

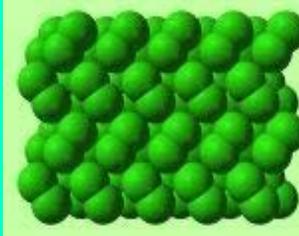


17
Cl
35.45

Хлор

Р. Рипан, И. Четяну.

из книги РУКОВОДСТВО К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ



Химические свойства

В химическом отношении хлор является очень активным элементом, но менее активным, чем фтор. Благодаря высокой активности он соединяется почти со всеми элементами и при этом происходит выделение тепла. Непосредственно он не соединяется с кислородом, азотом и углеродом; хлористые соединения этих элементов получают косвенным путем.



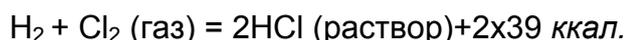
Хлор фото В.Н. Витер

СОЕДИНЕНИЕ ХЛОРА С ВОДОРОДОМ

С водородом хлор соединяется непосредственно; при этом образуется газообразный хлористый водород по уравнению



или раствор соляной кислоты по уравнению



Соединение хлора с водородом является окислительно-восстановительной реакцией. Присутствие древесного угля ускоряет реакцию, а присутствие следов кислорода замедляет ее. При реакции выделяется большое количество тепла.

Хлороводородную смесь, содержащую 14—92% хлора, называют детонирующим хлором; такая смесь взрывается, образуя хлористый водород.



Детонирующий хлор с содержанием 47,5—92% хлора взрывается под действием коротковолнового излучения: фиолетовых и ультрафиолетовых лучей (солнечного света, освещения от горящего магния или кварцевых ламп), лучей и тепла вольтовой дуги между двумя угольными электродами. Если в детонирующем хлоре содержится от 14 до 92% хлора, то такая смесь взрывается при пропускании через нее электрической искры.

Опыт. Соединение хлора с водородом при поджигании смеси этих газов. Для опыта пользуются двумя одинаковыми стеклянными цилиндрами (желательно высотой 20 см и внутренним диаметром 6—7 см) или двумя большими пробирками. Цилиндры (пробирки) должны иметь отшлифованные края и быть совершенно чистыми (загрязнение их скипидаром, бензином и т. п. может привести к очень сильным и опасным взрывам).

На цилиндр, наполненный хлором и прикрытый стеклянной пластинкой, ставят вниз отверстием другой цилиндр, наполненный водородом (оба цилиндра наполняют газами путем вытеснения воздуха). В затемненном месте (не на солнечном свете) вынимают стеклянную пластинку, которая разделяла цилиндры, и, держа плотно отверстие к отверстию, поворачивают их несколько раз на 180°. Завертывают каждый цилиндр отдельно мокрым полотенцем и подносят (осторожно!) отверстием к пламени газовой горелки или свечи.

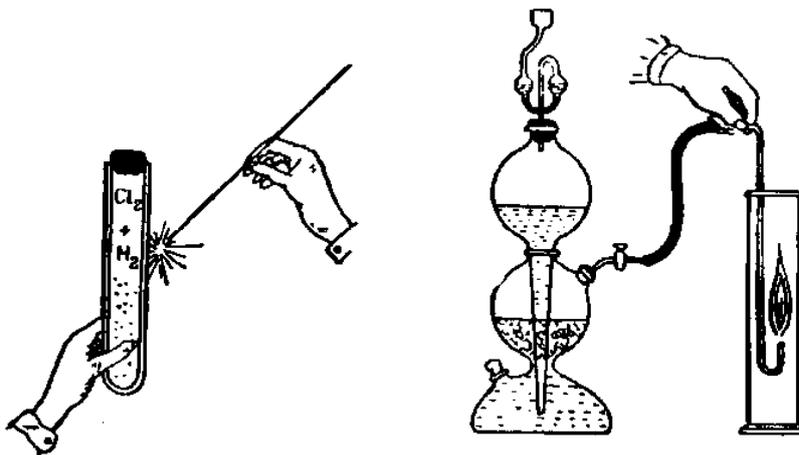


Рис. 79 и Рис. 80

Раздается взрыв. После взрыва в цилиндр наливают немного воды и при помощи лакмусовой бумажки убеждаются в образовании соляной кислоты.

Опыт. Соединение хлора с водородом под действием света (рис. 79). Пробирку наполняют над водой наполовину водородом, затем доверху хлором и закрывают парафинированной пробкой. Пробирку со смесью вставляют в железную (или



алюминиевую) трубку несколько большего диаметра. Металлическая трубка должна иметь в стенке, внизу или сбоку отверстие вроде окошка. Когда к окошку металлической трубки подносят сильный источник света (освещение горящим магнием или электрической дугой), смесь взрывается и выбрасывает из горлышка пробку. Наполнение пробирки детонирующим хлором можно производить и согласно указаниям, описанным в предыдущем опыте.



Опыт. Горение водорода в хлоре и хлора в водороде. Водород (после проверки его чистоты) поджигают у конца отводной трубки, которую затем вносят в стоящий на столе цилиндр с хлором (рис. 80). Сравнивают цвет пламени водорода в воздухе и хлоре; затем к отверстию цилиндра, при горении в нем водорода, подносят влажную синюю лакмусовую бумажку (либо стеклянную палочку, смоченную концентрированным раствором $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и убеждаются, что в результате горения образуется хлористый водород. Если пламя водорода в цилиндре с хлором погаснет, опыт в этом цилиндре больше не повторяют, так как в нем образовалась смесь детонирующего хлора.

О другом приборе для сжигания водорода в хлоре сказано при описании одного из способов получения соляной кислоты (см. рис. 88).

Горение хлора в водороде осуществляется с помощью прибора, показанного на рис. 81. После полного удаления воздуха из цилиндрической воронки водород поджигают у отверстия воронки. Затем вводят в воронку трубку, по которой поступает слабый ток хлора. Хлор зажигается от пламени водорода и продолжает гореть внутри воронки с водородом.

Если пламя хлора погаснет, опыт прекращают, так как в воронке образуется детонирующая смесь хлора с водородом.

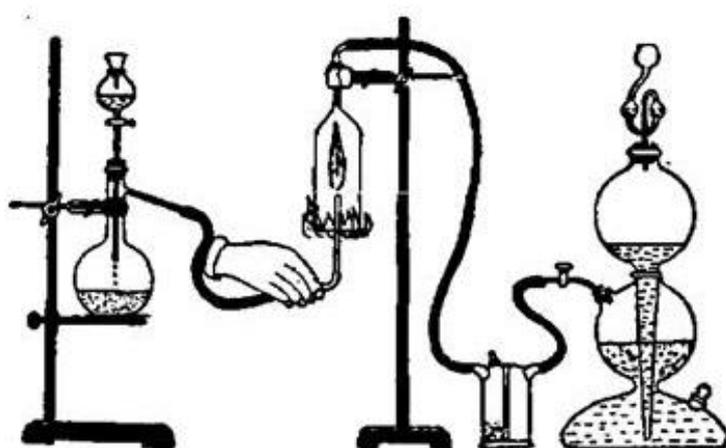
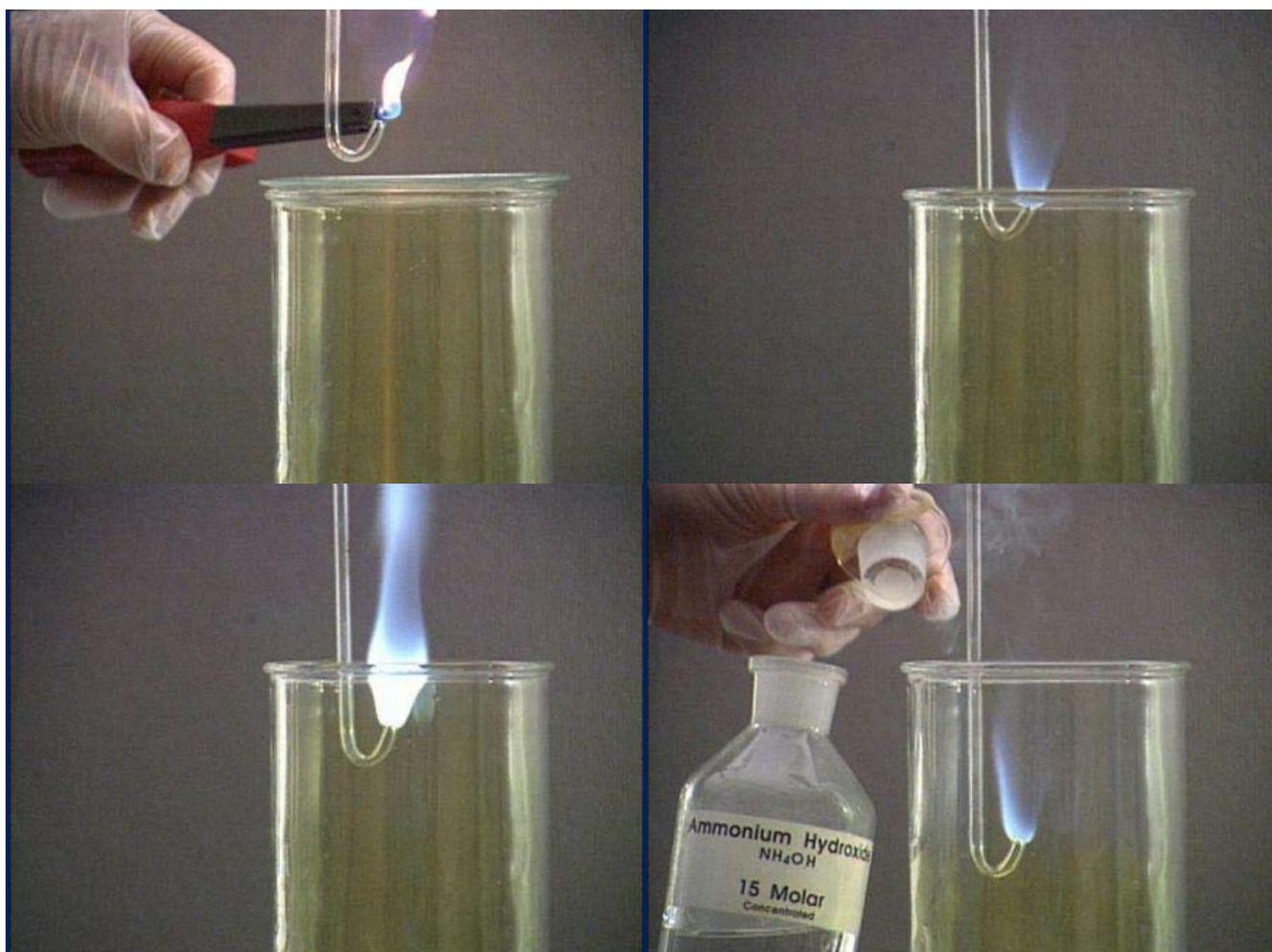


Рис. 81



Горение водорода в хлоре.

Если к пламени поднести раствор аммиака, появится белый дым NH_4Cl

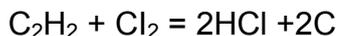
jchemed.chem.wisc.edu



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРА С ВОДОРОДОМ, ВХОДЯЩИМ В СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

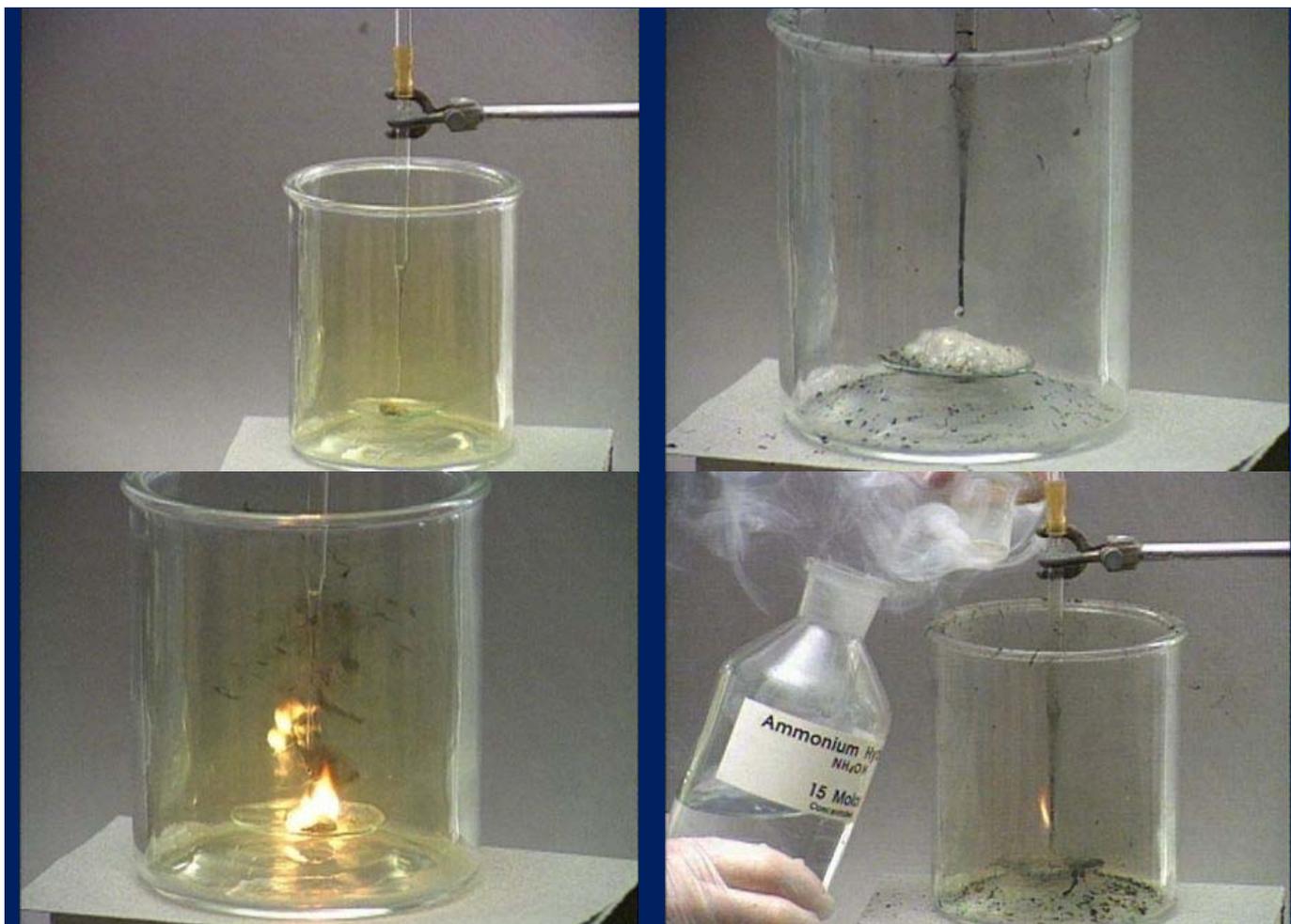
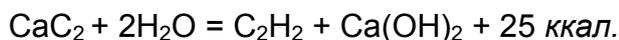
Хлор энергично соединяется также с водородом, входящим в состав различных органических соединений. В результате органические соединения разлагаются или хлорируются.

Опыт. Горение ацетилена в хлоре. Реакция протекает по уравнению



В пробирку, наполненную хлором, наливают немного воды и бросают несколько крупинок карбида кальция CaC_2 . При поджигании газа у отверстия пробирки ацетилен горит в хлоре сильно коптящим пламенем.

Ацетилен образуется в результате взаимодействия карбида с водой по уравнению



На дно сосуда с хлором кладут кусочек карбида кальция и добавляют немного воды. Ацетилен, который при этом выделился, немедленно воспламеняется. С помощью раствора аммиака можно доказать, что при этом образуется хлороводород. jchemed.chem.wisc.edu



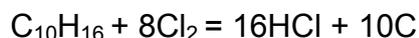
Взаимодействие ацетилена с хлором под водой. Газы подаются через трубочки с помощью шприцов. mattson.creighton.edu

Опыт. Горение скипидара в хлоре. Опыт проводят под тягой. В цилиндр, наполненный хлором (путем вытеснения воздуха), опускают при помощи металлических щипцов полоску фильтровальной бумаги, смоченной свежим скипидаром (рис. 82).



Рис. 82

Через несколько секунд смоченная скипидаром бумага воспламеняется с небольшим безопасным взрывом и сгорает сильно коптящим пламенем. Реакция между хлором и скипидаром протекает по следующему уравнению:



Выделяющегося при реакции тепла достаточно для воспламенения скипидара. Вследствие большого содержания в скипидаре углерода, который в хлоре не сгорает, образуется много копоти.

На холоду воспламеняется лишь горячий скипидар. По окончании опыта в цилиндр сразу же наливают воду. Если этого не сделать, то потом очень трудно будет удалить копоть со стенок цилиндра.

Фильтровальную бумагу рекомендуется лишь слегка смачивать скипидаром и затем тщательно удалять с нее лишний скипидар таким же листком фильтровальной бумаги.

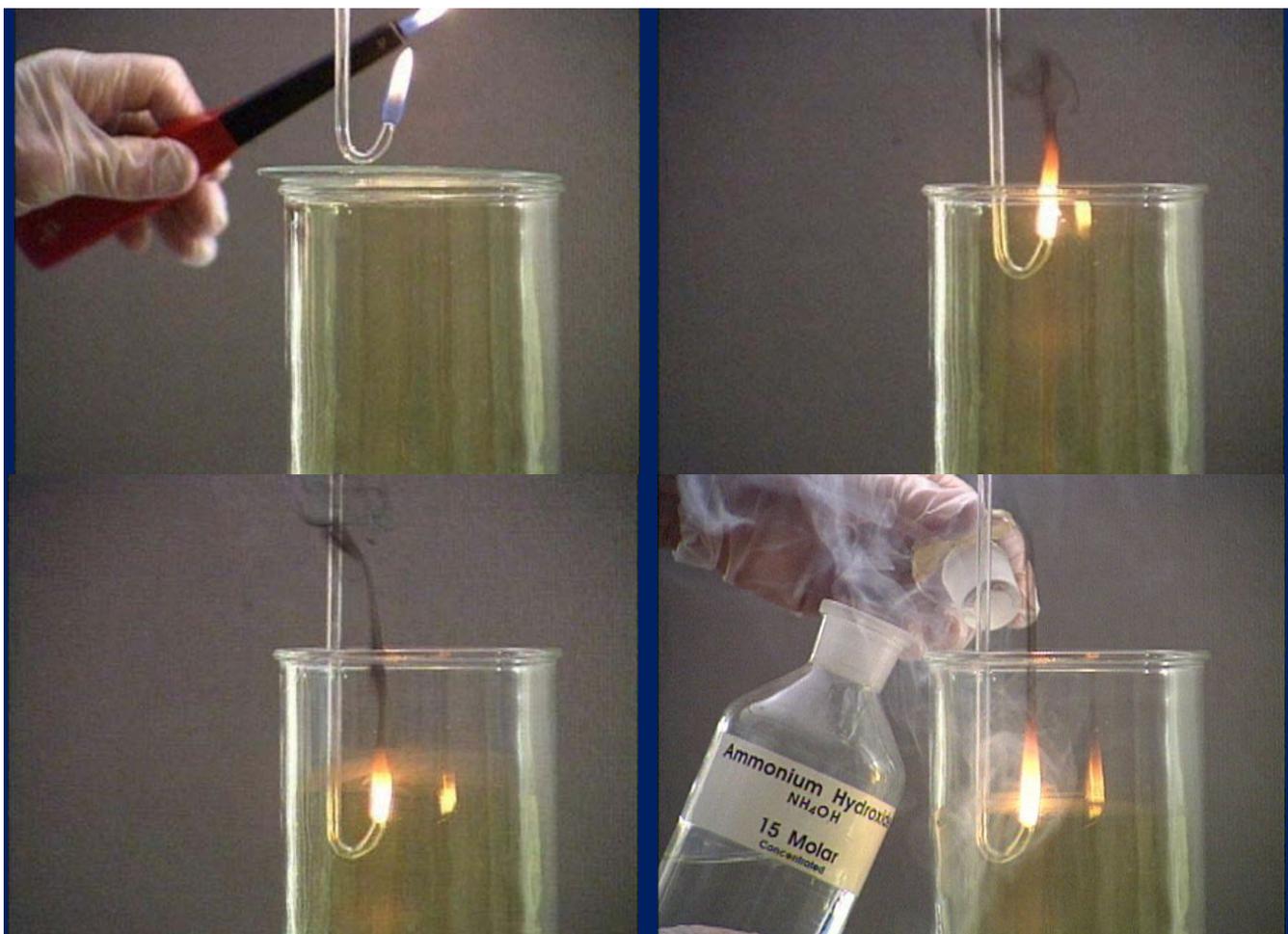
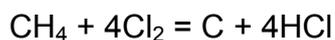


Опыт. *Горение восковой или стеариновой свечи в хлоре.* Если зажженную свечу ввести в банку с хлором, наблюдается довольно яркое горение; при этом пламя сильно коптит.

Обычно для опыта пользуются восковой или стеариновой свечой. Сосуд с хлором должен быть емкостью 1,5—3 л. Опыт удастся, если свечу вводить в банку не очень быстро.

Опыт можно начинать и с незажженной свечой. В этом случае у фитиля свечи помещают немного сухого красного фосфора, затем, прикрепив свечу к железной проволоке, вносят ее в банку с хлором; фосфор воспламеняется и зажигает свечу.

Опыт. *Горение природного газа или пропан-бутановой смеси в хлоре.* Газоотводную трубку, по которой подается природный газ или пропан-бутановая смесь поджигают и вносят в сосуд с хлором. Газ продолжает гореть красноватым сильно коптящим пламенем.



Горение природного газа в хлоре. С помощью раствора аммиака можно доказать образование хлороводорода. jchemed.chem.wisc.edu



Горение пропан-бутановой смеси в колбе с хлором. фото В.Н. Витер

ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ХЛОРОМ

Красители, как правило, обесцвечиваются хлором в результате окисления.

В лабораторной практике хлором обесцвечивают зеленые листья, лепестки цветов, лакмус, индиго и обычные чернила.

Опыт. При введении в сосуд с хлором цветка розы сначала обесцвечивается



зеленый хлорофилл (как более чувствительный краситель), затем красный краситель лепестков. Некоторые красные оттенки при этом чернеют.

Если к не очень концентрированным растворам лакмуса, индиго, обычных чернил или химического красителя прилить свежеприготовленной хлорной воды, то растворы обесцвечиваются.

При внесении в цилиндр с хлором местами увлажненного кусочка полотна, окрашенного раствором метиленовой сини, индиго или лакмуса, быстрее обесцвечиваются увлажненные места.



Обесцвечивание бумаги окрашенной раствором метиленового синего в цилиндре с хлором. school.edu.ru

Окрашенное сухое полотно в хлоре не обесцвечивается, если в сосуд сначала налить немного концентрированной серной кислоты, а затем наполнить его сухим хлором. Для введения в сосуд с хлором окрашенного полотна его вешают на крючок, укрепленный в кружке из парафинированной корковой пробки, которой одновременно закрывают горлышко сосуда с хлором.

Для наблюдения за обесцвечиванием обычных чернил в сосуд с хлором вносят листок бумаги с нанесенными на нее чернильными полосами. Обесцвечивание происходит быстрее, если бумага предварительно увлажнена.

Не обесцвечиваются хлором чернила, имеющие в своем составе галловую кислоту и сульфат двухвалентного железа, типографская краска, китайские чернила и тушь.

ОКИСЛЕНИЕ ХЛОРОМ ПРОБКИ И РЕЗИНЫ

Пробка и резина сильно разрушаются хлором.

Не подвергается разрушению пробка, пропитанная расплавленным парафином или вазелином. При сборке приборов для получения хлора или приборов, через

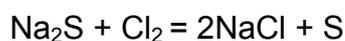
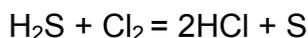


которые пропускают хлор, обычно их отдельные части соединяют шлифами или, когда необходимо соединить между собой стеклянные трубки, пользуются короткими отрезками резиновых трубок.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРА С ВОДОРОДОМ, СОДЕРЖАЩИМСЯ В НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Действие хлора на сероводород H_2S (сероводородную кислоту) и сернистый натрий

Опыт. Если пропускать ток хлора через водный раствор сероводорода или сернистого натрия Na_2S , то выделяется коллоидная сера и раствор становится мутным. Реакции протекают по уравнениям:



Если при помощи оттянутой стеклянной трубки направить ток хлора на поверхность насыщенного раствора H_2S или Na_2S , налитого в фарфоровую чашку (рис. 83), то на поверхности этих растворов можно производить надписи, так как струя хлора оставляет след, образующийся благодаря окислению H_2S и Na_2S с выделением свободной серы.

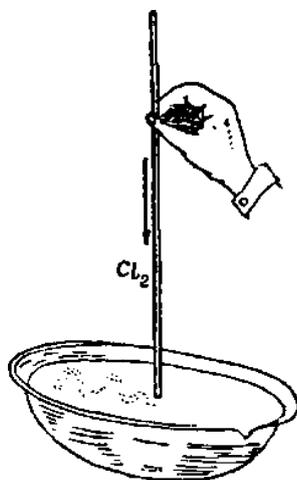


Рис. 83

Если в цилиндр, наполненный хлором, налить концентрированный водный раствор H_2S , то стенки сосуда покрываются осадком серы.

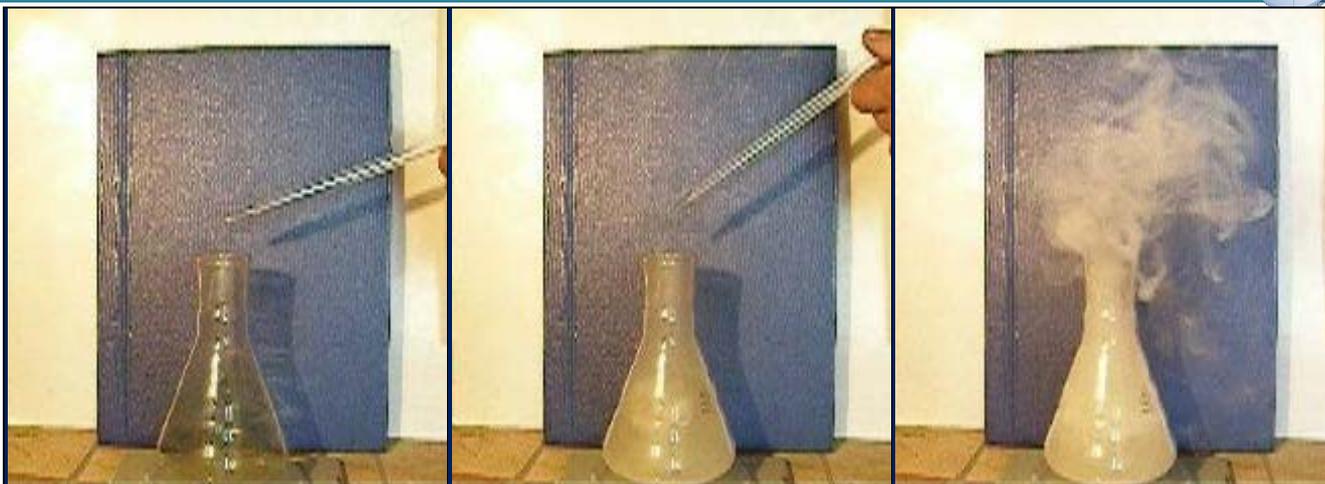
Для опытов пользуются свежеприготовленными концентрированными растворами сероводорода, так как разбавленные растворы содержат слишком малое количество серы, а длительно сохранившиеся самопроизвольно выделяют коллоидную серу.

Реакцией между сероводородом и хлором часто пользуются для очистки воздуха, содержащего большое количество сероводорода.

Действие хлора на аммиак

Опыт. При пропускании хлора через концентрированный раствор аммиака слышен треск, сопровождаемый проскакиванием небольших искр в момент прохождения через раствор каждого пузырька газа. В результате взаимодействия хлора с аммиаком образуется NCl_3 (хлористый азот, взрывчатая желтая маслянистая жидкость) по уравнению

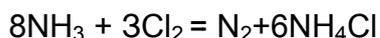




В колбу, наполненную хлором, добавляют несколько капель концентрированного раствора аммиака. В результате слышно треск, изредка появляются вспышки, колба наполняется белым дымом хлорида аммония.

фото В.Н. Витер

Опыт. Если с помощью оттянутой стеклянной трубки пропускать аммиак в склянку с газообразным хлором, аммиак воспламеняется; в результате горения образуются азот и хлористый аммоний в виде белого дыма. Реакция идет по уравнению



Воспламенение аммиака очень хорошо заметно, если в теплую колбу, в которой получают хлор, ввести небольшое количество концентрированного $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

При соединении хлора с аммиаком в зависимости от условий (концентрации и температуры) может образовываться как $\text{N}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$, так и $\text{NCl}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$.

Опыт. Закрытую с одного конца стеклянную трубку наполняют на 9/10 ее объема хлорной водой и на 1/10 — концентрированным $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (рис. 84). Закрывают трубку пальцем и опрокидывают ее в стакан с водой. В результате перемешивания аммиака с хлором образуются очень мелкие пузырьки азота, вытесняющие жидкость из трубки.

Хлор с аммиачным раствором образует небольшое количество гипохлорита аммония, который в присутствии избытка аммиака

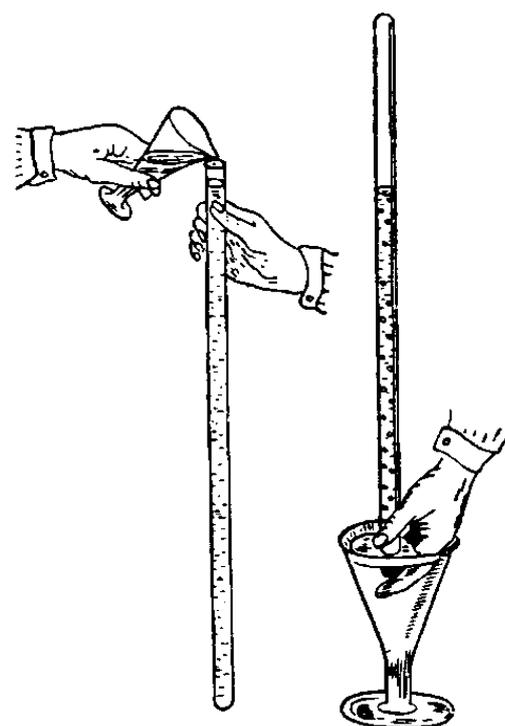


Рис. 84



постепенно разлагается на азот и хлористый аммоний.

Действие хлора на фосфористый водород

Реакции хлора с фосфористым водородом (газообразным и жидким) протекают с выделением тепла и света.

При соприкосновении газообразного хлора с фосфористым водородом они соединяются со взрывом; поэтому при проведении опыта надо быть особенно внимательным.

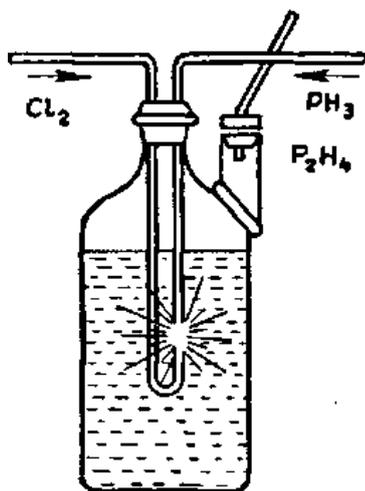
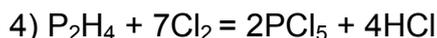
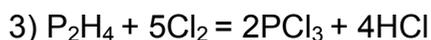
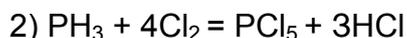
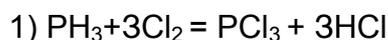


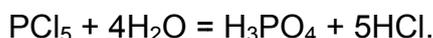
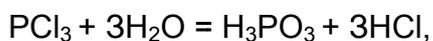
Рис. 85

Опыт. В том случае, когда один из реагентов находится в избытке, реакции между хлором и газообразным или жидким фосфористым водородом протекают по следующим уравнениям:



Опыт проводят в склянке с водой под тягой.

Треххлористый и пятихлористый фосфор энергично соединяются с водой по уравнениям



В двугорлую склянку (рис. 85), наполненную на $\frac{3}{4}$ объема дистиллированной водой, насыщенной хлором, вводят ток хлора и фосфористого водорода. Хлор вводят по стеклянной трубке с загнутым на 180° кончиком, а фосфористый водород — по прямой стеклянной трубке, конец которой близко подходит к концу загнутой трубки.

Фосфористый водород получают при нагревании 30%-ного раствора гидрата окиси натрия с белым фосфором (см. способ получения газообразного фосфористого водорода), а хлор — по одному из описанных выше способов. Хлор и фосфористый водород соединяются под водой с выделением света. Избыток газов из склянки удаляется по боковой трубке в вытяжную трубу.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРА С РАЗЛИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И СПЛАВАМИ

Соединение газообразного хлора с серой

Опыт. Получение хлористой серы S_2Cl_2 . Реакция протекает по уравнению





Прибор собирают в соответствии с рис. 86.

Для получения тока сухого хлора в круглодонную колбу насыпают немного кристаллов KMnO_4 , в капельную воронку наливают концентрированную HCl , а в промывную склянку — концентрированную H_2SO_4 .

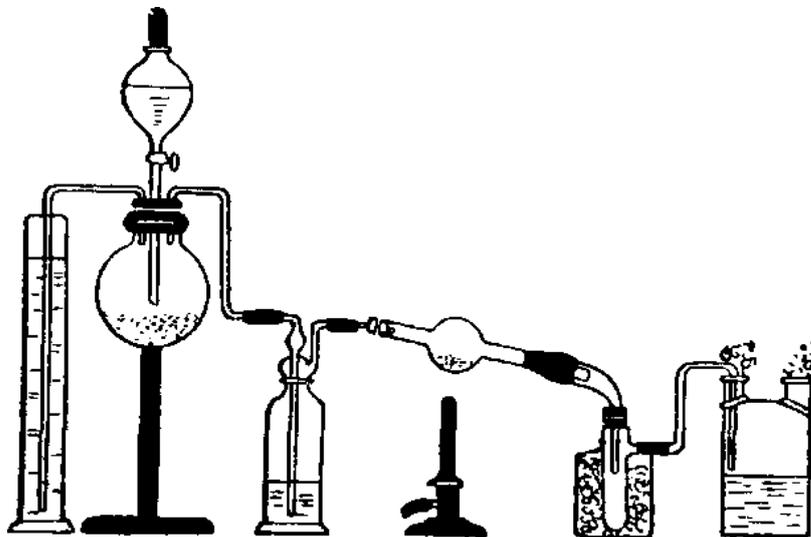


Рис. 86

В шарик тугоплавкой трубки насыпают немного серного цвета (серу, попавшую в трубку справа и слева от шарика, удаляют), затем трубку с шариком и аллонж соединяют отрезком резиновой трубки. Ванну, в которой находится приемник, наполняют водой со льдом, а в двугорлую склянку наливают раствор технической щелочи.

Все пробки и трубки должны быть соединены плотно. После удаления воздуха из прибора пропускают слабый ток хлора и осторожно небольшим (восстановительным) пламенем нагревают шарик до температуры немного выше точки плавления серы ($112\text{—}118^\circ$). Через некоторое время в приемнике собирается темная желтовато-красная жидкость (чистая хлористая сера имеет золотисто-желтый цвет). При проведении опыта двугорлую склянку несколько раз взбалтывают. Хлорирование заканчивают до того, как израсходуется вся сера, так как при избытке хлора образуется четыреххлористая сера SCl_4 в виде красной жидкости¹.

Небольшое количество хлористой серы можно получить в пробирке, закрытой парафинированной пробкой, через которую проходят две трубки (по более длинной в пробирку поступает хлор, а более короткая служит для удаления избытка хлора). В пробирку насыпают немного серы, нагревают ее и пропускают слабый ток хлора.

Остаток хлористой серы выбрасывают в канализацию, устроенную под тягой, и ни

¹ Красноватый цвет обусловлен образованием не четыреххлористой, а двуххлористой серы SCl_2 – прим. ред.



в коем случае не в общую канализацию.

Получив хлористую серу, изучают ее свойства: запах, образование белого дыма на воздухе, гидролиз в воде, нагретой приблизительно до 50°, и растворение в ней серы.

Если в сосуд с хлором внести горящую серу, то она гаснет. Дело в том, что при высокой температуре равновесие реакции $2S + Cl_2 \rightleftharpoons S_2Cl_2$ смещается влево (т.е. в сторону разложения S_2Cl_2). В результате этого, взаимодействие серы и хлора не переходит в горение.

Реакция хлора с фосфором

Опыт. Получение и свойства треххлористого фосфора. Треххлористый фосфор получают сжиганием под тягой белого фосфора в токе хлора; при этом протекает реакция:



Прибор собирают в соответствии с рис. 86А. Широкогорлую колбу Вюрца емкостью 300 мл закрывают парафинированной пробкой, через которую пропускают две стеклянные трубки. Одна из трубок вне колбы согнута под прямым углом, а внутри колбы заканчивается ниже середины колбы; по этой трубке в колбу поступает углекислый газ. Вторая трубка более широкая, прямая и короткая; по ней в колбу вводят белый фосфор и хлор. Хлор в колбу поступает по более узкой трубке, которую при помощи резинового кольца укрепляют в широкой трубке.

Колбу устанавливают в железной чашке на асбестовую бумагу. Боковую трубку колбы Вюрца через холодильник Либиха и аллонж соединяют с колбой (или большой пробиркой с боковой трубкой), которая служит для конденсации треххлористого фосфора.

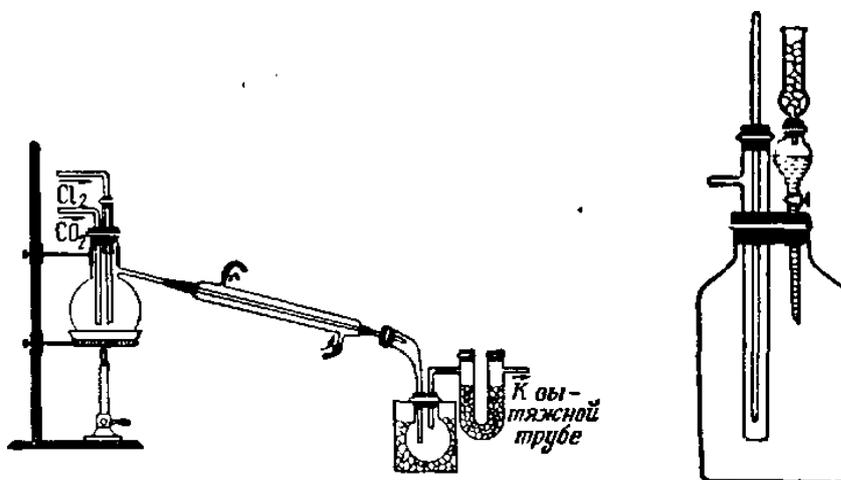


Рис. 86А и Рис. 86Б



Широкогорлую конденсационную колбу емкостью 250 мл помещают в охлаждающую смесь. Избыток хлора из этой колбы проходит через хлоркальциевую трубку с безводным CaCl_2 в вытяжную трубу или в промывную склянку с концентрированным раствором щелочи.

При помощи углекислого газа удаляют из прибора воздух, вводят в колбу около 20 г слегка просушенного фильтровальной бумагой белого фосфора, прекращают пропускание углекислого газа и впускают через колбу ток сухого хлора.

Слегка нагретый белый фосфор воспламеняется и сгорает желтым пламенем. Образующийся при горении треххлористый фосфор сгущается в холодильнике в бесцветную жидкость и собирается в приемнике.

В присутствии избытка хлора треххлористый фосфор получается с примесью пятихлористого фосфора. Когда почти весь фосфор прореагировал, прекращают пропускание хлора и, прежде чем разобрать прибор, из него удаляют хлор путем пропускания тока углекислого газа.



Горение красного фосфора в хлоре

school.edu.ru



Вместо колбы Вюрца можно воспользоваться ретортой такой же емкости, в которую углекислый газ и хлор пропускают по трубкам, проходящим через тубус реторты.

Холодильник Либиха, аллонж и колбу, служащую приемником, можно заменить двугорлой колбой, охлаждаемой струей холодной воды. Через одно горло колбу соединяют с реакционным сосудом, через другое — с вытяжной трубой или промывной склянкой с концентрированным раствором щелочи.

Полученный треххлористый фосфор очищают дробной перегонкой. Прибором для перегонки служит круглодонная колба, в горлышке которой на резиновой пробке укрепляют колонку Рашига (дефлегматор) с термометром, а к боковой трубке дефлегматора — холодильник Либиха, соединенный с колбой Бунзена («сосалкой»). Боковую трубку колбы Бунзена соединяют с вытяжной трубой.

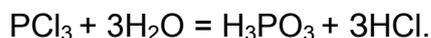
Перед началом перегонки проверяют герметичность прибора, затем для восстановления пятихлористого фосфора, который может быть растворенным в треххлористом фосфоре, в колбу с треххлористым фосфором добавляют около 0,5 г белого фосфора.

При перегонке собирают отдельно фракцию до 72°, затем основную фракцию от 72 до 75° и хвостовую фракцию до 78°. Первую и последнюю фракции подвергают повторной перегонке и дистиллят добавляют к основной фракции.

Затем прибор разбирают и закупоривают сосуд с треххлористым фосфором.

Треххлористый фосфор представляет собой бесцветную, подвижную жидкость (уд. вес 1,5), кипящую при 74°; во влажном воздухе сильно дымит, обладает удушливым запахом и вызывает слезотечение.

Если в пробирку с 5—6 мл воды добавить из капельной воронки несколько капель треххлористого фосфора, то в результате реакции гидролиза образуются фосфористая и соляная кислоты:



При пропускании хлора через треххлористый фосфор образуется пятихлористый фосфор в виде твердой желтоватой массы.

Треххлористый фосфор растворяет фосфор и сам растворяется в сероуглероде.

Опыт. *Получение и свойства пятихлористого фосфора.* Пятихлористый фосфор получают под тягой действием хлора на треххлористый фосфор по уравнению





В нормальных условиях равновесие реакции полностью смещено вправо, а выше 300° — влево.

Для проведения опыта пользуются прибором, указанным на рис. 86Б.

Горлышко склянки закрывают парафинированной пробкой, в которую вставляют капельную воронку и прямую широкую трубку с боковой трубкой в верхней ее части. В широкую трубку при помощи парафинированной пробки вставляют более узкую трубку, по которой в склянку поступает ток сухого хлора.

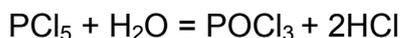
После наливания в капельную воронку треххлористого фосфора в горлышко воронки при помощи парафинированной пробки укрепляют хлоркальциевую трубку, наполненную безводным CaCl_2 для предупреждения от действия атмосферной влаги.

При проведении опыта впускают в склянку хлор, боковую трубку широкой трубки соединяют с вытяжной трубкой и начинают впускать в склянку по каплям треххлористый фосфор с таким расчетом, чтобы на каждую каплю треххлористого фосфора приходился большой избыток хлора. Избыток хлора из склянки удаляется по боковой трубке в вытяжную трубу.

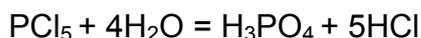
По окончании опыта закрывают кран капельной воронки и через 4—5 минут прекращают подачу хлора. Удаляют пробку с трубкой и капельной воронкой и заменяют ее парафинированной корковой (резиновой) или слегка смазанной вазелином стеклянной пробкой. Вместо склянки, изображенной на рисунке, можно пользоваться двугорлой склянкой.

Пятихлористый фосфор представляет собой твердое вещество с ромбоэдрическими кристаллами желтоватого цвета, возгоняющимися при 100°. При более высокой температуре, как указывалось выше, он разлагается на треххлористый фосфор и хлор.

При поглощении атмосферной влаги PCl_5 разлагается с образованием хлорокиси фосфора и соляной кислоты по уравнению

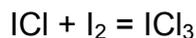
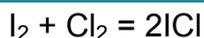


В присутствии большого количества воды образуются ортофосфорная и соляная кислоты по уравнению

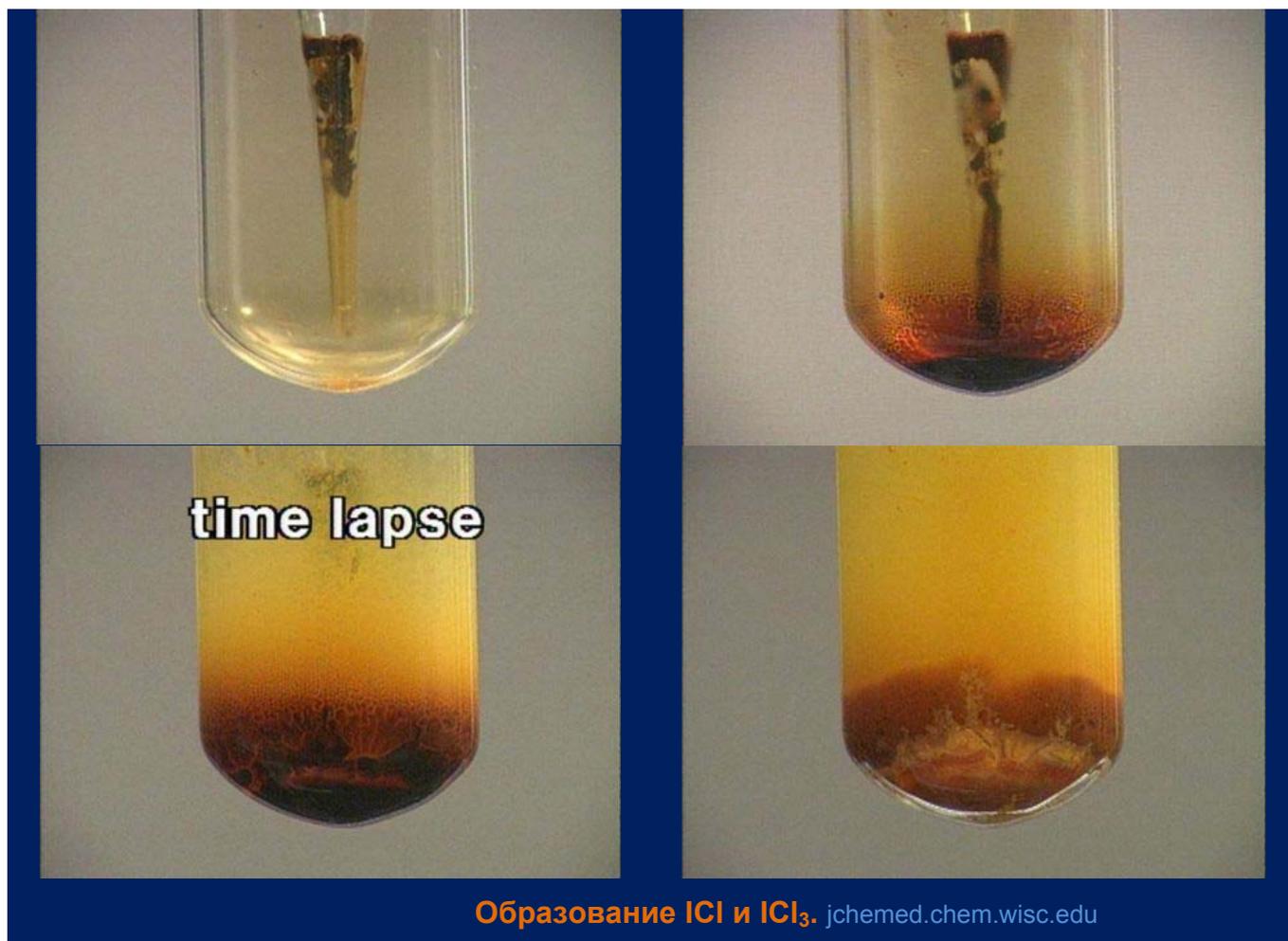


Соединение хлора с иодом.

При взаимодействии хлора с иодом образуется жидкий монохлорид иода, который с избытком хлора дает трихлорид – желтые кристаллы. Хлориды иода очень коррозионно-активны и ядовиты. Опыт проводят, пользуясь хорошей вытяжкой.



Опыт. *Получение хлоридов иода.* В пипетку насыпают небольшое количество кристалликов иода, кладут пипетку в пробирку и пропускают через пипетку слабый ток хлора. В пробирке начинают образовываться бурые пары и капли монохлорида иода. Если продолжить пропускание хлора, со временем образуются желтые кристаллы ICl_3 .

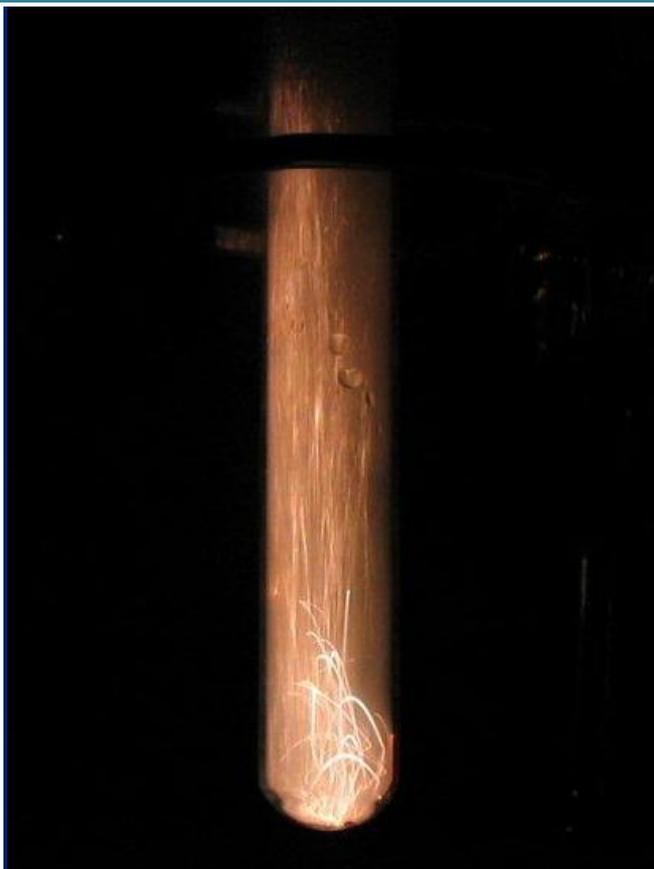


Соединение хлора с сурьмой

При соединении хлора с сурьмой может образоваться треххлористая или пятихлористая сурьма (в зависимости от избытка хлора или сурьмы). Реакция протекает по уравнениям:



Если порошок металлической сурьмы всыпать постепенно в сосуд с хлором, оба элемента соединяются с выделением большого количества тепла, от которого



Горение порошка сурьмы в хлоре.

home-and-garden.webshots.com

металлическая сурьма воспламеняется и наблюдается нечто похожее на огненный дождь.

Образующиеся при этом вещества (SbCl_3 , SbCl_5) ядовиты, поэтому опыт проводят под тягой или в больших склянках емкостью 10—12 л.

SbCl_3 (треххлористая сурьма) — твердое белое вещество, обладающее свойством жадно поглощать пары воды, отчего она дымит на воздухе; при попадании на кожу вызывает ожоги.

SbCl_5 (пятихлористая сурьма) — желтоватая жидкость.

Опыт. Сосуд (цилиндр, склянка, банка), на дно которого насыпан небольшой слой песка, наполняют хлором и всыпают в него тонко измельченный порошок металлической сурьмы.

Металлическая сурьма очень хрупкое, легко размалывающееся в тонкий порошок вещество серого цвета. Порошок сурьмы можно всыпать в сосуд с хлором шпателем (ложечкой), кусочком картона, согнутого в виде желобка, или же при помощи комка ваты, намотанной на конец проволоки и посыпанной тонким порошком сурьмы.

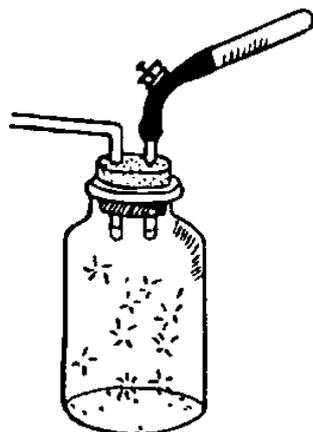


Рис. 87

Для сжигания сурьмы в хлоре часто пользуются прибором, изображенным на рис. 87. Слянку с хлором закрывают парафинированной пробкой, сквозь которую пропускают две стеклянные трубки, заканчивающиеся у нижнего обреза пробки. Одну трубку при помощи отрезка резиновой трубки с винтовым зажимом соединяют с пробиркой, содержащей порошок сурьмы. Вторая трубка служит для удаления из слянки продуктов реакции; ее соединяют при помощи резиновой трубки с большой слянкой

или вытяжной трубой. Для проведения опыта открывают зажим, приподымают пробирку и легким постукиванием по ней высыпают порошок в сосуд с хлором. Если порошок сурьмы в хлоре не загорается, его предварительно подогревают.

Вместо порошка сурьмы можно пользоваться нагретым порошком мышьяка или висмута. При этом имеют место следующие реакции.



AsCl_3 (треххлористый мышьяк) представляет собой дымящую на воздухе очень ядовитую жидкость.

BiCl_3 (хлористый висмут) — бесцветные кристаллы, расплывающиеся во влажном воздухе.

AsCl_5 (пятихлористый мышьяк) в этом опыте не образуется, так как AsCl_5 — нестойкое соединение, и оно разлагается при обычной температуре.

Соединение хлора с металлическим натрием и калием

Опыт. Хлор реагирует с металлическим натрием по уравнению



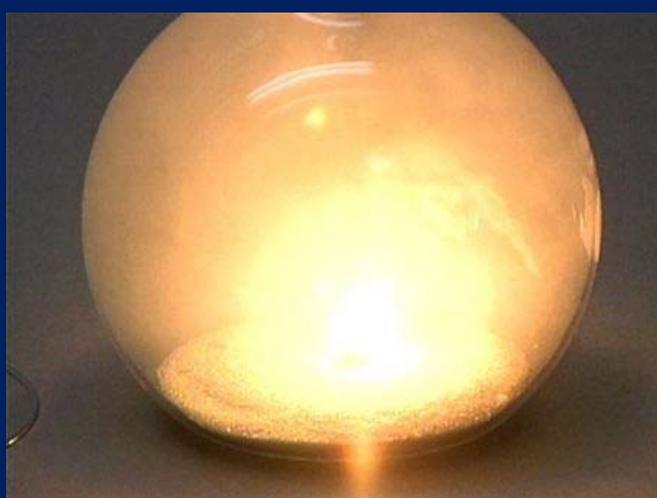
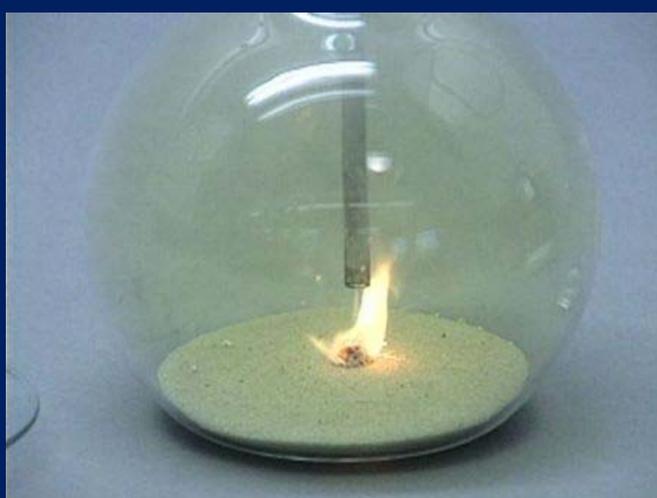
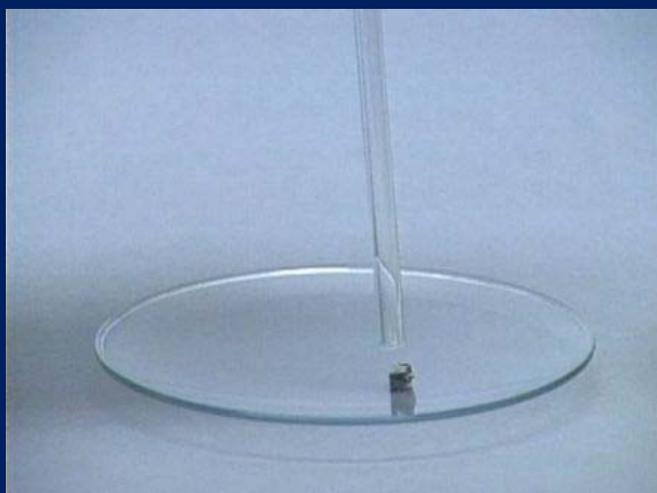
Расплавленный натрий в атмосфере хлора воспламеняется и сгорает ослепительно ярким желтым пламенем. Опыт проводят под тягой, так как при этом из сосуда, в котором производится опыт, неизбежно вытекает большое количество хлора.

В металлической лабораторной ложечке нагревают до плавления кусочек металлического натрия величиной с пшеничное зерно, предварительно обжав его фильтровальной бумагой для удаления следов керосина, затем ложечку опускают в сосуд с хлором, на дне которого насыпан небольшой слой песка.

При наличии на металлическом натрии следов керосина натрий воспламеняется и сгорает с выделением большого количества копоти, оседающей на стенках сосуда.



Горение натрия в хлоре ca7science.wikispaces.com и eurochlor.org



Другой вариант опыта: кусочек натрия помещают в сосуд с хлором. Для того, чтобы началось горение добавляют каплю воды. jchemed.chem.wisc.edu

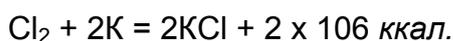
Легко убедиться, что в результате сгорания натрия в железной ложечке образуется поваренная соль (ее можно попробовать на вкус).



Горение калия в хлоре flickr.com

Горение натрия в хлоре можно наблюдать также в пробирке или тугоплавкой стеклянной трубке длиной 15—20 см и диаметром 0,5—1 см, если нагревать в них небольшой кусочек металлического натрия в токе хлора; хлористый натрий образуется в виде белого дыма.

Калий; внесенный в склянку с хлором, самопроизвольно воспламеняется уже при обычной температуре, соединяясь с хлором по уравнению



Калий сгорает ярким пламенем, имеющим фиолетовый оттенок. Элементы в этом случае соединяются энергичнее, а поэтому при выполнении опыта надо проявлять большую осторожность. Кусочек калия перед введением в хлор также тщательно обжимают фильтровальной бумагой.

Соединение хлора с медью, железом, оловом, магнием и алюминием

Хлор в этих опытах используется в виде газа, а металлы — в виде тонкого порошка, проволоки, тонких полосок или листков (фольги); одни металлы соединяются при обычной температуре, другие — при нагревании.

Опыт. Соединение хлора с медью. Реакция протекает по уравнению



При введении в сосуд с хлором (на дне которого насыпан небольшой слой песка)



тонкой медной проволоки (или пучка очень тонких проволочек) с раскаленным кончиком наблюдают, как неярко раскаливается и сгорает вся проволока, а с кончика ее капает расплавленная хлористая медь.



Горение меди в хлоре фото В.Н. Витер



Во время демонстрации опыта по горению меди в хлоре треснула колба. Дым хлорида меди вырвался наружу, окрасив пламя горелки в зеленый цвет.

фото В.Н. Витер

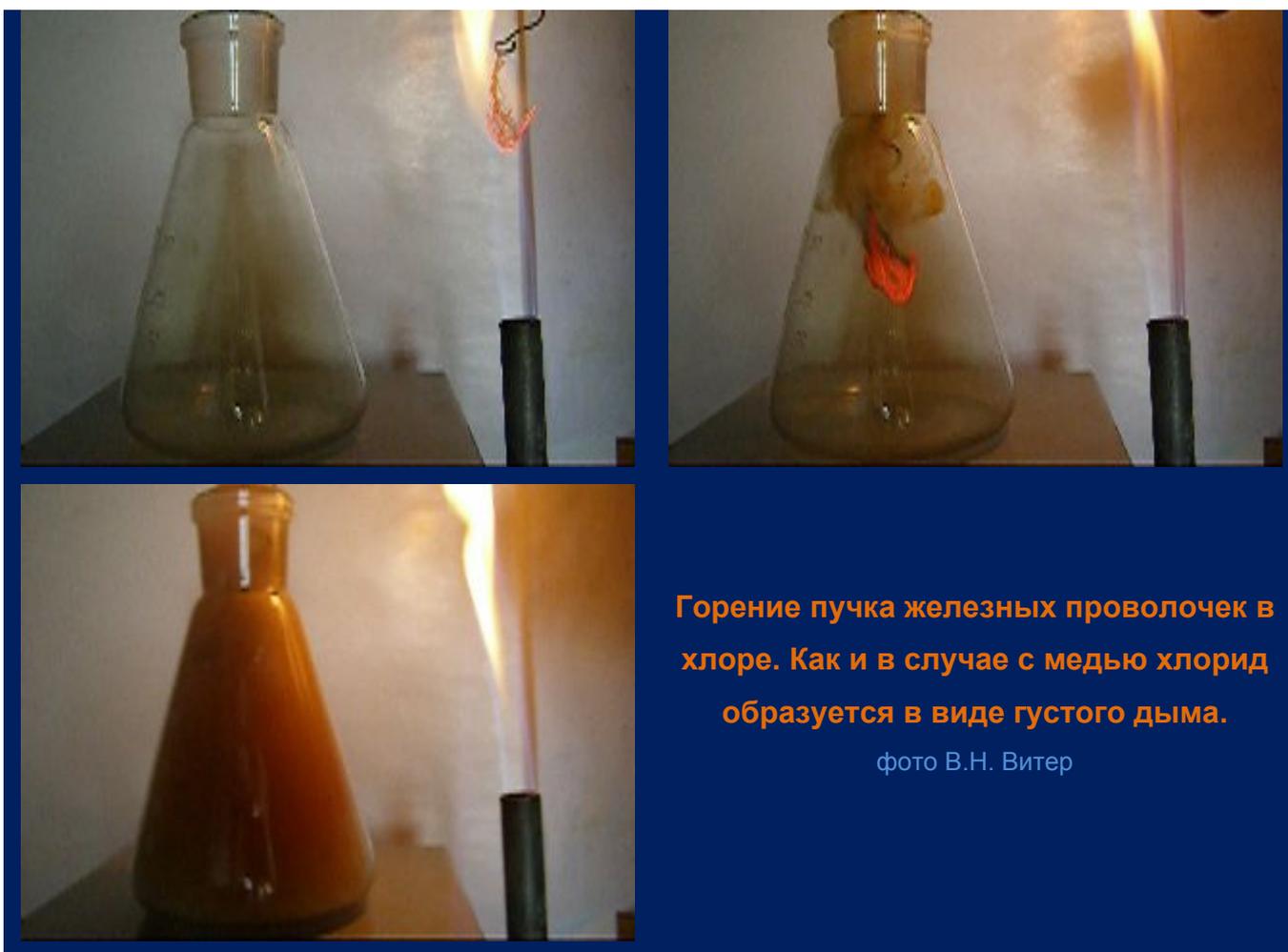


Опыт. Соединение хлора с нагретыми железными опилками. Реакция идет по уравнению



Если нагретые мелкие железные опилки сыпать из металлической ложечки в сосуд с хлором (на дне которого насыпан небольшой слой песка), то образуется фейерверк искр и сосуд наполняется коричневым дымом хлорного железа.

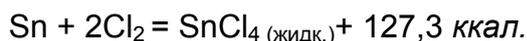
При отсутствии тонких железных опилок в сосуд с хлором вносят раскаленную тонкую железную проволочку.



Горение пучка железных проволочек в хлоре. Как и в случае с медью хлорид образуется в виде густого дыма.

фото В.Н. Витер

Опыт. Соединение хлора с оловом. Уравнение реакции:



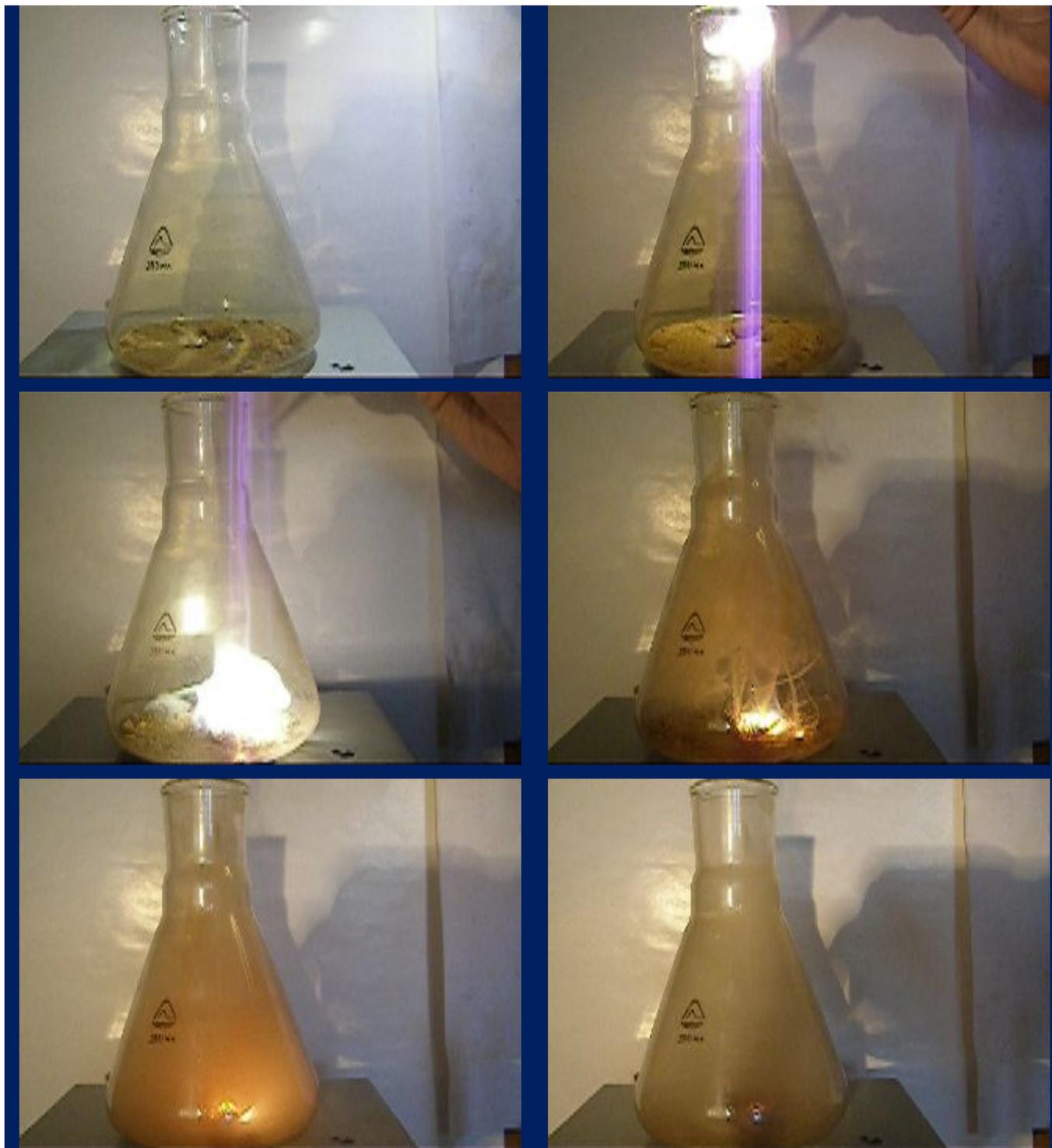
Металлическое олово, взятое в виде фольги, воспламеняется в хлоре самопроизвольно, без предварительного нагревания, если фольгу внести в хлор слегка скрученной.

Реакцией между газообразным хлором и оловом пользуются для регенерации олова с консервных банок. Для этого через нагретые до 150° консервные банки пропускают сухой хлор, в результате чего образуется жидкое хлорное олово; жечь при



этой температуре остается неизменной.

Опыт. Горение магния и алюминия в хлоре. Предварительно зажженная магниевая проволока горит в атмосфере хлора:



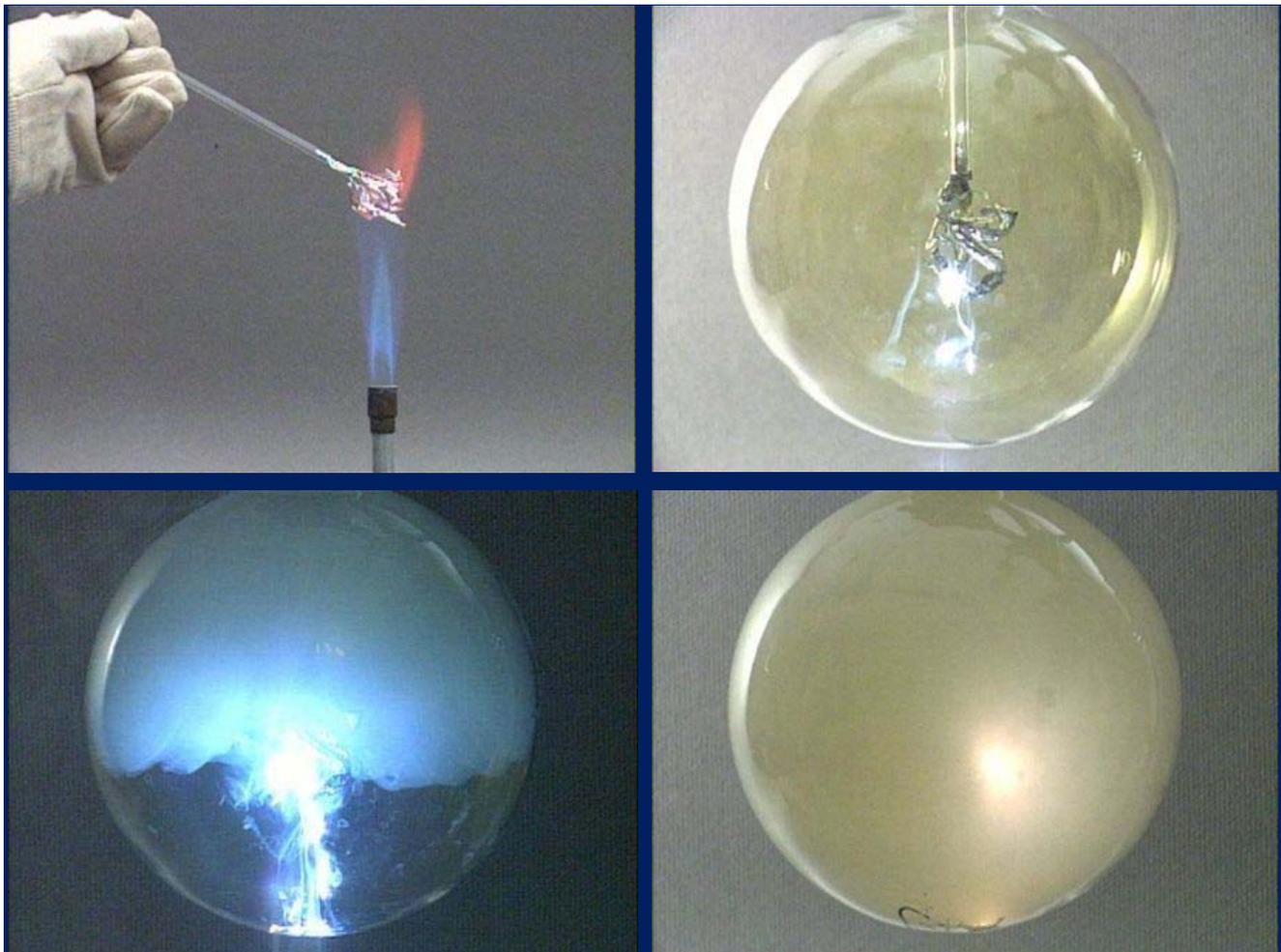
Магний горит в хлоре менее ярко, чем на воздухе. При этом образуется белый дым хлорида. фото В.Н. Витер



При внесении в сосуд с хлором (или в ток хлора) алюминиевой пластинки (толщиной 0,2—0,5 мм), нагретой до 350—400°, наблюдается горение алюминия и образование безводного хлористого алюминия (твердого белого вещества):



Все реакции взаимодействия хлора с металлами относятся к окислительно-восстановительным реакциям.



Горение алюминия в хлоре. На воздухе алюминий покрыт оксидной пленкой. Это существенно усложняет проведение опыта, поскольку пленка оксида мешает возгоранию и горению металла в хлоре. jchemed.chem.wisc.edu

ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ ХЛОРОМ

Опыт. В парафинированной пробке укрепляют четыре блестящие пластинки железа, меди, цинка и олова, покрывают каждую наполовину толстым слоем парафина (или вазелина) и вносят в цилиндр с хлором. Через несколько минут вынимают пробку с металлическими пластинками и удаляют слой парафина (или вазелина) путем его

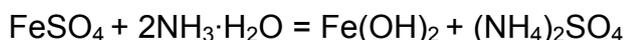


вытирания, плавления или растворения. Пластинки в тех местах, которые не были покрыты парафином (вазелином), потеряли блеск, стали матовыми.

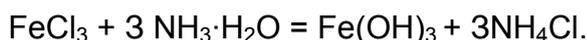
Хлор, просушенный над концентрированной H_2SO_4 , не разрушает железа, меди и бронзы, поэтому совершенно сухой жидкий хлор хранят в стальных баллонах.

ОКИСЛЕНИЕ ХЛОРОМ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Опыт. *Окисление хлором иона двухвалентного железа.* В два стакана наливают раствор FeSO_4 , в один стакан добавляют обычной, в другой — хлорной воды. Затем в оба стакана добавляют аммиачный раствор. В первом стакане (в котором налит сульфат железа с добавлением обычной воды) выпадает зеленовато-белый осадок гидрата закиси железа:



а во втором — красно-бурый осадок гидрата окиси железа по уравнениям



При пропускании хлора через зеленоватый водный раствор FeCl_2 раствор постепенно желтеет (характерный цвет трехвалентного иона железа). Реакция идет по уравнению

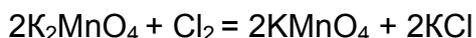


Окисление отрицательно заряженных одновалентных ионов брома и иода было описано в разделе, посвященном получению хлора по Дикону. Вместо тока хлора можно пользоваться хлорной водой.

Опыт. *Окисление хлорной водой в щелочной среде иона трехвалентного хрома в ион CrO_4^{2-} .* В пробирку наливают раствор сульфата трехвалентного хрома, гидрата окиси калия (в избытке) и хлорную воду. Наблюдают переход зеленого цвета в желтый. Реакция идет по уравнению



Опыт. *Окисление хлором шестивалентного марганца (MnO_4^{2-}) до семивалентного марганца (MnO_4^-).* Зеленый раствор K_2MnO_4 постепенно переходит в фиолетовый раствор KMnO_4 . Реакция идет по уравнению



Зеленый раствор марганата калия K_2MnO_4 получают добавлением к фиолетовому раствору перманганата калия KMnO_4 раствора гидрата окиси калия:





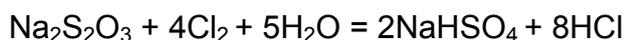
Опыт. Получение двуокиси свинца путем окисления в щелочной среде хлором иона двухвалентного свинца. Уравнение реакции:



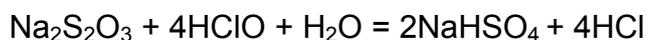
Опыт проводят под тягой. К раствору, содержащему 100 г ацетата свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, добавляют раствор, содержащий 30 г карбоната натрия Na_2CO_3 , и пропускают сильный ток хлора-до тех пор, пока выпавший осадок не приобретет темно-коричневый цвет. Хлор пропускают по трубке, доходящей почти до дна реакционного сосуда (колбы емкостью 400—500 мл). По окончании реакции колбу нагревают в течение 90 минут на водяной бане, затем содержимое колбы переносят в стакан. После отстаивания сливают жидкость, добавляют к коричневому осадку 24—25% -ную HNO_3 и нагревают для удаления из него карбоната свинца. Осадок промывают несколько раз теплой водой путем декантации, фильтруют на воронке Бюхнера и промывают дистиллированной водой до полного удаления иона Cl^- (подкисленная азотной кислотой проба не должна образовывать мути при добавлении AgNO_3). Выход PbO_2 по теоретическому расчету составляет 90—95%. Для получения хлора необходимы: колба Вюрца емкостью 150—170 мл, капельная воронка емкостью 50 мл и промывная склянка с водой для поглощения соляной кислоты.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАЗРУШАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ХЛОРА

Для предотвращения разрушающего действия хлора на органические вещества (например, на ткани при их отбелке) пользуются тиосульфатом или бисульфитом натрия, которые взаимодействуют с хлором по уравнениям



При взаимодействии с хлорной водой имеют место реакции:



При отравлении хлором в качестве противоядия вдыхают с ваты или носового платка пары смачивающей их смеси равных количеств 10%-ного $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и 96%-ного $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; вдыхают также пульверизированный раствор соды (Na_2CO_3) либо воздух с небольшой примесью сероводорода.

ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОРА

Хлор находит применение как дезинфицирующее средство при стерилизации питьевой воды и очистке воздуха от сероводорода. В производстве органических



искусственных красителей хлор используют в качестве отбеливающего средства.

Хлор служит для получения соляной кислоты, хлоридов, гипохлоритов, хлоратов, хлорированных органических производных, для извлечения олова из использованной луженой жести, применяется при производстве ацетилцеллюлозных лаков, инсектицидов и фунгицидов на основе хлора.



Хлорный завод republic.cap.ru

Начало в № 3 (2009), продолжение в следующем номере.