

ТЕОДОР ГРЭЙ

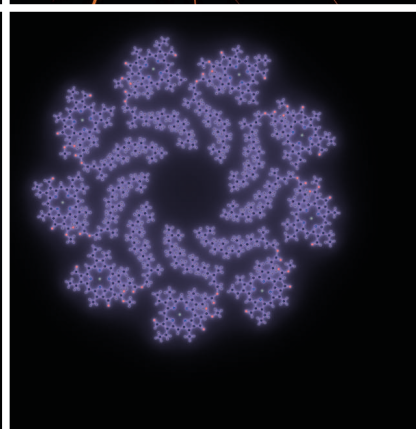
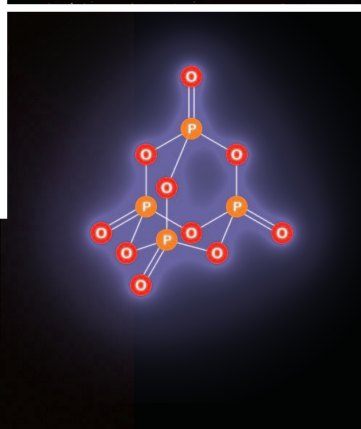
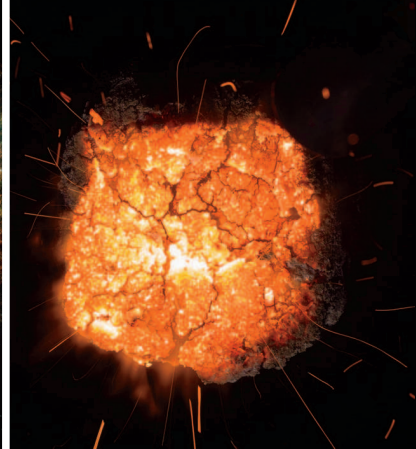
Реакции

Фотографии Ника Манна



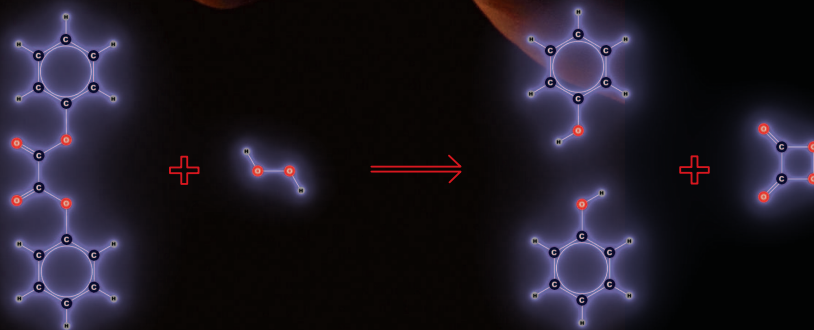


Книжные проекты
Дмитрия Зими́на



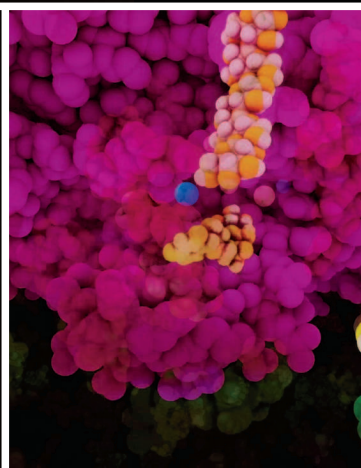
Реакции

Знакомство с миром элементов, молекул и их превращений



ТЕОДОР ГРЭЙ
Фотографии Ника Манна

Перевод с английского
Генриха Эрлиха



УДК 54
ББК 24.1
Г91



**Книжные проекты
Дмитрия Зими́на**

Эта книга издана в рамках программы «Книжные проекты Дмитрия Зими́на» и продолжает серию «Библиотека фонда “Династия”». Дмитрий Борисович Зимин — основатель компании «Вымпелком» (Beeline), фонда некоммерческих программ «Династия» и фонда «Московское время». Подробную информацию о «Книжных проектах Дмитрия Зими́на» вы найдете на сайте: ziminkbookprojects.ru.

This edition is published by arrangement with Black Dog & Leventhal, New York, USA via Alexander Korzhenevski Agency.

Грэй, Теодор

Г 91 Реакции. Знакомство с миром элементов, молекул и их превращений / Теодор Грэй; пер. с англ. Г. Эрлиха. — Москва : Издательство АСТ : CORPUS, 2021. — 224 с.

ISBN 978-5-17-107960-4

Книгой «Реакции. Знакомство с миром элементов, молекул и их превращений» американский популяризатор науки Теодор Грэй и фотограф Ник Манн завершают свою знаменитую иллюстрированную трилогию о химии — поистине магической науке, без которой не постичь нашу Вселенную. Что такое время? Почему движение автомобиля нельзя превратить обратно в бензин? Что на самом деле означает модное словечко «энтропия»? Откуда ученые знают в таких подробностях, что происходит на дальних планетах? Ответов будет много, а вывод всегда один: любите химию. Если она ответит взаимностью, скучать вам в этой жизни больше не доведется.

УДК 54
ББК 24.1

ISBN 978-5-17-107960-4

© 2017 by Theodore Gray
© Г. Эрлих, перевод на русский язык, 2021
© ООО «Издательство АСТ», 2021
Издательство CORPUS

Содержание

Предисловие 6

1

Химия это магия 9

Это действительно магия? 12

Древняя магия была преимущественно химией 13

Реакции, которые я помню с детства 22

2

Атомы, Элементы, Молекулы, Реакции 37

Что такое молекула? 44

Какая сила связывает атомы в молекуле? 46

Что такое химическая реакция? 50

Энергия 52

Следите за энергией 56

Стрела времени 65

Энтропия 67

3

Где найти фантастические реакции 73

В классе 74

На кухне 88

В лаборатории 90

На заводе 96

На улице 104

Внутри вас 112

4

О природе света и цвета 121

Поглощение света 130

Излучение света 133

Древнее китайское искусство химической аранжировки 142

5

Скучная глава 149

Как сохнет краска 150

Как растет трава 166

Как кипит вода 173

6

Все зависит от скорости 183

Выветривание 184

Огонь 192

Быстрый огонь 200

Действительно быстрый огонь 205


Самая быстрая реакция 211

Благодарности 216

Иллюстрации 218

Указатель 219





Предисловие

КОГДА Я ТОЛЬКО НАЧАЛ ПИСАТЬ КНИГУ «ЭЛЕМЕНТЫ» В 2008 ГОДУ, Я УЖЕ ДЕРЖАЛ В ГОЛОВЕ, ЧТО ОНА СТАНЕТ ПЕРВОЙ В ТРИЛОГИИ: «ЭЛЕМЕНТЫ», «МОЛЕКУЛЫ» И «РЕАКЦИИ». Именно так я представлял обзорную экскурсию по миру химии. Мы начнем с элементов, потому что все начинается с элементов. Затем мы соединим атомы элементов в молекулы. И наконец, мы столкнем молекулы на нанометровом ринге, чтобы посмотреть, что из этого выйдет. Все выглядело просто, но заняло десять лет моей жизни! За эти годы я изменился не меньше, чем молекулы, о которых я рассказывал. Мои дети выросли, волосы поредели. Но я ни о чем не жалею, я наслаждался, когда писал эти книги, и надеюсь, что вы будете так же наслаждаться, читая их.







Химия — это магия

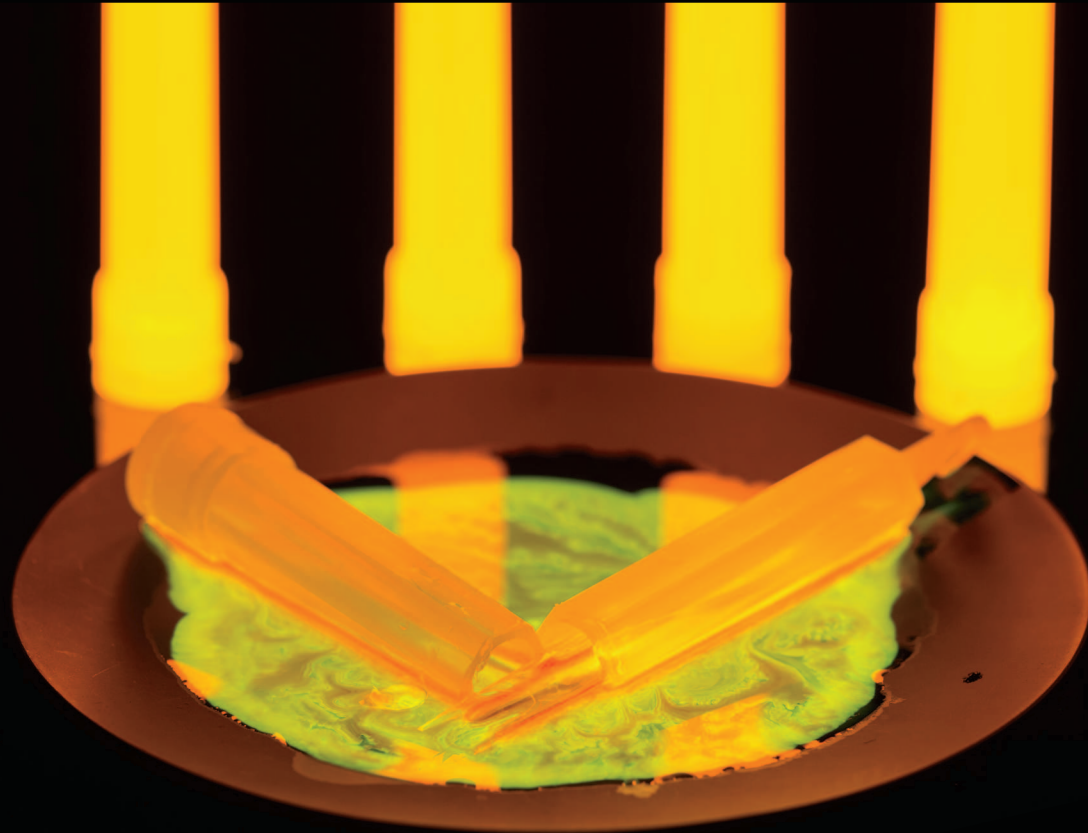
мы живем в макроскопическом мире, мы имеем дело с предметами, которые можем рассмотреть и пощупать, которые научились применять для нашей пользы. Мы более-менее представляем, как они работают, какие при этом задействованы энергии и силы. Мы, например, берем два мощных магнита и, пытаясь их разделить, уважительно говорим: магнитное поле! Но что порождает это магнитное поле? И что скрывается за фасадом нашей макроскопической реальности?

Чтобы понять это, нам надо спуститься на другой, микроскопический уровень. И тут нам откроется другой мир, совсем не похожий на привычный нам, — мир, живущий по своим законам. Здесь правит бал квантовая механика, благодаря ей мельчайшие частицы вещества обретают, например, магнитные свойства. Обычно

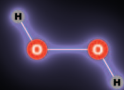
все эти микроскопические магниты действуют в разных направлениях, нейтрализуя друг друга, но иногда они вдруг выстраиваются в одном направлении, и тогда из множества микроскопических сил складывается мощное магнитное поле. Такое согласованное действие огромного количества микроскопических частиц — одно из самых удивительных явлений этого невидимого мира.

Это — царство химии. Какое бы явление окружающего нас мира мы ни взяли — горящий огонь, растущее растение, желтеющий по осени лист дерева, едущий по дороге автомобиль, летящую в космосе ракету, — за всем стоит слаженная работа невероятного количества мельчайших частиц вещества, атомов и молекул. Обо всем этом я расскажу вам на следующих страницах.

Давайте рассмотрим светящуюся палочку — игрушку, которую вы наверняка держали в руках, а если нет, то вы всегда можете купить ее в магазине по цене бутылки воды. Эта пластиковая палочка заполнена неким раствором, в котором находится небольшая капсула, содержащая другой раствор. Если вы раздавите эту капсулу, то растворы смешаются, вся палочка загорится ярким светом и будет так светиться довольно долго. Что порождает этот свет? И вообще, что такое свет? Свет можно представить как поток бесчисленных фотонов — сгустков энергии, летящих в пространстве с огромной скоростью, которая так и называется — скоростью света. Фотоны можно получить множеством способов, и в светящихся палочках используют один из самых сложных: каждый фотон производится на одноразовой химической машине. Эти машины создали химики, а я сейчас постараюсь объяснить вам, как они работают. (Если вы чего-то не поймете, не расстраивайтесь, мы еще вернемся к этому позднее, когда вы узнаете больше о молекулах и их реакциях.)

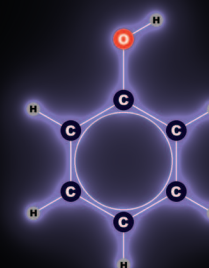


◀ Первая деталь для изготовления машины — это молекула дифенилоксалата с необычной комбинацией из четырех атомов кислорода в центре и двумя бензольными «крыльями». Бесчисленное множество таких молекул содержится в растворе, заполняющем светящуюся палочку.



▲ Вторая деталь — молекула пероксида водорода, раствор этих молекул в воде заключен во внутренней капсуле. Когда мы разбиваем капсулу, растворы смешиваются, и молекулы пероксида водорода атакуют молекулы дифенилоксалата.

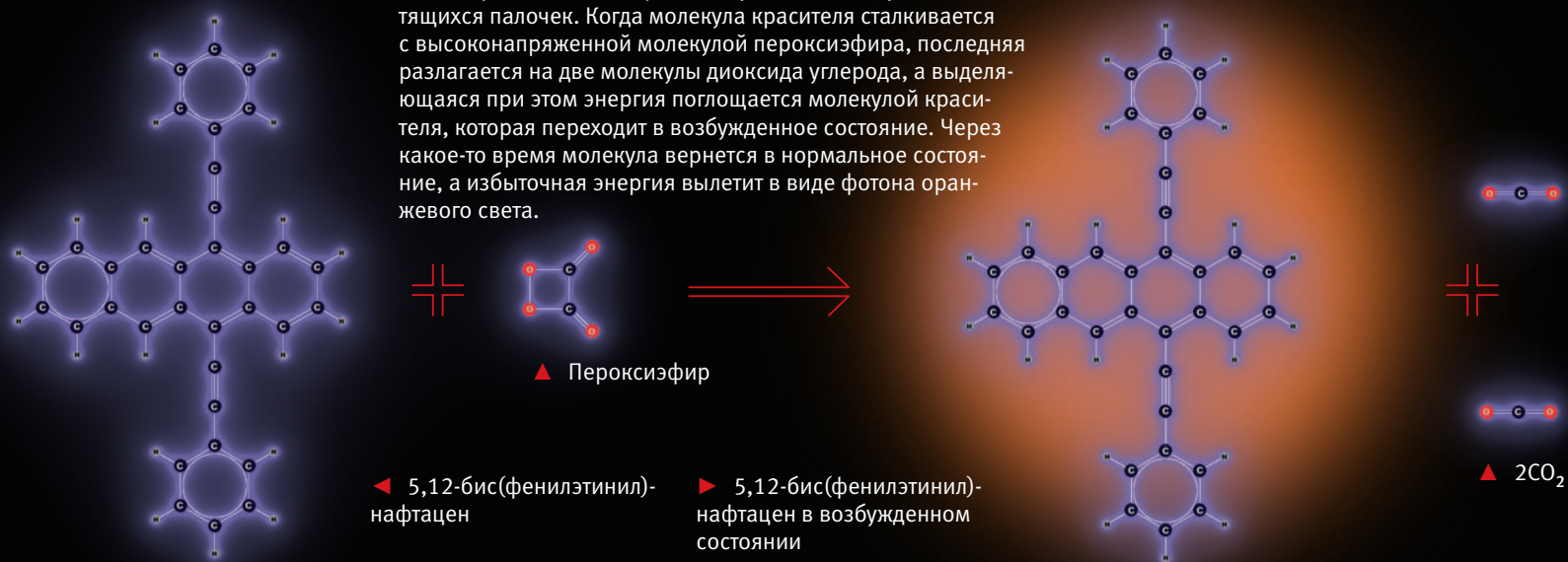
▲ Когда две молекулы сталкиваются, происходит химическая реакция, при которой обе молекулы разрушаются и исчезают.



▲ Два «крыла» дифенилоксалата превращаются в две одинаковых молекулы фенола. До них нам дела нет.

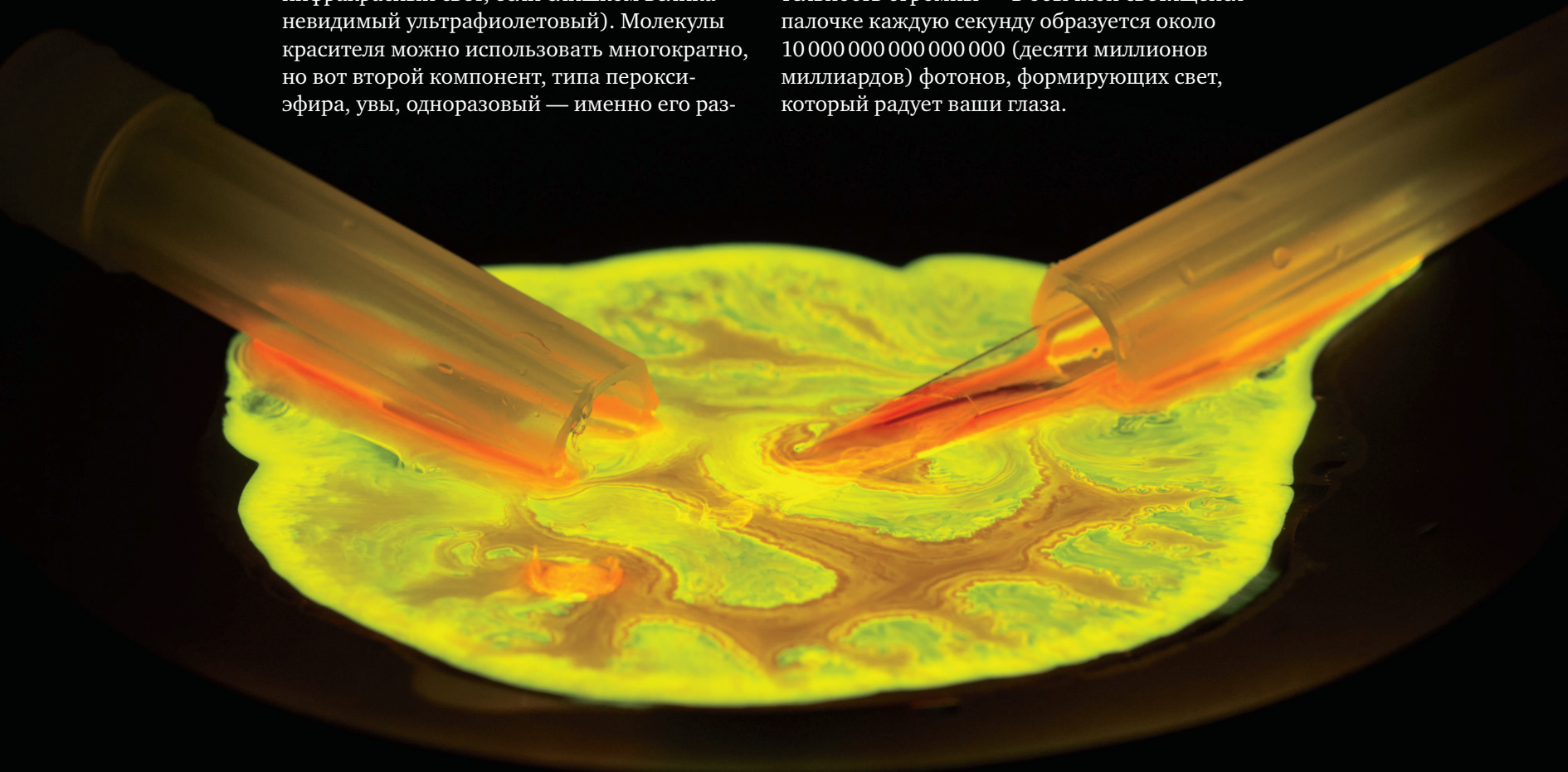
▲ Вот эта маленькая молекула пероксида, которая образуется из центрального фрагмента дифенилоксалата, служит главным двигателем процесса. Четырехчленные циклы очень напряжены, они подобны сжатой пружине, готовой в любой момент распрямиться и выбросить запасенную энергию.

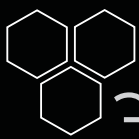
◀ Это вещество, краситель по имени 5,12-бис(фенилэтил)-нафтацен, используют для производства оранжевых светящихся палочек. Когда молекула красителя сталкивается с высоконапряженной молекулой пероксиэфира, последняя разлагается на две молекулы диоксида углерода, а выделяющаяся при этом энергия поглощается молекулой красителя, которая переходит в возбужденное состояние. Через какое-то время молекула вернется в нормальное состояние, а избыточная энергия вылетит в виде фотона оранжевого света.



Чтобы сделать такой химический источник света, нужно найти молекулу, которая будет излучать фотоны с правильной энергией, соответствующей видимому свету (если энергия слишком мала, получится невидимый инфракрасный свет, если слишком велика — невидимый ультрафиолетовый). Молекулы красителя можно использовать многократно, но вот второй компонент, типа пероксиэфира, увы, одноразовый — именно его раз-

ложение дает энергию, необходимую для производства фотона. Молекулу красителя можно уподобить машине, которая штампует фотоны, получая энергию от других молекул. Количество таких машин и их производительность огромны — в обычной светящейся палочке каждую секунду образуется около 10 000 000 000 000 000 (десяти миллионов миллиардов) фотонов, формирующих свет, который радует ваши глаза.





Это действительно магия?

я чувствую ваше недоумение. Глава называется «Химия — это магия», а я только что взял и объяснил вам в деталях, как работает химическая машина по производству света. Какая же это магия, спрашиваете вы. Но ведь то же самое происходит, когда вы наблюдаете за выступлениями профессиональных фокусников. Их трюки кажутся вам волшебными, сверхъестественными, но только до тех пор, пока вы не узнаете, как это делается. Многие и не хотят этого знать, чтобы не разрушать очарование «тайны», но я не из их числа. Для меня знания и умения интереснее производимого эффекта.

Не случайно профессиональные маги и фо-

кусники тщательно охраняют свои секреты, ведь если каждый сможет повторить их трюки, то они останутся без работы. Ученые сделаны из другого теста. Если они находят что-то удивительное, казавшееся до этого невозможным, «сверхъестественным», они спешат объявить об этом всему свету. Я такой же. Я восхищаюсь магией химии, которая окружает нас со всех сторон, но я честно расскажу вам все, что знаю, о том, как она работает. А вы, в свою очередь, расскажете своим друзьям, например, о том, как мельчайшие машины в светящейся палочке производят фотоны света. И волшебству химии это нисколько не повредит, она все равно останется магией.



▲ Наша любимая игрушка. Глядя на нее, невозможно понять, как она работает. Понимания не сильно прибавится, если ее разобрать. А вот сломать можно!

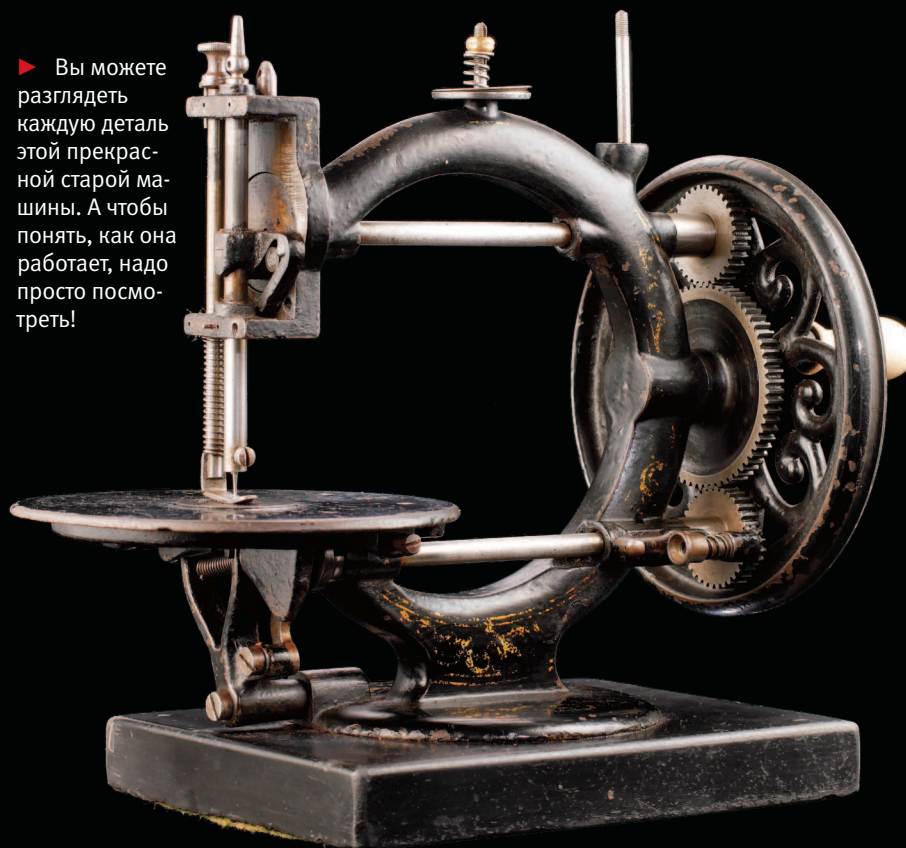
Любая достаточно развитая технология неотличима от магии.

— Артур Кларк

Механические устройства прошлого типа паровой машины или ткацких станков, несомненно, прекрасны, но в них нет ничего магического. Назначение каждой детали в них понятно, их можно разобрать и вновь собрать, и они будут работать! То ли дело смартфон. Древний механик, увидев его в действии, счел бы это магией. Да и большинство из нас, современных пользователей, если честно, разделяют это мнение. Потому что мы не понимаем, как он работает, потому что мы не можем это увидеть. Если мы разберем смартфон, то увидим какие-то пластинки и коробочки с торчащими металлическими штифтами, и даже если станем рассматривать их в оптический микроскоп, то все равно ничего не разглядим, потому что рабочие элементы современных электронных устройств меньше длины волны видимого света.

Считается, что микроскопические устройства — детище нашего времени. Но химия всегда имела дело с невидимыми, мельчайшими объектами и училась как-то управлять ими. Сейчас это уже не кажется магией — мы много знаем о том, что происходит в мире молекул. Но древние химики не имели об этом ни малейшего понятия, что давало широкий простор как мистической чепухе, так и серьезным исследованиям.

► Вы можете разглядеть каждую деталь этой прекрасной старой машины. А чтобы понять, как она работает, надо просто посмотреть!





Древняя магия была преимущественно химией

множество книг и телепередач рассказывают о древнем «тайном знании», дающем доступ к неведомым могучим силам. И многие в это верят! Правда же состоит в том, что все это «тайное знание» с точки зрения науки или тривиально, или попросту неверно. Современные ученые в неделю производят больше знаний, чем содержится во всех древних книгах. Но вот что интересно: если мы внимательно прочитаем все эти древние книги, то выясним, что большая часть магического или тайного знания основана на химии — естественно, в ее древнем варианте. Вся древняя магия, которая действительно работала, — это чистая химия. Я имею в виду, что никакие заклинания и заговоры, конечно, не работали, а вот многие зелья, то есть химические вещества, те действовали. Именно из этих, действенных, выросла современная химия. А неработающие превратились в различные шарлатанские снадобья, гомеопатические средства и антивозрастные кремы, которые сегодня столь же популярны, как и в древности.

Песья мокрая ноздря
С мордю нетопыря,
Лягушиное бедро,
И совиное перо,
Ящериц помет и слизь
В колдовской котел вались!

Уильям Шекспир, «Макбет»
(Перевод Б. Пастернака)

Если верить древним магическим книгам, то нет ничего проще, чем сделать мощное зелье. Надо взять несколько «правильных» компонентов, по большей части экзотических типа хвоста ящерицы, поварить их, помешивая, какое-то время на огне, прочитать определенные бессмысленные слова из книги заклинаний — и готово! К счастью, и в древности не все в это верили. Были люди, которые уже тогда понимали, что природа живет по своим собственным законам и ей нет дела до наших заклинаний, к каким бы потусторонним силам мы ни обращались. Они знали: чтобы сделать какое-то полезное зелье, например лекарство, надо изучать природу, много работать и пробовать разные сочетания компонентов. Другими словами, эти люди были настоящими учеными задолго до того, как придумали само это слово.



▲ Три ведьмы из «Макбета» У. Шекспира.
Картина Дэниела Гарднера

► Лучшим примером современных колдовских зелий служат гомеопатические средства. В их составе указано множество экзотических компонентов, но на самом деле они ничего подобного не содержат. Процесс получения гомеопатического средства состоит в последовательном многократном разбавлении исходного раствора, так что в конечном растворе не остается ни одной молекулы исходного компонента. Причем при каждом разбавлении раствор надо встряхивать строго определенное число раз и в определенном направлении. Звучит дико, но множество людей охотно покупают эти средства, веря, что они помогут.





◀ Компоненты пороха:
уголь (черный), селитра
(белая) и сера (желтая)

Если вы смешаете три произвольных порошка, то вряд ли получите что-то необычное и интересное. Хотя, конечно, всякое бывает. Если вы возьмете вот эти три конкретных порошка — один белый, другой черный, третий желтый, — то сможете получить «магическую» смесь, которая позволит вам сокрушить врагов, или разнести на мелкие кусочки скалу, или, на крайний случай, победить в школьных соревнованиях по стрельбе. Как вы уже догадались, речь идет о порохе. Когда люди впервые увидели действие пороха, они не сомневались, что здесь не обошлось без магии. Но штука в том, что при получении пороха не используют никаких заклинаний. Все, что нужно, — тонко измельчить исходные компоненты и смешать их в точном правильном соотношении, любой человек может это сделать. И это всегда будет работать (если, конечно, вы будете держать порох сухим). Как именно работать — вам решать, можете запустить фейерверк или выстрелить из ружья. А можете придумать что-нибудь более полезное, и для этого вам не понадобится никаких магических заклинаний и экзотических компонентов. Мы еще поговорим с вами о порохе — о том, как с его помощью сделать что-то красивое (см. с. 142), чем его можно заменить (см. с. 156), и наконец, на странице 201 вы узнаете, какие химические реакции ответственны за действие пороха.



◀ Готовый порох



▶ Вот так горит порох!

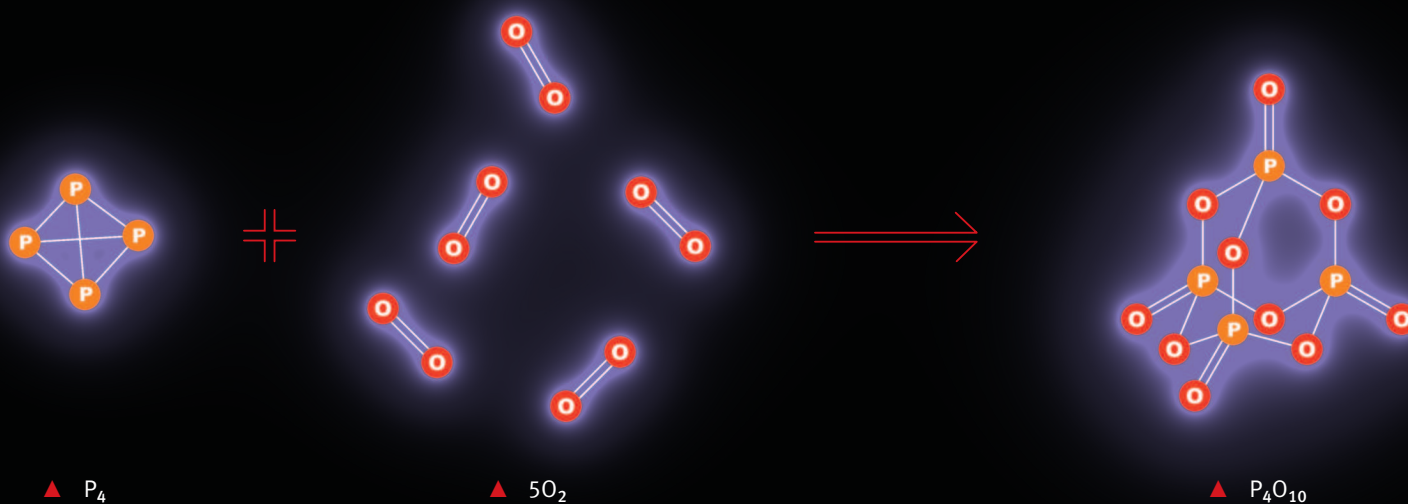
Древних алхимиков порой высмеивают за стремление превратить свинец в золото или получить эликсир вечной молодости. Мы же знаем, что это невозможно. Но они-то не знали! А наше современное знание отчасти основано на их безуспешных попытках. Древние алхимики заблуждались искренне, и это отличает их от магов и шарлатанов, которых тоже было немало в давние времена (как и в нынешние).

Алхимики старались понять природу веществ, которые составляли мир вокруг них, и для этого смешивали разные вещества, пытаясь вызвать превращение. И им часто это удавалось! Но некоторые вещества оставались неизменными при любых условиях. Так алхимики пришли к понятию элемента, одному из основных в современной науке. У них была неправильная цель, но в попытках ее достичь они сделали множество правильных вещей. А самым важным в их работе было то, что они изучали природу, реальный мир и делали это путем эксперимента. Они верили в эксперимент и в нем искали доказательств и подтверждений своих идей. Тем самым они проложили дорогу современной науке, которая зародилась около 1700 года. Химия — дочь древней алхимии.



▲ «Алхимик»
Ньюэлл Конверс
Уайет, 1937 г.

◀ Вот так горит
фосфор.



▲ При реакции белого фосфора с кислородом (из воздуха) образуется ажурная симметричная молекула, состоящая из четырех атомов фосфора и 10 атомов кислорода.

Светящиеся вещества неизменно привлекали внимание алхимиков. Когда Хенниг Бранд открыл фосфор в 1669 году, он был абсолютно уверен в том, что наконец-то нашел ключ к получению золота. Еще бы! Ведь он выделил фосфор из мочи (а она желтая, как золото), и он светится в темноте (значит, сохранил часть «жизненной энергии», заключенной в живом организме, из которого он вышел). Странная у Бранда была логика, но фосфор он тем не менее открыл!