

ПРАКТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

КИСЛОРОД

Р. Рипан, И. Четяну.

(часть книги РУКОВОДСТВО К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ).

В чистом виде кислород впервые был получен Шееле в 1772 г., затем в 1774 г. Пристли выделил его из окиси ртути.

Латинское название кислорода «оксигениум» происходит от древнегреческого слова «оксис», что значит «кислый», и «геннао»— «рождаю»; отсюда латинское «оксигениум» означает «рождающий кислоты».

Содержание кислорода в земной коре, включая воду и воздух, составляет 49,42%; это самый распространенный элемент.

В свободном состоянии кислород находится в воздухе и воде. В воздухе (атмосфере) его содержится 20,9% по объему или 23,2% по весу; содержание его в воде в растворенном состоянии составляет 7—10 мг/л.

В связанном виде кислород входит в состав воды (88,9%), различных минералов (в виде различных кислородных соединений). Кислород входит в состав тканей каждого растения. Он необходим для дыхания животных.

Кислород в природе встречается в свободном состоянии в смеси с другими газами и в виде соединений, а поэтому применяются как физические, так и химические методы его получения.

Общий метод получения кислорода из соединений основан на окислении двухвалентного отрицательно заряженного иона по схеме:



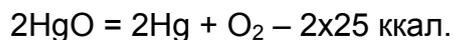
Поскольку окисление может быть осуществлено различным образом, существует и множество различных (лабораторных и промышленных) способов получения кислорода.

1. СУХИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Термическую диссоциацию различных веществ можно проводить в пробирках, трубках, колбах и ретортах из тугоплавкого стекла или в железных ретортах.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ОКИСЛОВ
НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ (HgO, Ag₂O, Au₂O₃, IrO₂ И ДР.)

Опыт. Термическое разложение красной окиси ртути. Реакция протекает по уравнению



Из 10 г красной окиси ртути получают 500 мл кислорода.

Для опыта пользуются пробиркой из тугоплавкого стекла длиной 17 см и диаметром 1,5 см с согнутым, как показано на рис. 107, нижним концом длиной 3—4 см. В нижний конец насыпают



Оксид ртути (II)

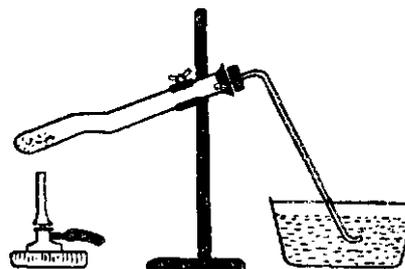


рис. 107

3—5 г красной окиси ртути. В пробирку, укрепленную в штативе в наклонном положении, вставляют резиновую пробку с отводной трубкой, по которой выделяющийся при нагревании кислород отводят в кристаллизатор с водой.



Разложение HgO

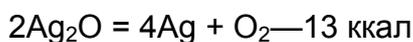
При нагревании красной окиси ртути до 500° наблюдается выделение кислорода из отводной трубки и появление капелек металлической ртути на стенках пробирки.

Кислород плохо растворяется в воде, и поэтому его собирают, применяя способ вытеснения воды после полного удаления воздуха, из прибора.

По окончании опыта сначала вынимают отводную трубку из кристаллизатора с водой, затем гасят горелку и, учитывая ядовитость паров ртути, открывают пробку только после полного остывания пробирки.

Вместо пробирки можно пользоваться ретортой с приемником для ртути.

Опыт. Термическое разложение окиси серебра. Уравнение реакции:



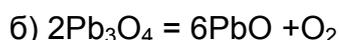
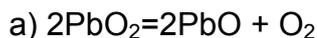


Ag₂O

При нагревании черного порошка окиси серебра в пробирке с отводной трубкой выделяется кислород, который собирают над водой, а на стенках пробирки остается в виде зеркала блестящий слой серебра.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ОКИСЛОВ, КОТОРЫЕ, ВОССТАНАВЛИВАЯСЬ, ПЕРЕХОДЯТ В ОКИСЛЫ НИЗШЕЙ ВАЛЕНТНОСТИ, ОСВОБОЖДАЯ ЧАСТЬ КИСЛОРОДА

Опыт. Термическое разложение окислов свинца. В результате межмолекулярных окислительно-восстановительных реакций выделяется кислород:



PbO



Pb₃O₄



PbO₂

При термическом разложении из 10 г двуокиси свинца получают около 460 мл кислорода, а из 10 г Pb₃O₄ — около 160 мл кислорода.

Получение кислорода из окислов свинца требует более сильного нагревания.

При сильном нагревании темно-бурого порошка PbO₂ или оранжевого Pb₃O₄ в пробирке образуется желтый порошок окиси свинца PbO; при помощи тлеющей лучинки можно убедиться в том, что происходит выделение кислорода.

Пробирка после этого опыта не годится для дальнейшего употребления, так как при сильном нагревании окись свинца соединяется со стеклом.

Опыт. Термическое разложение двуокиси марганца. Кислород образуется в результате внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакции:

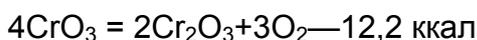


Из 10 г двуокиси марганца (пиролюзита) получают около 420 мл кислорода. Пробирку в этом случае нагревают до светло-красного каления.

Для получения большого количества кислорода процесс разложения пиролюзита осуществляют в закрытой с одного конца железной трубке длиной 20 см. Второй конец ее закрывают пробкой с трубкой, по которой отводится кислород.

Железную трубку нагревают при помощи печи для сжигания или газовой горелки Теклу с насадкой «ласточкин хвост».

Опыт. Термическое разложение хромового ангидрида. Кислород образуется в результате внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакции:



CrO_3



Cr_2O_3

При термическом разложении хромового ангидрида (гигроскопического, твердого вещества темно-красного цвета) выделяется кислород и образуется зеленый порошок окиси хрома Cr_2O_3 .

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРЕКИСЕЙ

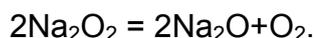
Опыт. Термическое разложение перекиси бария BaO_2 . Обратимая реакция протекает следующим образом:



При сильном нагревании перекиси бария BaO_2 перекисная связь разрывается с образованием окиси бария и выделением кислорода.

Из 10 г перекиси бария получают около 660 мл кислорода.

Вместо перекиси бария можно пользоваться также перекисью натрия. Тогда разложение идет по уравнению



Опыт проводят в пробирке с отводной трубкой.

Опыт. Термическое разложение хлората калия. В зависимости от температуры хлорат калия разлагается по-разному. При нагревании его до 356° он плавится, а при 400° разлагается по уравнению

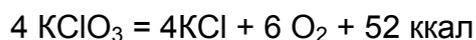


KClO_3

В этом случае выделяется только одна треть содержащегося в соединении кислорода и наблюдается затвердение расплава. Такое явление объясняется тем, что образовавшееся соединение KClO_4 более стойкое и тугоплавкое.

При нагревании хлората калия до 500° образование

перхлората калия является промежуточной реакцией. Разложение в этом случае протекает по уравнениям:



Термическое разложение хлората калия проводят в небольшой реторте, которая при помощи отводной трубки с предохранительной трубкой соединена с кристаллизатором, наполненным водой

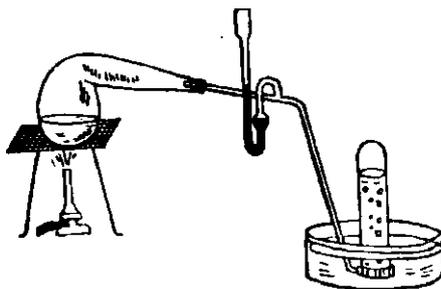


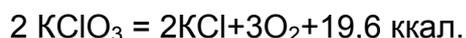
Рис. 108

(или пневматической ванны). Прибор собирают в соответствии с рис. 108. Во избежание взрыва в реторту насыпают чистый KClO_3 , без примеси органических веществ.

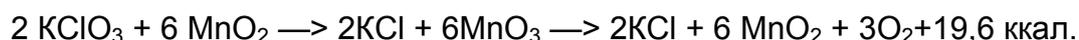
Чтобы избежать бурного разложения, из-за которого может лопнуть реторта, нагревание ведут осторожно.

Выделяющийся кислород собирают в различные сосуды над водой. Когда хотят получить медленный ток кислорода, хлорат калия разбавляют, смешивая его с сухой поваренной солью.

Опыт. Термическое разложение хлората калия в присутствии катализатора. В присутствии катализаторов (MnO_2 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 и CuO) хлорат калия легко и полностью разлагается при более низкой температуре (без образования промежуточного соединения, перхлората калия) по уравнению



При добавлении двуокиси марганца KClO_3 разлагается уже при $150\text{—}200^\circ$; процесс имеет следующие промежуточные стадии:



Доля добавляемой двуокиси марганца (пиролюзита) составляет от 5 до 100% от веса хлората калия.

Пробирку с хлоратом калия закрывают пробкой, сквозь которую пропускают две стеклянные трубки. Одна трубка служит для отвода кислорода в кристаллизатор с

водой, вторая, очень короткая трубка, согнутая под прямым углом с закрытым внешним концом, содержит мелкий порошок черной двуокиси марганца MnO_2 .

Прибор собирают в соответствии с рис. 109. При нагревании пробирки приблизительно до 200° пузырьки кислорода в кристаллизаторе с водой еще не выделяются. Но стоит повернуть вверх коротенькую трубку с двуокисью марганца и слегка постучать по ней, в пробирку попадет небольшое количество двуокиси марганца и сразу же начнется бурное выделение кислорода.

После окончания опыта и охлаждения прибора смесь двуокиси марганца и хлорида калия высыпают в воду. После растворения хлорида калия отфильтровывают трудно растворимую двуокись марганца, тщательно промывают на фильтре, высушивают в сушильном шкафу и хранят для дальнейшего ее использования в качестве катализатора. Если необходимо получить большое количество кислорода, процесс разложения ведут в ретортах из тугоплавкого стекла либо в чугунных ретортах.

Термическое разложение хлората калия в присутствии двуокиси марганца является наиболее удобным из сухих способов получения кислорода.

Этот опыт проделывают и с другими катализаторами — Fe_2O_3 , Cr_2O_3 и CuO .

Опыт. Получение кислорода путем нагревания хлората калия, смеси хлората калия с двуокисью марганца и двуокиси марганца. Для проведения опыта необходимы следующие приборы: три пробирки из тугоплавкого стекла с отводными трубками, три цилиндра емкостью по 100 мл каждый, три газовые горелки, три кристаллизатора и три штатива с зажимами.

Установку собирают в соответствии с рис. 110. Кристаллизаторы и цилиндры наполняют водой, слегка подкрашенной перманганатом калия или фуксином S.

В первую пробирку насыпают 1 г чистого $KClO_3$, во вторую — 0,5 г $KClO_3$ и 0,5 г MnO_2 и в третью — 1 г MnO_2 . Особое внимание

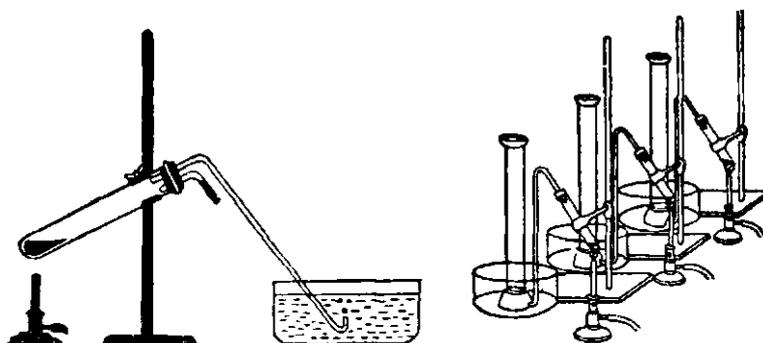


Рис. 109 и 110

обращают на то, чтобы пробирки были чистыми и в них не попали крупинки пробки.

Тщательно отрегулированные газовые горелки, горящие одинаковым, не очень сильным несветящимся пламенем и выделяющие одинаковое количество тепла, подставляют под пробирки так, чтобы они верхушкой пламени нагревали находящееся в пробирке вещество.

Вскоре из пробирки со смесью хлората калия и двуокиси марганца начинает выделяться кислород, и реакция заканчивается еще до того, как он начнет выделяться в других пробирках.

Усиливают нагревание остальных двух пробирок. Как только хлорат калия расплавится и начнет выделяться кислород, уменьшают пламя, чтобы не происходило бурного выделения газа. В пробирке с двуокисью марганца кислород начинает выделяться только после того, как содержимое пробирки нагреется до красного каления. Выделяющийся из каждой пробирки кислород собирают в кристаллизаторах путем вытеснения подкрашенной воды из цилиндров.

По окончании опыта гасят горелки, удаляют отводные трубки, затем описанным выше способом выделяют двуокись марганца из средней пробирки.

Проведенный опыт наглядно показывает особенности этих трех различных способов получения кислорода.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ БРОМАТОВ И ИОДАТОВ

Поведение этих солей при нагревании рассматривалось при изучении свойств броматов и иодатов. Разложение их проводят в пробирках с отводными трубками; выделяющийся кислород собирают над водой.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ НИТРАТОВ

По тому, как разлагаются нитраты при нагревании, их можно разделить на три группы:

1. Нитраты, разлагающиеся в результате внутримолекулярных окислительно-восстановительных реакций на нитриты и кислород. К этой группе относятся нитраты щелочных металлов. Реакции протекают по уравнениям:



2. Нитраты, разлагающиеся в результате внутримолекулярных окислительно-восстановительных реакций на окись металла, двуокись азота и кислород. К этой

группе относятся нитраты всех металлов, за исключением щелочных и благородных металлов. Например:



3. Нитраты, разлагающиеся в результате внутримолекулярных окислительно-восстановительных реакций на металл, двуокись азота и кислород. К этой группе относятся нитраты благородных металлов:



Неодинаковое разложение нитратов при нагревании объясняется различной устойчивостью соответствующих нитритов и окислов.

Нитриты щелочных металлов устойчивы, нитриты свинца (или меди) неустойчивы, но устойчивы их окислы, а что касается серебра, то здесь неустойчивыми являются и нитриты, и окислы; поэтому при нагревании нитратов этой группы выделяются свободные металлы.

Опыт. Термическое разложение нитрата натрия или калия. Нитрат натрия или калия нагревают в пробирке или реторте с отводной трубкой. При 314° плавится нитрат натрия, а при 339° — нитрат калия; лишь после того как содержимое в пробирке или реторте накалится докрасна, начинается разложение нитрата по уравнениям, которые приводились выше.

Разложение протекает гораздо легче, если предупредить расплавление нитратов, смешав их с двуокисью марганца или натронной известью, представляющей собою смесь NaOH и CaO.

Термическое разложение нитратов свинца и серебра рассматривается в опытах получения двуокиси азота.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРМАНГНАТОВ

Опыт. Термическое разложение перманганата калия. Уравнение реакции:



Эта внутримолекулярная окислительно-восстановительная реакция протекает приблизительно при 240°. Термическое разложение проводят в сухой пробирке (или реторте) с газоотводной трубкой. Если хотят получить чистый кислород без следов пыли, которая образуется при термическом разложении, в шейку пробирки (или реторты) вставляют тампон стеклянной ваты.



Это удобный способ получения кислорода, но он дорог.

После окончания опыта и охлаждения пробирки (или реторты) в нее наливают несколько миллилитров воды, тщательно взбалтывают содержимое и наблюдают цвет образовавшихся веществ (K_2MnO_4 — зеленого цвета и MnO_2 темно-бурого).



Na_2MnO_4

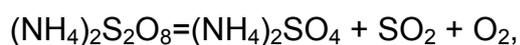


MnO_2

Благодаря свойству перманганата калия выделять кислород при нагревании, его наравне с серой, углем и фосфором применяют в различных взрывчатых смесях.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРСУЛЬФАТОВ

Опыт. Для опыта пользуются свежеприготовленным персульфатом аммония, так как при хранении он меняет свой состав. Персульфат аммония (твердое вещество) при нагревании разлагается по следующему уравнению:



Для освобождения кислорода от примеси двуокиси серы газовую смесь пропускают через раствор $NaOH$, который связывает двуокись серы в виде сульфита натрия. Термическое разложение проводят в пробирке с отводной трубкой.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРХЛОРАТОВ

Этот способ рассмотрен при описании опыта получения кислорода термическим разложением хлората калия без катализатора; в этом случае перхлорат является промежуточным соединением.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ТЕРМИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРКАРБОНАТОВ

Опыт. Перкарбонат натрия при нагревании разлагается по уравнению



Для освобождения кислорода от примеси углекислого газа газовую смесь пропускают через раствор гидрата окиси кальция или бария.

Кислород можно также получать сжиганием *оксигенита*. Оксигенитом называют тонкую смесь 100 вес. ч. KClO_3 , 15 вес. ч. MnO_2 и небольшого количества угольной пыли.

Получаемый этим способом кислород загрязнен примесью углекислого газа.

Наряду с веществами, которые при нагревании разлагаются с выделением кислорода, имеется много веществ, не выделяющих кислорода при нагревании. Чтобы убедиться в этом, проделывают опыты с нагреванием CuO , CaO , Na_2SO_4 и др.

II. МОКРЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРЕКИСЕЙ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ ВОДОЙ

Реакция протекает по уравнению



Это сильно экзотермическая реакция, протекающая на холоду и ускоряющаяся катализаторами — солями меди, никеля, кобальта (например, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Удобным для получения кислорода является оксилит — смесь перекиси натрия Na_2O_2 , калия K_2O_2 и безводного сульфата меди. Эту смесь хранят в плотно закупоренных железных ящиках, предохраняя ее от атмосферной влаги (которая разлагает ее, см. уравнение предыдущей реакции) и углекислого газа, с которым она вступает в реакцию по уравнению



Опыт. В пробирку (стакан или склянку) с небольшим количеством холодной воды насыпают щепотку перекиси натрия (или оксилита); при этом наблюдается бурное выделение кислорода и сосуд разогревается.

Если опыт проводить в сосуде с отводной трубкой, то выделяющийся кислород можно собрать.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРЕКИСЕЙ КИСЛОТАМИ В
ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ, НАПРИМЕР MnO_2 ИЛИ PbO_2

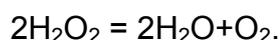
Опыт. В пробирку с перекисью бария и двуокисью марганца добавляют разбавленной HCl ; при этом происходит выделение кислорода в результате реакции



При использовании PbO_2 в качестве катализатора к смеси добавляют разбавленную HNO_3 .

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА КАТАЛИТИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ПЕРЕКИСИ
ВОДОРОДА

Уравнение реакции:



При изучении свойств перекиси водорода отмечают факторы, благоприятствующие ее разложению, и проводятся опыты ее разложения под влиянием двуокиси марганца и коллоидного раствора серебра.

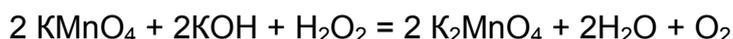
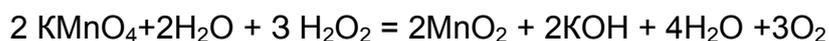
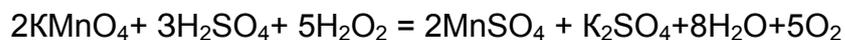
Опыт. В стеклянный цилиндр с 50 мл воды и 10—15 мл пергидроля (30%-ный раствор H_2O_2) добавляют немного тонко измельченного порошка двуокиси марганца; наблюдается бурное выделение кислорода с образованием пены (это явление очень похоже на кипение).

Опыт можно сделать и в пробирке, а вместо пергидроля использовать 3%-ный раствор перекиси водорода.

Вместо MnO_2 можно пользоваться коллоидным раствором серебра.

ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ДЕЙСТВИЕМ ПЕРМАНГАНАТА КАЛИЯ ИА
ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА (В КИСЛОЙ, НЕЙТРАЛЬНОЙ И ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДАХ)

Реакция протекает по приведенным ниже уравнениям; перекись водорода является при этом восстановителем:

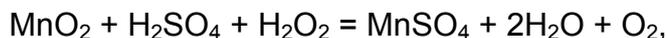


Опыт. Получение легко регулируемого постоянного тока кислорода окислением перекиси водорода на холоду перманганатом калия в щелочной среде. В колбу Бунзена наливают 3—5%-ный раствор перекиси водорода, подкисленный 15%-ным раствором H_2SO_4 , а в укрепленную в горлышке колбы капельную воронку — 10%-ный раствор перманганата калия.

При помощи крана капельной воронки можно регулировать как поступление раствора перманганата в колбу, так и ток кислорода. При проведении опыта раствор KMnO_4 вводят в колбу по каплям.

Колбу Бунзена в опыте можно заменить колбой Вюрца или двугорлой склянкой.

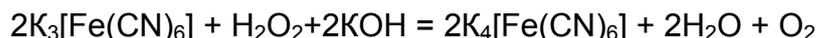
Опыт. Получение кислорода окислением перекиси водорода двуокисью марганца в кислой среде. Уравнение реакции:



Реакция протекает на холоду; поэтому для опыта можно пользоваться любым прибором, позволяющим взаимодействием на холоду между твердым и жидким веществом получать постоянный ток газа (аппаратом Киппа или колбой Вюрца, колбой Бунзена или двугорлой склянкой с капельной воронкой).

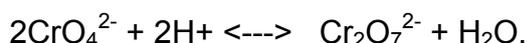
При проведении опыта пользуются двуокисью марганца в кусках, 15%-ной H_2SO_4 и 3—5%-ным раствором перекиси водорода.

Опыт. Получение кислорода окислением перекиси водорода железосинеродистым калием в щелочной среде. Уравнение реакции:



Реакция протекает на холоду; для получения постоянного тока кислорода используются приборы, указанные в предыдущем опыте, твердый железосинеродистый калий, 6—10%-ный раствор гидрата окиси калия и 3—5%-ный раствор перекиси водорода.

Опыт. Получение кислорода нагреванием хромата (бихромата или хромового ангидрида) с концентрированной серной кислотой. Благодаря обратимой реакции, протекающей по уравнению



в кислой среде всегда содержится бихромат, а не хромат.

Между концентрированной серной кислотой и бихроматом имеют место следующие реакции:



(реакция двойного обмена и дегидратации)



(окислительно-восстановительная реакция)

При проведении опыта в пробирке происходит выделение кислорода и изменение оранжевого цвета (характерного для бихромата) в зеленый цвет (характерный для солей трехвалентного хрома).

III. ПОЛУЧЕНИЕ КИСЛОРОДА ИЗ ЖИДКОГО ВОЗДУХА

Для сжижения воздуха используется принцип, согласно которому при расширении газа без совершения внешней работы происходит значительное понижение температуры (эффект Джоуля — Томсона).

Большинство газов при сжатии нагревается, а при расширении охлаждается. На рис. 111 приводится принципиальная схема работы машины Линде, применяемой для сжижения воздуха.

Компрессор В при помощи поршня сжимает до 200 атм поступающий через кран А воздух, очищенный от углекислого газа, влаги и следов пыли. Возникающее при сжатии тепло поглощается в холодильнике D, охлаждаемом проточной водой. После этого открывают кран С и воздух поступает в сосуд Е, где он расширяется до давления 20 атм. Благодаря такому расширению воздух охлаждается приблизительно до -30° . Из сосуда Е воздух снова возвращается в компрессор В; проходя по наружной трубке змеевика G, он охлаждает по пути новую порцию сжатого воздуха, идущую ему навстречу по внутренней трубке змеевика. Вторая порция воздуха охлаждается таким образом приблизительно до -60° . Этот процесс повторяется до тех пор, пока воздух не охладится до -180° ; такая температура является достаточной для сжижения его при 20 атм в сосуде Е. Скопляющийся в сосуде Е

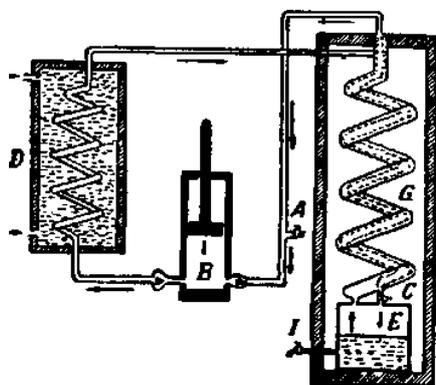


Рис. 111



Жидкий кислород

жидкий воздух сливают в баллон через кран 1. Описанная установка работает непрерывно. Детали этой машины на схеме не показаны. Эту машину усовершенствовал Ж. Клод, после чего она стала более производительной.

По своему составу жидкий воздух отличается от обычного атмосферного; он содержит 54% по весу жидкого кислорода, 44% азота и 2% аргона.

Опыт. Чтобы показать, как изменяются свойства органических веществ под влиянием изменения условий (температуры и концентрации кислорода), в

термос с жидким воздухом погружают при помощи металлических щипцов растения с листьями и цветами или тонкую резиновую трубку.

Из жидкого воздуха кислород получают следующими способами:

- а) дробной перегонкой (наиболее распространенный способ);
- б) растворением воздуха в жидкостях (например, в воде растворяется 33% кислорода и 67% азота) и извлечением его под вакуумом;
- в) селективным поглощением (древесный уголь поглощает 92,5% по объему кислорода и 7,5% по объему азота).
- г) на основе различия в скоростях диффузии кислорода и азота через резиновую мембрану.

Кислород, полученный термическим разложением $KClO_3$, иногда содержит следы хлора; полученный из нитратов тяжелых и благородных металлов — двуокись азота; полученный из персульфатов — двуокись серы; полученный из перкарбонатов — углекислый газ; полученный при электролизе подкисленной воды — озон. Кислород, полученный мокрыми способами, содержит пары воды.

Для очистки кислорода его пропускают через промывную склянку со щелочью, которая удерживает все сопровождающие его летучие соединения кислотного характера, через раствор KI (для освобождения от озона) и через концентрированную H_2SO_4 , которая удерживает пары воды.

СВОЙСТВА КИСЛОРОДА

А. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Кислород — газ без цвета, запаха и вкуса.

Плотность его относительно воздуха 1,10563; поэтому его можно собирать в сосуды, применяя способ вытеснения воздуха.



Работа с жидким кислородом

В нормальных условиях один литр кислорода весит 1,43 г, а один литр воздуха—1,29 г. Температура кипения— 183° , температура плавления— $218,88^\circ$.

Жидкий кислород в тонком слое бесцветен, толстые слои имеют голубой цвет; удельный вес жидкого кислорода 1,134.

Твёрдый кислород обладает голубым цветом и по виду похож на снег; удельный вес его 1,426.

Критическая температура кислорода— 118° ; критическое давление 49,7 атм. (Кислород хранят в

стальных баллонах емкостью 50 л, под давлением 150 атм. Способы хранения различных газов в стальных баллонах описаны в первой главе.)

В воде кислород растворяется в очень небольшом количестве: в одном литре воды при 20° и давлении 760 мм рт. ст. растворяется 31,1 мл кислорода. Поэтому его можно собирать в пробирки, цилиндры или газометры, применяя способ вытеснения воды. В спирте кислород растворяется лучше, чем в воде.

Чтобы пользоваться газометром (рис. 112), необходимо уметь наполнять его водой и газом, находящимся под атмосферным, а также выше и ниже атмосферного давления; уметь выпускать газ из газометра.

Вначале газометр А наполняют водой через воронку В, при открытых кранах С и D и закрытом отверстии Е. Вода, поступающая в газометр из воронки В через кран С, вытесняет из него воздух через кран D.

Для наполнения газометра газом, находящимся под некоторым давлением, закрывают кран С и В и открывают отверстие Е: если оба верхних крана плотно пригнаны, вода из газометра не вытекает. Вводят через отверстие Е конец трубки, по которой поступает газ, находящийся под давлением, превышающим атмосферное. Газ скопляется в верхней части газометра, вытесняя из него воду, которая выливается через отверстие Е. После того как газ почти

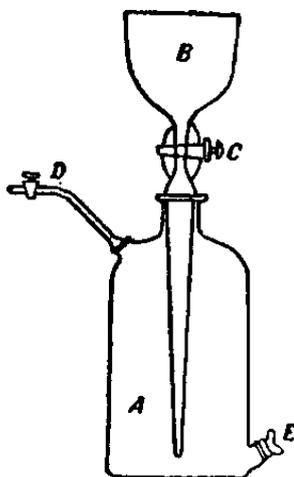


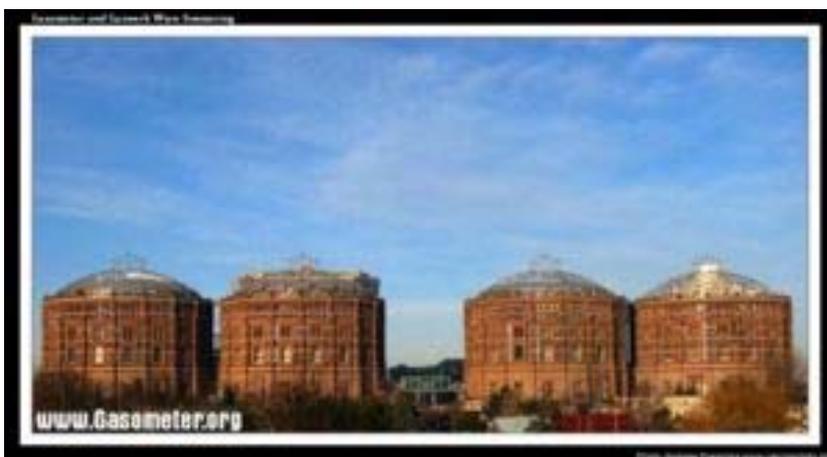
Рис. 112

полностью наполнит газометр, отверстие Е закрывают. При наполнении газометра газом, находящимся под атмосферным или пониженным давлением, трубку, по которой поступает газ, присоединяют к открытому крану В, затем открывают отверстие Е и оставляют закрытым кран С. Вода, вытекая из отверстия Е, всасывает газ в газометр. После того как газометр почти полностью наполнится газом, закрывают отверстие Е и кран В.

Для выпуска газа наполняют воронку В водой, открывают кран С; вода, поступая в газометр, вытесняет из него газ, который выходит через открытый кран Е).

В расплавленном состоянии некоторые металлы, например платина, золото, ртуть, иридий и серебро, растворяют около 22 объемов кислорода, который выделяется при их затвердевании со специфическим звуком, особенно характерным для серебра.

Молекула кислорода очень устойчива, она состоит из двух атомов; при 3000° только 0,85% молекул кислорода диссоциирует на атомы.



Газометры бывают не только лабораторными.

На фото изображены Венские газометры — это 4 больших сооружения, расположенных в Вене (Австрия) и построенных в 1896–1899 годах. Они расположены в Зиммеринге, одиннадцатом районе города. В 1969–1978 город отказался от использования коксового газа в пользу природного, и газометры были закрыты. В 1999-2001 они были перестроены и стали многофункциональными комплексами (Википедия).

Б. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

По своей химической активности кислород уступает только фтору.

С другими элементами он соединяется непосредственно или образует соединения косвенным путем. Непосредственное соединение кислорода может протекать энергично и медленно. Соединение кислорода с элементами или сложными веществами называют окислением или горением. Оно всегда протекает с выделением тепла, а иногда и света. Температура, при которой происходит окисление, может быть различной. Одни элементы соединяются с кислородом на холоду, другие — только при нагревании.

В том случае, когда при химической реакции количество выделяющегося тепла превышает его потери в результате излучения, теплопроводности и т. д., происходит энергичное окисление (например, горение металлов и неметаллов в кислороде), в противном случае происходит медленное окисление (например, фосфора, угля, железа, тканей животных, пирита и т. д.).

Если медленное окисление протекает без потери тепла, происходит повышение температуры, которое приводит к ускорению реакции, и медленная реакция в результате самоускорения может стать энергичной.

Опыт. Пример самоускорения медленной реакции. Берут два небольших кусочка белого фосфора. Один из них обертывают фильтровальной бумагой. Через некоторое время обернутый бумагой кусочек фосфора загорается, в то время как незавернутый продолжает медленно окисляться.

Четкой грани между энергичным и медленным окислением не существует. Энергичное окисление сопровождается выделением большого количества тепла и света; медленное окисление иногда сопровождается холодной люминесценцией.

Горение также протекает по-разному. Вещества, которые при горении превращаются в парообразное состояние (натрий, фосфор, сера и др.), сгорают с образованием пламени; вещества, не образующие при горении газов и паров, сгорают без пламени; горение некоторых металлов (кальций, магний, торий и др.) сопровождается выделением большого количества тепла, а образующиеся при этом раскаленные окислы обладают способностью выделять много света в видимой области спектра.

Вещества, выделяющие большое количество тепла при окислении (кальций, магний, алюминий), способны вытеснять другие металлы из их окислов (на этом свойстве основана алюминотермия).

Горение в чистом кислороде происходит гораздо энергичнее, чем в воздухе, в котором оно замедляется ввиду того, что в нем содержится около 80% азота, не поддерживающего горения.

ГОРЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В КИСЛОРОДЕ

Опыты, иллюстрирующие горение в кислороде, производят в толстостенных и широкогорлых склянках емкостью 2,5—3 л (рис. 113), на дно которых должен быть насыпан тонкий слой песка (если этого не сделать, то при попадании на дно сосуда капли расплавленного металла сосуд может лопнуть).

Для сжигания в кислороде вещество помещают в специальную ложечку, сделанную из расплющенной на конце толстой железной (или медной) проволоки,

либо прикрепляют сжигаемый образец к концу проволоки.

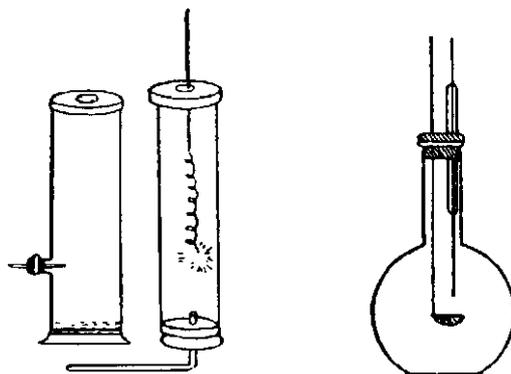
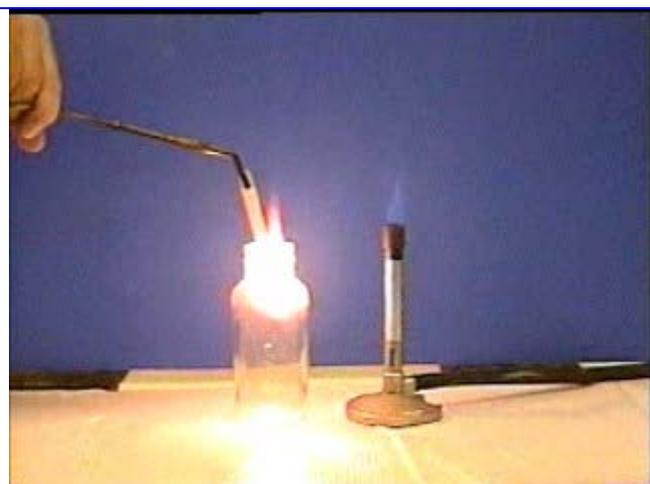
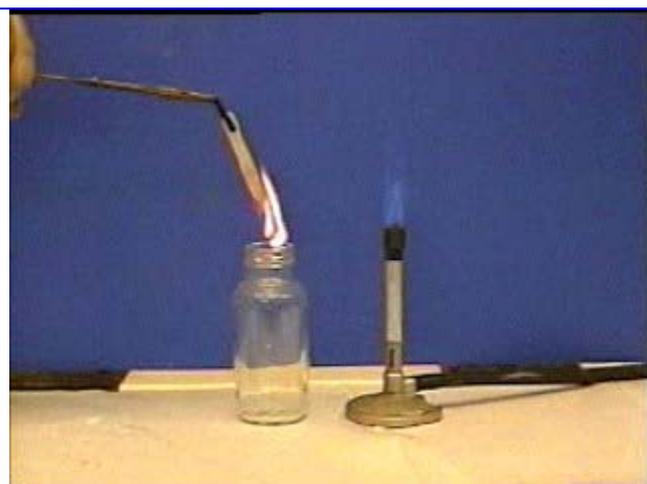
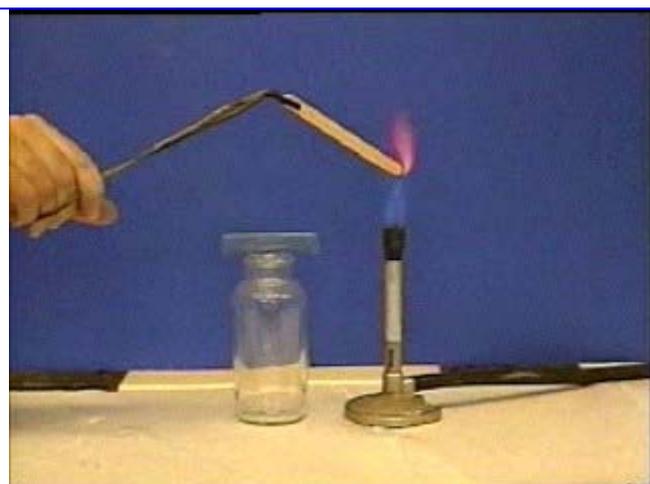


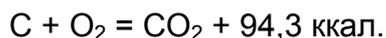
Рис 113 и 114.

Опыт. Воспламенение и горение в кислороде тлеющей лучинки (или свечи). При внесении в сосуд с кислородом тлеющей лучинки (или свечи) лучинка воспламеняется и сгорает ярким пламенем. Иногда лучинка воспламеняется с небольшим взрывом. Описанным опытом пользуются всегда для открытия свободного кислорода (* Аналогичную реакцию дает закись азота).



Горение лучинки в кислороде

Опыт. Горение угля в кислороде. Уравнение реакции:



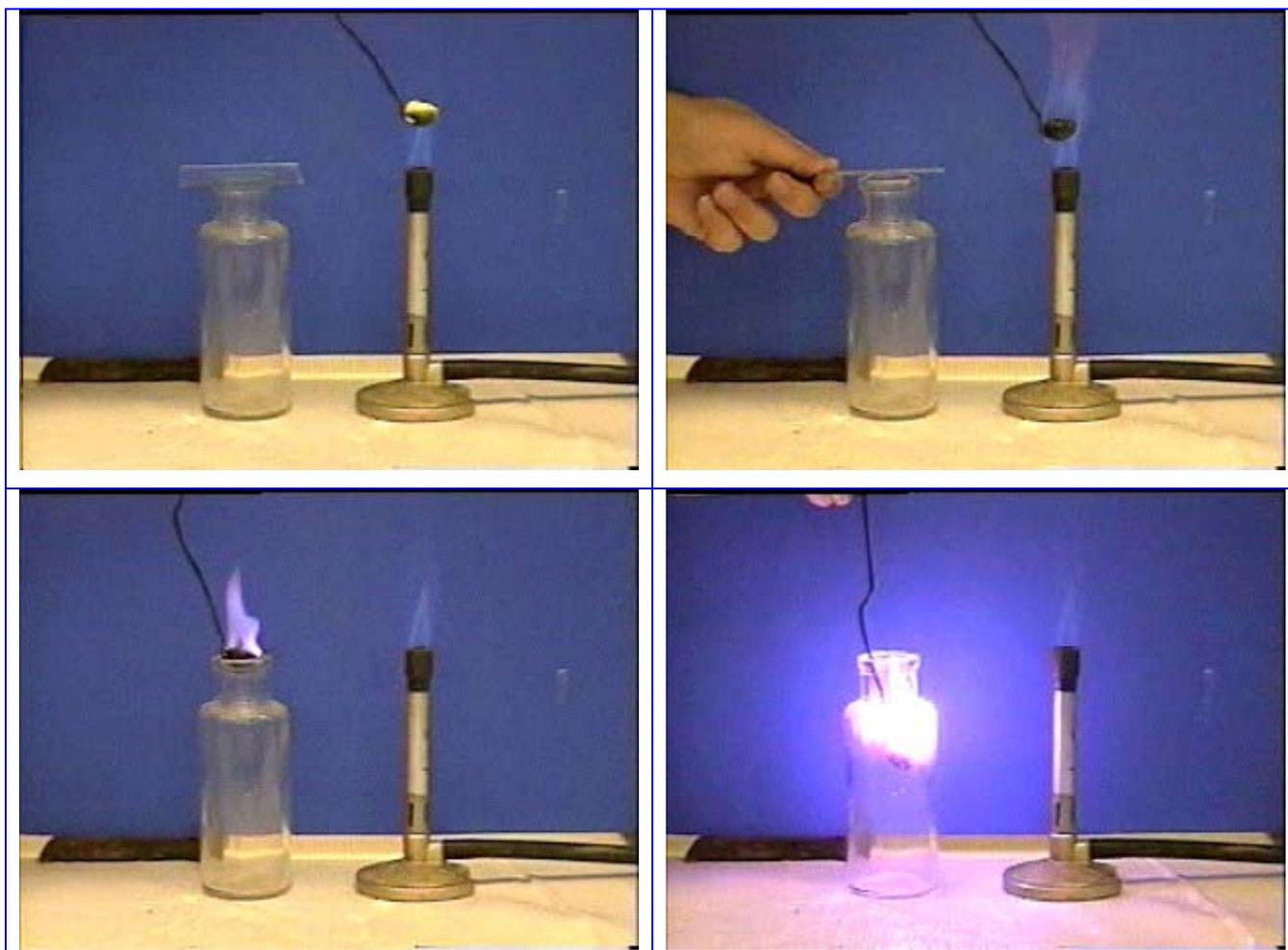
Если внести в сосуд с кислородом кусочек тлеющего угля, укрепленного на конце железной проволоки, уголь сгорает с выделением большого количества тепла и света. Образующийся при горении углекислый газ открывают при помощи смоченной водой синей лакмусовой бумаги или путем пропускания газообразных продуктов горения через раствор гидрата окиси кальция.

Опыт горения угля в кислороде, выделяющемся при термическом разложении KClO_3 , уже проводился при изучении свойств хлората калия.

Опыт. Горение серы в кислороде. Уравнение реакции:



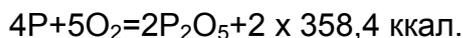
При внесении в сосуд с кислородом зажженного серного цвета наблюдается более интенсивное горение серы в кислороде и ощущается резкий запах сернистого газа. Чтобы не распространялся по лаборатории этот ядовитый газ, сосуд по окончании опыта плотно закрывают.



Горение серы в кислороде

Горение серы в кислороде, выделяющемся при термическом разложении хлората калия, описывалось при изучении свойств $KClO_3$.

Опыт. Горение белого и красного фосфора в кислороде. Реакция протекает по уравнению



Короткое и широкое горлышко колбы (или банки) емкостью 0,5—2 л, помещенной на поднос с песком, закрывают пробкой с пропущенной через нее металлической ложечкой и стеклянной трубкой, ось которой должна проходить через середину ложечки (рис. 114).

Одновременно с наполнением колбы кислородом (способом вытеснения воздуха) отрезают в ступке под водой кусочек белого фосфора величиной с горошину, слегка обжимают его фильтровальной бумагой для удаления следов воды и при помощи металлических щипцов кладут в металлическую ложечку. Ложечку опускают в колбу, закрывают ее и прикасаются к фосфору нагретой до 60—80° стеклянной палочкой (или проволокой), которую вводят через стеклянную трубку.

Фосфор воспламеняется и сгорает ярким пламенем с образованием пятиоксида фосфора в виде белого дыма (вызывающего кашель).

Иногда белый фосфор загорается в кислороде и без прикосновения к нему нагретой стеклянной палочки или проволоки. Поэтому рекомендуется пользоваться фосфором, хранившимся в очень холодной воде; отжимать его фильтровальной бумагой следует без всякого трения и вообще всю подготовку к введению его в сосуд с кислородом надо проводить как можно быстрее. Если фосфор После сгорания фосфора вынимают пробку с ложечкой, наливают в колбу небольшое количество воды и испытывают ее синей лакмусовой бумагой.

Если часть фосфора осталась неокисленной, ложечку опускают в кристаллизатор с водой. Если же фосфор сгорел весь, то ложечку прокаливают под тягой, промывают водой и высушивают над пламенем горелки.

При проведении этого опыта никогда не вводят в сосуд с кислородом расплавленный белый фосфор. Этого нельзя делать, во-первых, потому, что фосфор легко можно разлить, а, во-вторых, потому, что в этом случае фосфор сгорает в кислороде слишком бурно, разбрасывая во все стороны брызги, которые могут попасть на экспериментатора; от брызг фосфора лопаются сосуды, осколки которого могут ранить окружающих.

Поэтому на столе должен быть кристаллизатор с водой, в который можно бросить фосфор в случае, если он загорится при его обжимании фильтровальной

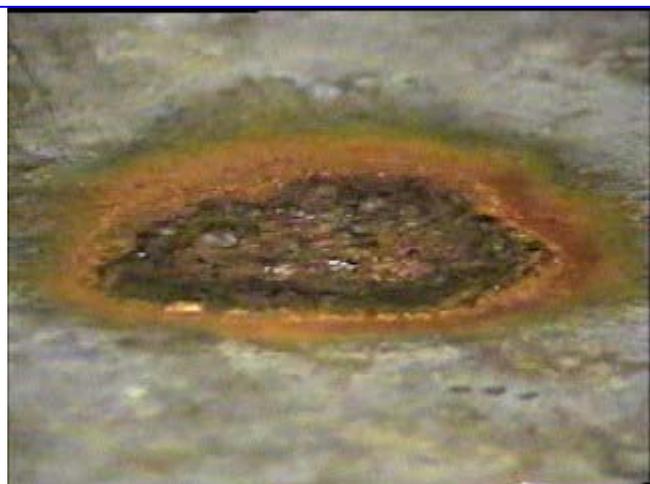
бумагой; необходимо также иметь концентрированный раствор $KMnO_4$ или $AgNO_3$ (1 : 10) для оказания первой помощи в случае ожогов фосфором.

Вместо белого фосфора можно пользоваться сухим красным фосфором. Для этого красный фосфор предварительно очищают, тщательно промывают водой и высушивают.

Красный фосфор воспламеняется при более высокой температуре, поэтому его поджигают сильно нагретой проволокой.

После сжигания и в этом случае наливают в колбу немного воды, испытывают лакмусом полученный раствор и прокаливают ложечку под тягой.

В обоих опытах следует пользоваться защитными очками из темного стекла.



Горение белого фосфора на воздухе

Опыт. Горение в кислороде металлического натрия. Реакция протекает по уравнению



Натрий сжигают в небольшом тигле из чистой окиси кальция, мела или асбестового картона, но не в металлической ложечке, которая от тепла, выделяющегося при горении натрия в кислороде, может сама расплавиться и сгореть.

Натрий поджигают и вносят в сосуд с кислородом, в котором он сгорает очень ярким пламенем; наблюдать за его горением следует через защитные темные очки.

Приготовленный из мела (или CaO) тигель прикрепляют двумя-тремя тонкими проволочками к толстой железной (или медной) проволоке (рис. 115) и кладут в него очищенный от окиси кусочек металлического натрия размером с горошину.

Мел, асбест, окись кальция являются плохими проводниками тепла, и поэтому поджигают натрий, направляя на него сверху пламя горелки при помощи паяльной трубки. Чтобы обезопасить себя от брызг горящего натрия, на паяльную трубку надевают резиновую трубку.

Нагревание, плавление и поджигание натрия в воздухе производят над сосудом с кислородом.

Если натрий не загорается, то при помощи паяльной трубки удаляют образовавшуюся на поверхности металла корку, но делать

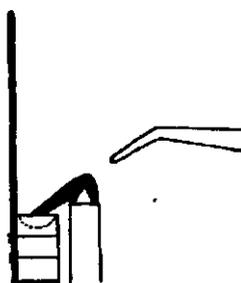
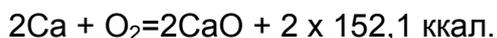


Рис. 115

это следует крайне осторожно из-за возможного разбрызгивания расплавленного натрия.

Опыт. Горение в кислороде металлического кальция. Уравнение реакции:

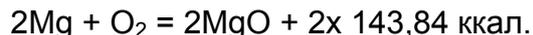


В небольшой тигель из асбестового картона кладут спичку, а сверху на нее — стружки кальция.

Зажигают спичку и вносят тигель со стружками кальция в сосуд с кислородом. Через защитные очки наблюдают воспламенение и сгорание металлического кальция ярким пламенем.

В сосуд с кислородом можно внести и зажженный кальций (как это делалось в предыдущем опыте с натрием).

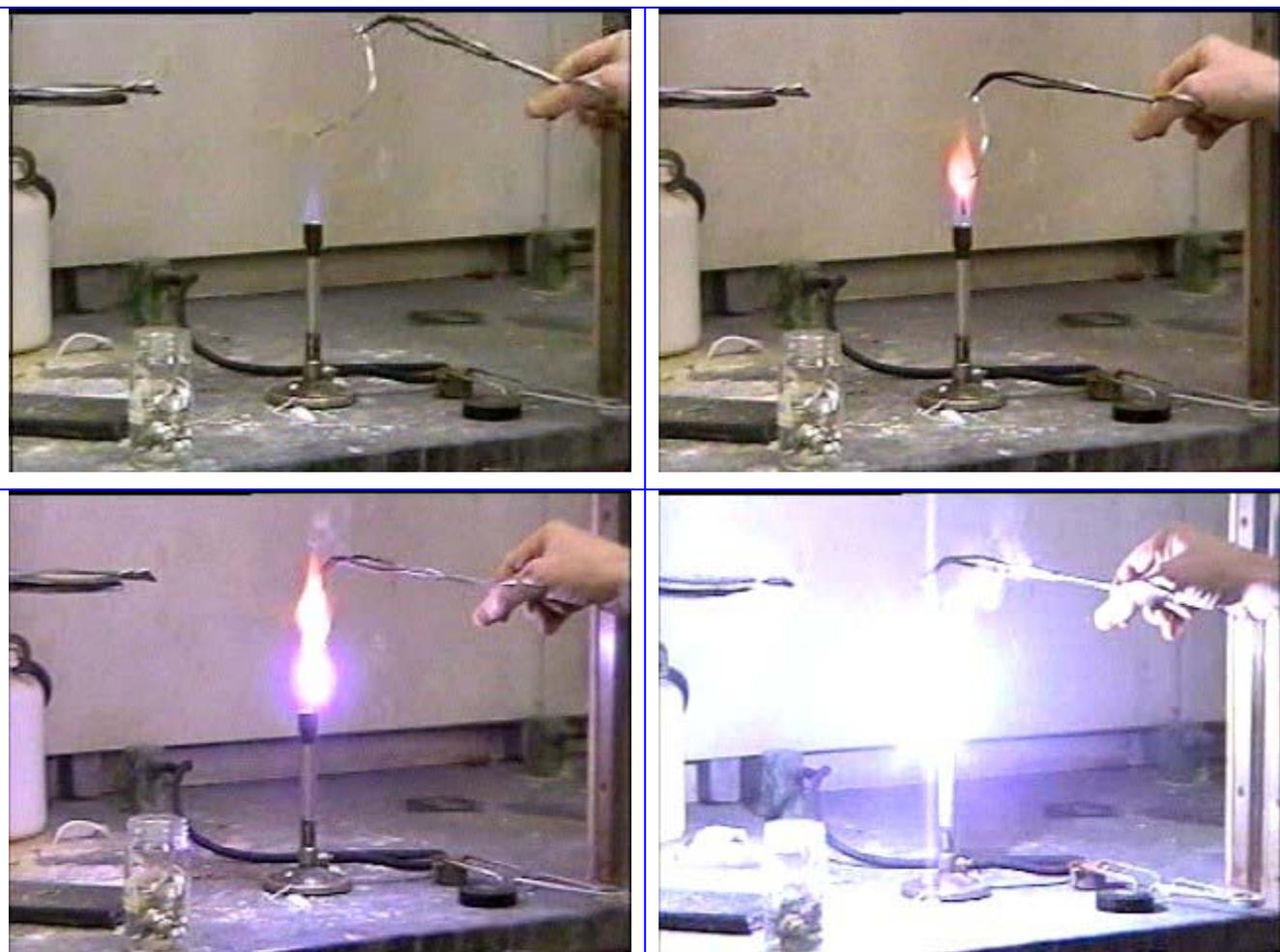
Опыт. Горение магния в кислороде. Реакция протекает по уравнению



К одному концу ленты магния длиной 20—25 см, скрученной в виде спирали, прикрепляют кусочек трута, а к другому — железную проволоку. Проволоку берут в руку и, держа ленту магния в вертикальном положении, поджигают трут и вносят ленту магния в сосуд с кислородом. Сквозь защитные очки наблюдают воспламенение и горение магния с образованием окиси магния.

По окончании опыта наливают в сосуд немного воды и при помощи индикатора убеждаются в щелочном характере раствора образовавшейся гидроокиси магния.

Опыт можно проделать и с порошком магния. Для этого берут ложечку порошка магния и вставляют в него половину спички с головкой. Поджигают спичку и вносят ложечку в сосуд с кислородом.



Горение магния на воздухе.

Впрочем, магний горит ослепительным пламенем и на воздухе, хотя здесь окислительные реакции кислорода значительно ослаблены в связи с тем, что в воздухе содержится большой процент азота.

Сосуд, в котором сжигают магний, может лопнуть, если вводить в него горящий магний недостаточно быстро или если горящий магний прикоснется к его стенкам.

Яркий свет горящего магния нашел применение для освещения фотографируемых объектов, а также в качестве инициатора некоторых реакций, протекающих под влиянием коротких световых волн, например синтеза HCl из элементов.

При рассмотрении свойств хлората калия описывался опыт горения его смеси с магнием.

Опыт. Горение в кислороде крупных опилок цинка. Уравнение реакции:



В трубку из тугоплавкого стекла длиной 15 см и внутренним диаметром 0,8—1 см насыпают крупных опилок цинка (за отсутствием их можно пользоваться и порошком, но таким образом, чтобы через него мог проходить кислород) и укрепляют ее за один конец в горизонтальном положении в зажиме штатива.

Укрепленный в штативе конец трубки соединяют с источником кислорода, а противоположный конец нагревают газовой горелкой.

При пропускании через трубку кислорода цинк воспламеняется и горит ярким пламенем с образованием окиси цинка (твердое белое вещество). Опыт проводится под тягой.

Опыт. Определение количества кислорода, расходуемого при горении меди. Реакция протекает по уравнению



Прибор для опыта показан на рис. 116. В тугоплавкую трубку длиной 20 см и внутренним диаметром 1,5 см вставляют фарфоровую лодочку с 1 г тонкого порошка металлической меди. Промывную склянку с водой соединяют с источником кислорода (газометром или баллоном).

Газометр с колоколом, расположенный справа, наполняют водой, подкрашенной раствором индиго или фуксина. Кран газометра открывают, чтобы проходящий через прибор кислород мог поступать под колокол.

Открывают зажим между промывной склянкой и тугоплавкой трубкой и впускают под колокол около 250 мл кислорода. Закрывают зажим и отмечают точный объем кислорода.

При помощи горелки Теклу с «ласточкинским хвостом» нагревают ту часть трубки, в которой находится фарфоровая лодочка. Через

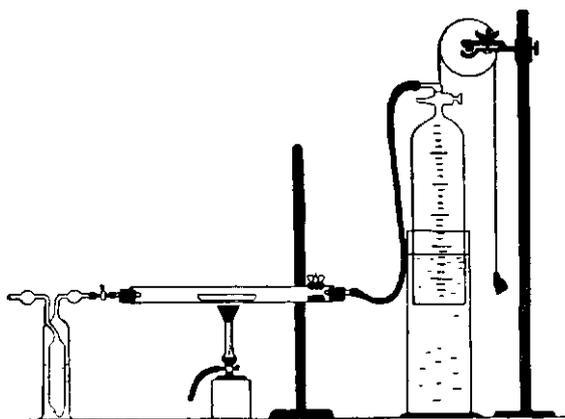


Рис. 116

несколько минут медь загорается, и сразу же повышается уровень воды в колоколе.

Нагревание продолжают 35—40 минут, пока объем газа в газометре не перестанет изменяться.

Дают остыть прибору; при этом устанавливается постоянный объем газа. Затем приводят воду к одному уровню и по делениям газометра определяют объем непрореагировавшего кислорода.

Опыт дает возможность точно определить количество кислорода, затраченного на окисление меди, взвешенной перед началом опыта.

Пользоваться этим прибором для сжигания порошка цинка, магния или кальция запрещается.

Опыт. Подтверждение закона постоянства состава. Точно, до сотых долей грамма, взвешивают пустой фарфоровый тигель с крышкой, который перед этим был тщательно очищен, прокален и охлажден в эксикаторе. Затем в тигель насыпают приблизительно 3—4 г тонкого порошка меди и точно взвешивают тигель с медью.

Кладут тигель в наклонном положении на фарфоровый треугольник и нагревают его на слабом огне в течение 15—20 минут. Затем снимают крышку и сильно нагревают окислительным пламенем горелки. Через 20—25 минут накрывают тигель крышкой

и продолжают нагревание. После прекращения нагревания тигель охлаждают в эксикаторе и точно взвешивают.

Данные трех взвешиваний позволяют рассчитать количество кислорода, связанное с 1 г и 63,54 г (грамм-атомом) меди. Записывают:

g_1 = вес пустого тигля с крышкой;

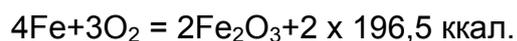
g_2 = вес пустого тигля с крышкой и медью;

g_3 = вес пустого тигля с крышкой и окисью меди.

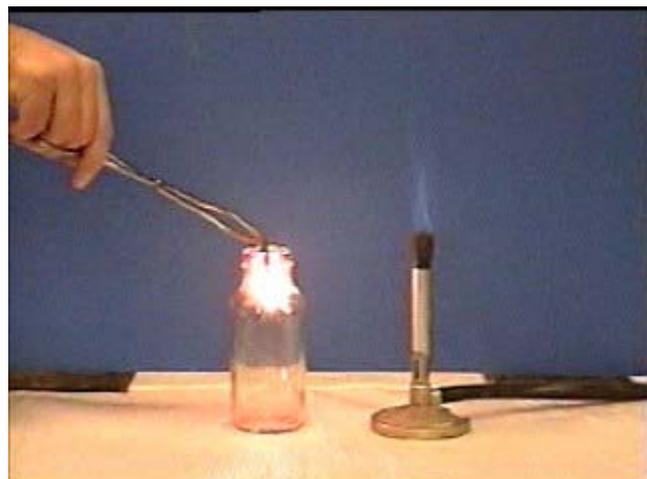
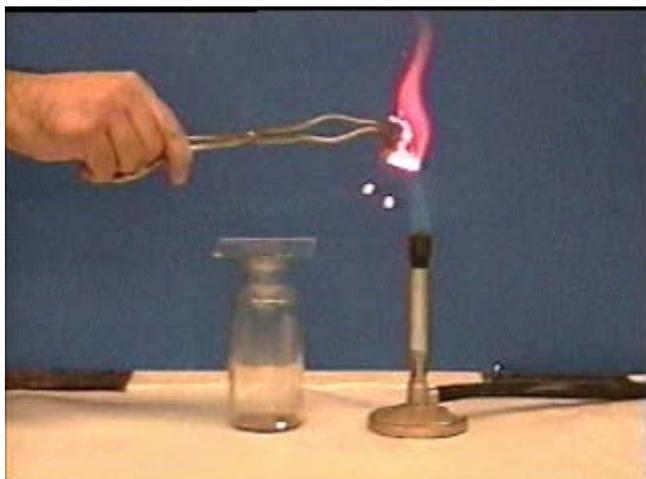
Полученные данные должны показать, что вес кислорода, присоединившийся к одному грамм-атому меди, близок к атомному весу кислорода.

Повторив опыт с металлической медью и другими металлами, находят, что во всех случаях кислород соединяется с различными элементами в постоянном количественном соотношении, и на практике убеждаются, что отношение между весовым количеством веществ, вступающих в химическое соединение, всегда постоянно.

Опыт. Горение железа в кислороде. Уравнение реакции:



Для опыта пользуются тонкой проволокой из отпущенной стали диаметром 7—8 мм, один конец которой втыкают в корковую пробку, а к другому ее концу прикрепляют кусочек твута или обматывают нитками и погружают в расплавленную серу (серный фитиль). При введении в сосуд с кислородом (на дне которого должен быть слой песка) стальной спирали с зажженным твutom (или серным фитилем) спираль сгорает, разбрасывая искры.



Горение железа в кислороде.

Опыт. Сгорание металлических порошков в воздухе. Над пламенем установленной под тягой газовой горелки высыплют по щепотке порошка меди, цинка, железа, магния, алюминия, сурьмы.

Опыт. Окисление металлов в закрытом сосуде. Опыт позволяет доказать, что при превращении металлов в окислы расходуется часть воздуха и что увеличение веса металлов при их окислении равно потере веса воздуха.

Пробирку с тонким порошком железа плотно закрывают резиновой пробкой, сквозь которую должна быть пропущена стеклянная трубка с надетой на нее резиновой трубкой, имеющей винтовой зажим (рис. 117). Пробка и зажим должны закрывать пробирку герметически.

После взвешивания собранного прибора пробирку нагревают пламенем газовой горелки при непрерывном потряхивании до тех пор, пока в порошке не образуются искры. После охлаждения пробирки взвешиванием на весах проверяют, изменился ли вес пробирки. Затем в резиновую трубку вставляют стеклянную трубку, конец которой опускают в стакан с водой.

При открывании зажима наблюдают, как поднимается по трубке вода. Это происходит вследствие того, что кислород воздуха израсходовался на окисление железа и поэтому в приборе понизилось давление.

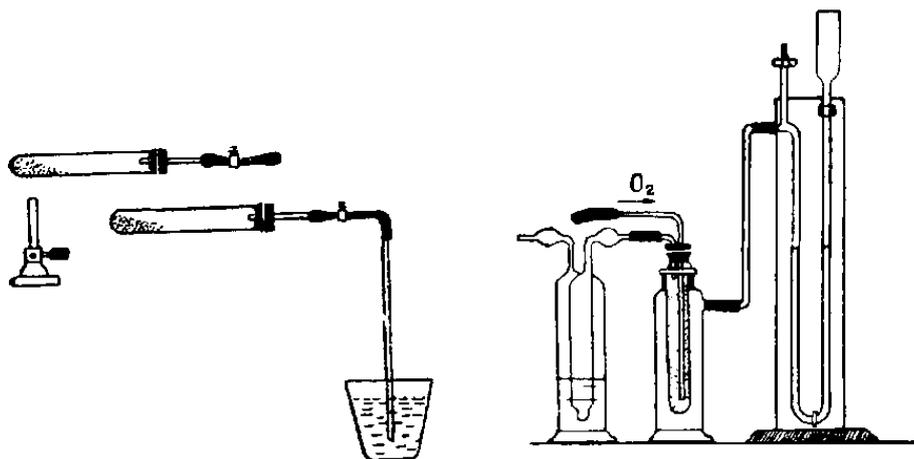


рис. 117 и рис. 118

Выявить небольшую разницу между весом железа и весом окиси железа можно только с помощью достаточно чувствительных весов.

Вместо пробирки можно пользоваться ретортой или кругло-донной колбочкой, а вместо резиновой пробки — парафинированной корковой пробкой.

Аналогичные опыты были проделаны Ломоносовым и Лавуазье для доказательства закона сохранения материи.

Опыт. Медленное окисление влажного железа. Опыт позволяет установить, что при окислении влажного порошка железа выделяется тепло.

Прибор состоит из термоскопа, соединенного с манометром (рис. 118). В реакционное пространство термоскопа через плотно подогнанную резиновую пробку вводят две трубки. Первая трубка соединена с газовым баллоном и служит для подачи кислорода. Вторая трубка служит для удаления газа; она соединена с промывной склянкой Мюнке, в которую налита вода, подкрашенная индиго или фуксином.

В промывную склянку наливают такое количество воды, чтобы при всасывании во внутреннюю трубку и наполнении ее в склянке еще оставалась вода, которая закрывала бы выходное отверстие трубки.

Для изготовления термоскопа можно пользоваться внешней частью промывной склянки Дрекслея емкостью 300 мл с боковым тубусом. В сосуд вставляют пробирку длиной 23 см и диаметром 2,5 см с несколько суженной шейкой. Верхняя внешняя часть пробирки должна быть притерта к шейке сосуда. При отсутствии указанных выше деталей термоскоп можно изготовить из колбы Бунзена, в шейку которой при помощи резинового кольца вставляют большую пробирку. Термоскоп соединяют с U-образным манометром, в который наливают подкрашенную фуксином воду.

Манометр имеет T-образный отвод с краном, который облегчает его регулирование.

В конической колбе смешивают 100 г железного порошка с бензолом, фильтруют его через складчатый фильтр, промывают эфиром и быстро (окисленный железный порошок не годится для опыта) просушивают на плитке из пористого керамического материала.

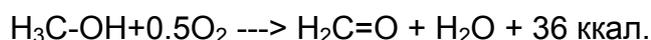
Железный порошок, тщательно смоченный 18 мл дистиллированной воды, рассеивают по стеклянной вате и заполняют ею все реакционное пространство термоскопа.

Для удаления из прибора воздуха через него продувают сильную струю кислорода. Наличие в приборе чистого кислорода устанавливают тем, что подносят тлеющую лучинку к выходному отверстию промывной склянки. Затем прекращают поступление кислорода и уравнивают жидкость в обеих трубках манометра (за манометром укрепляется миллиметровая бумага).

В реакционном сосуде кислород частично соединяется с железом, и уже через несколько минут наблюдают всасывание жидкости во внутреннюю трубку промывной склянки. В таком случае пропускают в термоскоп еще некоторое количество кислорода, чтобы выровнять уровни жидкости во внутренней и внешней трубках промывной склянки. Эту операцию повторяют два-три раза. Изменение давления, отмечаемое манометром, указывает на выделение тепла при окислении.

В разделе, посвященном фосфору, описаны опыты, показывающие медленное окисление белого фосфора.

Опыт. Каталитическое окисление метилового спирта в формальдегид.
Реакция протекает по уравнению



Прибор собирают в соответствии с рис. 119. В колбу Вюрца емкостью 150 мл с оттянутым до диаметра 1 мм концом боковой трубки наливают 50 мл чистого метилового спирта. В тугоплавкую трубку длиной 25—30 см и диаметром 1 см

вкладывают валик из медной сетки длиной 10 см, намотанной на толстую медную проволоку. В промывную склянку слева наливают воды, а в склянку справа перед самым началом опыта наливают бесцветный раствор сернистой кислоты H_2SO_3 с фуксином. стакан, в который опускают колбу Вюрца, должен содержать нагретую до 30—40° воду.

Для проведения опыта нагревают воду в стакане до 45—48°, при помощи водоструйного насоса просасывают через прибор сильный ток воздуха и нагревают валик из медной сетки горелкой Теклу, сначала слабым пламенем, затем доводят до красного каления.

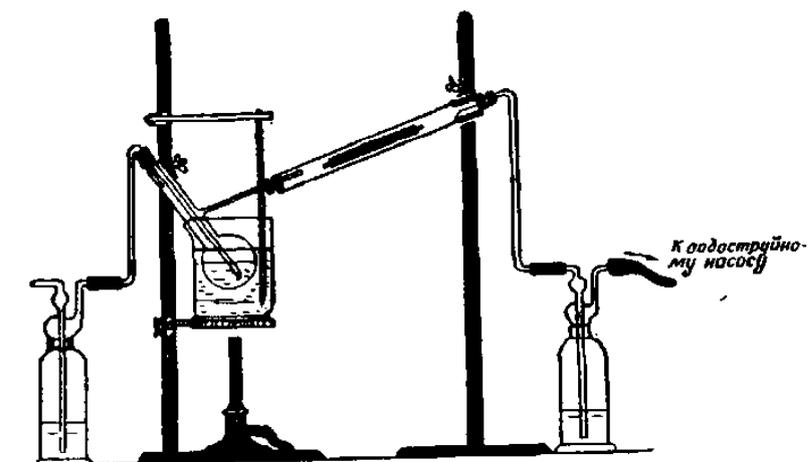


Рис. 119

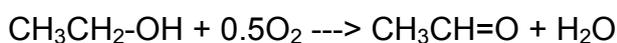
Ток воздуха регулируют таким образом, чтобы после того, как уберут горелку, валик из медной сетки оставался раскаленным без подогревания извне.

Через некоторое время смесь сернистой кислоты с фуксином в правой промывной склянке окрашивается в интенсивный красно-фиолетовый цвет.

Параллельно показывают, что реакция раствора формальдегида с бесцветным раствором сернистой кислоты и фуксина является характерной для альдегида.

Для получения бесцветного раствора сернистой кислоты с фуксином растворяют 0,1 г фуксина в 300 мл дистиллированной воды и через полученный раствор пропускают сернистый газ до исчезновения окраски фуксина. Полученный реактив хранят в сосуде с притертой пробкой. Весь опыт длится около пяти минут. По окончании опыта дают прибору остыть в слабом токе воздуха.

При пользовании этиловым спиртом образуется ацетальдегид по уравнению:



Восстановление окисленного валика из медной сетки метиловым спиртом описано в разделе, посвященном азоту (способ получения азота связыванием кислорода воздуха раскаленной медью).

Опыт. Анодное окисление, обесцвечивающее действие кислорода в момент его выделения. стакан с раствором сульфата натрия накрывают пробочным кружком, сквозь который пропускают два угольных электрода диаметром 5—6 мм.

Анод обертывают несколько раз окрашенной в синий цвет хлопчатобумажной тканью и электроды соединяют с тремя последовательно включенными аккумуляторами.

После 2—3 минут пропускания тока первые два слоя ткани, непосредственно прилегающие к аноду, обесцвечиваются выделяющимся при электролизе атомарным кислородом. Второй и последующие слои ткани, через которые проходят уже устойчивые двухатомные молекулы кислорода, остаются окрашенными.

Опыт. Анодное окисление. Наливают в стакан 25%-ный раствор H_2SO_4 и опускают в него два свинцовых электрода в виде пластин. Электроды соединяют с источником постоянного электрического тока напряжением 10 в. При замыкании цепи у анода появляется бурое окрашивание.

Электролиз продолжают до тех пор, пока станет видимой образовавшаяся на аноде двуокись свинца PbO_2 бурого цвета.

Если пользоваться серебряным анодом, то на аноде выделяется черная окись серебра Ag_2O .

Тушение огня. Зная, что собой представляет горение, легко понять, на чем основано тушение огня.

Огонь можно гасить твердыми веществами, газами и парами, жидкостью и пеной. Чтобы погасить очаг огня, следует изолировать его от воздуха (кислорода), для чего его и забрасывают песком, солью, землей или накрывают плотным покрывалом.

Часто при тушении пожаров пользуются огнетушителями, описание которых приводится в разделе, посвященном углекислому газу.

При тушении горящих дровяных складов, соломы, текстиля, бумаги пользуются так называемыми сухими огнетушителями, выбрасывающими твердый углекислый газ, имеющий температуру $-80^\circ C$. В этом случае пламя гаснет из-за сильного снижения температуры и разбавления кислорода воздуха углекислым газом, не поддерживающим горения. Эти огнетушители удобны при пожарах на электростанциях, телефонных узлах, заводах по производству масел и лаков, спиртовых заводах и т. д.

Примером применения газов для тушения пожаров может служить использование сернистого газа, образующегося при сгорании бросаемой в печь или дымоход серы, для гашения загоревшейся в печном дымоходе сажи.

Наиболее распространенной и дешевой жидкостью для тушения пожаров является вода. Она понижает температуру пламени, а пары ее препятствуют доступу воздуха к горящим предметам. Однако водой не пользуются для гашения горящего масла, бензина, бензола, нефти и других горючих жидкостей легче воды, так как они всплывают на поверхность воды и продолжают гореть; применение воды



в этом случае лишь способствовало бы распространению огня.

Для тушения бензина и масел пользуются пенообразующими огнетушителями; выбрасываемая ими пена остается на поверхности жидкости и изолирует ее от кислорода воздуха.

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДА

Кислород применяют в качестве окислителя в производстве азотной, серной и уксусной кислот, в доменном процессе, для подземной газификации углей, для газовой сварки и резки металлов (водородно- или ацетиленово-кислородное пламя), для плавки металлов, кварца, для получения высоких температур в лабораториях, для дыхания с применением различных приборов, используемых летчиками, водолазами и пожарниками.

Без кислорода ни одно животное не может существовать.

Пропитанные жидким кислородом уголь, нефть, парафин, нафталин и ряд других веществ применяются для приготовления некоторых взрывчатых веществ.

Смеси жидкого кислорода с угольным порошком, древесной мукой, маслом и другими горючими веществами получили название оксиквиров. Они обладают очень сильными взрывчатыми свойствами и применяются в подрывных работах.

(продолжение в следующих номерах)