой-то первоисточник. И он действительно нашелся. В книге Смуров В.С., Аранович Б.С. *Производство сероуглерода. Л. Химия, 1965. С. 20* написано:

«Пламя сероуглерода имеет настолько низкую температуру, что в нем не обугливается бумага».

Тут же приводилась ссылка на книгу академика Н. Семенова³ - родоначальника учения о цепных реакциях. Саму книгу найти не удалось, но смысл ее вполне понятен из статьи автора в журнале Наука и Жизнь⁴

«Воспламенение паров фосфора, фосфина, сероуглерода при концентрации порядка сотых долей процента в воздухе не вызывает практически никакого повышения температуры».

Теперь все стало на свои места. Возможность «холодного горения» при очень сильном разбавлении паров сероуглерода не вызывает сомнений. Но для того, чтобы наблюдать такое горение, необходимы сложные лабораторные установки.

Если же просто поджечь жидкий сероуглерод, то будет наблюдаться совсем другая картина. В результате горения выделится вполне достаточно тепла, чтобы сжечь и бумагу, и руки неосторожного экспериментатора, и все помещение.

Не исключено, что есть и другие источники, где сказано, что пламя сероуглерода имеет низкую температуру. Сути дела это не меняет: сначала одни авторы исказили факты, а затем другие бездумно переписали ошибочное утверждение. Дошло даже до описания «занимательного» эксперимента, - который сами авторы никогда не проводили. Так случайная ошибка размножилась по разным изданиям.

³ Семенов Н.Н. Цепные реакции. Госхимиздат, 1934.

⁴ Н. Семенов Теория цепных реакций: <http://www.nkj.ru/archive/articles/5204/>



фото В.Н. Витер

Как известно, химия – наука экспериментальная. Никакие утверждения не должны приниматься на веру. Один факт здесь ценится намного выше, чем целые тома умозаключений. Другими словами, нужно налить немного сероуглерода в тигель, поджечь его и внести бумагу в пламя. Бумага, конечно же, загорится.

На практике все оказалось сложнее. Когда автор взял бутылочку с надписью «Сероуглерод под дистиллированной водой», то выяснилось, что внутри осталась только вода – сероуглерод давно испарился от долгого хранения. И это неудивительно, ведь у CS_2 температура кипения $46,2^\circ C$. По летучести (и пожарной опасности) он сопоставим с диэтиловым эфиром.

Если сероуглерода нет, значит нужно его синтезировать. Для этого необходимо пропустить пары серы через слой раскаленного древесного угля⁵. В принципе ничего сложного тут нет, но не хотелось собирать установку и запускать ее в работу только ради того, чтобы получить несколько миллилитров сероуглерода.

Один из коллег подсказал оригинальный выход: в опыте «Фараонова змея»⁶

⁵ Получение сероуглерода описано в журнале Химия и Химики, № 2 (2009):

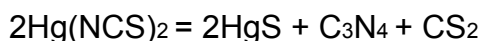
http://chemistryandchemists.narod.ru/N2_2009/107-118.pdf

⁶ Описание разложения роданида ртути («Фараонова змея») см. Химия и Химики, № 2 (2009):

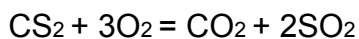
http://chemistryandchemists.narod.ru/N2_2009/131-142.pdf



используется разложение роданида ртути. При этом образуется сульфид ртути, нитрид углерода и сероуглерод:



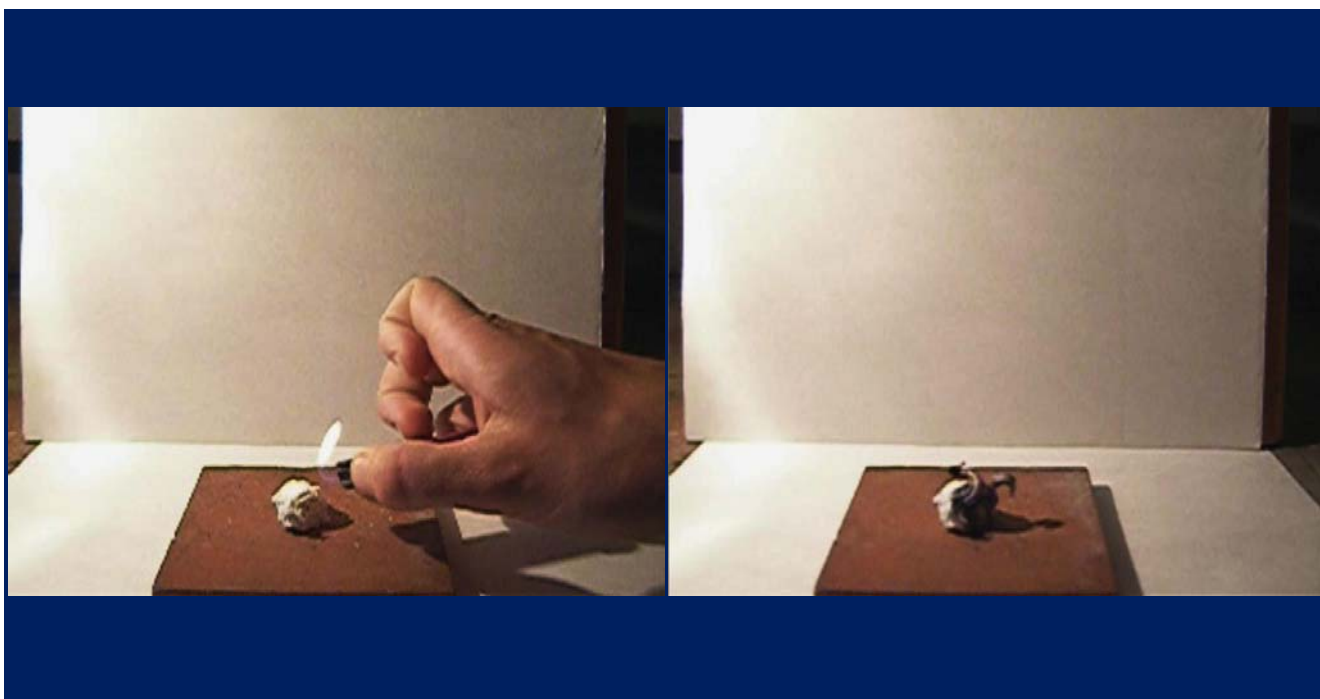
последний сразу же сгорает синим пламенем:



Другими словами, нужно синтезировать роданид ртути провести его разложение и поджечь сероуглерод, который выделяется.

Для начала автор решил провести реакцию разложения в закрытой пробирке с газоотводной трубкой. Оказалось, что разложение происходит слишком быстро и сопровождается активным образованием аэрозоля продуктов реакции. Как только пробирка с порошком $\text{Hg}(\text{NCS})_2$ была внесена в пламя, реакция закончилась за несколько секунд: о том, чтобы успеть поджечь газ на выходе не было и речи. А главное – образование аэрозоля, который содержит соединения ртути, было небезопасно.

Пришлось осуществить другой вариант: с помощью крахмального клейстера приготовить из порошка роданида ртути квадратики и просто их поджечь. В этом случае разложение происходит достаточно медленно. Фактически, это и есть эксперимент «Фараонова змея». Остается только внести в пламя сероуглерода бумажку.





Разложение роданида ртути, горение сероуглерода и воспламенение бумаги в пламени сероуглерода

фото В.Н. Витер

Как видите, бумажка сразу же загорелась в пламени сероуглерода. Вывод напрашивается сам собой: никаким источникам нельзя безоговорочно верить без независимого подтверждения. Иногда оказывается, что «независимые» утверждения в разных книгах и статьях восходят к одному и тому же первоисточнику, который не всегда бывает достоверным.



«Фараонова змея»



Цистерна с сероуглеродом flickr.com