

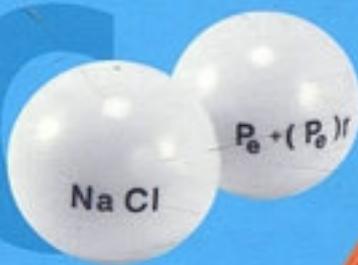
Азбука науки

для юных гениев

Владимир Рюмин

Занимательная

ХИМИЯ



Владимир Рюмин
Занимательная химия

«Центрполиграф»

2012

Рюмин В. В.

Занимательная химия / В. В. Рюмин — «Центрполиграф», 2012

В книге знаменитого ученого-химика Владимира Владимировича Рюмина вы найдете крайне занимательные опыты и превращения химических веществ, каждое из которых можно найти в специализированных магазинах. Дополнения и приложения к тексту расскажут о технике безопасности и правилах поведения в лаборатории, современном строении атома, подробном применении химических элементов в промышленности и многих других интереснейших вещах. Автор, признанный мастер научно-популярного жанра, поможет вашему ребенку собственноручно проводить яркие и наглядные опыты в импровизированной домашней лаборатории, а также подготовиться к изучению школьной химии или же расширить полученные на уроках знания. Данное издание исправлено, дополнено и переработано с учетом новейших достижений химической науки.

© Рюмин В. В., 2012

© Центрполиграф, 2012

Содержание

Предисловие издательства	8
Введение	9
Глава 1	11
Послушный дым	12
«Три кита» химии	13
Самая нужная кислота	14
Катализаторы химических реакций	15
Глава 2	16
Молоко... из воды	17
Вода и сок в одной бутылке (Химические индикаторы)	19
Превращение воды в чернила и обратно	20
Мнимая ошибка физиков (Обесцвечивание хлором)	21
Вода – в молоко, молоко – в воду (Обратимость химических реакций)	22
Превращение воды в «кровь» (Реакция качественного анализа)	23
Как одной краской красят в разные цвета	24
Секрет старых красильщиков	25
Забывтое слово	26
«Канцелярское семечко»	27
Химия органическая и неорганическая	28
Фабрики красок – предприятия далеко не невинные	29
Что слаще сахара?	30
Золото растворимое и растворенное	31
Исторический курьез	33
Глава 3 Опыты с газами	34
Самый легкий газ	35
Замазка Менделеева	38
Вода из огня	39
«Взрыв» азостата	40
Переливание... вверх	41
Мыльные пузыри	42
Загадочный фонтан	43
Из желтого в зеленое без прибавления синего	44
«Последний перманентный газ»	45
Глава 4	46
Хлор и Фарадей	48
Хлор, цветы и цвета	49
Окраска хлором в синий цвет	50
Окраска хлором в красный цвет	51
Еще окраска хлором	52
Горение без воздуха	53
Самовоспламенение	54
И негорючее может гореть	55
Дымовая завеса	56
Фейерверк в склянке	57
Хлор в мировой войне	58

Еще страшный газ	59
«Страшный спутник наших жилищ»	60
Голубой и водяной газы	62
Газы дыхания и горения	63
Реакции экзо- и эндотермические	64
Газ, в котором горит железо	65
Горящее железо	67
Ошибка Жюль Верна	68
Живые мертвецы	69
Химия неба	71
Куда делся кусочек угля?	73
Глава 5	75
«Таинственный» опыт с весами	76
Природа – архитектор	77
Плавающие пузыри	78
Отчего стреляет пушка	79
Очистить яйцо, не разбив скорлупы	80
Ныряющее яйцо	81
Растущее яйцо	82
Яйцо в графине	83
Глава 6	84
Химические мотыльки	85
Подводная лодка из коробочки	86
Вредные газы, приносящие пользу	87
Дар вулканов	88
Опыты с сернистым газом	89
Гашение огня горячей серой	90
Зеленый лев	91
Газ тухлых яиц	92
Кое-что о трехцветных кошках	93
Превращение белой кошки в черную	94
Отчего темнеют картины	95
Немного истории	96
Химическое хлебопечение	98
Домашний огнетушитель	99
Опасность безопасных веществ	100
Взрывчатые вещества	102
Кто изобрел порох?	103
Укрощенный нитроглицерин	104
Пикриновая кислота и тротил	105
Мирное применение взрывчатых веществ	106
Синий фонтан из красной воды	107
Красный фонтан из синей воды	108
«Курящийся» мыльный пузырь	109
Кое-что о военной химии	110
Глава 7 Безопасная пиротехника	112
«Огонь-художник»	113
Бумага, горящая цветным пламенем	114
Цветное пламя	115

Подводный огонь	116
Болонский фосфор	117
Глава 8	118
Цветной раствор бесцветного вещества	119
Медленная кристаллизация	120
Мгновенная кристаллизация	121
О солях в природе и в технике	122
Зимний сад... летом	123
Сад химика	124
Сатурново дерево	126
Кристаллизация металлов	127
Глава 9	128
Разложение воды	129
Двухцветная жидкость в одном сосуде	130
Рафинировка[34] меди	131
Гальваностегия	132
Упрощенная гальванопластика	133
Металлизация	134
Алюминиевая кастрюля	135
Глава 10	136
Мгновенная цветная фотография	137
Секретные чернила	138
Появляющиеся и исчезающие чернила	139
Магические картинки	140
Букет цветов – указатель погоды	141
Живопись по дереву	142
Краснеющие фигурки	143
«Зеленые колокольчики»	144
Превращение белой розы в красную	145
Синий хлеб	146
Глава 11	147
Как сварить яйцо без огня	147
Рассказ о «неблагодетельном мальчике»	148
Холодная вода в летний знойный день	149
Что написано пером...	150
Заключение	151
Приложения	152
Приложение 1	152
Приложение 2	153
Приложение 3	155
Как гнуть стеклянные трубки	155
Как разрезать бутылку	156
Как нагревать, кипятить и выпаривать жидкости	156
Как обращаться со спиртовкой	157
Как измельчать и растворять твердые вещества	157
Как фильтровать растворы	157
Как обращаться с огнеопасными веществами	158
Приложение 4	160
Приложение 5	161

Приложение 6	162
Приложение 7 Перечень наиболее часто применяемых в технике элементов Азот (N)	163

Владимир Владимирович Рюмин

Занимательная химия

Предисловие издательства

Владимир Владимирович Рюмин – русский инженер, опытный педагог, получивший широкую известность как популяризатор науки и техники.

Будучи прогрессивным педагогом-новатором, Владимир Владимирович разрабатывал собственные оригинальные методики преподавания, ставил необычные опыты, следил за новостями из мира техники и делился ими с учениками. Начав заниматься преподаванием, он издал немало учебных пособий по химии, минералогии, электротехнике и технологии, серию брошюр по технологии производств (мыловарение, изготовление лампадного масла, красок, бетона, отделочных материалов) и по прикладной технологии. Рюмин выпускал научно-популярные журналы «Физик-любитель» и «Электричество и жизнь». Тогда же выходили адресованные самой широкой читательской аудитории книги «Химия вокруг нас», «Техника вокруг нас», «Чудеса техники», «Чудеса современной электротехники», «Беседы о магнетизме», «Беспроволочный телеграф», «Практическая минералогия», «Популярные научные очерки и рассказы». Писал он и более серьезные работы для специалистов – химиков, минералогов, электротехников, инженеров транспорта.

Окончив преподавательскую деятельность, Владимир Владимирович Рюмин сосредоточился на популяризации науки. Его книга «Занимательная химия» открыла знаменитую серию «Занимательная наука». За 10 лет эта работа Рюмина выдержала 7 переизданий, став самым популярным из его трудов. С каждым изданием он вносил в текст новые изменения, оставляя центром внимания описание простых и эффектных опытов, делая содержание книги более основательным.

Рано или поздно перед учителями в школе и родителями дома встает острый вопрос: как преподать юному школьнику химию, чтобы он не скучал над толстым учебником с непонятными формулами, а легко и быстро понял все грани этой науки? На помощь придет книга Владимира Владимировича Рюмина, в которой все основные химические законы проиллюстрированы при помощи красочных и понятных опытов, а приложения к основному тексту учат, как правильно обращаться с химическими реактивами, и рассказывают о технике безопасности и самых необходимых приемах работы. Книга переработана с учетом новейших достижений химической науки и будет интересна как тем, кому еще только предстоит изучение химии, так и всем тем, кто хочет применить полученные знания на практике.

Введение

Что такое химия

Один из героев французского писателя Мольера всю жизнь не знал, что он говорит... прозой.

Многие, впрочем, и сейчас этого не знают, как не знают и того, что всю жизнь имеют дело с химией.

«Как же, – скажут они, – мы даже не знаем, что такое химия!»

И мольеровский герой не знал, что такое проза, – потому-то и не подозревал, что он ею говорит. Кто знаком с химией, нашего утверждения опровергать не станет.

Химия – это наука о *составе веществ* и изменении их внутреннего строения. Веществ, а не вещей.

Вещь может быть сложной по своему устройству и простой по составу и, наоборот, с виду крайне простой, а по составу необычайно сложной.

Дверной замок – вещь. Собран он из многих отдельных частей, хитро прилаженных друг к другу; но все эти части и весь замок в целом сделаны из одного вещества – из железа¹. Сложная вещь по устройству, а по составу вещества – простая.

Вот как будто совсем простая вещь – полено дров. Между тем по составу веществ, в нем заключающихся, – одна из самых сложных в мире.

Химия и занимается не самыми вещами, а теми веществами, из которых состоят вещи, минералы, растительные и животные организмы. Эти вещества могут быть химически сложными, разлагаемыми на простые, и химически неразлагаемыми (химическими элементами). Все газообразные, жидкие и твердые вещества, хотя и кажутся сплошными, состоят из отдельных частиц (молекул). Молекулы построены из атомов. Молекулы химических элементов – из одинаковых атомов, а сложных веществ – из разных. Химия изучает строение молекул, перегруппировку в них атомов при химических реакциях (взаимодействии веществ) и явления, сопровождающие эту перегруппировку.

«Вещество», материя образует все отдельные вещества, весь окружающий нас мир. Зная это, трудно отрицать, что мы, и не будучи химиками, но всю жизнь имея дело с различными вещами, а следовательно, и с веществами, из которых они состоят, тем самым волей-неволей имеем дело и с химией.

А сколько людей занято химией, чтобы доставить нам все необходимое для жизни! Просыпаясь утром, вы принимаете душ и имеете дело с химическим процессом – действием мыла или шампуня на кожу. Ваша одежда, то есть ткань, из которой она сделана, наверняка синтетическая – получена химическим путем – и покрашена красителями, также полученными химическим путем. Кстати: знаете, из чего состоит большинство современных красок? Они имеют сложный состав – помимо красящего пигмента и пленкообразующего вещества могут содержать в себе различные добавки – растворители, разбавители и вещества, ускоряющие высыхание красок.

Одевшись и умывшись, вы садитесь пить чай, и опять перед вами дары химии. Листочки чайного дерева не просто засушены, они подвергаются химическому процессу окисления. В чай вы положили кусок-другой сахара. Кто же не знает, что он выделяется на специальных

¹ Если, конечно, иметь в виду так называемое химически чистое железо, потому что железо, применяемое в технике, по составу далеко не просто. (*Здесь и далее примеч. ред.*)

заводах, с помощью сложной химической обработки свековичного сока? Булка к чаю – продукт химических процессов брожения² и последующего выпекания теста.

В школе вы пишете или, например, рисуете – и видите, что и тут химия вместе с другими науками и техникой пришла вам на помощь, изготовив карандаши, краски и бумагу...

Химия – удивительная наука! Она научила нас познавать состав небесных тел и даже определять их возраст, вручила нам оружие для борьбы со многими болезнями, является основой и существом многочисленных производственных процессов. Благодаря химии и ее достижениям мы изучаем «поведение» веществ, увеличиваем количество и улучшаем качество нашей продукции.

Первым химиком в истории был первобытный человек, который развел огонь. Но и до этого времени люди дышали и питались; значит, и до этого в их организмах, неведомо для них самих, совершались химические процессы.

В наше время без химии и без знания ее обойтись невозможно. Нет отрасли человеческой жизни, которая не имела бы прямой или косвенной связи с этой великой наукой.

Она учит земледельцев удобрять обрабатываемую почву, врача – лечить больных, художника – писать картины, инженера, рабочего – выплавлять металлы и производить тысячи важнейших продуктов. Даже типографская краска, которая использовалась при печати этой книги, тоже создана с помощью химии.

Таким образом, часто сами этого не подозревая, мы тесно связаны с химией!

Познакомимся же с ней! Но произведем это знакомство не по специальному учебнику химии, а по этой книге. Попытаемся на легких, интересных опытах³ познать основы этой науки.

² Брожение – ферментативное расщепление органических веществ, преимущественно углеводов. Может осуществляться в организме животных, растений и многих микроорганизмов и является результатом жизнедеятельности различных микроорганизмов, меняющих химический состав обитаемой ими питательной среды (действуют не сами живые организмы, а выделяемые ими химические соединения). Бактерии спиртового брожения разлагают сахарные вещества с выделением спирта, углекислого газа и малых доз других соединений.

³ Прежде чем приступить к опытам, описанным в книге, настоятельно рекомендуем ознакомиться с приложениями.

Глава 1

Химическая «магия» (Реакции соединения)

Среди фокусов, которыми в прежние времена заезжие «профессора белой и черной магии» поражали обывателей, много таких, которые основаны только на знании химических законов.

В сущности, это, конечно, не фокусы, а просто более или менее эффектно обставленные химические опыты, и все они легко могут быть проделаны каждым из вас.

Я покажу вам несколько десятков таких опытов, и вы увидите, что они не только любопытны, но зачастую и весьма поучительны. Знакомство с сущностью этих опытов открывает нам главнейшие законы химии.

Послушный дым

Этот фокус имеет массу вариаций. Я продемонстрирую вам его в самой поучительной форме.

Смотрите. Я беру ленточку металла *магния* и один конец ее укрепляю в пробке, пробкою же закупориваю бутылку с отрезанным дном, так что ленточка висит внутри ее. На тарелку наливаю воды, зажигаю магний снизу и ставлю бутылку в тарелку. Вскоре бутылка наполняется белым дымом. Я сейчас заставлю его перейти из бутылки в закрытый стакан. Стакан, находящийся на другом конце стола, прикрываю чайным блюдцем, и – смотрите внимательно – по мере того, как редет и исчезает дым в бутылке, он появляется и густеет в стакане (рис. 1).

Заметьте еще, что вода из тарелки проникла в бутылку и стоит там на более высоком уровне, чем снаружи в тарелке. Не кажется ли вам это удивительным? Ведь от нагревания воздух в бутылке должен был расшириться, а не сжаться.

Но объясним химический смысл этого фокуса. Конечно, дым, получаемый в ходе опыта, рассеивается в воздухе, а в бутылке образуются белые хлопья: результат соединения кислорода воздуха с магнием – *оксид магния*. Два простых вещества дали сложное.



Рис. 1. Дым исчезает в бутылке и появляется в стакане

Поднятие воды под бутылкой объясняется тем, что часть находящегося в ней кислорода соединилась с магнием. Ну а причина появления дыма в закрытом стакане? На дно его я до начала опыта капнул несколько капель нашатырного спирта, а ту сторону блюдца, которая прикрывает стакан, смочил *соляной кислотой*.

Соляная кислота – это раствор в воде газа *хлористого водорода*, а нашатырный спирт – тоже раствор в воде другого газа – *аммиака*. Оба летучи и, выделяясь, соединяются в виде дыма в микроскопические кристаллики.

Опыт объясняется, следовательно, просто, но вводит нас сразу в гущу химических понятий, давая нам сведения о существовании таких веществ, как *кислоты, основания, соли*. Что они в отдельности собой представляют, мы узнаем из дальнейших опытов.

«Три кита» химии

Исследуя всевозможные химические вещества, ученые разделили их по сходным признакам на группы. Громадное большинство этих веществ удалось разложить на более простые, но часть их до самого последнего времени никак не поддавалась такому разложению, и им приписывалась абсолютная элементарность состава. Когда-то считалось, что все металлы и часть неметаллов являются теми «кирпичами мироздания», из которых построена Вселенная. Однако с тех пор наше представление о делении веществ на простые и сложные значительно изменилось.

К этому делению я еще вернусь в дальнейшем, а пока укажу, что среди веществ, заведомо сложных, выделяются три группы, имеющие особо важное значение для прикладной химии: *кислоты, основания и соли*.

Народная фантазия представляла Землю стоящей на трех китах. Наука давно освободила китов от этой непосильной для них ноши и предоставила Земле свободно нестись в мировом пространстве.

«Три кита» химии, напротив, все еще несут свою службу, поддерживая стройную систему классификации веществ. Из кислот вы, вероятно, ближе всего знакомы с уксусной, которой столовый уксус обязан своим вкусом. Возможно, что слышали и о других пищевых кислотах: *молочной, яблочной, лимонной* и пр. Из минеральных кислот, вероятно, знаете *серниую*, а может быть, еще *азотную и соляную*. Растворимые кислоты окрашивают раствор лакмуса (растительной краски, добываемой из некоторых лишайников) или пропитанную ими бумажку в красный цвет, а легко растворимые в воде основания (щелочи) – в синий.

Вообще, как кислоты, так и щелочи меняют цвета многих красок, и притом не одинаково. Эта способность их даст нам богатый материал для проделывания очень эффектных химических опытов.

При соединении кислот с *основаниями* образуются *соли*. Характерным примером последних будет хорошо вам знакомая обыкновенная *поваренная соль*, давшая свое название этому классу соединений.

Все соли способны образовывать кристаллы, и многие из них не действуют на лакмусовую бумажку. Соли далеко не всегда бесцветны, как поваренная соль: многие из них окрашены. Соли могут вступать в химическое взаимодействие друг с другом, причем в некоторых случаях из растворимых солей получаются нерастворимые, из бесцветных – окрашенные, из солей одного цвета – соли другого цвета. Реакции, при этом происходящие, называются реакциями обменного разложения.

На этих свойствах солей основана целая серия поразительных опытов-«фокусов», которые я вам собираюсь показать. Но гораздо важнее то, что на тех же свойствах держится техника производства кислот и оснований, солей, красок и крашения пряжи и тканей и других химических производств.

Самая нужная кислота

Крайне благоприятным обстоятельством для развития химической промышленности является тот факт, что самая важная из всех кислот является и самой дешевой.

Это – серная кислота. Объем производства серной кислоты в любой стране может рассматриваться как показатель, который в определенной мере отражает уровень промышленного развития страны.

Еще бы! Без серной кислоты химик как без рук. Она необходима для получения большинства других кислот, как минеральных, так и органических, очень многих солей и других химических соединений. Она применяется для превращения древесины в газетную бумагу, для превращения крахмала в сладкую патоку, для получения многих красок, для очистки нефтяных продуктов, в технологии черных и цветных металлов, в коксобензольном и кожевенном производстве и в ряде других производств. И главное, при обработке ею фосфоритов получают ценные удобрения – суперфосфаты.

Катализаторы химических реакций

Не все реакции соединения идут так гладко, как показанное вам мной соединение хлористого водорода с аммиаком; во многих случаях вещества, способные соединяться друг с другом, либо вовсе «не хотят» реагировать друг с другом, либо реагируют крайне медленно. В этих случаях прибегают к помощи особых веществ – катализаторов, не входящих в состав конечного продукта реакции и остающихся по окончании реакции неизменными.

Получение серной кислоты и является как раз примером таких реакций.

Серная кислота получается соединением серного ангидрида с водой. Серный ангидрид получается, в свою очередь, присоединением атома кислорода к молекуле сернистого ангидрида. С серой и сернистым ангидридом нам еще предстоит в дальнейшем познакомиться, а пока скажу, что сера, сгорая на воздухе, дает газообразный сернистый ангидрид, молекула которого состоит из одного атома серы и двух атомов кислорода. Серный же ангидрид – вещество твердое, в молекуле которого имеется третий атом кислорода. Задача катализаторов – присоединить этот третий атом кислорода к молекуле сернистого ангидрида.

Решается она двояко: либо в свинцовую камеру вместе с сернистым ангидридом и парами воды вводят небольшое количество оксидов азота, либо в камеру помещают губчатую платину. Первые отдают свой кислород сернистому ангидриду, а сами снова окисляются кислородом воздуха, вторая, сгущая на своей поверхности кислород, окисляет сернистый ангидрид в серный.

Сейчас в химической промышленности широко пользуются катализаторами для получения весьма многих, преимущественно органических, соединений.

Глава 2

Преобразование жидкостей

Обстановка «магического кабинета», где я собираюсь демонстрировать вам серию опытов, подтверждающих перечисленные выше свойства «трех китов» химии, весьма несложна. Стол, пара совершенно одинаковых бутылок из бесцветного стекла, полдюжины тонкостенных стаканов – вот и все, что пока мне понадобится. Стол может быть заменен низеньким шкафом с раскрытыми дверцами либо обыкновенным столом с табуретом.

В последнем случае пространство между верхним краем стола, обращенным к зрителям, и полом должно быть закрыто свесившейся со стола скатертью. Стаканы, если не гнаться за сценичностью опытов, можно заменить *пробирками* (рис. 2) – открытыми цилиндриками с тоненькими стенками, применяемыми в лабораториях. На скрытой от взоров зрителей полке стола-шкафа помещаю запас реагентов (химических веществ, нужных для опытов): твердых – в баночках (рис. 3), растворенных – в склянках (рис. 4).



Рис. 2. Пробирка



Рис. 3. Банка



Рис. 4. Склянка

Те и другие – с притертыми стеклянными пробками; на тех и других наклеены ярлычки с названиями веществ, в них содержащихся.

Сядьте неподалеку напротив стола и смотрите внимательно: я начинаю.

Молоко... из воды

В одной из повестей американского писателя Ф. Брет Гарта есть такая сценка:

«Незнакомец обмакнул в склянку сухую былинку и стряхнул с нее каплю в воду. Вода осталась такой же чистой и прозрачной, как прежде.

– Теперь брось туда щепотку соли.

Кунго повинился. В ту же минуту на поверхности воды показался беловатый пар, и вся вода стала молочного цвета.

– Это колдовство! – воскликнул Кунго.

– Это хлористое серебро! Неуч!»

Какая реакция описывается здесь романистом и верно ли она описана? Следующий опыт даст вам ответ на эти вопросы.

На столе пустой стакан. Можете осмотреть его, – в нем нет ничего магического; стакан как стакан. Два таких же стакана, наполовину налитых каждый, насколько можно судить по виду, прозрачной чистой водой, держу в правой и левой руке. Я сливаю воду из обоих стаканов одновременно в стакан, который стоит на столе (рис. 5).

Чудеса! Лил воду, а стакан наполнился... молоком.

Но стоит подождать несколько минут, и иллюзия рассеивается – густой белый творожистый осадок опускается на дно стакана, а вода над осадком снова становится прозрачной.



Рис. 5. Молоко из воды

Поэтому, если, повторяя мой опыт, вы не захотите испортить его эффект, немедленно прячьте стакан с «молоком» в стол и переходите к другим фокусам. Я же открою вам секрет превращения. В стаканах, которые я держал в руках, была налита не вода, а прозрачные водные растворы: в одном – обыкновенной поваренной соли (*хлористого натрия*), в другом – *ляписа* (*азотнокислого серебра*). Имейте в виду, что ляпис ядовит, обращайтесь с ним с особенной осторожностью, в руки не берите, вынимайте его из баночки, в которой храните, пинцетом (рис. 6); баночка должна быть из темного стекла, так как на свету ляпис разлагается. Растворять азотнокислое серебро необходимо в дистиллированной воде, так как в обыкновенной воде оно дает муть.

При сливании растворов произошла химическая *реакция* (взаимодействие) – соли обменялись металлами, входившими в их состав. Получились: *хлористое серебро*, нерастворимое в воде и вскоре осевшее в виде снежно-белого осадка, и *азотнокислый натрий* (*селитра*), оставшийся в растворе.



Рис. 6. Пинцет

В последнем нетрудно убедиться, если, осторожно слив жидкость с осадка, выпарить ее в фарфоровой чашечке на спиртовой лампе. Когда вода выкипит, на дне останутся кристаллики селитры.

Маленькое замечание практического характера: оттого-то и нельзя растворять ляпис в водопроводной воде, что самая, казалось бы, чистая вода содержит всегда в растворе хотя бы следы поваренной соли.

В лабораториях пользуются описанной реакцией для определения количественного содержания в воде хлористого натрия. Осадив его полностью из отмеренного количества испытуемой воды, осадок высушивают и взвешивают. *Химические соединения*, в отличие от простой смеси веществ, *происходят лишь при наличии строго определенных весовых отношений между составляющими их веществами*. Зная вес образовавшегося хлористого серебра, химик умеет вычислить, какое количество соли было в испытуемой воде.

Вода и сок в одной бутылке (Химические индикаторы)

А теперь, если хотите, могу налить вам либо вишневого сока, либо воды из... одной и той же бутылки. Пожалуйста, осмотрите ее перед началом опыта. Это убедит вас, что в бутылке не сок, а самая обыкновенная вода. Вы просите налить сока.

Наполняю из бутылки один из стоящих передо мной стаканов, и по красивой окраске жидкости вы можете судить, что перед вами вишневый сок. Но мне хочется выпить воды.

Я переливаю сок в другой стакан, и он снова превращается в воду (рис. 7). Но пить воду эту нельзя. И вот почему.



Рис. 7. Превращение сока в воду

В бутылку налита действительно простая вода, но к ней было предварительно прибавлено несколько капель раствора индикатора *фенолфталеина* (ядовит!). На дно первого стакана налил еще до начала опыта немного крепкого раствора соды, на дно второго – такой же раствор *виннокаменной кислоты*.

Фенолфталеин краснеет в щелочах и солях с преобладающими щелочными свойствами. Сода (*двууглекислый натрий*) как раз и есть такая соль. Она образована очень слабой *угольной кислотой* и сильной щелочью – *едким натром*. Кислоты разрушают эту окраску, поэтому при переливании окрасившегося от соды раствора в стакан с виннокаменной кислотой он снова обесцветился.

Кстати, о фенолфталеине. Он постоянно применяется в химических лабораториях, служа для указания появления и исчезновения щелочной реакции растворов в так называемом объемном анализе веществ. Как и лакмус, он, следовательно, является химическим *индикатором*.

Заменяя фенолфталеин другим органическим красителем – *метилоранжем*, дающим желтую окраску в щелочах и красную в кислотах, можно в нашем опыте налить из бутылки с водой в один стакан яблочного сока, в другой – вишневого, а в третий – чистой воды. Но и в этом случае пить налитые «напитки» нельзя!

Превращение воды в чернила и обратно

Передо мной две бутылки – одна с водой, другая пустая – и четыре стакана. Лью в них воду из бутылки, и вы видите, что в четных по порядку стаканах она превращается в чернила, а в нечетных остается сама собой. Отлейте немного полученных чернил в пузырек и при случае удостоверьтесь, что ими отлично можно писать. Беру пустую бутылку и сливаю в нее содержимое из всех стаканов. Встряхиваю бутылку, взбалтываю жидкость. Как видите, бутылка полна чистой воды. Чернил как не бывало!

Чтобы показать вам этот фокус, я предварительно в воде первой бутылки растворил с пол-ложки *танина*. (Танин – это сложное дубильное вещество, выделяемое преимущественно из коры акации, ели или каштана.) В четные стаканы я тоже заранее прилил по несколько капель концентрированного раствора *хлорного железа*. С этим соединением, как и с другими солями железа, танин дает *железо*.

В бутылку, казавшуюся вам пустой, на дно мной было налито немного концентрированного раствора *щавелевой кислоты* (ядовита!). Совершенно таким же образом можно показать превращение воды в красные чернила и, наоборот, красных чернил в воду, заменив раствор танина раствором *салицилового натрия*.

Мнимая ошибка физиков (Обесцвечивание хлором)

Физика учит, что при смешивании синего и желтого цветов получается составной зеленый цвет. В том же убеждены все живописцы. А между тем я легко могу доказать вам, что такое утверждение ошибочно. Синий и желтый – дополнительные цвета, взаимно уничтожающие друг друга. Растворы синей и желтой краски при сливании дают бесцветную смесь. Убедитесь сами. В этом стакане, как видите, синяя жидкость, в этом – желтая. Переливаю их в третий стакан. Перед вами прозрачная вода: синий и желтый цвета уничтожили друг друга...

Почти уверен, что вас я не введу в заблуждение и вы сами разгадаете тайну такого «нарушения» законов оптики; но кто еще не видел показанных мною раньше опытов, тот, пожалуй, будет поставлен этим опытом в тупик. Вы говорите, что в первом стакане у меня был щелочной раствор лакмуса, в другом – такой же раствор метилоранжа, а в третьем, куда я слил содержимое двух первых, – хлорная вода.

Вы правы: так оно и было!

Вода – в молоко, молоко – в воду (Обратимость химических реакций)

Мы уже видели, что можно превратить воду в молоко, получая при сливании бесцветных растворов двух солей белый взвешенный в воде осадок. Теперь могу показать и другой способ получения такого «химического молока», но в отличие от ранее полученного оно может превращаться снова в воду. Вы уже настолько посвящены мною в секреты превращения различных жидкостей друг в друга, что нет надобности показывать вам этот опыт; достаточно будет, если я расскажу вам, как его надо проделать.

Возьмите два совершенно одинаковых графина. Налейте наполовину один из них прозрачным бесцветным раствором соды. Другой графин, со слабым раствором соляной кислоты, спрячьте на полке нашего «магического» стола. Не забудьте, что уровень жидкости в нем должен быть существенно ниже, чем в первом, так как из первого вам придется часть раствора отлить. На стол поставьте стакан, наполовину наполненный раствором *хлористого кальция*. Все названные жидкости бесцветны, прозрачны и по внешнему виду ничем не отличимы от чистой воды. Сказав, что вы умеете превращать воду в молоко, долейте из первого графина стакан, что стоит на столе.

Сода (двууглекислый натрий) даст с хлористым кальцием нерастворимый в воде углекислый кальций и остающийся в растворе хлористый натрий (поваренную соль). Жидкость в стакане замутится и издали будет вполне похожа на молоко.

Поднесите стакан ко рту (но ни в коем случае не пейте!), как будто пробуя на вкус, сняв одновременно графин со стола и поставив его на полку. Сделав вид, что вкус молока вам не понравился, незаметно подмените графин, взяв с полки тот, в котором у вас раствор соляной кислоты, и вылейте в него «молоко» обратно. Взболтайте жидкость и покажите зрителям, что она вновь обратилась в воду. В этом случае действительно будет обратное превращение – только, конечно, не молока в воду, а углекислого кальция снова в растворимый хлористый кальций.

Но смотрите не перепутайте второпях графины!

Превращение воды в «кровь» (Реакция качественного анализа)

На столе перед вами стакан с водой. Беру кусок воска или парафина и отделяю от него крохотный кусочек, остальное передаю вам. Можете убедиться, что это действительно воск или парафин, которые в воде, как вам известно, нерастворимы. Заодно осмотрите внимательно и мою «волшебную палочку» (рис. 8). Это самая обыкновенная стеклянная палочка. На ваших глазах прилепляю на ее конец свой кусочек воска и начинаю помешивать ею воду в стакане. Ничего не происходит. Неужели опыт не удался?

Подождите. Считайте до десяти.

Как только вы скажете «десять», вода мгновенно превратится в «кровь».

Поднимаю стакан, и вы видите – он до краев полон «крови».



Рис. 8. «Волшебная палочка»

В крупинке воска, которую я отделил от целого куска, мной был предварительно спрятан крошечный кристаллик *роданистого аммония*. В воду заранее добавлено несколько капель хлорного железа с соблюдением осторожности, чтобы она не пожелтела. В противном случае следует вылить часть раствора и долить стакан чистой водой. Когда вы сказали «десять», я слегка надавил концом палочки на дно стакана: этим я раздавил кристаллик роданистого аммония, освободив его от восковой оболочки. После вступления в реакцию роданистого аммония с хлорным железом получилось *роданистое железо*, оно и окрасило воду в кроваво-красный цвет.

Наш «фокус» ежедневно проделывают в химических лабораториях всего мира. Эта в высшей степени чувствительная реакция служит для обнаружения малейших следов железа при качественном анализе, то есть исследовании, из каких химических элементов состоит данное сложное вещество или смесь веществ.

Как одной краской красят в разные цвета

Если вам не скучно посидеть несколько минут без дела, могу на ваших глазах отварить несколько листьев красной капусты в кипящей воде, чтобы извлечь из них сок, содержащий органическую краску, напоминающую по своим свойствам лакмус.

Ну вот, отвар готов; наливаю его в три тарелки и приступаю к крашению. В первую тарелку погружаю лоскуток белой ткани и вынимаю его зеленым; во вторую погружаю такой же лоскуток, но он становится пурпурным; третий лоскуток в третьей тарелке делается пунцово-красным. Это химическое «чудо» и сотни ему подобных являются самым обыкновенным приемом красильщиков пряжи и тканей. Его знали еще красильные мастера Древнего Египта и Индии, где оно практиковалось за тысячи лет до нашей эры.

Называется оно окраской по протраве. Тряпочки, которые я погружал в одну и ту же краску, окрашивались в разные цвета потому, что я до начала опыта пропитал их различными веществами, после чего все их высушил. Первую я обработал раствором *квасцов*, вторую – раствором *поташа* (карбонатом калия), третью смочил *соляной кислотой*. Одна и та же краска, вступая в химическую реакцию с разными протравами, дает различно окрашенные соединения.

Секрет старых красильщиков

Химики наших дней дали красильщикам пряжи и тканей такое обилие искусственных органических красок, что крашение естественными растительными красками совершенно вышло из употребления.

В прошлом веке было не так. Выбор красильных веществ в те времена не отличался особым богатством, так что мастерам красильного дела приходилось изыскивать способы, как одним и тем же красильным пигментом окрашивать пряжу и ткани в различные цвета.

Одной из излюбленных старыми мастерами красок был отвар кампешового дерева. Его иногда можно было найти в продаже, так как приготовляемые из него краски безвредны и применялись для окраски пищевых веществ. (К сожалению, надо отметить, что безвредность не принадлежит к числу достоинств большинства искусственных органических и минеральных красок.) Если бы вы нашли в продаже кампешовое дерево (оно продавалось в виде стружек), отварили его в тонкостенной колбе и после этого разлили отвар по чашкам и прилили к нему в одну чашку уксуса, в другую – раствора квасцов (*двойная сернокислая соль алюминия и калия, натрия или аммония*), в третью – раствора хлорного железа, вы бы поняли, как одной и той же краской можно красить в разные цвета.

Химические реактивы можно использовать для определения подделок пищевых продуктов. Кампеш, например, служил прекрасным средством, чтобы уличить булочников в прибавке квасцов к муке, из которой выпекались булки. Прибавляли же квасцы к муке с целью улучшить цвет хлеба и увеличить его пористость. Нельзя сказать, чтобы эта примесь была смертельно ядовита, но, во всяком случае, она не вполне безвредна для здоровья потребителей хлеба. Лучшим способом обнаружить ее является вымачивание испытуемого хлеба в свежем спиртовом настое кампешевых стружек, к которому прибавлено небольшое количество углекислого аммония. Пропитавшийся настоем кампеша хлеб вынимают из жидкости и сушат в теплой печи. Если в нем были квасцы, то, в зависимости от их количества, хлеб приобретает более или менее выраженный синий цвет. При отсутствии квасцов цвет высушенного хлеба будет красно-бурый.

Гораздо вреднее и опаснее, чем подмесь квасцов, прибавка к затхлой и низкосортной муке толченого порошка *медного купороса*. Между тем в начале прошлого века булочников неоднократно уличали в таком «сдабривании» хлеба. Чтобы обнаружить эту примесь, хлеб смачивали раствором уксусной кислоты и затем – раствором *желтой кровяной соли (железисто-синеродистого калия)*. В случае присутствия солей меди хлеб при такой обработке окрашивается в шоколадный цвет.

Забытое слово

В одной очень старинной басне есть такое выражение: «Изрядно насандалив нос...» В наше время, пожалуй, не всякий его поймет. Происходит же слово «насандавить» от слова «сандал», так кратко называют сандаловое дерево, растущее, как и кампешевое, в тропических краях. До открытия искусственных органических красок сандал был весьма популярен среди красильщиков. Теперь же его достать так же трудно, как и кампеш.

Отварите стружки сандала в слабом растворе щелочи (едкого натра или кали), разделите отвар на две порции и прибавьте к одной из них раствор *хлористого кальция*, а к другой – *хлористого бария*. Получите так называемые лаки фиолетового цвета, применявшиеся в обойном производстве. Другую часть стружек нужно настоять на спирту; спирт окрасится в очень красивый оттенок красного цвета. Оттого-то и применялся в старое время сандал в виноделии, что при его помощи из воды, спирта и карамели готовили «виноградные вина» без... единой виноградинки. Недаром в конце 80-х годов XIX века из Москвы вывозилось «виноградных вин» больше, чем ввозилось в нее, хотя, как известно, виноград в Москве не растет...

Отсюда понятно и выражение «насандавить нос». Известно, что от неумеренного употребления спиртных напитков нос краснеет, сандал же красит тоже в красный цвет.

«Канцелярское семечко»

Самой великолепной красной краской является кармин. Кто рисует акварелью, тот должен знать, что это самая дорогая краска. Вы знаете, из чего делают настоящий кармин? Это единственная краска, которая в наше время получается из животных. Раньше использовались красящие вещества, вырабатываемые организмами некоторых моллюсков (пурпур древних и сепия), а теперь и эти вещества и кармин готовят искусственно. Только еще, пожалуй, высоко-сортная акварельная краска этого цвета делается из карминовой кислоты, производимой самками насекомых кошенили. Кошениль – кактусовая ложнощитовка – насекомое, культивируемое на кактусах-опунциях⁴. Есть, однако, и у нас насекомое кермес, или дубовая кошениль, в которой содержится то же красящее вещество, как и в кошенили, и которая некогда служила источником для получения кармина. Было время, когда кермес составлял ценный предмет вывоза в Западную Европу из Украины и Польши. Польские паны даже собирали оброк со своих крепостных кермесом. Теперь европейский кермес совершенно забыт, да и привозную кошениль можно достать с большим трудом, в особенности настоящую. Подделывают же ее самыми разнообразными способами – вплоть до продажи вместо настоящих насекомых... комочков глины с примесью клея и дешевой краски, обсыпанных тальком... Раньше кошениль была в ходу у красильщиков и почему-то носила курьезное название «семечка», и притом «канцелярского». Но что это «канцелярское семечко» не что иное, как засушенные насекомые, в этом легко убедиться, размочив крупинку кошенили и рассматривая ее в увеличительное стекло. Красили этим препаратом, отваривая его в мягкой (это обязательно!) горячей воде и осаждая из раствора лаки. Лаками в красильном деле называются соединения естественных растительных и животных красок с солями металлов. Ничего общего с обыкновенным лаком – жидкостью, дающей при высыхании блестящую гладкую пленку, – они не имеют.

Из водного раствора краска осаждается квасцами; отфильтрованный осадок надо высушивать не нагревая. Если его растереть с примесью растительных клеящих веществ, то и получится кармин. Попробуйте, если случайно достанете кошенили, приготовить сами эту дорогую краску неподражаемого красивого оттенка, а заодно можете получить ряд карминовых лаков от темно-малинового до изжелта-красного цвета. Они тоже применяются в акварельной и масляной живописи.

Готовятся карминовые лаки растворением полученного квасцового осадка и приливанием к нему растворов *уксуснокислого свинца*, *хлористого олова* и других солей тяжелых металлов. Кармин применялся для подкраски вин и съестных, преимущественно кондитерских, продуктов. Лаки его шли, помимо окраски пряжи и тканей в ситценабивном и обойном деле, и для изготовления красных чернил.

Все это было и былшем поросло. Хотя и сейчас в некоторых руководствах химической технологии говорится о применении кошенили для крашения, но нигде она теперь уже для этого не применяется: ее вытеснили дешевые краски, полученные химическим путем.

⁴ Опунция – род растений семейства кактусов. Опунция обыкновенная – мощное многолетнее растение до 4–6 метров высотой из субтропиков Южной Америки.

Химия органическая и неорганическая

«Понятия меняются, слова остаются». Как это верно! Как часто приходится слышать: «Зажги электричество», «Погаси электричество», хотя говорящему отлично известно, что электрическую лампочку не зажигают и не гасят, а включают в цепь тока и выключают из нее. К словам, пережившим понятия, которые в них раньше вкладывались, относятся и обозначения двух отделов химии, по традиции именуемых неорганической и органической химией. Долгое время химики, не умея изготовить большинство тех сложных химических соединений, которые входят в состав органов растений и животных, объясняли свое неумение тем, что эти вещества образуются в растениях и животных под действием особой «жизненной силы» и не могут быть синтезированы в колбах и ретортах⁵.

Такого же взгляда придерживался и знаменитый немецкий химик Веллер, которому личным опытом довелось убедиться в ошибочности этого взгляда. Он из несомненно неорганических соединений азота и углерода с кислородом получил сложное вещество, оказавшееся известным ранее типичным «органическим» соединением – мочевиной.

Теперь мы твердо знаем, что никакой «жизненной силы» для получения любого вещества, входящего в состав растений и животных, не нужно, что все они могут быть построены из составляющих их элементов. То обстоятельство, что еще не все они искусственно получены, нимало нас не смущает. Не полученные при современных средствах синтеза будут получены, когда эти средства усовершенствуются.

В действительности же все так называемые «органические» соединения – это соединения углерода. В отличие от других элементов углерод способен давать многие десятки тысяч соединений с другими простыми веществами. Исключительно для удобства изучения все многообразные соединения углерода сводятся в отдельную от химии других элементов дисциплину, «по старой памяти» называемую органической химией.

Самый же главный курьез состоит в том, что сейчас в курсах «органической» химии изучается громадное число таких углеродистых соединений, которых не найти ни в одном растении и ни в одном животном. Начало такому синтетическому построению «органических» веществ, не существующих в природе, творимых химиком в его колбах, ретортах и заводских аппаратах, положило случайное открытие восемнадцатилетнего студента Перкинса.

Перкинс задумал изготовить синтетически лечебное вещество хинин, извлекаемое из коры хинного дерева. Получив в течение своих изысканий какое-то новое соединение, он захотел изучить его растворимость и, растворив в спирте, увидел, что раствор имеет великолепный фиолетовый цвет.

«Нельзя ли его использовать в качестве краски?» – подумал Перкинс. Оказалось, что очень даже можно: раствор отлично окрашивает шерсть и шелк в красивый лиловый цвет. Перкинс махнул рукой на науку, бросил университет и основал первую в мире фабрику искусственных «органических красок». Вслед за ним сотни других химиков стали синтезировать все новые и новые соединения углерода, нашедшие применение не только в качестве красителей, но и как дезинфицирующие, анестезирующие (обезболивающие), лекарственные, отравляющие и взрывчатые вещества.

⁵ Реторта – сосуд с длинным отогнутым горлом, употребляемый для перегонки каких-либо жидкостей.

Фабрики красок – предприятия далеко не невинные

Во второй половине XIX века изучение и использование химии лучше всего было поставлено в Германии.

Производство искусственных органических красок, зародившееся в Англии, там не очень прижилось и вскоре перекочевало в Германию.

До мировой войны 1914–1918 годов Германия была чуть ли не монополистом в этой области, и даже США, с их высоко развитой техникой, импортировали краски для текстильной промышленности из Германии.

Вскоре после начала войны запасы купленных в Германии красок всюду истощились, и текстиль «обесцветился». Это, конечно, полбеда, а плохо было то, что немцы тотчас переключили свои фабрики красок на изготовление взрывчатых и отравляющих веществ.

Вскоре и в нашей стране удалось создать и развить свою красочную промышленность. Это очень сложная отрасль химической промышленности, и неудивительно, что добиться в ней успехов нам удалось только после настойчивых трудов.

В 40-х годах XX века мы овладели производством самых сложных органических красок, в том числе в конце 1935 года такой широко применяемой в текстильном деле краски, какой является индиго.

Чтобы дать вам понятие, какое это непростое дело, скажу, что изобретатель синтетического индиго Байер потратил на предварительные опыты огромное количество средств и... 20 лет упорного, настойчивого труда.

Что слаще сахара?

Тот сахар, который мы кладем в чай, принадлежит к большой группе органических соединений, называемых углеводами. Его молекула строится из атомов углерода, водорода и кислорода. Из тех же химических элементов, но в других количествах построены и молекулы других сладких углеводов, например входящих в состав патоки. Все они менее сладки, чем свекловичный (он же и тростниковый) сахар.

Есть ли вещества слаще сахара? Да, есть. Ряд производных органической бензойной кислоты – сахарины – в 200–400 раз слаще сахара. Все они имеют неприятный привкус и, в отличие от сладких углеводов, не питательны. Первым был открыт так называемый ортосульфамин бензойной кислоты. Словечко для нехимика сложноватое, химику же оно поясняет строение молекулы этого вещества.

История его открытия довольно любопытна. В 1879 году в лаборатории профессора Ремсена работал политический эмигрант из царской России, переселившийся в США, химик Фальберг. Как-то, придя из лаборатории домой обедать, он удивился, почему хлеб такой сладкий. Жена же его уверяла, что хлеб как хлеб, вовсе не сладкий. Фальберг попросил жену протянуть ему ее лопот, чтобы он мог откусить от него, не беря в руки. Хлеб, действительно, оказался несладким. Тогда Фальберг сообразил, что, как ни тщательно он мыл руки перед обедом, все же, значит, на них сохранился вкус того вещества, которое он готовил в лаборатории в этот день, – сульфаминбензойной кислоты. Значит, она должна быть необычайно сладка на вкус. Бросив обед, химик помчался в лабораторию и убедился в правильности своего предположения. Изготовленное им соединение, действительно, оказалось в 280 раз слаще сахара. Вскоре он стал готовить его фабричным путем, и немедленно у него нашлись конкуренты, запатентовавшие фабрикацию других, еще более сладких, производных бензойной кислоты.

Настоящее назначение сахарозаменителей – заменять сахар больным, которым настоящий сахар есть вредно.

Золото растворимое и растворенное

В мрачные времена Средневековья химия, преследуемая инквизицией, выродилась в алхимию – тайное знание, поставившее себе главной целью превращение простых металлов в золото. Помните, что говорит Гоголь о человеческой жажде знаний, не угасавшей и в Средние века?⁶

«...А занятия алхимией, считавшиеся ключом ко всем познаниям, венцом учености Средних веков, в которой заключалось детское желание открыть совершеннейший металл, который бы доставил человеку все!.. Представьте себе какой-нибудь германский город в Средние века, эти узенькие, неправильные улицы, высокие пестрые готические домики, и среди них какой-нибудь ветхий, почти валяющийся домик, считаемый необитаемым, по растреснувшимся стенам которого лепится мох и старость, окна глухо заколочены, – это жилище алхимика. Ничто не говорит в нем о присутствии живущего, но в глухую ночь голубоватый дым докладывает о неусыпном бодрствовании старца, уже поседевшего в своих исканиях, но все еще неразлучного с надеждой, – и благочестивый ремесленник Средних веков со страхом бежит от жилища, где, по его мнению, духи основали приют свой и где, вместо духов, основало жилище неугасимое желание, непреодолимое любопытство, живущее только собою и разжигаемое собою же, возгорающееся даже от неудачи, – первоначальная стихия всего европейского духа, – которое напрасно преследует инквизиция, проникая во все тайны мышления человека: оно вырывается мимо и, облеченное страхом, еще с большим наслаждением предается своим занятиям».

В прекрасной сказке «Что рассказывал ветер о Вальдемаре До и его дочерях» Андерсен так описывает средневекового делателя золота: «Вальдемар До был горд и смел, но также и знающ. Он много знал. Все это видели, все об этом шептались. Огонь пылал в его комнате даже летом, а дверь всегда была на замке; он работал там дни и ночи, но не любил разговаривать о своей работе: силы природы надо испытывать в тиши. Скоро, скоро он найдет самое лучшее, самое драгоценное на свете – красное золото. От дыма и пепла, от забот и бессонных ночей волосы и борода Вальдемара До поседели, кожа на лице морщилась и пожелтела, но глаза по-прежнему горели жадным блеском в ожидании золота, желанного золота. Но вот зазвонил колокол, в небе заиграло солнышко. Вальдемар До лихорадочно работал всю ночь, варил, охлаждал, мешал, перегонял. Он тяжело вздыхал, горячо молился и сидел за работой, боясь перевести дух. Лампа его загасла, но уголья очага освещали бледное лицо и впалые глаза. Вдруг они расширились. Глядит в стеклянный сосуд. Блестит... Горит, как жар. Что-то яркое, тяжелое. Он поднимает сосуд дрожащею рукой и, задыхаясь от волнения, восклицает: «Золото! Золото!» Он выпрямился и высоко поднял сокровище, лежащее в крупном стеклянном сосуде. «Нашел! Нашел! Золото!» – закричал он и протянул сосуд дочерям, но... рука его дрогнула, сосуд упал на пол и разбился вдребезги. Последний радужный мыльный пузырь надежды лопнул».

Попробуем и мы, по примеру алхимиков, поискать способ получения «золота из воды».

Пока вы читали отрывки из Гоголя и Андерсена, я вскипятил в двух колбах воду. Выливаю из них кипяток в третью, большей вместимости, и накрываю ее платком. Минуту терпения! Готово! Снимаю платок и передаю вам остывшую колбу. Какая красота! Какой блеск! Она вся наполнена мельчайшими чешуйками золота, которые так и искрятся в лучах солнца. Ставлю потом колбу на сетку, лежащую на треножнике, зажигаю под сеткой спиртовую лампочку, – и через несколько минут «золота» как не бывало: оно сплошь растворилось в кипящей воде. Нет надобности, конечно, говорить, что это и не было золото.

⁶ Гоголь Н.В. О средних веках.

В колбочках отдельно я вскипятил растворы уксуснокислого свинца (ядовит!) в дистиллированной воде и *йодистого калия*. Сливая их вместе, получим путем *обменного разложения* этих солей две новых – *уксуснокислый калий*, оставшийся в растворе, и *йодистый свинец*. Последний растворим только в горячей воде, а при охлаждении раствора выпадает из него в виде мелких чешуйчатых кристалликов с золотым блеском. Это, пожалуй, самый красивый из всех химических опытов.

По поводу внешнего сходства кристаллического йодистого свинца с крупинками золота и его растворимости в воде мне хочется сказать несколько слов об ошибке средневековых алхимиков и о возможности действительного получения золота из других веществ, а также и извлечения его из воды. Алхимики верили в существование «первичной материи» и не различали понятий о сложных и простых веществах. Их ошибка состояла в том, что они все свое внимание обратили на физические свойства тел, а не на их химический состав. Они надеялись, что, комбинируя разные вещества, обладающие отдельными свойствами золота, можно в конце концов получить и само золото. В особенности пленяла их мысль превратить в золото тяжелую и блестящую *ртуть*, придав ей твердость и желтый цвет. Оттого обычно они и смешивали ее для этого с твердой и желтой *серой*. По их мнению, сера должна была придать ртути недостающие последней свойства. Но мнение их было ошибочным, так как, соединяясь, вещества утрачивают свои физические свойства и приобретают новые.

Так, сера, соединяясь с ртутью, давала совсем не золото и даже не новый металл, а красную краску – *киноварь*. Зато они случайно оказались правы в предположении, что есть какая-то связь между золотом и ртутью. В 1924 году один германский ученый, пропуская через ртутные пары электрический ток высокого напряжения, превратил, как он думал, после долгого времени, часть ртути – правда, крайне ничтожную – в золото. Это открытие было опровергнуто дальнейшими опытами, но, во всяком случае, оно не имеет практического значения: такое искусственное золото обошлось бы в 10 000 раз дороже добываемого в золотоносных породах. С теоретической же стороны оно было бы очень интересно, лишняя раз доказывая, что державшееся свыше ста лет разделение веществ на сложные и простые чисто условно. Впрочем, для химика-практика это мало меняет дело, так как получать искусственное золото заводским путем вряд ли когда-нибудь будет доступно. Скорее мы можем рассчитывать научиться выделять его из морской воды.

Чего только не содержит в себе вода морей и океанов! Омывая берега континентов и островов, питаясь водами рек, сбегаящих со всей поверхности суши, за миллионы веков своего существования океаны накопили в себе колоссальные запасы всевозможных химических соединений, выщелачиваемых водою из земной коры. В числе этих веществ обнаружено в морской воде и золото в виде соединения с хлором. Но какой же это слабый раствор! В 200 000 тоннах океанской воды содержится не более 1 грамма золота (а по новейшим анализам даже и того меньше). Самые бедные земные золотоносные породы, разработка которых уже почти не оправдывается, содержат в 1200 раз больше этого металла.

Но зато количество воды в океанах так колоссально велико (1200 миллионов кубокилометров), что, если бы выделить из нее все это золото, его получилось бы около 4 миллиардов тонн. Все население земного шара исчисляется приблизительно в 7 миллиардов. На долю каждого из нас, следовательно, приходится теоретически около полутонны морского золота. Столько весит золотой «кубик», грани которого равны 30 сантиметрам.

Не думайте, что попыток химического извлечения золота из недр океана не делалось. Их было много, некоторые из них были с научной точки зрения более или менее удачны, но с экономической стороны все они пока не более успешны, чем попытки древних алхимиков превратить в золото дешевые металлы. Золото океанов ждет еще того химика, который найдет дешевый способ извлечь его на поверхность.

Исторический курьез

Гальваническое золочение, о котором сказано выше, – это частный случай гальваностегии – покрытия одного металла другим при помощи электрохимического процесса разложения током соли данного металла. Гальваностегия и гальванопластика (получение металлических копий с рельефных изображений) были открыты в России в 1838 году Морицем Якоби. Заметив, что осевшая на отрицательном полюсе гальванического элемента медь, отделяясь от него, дает с него слепок, Якоби стал покрывать слепки с рельефных изображений графитом и осаждать на них слой меди, получая копии оригиналов. Он писал своему великому современнику Фарадею: «Я буду иметь честь послать вам рельеф из меди, оригинал которого сделан из пластического вещества, поддающегося в руках художника всем изменениям. При помощи этого метода сохраняются все мельчайшие особенности оригинала, теряющиеся при отливке». Французская академия наук наградила за это открытие Якоби золотой медалью.

Глава 3 Опыты с газами

Много лет тому назад один известный ученый писал другому: «Опишу вам опыт страшный и ужасный...» – а речь-то шла всего-навсего о разряде лейденской банки⁷, опыты с которой теперь безбоязненно проделывает любой школьник. Однако ученый был прав, называя опыт ужасным, так как он иной раз оканчивался смертью экспериментатора (например, смерть Доппельмейера в 1750 году).

Отчего же то, что казалось раньше страшным, да и в самом деле таким было, теперь никого не пугает? Оттого, что люди научились как следует обращаться с лейденской банкой, чтобы ее разрядом не причинять вреда ни себе, ни другим.

Химику подчас приходится иметь дело с веществами куда более опасными. Даже при самом поверхностном знакомстве с этой наукой нельзя избежать встречи с веществами, которые могут оказаться очень опасными при неумелом обращении с ними. Немало химиков поплатились здоровьем и даже жизнью, впервые работая с такими веществами. Зато теперь мы знаем, как обезопасить те страшные силы, которые в них скрыты, и безбоязненно проделываем с ними всевозможные опыты. «Нет плохих ролей, а есть плохие актеры», – уверял какой-то драматург. Так и мы скажем, что «нет опасных веществ, а есть неумелые экспериментаторы». Мы постараемся не попасть в их число. Хотя и говорят: «Тот не ездок, кто под конем не бывал; тот не химик, у кого ни разу водород не взорвало», с последним я не согласен. Химик должен быть осторожен и аккуратен, а у осторожного и аккуратного человека никаких непредвиденных «случаев» быть не должно. А потому, приняв все меры предосторожности, займемся теперь получением «страшных газов».

Кто не слышал об убийственных газах на полях сражений мировой войны? Кто не читал предсказаний, что последующие войны станут «химическими», что в них главная роль отведется отравлению противника смертоносными, всюду проникающими ядами? На первый раз мы познакомимся с газом, хотя и не ядовитым и не применяемым в химической войне, но тем не менее весьма опасным и требующим наибольшей осторожности при его получении.

⁷ Лейденская банка – электрический конденсатор, изобретенный голландскими учеными в 1745 году в Лейдене. Он имеет форму цилиндра, оклеенного внутри и снаружи листовым оловом примерно до $\frac{2}{3}$ его высоты и прикрытого деревянной крышкой. Сквозь крышку в банку проходит металлический стержень. Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, порядка микрокулона. Благодаря лейденской банке удалось впервые искусственным путем получить электрическую искру. В современном мире лейденская банка по большей части применяется для демонстраций и опытов.

Самый легкий газ

Самый легкий из всех газов называется *водородом*. Он в 14 раз легче воздуха. Воздух же, надо заметить, в 770 раз легче воды. Таким образом вода, с которой мы все так хорошо знакомы, заключает в своем составе наиболее легкое из всех известных нам на земле веществ. А что это так, что вода не простое тело и водороду недаром дано его прозвище, я сейчас вам докажу. Мы все безбоязненно пьем воду, она необходима для поддержания нашей жизни, она в количестве 58 процентов входит в состав нашего тела. Дело в том, что водород не растворен в воде, как сахар в стакане чая: он вместе с другим газом, кислородом, образует воду. В том-то и заключается удивительная тайна химических превращений, что вещества, вступая в соединения друг с другом, дают совершенно новые вещества, а не простую смесь начальных веществ.

Перейдем к некоторым опытам. Перед вами две двугорлые склянки, наполненные каждая на $\frac{2}{3}$ водой; их горла плотно заткнуты проваренными в парафине мягкими и упругими пробками; через первую пробку первой склянки пропущена почти до самого дна склянки стеклянная трубка, оканчивающаяся воронкой. Вторая пробка этой склянки соединена с первой пробкой второй склянки изогнутой под прямыми углами стеклянной трубкой, которая в первой склянке опущена лишь немногим ниже пробки, а во второй доходит почти до дна. Из последней пробки выходит газоотводная трубка, изогнутая, как показано на рис. 9. Оттянутый кончик ее с узким отверстием погружен в воду пневматической ванны. Роль последней может играть обыкновенная глубокая тарелка.

Перед тем как приступить к опыту, я самым тщательным образом замазываю все пробки замазкой, чтобы газ, который мы станем добывать, не нашел нигде выхода через зазоры между стеклом и пробкой. Наполнив два-три узких и высоких стеклянных цилиндра водой, я прикрываю их квадратными кусочками матового стекла.

Цилиндры, при нужде, можно заменить обыкновенными стеклянными бутылками из-под минеральной воды. Здесь же на столе у меня штатив с пробирками и полотенце. Как можно дальше от прибора для получения газа, всего лучше – на особом столике, поставленном в нескольких шагах, – спиртовка с колпаком (рис. 10).



Рис. 9. Получение водорода

В школах обычно получают водород в подобных приборах, действуя серной кислотой на *цинк*. Вы, вероятно, знаете, что серная кислота в высшей степени гигроскопична и, в большинстве случаев, хорошо растворяет металлы, образуя соответствующие сернокислые соли и выделяя водород. Применяемый для наполнения аэростатов водород долгое время добывали подобным образом; только вместо дорогого цинка брали дешевое железо в виде железного лома.

Однако я покажу вам другой способ получения интересующего нас газа. Он гораздо удобнее и менее опасен. Не будем забывать, что серная кислота – это вещество, с которым чем меньше будем иметь дела, тем лучше, особенно когда нельзя обойтись кап-лей-другой, а приходится работать с относительно большими ее количествами.

Я воспользуюсь тем, что многие металлы вытесняют водород не только из кислот, но и из воды. Правда, в большинстве случаев такое разложение происходит лишь при очень высокой температуре, но, к счастью, есть некоторые металлы, способные разлагать воду и при обыкновенной температуре.



Рис. 10. Спиртовка

К таким металлам принадлежит *кальций*. Я храню его в баночке с плотно притертой пробкой. Как видите, он залит какой-то жидкостью. Это – керосин, на который кальций не действует химически. Зато на воздухе этот металл быстро окисляется, ржавеет, превращается в *известь* (негашеную). Тот же процесс происходит под водой, только в этом случае образовавшийся оксид соединяется с избытком воды в так называемую гашеную известь. Вынув кусочек серовато-белого металла щипчиками, осторожно обсушиваю его фильтровальной бумагой, удаляя следы керосина, не касаясь металла руками. Теперь смотрите: я вынимаю из первой склянки первую пробку, быстро бросаю куски кальция в воду, сейчас же вновь закупориваю банку и обмазываю пробку замазкой. Куски металла, упав на дно склянки, покрываются пузырьками газа, которые, оторвавшись от поверхности, быстро всплывают вверх.

Вскоре жидкость в банке кажется словно кипящей. Выделяющийся газ вытесняет, вернее, увлекает с собой воздух и идет с ним вместе во вторую склянку, а оттуда из газоотводной трубки – в окружающую атмосферу, булькая пузырьками через воду. Наполнив одну из пробирок водой, закрываю ее пробкой, переворачиваю и опускаю ее конец в воду тарелки, играющей у нас роль пневматической ванны. Отвожу пробку в сторону и держу отверстие пробирки над отверстием трубки.

Пузырьки газа, ранее вышедшие через воду, идут в пробирку, вытесняя из нее воду. Вскоре пробирка наполняется газом. Опять закрываю ее пробкой, вынимаю из воды и быстро несу к столику, на котором стоит спиртовка. Держа пробирку отверстием вниз, подношу ее к пламени и открываю.

Слышали свист? Он показывает, что водород в пробирке смешан с воздухом и обращаться с ним надо осторожно. Нужно, следовательно, подождать немного, пока выделяющийся водород вытеснит следы воздуха из аппарата. А чтобы не сидеть без дела, прочтите страничку из книги одного английского химика о том, как иногда может быть опасен взрыв водорода.

Вот что он пишет: «Несколько лет тому назад рабочие, занятые при постройке большого парового котла для германского военного судна, по небрежности оставили внутри его несколько кусков цинка; им в голову не приходило, что этим они могут причинить смерть многим своим товарищам и повергнуть много рабочих семей в глубокое отчаяние. Паровик был поднят на судно и установлен на место. Несколько времени спустя судно отправилось в пробное плавание. Трюм был переполнен занятыми кочегарами; машины впервые дрогнули и быстро погнали мощное судно по морю. Вода за это время нагрелась до чрезвычайно высокой температуры, и цинк быстро растворялся в ней, освобождая при этом значительное количество водородного газа. Этот газ вместе с воздухом образовал в паровике страшно взрывчатую смесь. Люди, работавшие вокруг паровика, конечно, ничего этого не подозревали, а между тем котел постепенно наполнялся все больше и больше этой смертельной смесью. Как вдруг, без

малейших предупредительных признаков, с ослепительным блеском и оглушительным громом большой паровик разорвался на части, убив или искалечив всех находившихся в помещении людей, а само судно наполнилось облаком перегретого пара. Причина взрыва осталась тайной, пока в остатках паровика не нашли кусочков цинка. Таким образом, мы видим, что силы химического средства, находясь под контролем, становятся полезными слугами, а вне контроля – страшными господами»⁸.

⁸ *Мартин Д.* Чудеса и завоевания современной химии.

Замазка Менделеева

Я сказал, что при сборке аппаратов для получения газов следует все щели замазывать замазкой. Лучше всего брать замазку, изобретенную нашим великим химиком Д.И. Менделеевым. Она готовится сплавлением 100 частей канифоли с 25 частями воска, в которые примешивается 40 частей оксида железа.

К расплавленному воску присыпают, перемешивая, порошок канифоли, затем оксида железа, продолжая нагревать и перемешивать, пока не получится однородная масса, которую разливают в картонные формочки или спичечные коробки. Перед применением ее вновь расплавляют. Замазка склеивает стекло со стеклом и стекло с металлом.

Сам изобретатель был настолько доволен ею, что не раз говаривал: «Эх, Дмитрий Иванович, что бы ты делал, если бы профессор Менделеев не изобрел своей замазки». Кстати, о Менделееве. Его научная деятельность высоко ценилась в культурных странах, он был членом чуть ли не всех европейских академий наук, кроме... русской. Представители «чистой науки», петербургские академики, забаллотировали его кандидатуру в члены академии на том основании, что он «унижает» себя, занимаясь чисто практическими вопросами – приложением науки к технике.

Вода из огня

Ну, теперь опять можно вернуться к нашему прибору. Наполним газом еще один цилиндр. На этот раз газ сгорает почти беззвучно и не моментально, можно даже заметить появившееся при этом почти бесцветное пламя. Вынем газоотводную трубку из пневматической ванны и, отвернув на всякий случай в сторону лицо, зажжем выходящий из нее газ. Он горит спокойно, маленьким, еле видимым пламенем. Что же получается при горении? Вода! Приблизьте к пламени холодный, совершенно сухой утюг, – он покроется каплями воды. Металлы отнимают от воды кислород, а выделившийся водород снова при сгорании соединяется с ним и снова превращается в воду. Водород горит не только в воздухе: еще энергичнее, чем с кислородом, соединяется этот газ с хлором. Если бы опустить наше водородное пламя в сосуд с хлором, оно не погасло бы; оно продолжало бы гореть, сменив свой голубоватый, чуть заметный цвет на зеленоватый, ясно видимый. Хлор (мы еще с ним познакомимся) – цветной газ. Его желто-зеленый цвет бледнел бы по мере горения водорода, и, когда бы содержимое сосуда обесцветилось, пламя угасло бы само собою. В результате горения мы получили бы уже хлористый водород.

Прилив в сосуд воды и взболтав сосуд, мы получили бы соляную кислоту, окрашивающую лакмусовую бумажку в красный цвет. Но мы не станем проделывать этот опыт: как хлор, так и хлористый водород ядовиты, и их не следует получать в домашних условиях.

«Взрыв» аэростата

В годы активного использования дирижаблей и аэростатов химики обезопасили от огня воздухоплавание, наполняя оболочку дирижаблей инертным газом гелием. К сожалению, гелий не так легок, как водород, и его получение представляет собой несколько более сложный процесс, чем получение водорода. Но использование гелия практически решает вопрос топлива для воздухоплавания, ведь неуправляемые аэростаты раньше наполнялись и светильным газом⁹. Светильный газ тяжелее водорода и также огнеопасен, но обходился значительно дешевле.



Рис. 11. Взрыв игрушечного аэростата

Раньше на улицах наших городов часто появлялись продавцы с гроздьями красных, зеленых и синих детских воздушных шаров, наполненных светильным газом. Купив при случае такой шар, с ним можно было в безопасном виде воспроизвести катастрофу, которая в действительности ужасна. Такие катастрофы с воздухоплавателями, увы, бывали. Прикрепив к шару легонькую корзиночку (гондолу), вырезанную из бумаги, и усадив в нее таких же бумажных воздухоплавателей, привязывали к нему вместо обычной тонкой бечевки, удерживающей шар, *стопиновую нить*. Такие шары имеют внизу коротенькую резиновую трубку, туго-натуго перевязанную несколькими оборотами бечевки. Не развязывая последней, трубочку обвязывали концом стопиновой нити. Стопин – это, собственно, не нить, а узенькая ленточка, пропитанная медленно горящей смесью аммонийной селитры с пороховой пылью. Метр стопина сгорает в течение 15 секунд. Вам его понадобилось бы не более полутора метров. Дав шару подняться на длину стопиновой нити, свободный конец последней поджигали и выпускали шар на волю. Конечно, опыт следовало проводить не в комнате, а на открытом воздухе и в тихую погоду. Шар, плавно поднявшись ввысь, менее чем через минуту взрывался, и несчастные «аэронавты», крутясь и перевертываясь в воздухе, падали на землю.

⁹ Светильный газ – устаревшее название смеси горючих газов, главным образом метана и водорода, образующейся при термической переработке. Применялся в воздухоплавании и для освещения.

Переливание... вверх

Всегда ли переливаемое вещество льется сверху вниз? Мы так привыкли переливать жидкости, которые во много раз тяжелее воздуха, что нам и в голову не приходит ставить подобный вопрос. А между тем, подумав, вы сами легко сообразите, что нельзя из пробирки с водородом перелить этот газ в другую пробирку тем же приемом, какой мы применяем при переливании воды. В этом случае придется как раз наоборот – переливать из нижней пробирки в верхнюю.

Наполнив под водой одну из пробирок водородом, берем другую «пустую», то есть наполненную воздухом, и, держа последнюю отверстием вниз, ставим ее рядом с первой. Теперь пробирку с водородом быстро переворачиваем вверх отверстием так, чтобы оно пришлось как раз под отверстием второй пробирки (рис. 12). Если опыт удался, легкая вспышка при приближении второй пробирки к пламени спиртовой лампы покажет нам, что водород «перелился» в нее из первой пробирки. Известный навык, требующийся для такого опыта, приобретается после двух-трех упражнений.

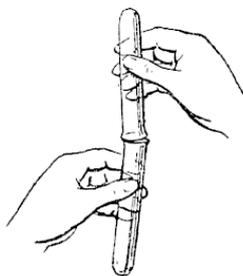


Рис. 12. Переливание вверх

Мыльные пузыри

Обратили ли вы внимание, что мыльные пузыри зимой поднимаются вверх, а летом падают вниз? Это происходит оттого, что теплый воздух легче холодного и зимой разница между температурой воздуха в комнате (особенно вблизи окон) и выдыхаемого вами в пузырь достаточна, чтобы преодолеть тяжесть его оболочки. Наполняя мыльные пузыри водородом, можно увидеть их летящими ввысь и в самый жаркий летний день. Как бы тепел и легок ни был летний воздух, он все же тяжелее водорода. Чтобы получить пузыри величиной с крупное антоновское яблоко, возьмите совершенно чистое, так называемое марсельское мыло, изготавливаемое из оливкового масла, настрогайте его перочинным ножом мелкими стружками и растворите в воде, добавив потом к ней глицерина. Мыла и глицерина возьмите поровну (например, по 5 граммов), а дистиллированной или мягкой дождевой воды вчетверо больше (20 граммов). Всыпав мыло в пузырек и залив водою, оставьте стоять на сутки, потом долейте глицерином и, хорошо взболтав, дайте смеси постоять еще сутки. Такая смесь будет вам служить долго; для опытов же ее достаточно брать каждый раз по 1 чайной ложке.

Укрепив в отверстии газоотводной трубки прибора для добывания водорода соломинку с расщепленными концами, легко научиться при ее помощи выдувать крупные пузыри. Надо только несколько изменить газоотводную трубку, надев на ее конец отрезок резиновой, а в другой конец последней вставив стеклянную трубку с оттянутым концом. Сжимая резиновую трубку пальцами, можно регулировать быстроту выдувания. Пузыри поднимаются в комнате до самого потолка, а на открытом воздухе в безветренную погоду улетают так высоко, что скрываются из глаз.



Рис. 13. Взрыв мыльного пузыря

Можете привязанным к палке горящим огарком подорвать в полете и такой «мыльный аэростат». Только не забывайте о близости прибора для получения водорода! Налив мыльную воду в глубокую тарелку и погрузив в нее конец газоотводной трубки, получите целую гору мыльной пены. Если отнести тарелку подальше от прибора с водородом, можно взорвать пену.

Загадочный фонтан

«Ого, какое сложное сооружение!» Согласен, сооружение внушительное, но не такое уж сложное, как кажется.

Длинной резиновой трубкой я соединяю наш аппарат для получения водорода с горлом бутылки, дно у которой отрезано. Образовавшимся стеклянным цилиндром прикрыт пористый глиняный сосуд от гальванического элемента, поставленный дном вверх на круглую стеклянную пластинку с отверстием в центре (рис. 14). Длинная стеклянная трубка, состоящая из двух отдельных отрезков, соединенных резиновой трубочкой, выходит верхним концом в пористый сосуд, а нижним пропущена через пробку двугорлой банки. Все это устройство поддерживается металлической штангой с зажимом. Слянка налита водой; из ее второго горла выступает стеклянная трубка с оттянутым концом; нижний конец ее опущен почти до дна склянки. Все щели и зазоры соединений плотно замазаны замазкой.



Рис. 14. Фонтан

Пока я объяснял вам устройство прибора, я все время сжимал пальцами резиновую трубочку, соединяющую длинные вертикальные стеклянные трубки. Отойдите подальше, чтобы вас не облило водой; я опускаю руку, и... каков фонтан! Он бьет из узкого отверстия левой трубки на высоту чуть ли не целого метра. Зажав вновь резиновую трубочку, я останавливаю фонтан; отпустив опять, даю ему бить. Не будем, впрочем, увлекаться этим зрелищем и прекратим получение водорода; он в данном случае выходит прямо на воздух, а вы знаете, как опасна такая смесь. Откроем окно, чтобы очистить в комнате воздух, и разберем прибор на части. Этот опыт основан на *диффузии* (проникновении) водорода через пористые стенки глиняного сосуда. Оттуда газ проходит в двугорлую склянку и давит на воду, заставляя ее бить высоким фонтаном.

Из желтого в зеленое без прибавления синего

Раз уже у нас идет речь о водороде и под руками имеется кальций, покажу вам еще один опыт. Он не особенно эффектен, но поучителен. В стакане – красно-желтый раствор хлорного железа. Как превратить его цвет в зеленый, не приливая к нему синей краски? Бросаем в стакан кусочек кальция; выделяется водород, и жидкость постепенно зеленеет. Это очень важная в химии *реакция восстановления*, противоположная *реакции окисления*. Не будем пока на ней останавливаться, но в дальнейшем я еще напомню вам об этом опыте. Он поможет нам отчасти выяснить тайну строения окружающих нас веществ.

«Последний перманентный газ»

В XIX веке газы делились на перманентные (постоянные) и сгущаемые в жидкость. Одним из перманентных был и водород. В 1877 году Кальете и Пикте доказали, что всякий газ должен сгуститься в жидкость, лишь бы удалось охладить его ниже его «критической» температуры, при которой и выше которой он никаким давлением сгущен быть не может. Вслед за ними Врублевский и Ольшевский доказали это положение, обратив в жидкости кислород, азот и окись углерода, а Дюар – сгустив водород.

Но в 1895 году был открыт новый газ – гелий, неизвестный во времена Дюара. Как ни велики были достижения Дюара, давшие возможность получать твердую углекислоту («сухой лед») и кислород из воздуха, путем удаления из жидкого воздуха азота выпариванием при несколько высшей температуре, гелий долгие годы никому не удавалось сгустить. Неужели были правы ученые прежних лет? Неужели гелий действительно перманентный газ? Даже при $-268\text{ }^{\circ}\text{C}$ он оставался газом. Почти три десятилетия гелий истощал терпение ученых, не желая подчиниться общему для всех газов закону.

Только в 1922 году удалось, наконец, Камерлингу Онесу, доведшему понижение температуры до $-268,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, сгустить этот «последний перманентный газ». Кезанг при $-271,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ заморозил гелий в твердое, абсолютно прозрачное тело. Это произошло в 1926 году. Камерлингу Онесу не удалось дожить до этого дня, он умер несколькими месяцами раньше. О гелии, об интересном пути его открытия, нам еще придется сказать в дальнейшем. Это легчайший из газов, за исключением водорода, и идет он на наполнение дирижаблей, так как он не горюч и не взрывается в смеси с воздухом. Им же наполняют газосветные лампы, сигнализирующие сквозь туман. При прохождении через гелий тока такая лампа светит красным светом.

Глава 4

Газ разнообразного применения

Это уже отчасти знакомый вам хлор. Выйдемте в сад, и я ближе познакомлю вас с этим газом, так как, добывая его в комнате, мы рискуем очутиться в положении одного химика-дилетанта, который своими опытами переполошил всех жильцов многоэтажного дома. Чтобы самому экспериментатору не стать жертвой газа, лучше, делая опыты, дышать через платок, смоченный раствором *гипосульфита натрия*. Техники так и зовут его «антихлором», применяя для удаления следов хлора из отбеливаемых последним пряжи, тканей и бумажной массы.

Вообще, надо заметить, что хлор задолго до использования в военном деле готовился в больших количествах для различных технических целей, а опыт войны привел к применению хлора в земледелии для избавления растений от вредителей. Им же проводится и обезвреживание бактерий – в виде белильной извести и хлорной воды этот газ является испытанным дезинфекционным средством. В конце XIX века медики научились дезинфицировать им живой организм человека. Оказывается, что если вдыхание воздуха, содержащего достаточную примесь хлора, вызывает удушье и даже смерть, то воздух с очень ничтожным содержанием хлора вылечивает от гриппа и других болезней дыхательных путей, убивая болезнетворных микробов, но не разрушая тканей организма.

Но самое любопытное, что хлор, будучи сам боевым газом, служит средством защиты от действия еще более страшного, чем он, газа *иприта* (горчичного газа). Иприт – это тоже одно из сложных производных хлора. Не испугайтесь его научного названия: *дихлордиэтилсульфид*. Химик, впервые его открывший, писал о нем: «Поразительно, как вещество, с виду такое безобидное, малолетучее, почти нерастворимое в воде, со слабым запахом, с совершенно нейтральной реакцией и с химической структурой, при которой совершенно нельзя предполагать столь опасных свойств, – оказывает такое сильное действие». А надо отдать должное, действие иприта чрезвычайно сильное. Тяжелые ожоги кожи, трудно заживающие, гноящиеся язвы, гнойное воспаление легких, слепота, бронхит, лихорадка, наконец, смерть – таковы последствия отравления ипритом. Эта маслянистая бесцветная жидкость, разлитая на каком-либо пространстве, может держаться в почве в течение месяцев, делая местность необитаемой. Средство его обеззараживания – нейтрализация иприта хлором. Как тут не вспомнить пословицу: «Клин клином вышибают!» Попутно скажу, что еще ужаснее иприта другое сложное производное хлора, *мышьяка*, *углерода* и водорода – *люизит*, хотя не испытанный на полях сражения, но когда-то практиковавшийся для «бескровного» разгона демонстраций. Его называют «смертельной росой». Подсчитано, что 50 аэропланов, несущих начиненные люизитом бомбы, могут уничтожить все население Нью-Йорка...

Что одно и то же вещество может являться и ядом, и лекарством, химикам давно известно. Такие страшные яды, как мышьяк, *стрихнин*, *синильная кислота* и прочие, раньше применялись в медицине. И даже иприт в определенной дозе и смеси испытывался в качестве средства для лечения туберкулеза. Начальник химической службы США сказал, что со времени изобретения пороха ничто не внесло таких изменений в способы ведения войны, как отравляющие вещества. С момента, когда действие этих веществ не станет зависимо от погоды, методы войны резко изменятся. Одежда бойцов должна стать газонепроницаемой, пища – исключительно консервированной, тяга – исключительно механической, убежища должны иметь приток кислорода и пр. и пр. Страшная вещь ураганный артиллерийский обстрел!.. А знаете, какой незначительный эффект он дает в сравнении с количеством выпущенного металла?

Вот цифры: длительный обстрел 25 000 снарядов дал 2 убитых и 25 раненых, столько же снарядов с отравляющими веществами вывели из строя 300 человек. Трудно, конечно, сказать, какие именно отравляющие вещества путем газовых атак и «химических» бомб, сбрасываемых с аэропланов, применяют державы в подготавливаемых ими войнах. Одно несомненно – что учиться защите от отравления «военным газом» должен каждый из нас. Одна из лучших мер – противогаз, то есть защитная маска и костюм. Надев их, человек дышит через вещества, связывающие химически отравляющие вещества, следовательно, обезвреживающие их, и тем защищает легкие и кожные покровы. Теперь уже выработаны и универсальные противогазы, позволяющие свыше часа оставаться в атмосфере, в которой моментально гибнет всякое живое существо.

Итак, аппарат для получения хлора мною уже собран и готов для использования. Он несложен и состоит из колбы с воронкой и газоотводной трубкой, опущенной прямо на дно стеклянного цилиндра для сбора газа. Цилиндр сверху прикрыт куском картона с отверстием для трубки. Хлор в два с половиной раза тяжелее воздуха, так что его можно, в особенности на открытом воздухе, собирать таким упрощенным способом. В воде же он хорошо растворяется, – в холодной лучше, чем в горячей. Поэтому если собирать его под воду, как мы это делали с водородом, то воду надо брать как можно более горячей, хотя при этом трудно избежать лопания сосудов для сбора газа.

В колбе находится тесто из *перекиси марганца* с соляной кислотой. Колба стоит на треножнике, покрытом проволочной сеткой из асбеста (для равномерного нагревания колбы), под которую я поставил спиртовую лампочку. Нагревать надо не очень сильно. Зажигаю спирт, и реакция начинается. Замечаете, как желтеет воздух в колбе? Богатая кислородом перекись марганца отдает его соляной кислоте, отнимая от нее водород. Марганец же при обменной реакции поглощает хлор, обращаясь в *хлористый марганец*, но так как всего выделяющегося при этом хлора он связать не может, то часть газа остается в свободном состоянии. Этот зеленовато-желтый газ, постепенно вытесняющий воздух из колбы и цилиндра, и есть хлор. Вы, вероятно, уже чувствуете его запах, так как он наполнил сборный сосуд и начал переливаться через край. У меня под рукой несколько таких цилиндров. Заменяю цилиндр, наполненный хлором, новым, а первый прикрываю куском стекла.

Хлор и Фарадей

Я думаю, что имя Майкла Фарадея вам знакомо? Он стал основателем электротехники, открыв «превращение магнетизма в электричество», то есть возникновение тока в проводнике, движущемся в магнитном поле. Это привело к изобретению динамо-машины¹⁰, преобразующей механическую энергию в электрический ток высокого напряжения. Но Фарадей, что не все знают, был не только электриком, но и одним из крупнейших химиков своего времени. В частности, он первый доказал, что хлор может быть сгущен в жидкость.

Фарадею, когда он работал над сгущением хлора, пришлось выслушать нотацию от одного из ученых, зашедших в лабораторию. «Молодой человек, надо чище мыть химическую посуду, у вас внутри трубки я вижу какие-то жирные капли. Перекись марганца можно заменить марганцево-калиевой солью; тогда и нагревать не нужно». Фарадей промолчал, но на другой день послал своему критику записку: «То, что вы сочли грязью, был жидкий хлор». А ученый и не подозревал, что хлор может быть сгущен в жидкость.

¹⁰ Динамо-машина, или динамо, – устаревшее название генератора, служашего для выработки постоянного электрического тока из механической работы. Динамо-машина была первым электрическим генератором, который стал применяться в промышленности. В дальнейшем ее вытеснили генераторы переменного тока. В настоящее время термин «динамо» используется в основном для обозначения небольшого велосипедного генератора.

Хлор, цветы и цвета

Сорвите, пожалуйста, вон ту прекрасную розу и пару-другую каких-либо ярко окрашенных цветов. Обрызгиваю их из пульверизатора водой (для растворения хлора) и опускаю в сосуд с хлором. Куда делась их чудная окраска? Смотрите, как они побледнели, какими стали некрасивыми. Бросаю в тот же цилиндр несколько ярких кусочков ткани, тоже увлажнив их предварительно. Они обесцвечиваются. Во второй цилиндр лью одну за другой жидкости разных цветов, подкрашенные растительными и искусственными органическими красками; туда же вливаю немного чернил из чернильницы и, закрыв отверстие цилиндра стеклом, взбалтываю смесь, пока она не обесцветится. Впрочем, с обесцвечивающей способностью хлора мы с вами уже знакомы: мы пользовались ею в опытах-фокусах, с которых начали нашу беседу. Только тогда мы брали не газообразный хлор, а его раствор в воде – хлорную воду. Ее легко приготовить. Погрузим трубку, отводящую газ из колбы, в сосуд с холодной водой, например в перевернутую реторту (рис. 15).

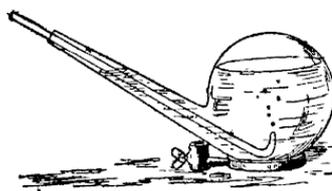


Рис. 15. Получение хлорной воды

Желтоватые пузырьки газа исчезают, не дойдя до поверхности воды: газ успевает раньше раствориться. Хлорная вода белил не хуже хлора (повторите опыт обесцвечивания цветов и красок); однако в заводской практике для белиения не всегда можно пользоваться газообразным хлором или его водяным раствором. Чаще для белиения, а также для дезинфекции хлор берут в виде хлорной извести. В ней он связан химически, но связь эта непрочна, хлор из нее легко выделяется; оттого-то белильная известь и имеет его запах. Хлорную известь можно достать готовой; поэтому для химических фокусов, основанных на обесцвечивании хлором, вам нет надобности самим ее готовить, как мы это делаем сейчас, а можно заменить ее водой, настоящей на белильной извести. Кстати, ее белящее действие вдвое сильнее, чем у газообразного хлора. Курьез заключается в том, что хлор не сам белил краски, – их обесцвечивает кислород, выделению которого в свободном состоянии способствует хлор. Сам же хлор является сильным разрушителем волокон пряжи и тканей. Оттого-то на предприятиях отбеленные хлором изделия отмываются раствором гипосульфита, как мы уже о том говорили. Вы заметили, как желтеют листы очень старых газет, какой ломкой становится бумага, на которой они напечатаны? Это результат отбеливания хлором бумажной массы.

Окраска хлором в синий цвет

Хлором можно не только белить, но и красить. При помощи хлора бесцветное можно сделать цветным. В пробирке, которую я держу в руке, бесцветный жидкий клейстер. Опускаю в пробирку газоотводную трубку от прибора для получения хлора, – газ проходит через раствор, но не поднимается выше его уровня, раствор же, как видите, приобретает красивый фиолетово-синий цвет. Клейстер был мною сварен из крахмала в растворе йодистого калия. Из этого последнего хлор вытеснил *йод*, который с крахмалом дает темно-синее окрашивание. Попутно замечу, что это очень чувствительная реакция на крахмал и (в упрощенном виде, когда берется прямо готовая настойка йода) служит она для нахождения крахмала в качестве подмеси к творогу, какао, колбасам и пр. Не забудьте об этой реакции: она еще послужит нам для одной химической шутки за чайным столом.

Окраска хлором в красный цвет

Многие, даже красильные мастера, вообще не слышали, что хлором можно красить, но изучавшие химию знают, что он выделяет йод из соединений последнего и что йод окрашивает крахмал в синий цвет. Но даже и они не все знакомы с фактом, что хлором можно красить и в красный цвет. Как это делается, сейчас покажу.

Йод – элемент группы хлора, твердое тело. Его спиртовой раствор – обычное средство лечения порезов, опухолей и др. Беру один из стеклянных цилиндров с хлором и отливаю из него немного газа в другой, пустой (то есть наполненный воздухом) цилиндр. Прикрываю последний сверху стеклом и несколько раз переворачиваю его вверх и вниз, чтобы хлор хорошенько смешался с воздухом. Обратите внимание, что хлора было взято так мало, что смесь газов осталась бесцветной. Опускаю в цилиндр влажную полоску фильтровальной бумаги и вынимаю ее оттуда окрашенной в розовый цвет. Повторяю опыт, прилив немного больше хлора, – бумажка принимает интенсивно красную окраску. Бумагу я увлажнял раствором *бромистого калия*, к которому была прибавлена капля щелочного раствора, *флуоресцеина*¹¹. Хлор вытесняет из бромистого калия бром, а бром превращает флуоресцеин в *эозин*, органический краситель интенсивно-розового цвета, обладающий весьма большой красящей способностью.

Эту его способность мы также используем в свое время для одного забавного химического фокуса. Описанным путем в военное время можно было обнаружить следы хлора в воздухе ранее, чем он дойдет до окопов, и тем предохранить воюющих от опасности отравления, дав им время надеть предохранительные маски.

¹¹ Флуоресцеин (диоксифлуоран) – органическое соединение, флуоресцентный краситель. Обладает сильной желто-зеленой флуоресценцией (отсюда и название).

Еще окраска хлором

Беру пробирку и, налив ее до половины водой, растворяю в ней кристаллик зелено-коричневого безводного хлористого железа. Слабо-зеленоватое окрашивание раствора почти совсем незаметно. Погружаю в пробирку газоотводную трубку от аппарата для добычи хлора и пропускаю некоторое время газ через раствор. Жидкость принимает красно-желтоватый цвет: хлористое железо превратилось в хлорное. Эта реакция противоположна действию водорода на хлорное железо. Хотя в данном случае кислород в реакции не участвовал, она все же относится к реакциям окисления.

Говоря о восстановлении железной соли водородом, я сказал, что она поможет нам выяснить одну из тайн строения веществ. Постараюсь выполнить обещанное. Бром – элемент, относящийся к группе галогенов, красно-бурая жидкость с неприятным запахом. Вся эта группа элементов с водородом дает кислоты, не содержащие кислорода (например, соляная кислота). Железо дает с кислородом два оксида: трехвалентный и двухвалентный. С хлором железо дает тоже два соединения – хлорное и хлористое железо. Тайной же химического строения веществ является то обстоятельство, что элементы соединяются друг с другом в строго определенных весовых отношениях, и когда один из них присоединяется к другому в различных количествах, то эти количества находятся в простых кратных отношениях одно к другому. Так, в воде на одну весовую часть водорода приходится 8 весовых частей кислорода, а в перекиси водорода – 8×2 , то есть 16.

Пока довольно. Мы ведь решили больше развлекаться занимательными химическими опытами, а выводы из них делать лишь попутно и в небольших «порциях».

Горение без воздуха

Что такое горение? В элементарных учебниках говорится, что «горение есть энергичное соединение вещества с кислородом воздуха, сопровождаемое выделением тепла и пламени». Об этом частном случае горения мы с вами поговорим особо: он очень важен в практическом отношении, но с точки зрения химика все же остается не более как частным случаем. В дальнейшем вы увидите, что гореть вещества могут не только в воздухе, но и под водой, а сейчас я покажу вам, что горение может происходить и без кислорода. Хлор тоже может настолько энергично соединяться с некоторыми веществами, что этому соединению сопутствует выделение тепла и образование пламени. Помните, я говорил вам, что водород горит в хлоре? Дополняю, что не только водород, но и его соединения и, сверх того, некоторые металлы. Вот я зажигаю огарок свечи, надетый на проволоку, и опускаю его горящим в сосуд, наполненный хлором (рис. 16).

Видите: свеча продолжает гореть. Правда, коптит всюю, не хуже старинной керосиновой лампы со слишком выдвинутым фитилем, и по той же причине. В коптящей лампе пламени не хватает кислорода, и часть углерода, входящая в состав керосина¹², не сгорая, выделяется в виде сажи. Здесь же совсем нет кислорода, а в хлоре углерод не горит; в нем сгорает только водород, находящийся в составе свечи. Зато сродство водорода и хлора так велико (смесь равных объемов этих газов взрывается даже без нагревания – на солнечном или ярком искусственном свете), что вещества, богатые водородом, сами собою загораются в хлоре.



Рис. 16. Горение в хлоре

¹² Керосин – смесь углеводородов, один из продуктов ректификации нефти. Используется в качестве авиационного и ракетного топлива, как сырье для получения ароматических и других углеводородов, ранее использовался для освещения.

Самовоспламенение

Вот еще пример ошибочной привычки обобщать незначительные данные. Мы привыкли видеть, что тела загораются, будучи зажжены каким-нибудь другим, уже горящим телом. К примеру, свечу зажигают от пламени спички. При этом как-то забывают, что сама-то спичка ничем не зажигается извне, а самовозгорается от трения ее головки о бумажку на коробке, то есть от повышения ее температуры. Неверна поговорка: «Нет дыма без огня». Мы видели, что дым и без огня бывает; а уж тем более было бы неправильно думать, что нет огня без огня. Страшные подземные пожары каменноугольных копей чаще всего возникают от самовозгорания угля. Сырое сено в копне тоже может загораться. Хлор докажет нам возможность самовозгорания некоторых веществ. Наливаю в пробирку немного *скипидара*¹³, согреваю его, опустив пробирку в горячую воду, и смачиваю теплым скипидаром полоску фильтровальной бумаги. Бросаю ее в пробирку с хлором, – она вспыхивает и сгорает коптящим пламенем.

¹³ Скипидар (терпентин) – жидкая смесь терпенов и терпеноидов, получаемых из смол хвойных деревьев. Применяется в качестве сырья в некоторых химических процессах, растворителя в промышленности, в медицине и ветеринарии.

И негорючее может гореть

Удивительно виденное нами горение горючих тел без воздуха, но еще более странным кажется горение в хлоре таких веществ, которые мы вообще привыкли считать негорючими.

– Горит ли медь?

– Что за странный вопрос! – Конечно нет!

– Ну, так смотрите.

Беру медную монету и тру ее о стальной напильник, чтобы получить немного меди в порошке. Работа медленная и скучная. Делаю ее на ваших глазах только для того, чтобы вы видели все приготовления. А вот тут в баночке у меня такой же мелкий порошок бронзы¹⁴.

Для удаления следов жира и грязи я промыл порошок крепким спиртом. Беру еще очень тоненький, тоньше бумажного листа, кусочек меди. Сбрасываю с бумаги напильные на ваших глазах медные опилки в сосуд с хлором, – они вспыхивают и сгорают яркими блесками. Понемногу сыпаю туда же бронзовый порошок, – он так же загорается сам собою и сгорает весь без остатка. В заключение опускаю в хлор медный листок; обратите внимание на зеленый цвет его пламени. Зеленая пыль, покрывшая дно сосуда, – это соединение меди с хлором, *хлористая медь*. Итак, негорючесть меди нами опровергнута.

¹⁴ Бронза – обычно сплав из меди и олова, вместо олова можно использовать любой другой элемент, кроме цинка и никеля.

Дымовая завеса

К числу химических «достижений» военного дела относится маскировка расположения воинских частей, сокрытие их действий от наблюдения неприятеля за дымовой завесой. Только это не дым костров и вообще не настоящий дым, образующийся при горении. И в этом случае на помощь сражающимся пришла химия. Если мы заменим в нашем предыдущем опыте медь *оловом*, взятым в виде станиоля (тонких оловянных листов, в какие, например, раньше упаковывали плитки шоколада), а сам газ немного подогреем, то эффект будет тот же самый – олово сгорит.

Не буду делать этого опыта: у меня есть уже готовое хлорное олово. Как видите, при обыкновенной температуре это не твердое, а жидкое вещество. На один момент приоткрываю склянку, в которой оно у меня хранится. Замечаете этот густой белый дым? Это хлорное олово соединяется с парами воды, всегда присутствующими в воздухе, и дает тончайшую белую пыль. Выливая хлорное олово на землю, войска за образующейся густой белой завесой скрывались от врага. Защита недешевая! Хлорное олово – вещество дорогое, поэтому на войне стали пользоваться дымовыми завесами, получаемыми другими, тоже химическими, способами.

Фейерверк в склянке

Наиболее эффектным примером самовозгорания и горения в хлоре является горение в нем сурьмы. Сурьма – очень хрупкий металл. Истолченную в порошок сурьму – а толчется она легко – всыпаю в маленькую шаровидную колбочку и соединяю горло последней широкой резиновой трубкой со стеклянной трубкой, проходящей через пробку, которая закрывает сосуд с хлором (рис. 17).



Рис. 17. Подготовка огненного дождя

Вот и все приспособление для фейерверка. Поднимаю колбу вверх и небольшими порциями пересыпаю порошок сурьмы в банку с хлором. Правда, какой красивый огненный дождь? Порошок сурьмы, перед тем как сгореть, раскаляется добела, и тысячи огненных искр наполняют банку. Повторяя описанные опыты самостоятельно, не забывайте, что хлор поддерживает только горение, но не дыхание. Берегите ваши легкие и глаза и, делая опыты в комнате, если лишены возможности работать на открытом воздухе, работайте у открытого окна или в вытяжном шкафу.

Хлор в мировой войне

Вот как картинно описывает Л. Никулин газовую атаку хлором и ее убийственные последствия:

«Еще было далеко до рассвета, но ветер дул с запада прямо в лицо, и это был не предутренний ветер, а знак перемены погоды. Облака стояли на западе низкой стеной, и от этого темная ночь была еще темнее.

И вдруг что-то сразу задвигалось, зашевелилось, заколебалось впереди за косогором, где лежали в окопах немцы. Там пели рожки, там двигались неисчислимые людские массы. В русских окопах припали к брустверам¹⁵ наблюдатели. По всей линии били газовую тревогу, и дымящимися, колеблющимися желтыми языками зажигались в окопах костры.

Газовый наблюдатель глядел в темноту и, сжимая зубы, бил штыком по подвешенному куску рельса. Свистели дежурные, смены выбегали из блиндажей и растекались по окопам. Плясали огромные, уродливые тени от пылающих костров. Жгли костры, чтобы дымом остановить газ. Тяжелый, уже явственный, гнилой запах газа был в предательском, ласковом ветре запада. Маски противогазов уродливыми наростами, отвратительной опухолью белели на лицах. Плясали тени костров, колыхалось пламя, но от этого еще страшнее был мрак, ночь за окопами, еще тревожней была тишина. Затем вдруг взметнулись, уходя в небо огненнолиловыми змеями, ракеты. Небо треснуло пополам, и вдоль всего фронта, с юга на север, обрушился на русские окопы чудовищный раскаленный град. Не было слышно ни отдельных разрывов, ни привычного частого пулеметного хлопанья. Сплошной оглушающий грохот, сплошное хлокотание разрывов на многие версты вдоль и в глубину фронта. Отчаянно, беспорядочно палили на второй линии русские винтовки, хотя стрелять было некуда. Впереди, в первой линии, может быть, еще были свои. Но душный рвотный, мутящий запах газов, плач и стон шли оттуда, гудела и дрожала от сумасшедшей пальбы земля, и мешался разум, пальцы судорожно нажимали курок, и руки шелкали затворами.

Будто чудовищные, гигантские ковры выбивали чудовищные, гигантские руки над проклятым полем. Вой и стоны стояли над окопами. Корчась в крови и грязи, падали люди и ползли, путаясь в своих и чужих внутренностях. Едкий, ползучий, невидимый в темноте газ насыщал гипосульфит плохих противогазов, разъедал легкие, и люди бросались из окопов и бежали по изрытому воронками полю, вдруг останавливались как вкопанные и, настигнутые свинцом, валились лицом вниз».

Это картина газовой атаки хлором из времен Первой мировой войны 1914–1918 годов. Хлор выпускается по ветру из баллонов. При внезапной перемене направления ветра газовая волна шла обратно и отравляла тех, кто ее послал. Такие случаи бывали. Хлор теперь сравнительно «невинный» газ. К концу войны и в последующие годы химики усовершенствовали как взрывчатые, так и отравляющие вещества и способы их действия.

¹⁵ Бруствер – небольшая насыпь, часть окопа или траншеи, устраиваемая для более удобной стрельбы, защиты от пуль, осколков снарядов и для укрытия от наблюдения противника.

Еще страшный газ

Из опыта мировой войны известно, что как ни страшна газовая атака хлором, но она кажется невинной в сравнении с действием *фосгена*, представляющего соединение хлора с *окисью углерода* (*хлор-окись углерода*). Газ этот бесцветен, резкого запаха в смеси с воздухом не имеет, и отравление им дает знать себя не сразу, а часов через восемь, вызывая отек легких и смерть. К нему, а впоследствии и к другим соединениям хлора стали прибегать военные химики, когда противники обзавелись масками, парализующими действие хлора. Но «нет яда, против которого не было бы противоядия», а потому уже довольно скоро после введения фосгена в методы войны научились бороться и с фосгеном и с другими, еще более страшными газами. Вот о второй-то составной части фосгена – об окиси углерода – я и хочу сказать вам несколько слов. Это так называемый «угарный газ». Не так давно, когда для обогрева помещений пользовались печами, отравление угарным газом было не редкостью. Вернейшее предупреждение вредных последствий этого газа – это выйти на свежий воздух, а затем обязательно обратиться к врачу. Мы не станем получать этот газ (он получается разложением *щавелевой кислоты*, но этот опыт слишком рискован), тем более не будем делать с ним опытов, а лучше прочтем, что писал о нем один ученый.

«Страшный спутник наших жилищ»

Так была озаглавлена большая статья об этом «домашнем яде», из которой я приведу главнейшее, что каждому следует знать об окиси углерода.

«...Давно известно, что примесь ее к воздуху в самых малых количествах (несколько тысячных долей объема воздуха) совершенно достаточна для того, чтобы менее чем в полчаса убить человека. И, что особенно ужасно, такой воздух, заключающий в себе смертельную дозу отравы, ничем не отличается (по внешним признакам) от чистого воздуха: окись углерода есть газ, не имеющий ни вкуса, ни цвета, ни запаха¹⁶.

В условиях повседневной жизни отравления, оканчивающиеся смертью, сравнительно редки. Большею частью они ограничиваются учащением сердцебиения, головной болью, тошнотой, головокружением, но еще чаще (при нескольких миллионных долях содержания окиси углерода в воздухе) тяжестью головы, апатией, дурным расположением духа, беспокойным сном... Сущность отравления окисью углерода была раскрыта знаменитым физиологом Клодом Бернаром. Благодаря ему мы знаем, что окись углерода, попадая в кровь, полностью поступает в эритроциты и соединяется в них с гемоглобином (железосодержащим белком, переносящим кислород к тканям организма). Так как соединение гемоглобина с окисью углерода более прочно, чем с кислородом, то само собою разумеется, что долго и в сколько-нибудь значительных размерах такое явление продолжаться не может, – наступает асфиксия (удушение), за которой следует вскоре смерть».

Прервем рассказ Чернышева. Ужасная драма разыгралась 30 мая 1917 года при взятии Карнилье. Французы наступали, чтобы захватить господствующую возвышенность. Перед их атакой велась канонада: артиллерийская подготовка к атаке. Когда высота была французами занята, обнаружился один из результатов этой подготовки. Один из французских снарядов попал в воздушный канал туннеля, выходы из которого были засыпаны осколками скал, разрушенных другими снарядами. Снаряд, попавший в воздушный канал, отравил окисью углерода два батальона немцев, спрятавшихся в туннеле и готовившихся к контратаке. Их трупы вплотную забили выходы из туннеля.

Вернемся снова к тому, что говорит Чернышев.

«Но и во всех тех случаях, когда мы вдыхаем ничтожнейшие количества окиси углерода, эта последняя делает понемногу свое губительное дело – прекращает жизнедеятельность некоторой части эритроцитов. Это ведет к расстройству деятельности всех систем органов: мышцы слабеют и делаются неспособными к обычной работе, пищеварение становится неправильным, учащается сердцебиение, нервы расстраиваются, голова тяжелеет и теряет способность сообщать привычным образом, память изменяет на каждом шагу (например, в именах окружающих людей). Такова ужасная картина единичного легкого отравления окисью углерода. Но и это еще не все. Как известно, в наш организм постоянно попадают всевозможные болезнетворные микробы, с которыми сейчас же вступают в ожесточенную борьбу лейкоциты. Недостаток жизнедеятельных кровяных телец обеспечит перевес в этой борьбе за микробами. Таковы микропричины и макроследствия.

Жаровня с горящими угольями в комнате с закрытыми дверями и окнами – хорошо известное и бесспорное средство, которым часто пользуются романисты в повестях с трагической развязкой. Но повествователи большей частью бывают плохими химиками; вероятно, поэтому они умалчивают, как образуется смертоносный яд в жаровне с угольями. Не менее интересен такой старинный, никем не подозреваемый источник угара, как сплошной чугунный утюг, нагреваемый на плите или прямо в топке и внесенный в другое помещение для глажения:

¹⁶ Чернышев К.А. // Физик-любитель. Т. II. № 6–7. С. 63.

в невидимых порах чугуна заключается большой запас окиси углерода, которая выделяется наружу по мере остывания утюга. Гладильщица, наклоняющаяся над утюгом, могла угореть таким образом даже на открытом воздухе, без кусочка горящего угля поблизости».

Автомобили с двигателями внутреннего сгорания – это тоже источник окиси углерода. Она находится в выхлопных газах их моторов и отравляет уличный воздух, а в плохо вентилируемых машинах – и воздух внутри их. Это вызывает головную боль и головокружение у пассажиров. Анализ воздуха улиц показал, что в нем содержится 44 части окиси углерода на 10 000 объемов воздуха. Особо значительно содержание этого страшного газа в туннелях с сильным автомобильным движением. В некоторых таких туннелях принято устанавливать специальные контрольные аппараты, определяющие количество окиси углерода в воздухе и сигнализирующие, когда оно становится опасным.

К сожалению, в широких кругах не подозревают, что окись углерода – «коварный газ», который нельзя обнаружить обонянием. Ошибались раньше, говоря, что самовар «пахнет угаром». Пахнут в этом случае сравнительно безвредные продукты сухой перегонки угля, присутствие которых, правда, служит косвенным указанием на наличие страшной окиси углерода. Хуже всего было убеждение большинства, что, если «угаром не пахнет», значит, и опасности никакой нет. И опять-таки, к сожалению, мало кто был знаком с прекрасным способом обнаружения присутствия окиси углерода в воздухе в самых ничтожных дозах. Этот способ заключается в следующем: надо внести в помещение, в котором подозревают наличие угарного газа, фильтровальную бумагу, смоченную раствором хлористого палладия. От малейших следов окиси углерода бумажка почернеет. Для установления диагноза, отравлен ли человек угарным газом, химия дает также способ: несколько капель раствора медного купороса, прибавленные к разбавленной водой крови здорового человека, меняют окраску последней на желто-зеленую; кровь же угоревшего человека остается ярко-красной. В промышленных предприятиях, где приходится сталкиваться с опасностью отравления окисью углерода, устанавливаются специальные сигнализирующие приборы – газоанализаторы. Эти приборы бывают физическими, химическими и электрическими.

Современная техника сумела, однако, этот страшный газ применить с пользой для дела.

Голубой и водяной газы

Надо отдать справедливость техникам, что они чрезвычайно любят придумывать совершенно неудачные названия, ставящие в тупик непосвященных. Химия не знает голубого газа. Так прозвали американские техники получаемую умышленно в больших количествах окись углерода, потому что этот газ горит голубым пламенем. Получают его сжиганием дешевых сортов топлива, не развивающих при сгорании большого жара. Горящий газ направляют навстречу току искусственно нагретого воздуха, смесь вспыхивает и сгорает в конечный продукт окисления углерода – в угольный ангидрид (углекислый газ). Температура такого пламени доходит до 1000 °С, и оно применяется там, где требуется не только большое количество тепла, но и сильный жар: в металлургии, в стеклянном производстве, для движения и освещения.

Филологический курьез. В технике применяется еще один газ с содержанием до 25 процентов голубого газа, то есть окиси углерода, и называется он *блаугаз* (сжиженный светильный газ). По-немецки слово *blau* значит «синий». Но правильное его название – газ инженера Блау, по фамилии лица, предложившего его применение, а не «синий газ». Таким газом, между прочим, питались моторы дирижабля «Цепелин-127». Что касается водяного газа, то физик и химик назовут водяным газом совершенно разные вещи! Химик – воду в газообразном состоянии, водяной пар, перегретый до такой температуры (свыше 1000°), при которой его никаким давлением нельзя сгустить в жидкость. Техник же назовет водяным газом горячую смесь окиси углерода с водородом, получающуюся при разложении раскаленным углем воды, пульверизируемой на его поверхность в виде пыли или пускаемой в виде струи пара. Уголь при этом соединяется с кислородом воды в окись углерода, а водород освобождается. В избытке воздуха такая смесь газов сгорает, причем окись углерода обращается в неспособный к дальнейшему горению угольный ангидрид, а водород – обратно в воду. Сказанное попутно объясняет нам, почему в кузницах, чтобы усилить жар, брызгали в уголь воду и отчего гашение большого пожара тонкими струйками воды из ручных пожарных насосов не только не гасило, но и усиливало пламя.

Газы дыхания и горения

Один английский химик сказал, что поэт, впервые уподобивший жизнь горению свечи, был ближе к истине, чем сам это думал. Зажжем свечу. Коснемся ее пламени холодным утюгом. На нем, как и при прикосновении к пламени водорода, мы заметим капли воды, но, кроме того, еще и сажу. Поставим огарок свечи в высокий стеклянный цилиндр (хотя бы в банку из-под варенья). Погорев некоторое время, свеча погаснет. Вольем в сосуд известковой воды, – вода помутнеет. Подышим на холодное стекло, – оно запотеет, покроется мелкими каплями воды. Будем дышать через налитую в стакан прозрачную известковую воду, опустив в нее один конец стеклянной трубки, а другой держа во рту (рис. 18).

Вдыхайте при этом воздух носом и, задержав его в легких секунд на пять, выдыхайте ртом через трубочку: вода опять-таки помутнеет. Помутнение в обоих случаях зависит от одной и той же причины: от наличия соединения углерода с кислородом.



Рис. 18. Мы выдыхаем углекислый газ

Это угольный ангидрид. С водой он дает слабую угольную кислоту, но зачастую даже в учебниках химии и самый газ называют углекислым газом, а то и прямо углекислотой. Следовательно, как при горении, так и при дыхании выделяются одни и те же продукты: вода и угольный ангидрид. Если бы мы в первом опыте, с которого начались наши беседы, вместо магния взяли ядовитый *фосфор*¹⁷, то опыт показал бы нам, что только пятая часть воздуха – кислород, в нем растворенный, – поддерживает горение.

Если бы мы имели жестокость поместить под стеклянный колокол, погруженный краями в воду, какое-нибудь животное, оно бы задохнулось раньше, чем вода поднялась бы в колоколе. Почему же? Потому что фосфор, жадно соединяющийся с кислородом, перестанет гореть только тогда, когда сожжет весь кислород (то есть израсходует его на сожжение), а живое существо умрет уже при недостатке последнего. Должен оговориться: не всякое живое существо. Есть бактерии, «дышащие» серой; есть живые существа, для которых кислород – яд.

¹⁷ Фосфор известен в четырех видах (аллотропических модификациях): желтый, красный, белый, черный (фиолетовый). Из-за высокой химической активности не встречается в природе в чистом виде. Образует примерно 190 видов различных минералов.

Реакции экзо– и эндотермические

При взрыве водорода с кислородом образуется вода и освобождается энергия. Чтобы разложить воду на водород и кислород, надо, наоборот, затратить энергию. Реакции, сопровождающиеся выделением энергии, называются *экзотермическими*, реакции, требующие притока энергии извне, называются *эндотермическими*. Если вещества соединяются с выделением энергии, то на разложение полученного соединения надо затратить такое же количество энергии, какое выделилось, когда они соединялись. И наоборот, если вещества соединяются, поглощая энергию, то при разложении они столько же ее выделяют.

Отсюда важный практический вывод: многие реакции протекать не для получения новых видов веществ, а для использования энергии, выделяющейся при реакциях. Печи топят, сжигая горючее, не для того, чтобы превратить входящий в его состав углерод в угольный ангидрид, а водород в пары воды, а для того, чтобы использовать тепло, возникающее вследствие этих реакций.

В гальванических элементах цинк растворяют в кислоте не для получения цинковой соли, а для использования возникающего при этой реакции электрического тока. Химические процессы в технике используют, значит, не только для производства тех или иных веществ, но и для получения света (зажигание спички, горение свечи и керосиновой лампы), тепла (сжигание топлива в печах), механической энергии (взрывы смеси газов в двигателях внутреннего сгорания), электричества (в гальванических элементах и аккумуляторах) и т. д.

Газ, в котором горит железо

Если бы воздух целиком состоял из кислорода, жизнь организмов развилась бы, конечно, приспособившись к дыханию чистым кислородом. Одним был бы опасен такой состав атмосферы: горючестью в ней большинства окружающих нас предметов. Страшны и сейчас пожары в деревнях с преобладанием деревянных строений, но во много раз больше была бы опасность, если бы воздух не содержал в своем составе азота, не поддерживающего горения. В нем тогда горели бы не только уголь и дерево, но и большинство металлов – железные мосты, и рельсы, и гигантские морские суда.

Чтобы показать примеры горючести в чистом кислороде веществ, не горящих или только тлеющих в воздухе, добудем немного этого газа. Есть много способов выделить его в чистом виде. В технике он получается криогенной ректификацией – сгущением воздуха сильным давлением до 200 атмосфер и последующим охлаждением (до $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$). При испарении такого жидкого воздуха из него раньше всего выкипает азот. Оставшийся кислород представляет собою сильномагнитную жидкость красивого синего цвета. Применяется он для автогенной сварки и резки металлов: сжигая в особых горелках водород в струе чистого кислорода, получают длинное и острое пламя, имеющее температуру $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стальное изделие прорезается им насквозь раньше, чем вся масса металла успевает заметно нагреться; толстые листы железа режутся, как масло ножом.

В школьных учебниках химии обычно указывают на получение кислорода каталитическим разложением *перекиси водорода* или *хлората калия* (*бертолетовой соли* (*хлората калия*)). Небольшое количество кислорода можно получить при нагревании *перманганата калия*. Но эти методы требуют высокой температуры и не всегда безопасны. К примеру, бертолетова соль (хлорат калия) отнюдь не безопасна. Лучше всего иллюстрировать опасность бертолетовой соли (хлората калия) такой картинкой:

«Случай выделения наибольшего количества кислорода, какое только нам известно, произошел 12 мая 1899 года на химическом заводе в Сент-Геленсе благодаря тому, что бертолетова соль (хлорат калия) случайно слишком нагрелась. Около 150 тонн приготовленной соли, упакованной в бочках, находились на складе в ожидании отправки. Каким-то образом искра от бочки, которую вкатывали в помещение, где кристаллизуется соль, попала в деревянную раму кристаллизационного чана. Дерево это, будучи пропитано бертолетовой солью, было в высокой степени способно к воспламенению. И действительно, вспыхнул страшный огонь, который поднялся вверх, и через несколько минут крыша здания была охвачена пламенем. Тут произошла страшная сцена: невероятный жар, накаляя ряд за рядом тесно сложенные бочки с бертолетовой солью, вызвал выделение огромного количества чистого кислородного газа, который расходился во все стороны. Все деревянные постройки, погруженные таким образом в атмосферу чистого кислорода, горели со страшной силой, так что вскоре все здание раскалилось добела, горя с ослепительным блеском, как в плавильной печи. Наконец, когда кислород не мог уже более достаточно быстро выделяться из бочонков, соль взорвалась. Что за взрыв!.. Два громадных удара, быстро следовавшие один за другим, возвестили городу о случившемся несчастье, а клубы черного дыма, поднявшиеся в виде гигантского столба, указывали место взрыва. Весь завод разлетелся вдребезги. Здания и склады сравнялись с землей. Большие передвижные подъемные краны сгорели, как спички. Вершина соседнего газгольдера¹⁸ была разорвана в куски, и около $7\ 000\ \text{м}^3$ пылающего газа взлетело в воздух.

¹⁸ Газгольдер – газохранилище.

Летящие и горящие головни распространяли пожар, который представлял поразительное зрелище огромного столба пламени, со страшным ревом поднимающегося на 150–200 метров в высоту.



Рис. 19. Резка металла газовой сваркой (автогеном)

Удар был столь страшный, что земля заколебалась, как при землетрясении. Дома были снесены, как ветром; на целые мили все стекла были разбиты вдребезги гигантской воздушной волной, тогда как весь город был объят паникой. Пассажиры поезда, который только что подошел к станции, подверглись страшному испытанию: хотя станция находилась далеко от места взрыва, вагоны подпрыгнули на месте, и все стекла были разбиты как будто кем-то нарочно и сразу. Вероятно, около 40 тыс. м³ кислорода таким образом сразу вылилось в воздух. Эта катастрофа была простым повторением, только в огромных размерах, одного из приключений, которые происходят со всяким, начинающим практически изучать химию, именно при приготовлении кислорода нагреванием бертолетовой соли (хлората калия)¹⁹.



Рис. 20. Получение кислорода

Не правда ли, лучше кислород добывать как-нибудь иначе, безопаснее? Да! И я советую получить его действием марганцовокислого калия на перекись водорода. То и другое легко достать в любой аптеке. Концентрированный раствор перекиси водорода влейте в колбу с воронкой или двугорлую склянку, всыпьте туда же марганцовокислого калия и собирайте выделяющийся кислород в цилиндры или бутылки, наполненные водой и опрокинутые отверстием вниз, в пневматическую ванну (рис. 20) – словом, так, как собирали водород. Только, вынимая из ванны сосуды с газом, ставьте их отверстием вверх, прикрывая матовой стеклянной пластинкой, потому что кислород немного тяжелее воздуха.

¹⁹ Мартин Д. Указ. соч.

Горящее железо

Обернув вокруг карандаша тонкую отожженную железную проволоку, насаживают на ее конец кусочек пробки, зажигают последнюю и опускают проволоку в сосуд с кислородом. Можно прямо вколоть свободный конец проволоки в мягкую пробку и закрыть ею склянку с газом. На дне склянки надо оставить немного воды, то есть, собирая в нее выделяющийся кислород, не вытеснять им из сосуда всю воду. В этом случае окалина (продукт окисления железа), получающаяся при сгорании железа, остывает в воде, а иначе дно склянки может лопнуть (рис. 21).

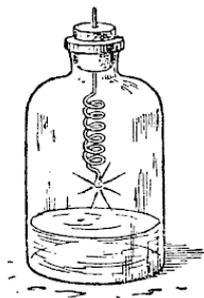


Рис. 21. Горение железа в кислороде

Наберите кислорода в бутылку из темно-зеленого стекла и зажгите в нем ленточку магния (через белое стекло свет будет так ярко, что может повредить глазам). Влейте в сосуд воды, хорошенько взболтайте с образовавшимся порошком оксида магния и через некоторое время попробуйте, как говорят химики, реакцию жидкости. Несмотря на ничтожную растворимость оксида магния в воде, реакция будет *слабощелочная*. Лакмусовая бумажка окрасится в синеватый цвет. Это показывает, до чего чуток лакмус к кислотам и щелочам, так как одна весовая часть окиси магния только в 55 000 частей воды. Подумайте, как же, значит, ничтожно ее количество в том объеме воды, который находится на дне вашей склянки!

Ошибка Жюль Верна

В романе Жюль Верна «Таинственный остров» есть такие строки: «Затем руда и уголь были размещены чередующимися слоями – слой руды на слое угля и т. д. Теперь, после того как уголь будет зажжен и в кучу станут нагнетать воздух мехами, в ней должны произойти следующие химические процессы: под влиянием обильного притока кислорода воздуха уголь, сгорая, превращается в угольную кислоту. Угольная кислота же, воздействуя на руду окиси железа, отнимает от нее частицу кислорода и таким образом выделяет из нее чистое железо».

Ошибся на этот раз Жюль Верн! Угольная кислота, правильнее – угольный ангидрид, – предельное соединение углерода с кислородом. Оно от оксида железа отнять кислород не может! В действительности при неполном сгорании углерода образуется оксид углерода, который и отнимает от руды кислород, превращаясь в угольный ангидрид. Выделяющееся железо не чисто, оно содержит примесь углерода.

Живые мертвецы

Гораздо легче окрасится лакмусовая бумага в синий цвет, если повторить последний опыт, заменив магний *калием* или *натрием*. Это очень легкие (легче воды) серебристо-белые в свежем разрезе, мягкие, как воск, металлы, которые, подобно кальцию, приходится хранить в керосине. Они также выделяют из воды водород, но эта реакция идет у них еще энергичнее, сопровождаясь таким нагреванием, что выделяющийся газ загорается, а с ним вместе начинают гореть и сами металлы.

Мы не станем проделывать этот опыт и вам не порекомендуем, – он зачастую сопровождается небольшим взрывом, который опасен тем, что едкая жидкость может брызнуть в глаза и причинить непоправимый вред.

Я сейчас хочу показать другой опыт. Осторожно, не касаясь натрия руками, вынув его пинцетом из баночки, отделяю ножом кусочек величиной в мелкую горошину, удаляю с него керосин фильтровальной бумагой, кладу металл в железную ложечку, нагревая в пламени горелки. Натрий загорелся, и я опускаю его в цилиндр с кислородом (рис. 22). Металл горит ярким пламенем.

Чтобы оксид натрия не рассеивался в воздухе комнаты, цилиндр надо прикрыть стеклом, а после того, как горение окончится, влить немного воды и взболтать. Образовавшийся едкий натр окрашивает лакмус в синий цвет. Взгляните на мое лицо, посмотрите друг на друга. Какие у всех нас страшные, темные лица «мертвецов». Оглянитесь вокруг. Куда делись яркие краски обстановки? Как бедна окраска всех окружающих нас предметов! Таково действие лучей горящего натрия!

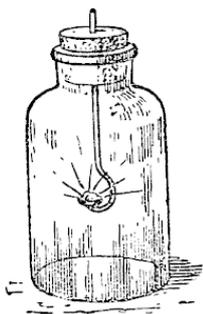


Рис. 22. Горение натрия

Я обещал вам сказать, что такое *основания*. Начать с того, что слово это является примером многих слов, переживших свое значение. До Лавуазье, выяснившего различие между сложными и простыми веществами, в науке господствовала удивительная гипотеза *флогистона*, таинственного флюида (истечения), менявшего свойства тел и их тепловое равновесие. Металлы считались соединением веществ, из которых они выплавляются, с флогистоном. Сами вещества эти принимались за простые тела, «основания» металлов. В действительности это были оксиды их, продукты соединения металлов с кислородом. Когда защитникам флогистона указывали на факты, противоречащие их гипотезе, они отвечали: «Тем хуже для фактов», а на замечание, что руда всегда весит больше, чем выплавляемый из нее металл, говорили: «Значит, флогистон имеет отрицательный вес». Мы называем основаниями кислородные соединения металлов, дающие с кислотами соли. Не все металлические руды – оксиды, и не все оксиды металлов – основания. Один и тот же элемент, в зависимости от степени окисления, может давать оксиды и основного и кислотного характера. Так, мы еще встретимся в наших дальнейших опытах с солями железа, в которые этот элемент входит и как металл, и как неметалл.

Наиболее резко выраженными основаниями являются оксиды щелочных металлов и *нашатырный спирт*. Последний, как вы знаете, представляет раствор *аммиака* в воде, а аммиак (мы еще ознакомимся с ним поближе) – это газ, состоящий из азота и водорода. Только самые новейшие исследования над строением атомов указывают на совершенно иные определения понятий оснований и кислот, чем принятые в наших учебниках, но здесь не место о них говорить.

Кстати, о словах и понятиях. Слово «кислород» тоже не из самых удачных, так как хотя оксиды неметаллов и дают, растворяясь в воде, кислоты, но кислоты, да еще такие сильные, как соляная, могут и не содержать в себе кислорода. Любопытная деталь. Латинское название соляной кислоты – *acidum muriaticum*. Хлор, в ней заключающийся, считали оксидом неизвестного элемента мурия, не желая верить, что может существовать кислота, не содержащая кислорода...

Химия неба

Помните – в самом начале книги я сказал о химии, что «она научила нас познавать состав небесных тел и даже определять их возраст»? Это было сказано не ради красного словца. Ученые, действительно, нашли способ узнавать, какие элементы входят в состав небесных тел, а по составу могут судить и об их возрасте.

Началось это с изучения света, излучаемого горящим натрием. Раскаленное добела твердое тело дает при разложении его лучей призмой сплошной семицветный спектр. Если пропустить эти лучи через пары натрия, то спектр оказывается как бы перерезанным несколькими черными линиями. Наиболее заметная, характерная для натрия линия перерезывает желтую часть спектра как раз там, где сам горящий натрий, бросающий лучи света через спектроскоп, дал бы ярко-желтую черту. Пламя каждого элемента дает не сплошной спектр, а прерывистый, состоящий из отдельных цветных полос. Внимательно рассматривая спектр Солнца, растянутый в длину, нашли в нем темные линии (фраунгоферовы линии), совершенно точно совпадающие с линиями, свойственными натрию. Что же это может означать? А то, что в солнечной сфере находятся пары натрия.

В дальнейшем, сначала в спектре Солнца, а затем и других звезд, были найдены линии, характерные для других земных элементов. Но в их спектрах имеется немало и таких линий, которые не соответствуют известным нам веществам. Часть их ученые даже окрестили заочно и по месту линий в спектре определили приблизительный характер этих внеземных элементов. Таковы *гелий*, *короний*, *небулий*²⁰ и др. Прекрасным доказательством, что такое определение веществ, находящихся от нас на головокругительных расстояниях в миллиарды миллиардов километров, не простая фантазия, а величайшее достижение человеческой мысли, служит история открытия гелия. После того как он был найден спектроскопом на Солнце, его удалось найти и на Земле.

Иначе сказать, когда некий новый элемент был найден в земных минералах, его спектральные линии с точностью совпали с линиями гелия. Значит, это и был гелий! Найден он и в водах некоторых источников, например на Кавказе и в Поволжье, и в количествах 0,000001—0,000002 долей объема входит в состав воздуха. Небесные тела по их спектрам делятся на состоящие из водорода и других газов, – это наиболее молодые; затем заключающие в своем составе пары металлов – группа более старая; и, наконец, содержащие углерод – самые старые. Конечно, этот «возраст звезд» зависит не только от времени, протекшего со дня их образования, но и от их размеров. Чем крупнее небесное тело, тем дольше остается оно «молодым»; чем меньше его масса, тем ранее оно успевает «состариться». Эти же наблюдения над спектрами звезд, а следовательно, над их составом показывают нам, что известные нам элементы не представляют соответственного количества абсолютно неизменяемых первичных форм материи. С течением времени, измеряемого, быть может, миллионами наших земных лет, «водородные» звезды превращаются в звезды «металлические».

Откуда же берутся в них эти металлы? Когда-нибудь астрономия, физика и химия совместно решат нам и эту задачу, и мы разгадаем тайну образования элементов, как уже начали разгадывать тайну их строения. Смещение спектральных линий элементов, наблюдаемое при изучении спектров так называемых «неподвижных» звезд, к красной или фиолетовой части спектра указывает на направление их движения – к нам или от нас. Величина же этого смещения позволяет определить скорость движения звезды. Вот к каким удивительным следствиям

²⁰ Доказано, что линии, приписывавшиеся гипотетическим коронию и небулию, в действительности соответствуют наличию на Солнце азота и кислорода в особых состояниях их атомов.

привел ученых простенький опыт горения натрия, который мы с вами проделали. Удивительная наука химия!

Куда делся кусочек угля?

Опустим в сосуд с кислородом на железной ложечке кусочек раскаленного докрасна угля. Он вспыхнет и сгорит без остатка ярким пламенем. Ни дыма, ни твердого оксида, как после горения металлов, в сосуде не останется. Уничтожение материи?.. Нет! Лавуазье более двухсот лет тому назад доказал, что вещество не уничтожается никакими реакциями, что меняются только его свойства. Можно проделать этот опыт, помещая герметически закрытый сосуд с кислородом на чашку весов. До и после сжигания в нем угля вес его остается тот же. Сгорая, уголь соединился с кислородом и образовал невидимый углекислый газ. Его присутствие можно обнаружить, переливая газ в сосуд с горящими огарками (рис. 23).

По мере того как сосуд наполняется угольным ангидридом, огарки гаснут один за другим, начиная от самого маленького и кончая самым высоким. Мы также уже знаем, что от этого газа мутнеет известковая вода. Почему? Потому что газ, соединяясь с известью (гидратом окиси кальция), дает нерастворимую в воде углекислую известь. Мы видели, что такое же помутнение известковой воды²¹ происходит, если продувать через нее воздух, выдыхаемый нашими легкими. Вы представляете себе все то количество угля, которое почти 7 миллиардов людей, обитающих на Земле, ежегодно выдыхают в виде углекислого газа?

Вероятно, нет. Ну, так я скажу вам, что оно равно 546 миллиардам килограммов угля, который, будучи собран воедино, образовал бы куб с ребром более чем в 880 метров! А ведь это не менее чем $\frac{1}{3}$ всей годовой мировой добычи угля, который мы также обращаем в углекислый газ, сжигая в заводских и домашних печах и, следовательно, вводя его состав атмосферы. А каковы заводские печи в наше время, видно из того, что домы Магнитогорска расходуют столько же воздуха, сколько вдыхают его все жители Санкт-Петербурга. Добавьте сюда газ, выдыхаемый всеми другими живыми существами всего света. А его истечение из земли! В 1783 году, при извержении угольного ангидрида одним из вулканов Исландии, газом было задушено 9000 человек и 239 000 голов домашнего скота. Из почвы он выделяется почти повсеместно; от него чаще всего задыхаются рабочие, спускаясь в глубокие колодцы и погребя.



Рис. 23. Углекислый газ гасит пламя свечи

Свеча, опущенная в такое скопление газа, гаснет. Угольный ангидрид не так ядовит, как хлор или окись углерода, но все же в больших дозах парализует головной и спинной мозг.

²¹ Известковую воду – раствор гидроксида кальция в воде – можно купить готовой в магазине, где продаются удобрения и садоводческий инвентарь, – она применяется для борьбы с болезнями растений, побелки стволов, – но нетрудно изготовить и самому. Надо настоять свежеприготовленную гашеную известь, слить в нее раствор, профильтровать его и наполнить им скляночку до самой пробки; тогда, будучи плотно закупоренной, известковая вода не мутнеет при хранении. Если же ее оставить надолго в соприкосновении с воздухом, она замутится, так как следы угольного ангидрида в воздухе, тем более комнатном, всегда имеются.

Попутно интересное замечание: земля дышит. Дышит, как живые существа, воспринимающие кислород всей поверхностью своего тела и через нее удаляющие угольный ангидрид. Но наряду с процессами выделения углекислого газа в природе идет непрерывный процесс его разложения. Освещенные солнцем зеленые части растений поглощают из воздуха углекислый газ и выделяют в него обратно кислород (процесс фотосинтеза).

Затем воды морей и океанов ежегодно растворяют в себе большие количества угольного ангидрида, не насыщаясь им, так как мириады живущих в глубине их вод организмов поглощают этот газ, вводя его в состав своих панцирей. Мел и известняк образовались из остатков несметного числа таких некогда живших организмов и продолжают и поныне образовываться на дне океанов.

Проходят миллионы лет – миг в жизни земного шара, – и там, где бушевали морские волны, возникает суша и выносит на поверхность известковые отложения океанов. Парообразующие процессы сжатием и повышением температуры превращают их строение в кристаллическое. Мрамор, из которого была изваяна Венера Милосская, был некогда известковым панцирем морских фораминифер...²²

Из этих-то соединений углекислый газ, пребывавший в них связанным со времени, предшествовавшего появлению на Земле первого человека, и будет сейчас мною выделен.

²² Фораминиферы – простейшие, тело которых покрыто раковиной; пережили период массового вымирания видов в конце мелового периода, уйдя на дно океана.

Глава 5

«Нечто невидимое» и опыты с ним

Один знаменитый астроном назвал гигантские хвосты комет, перед которыми весь наш земной шар кажется чуть ли не песчинкой, «видимое нечто»: так ничтожна масса этих хвостов в сравнении с их размерами. Наоборот, все бесцветные газы могут быть названы «нечто невидимое», так как мы хотя и не воспринимаем их зрением, но легко можем обнаружить их материальную природу.

Чтобы добыть одно из таких «нечто невидимых», в количестве достаточном для опытов, я в колбу с газоотводной трубкой бросаю кусочки мела, обливаю их слабой соляной кислотой и через газоотводную трубку (рис. 24) отвожу выделяющийся углекислый газ в открытый сосуд.

Углекислый газ почти в полтора раза тяжелее воздуха, в малых количествах не вызывает затруднения дыхания, а потому и допускает такое упрощенное собиране. Он вливается в сборный сосуд, как вливался в него хлор, и не беда, если и перельется через край, чего о хлоре сказать нельзя.

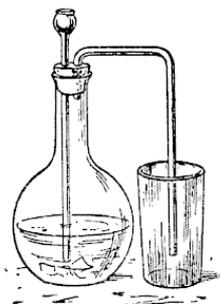


Рис. 24. Получение углекислого газа

«Таинственный» опыт с весами

Приверженцы тайных знаний, оккультисты, утверждали, будто человек силою воли может нарушать законы тяготения, будто, помещая руку ладонью вниз над чашкой весов, он, по желанию, заставляет ее подниматься вверх и опускаться вниз. Это, конечно, чушь, а вот я действительно могу, не прикасаясь к весам и как будто ничего не добавляя на одну из чашек, заставить ее опуститься вниз. Только тут нет никакого «волшебства». Просто я взвешиваю «ничто», хотя и невидимое, но вполне *материальное* и, следовательно, имеющее вес.

Перед нами простые, но довольно чувствительные весы и пустой стакан, поставленный на одной чашке и уравновешенный гирями на другой. «Налив» в другой стакан угольного ангидрида из прибора, в котором он у меня получается, переливаю газ в стакан, подвешенный на весах. Коромысло весов склоняется, стакан опускается вниз (рис. 25), продолжая, по-видимому, оставаться пустым. Он, конечно, не пуст, да и раньше не был пустым.

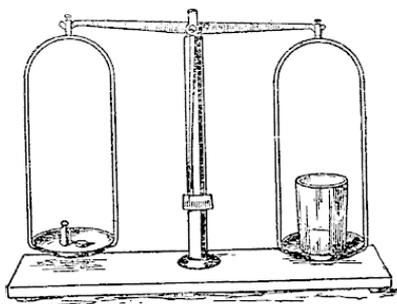


Рис. 25. «Таинственный» опыт с весами

Сначала он был полон воздухом, а теперь наполнился угольным ангидридом. Последний более тяжел, оттого и нарушилось равновесие весов.

Природа – архитектор

Мы видели, что углекислая известь растворяется в кислотах. Добавлю, что даже в такой слабой, как *угольная*. Опускаю газоотводную трубку от аппарата, в котором получается углекислый газ, в сосуд с известковой водой, – раствор мутнеет. Продолжаю и дальше пропускать через него газ. Смотрите. Постепенно муть исчезает, и вот жидкость снова стала прозрачной.

Углекислый газ сначала связал всю растворенную известь в нерастворимую углекислую, а эта последняя с избытком угольного газа образовала *двууглекислую известь*, вновь перешедшую в раствор. Переливаю этот раствор в колбочку и нагреваю. Замечаете выделение пузырьков газа и вторичное помутнение жидкости?

Производя этот любопытный опыт, мы в малом масштабе воспроизвели одно из великих явлений природы. Воды подземных источников, насыщенные углекислотой, проходя по известковым породам, выщелачивают их и несут в растворе двууглекислую известь. Выходя на поверхность или просачиваясь в пещеры, они теряют углекислоту, выделяя углекислую известь в виде пористого туфа (отложение углекислой извести) или натечков причудливых форм, строя подземные дворцы и пещеры.

Не менее важен этот процесс и для техники. Всем нам знакома накипь внутри самоваров, образуемая жесткой, то есть содержащей в растворе известковые соли, водой. Такая же накипь образуется в паровых котлах. Так как ее теплопроводность значительно меньше, чем металлических стенок котла, то и расход топлива в котле, имеющем накипь, больше, чем в чистом. Но такое загрязнение котла не только снижает полезную работу котла и машин, – оно крайне опасно. Нагревшись, накипь дает трещины; вода, коснувшись раскаленных стенок котла, мгновенно обращается в пар высокого давления и разрывает котел на части. Взрыв паровых котлов – явление, в прошлом, увы, далеко не редкое и часто влекло за собою немало человеческих жертв. Величайшим из взрывов, известных в истории техники, был одновременный взрыв двадцати двух соединенных между собою паровых котлов в ночь на 25 июля 1887 года. Он произошёл в Фриденсхютте, в Силезии²³. Сила взрыва была ужасна. Достаточно сказать, что камни котельного помещения и куски котлов были разбросаны в радиусе около полутора километров от эпицентра взрыва... Одним из способов для устранения накипи является предварительная очистка и подогрев воды, питающей паровой котел, и другие меры. К сожалению, они устраняют не все «накипеобразователи».

²³ Силезия – историческая область в Центральной Европе. Большая часть Силезии входит в состав Польши, меньшая находится в Чехии. Совсем небольшой частью Силезии владеет Германия.

Плавающие пузыри

Наполните какую-нибудь миску или невысокий и широкий стеклянный сосуд до половины углекислым газом и займитесь выдуванием мыльных пузырей. Стряхивайте их осторожно с соломинки на поверхность тяжелого газа (рис. 26).

Они будут поддерживаться, не опускаясь на дно сосуда. Для постороннего зрителя, не знающего, в чем дело, такое висение мыльного пузыря в «воздухе» кажется совершенно непонятным. Еще менее понятным кажется тот факт, что пузырь, сброшенный вами с большой высоты в миску, упав в нее, подпрыгнет вверх. Вы-то, впрочем, знаете, в чем дело: это он отталкивается от поверхности углекислого газа, как мяч отталкивается вверх, упав на пол. Однако, быть может, и вас, а тем более ваших товарищей, смотрящих на ваши опыты, изумит постепенное увеличение пузыря, висящего в сосуде. Если пузырь «долговечен» и в течение 2–3 минут не лопнет, то он раздуется и погрузится на дно сосуда. Происходит это от проникновения (диффузии) сквозь его оболочку угольного газа. Газ увеличивает объем мыльного пузыря, но одновременно делает шар более тяжелым.



Рис. 26. Плавающие пузыри

Отчего стреляет пушка

В толстостенную стеклянную бутылку до половины наливаю теплой воды. Отдельно заворачиваю в фильтровальную бумагу столовую ложку двууглекислого натрия и столько же *винно-каменной* кислоты. Бросаю пакетики в бутылку и быстро закупориваю ее заранее подобранной плотно входящей в ее горло пробкой. Встряхиваю бутылку. Бах! Пробка летит в потолок, пенящаяся жидкость вылетает из горла бутылки. Опыт, как видите, весьма несложен, а выводов из него можно сделать на целую страницу.

Во-первых, двууглекислая сода отличается от углекислого натрия большим содержанием угольного ангидрида. Такие соли носят название *кислых*. Во-вторых, вытесняемая из соли винно-каменной кислотой углекислота не растворяется в теплой воде, а бурно выделяется и выбивает пробку. Именно поэтому «убегают» квас и газированная вода, если их откупоривают недостаточно холодными, или сильно встряхивают перед открыванием. В-третьих, угольный ангидрид активизирует деятельность органов пищеварения, почему и пьют естественные «минеральные» воды, богатые углекислым газом, и готовят искусственные «шипучие» напитки. В последних углекислый газ либо развивается в результате естественного химического процесса – брожения, как это имеет место в квасе, либо выделяется, как в нашем случае, при взаимодействии двууглекислого натрия с винно-каменной или *лимонной* кислотами, безвредными для здоровья; либо, наконец, вводится в них извне под давлением. А в-четвертых, пробка вылетает из бутылки потому, что из твердых соединений, занимавших небольшой объем, сразу выделилось большое количество газа.

При взрыве пороха это внезапное увеличение объема при переходе из твердого состояния в газообразное происходит еще быстрее и еще значительнее. Оттого-то пороховые газы, стремясь расшириться, и выталкивают тяжелый артиллерийский снаряд с такой начальной скоростью, что он летит на десятки верст²⁴.

²⁴ Верста – русская единица измерения расстояния, равная 500 саженим или 1066,781 метра.

Очистить яйцо, не разбив скорлупы

У французов есть поговорка: «Нельзя приготовить яичницу, не разбив яиц». Химику, услышав эту поговорку, остается только пожалть плечами. Нет ничего легче и проще, как очистить яйцо, не разбивая его скорлупы. Хотел бы думать, что вы уже догадались, как это сделать, если знаете, что твердая оболочка яйца – тоже углекислая известь, как мел и мрамор. Стоит только опустить яйцо в слабый раствор соляной кислоты. Конечно, после растворения скорлупы есть яйцо ни в коем случае нельзя. При этом вы попутно сможете показать желающим еще такой фокус.

Ныряющее яйцо

Удельный вес сырого яйца немногим больше удельного веса слабой соляной кислоты. Опустившись на дно сосуда, яйцо покрывается пузырьками углекислого газа и всплывает на поверхность. На поверхности жидкости пузырьки газа оторвутся от скорлупы яйца и улетят в воздух, а яйцо вновь опустится. Такое ныряние и всплывание яйца (рис. 27) будет происходить до тех пор, пока вся скорлупа не растворится.

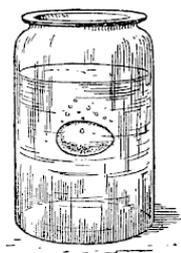


Рис. 27. Ныряющее яйцо

Растущее яйцо

Тоненькая пленка, облегающая яйцо, останется не разрушенной действием кислоты, растворившей скорлупу. Эта пленка пропускает кристаллические вещества (*кристаллоиды*) и задерживает так называемые *коллоиды*²⁵, к каковым относится яичный белок, неспособный кристаллизоваться. Явление это называется диализом и используется в технике для отделения от коллоидных растворов нужных веществ.

Поэтому яйцо, положенное в чистую, несколько раз в сутки сменяемую воду, вскоре освобождается от следов соляной кислоты, проникшей через оболочку, и начинает впитывать в себя воду, не давая в то же время своему содержимому проникать наружу. «Но позвольте, – спросите вы, – да разве вода – кристаллоид?» Вспомните красивые кристаллы льда на наших окнах в зимнее время, рассмотрите внимательно иглы инея, покрывающего ветви деревьев зимою, и, наконец, взгляните в правильную форму мелких снежинок. Если вы задали такой вопрос – вам станет неловко. Через трое суток лежания в воде яйцо, освобожденное от скорлупы, заметно увеличится в объеме.

²⁵ Коллоиды – тела, для которых характерна способность выделяться из раствора в виде студня или аморфных хлопьев. Коллоиды отличаются очень слабой способностью диффундировать (просачиваться) через перепонки и не кристаллизуются из растворов и в этом смысле противопоставляются кристаллоидам.

Яйцо в графине

Но если вам покажется скучным трое суток ждать результатов предшествующего опыта, сделайте вместо него с тем же яйцом другой опыт. Предложите кому-либо ввести в бутылку с широким горлом или в графин яйцо. Задача эта старая, и решалась она всегда чисто физическим путем. Вкрутую сваренное яйцо, освобожденное от скорлупы, советуют положить острым концом в горло графина, из которого часть воздуха предварительно удалена нагреванием. Для этого достаточно сжечь в графине кусок бумаги. Воздух при этом расширяется, и часть его выходит наружу. Яйцо по мере охлаждения графина вталкивается внутрь последнего давлением наружного воздуха. В момент, когда оно падает на дно графина, слышится звук как бы выстрела. Это вслед за яйцом врывается в графин наружный воздух (рис. 28).

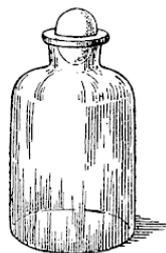


Рис. 28. Яйцо, вталкиваемое в сосуд атмосферным давлением

Еще эффектнее провести весь опыт чисто химическим путем. Ничего жечь внутри графина (с риском, что он еще, чего доброго, лопнет) не надо, а надо его наполнить угольным ангидридом и, держа в одной руке яйцо, другой быстро вылить в графин из пробирки крепкий раствор *едкого калия* (беречься брызг!) и в тот же момент закупорить отверстие графина яйцом. Едкий калий поглощает угольный ангидрид, превращаясь в углекислый калий (*поташ*), так что в графине образуется разреженное пространство, и яйцо «всасывается» в графин.

Глава 6

Опасные газы

На современных подводных судах, в кабинах стратостатов воздух непрерывно очищается от избытка выделенного дыханием экипажа угольного ангидрида раствором едкого калия, который можно заменить и едким натром. Таким образом, наш предыдущий опыт иллюстрирует одно из применений химии к технике и дает нам практическое указание, как очистить спертый воздух в комнате больного, если врач запретил открывать в ней форточку. Тарелки с налитым в них раствором щелочи быстро поглощают вредный избыток углекислого газа и облегчат дыхание больного. Кстати, вот что говорит об углекислом газе, выдыхаемом нашими легкими, один английский врач: «Обыкновенной мерой испорченности данного образца воздуха считается количество содержащейся в нем углекислоты, хотя надо заметить, что этот газ, полученный в химически чистом виде, может быть вдыхаем в больших количествах, не причиняя вредных последствий. Эти вредные последствия не наступают, пока количество углекислоты не превосходит 5 частей на 100. Если же, наоборот, углекислота получается путем дыхания, то результат оказывается иным, так как в данном случае в углекислоте содержатся органические примеси весьма вредного свойства. Так, эффект, получаемый при вдыхании воздуха, содержащего 1,5 части выдохнутой углекислоты на 1000, совершенно таков же, как при вдыхании воздуха, вдесятеро более богатого угольным ангидридом, но только полученного химическим путем».

Химические мотыльки

Чтобы воспроизвести этот опыт, возьмите бутылку с широким горлом, заткнутым пробкой, с пропущенной через нее воронкой с широким носиком. Если такой стеклянной воронки не найдете в продаже, склейте ее из тонкого картона. В бутылке получаете углекислый газ действием соляной кислоты на двууглекислую соду. Бросьте в воронку легонький шарик, плотно закрывающий ее отверстие. Я брал для этого маленький пустотелый шарик из *целлюлоида* (огнеопасен), но лучше, если сможете сделать его из сердцевины бузины или подсолнечника. Вырезав грубо что-то близкое по форме к шарiku, его окатывают между ладонями, пока форма не приблизится к шарообразной. Для красоты к шарiku приклейте вырезанные из тонкой папиросной бумаги крылышки бабочки, приподняв их кверху. Советую, предварительно смочив бумагу синей лакмусовой настойкой, вырезать из нее крылышки после того, как она просохнет.

Как только угольного ангидрида соберется достаточно, чтобы преодолеть вес шарика, он вырывается из бутылки (особенно при взбалтывании последней), подбрасывая «химическую бабочку» вверх. Взлетев на небольшую высоту, она снова опускается вниз, опять закрывая воронку. Взлет и опускание продолжаются, пока не выделится весь углекислый газ. Крылышки голубого мотылька при этом розовеют. По совести говоря, без приклеенных крылышек шарики работают лучше, и их можно бросить в воронку тогда сразу несколько (два-три). Крылышки же не только меняют свой цвет на розовый, но и намокают, мешая плотному соприкосновению шарика со стеклом воронки, но зато опыт с бабочками красивее. Итак, проделывая опыт, в случае неудачи оборвите у ваших «бабочек» крылья и довольствуйтесь «химической пляской» шариков.

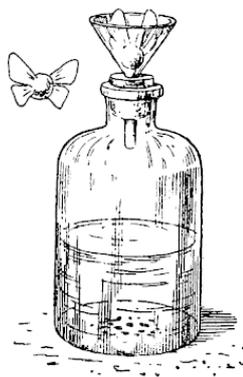


Рис. 29. Химические мотыльки

Подводная лодка из коробочки

Интересную вариацию опыта с ныряющим и всплывающим яйцом дает в пересказе из французского журнала Nature русский специалист по любительским опытам. Вот как он описывает этот опыт: «При продаже аптекарских материалов нередко встречаются высокие, круглые (цилиндрические) коробочки. В доньшке такой коробочки проколите несколько отверстий, а в крышке одно побольше, центральное. Через это последнее должен проходить стержень (булавка, проволока) двойного клапана, составленного из картонного кружка (снизу) и широкой пробки (сверху). Внутри коробочки скройте «газовый двигатель», который будет приводить в движение вашу коробку, если вы опустите ее в воду. На правой части рис. 30 вы видите, что этот двигатель представляет собою маленький пузырек, наполовину насыпанный смесью равных количеств соды и винно-каменной кислоты. Пузырек закрывается пробочкой со сквозным отверстием достаточной ширины. Для лучшей устойчивости коробочки на дно ее прибавьте какой-нибудь груз, например мелких гвоздей. В большую стеклянную банку с водой опустите дном вниз готовую и закрытую коробочку; вода будет входить в нее через нижние отверстия, а воздух выходит сверху через клапан, и коробочка опустится в воду. Но вот начинает работать газовый двигатель: в пузырек попадает немного воды, смачивает порошок, и из него сейчас же выделяется в большом количестве углекислый газ, который наполняет коробочку и вытесняет из нее воду через отверстия в дне: при этом все время, пока коробочка находится под водой, отверстие в крышке остается прикрытым картонным кружком клапана, потому что легкая пробка, поднимаемая давлением воды, тянет клапан кверху. Коробочка, наполненная газом, снова всплывает вверх; первую показывает из воды пробка, клапан опускается под действием веса пробки, газ выходит наружу, и вода снова наполняет коробку. Прибор опять опускается на дно, пока новое количество воды не попадает в скрытый внутри пузырек».

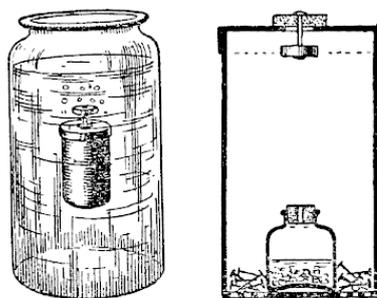


Рис. 30. Подobie химического «вечного двигателя»

На левой части рис. 30 изображен весь аппарат в уменьшенном виде с коробкой, поднимающейся кверху. «Подводная лодка» идет ко дну, когда все количество взятой соды и кислоты нейтрализуют друг друга, и больше она уже не всплывает.

Вредные газы, приносящие пользу

Некий профессор орнитологии²⁶ разделял всех птиц на «полезных», «полезно-вредных», «вредно-полезных» и «просто вредных». Такую более чем «оригинальную» классификацию никак нельзя применить к газам, так как все они без исключения, смотря по применению, могут быть и полезны и вредны. Мы видели, как ядовит хлор, но знаем, с какой пользой его можно применять. Газы, о которых у нас пойдет речь и с которыми мы проделаем ряд интересных опытов, конечно, все могут приносить – и подчас приносят – вред, но люди научились извлекать из них и пользу. Это будут газы, образуемые серой в ее соединениях с кислородом (*сернистый газ*) и водородом (*сероводород*), и уже отчасти знакомый нам аммиак.

²⁶ Орнитология – раздел зоологии позвоночных, изучающий птиц, их эмбриологию, морфологию, физиологию, экологию, систематику и географическое распространение.

Дар вулканов

«Прелесть! Так бы и стоял и смотрел без устали хоть целую неделю, не отрывая глаз. Этот кратер кажется лугом из тощей травы и шелковистого мха, густо покрытых блестящей пылью, с просвечивающей бледной зеленью, которая то постепенно переходит в самые темные цвета апельсиновых листьев и даже в коричневый цвет, то вновь светлеет, переходя в оранжевый и светло-золотистый; и, наконец, все эти переливы завершаются нежнокрасным цветом только что распутившейся розы. В одном месте виднеется яма, в другом выступы наподобие ледяных сосул; в некоторых из них стенки покрыты узорчатой сетью из серых кристаллов. Самые стены провала блестят желтой оторочкой из серы».

Так пишет наш старый любимец, шутник Марк Твен, но на этот раз пишет совершенно серьезно. Это описание красоты кратера Везувия, одной из природных «химических лабораторий», изготавливающих серу. Вероятно, на Луне, с ее некогда развитой вулканической деятельностью, этот элемент находится в изобилии.

Спрос на серу со стороны техники очень велик. Вы, быть может, и не подозреваете всей важности этого элемента для народного хозяйства. Ну на что сера может идти? Она входит в состав пороха, ее порошком обсыпают «заболевшие» виноградники, с ее помощью мягкий каучук вулканизируют в твердый эбонит, прекрасный изолятор электричества. Но это далеко не все. Вы забыли самое главное: из серы делают серную кислоту. И нам легче перечислить химические производства, обходящиеся без этой страшной жидкости, чем составить полный список ее применений! Серная кислота нужна для получения азотной, соляной, уксусной и других кислот, соды, стекла, целлюлозы, йода, суперфосфатных удобрений, сернокислого аммония, квасцов, фосфора, медного, железного и других купоросов, нитей для электрических ламп, алюминия, эфира, керосина, бензина, минеральных масел, парафина, глицерина, стеарина, динамита, целлулоида, патоки, бумаги, искусственных красок и сотен других веществ, без которых немыслима современная наука, техника, жизнь.

Для получения же серной кислоты нужен *сернистый газ* — продукт горения серы, а следовательно, и сама она. Потому-то этот дар вулканов и важен для человечества, потому-то и старается оно пополнить его недостаток, выжигая серу из колчедана (*сернистого железа*).

Опыты с сернистым газом

Опыты эти надо производить очень осторожно и внимательно. Запах горящей серы отвратителен и удушлив. На свежем воздухе мы, не рискуя здоровьем, можем ознакомиться с ним, если кому-либо он еще неизвестен. Сожжем для этого немного серы, положив ее хотя бы на кирпич. Удобнее взять серу в порошке. Зажегши кучку такого порошка, прикроем ее цветочным горшком, поместив в нем несколько разных цветов, стебельки которых укрепляем в отверстии горшечного дна (рис. 31).



Рис. 31. Обесцвечивание цветов

Цветы предварительно увлажняем водой. Даже на расстоянии вы ощущаете запах сернистого газа, и у вас першит в горле. Поднимите горшок и выньте из него цветы.

Желтые и белые, как можете видеть, не изменили своей окраски, остальные сильно побледнели, а некоторые и совсем обесцветились. Фиалки, например, стали снежно-белыми.

Таких в природе и не бывает!

Оставьте цветы лежать на воздухе. Постепенно их первоначальная окраска вернется. Сернистым газом, значит, можно белить, но он много дороже хлора и в технике применяется только для беления дорогих шелковых и шерстяных изделий, соломы для шляп и кожи для обуви. Он не разрушает, подобно хлору, отбеливаемые вещества. Сжигаю еще кусочек серы в стеклянном цилиндре, положив его в железную ложечку и налив на дно цилиндра немного воды. Взбалтываю ее и примешиваю раствор лакмуса. Жидкость краснеет. Сернистый газ, растворяясь в воде, соединяется с частью ее в непрочную и слабую сернистую кислоту. Сернистую, а не серную. Последнюю приготовить труднее. Сера, как и многие другие элементы, дает с кислородом два соединения: газообразный *сернистый ангидрид* и твердый – *серный*. Оба соединяются с водой, давая соответственные кислоты.

Раньше для получения столь нужной в технике серной кислоты сернистый газ окисляли в серный ангидрид в обширных свинцовых камерах, вводя его туда вместе с водным паром и окислами азота. Газ отнимал от последних кислород и с водой давал серную кислоту, а окислы азота, отдававшие свой кислород, сами собой окислялись снова, беря кислород из воздуха. Сернистый газ «не умеет» этого делать. Кислота получалась слабая, ее надо было сгущать выпариванием – операция дорогая и опасная. Теперь сернистый газ направляют на губчатую платину, обладающую способностью сгущать в себе кислород и отдавать его сернистому газу, а потом опять поглощать его из воздуха. Воды берется как раз столько, чтобы получить кислоту нужной концентрации.

Гашение огня горячей серой

Химия – парадоксальная наука! Она учит нас, что пожары не всегда следует гасить водой, так как вода подчас только усиливает бушующую огненную стихию. Мало того: химия научила пожарных гасить огонь... серой.

– Как, серой? Ведь она сама так хорошо горит!

Вот именно! Потому-то она и применима для гашения пожаров, что развивает при горении тяжелый, не поддерживающий горения газ. Когда загоралась сажа, наполнявшая давно нечищенные дымоходы, то, конечно, можно было влезть на крышу и лить воду в печную трубу. Огонь при этом гас, но грязная вода через печное отверстие заливала квартиру. Другое дело, если в этом случае вместо гашения водой начинали жечь в печи серу. Тяжелый сернистый газ наполнял дымоходы и перекрывал доступ в них воздуха, так что огонь сам собою гас.

Зеленый лев

– Не бывает зеленых львов, львы желтые! – скажете вы.

Совершенно верно. Мой лев тоже, как видите, желтый, но он сейчас позеленеет... от страха перед удушливым газом. Я вырезал моего льва из куска картона и выкрасил раствором *хромовокислого калия*, подкисленным соляной кислотой. Зажигаю на тарелке кучку серного цвета, увлажняю слегка своего льва водой, взбрызнув его для «бодрости» из пульверизатора, сажая на тарелку и прикрываю колпаком (рис. 32).



Рис. 32. Лев, позеленевший от действия сернистого газа.

Можно взять, как я указал раньше, большую закупоренную бутылку с отрезанным дном. Лев «не выносит» удушливого запаха горячей серы и вскоре становится совершенно зеленым. Что же происходит при этом? А вот что: сернистый ангидрид восстанавливает *желтую хромовую соль в зеленый оксид хрома*.

Газ тухлых яиц

Если вам случалось разбить тухлое яйцо, то вы знаете запах *сероводорода*, так как от его-то присутствия в гниющих белковых веществах и зависит зловоние испортившегося яйца. Газ этот не только омерзительно пахнет, но и крайне ядовит. Он иногда скапливается в сточных трубах и тому подобных местах гниения органических отходов. Химикам, работающим в лабораториях часами в атмосфере со следами этого газа, приходится отделяться только головной болью, иногда рвотой. Но лаборанты всегда предупреждают впервые приступающих к работе с газом, что, как только они перестанут ощущать его зловоние, значит, дело плохо – надо немедленно бежать на свежий воздух.

Говорят – «клин клином вышибай». Действительно, противоядиями против большинства газов служат вещества, сами по себе ядовитые. Не всегда два яда усиливают действие друг друга (хотя бывает и это), – иногда они взаимно нейтрализуют свое вредное действие. Так, противоядием при отравлении сероводородом служит наш старый знакомый – ядовитый хлор. Нюхайте хлорную известь, если вдохнули сероводород. Заметим, что в химических лабораториях нельзя обойтись без этого газа. Чистый сероводород и *сернистый аммоний* — важнейшие указатели состава веществ.

Я беру на кончик ножа щепотку черного порошка *сернистого железа*, всыпаю его в пробирку и, добавив несколько капель соляной кислоты, поскорее передаю пробирку вам. Понюхайте, не поднося слишком близко к носу! Не правда ли, пахнет вовсе не розами? Ядовитый сам по себе, сероводород, сгорая, развивает тоже не безвредный *сернистый газ*. Горит он – а в смеси с воздухом взрывает – почти так же хорошо, как водород. Рабочие перед спуском в колодцы и тому подобные места иногда предварительно опускают туда зажженную свечу, чтобы испытать, можно ли там свободно дышать.

Катастрофический случай массового отравления сероводородом произошел в 1896 году в Англии при постройке маяка на дне одного из морских заливов. Газ со дна моря проник в кессон²⁷, в котором работало 35 человек. Свечи, освещавшие кессон, стали светить зеленым пламенем, у рабочих закружилась голова, их стало тошнить. Они бросились из кессона и все спаслись, но долго страдали от последствий отравления. На три дня работы приостановили, а затем администрация послала в кессон 14 наиболее крепких рабочих. Перед самым концом смены струя газа вновь хлынула в кессон, семерым удалось спастись, восемь были извлечены в бессознательном состоянии. Один из них ослеп, другой сошел с ума, остальные стали инвалидами. В прежнее время, когда газовое освещение еще не было вытеснено электричеством, очистка светильного газа от неизбежной, но весьма нежелательной примеси к нему сероводорода производилась сложным химическим путем и весьма удорожала себестоимость газа. И все-таки этот зловредный газ ученые сумели сделать для нас необходимым, применяя его, как я сказал, в химических лабораториях. Дело в том, что все металлы соединяются с серой, давая характерные для каждого из них вещества. Анализируя какое-либо вещество, то есть исследуя его состав, химик действует на его раствор сернистым аммонием и сероводородом и по характеру получаемых сернистых соединений, их растворимости или нерастворимости в воде и кислотах, по цвету осадка и прочим данным выводит заключение, какие именно металлы и в каких количествах входят в состав данного минерала, сплава и т. п. Не думайте, что это имеет только научный, отвлеченный интерес. Нет, практическое значение этих реакций велико и в технике и в общественной санитарии. При их помощи, например, определяют присутствие ядовитых солей металлов в различных пищевых веществах и т. п.

²⁷ Кессон в морском деле – конструкция для образования под водой или в водонасыщенном грунте рабочей камеры, свободной от воды.

Кое-что о трехцветных кошках

Как из белой кошки можно получить трехцветную, да еще с рисунком полос и пятен, расположенных по вашему желанию, да так, как они никогда не располагаются у живых кошек? Такое превращение осуществимо только с кошками, вырезанными, как и наш зеленый лев, из картона. Вот беленькая картонная кошка. Ставлю ее на тарелку, на которой насыпан какой-то грязновато-белый порошок, прикрываю стеклянным колпаком (рис. 33).

Смотрите. Наша кошка превратилась в трехцветную, ее белая шерстка покрылась черными и желтыми полосами. Понюхайте порошок. Он пахнет сероводородом. Это *сернистый кальций*, соединение, непрочное на воздухе, присоединяющее воду и выделяющее кислород, постепенно переходя в известь.



Рис. 33. Превращение белой кошки в трехцветную

В былые времена, когда соду получали из поваренной соли действием на нее серной кислоты и дальнейшим превращением *сернокислого натрия* (*глауберовой соли*) в сернистый, а затем обжигом с известняком в углекислый, в качестве побочного продукта получался сульфид кальция. Для содовых заводов он являлся тяжелым бременем. Спрос на него в технике был невелик, и целые горы этого зловонного вещества, скопившись на заводе, отравляли окрестный воздух. В Англии сульфид кальция содовых заводов вывозили на специальных баржах в открытое море и там топили. Впоследствии научились регенерировать из сульфида кальция серу, а затем были найдены лучшие способы получения самой соды, при которых никаких остатков не получается. Нынешняя химия вообще практически не знает «отбросов».

Возвращаюсь к кошке. Полосы на нее были нанесены заранее. Те, что почернели, были сделаны раствором *уксуснокислого свинца* (трехводный ацетат свинца), пожелтевшие – раствором *хлорида сурьмы*. Оба раствора бесцветны. Полосы, нанесенные кисточкой, после того как они просохли, были совершенно незаметны, пока кошка оставалась белой.

Превращение белой кошки в черную

А вот другая кошка, тоже вырезанная из картона и тоже белая. Сажаю ее в компанию к трехцветной. Посмотрим, какое произойдет превращение.

Оказывается, она стала вся совершенно черной, без отметины, только телесно-розовый носик и ярко-желтые глаза выделяются на общем черном фоне. На этот раз я покрыл носик кошки раствором *хлористого марганца*, глаза – *хлористым кадмием*, а все остальное – тем же уксуснокислым свинцом (яд!).

Отчего темнеют картины

Прежние художники писали при помощи *свинцовых белил* и других свинцовых красок, темнеющих с течением времени от сероводорода, – а он в ничтожных количествах имеется в воздухе жилых помещений. *Перекись водорода* окисляет образовавшийся черный сернистый свинец в белый – *сернокислый*. От следов сероводорода в воздухе комнат чернеет и серебро, покрываясь тонким слоем сернистого серебра, легко удаляемого механической чисткой серебряных изделий мелом. Заметим еще, что белая фильтровальная бумага, смоченная раствором уксуснокислого или азотнокислого свинца (все соли этих кислот растворимы), служит хорошим показателем присутствия в воздухе сероводорода. Там, где он есть, бумажка чернеет даже тогда, когда самое чуткое обоняние не в силах ощутить его запах.

Немного истории

Алхимики утверждали, что их наука возникла в мифической Атлантиде, некогда поглощенной океаном со всеми своими обитателями. Атлантам якобы была известна тайна превращения всех металлов в золото. Иные шли еще дальше, уверяя, что еще «прародитель» всего человечества Адам и другие библейские персонажи – Авраам, Моисей и прочие были причастны к созданию золота. Все это придумывалось в Средние века, а старейшие письменные источники, указывающие на знакомство с химическими процессами, относятся к III веку нашей эры. Это египетские папирусы (рукописи на пергаменте), собранные в начале прошлого века шведскими учеными и хранящиеся в Нидерландском музее в Лейдене. Часть их извлечена из гробниц Фив. В них приводятся рецепты закалки металлов, изготовления стекла, искусственных драгоценных камней и... размножения золота. Древние египтяне были неплохими химиками. Они знали много различных химических соединений и умело пользовались ими как лекарствами, красильными пигментами, дубильными веществами, плавнями в металлургии и... как ядами. Клятва неофитов²⁸, приступавших к изучению оккультных наук (к каковым относилась долгое время и химия), листом персикового дерева весьма знаменательна – персиковый лист был символом молчания. Добавлю – вечного, так как в косточках персика находится (хотя и в едва уловимых количествах) один из сильнейших ядов – *синильная кислота*. Не ею ли заставляли египетские жрецы навсегда умолкнуть неосторожного, выдавшего какую-нибудь тайну непосвященным?

Самое слово «химия» происходит, как думают, от древнего названия Египта: страна *Кэми* или *Хэми*. Там возникла эта наука еще в те времена, когда вся Европа была покрыта первобытным лесом, служившим убежищем для диких зверей и не менее диких людских орд, задолго до возникновения культур Эллады и Рима. Возможно, впрочем, и другое происхождение названия науки о веществе – химии. Оно могло произойти и от греческих слов: либо от слова *χημος* – сок, либо от *χεω* – лить; но во всяком случае химия и Древний Египет тесно связаны друг с другом. Богу Амону-Ра был посвящен знаменитый храм в оазисе Синах, лежавшем в Ливийской пустыне. Многочисленные караваны паломников посещали храм, и помет верблюдов служил им топливом в холодные ночи. Из сажи, остававшейся от этого топлива, готовили жрецы храма особую летучую соль Амона. Отсюда и произошло название аммиака и его соединений. Действительно, аммиачные соединения выделяются и могут быть получаемы при сухой перегонке органических веществ и их остатков. Позже эти соединения стали добывать в больших количествах при перегонке угля.

В XX веке одно из аммиачных удобрений, играющее большую роль в интенсивном сельском хозяйстве, *сернокислый аммоний*, получали из отходящих газов заводских печей, – интересный пример утилизации отходов производства! С хлоридом аммония мы имели уже случай ознакомиться при первом же опыте, описанном в этой книге. Мы получили его взаимодействием аммиачного газа и паров соляной кислоты (хлористого водорода). Из него-то нагреванием с гашеной известью (гидроксид кальция) и получают аммиак в школьных опытах. Прибор для этого ничем, кроме расположения сосудов, не отличается от аппарата для получения хлора. Так как аммиак несколько легче воздуха, то сборный сосуд при этом помещают отверстием вниз. Можно, впрочем, собирать его и под водой, только последняя должна быть при этом сильно нагрета, так как в холодной воде газ прекрасно растворим.

Неудобство же последнего способа ясно: растворяясь в воде, аммиак будет выделяться не только в сборный сосуд, но и прямо в окружающий воздух из воды, наполняющей пневматическую ванну. Много проще брать для опытов готовый аммиак. Его водный раствор, как

²⁸ Неофит – новый приверженец какого-либо учения или общественного движения, новичок в каком-либо деле.

я уже говорил, называется нашатырным спиртом. (Опять же пренеудачное название: со спиртами, как понимают это слово химики, он ничего общего не имеет.) В 1898 году знаменитый английский химик Крукс грозил человечеству близким наступлением «азотного голода», в результате истощения залежей чилийской селитры. Перспектива грозная. Азотистые соединения необходимы истощенным полям как искусственное удобрение; без азотистых соединений придется отказаться от огнестрельного оружия, так как в состав всех видов пороха входит азот. Так как же использовать безграничный запас свободного азота в окружающем нас воздушном океане, как соединить его, например, с водородом, превратив в аммиак, из которого уже легко получить другие соединения азота? Что азот непосредственно соединяется с водородом в аммиак, это-то давно знали, но только... при обыкновенной температуре такая реакция протекает годами, а при повышенной дает ничтожный процент выхода аммиака. Выручили катализаторы. Усовершенствовало процесс повышенное давление. В присутствии соединений урана и при давлении в 200 атмосфер удалось через 10 лет после исторической речи Крукса получить первые 10 куб. сантиметров жидкого аммиака. Сейчас производство аммиака синтетическим путем идет в заводском масштабе.

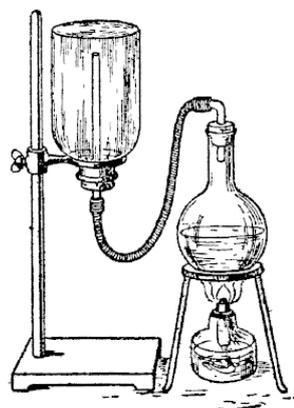


Рис. 34. Получение аммиака

Химическое хлебопечение

В сущности говоря, всякое хлебопечение сопровождается целым рядом химических процессов. Подъем кислого теста – результат жизнедеятельности дрожжевых грибков, превращающих сахаристые вещества теста (*декстрозы*) в спирт и угольный ангидрид. Последние, выделяясь из теста, делают хлеб рыхлым, пористым, легко перевариваемым нашим организмом. Так как состав и качество используемых дрожжей далеко не всегда одинаковы, то при этом трудно бывает точно угадать время, нужное для подъема теста. Иногда оно и совсем не всходит, «садится», как говорят, давая плотный, трудноперевариваемый хлеб. Гораздо проще, удобнее и чище заменить живых газообразователей «порошком для печения». Это двууглекислый аммоний, разлагающийся во время печения хлеба на летучий аммиак и угольный ангидрид. Такой способ применяется в хлебопечении.

Домашний огнетушитель

Упустишь огонь – трудно потушить. Поэтому на случай пожара следует всегда иметь под рукой средство для прекращения его в самом начале. Ведро воды? Да, во многих случаях это средство отличное, но не во всех. Вспыхнувший спирт, керосин, бензин и т. п. водой не загасишь: они вспыхивают над нею, продолжая гореть. Страшные пожары на нефтяных промыслах гасят не водой, а песком. Тоже хорошее средство, но тоже не всегда удобное. Не держать же в комнате бочку с песком! Да и тяжел он, – обращаться с ним неудобно.

Однако при химических работах, требующих нагревания на спиртовке, рекомендуется иметь под руками ящик с песком, чтобы гасить им разлившийся и загоревшийся спирт. То же можно посоветовать всем, имеющим дело с примусами²⁹ и тому подобными приборами. На чем основано гашение пожаров? Как я уже говорил, рассказывая о гашении горячей серой загоревшейся в дымоходах сажи, – на прекращении доступа воздуха к огню. Без отказа работает склянка с нашатырным спиртом. Его всегда надо иметь в домашней аптеке и для нейтрализации кислот, и для вывода жирных пятен, и в качестве самого дешевого и верно действующего огнетушителя. От высокой температуры пламени аммиак выделяется из раствора и отделяет горящее тело от окружающего воздуха; сам же он горения не поддерживает.

Глядите: в сосуд с аммиаком я опускаю зажженный огарок свечи, – он гаснет. Однако не странно ли: ведь сам-то аммиак горит! Добавлю: не на воздухе, а в чистом кислороде.

²⁹ Примус – бесфитильный нагревательный прибор, работающий на жидком топливе (бензине или керосине).

Опасность безопасных веществ

Желтоватый раствор, которым на одну шестую наполнена эта пробирка, – раствор *йода* в *йодистом калии*. Доливаю пробирку до половины нашатырным спиртом, отфильтровываю через фильтровальную бумагу образовавшийся черный осадок и тотчас, пока порошок еще не просох, беру от фильтра с осадком небольшую часть. С нас ее будет вполне достаточно; остальное выбрасываю в сосуд с водой, куда я сливаю ненужные растворы, остающиеся после наших опытов. Попутно замечу, что выливать их потом надо куда-нибудь подальше, где бы ими не могли отравиться домашние животные или птицы, но отнюдь не в раковину водопровода, особенно если реакция их кислая.

Кусочек еще влажной бумаги, покрытый черным порошком, кладу в уголок на полу. Не подходите к нему близко и не подпускайте к нему кошку или собаку. Подождав, пока порошок просохнет, издали гусиным пером, привязанным к длинной палке, слегка прикасаюсь к нему. Кто бы подумал, что взрыв будет так силен! Обратите внимание на фиолетовый пар, поднимающийся на месте взрыва. Да, взрыв сильный! Это было одно из сильнейших взрывчатых соединений азота – *йодистый азот*. Надо заметить, что *азот*, такой невинный, такой индифферентный в свободном состоянии газ, входит во все взрывчатые вещества.

Вернее сказать, свойство таких веществ моментально разлагаться на простейшие соединения зависит именно от присутствия в них азота. Он не «любит» вступать в соединения с другими веществами и при первой возможности их покидает. Мы знаем, что он не поддерживает дыхания, – оттого-то и назвали «азот» (то есть «безжизненный»). Но это ошибочно! Как раз наоборот: нет жизни без азота, ведь он входит в состав всех аминокислот, необходимых для жизни! Что касается фиолетовых паров, на которые я обратил ваше внимание, это газообразный йод.

Если вам удастся достать в аптеке йод не в виде обычного спиртового раствора, а в форме кристаллических сероватых чешуек слабометаллического песка, положите несколько таких кристалликов в тонкостенную колбу, закрытую пробкой, и слегка подогрейте в пламени спиртовки. Нагревайте осторожно (рис. 35), вращая колбу, чтобы все дно ее нагревалось равномерно. Колба наполнится газообразным йодом великолепного фиолетового цвета. На холодных стенках горла колбы и на основании пробки он осядет мельчайшими блестящими кристалликами. Опыт можно повторять сколько угодно раз.

Спрячьте куда-нибудь колбу; при случае удивите этим фокусом своих друзей. Только для того, чтобы помнить, что колба не пустая, наклейте на нее бумажку с надписью «Йод».

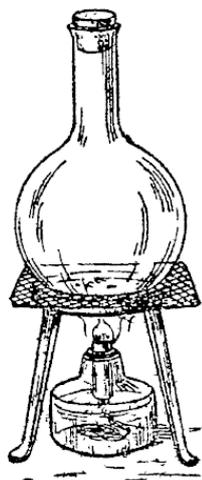


Рис. 35. Получение газообразного йода

То же самое взрывчатое вещество, которое я приготовил перед вами, дает соединение нашатырного спирта со спиртовым раствором йода. И та и другая жидкости являются обычными домашними средствами. Пусть это послужит вам предостережением: не зная химии, не пытайтесь самостоятельно, наобум изучать свойства веществ.

Взрывчатые вещества

Вы уже знаете, что химические реакции, сопровождающиеся выделением энергии, называются экзотермическими. Если экзотермическая реакция протекает в течение весьма короткого времени (от 0,0001 до 0,01 секунды) и сопровождается выделением значительного количества энергии, то говорят, что она происходит со взрывом.

Взрыв – это почти мгновенное превращение вещества в газ высокой температуры, с силой стремящейся расширяться и сокрушающей все препятствия к этому расширению. Температура получающихся газов может достигать до 3000 °С, а увеличение первоначального объема до 900 раз.

Химические реакции при взрыве сводятся либо к разложению сложного вещества на более простые, либо к сгоранию с образованием газов.

Химические соединения и их смеси могут взрываться самопроизвольно, от действия света, нагревания, искры, удара и от детонации. Детонация – это взрыв произвольно большого количества данного взрывчатого вещества от взрыва малого количества другого взрывчатого вещества, называемого иницирующим.

Далеко не все вещества, способные взрываться, применяются в военном деле и технике. Применяются лишь те, изготовление, хранение, транспорт и применение которых относительно безопасны. Относительно, потому что существует только одно безопасное взрывчатое вещество – смесь жидкого кислорода с угольной пылью. Его патроны готовят непосредственно перед взрывом, и, если по какой-либо причине взрыв не произошел, кислород быстро испаряется, и остается только уголь, который взорваться не может. Все остальные применяемые в технике взрывчатые вещества безопасны постольку-поскольку, и взрывы заводов, их изготавливающих, и складов, в которых они хранились, случались неоднократно.

В зависимости от скорости протекания процесса взрыва взрывчатые вещества можно разбить на три группы: иницирующие, как гремучая ртуть, взрывающиеся моментально и вызывающие взрыв других веществ; бризантные, как нитроглицерин, взрывающие всей массой сразу и производящие раздробляющее действие, и метательные, сгорающие хотя и в ничтожную долю секунды, но все же не всей массой одновременно, и оказывающие, как порох, метательное действие.

Для различных технических целей применяют вещества различной силы и качества взрыва. Нельзя зарядить пушку нитроглицерином, – он взорвется так быстро, что, еще не успев вытолкнуть из нее снаряд, разнесет в куски самую пушку. И наоборот, плох обыкновенный черный порох для туннельных и горных работ, так как газы, им развиваемые при взрыве, направляются в место наименьшего сопротивления, а не разорвут на куски скалу или слой каменного угля. В этом случае уместны именно бризантные вещества.

Применение взрывчатых веществ в военном деле вам, конечно, известно. Метательные применяются для заряда огнестрельного оружия, а бризантными начиняют мины, фугасы и артиллерийские снаряды.

Но представляете ли вы себе, как широко применяются взрывчатые вещества в мирной технике?

Знаете ли вы, что у нас они применяются в каменноугольных копях и рудниках, при сооружении дорог и туннелей, при надобности быстро удалить большие массы земли, для корчевания пней, для разлома ледяных полей, взрыва ледяных гор и заторов и пр. и пр.

Кто изобрел порох?

Старейшее взрывчатое вещество – это черный порох, смесь калиевой селитры с серой и углем. Селитра – соль азотной кислоты, богатая кислородом, который и сжигает серу и уголь. В результате взрыва пороха получаются газы: азот, угольный ангидрид, сернистый газ и твердый сернистый калий, который и образует дым.

Порох, вероятно, был изобретен в Китае. Применялся он там для фейерверков и на войне для устрашения неприятеля грохотом взрыва. Только впервые в 1259 году им стали заряжать «огненные копья» – прообраз современного ружья. Около 1290 года арабы заменили катапульты и баллисты, разбивавшие стены осаждаемых крепостей ударами камней, пушками, выбрасывавшими каменные ядра. Знаменитый средневековый алхимик Роджер Бэкон в 1284 году описал изготовление пороха, на что современники не обратили внимания. Легенда приписывает изобретение пороха в Европе монаху Бертольду Шварцу, и на его родине немцы даже поставили ему памятник.

На протяжении почти пяти столетий порох был единственным взрывчатым веществом, применявшимся в военном деле и в технике. Лучшие умы работали над усовершенствованием его состава, не пытаясь применить какие-либо другие взрывчатые вещества.

Во второй половине XIX века дело резко изменилось.

В 1845 году было получено куда более сильное вещество, чем порох – обработанная азотной кислотой клетчатка, – *пироксилин*, а тремя годами позже – *нитроглицерин*. Однако эти новые взрывчатые вещества оказались уже чересчур взрывчатыми и взрывались когда не надо, часто при самом изготовлении. Заводы, пытавшиеся их готовить, один за другим взлетали на воздух.

Укрошенный нитроглицерин

Как же тут быть?

Ряд химиков начал работать над «укрошением» нитроглицерина и пироксилина. А. Нобель случайно заметил, что нитроглицерин, пролитый при переноске на инфузорную землю³⁰, образовал с ней сравнительно безопасное в обращении взрывчатое вещество. Он назвал его динамитом и посвятил всю свою жизнь на изучение и улучшение этого нового взрывчатого вещества, выработав ряд его сортов в зависимости от назначения. Но он не смог приспособить динамит для метательного действия. Эту задачу решили другие, «укротив» пироксилин, превратив его в бездымный порох. Д.И. Менделеев в России и Вьель в 1885 году во Франции превратили опаснейшую нитроклетчатку обработкой ее разными веществами в желатинообразную массу, допускающую раскатывание в листы и разрезание их на кубики и ленты. Такой порох сгорает без взрыва, не дает золы и обладает большей метательной способностью, чем черный порох.

³⁰ Инфузорная земля (трепел, трипел) представляет собой скопления кремнеземистых панцирей диатомовых водорослей и других микроскопических организмов, встречающиеся в виде песчанистых масс. Главной составной частью является аморфный кремнезем и вода в различных пропорциях, кроме того, в малых количествах содержится нерастворимый в натронном щелоче кремнезем, окись железа, глинозем, углекислые кальций и магний, а также органические вещества. Инфузорная земля имеет вид массы белого, желтоватого или темного цвета, нерастворимой в воде. Используется для превращения нитроглицерина в динамит, для полирования металлов, стекла, ценных камней, как огнеупорный материал.

Пикриновая кислота и тротил

Но вот курьез. С 1789 года в руках химиков было еще более грозное взрывчатое вещество, а они и не подозревали этого и применяли его как ярко-желтую искусственную краску. Это пикриновая кислота, взрывающаяся от детонации. Через три года после изобретения бездымного пороха пикриновую кислоту под разными названиями стали применять в качестве бризантного вещества для начинки артиллерийских снарядов.

Только оказалось, что применять ее надо с соблюдением особых предосторожностей, защищая заряд от соприкосновения с металлическими стенками снаряда. Иначе пикриновая кислота, действуя на металл, образовывала соли – пикраты, которые, в отличие от нее, взрывали самопроизвольно. От использования пикриновой кислоты решили отказаться.

Вскоре на замену пикриновой кислоты пришел тротил. Он обладает еще лучшими качествами, чем пикриновая кислота, и не дает соединений с металлами. Во время Первой мировой войны к тротилу стали примешивать аммиачную селитру, создав новое взрывчатое вещество – аммотол. После войны аммиачная селитра в смеси с алюминием в порошке и другими веществами была превращена в аммонал, нашедший широкое применение в мирной технике.

Теперь заметьте вот что. Пикриновая кислота – органическая краска, тринитрофенол, то есть обработанная азотной кислотой карболовая кислота; тротил – это тринитротолуол, вещество, близкое по химическому строению фенолу, а аммиачная селитра в смеси с сернокислым аммонием – превосходное удобрение. Фенол же и толуол – исходные материалы для изготовления искусственных красок, дезинфицирующих и лекарственных веществ.

Понятно теперь, почему даже в годы жесточайшего экономического кризиса во всех странах искусственно насаждали красочную промышленность и заводы искусственных азотистых удобрений. Их продукция не всегда находила сбыта, но они являлись готовыми базами для изготовления взрывчатых и отравляющих веществ, применяемых в военном деле.

Мирное применение взрывчатых веществ

Моментальные взрывы громадных масс земли и твердых горных пород при инженерных сооружениях заменяют многомесячную работу удаления их экскаваторами и лопатами.

Так, в январе 1936 года в Магнитке взрывом 87,5 тонны аммонала было удалено 33 000 кубометров земли; осенью 1935 года у Подольска было взорвано для расчистки строительной площадки 95 тонн аммонала. Еще раньше на Дальнем Востоке взрывом 260 тонн аммонала при постройке железной дороги была мгновенно выполнена работа, которая отняла бы иначе два года времени.

Вдесятеро большее количество было использовано для вскрытия богатого Челябинского месторождения угля путем сброса 1 300 000 кубометров породы. Снятие такого количества земли экскаватором заняло бы девять месяцев.

Вот что писал очевидец одного из таких взрывов: «Человек конкурирует с самыми грозными силами природы. Взрыв такой массы аммонала – это искусственное извержение, искусственное землетрясение. Надо видеть его эффект, описать его нельзя. Я стоял почти в километре от места взрыва, и меня качнуло воздушной волной. От грохота барабанные перепонки вдавились, и я временно оглох. Поразительная картина была, когда тысячи кубических метров земли ринулись вверх. Только теперь я понял всю мощь техники».

Два слова о веществах, вызывающих детонацию – взрыв звуковой волной. С середины прошлого века для пистонов и запалов брали гремучую ртуть (фульминат ртути, ртутная соль гремучей кислоты). Позднее были открыты новые инициирующие вещества – крайне непрочные соединения азота с металлами, например *азид свинца* (соль азотистоводородной кислоты).

Синий фонтан из красной воды

В широком стеклянном сосуде, который с успехом может быть заменен банкой из-под варенья, налита вода (рис. 36), слегка подкисленная и подкрашенная раствором лакмуса в красный цвет.

Сейчас, без всяких механических приспособлений, я заставлю ее бить вверх фонтаном, струя которого, кроме того, будет не красного, а синего цвета.

Вы уже столько химических «чудес» рассмотрели, что вас это, быть может, и не поразит, но на новичка зрелище производит сильное впечатление.

Опускаю в сосуд запаянный кончик стеклянной трубки, проходящей через пробку, которой закупорена пустая на взгляд склянка. Другой конец трубки, как видите, оттянут, но не запаян и лишь немного выступает из пробки.

Опущенный в воду запаянный конец трубки отламываю под водой щипцами; вода тотчас устремляется в склянку и бьет в ней окрашенной в синий цвет струей.

В склянке, казавшейся пустой, был аммиак. Вода комнатной температуры способна растворить такой объем аммиака, который в 600–700 раз превышает ее собственный объем. Как только кончик трубки отломан, газ моментально растворяется в воде, в склянке образуется пустота, и в нее врывается вода из нижней банки, вгоняемая в разреженное пространство давлением внешнего воздуха.

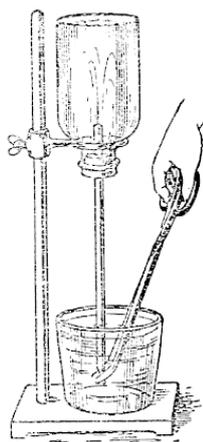


Рис. 36. Получение синего фонтана

Перемена цвета для вас понятна: щелочи окрашивают лакмус в синий цвет.

Попутно замечу, что если верхний сосуд наполнить твердым *хлористым водородом*, а воду нижнего подкрасить раствором лакмуса в синий цвет, то вода опять-таки устремится фонтаном из нижнего сосуда в верхний, меняя свой цвет из синего в красный.

Так как получение твердого хлористого водорода требует большого количества серной кислоты (и вдобавок концентрированной) для осушки газа, а с серной кислотой начинающим химикам нужно стараться иметь как можно меньше дела, то я покажу вам этот опыт в несколько измененном виде.

Красный фонтан из синей воды

В небольшую скляночку у меня налита вода, подкрашенная в синий цвет щелочным раствором лакмуса. Склянка закупорена пробкой с пропущенной через нее соломинкой. На тарелку кладу несколько влажных листков фильтровальной бумаги и обливаю их небольшим количеством слабой соляной кислоты. Беру большую стеклянную банку и удаляю из нее часть воздуха нагреванием над пламенем спиртовки, держа над ней банку так, чтобы пламя было как раз в середине банки. Горячую банку ставлю на тарелку, плотно прижав ее к влажной бумаге (рис. 37).

По мере остывания воздуха в банке образуется разреженное пространство, и вода из пузырька бьет в банке струйкой вверх, окрашиваясь парами соляной кислоты в красный цвет. Опыт не всегда проходит так удачно. Банка при перемене температуры может лопнуть. Надежнее брать большой, так называемый химический стакан (тонкостенный сосуд, выносящий быструю перемену температуры), но на него не следует сильно надавливать: он хрупок, и, сломав его, вы можете поранить себе руку.



Рис. 37. Получение красного фонтана

«Курящийся» мыльный пузырь

В мыльную воду погружаю широкий конец маленькой стеклянной воронки и, взяв другой конец ее в рот, выдуваю великолепный мыльный пузырь, блестящий всеми цветами радуги. Пузырь – величиной с апельсин. Осторожно вношу его в банку с широким горлом, на дне которой налито немного какой-то бесцветной жидкости. Подержав его полминуты в банке, прикрывая пальцем отверстие носика воронки, вынимаю, отвожу палец в сторону, а другой рукой подношу к отверстию стеклянную палочку (рис. 38).

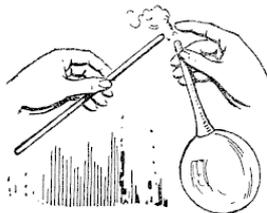


Рис. 38. «Курящийся» мыльный пузырь

Как видите, ее приближение служит сигналом началу странного явления: из пузыря, совершен но до тех пор прозрачного, начинает выходить струя дыма. Этот опыт является вариацией первого химического фокуса, проделанного мною перед вами. На дне банки, в которую я опускал пузырь, налит нашатырный спирт. Выделяющийся из него аммиак растворяется в пленке пузыря и испаряется из нее внутрь пузыря. Стеклянная палочка, поднесенная к узкому отверстию воронки, смочена раствором соляной кислоты, выделяющим газообразный хлористый водород. Вы уже хорошо знаете, что эти газы, соединяясь при взаимодействии, имитируют появление дыма. Кстати сказать, и этой реакцией пользовались военные химики для образования дымовых завес на полях сражений. Только в этих случаях брали не хлористый водород, а хлор, который во влажном воздухе, соединяясь с аммиаком, образует густые облака из кристаллов хлористого аммония. Таким образом, хлором военная химия не только отравляет, но и защищает.

Кое-что о военной химии

Уже свыше семи столетий достижения химии широко используются в военном деле. Это и изготовление пороха и других взрывчатых веществ, и более раннее частичное применение для сжигания неприятельских кораблей. Так был сожжен «греческим огнем», в состав которого входили нефть и селитра, флот Олега, пытавшегося взять

Царьград с моря; так Ольга сожгла укрепления древлян и т. п. Наряду с бездымным порохом военные химики использовали составы противоположного свойства, дающие густой дым. Они применялись в качестве «дымовых завес», маскирующих передвижения воинских частей или скрывающих суда от взора неприятеля. Бомбардировка снарядами с такими веществами намечает пункт для попадания в цель. Вещества, развивающие цветные клубы дыма, применяются для сигнализации, в частности с аэропланов. В ночное время, помимо прожекторов, для освещения местности употребляются светящиеся ракеты, освещающие позиции противника. Подобного рода осветительные снаряды сбрасывали и с аэропланов. В деле световой сигнализации на воде применяются *карбиды*, разлагающиеся водой с выделением ярко горящего *ацетилена*. Как видите, применение химии в военном деле уже не ново. Но под «химической войной» обычно подразумевают войну при помощи ядовитых веществ, начало которой было положено немцами весной 1915 года. Думая так, ошибаются. Известный этнограф Вейле указывает, однако, что применение отравляющих газов для военных целей было знакомо еще древним китайцам, бросавшим в неприятеля «вонючие горшки», и, что еще более удивляет нас, первобытным обитателям Америки. «Шведский исследователь Норденшельд установил, – пишет Вейле, – что в обычаи индейцев Южной Америки входило употребление еще более неприятных, даже опасных для жизни газов. Испанец Овиедо-и-Вальес сообщает о нападении с помощью «перечного газа». При сражении у реки Ориноко в 1532 году два молодых индейца шли впереди фронта, неся каждый в одной руке сковороду с горящими угольями, а в другой – размолотый перец. Как только ветер казался им благоприятным, они сыпали перец в уголь. Результаты были наглядны, так как пар приводил в беспорядок ряды испанцев, заставляя каждого из них продолжительное время чихать».

По сообщению француза Дю Тертра, это средство содействовало изобретению газовой маски.

«Пар перца раздражает слизистые оболочки носа и бронхи так сильно, что может повести к смерти, если не покинуть отравленного пространства или не употребить средства, состоящего в смачивании платка в крепком уксусе и завязывании им носа, чтобы нейтрализовать вредное действие перца.

Действующая часть кайенского перца³¹ называется *капсаицин*. Мы знаем, что он вызывает раздражение слизистых оболочек и дыхательных путей; это было известно и индейцам, и потому в примененной ими военной химии за ними можно признать большие заслуги, чем за близкими к ним первобытными обитателями Канады, о которых еще в 1558 году рассказывали, что они умеют уничтожать нападающего неприятеля паром жиров и запахом каких-то растений. Для этой цели они перед нападением врага собирали хворост, пропитывали его рыбьим жиром и зажигали, бросая в огонь высушенные листья некоторых деревьев».

Итак, «ничто не ново под луною». Слезоточивое вещество, *акролеин*, выделяемый горящим жиром, оказывается, применялся чуть ли не за 400 лет до нашего времени. Да и прототип теперешних противогазовых масок также был еще тогда известен. Однако нынешняя газовая или химическая война ничуть не похожа на «перечную» химию древних. Мощно раз-

³¹ Кайенский перец похож на красный стручковый перец, но отличается более жгучим вкусом и более сильным пряно-горьким ароматом.

витая химическая промышленность – производство азотной, серной и др. кислот и всевозможных газов – дала возможность впервые широко применить химические способы нападения во время Первой мировой войны 1914–1918 годов. На предыдущих страницах нам уже пришлось попутно говорить о разнообразных химических веществах, применяемых в военной химии. Мы ознакомились с веществами взрывчатыми, с некоторыми из отравляющих веществ, являющимися производными хлора, и некоторыми способами образования дымовых веществ; наконец, мы указали на основные способы защиты от отравляющих веществ.

О том, что для изготовления отравляющих и взрывчатых веществ легко использовать химические фабрики и заводы, казалось бы ничего общего не имеющие с военным делом, я уже имел случай сказать, так что возвращаться к этому не будем. По основному действию отравляющие вещества делятся на: удушающие (хлор, фосген, дифосген, хлорпикрин), общеотравляющие (синильная кислота, окись углерода), местнопоражающие (иприт, люизит), слезоточащие (хлорбензил, бром-бензил, акролеин), чихательные (метил и этилдихлорарсин, фенилдихлорарсин, метилдихлорарсин). В состав двух последних групп входят преимущественно производные хлора и мышьяка. Цель их применения – заставить атакуемых снять противогазы. Слезоточивые и чихательные газы полиция некоторых стран применяла для разгона рабочих демонстраций. Защитой, помимо упомянутых выше противогазов, служат маски, соединенные с аппаратом, подающим кислород для дыхания, непроницаемая одежда (для отравляющих веществ, поражающих кожу) и газобезопасные. По старой памяти химическую войну иногда называют газовой. Однако сейчас больше применяются распыляемые жидкие и твердые отравляющие вещества. Ими либо стреляют, заключая их в разрывные снаряды, либо сбрасывают бомбы и баллоны, ими наполненные, с самолетов.

Глава 7 Безопасная пиротехника

Старинное, теперь неверное определение пиротехнической отрасли прикладной химии таково: «Искусство приготовления различных горючих и взрывчатых составов и сжигания их с целью доставления того или иного определенного эффекта».

Сейчас пиротехника – одно из средств военной связи, различных видов сигнализации и вариантов увеселения.

Немало любителей этого развлечения серьезно поплатились за свою любовь к «потешным огням». Мы в их число, надеюсь, не попадем, так как никаких сложных фейерверков делать не станем и никаких сильновзрывчатых веществ брать не будем.

Ограничимся парой-другой пиротехнических опытов, соединяющих в себе приятное с полезным и свободных для пиротехника-любителя от опасности.

Для гарантии от таких печальных последствий будем соблюдать правила техники безопасности, использовать минимальные количества реагентов и держать под рукой весь арсенал средств пожаротушения: склянку с нашатырным спиртом, ящик с песком и кувшин с водой.

«Огонь-художник»

Осмотрите, пожалуйста, самым тщательным образом эти листки бумаги. Ничего на них не нарисовано, ничем они не покрашены, только в одном из уголков каждого листка карандашом отмечена точка. На такой бумаге печатают газеты; она так и называется – газетной. Тлеющей спичкой касаюсь отмеченного точкой уголка одного из принесенных с собой листков. Он не вспыхивает, только искорка медленно идет вверх все выше и выше, поворачивает, опускается, направляется почти параллельно верхнему краю листка, снова опускается вниз... Там, где она пробежала, бумага выгорает по каким-то причудливым кривым линиям, но за их пределы огонь не переходит. Терпение, терпение... Все дальше бежит – вернее сказать, ползет, – светлая точка, оставляя за собой черный след, и вот путь искры закончен. Перед нами контур слона, обрисованный «огнем-художником» (рис. 39).

Поджигаю второй лист, и через 5 минут к слону присоединяется жираф; третий – верблюд и т. д. Целый зверинец! Дети – свидетели опыта – всегда и неизменно приходят в восторг. К удивлению («Как это искра знает, куда ей надо направиться, чтобы нарисовать страуса или крокодила?») присоединяется нетерпение угадать, что она на этот раз нарисует. Да и взрослым это развлечение кажется занятным, и далеко не все они догадываются, в чем тут дело. А дело самое простое. Рисунок на бумагу, конечно, наносится заранее.

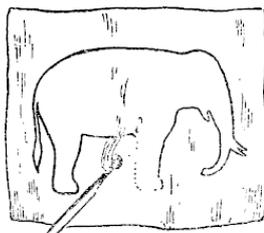


Рис. 39. «Огонь-художник»

Рисуется он зубочисткой или мягким гусиным пером, обмакиваемыми в раствор *калевой селитры* (азотнокислого калия). Для целой серии рисунков совершенно достаточно чайной ложки теплой воды и столько селитры, сколько ее уместится на кончике ножа. Чем концентрированнее раствор, тем быстрее потом движется искра по бумаге; но опыт интереснее, когда это движение медленно, – больше простора для догадок: что выйдет? Просохнув, контур рисунка становится совершенно невидимым; оттого-то и надо заранее отметить какую-нибудь точку с краю бумаги или в одном из ее углов и начинать рисовать от этой точки. Рисуя, следите, чтобы след пера нигде не прерывался, иначе выйдет конфуз: искра угаснет, не доведя рисунок до конца. Понятно также, что проводимые линии не должны пересекать друг друга. Дешевизна этого опыта «вне конкуренции»!

А комнату после него надо хорошо проветрить: продукты горения селитры не безопасны для дыхания и отравляют воздух.

Бумага, горящая цветным пламенем

Да неужели вы до сих пор не знали, что голубая бумага горит голубым пламенем, красная – красным, желтая – желтым и т. д.? На такой вопрос вам, конечно, ответят дружно, что вы глубоко заблуждаетесь, что совершенно независимо от окраски всякая бумага горит одинаковым пламенем, только одна легче загорается и скорее сгорает, другая – труднее и медленнее, смотря по толщине и плотности. Скажите тогда вашим оппонентам, что вы готовы подтвердить свои слова опытом и что, по счастью, вы как раз сегодня купили для своих работ разноцветной папиросной бумаги. Принесите и покажите свою покупку и один за другим сожгите листы: белый, красный, голубой и желтый. Каждый будет гореть пламенем соответствующего цвета.

Удивив публику цветным горением цветной бумаги, позаботьтесь о ее здоровье и хорошенько проветрите комнату после вашего импровизированного фейерверка. В теплую погоду лучше демонстрируйте ваш опыт на открытом воздухе или хотя бы у открытого окна. Ясное дело, что между моментом покупки цветной папиросной бумаги в магазине и моментом ее демонстративного сожжения перед публикой вам придется над ней немного поработать. Белая бумага смачивается концентрированным раствором *бертолетовой соли* (хлората калия) в горячей воде, желтая – в таком же растворе с примесью *натриевой селитры*, красная – с примесью *азотнокислого стронция*, зеленая – *азотнокислого бария*, синяя – *азотнокислой меди*. Вымоченная в соответственном растворе бумага подвешивается над блюдцем того же раствора при помощи деревянных прищепок. Когда бумага совершенно высохнет, ее вновь смачивают жидкостью и так повторяют несколько раз, пока в порах бумаги не отложатся микроскопически малые кристаллики солей, после чего она окончательно высушивается и сжигается в совершенно сухом состоянии.

Цветное пламя

Водород горит почти совершенно бесцветным пламенем; пламя чистого спирта тоже светит весьма слабо. Наоборот, пламя *ацетилена* ярко; свеча или керосиновая лампа также горят светящимся пламенем. Большая или меньшая яркость всякого пламени зависит от присутствия в нем раскаленных твердых частичек. Водород, сгорая в водяной пар, таких раскаленных частичек не дает, и, если бы не сгорающая в нем пыль воздуха, его пламя было бы заметно только по развиваемой им высокой температуре. В светильном газе, керосине, стеарине содержится, кроме водорода, в большем или меньшем количестве углерод. Частички последнего, перед тем как сгореть, накаливаются, – оттого-то пламя газовой горелки, керосиновой лампы и свечи и светит. Можно и несветящееся или слабо светящееся пламя сделать ярким, обогащая его углеродом или раскаляя им негорючие вещества. В технике первое достигается примесью к веществам, горящим бесцветным пламенем, так называемых тяжелых углеводородов, то есть соединений водорода с большим количеством углерода, как у ацетилена, например, а второе – направляя пламя на специальный колпачок калильных горелок, нити которого пропитаны солями некоторых редких элементов (*церия, тория* и др.), дающих при высокой температуре интенсивно-яркий свет. Для получения цветного пламени к горящему веществу прибавляют соли металлов, окрашивающих пламя в тот или иной цвет. Этой способностью горящих металлов и их летучих солей придавать определенную окраску бесцветному пламени пользуются в пиротехнике для получения цветных огней. Простейший способ развлечения – это устроить цветные спиртовые огни. В 100 частях спирта растворяют 10 весовых частей *винного камня* (*кремортартар, битартрат калия*) и 5 весовых частей *хлорида аммония*. Желаемая окраска придается смешением этого раствора со 100 весовыми частями солей, окрашивающих пламя, а именно: *хлорида стронция* для красного, *хлорида лития* для пунцового, *борной кислоты* для зеленого, *хлорида калия* для фиолетового, *поваренной соли* (*хлорида натрия*) для желтого. Жечь растворы можно в специальной химической посуде или чайных блюдцах.

Подводный огонь

Приготовьте смесь из 40 весовых частей *азотнокислого стронция*, 13 – *серы*, 5 – *бертолетовой соли* (*.хлората калия*), 4 – *антимонита*³².

Все названные вещества приобретайте уже истолченными в мелкий порошок и смешивайте как можно равномернее на бумаге бородкой гусиного пера. Если не удастся достать их в виде порошков, то растирайте купленные кристаллы в совершенно чистой фарфоровой ступке таким же пестиком, каждое в отдельности. Особенно осторожны будьте с бертолетовой солью. Достаточно примеси к ней нескольких крупинок серы, угля или даже просто присутствия пыли в ступке, чтобы произошел взрыв. Растирайте ее, на всякий случай, не всю сразу, а небольшими порциями. Смешав порошки, плотно набейте смесь в небольшую гильзу дюйма два длиной из воощеной бумаги или так называемого растительного пергамента (бумаги, обработанной серной кислотой). Приготовленный патрон должен быть совершенно непроницаемым для воды. Сквозь

отрезок свинцовой трубки пропустите проволоку и обвяжите ей вашу гильзу с горючей смесью или привяжите к последней какой-нибудь другой груз, дающий ей возможность оставаться в вертикальном положении, когда она будет опущена в воду. Зажгите теперь гильзу и, когда огонь загорится, опустите ее горящим концом вниз в высокую банку с водой: красный бенгальский огонь будет продолжать гореть под водой (рис. 40).



Рис. 40. Огонь под водой

Фокус не только занимательный, но и поучительный, так как объясняет возможность производить автогенную резку металлов (пламенем смеси водорода и кислорода) не только на воздухе, но и под водой.

³² Антимонит (от *лат.* antimonium – сурьма), или сурьмяный блеск, стибнит, – минерал, содержащий 71,38 процента сурьмы, 28,62 процента серы, а также примеси мышьяка, висмута, свинца, железа, меди, золота и серебра. Является основным минералом для получения сурьмы.

Болонский фосфор

Болонский фосфор – старинное название болонского шпата, или сульфида бария. Кроме способности фосфоресцировать, этот минерал ничего общего с настоящим фосфором не имеет. Он не ядовит, когда-то болонский фосфор пользовался большой популярностью, а затем его вытеснили зажигалки, электрическое освещение, и он постепенно был забыт. Найден же он был еще в XII веке одним алхимиком. Найдя в окрестностях Болоньи (город в Италии) какой-то тяжелый минерал, алхимик, надеясь извлечь из него золото, стал его прокаливать. Золота алхимик не получил, но обнаружил, что камень после прокаливания приобрел способность светиться в темноте. Такой естественный болонский фосфор светит довольно слабо и быстро теряет способность светиться. За долгие годы, истекшие со времени его открытия, ряд химиков выработал десятки смесей, обладающих той же способностью, фосфоресцирующих ярче естественного болонского фосфора и разными цветами. Я приведу рецепты изготовления двух таких смесей, дающих при аккуратной работе хорошие результаты. Необходимо только пользоваться совершенно чистыми материалами. Для изготовления смеси, светящей голубым светом, прежде всего готовится сернистый кальций. Для этого чистейший, совершенно белый мрамор (углекислый кальций) растворяется в слабой азотной кислоте и тем переводится в азотнокислый кальций. Азотная кислота летуча, пары ее ядовиты и разъедают поверхность металлических предметов. Поэтому работу надо вести на открытом воздухе или в вытяжном шкафу. Доведя полученный раствор до кипения, приливают к нему гидроксида кальция (уже упоминавшейся ранее гашеной извести) для полного связывания азотной кислоты. Заранее заготовив прибор для получения угольного ангидрида, пропускают углекислый газ через не остывший еще раствор до полной его нейтрализации. Лакмусовая голубая бумажка не должна в нем краснеть, а розовая – синеть. Остудив жидкость, приливают к ней раствор углекислого аммония, не доводя до полного осаждения. Отфильтровав осадок углекислого кальция, промывают осадок на фильтре горячей водой, высушивают и взвешивают. На каждые 8 г осадка берут 5 1/2 г чистейшей серы, растертой в фарфоровой ступке в мелкий порошок. Смесь прокаливается при слабо-красном калении в фарфоровом тигельке без доступа воздуха. Это будет главный материал для самосветящейся смеси, который сам по себе слабо светит в темноте. На каждые 2 г сернистого кальция добавляют: 0,1 г сернокислого натрия, 0,06 г борнокислого натрия (так называемой буры), 0,05 г фтористого кальция (плавикового шпата) и 2 см³ раствора азотнокислого висмута. Раствор готовится растворением 0,5 г азотнокислого висмута в 100 см³ чистого спирта. Если будет муть, ее уничтожают каплей-двумя соляной кислоты. Смесь, предварительно тщательно перемешанную (до вливания раствора) и облитую раствором, прокаливают в фарфоровом тигле с крышкой. Для изготовления смеси, светящей фиолетовым светом, нет надобности в сложной операции получения отдельно сернистого кальция. Берется 20 г оксида кальция (негашеной извести), 6 г серы, 2 г крахмала, 3 г фтористого кальция, 0,5 г сернокислого калия, 0,5 г сернокислого натрия и 1 см³ раствора азотнокислого висмута. Смесь прокаливается так же, как и предыдущая. Полученные сухие порошки, если их на некоторое время выставить на солнечный или электрический свет, светятся потом в темноте.

Глава 8

Кое-что о кристаллах

Характерной особенностью большинства известных нам простых и сложных веществ является их способность при определенных условиях приобретать строго правильную форму – образовывать кристаллы.

Поваренная соль, сахар, вода ниже точки ее замерзания, многие минералы, драгоценные камни и даже металлы дают кристаллические формы.

Кристаллы образуются: в момент образования вещества в результате химической реакции, при присоединении к молекуле некоторых солей одной или нескольких молекул воды, при осаждении растворенного вещества из раствора, при переходе из газообразного или жидкого состояния вещества в твердое.

В природе геометрически правильные кристаллы образуются редко, обыкновенно они искажены или недоразвиты, а развиваясь в тесном соседстве друг с другом, срastaются и теснят друг друга, образуя кристаллические агрегаты.

Искусственное получение правильно образованных кристаллов дает наилучшие результаты при осаждении их из водных растворов.

Оно же дает возможность познакомиться с замечательной способностью кристаллов восстанавливать нарушенную правильную форму. Вы, может быть, знаете, что некоторые животные обладают способностью к регенерации: у ящерицы отрастает отломанный хвост, а у тритона даже лапка. Только эти новые органы получаются недоразвитыми и уродливыми. Кристаллы чинят себя лучше.

Возьмите какие-нибудь квасцы. Квасцы – это двойная сернокислая соль щелочного металла (или аммония) и алюминия, железа или хрома.

В продаже они встречаются в виде более или менее крупных, но неправильных, сломанных и сросшихся друг с другом кристаллов. Истолките их в фарфоровой ступке и растворите в горячей воде. По мере отстаивания раствора на дно сосуда выпадут кристаллики квасцов, которые будут расти, увеличиваясь, как растут организмы, в весе и объеме.

Бросьте в такой раствор крупный кристалл тех же квасцов с отбитым углом или поврежденной гранью. Вы увидите, как он постепенно залечит «ранение» и приобретет геометрически правильную форму.

Но и ваши кристаллы, вырастающие на дне сосуда, еще не будут нормально развитыми: грань, на которой они лежат, останется недоразвившейся. Для получения правильно образованного кристаллика опустите в теплый раствор нитку гаруса (грубоватой шерстяной пряжи). На ее волокнах при остывании раствора образуются геометрически правильные кристаллики. Отберите 2–3 из них покрупнее, они понадобятся нам для опыта медленной кристаллизации.

Цветной раствор бесцветного вещества

Позвольте задать вам вопрос:

– Какого цвета будет раствор *бесцветного* вещества в совершенно *чистой* воде?

Вы вспоминаете о растворах сахара, поваренной соли, селитры, нашатыря и других бесцветных соединений и отвечаете:

– Если в воде не растворено заранее какое-нибудь другое бесцветное вещество, дающее с первым цветное соединение, то раствор должен быть бесцветным.

Так ли это? Проверим.

Во избежание «обмана» с моей стороны налейте сами в пробирку или в стакан воды из водопроводного крана.

Всыпая в нее вот этот белый порошок. Вода принимает красивую темно-голубую окраску.

Перельем ее в фарфоровую чашку и выпарим.

Посмотрите, что у нас осталось на дне чашки. Кристаллики прекрасного синего цвета. Это медный купорос, с которым нам приходилось и раньше встречаться.

Жаль, что мы перед тем, как растворить наш белый порошок, не взвесили его. Взвесив после того полученные синие кристаллики, мы бы убедились, что они весят больше, чем весил порошок. Значит, к растворенному порошку (это был порошок *безводной сернокислой меди*) что-то присоединилось химически, так как и вес увеличился, и свойства вещества изменились. Это «что-то» не может быть ничем другим, кроме воды, потому что мы растворяли порошок в чистой воде.

Легко доказать, что так оно и есть. Истолчем полученные синие кристаллы в голубой порошок и станем их сильно нагревать в фарфоровой чашке: голубой порошок превратится в белый, вес его уменьшится, а на холодной тарелке, которую мы будем держать над чашкой, осядут капли воды.

Перемена розовой окраски солей *кобальта* на голубую, зеленой соли *никеля* на желтую и т. д. зависит от той же причины. Будучи безводными, они имеют не тот цвет, который приобретают, образовав кристаллические соединения с водой.

Не думайте, однако, что кристаллы всех веществ содержат в своем составе воду. Большинство их кристаллизуется без ее участия, как и сама вода, образуя кристаллы снега, ни с чем не соединяется.

Медленная кристаллизация

У вас должны были сохраниться правильно развитые кристаллики каких-нибудь квасцов. Заготовьте горячий раствор таких же самых квасцов – скажем, калиево-алюминиевых, и подвесьте внутри его на тонкой нити один из ваших кристалликов. Верхний конец нити укрепите на стеклянной палочке, положенной на края широкогорлого сосуда с раствором.

Прикрыв сосуд листком бумаги от пыли, оставьте его дня на два в теплом месте, чтобы раствор остывал возможно медленнее. Пополняйте в дальнейшем воду, по мере ее испарения, и поддерживайте начальную концентрацию раствора приливанием крепкого раствора тех же квасцов.

Кристалл будет расти все больше и больше.

Опыт неэффективный и займет у вас очень много времени, так... примерно до полугода. Но растим же мы годами цветы, птиц и животных, – почему бы не затратить несколько месяцев на выращивание кристалла размером по его продольной оси хотя бы сантиметров в 5–6?

А чтобы конечный результат неэффективного опыта оказался эффективным и чтобы несколько разнообразить работу над выращиванием кристалла-великана, воспользуйтесь свойством близких по химическому составу веществ давать кристаллы одинаковой геометрической формы и изготовьте не просто крупный кристалл, хотя бы калиевоалюминиевых квасцов, а еще и сложный.

Когда этот белый кристалл достигнет, скажем, размера равного по продольной оси 1 сантиметру, опустите его осторожно в раствор зеленых железных квасцов. Вы увидите, что ваш белый кристалл в таком растворе постепенно покроется слоем зеленых железных квасцов. Когда размер кристалла увеличится до 2 сантиметров, перенесите его в темно-фиолетовые хромовые квасцы и т. д. в любом порядке и столько раз, насколько хватит терпения. Распилив лобзиком полученный сложный кристалл, можете удивить им товарищей. В нем белый, зеленый и темно-фиолетовый слои будут сменять друг друга.

Мгновенная кристаллизация

Вы знаете, что вещества, способные кристаллизоваться, выделяются из растворов в течение более или менее продолжительного времени. Чем слабее раствор, чем медленнее он охлаждается, тем медленнее растут кристаллы растворенного в нем вещества и тем крупнее они получаются. Но можно и в один момент превратить раствор кристаллического вещества целиком в твердое тело. При этом вода, в которой оно было растворено, химически соединяется с ним: жидкость мгновенно затвердевает.

Опыт эффектный, но требующий большой аккуратности. Лучше всего он идет с уксусно-натриевой солью. Измельчив ее в порошок, растворяют в кипящей воде до насыщения, присыпая порошок до тех пор, пока ни взбалтывание колбы, ни размешивание осадка стеклянной палочкой не будут больше способствовать растворению излишка соли. Насыщенный раствор сливают с осадка в другую меньшую колбу, заполняя ее до самого верха и плотно закупоривая пробкой. Охладившись, раствор не выделяет кристаллов и является уже не только насыщенным, а пересыщенным, – пересыщенным потому, что в данном объеме воды комнатной температуры нельзя растворить столько соли, сколько содержится в нем.

Раствор можете взбалтывать, можете бросить в него кристаллик какой-нибудь другой соли, например селитры или квасцов, – все это не вызовет кристаллизации. Бросьте теперь в раствор самый крохотный кристаллик уксусно-натриевой соли. Этот кристаллик оказывается способным моментально выделить всю растворенную соль в твердом виде. Прodelывая этот опыт перед аудиторией, можно обставить его весьма эффектно. Для этого надо особым образом подготовить кристаллик, вызывающий мгновенное превращение раствора в твердое тело. Расплавьте в фарфоровой чашечке немного парафина. Совершенно чистую стеклянную палочку опустите в расплавленный парафин и, пока он не застыл на ней, коснитесь палочкой кристаллика уксусно-натриевой соли. Он прилипнет к палочке. Окуните его на один момент в жидкий парафин и сбросьте в колбу с пересыщенным раствором. Тонкий слой парафина, облегаяющий поверхность кристаллика, воспрепятствует действию его на раствор. Показывая опыт аудитории, вы сможете вызвать мгновенную кристаллизацию в любой момент, – стоит вам, опустив стеклянную палочку в раствор, раздавить ею парафинированный кристаллик. Соприкосновение обнаженной поверхности кристалла с раствором тотчас вызовет выпадение в твердом виде всего количества уксусно-натриевой соли, в нем находившегося.

Если почему-либо уксусно-натриевой соли не достанете, можно заменить ее сернокислым натрием (глауберовой солью). Ее растворите до насыщения в горячей воде (около 70 °С), отфильтруйте раствор в меньшую колбу и, закрыв отверстие колбы комочком ваты, оставьте остыть в полном покое. В остывший раствор бросьте кристаллик глауберовой соли. Вы увидите, как быстро вокруг него станут нарастать звездообразно-игольчатые кристаллы, как возникнут они и в других местах раствора и также станут быстро расти. Секунда, и вся внутренность колбы заполнится ими. Раствор превратился в твердое тело.

О солях в природе и в технике

Воды залива Кара-Богаз-Гол (Каспийского моря) содержат в растворе минерал, носящий название «чудесный» (мираболит). Это, так сказать, минерал сезонный, то появляющийся, то исчезающий. По химическому составу это сернокислый натрий, выкристаллизовывающийся с 10 молекулами воды. Зимой воды залива стыннут, мираболит выпадает из раствора и весенними бурями выбрасывается на берег. Как груды снега сверкает белая соль на солнце. Но солнце быстро прогревает неглубокие воды залива, и их волны «слизывают», вновь растворяют залежи мираболита.

Пользуясь временем, пока соль еще не смыта водой, ее собирали и везли за тысячи километров сначала караванами верблюдов, потом по железной дороге на заводы для переработки.

Но зачем везти так далеко почти двойной груз против действительно нужного, зачем везти вместе с глауберовой солью почти такое же по весу количество кристаллизационной воды?

Рациональнее переработку мираболита производить по месту его добычи. Но частным предпринимателям создание промышленного центра в местности, которую избегали посещать даже туземцы-кочевники, было не под силу.

Позднее в некогда бесплодной пустыне Кара-Богаз-Гола вырос индустриальный центр, химический комбинат, перерабатывающий мираболит и ряд других ценных ископаемых, добываемых тут же поблизости. Построенная в 1992 году дамба нанесла значительный ущерб добыче мираболита в заливе.

Разностью растворимости при различных температурах пользуются у нас для эксплуатации поваренной соли наших многочисленных соляных озер, для получения ее испарением воды соляных источников и вымораживанием воды северных морей. В технике эта разность используется для отделения солей разной растворимости из их смешанного раствора. При понижении температуры последнего из него сначала выкристаллизовываются труднорастворимые соли, а легкорастворимые остаются в растворе.

Зимний сад... летом

Кристаллы воды, когда они в виде инея покрывают зимой деревья в садах и лесах, так красивы каждый в отдельности и такую чудную картину образуют в целом, что можно только пожалеть о нашем неумении воспроизвести ее по желанию.

А впрочем, разве для химика есть что-либо невозможное!

Целый сад мы инеем в жаркий летний день не покроем – это обошлось бы слишком дорого, – но несколько веточек остролистника или хвойных кустарников и деревьев сможем покрыть нежными белыми кристаллами, которые дадут нам впечатление инея. Поместим сорванные ветви под стеклянный колпак. Как я не раз говорил, им может служить стеклянная бутылка с отрезанным дном. Колпак поставим на доску с прорезанным в середине ее отверстием, в которое вставим фарфоровую чашечку.

В чашечку насыплем горсть *бензойной кислоты* (вещество, при обыкновенной температуре твердое, как и многие другие кислоты, – хотя бы общеизвестная *борная*); под чашкой зажжем спиртовку (рис. 41).

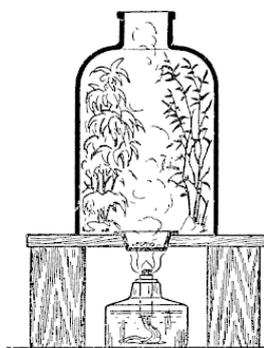


Рис. 41. Химический иней

При 120 °С бензойная кислота плавится, при 250 °С испаряется, и ее пары, наполнив колпак, осаждаются мелкими бесцветными кристалликами на ветвях и хвое растений. Уберите лампочку, закройте отверстие колпака пробкой и осветите картину «зимнего леса», выставив колпак на солнечный свет.

Сад химика

Химик может не только среди лета воспроизвести картину зимнего сада, покрытого инеем, – он может вырастить чисто «химический» сад, не нуждаясь для этого ни в семенах, ни в саженцах растений.

Выращивается, однако, такой сад не на воздухе. Для растений, в нем произрастающих, нужна не углекислота, а другая питательная среда. Наоборот, все кислоты, даже следы их, губельны для такого сада. Выращивается он в стекле.

– На стекле?

Нет, именно в стекле. Только в жидком, в так называемом *растворимом стекле*. Бывает и такое стекло.

Обыкновенное хорошо вам известное стекло с химической точки зрения – соль, хотя и нерастворимая, или, говоря вполне точно, в высшей степени трудно растворимая в воде. Варится стекло чаще всего из песка (а песок – это *кремнезем, ангидрид кремневой кислоты*), соды и извести.

Попутно надо сказать, что и такое стекло при очень продолжительном кипячении в горячей воде частью переходит в раствор. Это доказал Лавуазье, опровергнув мнение своих современников, утверждавших, что при многодневном кипячении воды из нее выделяется какое-то новое землистое вещество. Взвесив это вещество, он нашел, что вес его равен разности весов стеклянного сосуда до и после опыта. Ясно, что и получилось оно не из воды, а из материала сосуда.

Сплав кремнезема с едким натром дает стекло, легко растворимое в воде и очень легко разлагаемое кислотами. Ввиду последнего материалы для нашего «химического» сада должны быть совершенно чистыми, иначе, предупреждаю заранее, ничего из этого опыта не выйдет.

Купив *силикат натрия* уже в растворенном виде, слейте его в широкую банку из-под варенья из бесцветного стекла и бросьте в жидкость крохотный кристаллик медного купороса. Упав на дно, он вскоре покроется пленкой, которая в непродолжительном времени образует почки, а из этих почек начнут расти голубые травинки. Ими можно засеять все дно банки; это будет газон голубой «химической» травы (рис. 42). На Земле, правда, такая трава не встречается, но, быть может, что-нибудь в этом роде растет на других планетах...

Кристаллик *железного купороса* дает извивающиеся черные ветви; *никелевого* – ярко-зеленые, почти прямые стволы; *азотнокислый кобальт* разовьется в синие ползучие растения и т. п. *Сулема (хлорид ртути)* – сильный яд, так что брать ее для этого опыта отнюдь не следует, а это отчасти жаль, так как она дает очень красивые оранжевые «растения».

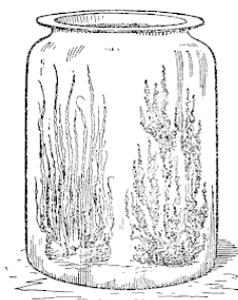


Рис. 42. Кристаллические растения

Когда деревья «вырастут», можете очень осторожно слить раствор стекла. Сад будет оставаться таким же, как получился, и в воздухе; воздух был непригоден только для периода разви-

тия «химических» трав и деревьев. А растут они вот почему: в растворе жидкого стекла кристаллики солей тяжелых металлов покрываются тонкой пленкой их кремнекислых соединений. Сквозь эту пленку диффундирует (проникает) вода и растворяет часть кристаллика. Пленка, не выдержав напора изнутри, где-нибудь лопаается, растворившаяся соль тяжелого металла вытекает в отверстие и тотчас, в свою очередь, покрывается пленкой кремнекислой соли. Процесс этот может повторяться несколько раз, и тогда химическое растение ветвится.

Растворимое стекло представляет не единственную «питательную среду» для химических растений. Заменяя его крепким раствором *желтой кровяной соли* (*железисто-синеродистый калий*), можно из солей тех же металлов вырастить в этом растворе растения других «семейств», не похожие на прежние. Так, кристаллик медного купороса, дающий в растворимом стекле голубую травку, в кровяной соли развивается в красно-бурое деревцо, поначалу стелющееся по дну банки, а затем вырастающее до самой поверхности раствора. Наоборот, азотнокислый кобальт дает в этом растворе низкую траву.

Чем не аналогия с биологическим законом приспособляемости организма к окружающей среде? Но конечно, химические растения отличаются от настоящих: они не живые!

Сатурново дерево

Алхимики называли металлы именами мифологических богов Древней Эллады. Свинец они называли Сатурном (бог времени – отец всех богов), ртуть – Меркурием (бог торговли) и т. д. Вот почему дендритные (растениеобразные) скопления искусственно выкрашенных кристалликов свинца и носили у них название сатурново дерево.

Но не кажется ли вам задача получения металла, хотя бы и такого легкоплавкого, как свинец, в правильных кристаллах, при наших более чем скромных средствах, при отсутствии плавильной печи и огнеупорных тиглей неразрешимой?

Нет, плавить свинец или хотя бы растворять его в чем-либо, чтобы выделить, как делали с кристаллами солей, осаждением из раствора, нам не придется. В этом опыте мы пойдем совсем другим путем, мы вытесним металлический свинец другим металлом из раствора уксуснокислого свинца (свинцового сахара). Для этого мы нальем в небольшую широкогорлую баночку (рис. 43) профильтрованный насыщенный раствор названной соли и закроем банку пробкой, в которую снизу вколота спирально изогнутая цинковая проволока.



Рис. 43. Получение сатурнова дерева

Проволока предварительно должна быть очищена наждачной бумагой от покрывающего ее поверхность оксида и обезжирена промывкой в эфире или крепком спирте. Уже через несколько минут мы заметим, что поверхность проволоки по всей длине спирали начнет покрываться крохотными кристалликами свинца. Оставьте прибор на сутки, и у вас получится ветвистое сатурново дерево древних алхимиков. Цинк вытеснит из раствора свинцовой соли металлический свинец, а в растворе окажется уксуснокислая соль цинка.

Кристаллизация металлов

В начале XX века химик В. Александров усовершенствовал постановку предыдущего опыта алхимиков, сконструировав для него особый приборчик. Как видите (рис. 44), это обыкновенная пробирка, самая широкая, какую мне удалось найти. Через плотно входящий в нее кружок желтого картона, вдвинутого до половины высоты пробирки, пропущена медная проволока, верхним концом припаянная к цинковому кольцу.

Ширина кольца 1 сантиметр, таково же и расстояние его от картонного кружка.

Снизу проволока доходит почти до дна пробирки. На расстоянии между цинковым кольцом и картонным кружком она покрыта слоем расплавленного сургуча, сургучом же она приклеена к картону. Наливаю предварительно в пробирку насыщенный раствор свинцового сахара до половины высоты пробирки, на него опускаю картонный кружок и сверху последнего наливаю раствор селитры так, чтобы он стоял выше цинкового кольца. Пробирку ставлю в станочек. Наш приборчик – маленький гальванический элемент. В нем возникает ток, ускоряющий выделение металлического свинца.

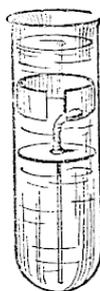


Рис. 44. Кристаллизация металлов

Смотрите. Не прошло и 15 минут, а наше сатур-ново дерево уже выросло внутри пробирки.

Приборчик хорош тем, что в нем можно получать кристаллы и других металлов, а не только свинца.

Заменив свинцовую соль раствором хлористого олова, подкисленного несколькими каплями соляной кислоты, а раствор селитры – раствором поваренной соли, заметим через 15 минут возникновение у перегородки блестящих кристалликов олова. Через несколько часов они заполнят всю нижнюю часть пробирки.

Глава 9

Немного электрохимии

На предыдущих страницах вам уже не раз приходилось знакомиться с электрохимическими процессами. Если вы сможете раздобыть два-три гальванических элемента Грене³³, то ваше знакомство с химическим действием электрического тока станет более близким.

Для любительских занятий электрохимией элементы Грене наиболее удобны, они работают часами, не уменьшая силы тока, и не выделяют вредных для дыхания газов. Их положительным электродом служит кокс, отрицательным – цинк, действующей жидкостью – раствор в теплой воде хромпика (дихромата калия) или, что лучше, дихромата натрия, к которому добавляют серной кислоты. На 100 частей воды 12 частей хромпика, на 100 куб. сантиметров воды 25 куб. сантиметров серной кислоты (считая на безводную). Раствор лучше заказать в аптеке, если же готовить самим, то с величайшей осторожностью, вливая кислоту в воду (ни в коем случае не наоборот!) малыми порциями, защитив глаза очками и имея под руками нашатырный спирт и большое количество воды для смывания брызг кислоты.

Элементы соединяются параллельно для увеличения силы тока (цинк одного с цинком другого, кокс одного с коксом другого). Когда элементы не в работе, электроды, промыв дистиллированной водой, поднимают выше уровня жидкости.

³³ Гальванический элемент Грене (хром-цинковый элемент) – это первичный резервный химический источник тока, в котором анодом является цинк, катодом – прессованный графит, а электролитом – водный раствор серной кислоты и дихромата калия.

Разложение воды

В невысокую и широкую банку налейте воды, подкислив ее несколькими каплями серной кислоты, той же водой наполните две пробирки и, закрыв их резиновыми пробками, опустите в сосуд. К концам медных проводов, идущих от электродов вашей гальванической батареи, прикрепите две узенькие полоски мягкого железа – они, с грехом пополам, заменят вам дорогие платиновые электроды. Установив наполненные пробирки над этими электродами (не вынимая их выше уровня воды в сосуде), замкните ток.

Тотчас на электродах появятся крохотные пузырьки газов: они станут отрываться от железных пластинок и всплывать вверх. Вскоре пробирки начнут наполняться газами, причем в той, которая над электродом, соединенным с цинком батареи (на катоде), вдвое скорее. Не дожидаясь, пока она наполнится, снимите ее, держа доньшком кверху, выпустите остаток воды и поднесите к пламени спиртовки, как я это вам показал, проделывая опыты с водородом.

Легкий свист. Это и был водород.

Глеющая лучинка, опущенная в другую пробирку, на момент ярко вспыхивает. В пробирке был кислород.

Вы на опыте убеждаетесь, что вода состоит из двух объемов водорода и одного объема кислорода.

Двухцветная жидкость в одном сосуде

В изогнутую подковой стеклянную трубку налейте раствор глауберовой соли и подкрасьте его подкисленным соком красной капусты. Опустив в колена трубки электроды, изготовленные вами для предыдущего опыта, замкните ток. Вскоре жидкость в том колене, в которое опущен положительный электрод, станет еще краснее, а в другом позеленеет.

Ток разлагает соль с выделением на отрицательном полюсе металлического натрия, тотчас образующего с водой едкую щелочь, а кислотный остаток с водородом воды дает серную кислоту. В химической промышленности такое разложение солей током применяется самым широким образом.

Рафинировка³⁴ меди

При выплавке меди из ее руд нельзя получить металл в совершенно чистом виде. В технике же для изготовления проводов и частей динамо-машин и моторов нужна совершенно чистая медь, так как примеси понижают проводимость тока. Поэтому сырую медь растворяют в серной кислоте, превращая в известный вам медный купорос. Из раствора его током вновь выделяют медь, но уже совершенно чистую, не содержащую вредных примесей.

Надо ли проделывать опыт такой рафинировки меди в малом масштабе при помощи наших несложных приборов?

Нет, так как вы уже выращивали подобным путем кристаллы чистой меди, а в дальнейших опытах выделите ее из купороса для практических целей.

³⁴ Рафинировка – очищение.

Гальваностегия

Не хотите ли отникелировать какой-нибудь из ваших ключей или другой небольшой металлический предмет?

Смешайте поровну несколько граммов двойной никелево-аммиачной сернокислой соли и простого сернокислого аммония. Растворите их в двадцатикратном по весу количестве воды. Другими словами, в 100 г воды растворите 5 г первой и столько же второй соли. Испытайте раствор лакмусовой бумажкой.

Что, она покраснела?

Нейтрализуйте раствор, прибавляя по каплям нашатырный спирт, пока индикаторная бумажка чуть-чуть посинеет. Сделайте раствор снова кислым, прибавив несколько капель раствора лимонной кислоты.

К отрицательному электроду тонкой проволочкой прикрепите предварительно декапированный никелируемый предмет. Декапируют (то есть обезжиривают) его кипячением в растворе соды, после чего споласкивают горячей водой, но не вытирают.

Положительным полюсом гальванической ванны для никелирования служит никелевая, а отрицательным – коксовая пластинки. Замкните ток, опустив электроды батареи в жидкость, и после того опустите в ванну никелируемый предмет. Сближая электроды, вы ускоряете гальваностегический процесс, но рискуете, что слой никеля будет непрочно приставать к никелируемому металлу; удаляя электроды друг от друга, затягиваете никелирование, но получаете более плотно пристающий к предмету слой.

Серебрить и золотить какие-либо изделия не станем: соли серебра, а тем более золота очень дороги, а главное – ядовиты. Это – соединения синильной кислоты.

Взамен золочения и серебрения я познакомлю вас с другой интересной работой – изготовлением металлических копий рельефных изображений. Снимите с медали или какого-нибудь барельефа оттиск. Для этого заготовьте смесь жженого (безводного) гипса (сернокислого кальция) с половинным по весу количеством воды. Копируемый предмет окружите бортиком из плотной бумаги, смазав маслом как самый предмет, так и бортики изнутри.

Смесь гипса с водой перетрите в фарфоровой ступке в сметанообразную массу и залейте ею форму. Через несколько минут гипс химически соединится с водой и затвердеет. Через часок осторожно снимите гипсовую отливку с копируемого предмета. Тщательно натрите ту ее часть, на которую должен осесть металл в гальванопластической ванне, мелким порошком графита и оберните вокруг него медную проволоку так, чтобы она касалась где-нибудь графитовой обмазки. Хорошо гипсовый слепок предварительно проварить в парафине, тогда его легче натирать графитом. Проволочку соедините с концом провода батареи от цинкового электрода. Электролитом послужит 20 %-й раствор медного купороса. Вторым электродом будет медная пластинка, соединенная с анодом батареи (с коксом). Практика подскажет, какое должно быть расстояние между медной пластинкой и покрываемым осаждаемой медью предметом. Когда слой меди достигнет толщины 1–2 миллиметров, ток выключают, вынимают форму и осторожно отделяют от нее гальванопластическую копию.

Упрощенная гальванопластика

А как же быть тем, кто не сможет достать нужный для омеднения или получения медных копий источник тока? Если нет под рукой элементов Грене?

Тогда, как мы это уже видели при опыте выращивания кристаллов меди, можно сочетать гальванопластическую ванну с источником тока, то есть получать ток в самой ванне.

Поставьте в большую глиняную миску или очень широкую стеклянную банку сосуд из пористой глины. Такие цилиндрические белые сосуды применяются в некоторых элементах и продаются в магазинах электротехнических принадлежностей.

Внутри этого сосуда опустите свернутый в трубку цинковый лист с припаянным к нему сверху медным кольцом. Внешний сосуд наполните на $\frac{2}{3}$ его высоты насыщенным раствором медного купороса.

Чтобы он оставался все время таким же крепким, насыпьте на дно сосуда купорос в кристаллах. Во внутренний сосуд налейте раствор серной кислоты слабой концентрации (1 часть кислоты на 30 частей воды) почти до самого верха сосуда.

Подготовив формы, как описано выше, поддерживающие их проволочки закрепите на кольце, припаянном к цинковому цилиндру. Диаметр кольца должен быть несколько больше диаметра внутреннего сосуда, а длина проволочек для подвески покрываемых медью предметов или гальванопластических форм – такой, чтобы подвешенные предметы были ниже уровня жидкости в наружном сосуде. Лицевая сторона форм, натертая графитом, обращается к внутреннему сосуду. Для нейтрализации свободной серной кислоты, диффундирующей в наружный сосуд, в последний время от времени надо присыпать порошок углекислой меди, пока слышно шипение пузырьков углекислого газа, вытесняемого серной кислотой.

В остальном работа ведется как с элементами.

Металлизация

Обычно электротехники-любители занимаются гальванопластикой, реже гальваностегией, и далеко не все из них знают, что гальванопластическую ванну можно использовать еще и для металлизации. Металлизация – это покрытие металлическим слоем неметаллических предметов. Можно, например, покрыть тонким слоем меди, а затем и поникелировать засушенных ящериц, рака или жука-оленья. Получится впечатление, что они отлиты из металла. При терпении и аккуратности можно таким же способом получить металлизированные кружева, листья, кузнечиков, мотыльков и т. п. Декапирование в данном случае производится погружением в эфир или гофманские капли (смесь серного эфира с винным спиртом). Помните только, что эти жидкости весьма огнеопасны, а пары их вредны. Работайте лучше на открытом воздухе.

Просушив, окуните металлируемый предмет на пару секунд в расплавленный парафин или воск и, когда тонкий слой его затвердеет, осторожно натрите объект вашей работы тончайшим порошком графита.

Дело не идет. Нежный листик березы или крылья мотылька рвутся при попытках натереть их графитом.

Дело поправимое. Призовем на помощь химию. Заготовьте растворы ляписа (азотнокислого серебра) и пирогаллола. Погружайте последовательно металлируемый предмет сначала в раствор ляписа, потом пирогаллола, повторяя эту операцию несколько раз. От такой обработки бабочка, сережка березы или веточка смородины и тому подобные предметы покроются тончайшим черным порошком серебра. Можно, окунув в раствор ляписа, восстановить серебро действием яркого солнечного или электрического света и обойтись без пирогаллола, если его не удастся достать. Не забывайте, что ляпис ядовит, обращайтесь с ним осторожно.

Предмет, покрытый проводящим ток слоем графита или серебра, тоненькой провололочкой укрепите на катоде гальванопластической ванны. Осаждение ведите так, чтобы слой металла не имел крупнокристаллического сложения, подвешивая металлируемый предмет подальше от анода или стенки внутреннего сосуда упрощенного аппарата для гальванопластики. Покрытые металлом животные и растения сжигаются прокаливанием, что не влияет на осажденный слой меди. Никелирование ведется теми же приемами, как никелирование любого металлического предмета.

Алюминиевая кастрюля

Раньше при приготовлении пищи повара предпочитали использовать алюминиевую кухонную посуду. Она не имеет эмали, которая легко трескается, легка, красива и дешева.

Алюминий прочно вошел в число технически применимых металлов. Он используется в аппаратуре химических производств, его сплавы – в авиастроении и машиностроении вообще, порошок – в металлургии. Подоженная смесь горит, алюминий отнимает кислород от оксида железа, и последнее выплавляется. Присадка алюминия к стали улучшает ее качества. Потребность промышленности в алюминии растет год от года, и сейчас кажется несколько странным, что когда-то алюминий применялся только для ювелирных изделий, ценясь наравне с серебром.

Что же сделало алюминий доступным для широкого использования? Химия или, точнее, электрохимия.

Выделение металлического алюминия из его природных соединений – производство энергоемкое, требующее большого расхода электрической энергии. Трудность получения металлического алюминия из его соединений объясняет тот замечательный факт, что этот самый распространенный в природе металл (его в земной коре в полтора раза больше, чем железа) открыт на тысячи лет позже железа и до сих пор стоит дороже его.

Металлический алюминий впервые был выделен чисто химическим путем в 1827 году Веллером. Получение алюминия лабораторным путем обходилось достаточно дорого, а его удешевление напрямую было связано с удешевлением электрического тока. Электрохимический метод получения алюминия начал применяться с 1867 года, после изобретения динамомашин.

Глава 10

Химические развлечения без приборов

Все те химические – назовите их как хотите – опыты или фокусы, которые я вам показал, требовали весьма несложных приспособлений. Только для получения газов приходилось импровизировать нечто вроде химической лаборатории; зато ряд других опытов мы проделали без всяких специальных приспособлений.

Я опишу вам еще целую коллекцию таких же химических развлечений, не требующих лабораторной обстановки, которые каждый из вас сможет проделать самостоятельно. Часть их будет основана на известной уже вам способности химических соединений изменять свой цвет при взаимодействии с другими веществами, в том числе даже с чистой водой. В другой части я подберу интересные примеры горения, в том числе за счет кислорода, выделяемого твердыми веществами. На этом основано все искусство пиротехники, то есть техники получения фейерверков. Наконец, в третьей части я покажу вам некоторые свойства кристаллов.

Надеюсь, что эти опыты вас не только развлекут, но кое-чему и научат. Вещества, нужные для химика-живописца, приобретаются не в художественных магазинах, а в аптеках и аптекарских складах. Предупреждаю, что некоторые из них ядовиты. Сильно ядовитых, которые могут причинить смерть, если их случайно проглотить в самой ничтожной дозе, между ними, конечно, не будет (да таких вам и не продадут), но и с безопасными обращаться рекомендуется также осторожно. Храните каждое в отдельной коробке с ярлыком; жидкости – в склянках с притертой пробкой. Не подражайте тому химику-любителю, который на изумленный вопрос приятеля: «Разве сода бывает голубая?» – отвечал: «Это медный купорос, который я, чтобы не забыть, что он такое, положил в коробочку из-под соды»...

Не у всякого из нас память так хороша, чтобы помнить, что в какой коробочке лежит, да и сам изобретатель такого способа хранения веществ, наверное, в конце концов перезабыл, где и что у него хранится.

Мгновенная цветная фотография

В старину дело получения цветных изображений на особых пластинках при помощи фотографической камеры было очень кропотливым занятием. Упростить его можно было лишь химическим путем.

Вы можете провести похожий опыт самостоятельно. На деревянную рамку натяните кусок небеленой хлопчатобумажной ткани (муслина); приготовьте растворы *железного купороса*, *азотнокислого висмута* и *медного купороса* в трех блюдечках. Растворять все эти соли лучше в теплой воде, предварительно измельчив их в порошок. Только в таком случае нужно каждый раз тщательно мыть ступку и пестик, чтобы не загрязнить один порошок примесью другого.

Отдельными для каждого раствора кисточками нарисуйте на муслине несложную картину. Нарисовав одним из растворов, дайте изображению хорошо просохнуть и только тогда приступайте к рисованию другим, чтобы отдельные тона не смешались друг с другом. Окончив картинку, слегка увлажните ее, подержав над кипящей водой, и обрызгайте ее из пульверизатора раствором так называемой *красной кровяной соли* (*железосинеродистым калием*). Так как картинка рисована почти бесцветными растворами, то ткань издали будет казаться совершенно белой. Пульверизация ее раствором кровяной соли вызывает мгновенное появление цветов: синего на местах, покрытых раствором железного купороса; желтого, где был проложен раствор азотнокислого висмута, и коричневого, где ваша кисть покрыла муслин раствором медного купороса.

Зная заранее это обстоятельство, выберите подходящую тему рисунка, изобразив, например, желтую бабочку с коричневым туловищем, сидящую на голубом цветке.

Секретные чернила

Написав одним из вышеназванных растворов гусиным пером на белой бумаге, дайте написанному просохнуть, а затем смочите бумагу раствором красной кровяной соли. В зависимости от того, какими «невидимыми чернилами» вы писали, написанное выступит синими, желтыми или коричневыми буквами. Подобного рода секретных чернил можно придумать десятки. Вспомните, что при смешении бесцветного раствора танина и слабо окрашенного раствора железного купороса вы получили настоящие чернила. Следовательно, если написать письмо только раствором танина, то бумага будет казаться такой же чистой, как если бы на ней ничего не было написано. Но смочите ее раствором железного купороса, и написанное выступит черным по белому.

Можно для той же цели воспользоваться известным вам свойством сероводорода давать черные цветные осадки в бесцветных растворах. Напишите, каждый раз беря другое гусиное перо, растворами *уксуснокислого свинца, хлористого марганца, хлористой сурьмы, хлористого кадмия* что-нибудь на белой бумаге и дайте написанному просохнуть. Можете, хоть через год, «проявить» написанное, слегка увлажнив бумагу и подержав ее над откупоренной банкой с сернистым кальцием. В первом случае написанное выступит черными, во втором – телесно-красными, в третьем – оранжевыми и в четвертом – желтыми буквами. Напишите бесцветным насыщенным раствором цинкового купороса на черной бумаге и, пока написанное еще не высохло, проявите, как и в предыдущем случае, сероводородом, – белые буквы резко выделятся на черном фоне. Кстати, вы ознакомитесь с единственным нерастворимым сернистым металлом, имеющим белый цвет. Это *сернистый цинк*.

В пробирку, до половины налитую водой, осторожно по стеклянной палочке влейте одну каплю серной кислоты. Дав ей раствориться, взболтайте раствор и опять же гусиным пером напишите по белой бумаге. Высохнув, написанное не будет заметно. Приложите бумагу к горячей конфорке электрической плиты: написанное станет черным. Дело в том, что серная кислота жадно соединяется с водой, отнимая элементы, из которых последняя состоит, от так называемых углеводов – органических веществ, подобных древесине, крахмалу, сахару и пр., причем эти вещества (в данном случае бумага) обугливаются. Написанное таким способом уже ничем не может быть удалено.

Вряд ли стоит упоминать еще об одних «секретных» чернилах – о луковом соке. Но всем ли известна его способность выступать после нагревания бумаги, на которой им написаны буквы? На практике всевозможные химические чернила и секретные растворы для писания были в полном ходу, помогая вести тайные переписки.

Появляющиеся и исчезающие чернила

Невидимые чернила, о которых я сейчас вам рассказал, будучи однажды проявлены, теряют свою способность хранить тайну вашей переписки от посторонних. После проявления они не только становятся, но и остаются всем и каждому видимыми. Существуют, однако, и такие вещества, которыми можно писать так, что написанное ими появляется и исчезает по желанию. Самым известным и наилучшим из таких веществ является *хлористый* или *азотно-кислый* кобальт. Кристаллики этого соединения темно-малинового цвета, а раствор розовый. Крепкий раствор для изготовления симпатических, как их называют, чернил нет надобности брать; достаточно, чтобы он имел слабо-розовый оттенок. Писать им можно на белой, а еще лучше – на розовой бумаге. Высохнув, написанное совершенно не будет заметно, особенно если станете писать мягким гусиным пером, не царапающим бумагу. Приложите бумагу к теплой конфорке электрической плиты или слегка нагрейте ее над свечой, – написанное четко выступит буквами красивого голубого цвета. Отчего это происходит? Мы ведь ничего не прибавляли такого, чтобы вместо кобальтовой соли получить какое-нибудь новое вещество!

Да, но нагреванием мы отняли кристаллическую воду. Даже такое неважное, казалось бы, изменение состава уже резко меняет в некоторых случаях физические свойства тел. Разотрем несколько кристалликов кобальтовой соли в порошок нежно-розового цвета и, всыпав его в пробирку, нагреем над пламенем спиртовой лампы. У верхнего края пробирки на ее внутренней поверхности после нагревания осядут капельки воды, а порошок примет прелестный голубой цвет. Недаром кобальт применяют в живописи как отличную голубую краску, так и называемую кобальтом или *кобальтовой синью*. Только это другое соединение того же элемента, стойкое по отношению к нагреванию и охлаждению.

Проделайте такой же опыт с изумрудно-зелеными кристалликами хлористого никеля, – они при слабом прокаливании превратятся в порошок не особенно красивого желтого цвета. Если написать на зеленой бумаге, то раствор никелевой соли не дает видимых букв; они выступают, как и написанное солью кобальта, после нагревания. Но вот что самое замечательное: через несколько минут – и чем более влажен воздух в комнате, тем скорее – написанное исчезает! Ускорить процесс исчезновения букв можно, подержав бумагу над горячей водой или подышав на нее.

Такое появление и исчезновение написанного можете вызывать сколько угодно раз. Помните только при такой переписке, что в наше время секрет симпатических и невидимых чернил стал давно известен всем, кто изучает химию.

Магические картинки

На куске желтоватой рисовальной бумаги набросайте рисунок раствором *бромистой меди*. Покройте изображенные траву, деревья – словом, все, что должно иметь зеленую окраску, *хлористым кобальтом*, а небо и воду – *азотнокислым кобальтом*. Просушите, приложив к горячей печке, – картинка выступит в натуральных цветах. Заметьте себе еще, что при тех же условиях раствор медного купороса, к которому прибавлено немного нашатырного спирта, меняет цвет на темно-синий, а раствор окиси кобальта в уксусной кислоте с примесью небольшого количества раствора калиевой селитры превращается в светло-розовый.

Букет цветов – указатель погоды

Растворите в 100 весовых частях дистиллированной или мягкой дождевой воды 10 частей чистого *желатина* и прибавьте к раствору 1 весовую часть *хлористого кобальта*, пропитайте этим раствором букет искусственных цветов, сделанных из белой, розовой и желтой (последняя – для листьев) бумаги. Когда букет просохнет, он будет иметь розоватые и розовые цветы и желтые листья и таким останется, если небо серо и воздух влажен. Но стоит погоде начать переменяться к лучшему – цветы вашего букета превратятся в голубые и фиолетовые, а листья позеленеют. Можно усложнить такой «цветочный барометр» (вернее, гигроскоп, то есть «влагоуказатель»), заготовив, кроме указанного, еще два раствора:

1. Хлористого кобальта	1	вес.	часть
Желатина	20	»	»
Оксида никеля	75	»	»
Хлорида меди	25	»	»
Воды дистиллированной	200	»	»
2. Хлорида меди	1	»	»
Желатина	10	»	»
Воды	100	»	»

Пропитав по кусочку белой папиросной бумаги каждым из растворов, изучите изменение ее окраски в зависимости от действия тепла и влаги и, руководствуясь этими изменениями и собственным художественным вкусом, готовьте ваш «букет-погодоуказатель». Комбинация окрасок, даваемых тремя указанными растворами, с окраской цветной папиросной бумаги, из которой вы будете делать свой букет, – богатейшая, и вам остается только выбрать наиболее резкие изменения цветов при перемене погоды.

Живопись по дереву

Если вы занимаетесь выпиливанием по дереву, у вас, конечно, найдется кусок тонкой доски из плотной белой древесины. Если же вы незнакомы с этим прекрасным любительским развлечением, то вам придется достать нужную вам доску. Растворите в теплой воде немного *сернокислого анилина* (достаточно взять на кончик перочинного ножа). Раствор должен иметь слабый желто-зеленый цвет.

Рисунок, сделанный этим раствором при помощи кисточки на деревянной дощечке, при высыхании становится ярко-желтым. Рисунок, нанесенный спиртовым раствором *флуороглюцина*, исчезает после высыхания, но, будучи увлажнен слабым раствором соляной кислоты, вновь выступает яркмалиновыми линиями. Использовать эту реакцию можно для вариации фокуса мгновенного появления рисунка на доске, казавшейся зрителям совершенно чистой.

Любитель ажурного выпиливания иначе воспользуется указанными рецептами, превратив при их помощи дощечки белой древесины в имитацию дорогих сортов дерева – желтого и красного. Имея в своем распоряжении подготовленные такой окраской доски, он сможет выделять прекрасные многоцветные инкрустации, комбинируя свои искусственные тропические деревья с дощечками из липы и ореха, делая вставки в месте пропилов из досок других цветов.

Есть и третье практическое приложение этих цветных реакций: испытание бумаги. Высокосортная (веленевая) бумага, приготовленная из ткани, не изменяется от указанных реактивов, а сделанная из древесной массы – от первой жидкости желтеет, а от второй, будучи увлажнена соляной кислотой, краснеет.

Краснеющие фигурки

Нарисуйте на тонком картоне женский и мужской профили и вырежьте их ножницами. Если такая задача вам не под силу, вырежьте подходящие изображения из какой-нибудь иллюстрации и наклейте их на картон. Покройте щеки девушки подкисленным раствором *фенолфталеина* (ядовит!), а лицо мужчины окрасьте в розоватый цвет подкисленным раствором лакмуса. Откупорив склянку с нашатырным спиртом, поднесите ее к вашим изображениям. Щеки девушки при этом заалеют, а лицо мужчины станет от аммиака синим.

«Зеленые колокольчики»

Способностью аммиака менять цвета естественных и искусственных органических красок можно воспользоваться, чтобы удивить ботаников и не-ботаников, поднеся им цветок «зеленого колокольчика», изображение которого они тщетно будут искать на страницах самого подробного ботанического атласа-определителя.

Изготовить же такую «игру природы» очень просто: смешайте поровну немного нашатырного спирта и эфира (огнеопасен и вреден для дыхания; работайте с ним на открытом воздухе!). Опустите сорванный голубой колокольчик стебельком в эту смесь, и его синий цвет вскоре сменится зеленым.

Можете, раз жидкость уже готова, испытать ее влияние на изменении окраски и других садовых и полевых цветов. Барвинок, фиалки, гвоздика, мак, душистый горошек и многие другие цветы приобретут при этом необычайную окраску, способную привести в изумление цветоводов-любителей.

Превращение белой розы в красную

Знаменитый американский садовод Бэрбенк делал чудеса в области культивирования растительных форм, буквально создавая новые формы растений, не существовавшие раньше. У нас прославился тем же И.В. Мичурин.

Всякий садовод станет в тупик при виде «волшебного» превращения одной из его белых роз в красную, которое вы произведете одним обрызгиванием цветка из пульверизатора распыленным одеколоном (рис. 45).



Рис. 45. Превращение белых роз в красные

Вы можете смело с ними конкурировать и не менее, чем они, удивлять даже опытных садовников трансформацией одних цветов в другие. Более того! На кусте белых роз по вашему желанию одна из них может моментально превратиться в красную. Этому и сам Бэрбенк не мог бы достичь. Ну, конечно, если попробуете пульверизировать одеколон или спирт, не сделав с розой маленькой предварительной подготовки, то она при этом окажется только увлажненной, но такой же белой, как и была. Нет, ее надо заранее подготовить к внезапной перемене цвета. Подготовка более чем простая. Надо, по секрету, осыпать выбранный цветок тонким порошком анилинового красителя – органического соединения, образующегося при окислении анилина или его солей.

Встряхнув розу, вы, по-видимому, удалите с ее лепестков весь порошок, но это только так кажется: незаметные для глаза пылинки красителя останутся, а так как анилиновые красители обладают очень большой окрашивающей способностью, особенно в спиртовых растворах, то роза и покраснеет при обрызгивании ее из пульверизатора спиртом или одеколоном. Максимум изумления у зрителей этого фокуса вызывает перемена окраски на голубую или зеленую. Для этого достаточно взять краску соответствующего цвета. Понятно, что фокус можно усложнить, подготовив один из цветков куста для окраски в красный, другой в синий, третий – в фиолетовый и т. д. цвета. Выбор красителей для этого опыта велик.

Синий хлеб

Вы уже знаете, что йод окрашивает крахмал в синевато-фиолетовый цвет и что реакция эта крайне чувствительна. Вы можете ею воспользоваться для химической шутки за чайным столом. По секрету от присутствующих капните одну каплю спиртового раствора *йода* на чайное блюдце. Садясь за стол, заговорите с соседом о странных свойствах, которыми, по вашему наблюдению, обладает обыкновенный белый хлеб. Скажите, что, если обмакнуть его в чай, он станет темно-синего цвета. В общем, как-нибудь заинтересуйте вашим будущим опытом присутствующих и заставьте обратить на вас внимание. Спросите, например, у сидящего рядом с вами:

– Что делается с хлебом, если окунуть его в чай?

– Да что! Будет мокрым, вот и все! – ответят вам на этот вопрос.

– Не только мокрым, но и синим, – возразите вы, и в доказательство справедливости своих слов, налив из стакана или чашки немного чая на блюдце, обмакните в него кусок хлеба.

К великому их удивлению, хлеб действительно посинеет. Увеличьте их изумление, преспокойно откусив посиневшее место и продолжая как ни в чем не бывало пить чай, закусывая синим хлебом: следы йода не принесут ни малейшего вреда вашему здоровью.

Глава 11

Химические шутки

Как сварить яйцо без огня

В самом деле, как же это сделать? Говорят, что в Сахаре и других тропических пустынях достаточно положить яйцо в песок, чтобы оно испеклось. А как же в нашем климате сварить его хотя бы всмятку, не разводя огня? Это кажется невыполнимым. Между тем это очень просто: положите яйцо в глиняный горшочек с *негашеной известью* и облейте водой. Смесь настолько нагреется, что избыток воды закипит. Дав извести остыть, выньте яйцо из горшка, разбейте скорлупу – и увидите, что оно сварено! (Не рекомендуется сваренное таким способом яйцо использовать в пищу.) Многим это покажется удивительным, а, право же, оно не более удивительно, чем обыкновенный способ варки яиц или, вернее, чем получение нужной для этого высокой температуры путем горения топлива.

В обоих случаях мы используем выделение тепла при химических реакциях. В данном случае это выделение происходит от присоединения к извести (*оксиду кальция*) воды и образования ее в гашеную известь (*гидрат оксида кальция*). Эта реакция нашла применение в самонагревающихся консервах. Их банка имеет двойные стенки, между которыми, разделенные перегородкой, находятся негашеная известь и вода. Поворотом специального ключа можно установить сообщение между известью и водой и тем нагреть содержимое внутренней банки. Кстати сказать, на возможность такого использования тепла, развиваемого гашением извести, указал чуть ли не два столетия тому назад автор научно-фантастических рассказов, известный американский писатель Эдгар По. В рассказе «Небывалый аэростат» приводится перечень предметов в гондоле аэростата, «включая кофейник с приспособлениями для варки кофе посредством гашеной извести, чтобы не разводить огня, если это окажется неудобным»³⁵.

Напомним, что все без исключения химические реакции либо сопровождаются выделением энергии (горение хотя бы водорода в кислороде), либо требуют притока энергии извне (разложение воды на водород и кислород). Заодно отметим, что если при реакции выделяется тепло, то обратная реакция требует его притока, как это видно из нашего примера, и наоборот. Что касается соединения извести с водой, то эта реакция заслуживает отдельного маленького рассказа.

³⁵ По Э. Избранные рассказы. М.: ГИХЛ, 1935.

Рассказ о «неблагодетельном мальчике»

«Один дурной мальчик взял без спросу кусок негашеной извести и спрятал его за пазуху. Спасаясь от преследователей, он попал в воду. Известь нагрелась и причинила ему сильные ожоги. Мораль: не следует брать ничего без спросу».

Этот рассказ я прочел еще ребенком в одной «нравоучительной» книжке и, каюсь (дело прошлое), на его мораль не обратил внимания, а поразился сказанным: известь от воды нагревается. Решив проверить такой любопытный факт, я отправился на ближайшую постройку и столь же «неблагоприятно» приобрел там нужный для опыта реагент. Опыт удался блестяще: вода, налитая на известь, закипела. Потом я видел, как каменщики гасят известь, как смешивают ее с песком и на полученной каше (каменщики зовут ее «раствором») складывают из кирпичей стену. С течением времени, как известно, эта каша так твердеет, что сама превращается в камень. Все это дело обычное, но с химической стороны весьма поучительное, так как сопровождается прелюбопытнейшим «колдованием веществ». Помните, герой «Мертвых душ» Павел Иванович Чичиков говорил о пользе наблюдения «колдования людей»? Не менее поучительно оно и для химических соединений.

Я уже говорил, что угольный ангидрид из воздуха поглощается водой океанов и там улавливается организмами, входя в виде углекислой извести в состав их наружного скелета. Через миллионы лет известняки, образовавшиеся из остатков этих организмов, становятся частью суши. Обжигая их в специальных печах, люди разлагают углекислую известь и угольный ангидрид, уходящий опять в атмосферу или собираемый и утилизируемый для технических целей. Гашеная же известь в постройке снова поглощает из воздуха угольный газ и превращается в камнеподобную углекислую известь, выделяя при этом воду. Оттого-то и бывало первое время сыро в недавно отстроенных и штукатуренных домах. Песок к известковому цементу прибавляется для большей пористости последнего, чтобы в него легче проникал воздух.

Как видно, наша химическая шутка наводит на далеко не шуточные рассуждения о вечном круговороте веществ в природе.

Холодная вода в летний знойный день

Томительно жаркий день. Мучает жажда, а все напитки нагрелись, и нет льда, чтобы их охладить. Где бы достать хоть стакан холодной воды?

А химия на что? Берем миску или широкую банку и, налив ее до половины водой, растворяем до насыщения *азотнокислый аммоний*. Посмотрите, как понизилась температура воды. Посмотрите, как «запотела» банка снаружи. Это на ее холодных стенках осел водяной пар, всегда присутствующий в воздухе. Опустите в банку тонкостенный или металлический стакан с теплой питьевой водой, и через несколько минут вы сможете утолить свою жажду освежающей студеной влагой. Не выливайте раствора из банки. Слейте его в кастрюлю и поставьте на плиту. Выпарив воду, соберите остаток *аммиачной соли*, пока она не разложилась от жары, и спрячьте до нового случая, когда опять понадобится охладить ею воду.

Эта шутка опять напоминает о серьезных вещах. Растворение *аммиачной селитры* — реакция, сопровождающаяся поглощением тепла. При помощи подобного химического охлаждения можно получить искусственный лед; раньше его так и получали, только при посредстве других реактивов. Вы, следовательно, видите, что раствор не всегда простая смесь: нередко растворимое вещество химически соединяется с частью воды, то понижая ее температуру, то, наоборот, повышая. Так, если осторожно лить по стеклянной палочке (во избежание брызг) серную кислоту в холодную воду, то можно довести раствор почти до кипения. Делать этого все же не станем: стакан может лопнуть, и горячая кислота брызнет на лицо и руки. Поэтому никогда не следует также лить воду в серную кислоту: первые капли ее при этом моментально превращаются в пар и вызывают разбрызгивание кислоты. Такое же выделение тепла происходит при соединении воды с некоторыми безводными солями и при их кристаллизации совместно с нею.

На этом основаны «химические горелки» для теплых компрессов больным. Это резиновые подушки, наполненные кристаллами *уксусно-натриевой соли*. Согревая подушку, доводят кристаллы до плавления и растворения безводной соли в кристаллизационной воде. При нагревании соль поглощает тепло извне и разлагается на безводную соль и воду. При обратном процессе кристаллизации раствора, сопровождающемся соединением безводного вещества с водой, поглощенное тепло медленно выделяется, так что подушка в течение долгого времени остается горячей. Как видите, нет такого химического явления, которое люди не сумели бы использовать для той или иной практической цели.

Что написано пером...

Величайший русский химик Дмитрий Иванович Менделеев рассказывал однажды: «Еду я в Москве как-то на извозчике, а навстречу нам полицейские ведут кучку каких-то жуликов. Извозчик мой оборачивается и говорит: «Ишь, химиков повели»³⁶. Не знал простак, что он вез одного из величайших в мире химиков, только не в том смысле, как он понимал это слово...

Бывают, не скрою, и между химиками «химики». Один из таких лондонских «химиков» так умело подписал вексель, выданный им своему кредитору, что у того в руках оказался чистый вексельный бланк. Дело в том, что хотя написанное и нельзя, по пословице, «вырубить топором», но иногда можно... смахнуть носовым платком, как мел с классной доски. Простейшие из таких нацело исчезающих чернил можете приготовить, размешав в воде крахмал до густоты сливок и прилив к смеси спиртового раствора йода. Вы уже знаете, что в одной капле йода крахмал синеет. Прилейте их несколько, и цвет раствора станет почти черным, а написанное им – темно-коричневым. Когда такие «чернила» высохнут, смахните их платком: написанного как не бывало!

Уверен, что никто из вас не использует знания этого факта для каких-либо неблагоприятных целей, да и современная научная экспертиза сделала такие успехи, что и в этом случае сможет восстановить следы написанного. Оттого и открываю вам этот секрет.

На этом мы с вами и покончим знакомство с химией как с источником занимательных развлечений, хотя источник этот нами далеко не исчерпан.

³⁶ Здесь имеется в виду старинное разговорное название мошенников.

Заключение

Что же вы узнали, прочитав эту книгу и проделав хотя бы часть описанных в ней опытов? Подведем итог. Вы узнали, что такое химия, что она изучает, в каких отраслях человеческой жизни применяется. Вы ознакомились с двумя важнейшими законами химии: с законом *неуничтожаемости вещества* и с законом *постоянства состава*. Последний из них наглядно продемонстрировал вам разницу между химическим соединением и простой смесью веществ. Вы ознакомились с некоторыми химическими *элементами* и со многими соединениями их, главным образом с *солями, кислотами и основаниями*. Вы узнали многие из их свойств и их применения в практике, в том числе и в обыденной жизни. Прodelывая описанные в книжке химические опыты, вы приобрели некоторые практические навыки в обращении с химическими реактивами и лабораторной аппаратурой, развили в себе аккуратность, осторожность и внимательность. Что же, все это неплохо, все это вам пригодится, когда вы приступите к систематическому изучению химии. Думаю, что после знакомства с моей книгой химия не покажется вам сухой, скучной и далекой от жизни наукой. Желаю же вам успехов в ее изучении!

Приложения

Приложение 1 Техника безопасности при работе с химическими веществами

1. Мыть химическую посуду следует теплой водой, насухо вытирать чистым тканевым или бумажным полотенцем и после этого ополаскивать дистиллированной водой. Пробирки, широкие трубы, горла колб, реторт и бутылок очищают при помощи цилиндрических ершиков.

2. Руки экспериментатора должны быть не только ловки, но и надежно защищены латексными перчатками! Не допускайте попадания химических реактивов на кожу!

3. Не пытайтесь заменить одно вещество другим. Это допустимо только в некоторых случаях, и для такой замены нужно знать химические свойства данных веществ.

4. Все нужные для опытов вещества храните в запертом на ключ шкафу.

5. Ничего не пробуйте на вкус!

6. Емкости с реактивами должны быть снабжены надежно приклеенными этикетками (можно использовать для приклеивания бумажных этикеток на стеклянную химическую посуду обыкновенное мыло), на которых указано название соединения и его химическая формула. Нельзя исправлять надписи на этикетках, наклеивать новые этикетки поверх старых, наносить на емкости с реактивами легко смывающиеся надписи и пользоваться непроверенными реактивами (без этикеток или с сомнительными подписями).

7. Необходимо следить за чистотой реактивов – ни в коем случае не стоит путать крышки от банок и пробки флаконов, доставать разные вещества одним и тем же шпателем из разных емкостей и т. д.

8. Запрещается выбрасывать в раковины либо вместе с мусором отходы химических реактивов. Постоянный слив отработанных реактивов в раковину, во-первых, приводит к преждевременной коррозии труб, а во-вторых, реагируя друг с другом, отходы могут образовывать ядовитые газы.

9. Перед началом работы следует научиться оказывать первую (доврачебную) медицинскую помощь (см. приложение 2).

10. Ни в коем случае нельзя оставлять без внимания работающую установку или горящую горелку!

11. При нагревании пробирки в пламени горелки она должна быть снаружи абсолютно сухой, иначе при соприкосновении с огнем может лопнуть. Держать пробирку следует с помощью пробиркодержателя, передвигая ее в пламени вверх и вниз так, чтобы жидкость могла нагреваться равномерно. Вместо пробиркодержателя вполне подойдет и деревянная прищепка. Открытый конец пробирки нужно отводить при нагревании от себя и зрителей.

12. Для того чтобы проверить запах газа, жидкости или реактива, не следует подносить сосуд к лицу, а нужно удерживать его на некотором расстоянии и, помахивая рукой, направлять воздух над сосудом по направлению к себе и одновременно нюхать воздух.

Приложение 2

Первая доврачебная помощь при работе с химическими веществами

При работе вам всегда следует помнить, что невнимательность и неаккуратность при работе в химической лаборатории, пусть и импровизированной, может повлечь за собой необратимые последствия для вашего здоровья. Рассмотрим самые распространенные из травм и способы устранения их последствий.

1. Термические ожоги кистей рук – наиболее часто встречающаяся травма в работе химика. До оказания медицинской помощи необходимо осторожно, не допуская травмирования, обнажить обожженный участок и закрыть его сухой асептической повязкой. С обожженного участка нельзя снимать прилипшие остатки обгоревшей одежды и вообще как-либо очищать его. Следует присыпать его бикарбонатом натрия (содой), крахмалом, тальком или сделать примочки из свежеприготовленных 2 %-х растворов соды, перманганата калия или неразбавленного этилового спирта. Но помните, что обработка ожогов мазями и наложение компрессов производится только квалифицированными медицинскими работниками.

2. При ожогах химическими веществами, особенно кислотами и щелочами, пораженное место промывают струей воды из-под крана в течение длительного времени – не менее 15 минут. После чего на пораженный участок необходимо наложить примочку: при ожогах кислотой – из 2 %-го раствора соды, при ожогах щелочью – из 1–2 %-го раствора уксусной кислоты. Практика показывает, что пострадавшие или оказывающие им помощь часто недооценивают необходимость длительного промывания кожи при химических ожогах. Уже после нескольких минут возникает ложное ощущение, что агрессивное вещество смыто полностью. Однако для его удаления требуется длительное время, ведь вещество в той или иной степени проникает в глубь пораженных тканей. Если агрессивное вещество попало на кожу через одежду, ее следует перед снятием разрезать ножницами, чтобы не увеличить площадь поражения. Синтетическая одежда может растворяться в некоторых веществах, например в серной кислоте, и при смывании водой покрывает кожу липкой пленкой. В этом случае промывание не достигает цели. Необходимо сначала как можно тщательнее стереть кислоту с кожи сухой хлопчатобумажной тканью и лишь затем промывать водой.

3. Попадание агрессивных веществ в глаза. Необходимо немедленное промывание глаз водой с помощью душа в течение 10–15 минут. Веки пораженного глаза во время промывания должны быть раздвинуты. При отсутствии душа струйное промывание глаз может вызвать затруднения – рекомендуется опустить лицо в емкость с водой. В случае попадания в глаза кислоты после промывания водой продолжают промывание 2 %-м раствором бикарбоната натрия. При резких болях закапывают 1–2 капли 1 %-го раствора новокаина.

Особенно опасны поражения глаз щелочами. После удаления большей части щелочи с помощью струи воды в течение 5 – 10 минут продолжают промывать глаза раствором хлорида натрия еще 30–60 минут. При поражении глаз щелочами полезно промывание 1 %-м раствором аскорбиновой кислоты в теплой воде.

После промывания глаз следует немедленно обратиться к врачу, даже если у вас возникло ощущение, что ожог не опасен.

4. При попадании в глаза посторонних предметов (куски стекла, металлическая стружка и пр.) удаление их должен проводить только медицинский работник.

5. При порезах рук или других частей тела стеклом необходимо удалить из раны мелкие осколки (не рекомендуется делать это самостоятельно), после чего промыть ее 2 %-м раствором перманганата калия или этиловым спиртом, смазать настойкой йода (следите, чтобы

он не попал в рану, – обрабатывать нужно только ее края!) и забинтовать. При более глубоких ранах остановку крови производят путем наложения жгута или полного сгибания конечности в суставе и фиксации ее в таком положении с помощью ремня или бинта.

Помните, что нельзя прикасаться к ране руками, даже если они чисто вымыты; нельзя удалять из раны сгустки крови, так как это может вызвать еще более сильное кровотечение.

6. При поражении электрическим током находящемуся в сознании пострадавшему необходимо обеспечить покой и чистый воздух.

7. При нарушении или прекращении дыхания и сердечной деятельности следует делать пострадавшему искусственное дыхание и непрямой массаж сердца до прибытия скорой медицинской помощи.

Приложение 3

Основные приемы, которыми должен владеть каждый, желающий самостоятельно проделать опыты, описанные в этой книге

Кроме техники безопасности и методов оказания первой доврачебной помощи, чтобы проделать опыты, описанные в этой книге, вы должны знать:

- 1) как гнут стеклянные трубки;
- 2) как разрезают стеклянные бутылки;
- 3) как нагревают, кипятят и выпаривают жидкости;
- 4) как обращаются со спиртовкой;
- 5) как измельчают и растворяют твердые вещества;
- 6) как фильтруют растворы.

Как гнуть стеклянные трубки

Держа трубку в пламени спиртовки в месте его наивысшей температуры, то есть приблизительно на $\frac{2}{3}$ его высоты, все время вращают трубку, чтобы она нагревалась равномерно. Почувствовав, что стекло размягчилось, трубку медленно и не нажимая на нее сильно руками сгибают под желательным углом или дают ей согнуться самой (рис. 46). Правильно согнутая трубка не должна суживаться в месте перегиба. Чтобы оттянуть конец трубки и получить узкий конец с небольшим отверстием, размягчают трубку в намеченном месте, как и при изгибе, и растягивают ее в стороны (рис. 47).

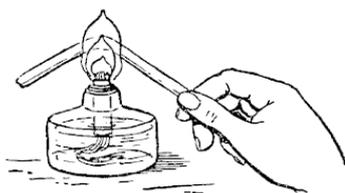


Рис. 46. Сгибание стеклянной трубки

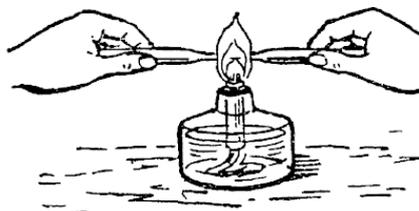


Рис. 47. Вытягивание стеклянной трубки

Дав остыть, быстрым движением ломают трубку, после чего слегка оплавливают острые края излома или, если это нужно, заплавляют отверстие. Режут трубки острым краем трехгранного напильника, намечая им кольцо вокруг трубки и немного углубив надрез в одном месте. Держа надрез углубленным местом вверх и для безопасности обернув натуго трубку полотенцем, быстро ломают ее. Острые края затапливают напильником или оплавливают в пламени спиртовки.

Как разрезать бутылку

Существует несколько способов как разрезать толстостенные стеклянные бутылки и отрезать у них дно для того, чтобы получить колокол или колпак. Наиболее оптимален следующий вариант. Отступив на 2 мм от намеченной линии, по которой должна быть разрезана бутылка, обертывают ее полосками фильтровальной бумаги шириной в 2–3 см, накладывая их одну на другую, пока толщина всего кольца не достигнет 3–4 мм. Таким же кольцом окружаем бутылку с другой стороны линии разреза, также отступив от нее на 2 мм. Между кольцами, следовательно, должен образоваться промежуток шириной в 4 мм. Полоски привязывают сверху нитью или тонкой проволокой и смачивают насквозь водой. Надрезав напильником бутылку по окружности в середине между полосками бумаги, подносят ее к пламени спиртовки и нагревают царापину, медленно вращая бутылку. Если при этом бутылка не лопнет сама по месту надреза, то к горячему еще стеклу прикасаются в одной из точек надпиленной окружности холодным железным стержнем. Острые края разреза спиливаются полукруглым напильником, смачиваемым керосином.

Как нагревать, кипятить и выпаривать жидкости

Небольшие количества жидкостей нагревают прямо в пробирке на огне, держа пробирку несколько наклонно и непрерывно вращая, чтобы жидкость нагревалась равномерно. Большие количества нагревают и кипятят в колбах или тонкостенных стаканах, прикрывая последние, чтобы жидкость не разбрызгивалась, куском листового стекла, положенного на стеклянных палочках. Выпаривание с той же предосторожностью производится в фарфоровых чашках. Колбы, чашки и стаканы ставят на медную или асбестированную сетку на треножнике (рис. 48), под которым ставят спиртовку.

Нагревание не свыше точки кипения воды ведут в ее парах, ставя нагреваемую посуду над емкостью с кипящей водой. Нагревание спирта и других огнеопасных жидкостей производится на водяной бане – сосуд с жидкостью помещается в кипящую воду. Не допускается нагревание, а тем более выпаривание растворов, содержащих летучие кислоты (уксусную, азотную, соляную), в комнатах, а только на открытом воздухе или в вытяжном шкафу. То же самое относится ко всем случаям, когда нагревание сопровождается выделением вредных для дыхания газов. Если нагревание вызывает слишком бурную реакцию, то спиртовку отставляют в сторону, после небольшого перерыва нагревание продолжают.

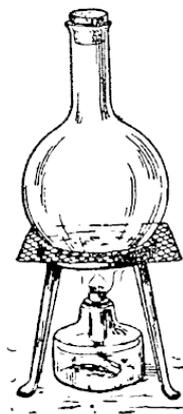


Рис. 48. Нагревание на сетке

Как обращаться со спиртовкой

Спиртовка (горелка), как и всякая химическая посуда, должна содержаться в полнейшей чистоте. Если она будет обрызгана какой-нибудь кипящей жидкостью, ее следует тотчас же загасить и насухо вытереть тряпкой; если жидкость попала на фитиль, его заменяют новым. Никогда не заполняют спиртовку, не загасив ее предварительно. Гасят, покрывая фитиль колпачком, а не задувая. Фитиль всегда должен касаться дна лампочки. Пролитый и загоревшийся спирт гасят, засыпая песком. Спиртовку не следует ставить непосредственно на стол, необходимо подложить под нее несгораемый материал (лист жести, кафельную плитку и т. п.).

Как измельчать и растворять твердые вещества

Твердые вещества, как растворимые, так и нерастворимые, купленные в больших кусках, измельчают ударами молотка, обернув в белую фильтровальную бумагу, чтобы не допустить разбрасывания осколков. Дело не столько в экономии, сколько в опасности, которую могут представлять собой некоторые реактивы. Мелкие куски толкутся, вернее, растираются в совершенно чистой фарфоровой (но не металлической!) ступке таким же чистым фарфоровым пестиком. Особенно внимательно следует производить эту операцию с веществами, взрывающимися при ударе или в смеси с другими веществами, например при измельчении бертолетовой соли (хлората калия). Растворяют измельченные в порошок твердые вещества, ссыпая их с листа бумаги (рис. 49) в колбу, которую держат наклонно.

Большинство веществ лучше растворяется при нагревании или в нагретом предварительно растворителе. Для ускорения растворения допустимо помешивать растворяемое вещество совершенно чистой стеклянной палочкой.

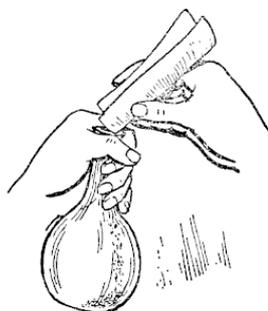


Рис. 49. Ссыпание реактивов в колбу

Как фильтровать растворы

Вырезав кружок фильтровальной бумаги так, чтобы его радиус был несколько меньше, чем образующая конуса³⁷ воронки, складывают его вчетверо по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Для более быстрого фильтрования кружок складывают наподобие бумажного веера (рис. 50).

³⁷ Образующая конуса – прямая линия, соединяющая вершину конуса с одной из точек окружности основания.

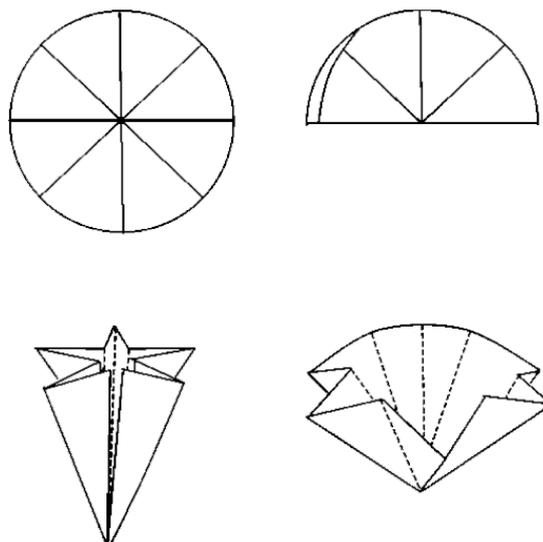


Рис. 50. Как правильно складывать фильтровальную бумагу

Горячие жидкости фильтруются скорее холодных, но фильтрат (отфильтрованный раствор) приходится при этом сливать обратно в воронку. Фильтр должен плотно прилегать к стенкам воронки, что достигается пропусканием через фильтр до начала фильтрования небольшого количества горячей воды. Перед тем как начать фильтрование, жидкость необходимо равномерно перемешать (круговыми движениями, чтобы осадок не остался на стенках и дне пробирки). Рекомендуется переливать раствор через фильтр по стеклянной палочке (рис. 51). Когда не важна полнота отделения осадка от фильтрата, то дают смеси отстояться, осадку осесть на дно и затем осторожно сливают с него жидкость.



Рис. 51. Фильтрование

Как обращаться с огнеопасными веществами

Главное правило: никогда не забывайте об их огнеопасности. Не зажигайте горючие газы, не убедившись в их чистоте, во избежание взрыва их смеси с воздухом. опыты проводите как можно дальше от прибора, с помощью которого вы получаете огнеопасный газ. Сосуды, в которых взрывают газы, должны быть нетуго обернуты полотенцем. Отверстие сосуда должно быть направлено в сторону от экспериментатора и зрителей.

Не рекомендуется держать огнеопасные жидкости и взрывоопасные вещества в запасе, для опыта следует брать минимальное их количество. Плотнo закупоривайте и оставляйте

подальше от спиртовки бутылку, в которой хранится горючее для спиртовки. Не предельвайте никаких опытов с эфиром в помещении с горящей спиртовкой, свечой и т. п. В случае возгорания пламя необходимо гасить песком.

Приложение 4

Основные химические законы

Закон сохранения массы веществ. Масса веществ, вступающих в химическую реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

Закон постоянства состава. В химическом соединении, независимо от способа его получения, соотношения масс составляющих элементов постоянны³⁸.

Закон эквивалентов. Элементы всегда соединяются между собой в определенных массовых количествах, соответствующих их химическим эквивалентам.

Закон сохранения энергии. В изолированной системе энергия системы остается постоянной, возможны лишь переходы одного вида энергии в другой.

Закон кратных отношений. Если два элемента образуют несколько соединений, то массы одного элемента, приходящиеся на единицу массы другого, относятся как целые числа.

Закон Авогадро. В равных объемах газов при одинаковых физических условиях находится одинаковое число частиц.

Первое следствие из закона Авогадро. При одинаковых условиях равные количества различных газов занимают равные объемы.

Второе следствие из закона Авогадро. Два различных газа одинаковых объемов при одинаковых условиях имеют неодинаковые массы (плотности газов относятся как их относительные молекулярные массы).

³⁸ В начале 1910-х годов Н.С. Курнаков, опираясь на результаты физико-химического анализа различных сплавов, показал, что помимо соединений постоянного состава – дальтонидов – существуют и соединения переменного состава – бертоллиды. Дальнейшее развитие представлений о бертоллидах привело к тому, что закон постоянства состава утратил универсальный характер и ныне должен рассматриваться как частный случай общих закономерностей, описывающих состав химических соединений.

Приложение 5

Современная теория строения атома

Согласно современным представлениям, атом – наименьшая частица вещества, неделимая химическим путем. Он содержит центральное ядро, размеры которого по сравнению с размерами самого атома очень малы. Ядро несет положительный электрический заряд и окружено диффузным облаком отрицательно заряженных электронов, которое и определяет размер атома (диаметр атома – около 10^{-8} см, диаметр ядра в 10 000 раз меньше и равен примерно 10^{-12} см). У простейшего из атомов – атома водорода – в ядре всего одна частица – протон. Ядра атомов других элементов содержат более одного протона, а также нейтроны – частицы, близкие к протонам по массе, но не имеющие электрического заряда. Суммарный заряд ядра равен числу протонов в ядре и соответствует его порядковому (или атомному) номеру. Так, атом железа имеет заряд ядра +26 и содержит 26 протонов в ядре. Ядро атома железа окружают 26 электронов, поэтому атом в целом заряжен нейтрально.

Суммарное число протонов и нейтронов в ядре называют массовым числом, поскольку в этих частицах сосредоточена практически вся масса атома. Число нейтронов, содержащихся в ядрах атомов данного элемента, в отличие от числа протонов, может варьировать. Атомы одного элемента, ядра которых содержат разное число нейтронов, называют изотопами. Так, у водорода (массовое число 1) есть изотоп дейтерий, в ядре которого один протон и один нейтрон (массовое число равно 2). Оба изотопа вступают в одни и те же химические реакции, но не всегда с одинаковой легкостью.

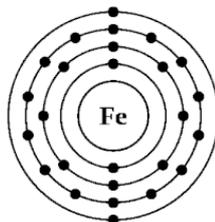


Рис. 52. Строение атома железа

Термин «относительная атомная масса» означает массу атома элемента, выраженную через массу атома углерода ^{12}C , которую принято считать равной его массовому числу – 12,0. Масса молекулы (молекулярная масса) равна сумме масс атомов элементов, входящих в ее состав. Например, молекулярная масса воды равна сумме $2 \times 1,0$ (два атома водорода) + 16,0 (один атом кислорода), то есть 18,0.

Приложение 6

Периодический закон Д.И. Менделеева

Современная периодическая таблица составлена с учетом последних исследований ученых и новой формулировки периодического закона, согласно которой «свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов химических элементов». Элементы располагаются в порядке возрастания их атомного номера, при перемещении слева направо вдоль периода металлические свойства элементов ослабевают, а при перемещении сверху вниз вдоль группы металлические свойства элементов усиливаются.

В настоящее время известно более 500 вариантов изображения периодической системы: это различные формы передачи периодического закона. В нашей книге приведена длиннопериодная форма таблицы Менделеева, утвержденная IUPAC³⁹.

В периодической системе по горизонтали имеется 7 периодов. В первом периоде находится 2 элемента, во втором и третьем – по 8, в четвертом и пятом – по 18, в шестом – 32, в седьмом (незавершенном) – 28. Каждый период, за исключением первого, начинается щелочным металлом и заканчивается благородным газом (кроме 7-го периода – незаконченного).

В шестом периоде вслед за лантаном располагаются 14 элементов с порядковыми номерами 58–71, называемых лантаноидами, в седьмом вслед за актинием – 14 элементов (90–103) – актиноиды. Слово «лантаноиды» означает «подобные лантану», а актиноиды – «подобные актинию». Иногда их еще называют лантанидами и актинидами, что означает следующие за лантаном, следующие за актинием.

Физические свойства элементов (температуры плавления и кипения, плотность) при перемещении слева направо вдоль периода сначала возрастают, а затем, после достижения максимума в средней части периода, уменьшаются.

Соединения элементов – оксиды, гидриды, гидроксиды и галогениды элементов обнаруживают одинаковую периодичность в изменении свойств.

В периодической таблице существуют также диагональные соотношения (например, литий и магний). Головные элементы, возглавляющие главные группы, обладают аномальными свойствами по отношению к остальным элементам своих групп.

Знание периодической таблицы позволяет химику предсказывать с определенной степенью точности свойства любого элемента, прежде чем он приступит к работе с ним. (Например, металлурги, используя периодическую таблицу, могут заменить один из металлов сплава, подобрав ему замену среди его соседей по таблице так, чтобы не произошло значительного изменения свойств образующегося из них сплава.)

³⁹ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) – Международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮ-ПАК) – международная неправительственная организация, занимающаяся разработкой и распространением стандартов в области наименований химических соединений.

Приложение 7 Перечень наиболее часто применяемых в технике элементов Азот (N)

Для создания инертной атмосферы в производстве листового стекла, полупроводников, витамина А, нейлона. Жидкий азот используется для хранения в охлажденном состоянии биологических жидкостей и некоторых пищевых продуктов.

Барий (Ba)

В изготовлении стройматериалов (соли бария), сульфат бария – в рентгенокопии и изготовлении красок и пигментов, карбонат бария – ядохимикат против грызунов.

Бериллий (Be) и стронций (Sr)

Бериллий – в сплавах, стронций – в пиротехнике, для получения малиново-красных огней.

Бром (Br)

Получение присадок к бензину, фотография, ингибиторы воспламенения, лекарственные и ветеринарные препараты.

Водород (H)

Получение аммиака, неорганических продуктов (хлороводорода и соляной кислоты) органических продуктов (синтез метанола), переработка нефти (для гидрирования соединений серы, что позволяет удалить вредные примеси серы из нефти), в процессе изготовления маргарина, извлечение металлов (получение молибдена и вольфрама восстановлением из оксидов), в кислородно-водородных горелках и водородно-дуговой сварке, в качестве хладагента в больших генераторах переменного тока, в криогенной технике для получения очень низких температур (жидкий водород), в космической промышленности в виде ракетного топлива и для получения электрической энергии в топливных элементах.

Гелий (He)

Для наполнения аэростатов и метеорологических зондов, в космической технике в смеси с кислородом – для создания искусственной атмосферы для дыхания водолазов. Для создания защитной атмосферы для выращивания сверхчистых кристаллов германия и кремния.

Германий (Ge)

В качестве полупроводникового материала для изготовления микроэлектронных устройств, например транзисторов.

Йод (I)

Красители и цветная фотография, лекарственные препараты, наполнение электроламп парами йода.

Калий (K)

Удобрения, при производстве стекла.

Кислород (O)

В металлургии для получения стали из чугуна и металлолома, для сварки и резки металлов. В космической технике – для сжигания водорода и других видов горючего, в авиации – при полетах на большой высоте, для дезинфекции в хирургии, в медицине для поддержания дыхания.

Кобальт (Co)

В медицине (в качестве источника γ -излучения для лечения онкологических заболеваний).

Криптон (Kr)

Наполнение флуоресцентных трубок и ламп-фотовспышек.

Ксенон (Xe)

Заполнение электронных трубок и стробоскопических (мигающих) ламп, в пузырьковых камерах на атомных реакторах.

Литий (Li)

Сплавы с литием используются в медицине (карбонат лития), в вентиляционной системе подводных лодок и космических кораблей (гидроксид лития)

Магний (Mg)

В медицине (сульфат магния, взвесь магния в воде), оксид магния используется в косметологии, а сплавы с магнием – в авиа- и автомобилестроении.

Медь (Cu)

В электрохимической промышленности для изготовления проволоки, кабелей и других проводников; для изготовления медных канализационных труб.

Натрий (Na)

Использовался как газ-наполнитель для уличных светильников, в качестве хладагента в ядерных реакторах (в виде сплава с калием), в металлургии, в производстве антидетонаторной присадки к бензину, в качестве катализатора, в производстве неорганических продуктов (например, цианида натрия).

Неон (Ne)

Для светящихся рекламных трубок, в качестве хладагента.

Олово (Sn)

Для нанесения защитных покрытий на металлические поверхности, входит в состав сплавов (в том числе бронзы).

Платина (Pt)

Химическая аппаратура и лабораторная посуда, в электротехнике, соединения в фотографии. Губчатая платина в химпроизводствах, как абсорбирующее (сгущающее на поверхности газы) вещество.

Радон (Ra)

В онкологической отрасли.

Рубидий (Rb) и Цезий (Cs)

Применение ограничено из-за высокой стоимости. Изготовление фотоэлементов.

Свинец (Pb)

В изготовлении кровельного материала, оболочки кабелей, в свинцовых аккумуляторах. Соли свинца используются в производстве красок и антидетонаторной присадки к бензину (тетраэтилсвинца (IV)).

Сера (S)

Получение серной кислоты, вулканизация резины, получение веществ, используемых в производстве синтетических моющих средств, производство пороха, изготовление косметики и лекарственных препаратов, производство инсектицидов и фунгицидов.

Фосфор (P)

Для получения фосфатных удобрений, фосфорной кислоты, для изготовления спичек, нержавеющей стали и для химического полирования алюминия и меди. Разбавленная фосфорная кислота – в пищевой промышленности как регулятор кислотности.

Фтор (F)

Фториды – в зубных пастах; фтороуглероды – в качестве хладагентов и для распыления аэрозолей; тефлон.

Хлор (Cl)

Производство соляной кислоты, отбеливатели, органические растворители, дезинфекция воды, получение лекарственных препаратов, олова и алюминия из металлолома.

Хром (Cr)

Для нанесения хромового покрытия на стальные предметы (например, в автомобилестроении).

Чугун (неочищенное железо) (Fe)

Для изготовления разнообразных предметов (крышек канализационных люков, сковородок).