

*Ф. Содди*

ИСТОРИЯ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ





# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редакторов перевода . . . . .	5
Предисловие . . . . .	21
Предисловие к изданию 1954 года . . . . .	23
Глава первая. ОТ АЛХИМИИ К ХИМИИ . . . . .	25
<i>(Цель данной книги. — Происхождение химии. — Химия в древности. — Возникновение экспериментальных наук)</i>	
Глава вторая. СОВРЕМЕННАЯ АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕОРИИ . . . . .	44
<i>(Атом и молекула. — Подлинное появление атомной теории. — Дальтон и атомная теория. — Работа Вильяма Хиггинса. — Молекулярная теория. — Атомная теория Берцелиуса. — Периодическая система химических элементов. — Спиральная форма периодического закона)</i>	
Глава третья. ЭНЕРГИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВО . . . . .	70
<i>(Тепло. — Законы термодинамики. — Кинетическая теория газов. — Броуновское движение и число Авогадро. — Современное представление о молекуле. — Электричество. — Теория электролитической диссоциации Аррениуса. — Электромагнитная теория света. — Спектральный анализ. — «Лучевая материя»)</i>	
Глава четвертая. РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИОАКТИВНОСТЬ И ЭЛЕКТРОН . . . . .	90
<i>(Социальная значимость энергии. — Рентгеновское излучение и электрон. — Радиоактивность. — Новые радиоактивные элементы. — Радий. — Ионизация газов. — Альфа-, бета- и гамма-излучение. — Эманации и активные осадки)</i>	
Глава пятая. ОТКРЫТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ . . . . .	105
<i>(Монреаль и Резерфорд. — Эманация — это инертный газ — Торий-Х и уран-Х. — Теория радиоактивного распада. — Гелий и радиоактивность. — Возраст Земли. — Альфа-излучение. — Образование гелия из радия. — Радиоактивное равновесие. — Материнские вещества полония, актиния и радия. — Исследование Брэггом природы альфа-излучения. — Альфа-частица — это испускаемое ядро гелия)</i>	

(Электромагнитная теория массы. — Теория относительности. — Внутренняя энергия массы. — Эквивалентность массы и энергии. — Происхождение концепции изотопов. — Радиоторий. — Мезоторий. — Анализ продуктов распада. — Закон радиоактивных смещений. — Интерпретация периодического закона. — Исключения из периодического закона. — Предсказания на основе закона радиоактивных смещений. — Материнское вещество актиния. Протактиний. — Изотопы свинца)

(Квантовая теория. — Действие. — Атом действия. — *Quanta* и «кванты». — Модель атома Томсона. — Открытие атомного ядра. — Атом Резерфорда—Бора. — Спектральные серии. — Теория оптических спектров Бора. — Соотношение между двумя частотами. — Простой вывод формулы спектральной серии. — Постоянная Ридберга. — Дилемма физики)

(Дифракция рентгеновского излучения. — Баркла. — Закон Мозли. — Гафний и рений. — Общие аспекты теории атомного ядра. — Статическая модель атома или кубический атом. — Полярные соединения. — неполярные соединения. — Молекулярные соединения и соединения Вернера. — Периодический закон как следствие атомизации электричества и действия. — Принцип неопределенностей. — Нулевая энергия. — Невероятен ли покой?)

(Методы регистрации единичного распада. — Методы усиления. — Атомное ядро и астрономия. — Испускаемые протоны. — Расщепление ядер легких элементов альфа-частицами. — Электронвольт. — Исследования Астона в области изотопов. — Четные и нечетные элементы. — Возрождение гипотезы Праута. — Коэффициент Астона. — Первая искусственная трансмутация. — Расщепление ядра лития. — Выделение энергии из лития)

(Чудесный год радиоактивности. — Электронная пара. — Расщепление фотона. — Нейтрон. — Новое ядро. — Тяже-

лый водород. — Полосатые спектры изотопов. — Свойства тяжелой воды. — Водород и энергия при абсолютном нуле. — Система записи ядерных реакций. — Искусственная радиоактивность. — Электротехника высокого напряжения. — Циклотрон. — Превращения, осуществленные на циклотроне. — Искусственное получение радиоэлементов. — Нейтрон в роли агента превращений)

Глава одиннадцатая. НА ПУТИ К ДЕЛЕНИЮ АТОМА 233

(Всевозрастающая сложность. — Появление простоты. — Соотношение чисел нейтронов и протонов. — Область стабильности ядер. — Ядерная химия. — Космическое излучение. — Ливни или вспышки космического излучения. — Мезон. — Ядерное деление радиоэлементов. — Продукты деления и их энергия отдачи. — Испускание нейтронов. — Деление урана. — Актиноуран или уран-235)

Глава двенадцатая. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ . . . . . 248

(Две цели. — Военная цель. — Мирная цель. — Замедлитель. — Урановый реактор. — Установки в Клинтоне и Ханфорде. — Величайшее достижение в истории человечества. — «Томная» и «атомная» энергия. — Условия «томной» детонации. — «Томная» бомба. — Разделение изотопов урана. — Электромагнитное разделение. — Трансурановые элементы. — Плутоний. — «Отравление» уранового реактора. — США имели всего три бомбы. — Периодический закон в новом освещении. — Нептуний)

Глава тринадцатая. БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ 264

(Предварительные итоги. — Социальная ответственность ученого. — Естественные источники урана. — Зачем впустую растрачивать уран? — Интенсивность и количество в энергетике. — Нераскрытые возможности. — Новые виды излучений и мутации. — Правильное использование новых знаний. — Рабочий пример международной науки. — Наука и общество. — Полное уничтожение войны. — Наука, культура, философия и государство)

Хронология важнейших открытий в учении о радиоактивности (Составлена Д. Н. Трифоновым, А. Н. Кривомазовым) . . . . . 276

Список рекомендуемой литературы (Составлен Д. Н. Трифоновым, А. Н. Кривомазовым) . . . . . 284

Frederick Soddy, F. R. S. THE STORY OF

# ATOMIC ENERGY

A NEW ATLANTIS PUBLICATION  
LONDON  
NOVA ATLANTIS 1949

Ф. Содди

# ИСТОРИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

---

*Перевод с английского М. Ю. Богданова,  
М. В. Колокольниковой, А. Ю. Пентина*

*Под редакцией канд. физ.-мат. наук  
А. Н. Кривомазова и д-ра хим. наук  
Д. Н. Трифонова*



МОСКВА  
АТОМИЗДАТ 1979

**Содди Ф.** История атомной энергии: Пер. с англ./Под ред. А. Н. Кривомазова, Д. Н. Трифонова. — М.: Атомиздат, 1979 — 288 с. — Англия 1949.

Это последняя научно-популярная книга, написанная выдающимся английским радиохимиком, лауреатом Нобелевской премии по химии Фредериком Содди (1877—1956) и выдержавшая два издания в Англии и одно в Италии. Автор очень интересно и подробно знакомит читателей с историей познания строения и свойств материи, связи между электрическими и магнитными явлениями, взаимопревращений различных форм энергии и т. д. Центральную часть книги составляют главы о становлении современной ядерной физики. Великолепно изложена история важнейших открытий в этой области. Будучи современником многих описываемых событий, автор старается передать (и это ему удается) атмосферу «золотого периода» науки о ядре, что делает изложение очень увлекательным. Книга представляет огромный историко-научный и культурный интерес как уникальная оценка полувекового развития ядерной физики с позиций одного из ее основателей.

Живо написанная и хорошо иллюстрированная, эта книга полезна широкому кругу читателей: школьникам старших классов и студентам вузов, преподавателям, историкам науки и всем, кто интересуется историей науки.

Рис. 92. Табл. 2. Список литературы 10 наименований.

С  $\frac{20401-098}{034(01)-79}$  98—1979 • 1602000000

© Перевод на русский язык.  
Атомиздат, 1979



## ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРОВ ПЕРЕВОДА

Фредерик Содди родился 2 сентября 1877 г. в Истборне (графство Суссекс, Англия). Он был седьмым, последним ребенком в семье небогатого хлеботорговца. Когда Фредерику исполнилось 1,5 года, умерла его мать. В поисках прочного заработка отец надолго уехал в Лондон, и заботы о детях легли на плечи старшей сестры.

Семья Содди была глубоко религиозной (дед его был в свое время миссионером-кальвинистом); неудивительно поэтому, что первыми учителями Фредерика были два священника, с помощью которых он получил начальное образование. Мальчика рано заинтересовала художественная и научно-популярная литература, нередко он вступал с дедом в споры на религиозные, нравственные и естественно-научные темы — и в этих жарких спорах дед редко мог поставить младшего внука в тупик. Фредерик остался на всю жизнь единственным в семье атеистом. Он очень рано почувствовал свою самостоятельность и отчужденность от окружающей его среды. Фредерик вырабатывал в себе иную точку зрения на мир, и здесь ему на помощь пришли книги Плутарха, Светония, Шекспира, Байрона, Китса, Шелли, Локка, Гексли, Рёскина. Первоначально порвав лишь с религией, Фредерик постоянно воспитывал в себе «культ героев» — сильных и духовно, и физически личностей, способных бросить вызов социальному окружению и активно противостоять ему. Эта черта характера во многом определила последующую судьбу Содди.

В четырнадцать лет Фредерика определили в Истборнский колледж для мальчиков, и с 1891 г. начался восьмилетний период его учебы в различных колледжах южной Англии: 1891—1894 гг. в Истборнском колледже для мальчиков; 1894—1895 гг. — учеба в Уэльсском университетском колледже в Аберистуите; 1896—1898 гг. — в Мертон-колледже в Оксфорде; 1898—1900 гг. — стажировка в химической лаборатории Балиль-колледжа в Оксфорде.

Учился Содди блестяще, за время учебы выполнил ряд научных исследований (в 16 лет опубликовал первую статью по химии в научном журнале «Chemical News», издаваемом В. Круксом); участвовал в различных университетских конкурсах; сочинял стихи, делал доклады, писал статьи для университетского студенчес-

кого журнала. В короткое время он завоевал себе репутацию трудолюбивого и чрезвычайно увлеченного учебной студента. За годы учебы перед Фредериком прошло много замечательных педагогов, некоторые из них были крупными учеными в своей области. Знакомство и дружба с преподавателями привили ему любовь к науке и уважение к труду педагога, упрочили в нем чувство самостоятельности и веры в себя.

В последние годы учебы в Оксфорде Фредерик начинает упорно готовить себя к преподаванию химии: изучает историю химии; тщательно штудирует неорганическую и органическую химию; занимается репетиторством и, чтобы стать хорошим лектором, увлеченно изучает искусство риторики. Он с отличием заканчивает учебу в Оксфорде (на выпускном экзамене его знания привели в восторг В. Рамзая и В. Одлинга) и получает в 1898 г. степень бакалавра искусств Оксфордского университета. В конце 1899 г. Содди узнал, что освободилась кафедра химии в университете в Торонто. Он собрал рекомендации и отправился в Канаду.

В Канаде Содди пробыл немногим более трех лет. Он не получил кафедры химии ни в Торонто, ни в Монреале; его самонадеянности несколько поубавилось, и он согласился на должность демонстратора химии в университете Мак-Гилла в Монреале. В университете он познакомился с 29-летним профессором физики Эрнестом Резерфордом, который предложил ему совместно изучать химические свойства нового радиоактивного вещества — эманации тория. Их чрезвычайно успешное сотрудничество продолжалось около двух лет; в итоге было опубликовано девять фундаментальных совместных статей. Они открыли новый радиоэлемент торий-Х (радий-224), доказали химическую инертность двух радиоактивных газов — эманации тория (радон-220) и эманации радия (радон-222), а также разработали основы теории радиоактивного распада, которая сыграла решающую роль в развитии учения о радиоактивности.

В 1903 г. Содди вернулся в Англию, где в лаборатории Рамзая при университетском колледже в Лондоне продолжал изучение радиоактивности. Первое его блестящее достижение в этот период — спектроскопическое доказательство образования гелия при распаде эманации радия и самого радия — послужило новым важным обоснованием правильности теории радиоактивного распада.

В конце 1903 — начале 1904 г. Содди прочел много лекций о проблемах радиоактивности для широкой аудитории; в 1904 г. он издал их в виде книги «Радиоактивность — элементарное изложение с точки зрения распада атомов», встретившей восторженный прием в Англии и переведенной в Германии и России. В качестве обозревателя работ по радиоактивности он сотрудничает в центральных реферативных журналах Англии — «Nature» и «Chemical Abstracts», но все это время он не оставляет мысли занять вакантную кафедру химии.

В 1904 г. Содди принял предложение университета в Глазго прочитать студентам курс лекций по радиоактивности и физической химии. Период работы в университете в Глазго (1904—1914) оказался самым плодотворным во всей научной деятельности ученого. Важнейшими научными результатами этого периода были: 1) в области эксперимента — доказательство химической неотделимости радия и мезотория-1; химической неотделимости урана- $X_1$  и урана- $Y$ ; связи актиниевого семейства с семейством урана; изотопии свинца (на примере свинца ториевого происхождения); 2) в области теории — обобщение множества разрозненных данных о химических свойствах радиоактивных элементов; написание ежегодных обзоров развития учения о радиоактивности; формулировка альфа-правила Содди (при альфа-распаде происходит смещение элемента на два места в периодической системе); формулировка закона радиоактивных смещений и введение в науку концепции изотопии. Кроме того, за это время он воспитал ряд талантливых учеников — А. Флека, А. С. Рассела, Дж. А. Крэнстона и др.

В Глазго Содди по-прежнему часто читает лекции об успехах в изучении радиоактивных веществ для самой широкой аудитории. Там же он написал несколько замечательных научно-популярных книг о радиоактивности: «Интерпретация радия» (1909), «Химия радиоэлементов» (часть первая — 1911, часть вторая — 1914), «Материя и энергия» (1912). Все эти книги были многократно переизданы в самой Англии, а также переведены и выдержали несколько переизданий в Германии, России и Франции.

Важнейшим событием в личной жизни Содди в это время явилась его женитьба в 1908 г. на дочери видного шотландского организатора науки и техники Джорджа Бейлби — Винифред Мёллер Бейлби, ставшей верной спутницей Содди в жизни, научной работе и во всех его развлечениях, главным образом в туристских и альпинистских походах. Супруги прожили вместе 28 лет, детей у них не было. (Смерть жены в 1936 г. явилась страшным ударом для Содди и послужила причиной его ухода в отставку).

В 1910 г. Содди был избран членом Лондонского Королевского общества, а через три года, по инициативе В. Рамзая, ему была присуждена премия имени Станислао Канниццаро.

В эти годы в России появляются первые переводы книг Содди, встретившие благожелательный прием у читателей. Интересно отметить, что ни в какой другой стране мира книги Содди, всегда первоначально публиковавшиеся на его родине, в Англии, не переводились и не переиздавались так часто, как в России. Уже в 1903 г. в виде отдельной книги «Радиоактивные явления» вышел перевод популярных лекций Содди по радиоактивности, едва лишь они были опубликованы полностью в английском журнале «Electrician», а в следующем году, когда Содди издал свою первую книгу, она была сразу же переведена на русский язык. Но подлинная популярность среди русских читателей пришла к Содди в 1910 г.:

в России под названием «Радий и его разгадка» появились многочисленные переводы блестяще написанной научно-популярной книги Содди «Интерпретация радия». Эта книга выдержала в России шесть (1) изданий: среди ее переводчиков и редакторов мы встречаем имена Н. А. Шилова, Д. Д. Хмырова, Е. Д. Толмачевой, В. Г. Хлопина. Характеризуя эту книгу, ее первый переводчик Н. А. Шолов писал: «Книга Содди разворачивает перед неспециалистами-читателями действительно глубоко захватывающую и увлекательную картину неведомых до сих пор тайн природы и рисует в ярких словах — иногда в широких образах — то, что в этой области уже завоевано и что предстоит завоевать будущим поколениям. Под пером автора вопрос из чисто научной задачи разрастается до глубоко философской проблемы и переходит в красивый полет научной мысли... Много было говорено по поводу радия, но вряд ли кто-нибудь сумел сказать свое слово с такой верой в науку, с таким убеждением в широкий интерес излагаемого предмета, и сказать притом так красиво и увлекательно». Максим Горький, прочитав эту книгу Содди, высоко оценил ее достоинства и горячо рекомендовал ее прочесть многим литераторам и своим корреспондентам. Так, в октябре 1911 г. он писал А. В. Амфитеатрову: «Хотите испытать большое наслаждение? Прочитайте книжку Содди „Радий“». А вот строки из его письма той же поры Н. Е. Буренину: «И прочитай книжку Содди „Радий“, издание „Матезис“ — удивительная вещь и это необходимо знать»; в начале 1912 г. Горький пишет О. П. Руновой: «А все-таки мир шествует вперед! Мне очень хотелось бы, чтобы Вы посмотрели последние страницы книжки Содди „Радий“ — посмотрите, это очень воодушевляет!»

Переводчиками и редакторами других книг Содди в России явились Р. Я. Шмидт и В. А. Бороодовский («Химия радиоэлементов», русский перевод 1913 г.); С. А. Займовский и Н. А. Морозов («Материя и энергия», русский перевод 1913 г.), а также К. А. Леонтьева и А. К. Тимирязев (та же книга, другое издание, 1913 г.). С большим вниманием и уважением следил за научными и научно-популярными работами Содди выдающийся русский естествоиспытатель В. И. Вернадский, в работах которого можно найти много ссылок на статьи и книги Содди, а также высокую оценку личности и научного вклада английского радиохимика.

В 1914 г. сбылась престижная мечта Содди — он стал профессором кафедры Абердинского университета. Он переехал из Глазго в Абердин с большим желанием продолжить свою работу по изучению изотопии радиоактивных элементов, но был поставлен перед необходимостью в условиях трудного военного времени заново обзаводиться лабораторией и чрезвычайно дорогостоящими радиоактивными препаратами. И все-таки, несмотря на эти трудности, он смог в Абердине выполнить ценное экспериментальное исследование по изучению изотопии свинца ториевого происхождения, а также опубликовать ряд интересных теоретических работ. Первая

мировая война побудила Содди приступить к изучению проблем социальной и экономической жизни современного общества. Поводом к такому переходу послужила трагическая смерть в сражении под Галлиполи выдающегося физика Генри Мозли.

«Когда Мозли убили при Галлиполи, — говорил Содди своему биографу М. Хауртс, — меня охватило бешенство. Иногда я чувствовал, что что-то ломается в моем мозгу, — что-то, что разрывает настоящее и прошлое. Я почувствовал, что правительства и политики — или даже человек вообще — еще не способны использовать науку, которую они, очевидно, не понимают. Мой разум переключился с научных исследований в область поисков причин неудачи науки осчастливить человечество, подарив ему мир и изобилие. Я погрузился в экономику. Я изучал и разрабатывал денежные реформы. Наука должна быть использована для конструктивных целей. Целью являлось богатство нации, — и я отправился освещать пути».

В 1916 г. Содди был избран президентом научной ассоциации Абердинского университета. На собрании ассоциации 3 ноября 1916 г. он обратился к собравшимся с посланием, которое назвал «Будущее науки и что загораживает пути». Главным тормозом развития науки Содди назвал войны.

Период работы Содди в Абердине был насыщен социальными и экономическими исследованиями; ученый читал лекции в различных студенческих обществах и рабочих клубах (во время этих лекций аудитории были всегда переполнены); его уважали и ценили коллеги; многочисленные знаки внимания оказывали ему и студенты. Но сам Содди испытывал беспокойство от этого постоянного успеха, временами ему хотелось испытать чувство сопротивления своим идеям и начинаниям. Понимал он и другое: все его социальные призывы, пусть даже встречаемые восторженными аплодисментами, в провинциальном Абердине осуждены на забвение. Он собирался занять кафедру химии в университете в Бирмингеме, но неожиданно в июне 1919 г. получил приглашение возглавить только что организованную кафедру неорганической и физической химии в Оксфордском университете.

В Оксфорде Содди было суждено испытать много разочарований. Однако в первые годы после его переезда ничто, казалось, не предвещало их. В 1919 г. он был избран в Шведскую Академию наук; в 1921 г. по рекомендации Э. Резерфорда и Дж. Дж. Томсона ему была присуждена Нобелевская премия по химии (вручение премии состоялось в декабре 1922 г.; премии по физике были вручены А. Эйнштейну и Н. Бору, а по химии — Ф. Содди и Ф. Астону); в 1924 г. Содди был избран почетным иностранным членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1928 г. университет в Глазго присудил ему диплом почетного доктора естествознания, а в 1928 г. Итальянская Академия наук избрала его своим иностранным членом.

Столкнувшись с необходимостью заново обзаводиться лабораторией, Содди предпринял энергичные меры по реконструкции старых и неудобных помещений Оксфордского университета, в которых читались лекции по химии и проводились лабораторные работы. Он сам чертил все необходимые чертежи, сам вел переговоры с рабочими, руководил реконструкцией. Для получения необходимых средств ему пришлось много спорить с администрацией университета — новаторство в Оксфорде не поощрялось, там ценились традиции. Содди все чаще обнаруживал свою изоляцию в обществе оксфордских профессоров. Не смог он также завязать тесные, как в Абердине, контакты со студентами.

Научные исследования в Оксфорде Содди вел в нескольких направлениях: исследование способов химической обработки радиоактивных минералов для выделения радиоэлементов; изучение актинового радиоактивного ряда; завершение работы по изучению происхождения радия. Наряду с научной работой он выполнил также большой объем изобретательской работы, сконструировав ряд оригинальных механизмов, которые были запатентованы, но не получили практического применения. Интересно, что Содди явился одним из предшественников Ванкеля, разработав модель двигателя внутреннего сгорания без коленчатого вала.

В двадцатые годы Содди опять возвращается к проблемам экономики. Он издает свои социально-экономические работы в виде отдельной книги «Наука и жизнь», которая встретила теплый прием у читателей. Так, Резерфорд писал Содди: «Вашу новую книгу «Наука и жизнь» я прочел с огромным интересом и удовлетворением, она содержит ряд очерков, которые я не видел раньше, и я полагаю, что Вы провели хорошую пропаганду среди широких масс путем лекций о влиянии науки на жизнь людей».

Содди читает лекции для рабочих, печатает статьи «Рабочий класс и наука в промышленности», «Наука и экономика», совершает поездки по различным университетам Англии и всюду читает лекции по экономике, указывает на начинающуюся дегуманизацию науки, на ее «извращение» и деградацию, на утрату ею своего независимого положения и все большее подчинение ее интересам класса капиталистов. Прочитанный им в течение 1923 г. в различных университетских центрах курс лекций был опубликован в виде книги «Извращение науки и схема научных преобразований», а его экономические воззрения были подытожены в книге «Богатство, подлинное богатство и долг: решение экономического парадокса» (1926) и затем сжато изложены в книге «Деньги против человека: утверждение мировой проблемы с точки зрения новой экономики» (1931).

Экономические идеи Содди, представлявшие сложный конгломерат воззрений ряда известных Содди экономистов, не встречали горячей поддержки в Оксфорде, а тезис Содди о справедливом распределении результатов труда между всеми членами общества

обрушил на него град насмешек и газетных пасквилей. Изоляция Содди в Оксфорде постепенно росла, поэтому, вероятно, он был удивлен и обрадован, когда группа известнейших английских ученых — Д. Халл, Дж. Г. Краузер, Дж. Д. Бернал, В. Х. Мортрам, Э. Чарльз, П. А. Гоурер, П. М. Блеккет — обратилась к нему в 1934 г. с просьбой написать предисловие к их сборнику «Крушение науки», где обсуждались проблемы использования правительствами результатов науки в противообщественных целях. В своем предисловии Содди вновь напомнил о социальной ответственности ученых и университетов, призванных говорить правду и только правду широким слоям общества: «Нужно потребовать, чтобы наши университеты и научные общества не уклонялись больше от своей ответственности и не прятались за ширмой фальшивых разглагольствований о том, что они-де являются наемными слугами мира, но делали то, ради чего общество освободило их от рутинной деятельности, и говорили народам истину, хотя бы это и грозило низвержением небес». По-видимому, в этом предисловии отчасти отразились «оксфордские» настроения Содди.

После смерти жены в 1936 г. Содди удалился в Брайтон, на юг Англии. Он живет одинокой жизнью, редко встречается с людьми (единственным исключением являются его ученики, которым он всегда был готов прийти на помощь и средствами, и советом). Свой досуг он посвящает изучению математических проблем, продолжает эпизодически читать лекции в различных клубах и писать статьи по экономике.

Вторая мировая война принесла Содди моральные муки, которые еще больше усилились, когда в августе 1945 г. были сброшены атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки. Содди одним из первых предсказал неизбежность использования человеком энергии радиоактивного распада и первым предостерег от опасности использования атомной энергии в военных целях (1909 г.). Ему не верили ни М. Кюри, ни Э. Резерфорд. Когда же атомные бомбы были сброшены, из пионеров учения о радиоактивности в живых оставался только он один. Содди в короткий срок написал свою лучшую послевоенную книгу «История атомной энергии» (выдержавшую два издания в Англии и одно в Италии), в заключительной главе которой высказал немало горьких упреков и в адрес политиков, и в адрес ученых. Мир без войн, окончательное уничтожение войн, использование атомной энергии исключительно в интересах благосостояния всего общества — вот центральные темы этой главы.

В 1953 г. Содди познакомился с журналисткой М. Хауртс. Она написала две книги об этом выдающемся английском радиохимике, умершем три года спустя, 22 сентября 1956 г., в возрасте 79 лет в Брайтоне, в 30 км от городка, в котором он родился.

Деятельность Фредерика Содди в области учения о радиоактивности продолжалась сравнительно недолго: с 1901 по 1917 г. —

от первых его работ совместно с Э. Резерфордом до открытия протактиния. На протяжении последующих 40 лет своей жизни Содди проводил лишь эпизодические исследования да иногда выступал с публикациями, носившими обзорный либо мемориальный характер. Чем объясняется этот удивительный для большого ученого спад творческой активности в избранной им области науки? К ответу на поставленный вопрос нам еще предстоит вернуться.

Но и 16 лет — срок достаточно большой, чтобы даже ученый более низкого ранга мог достигнуть заметных успехов, пусть эти достижения и не войдут в золотой фонд науки. То же, что сделал Содди, те открытия, в которых его участие сыграло важнейшую роль, без всякого преувеличения требуют эпитета «величайшие». Эти открытия не только составили фундамент учения о радиоактивности, но и прямо повлияли на развитие глобальных представлений о строении и свойствах вещества. Речь идет, во-первых, о создании теории радиоактивного распада, во-вторых, об экспериментальном доказательстве образования гелия из эманации радия, в-третьих, о формулировке закона радиоактивных смещений и введении концепции изотопии. Упомянутые открытия заслуживают здесь более развернутой характеристики, что позволит правильное и глубже понять истинный вклад Содди в учение о радиоактивности.

Летосчисление этого учения ведет начало с 1 марта 1896 г., когда французский физик Анри Беккерель (до тех пор признанный специалист в области исследования люминесценции) обнаружил неизвестное ранее сильно проникающее излучение, испускаемое солями урана. Данное событие на первых порах отнюдь не потрясло воображение современников. В физике господствовал своеобразный «лучевой бум», пиком которого стало открытие в 1895 г. немецким ученым Конрадом В. Рентгеном знаменитых X-лучей. Их «сияние» затмевало сделанное Беккерелем наблюдение, да и сам французский ученый первоначально считал, что имеет дело с рентгеновским излучением, сопровождающим явление фосфоресценции. Подобное заблуждение было, к счастью, кратковременным. Уже на исходе 1896 г. Беккерель понял, что ответственным за новое излучение является элемент уран, и «урановые» лучи по многим своим параметрам отличаются от рентгеновских, хотя бы потому, что имеют, так сказать, первичное происхождение. Их источник коренился где-то в самом уране — в атомах урана, они испускались постоянно и с неослабевающей интенсивностью. В то же время X-лучи были вторичными, возникали после предварительного возбуждения их источника. Как ни парадоксально, но истинная природа лучей Рентгена получила объяснение после того, как возникла теория радиоактивного распада.

Открытие Беккереля устами Марии Кюри было окрещено явлением радиоактивности. Та же Мария Кюри внесла величайший



вклад в развенчание исключительности урана как единственного источника радиоактивных излучений. Аналогичное свойство было замечено у тория (независимо это установил немецкий физик Г. Шмидт). Еще более важным оказалось то, что в природе удалось обнаружить два новых радиоактивных вещества, испускающих лучи несравненно сильнее, чем уран. Мария и Пьер Кюри посчитали их за новые химические элементы и назвали полонием и радием, предположив, что они должны занимать места в конце периодической системы, там, где ее создатель, Д. И. Менделеев, прозорливо оставил несколько пустых клеток. И тем самым в учении о радиоактивности пересеклись впервые физическая и химическая «нити», заложились первоосновы радиохимии — дисциплины, где Содди предстояло сыграть выдающуюся роль.

Рядом с именами Беккереля и супругов Кюри появилось имя еще одного пионера изучения радиоактивности — Эрнеста Резерфорда, с которым спустя несколько лет судьба сведет Фредерика Содди. Резерфорд твердо установил неоднородность радиоактивного излучения, показав, что оно состоит из  $\alpha$ - и  $\beta$ -компонент, и материальную природу  $\alpha$ -излучения.

На стыке столетий выяснилось, что радиоактивных веществ больше, чем казалось вначале. К урану, торию, полонию и радю добавились новые активности: актиний, три эманации (загадочные газообразные выделения радия, тория и актиния), наконец, не менее загадочный уран-Х, который, будучи отделен от урана, словно забирал у последнего всю активность. Один за другим вставали вопросы. Была неясна сама природа радиоактивности, т. е. за счет чего поддерживается процесс излучения. Внешние ли причины обуславливают его, или они скрыты внутри атомов? Что происходит с атомами радиоактивных веществ, когда они, в результате излучения теряют  $\alpha$ - или  $\beta$ -частицу? Что представляют собой эфемерные эманации? Наконец, чем являются, в конце концов, сами радиоактивные вещества: химическими элементами в каноническом понимании или же они что-то совершенно иное, необычные материальные образования? И если это элементы, то где их места в менделеевской периодической системе? А число радиоактивных веществ уже превышало число вакантных мест в таблице элементов... Парадоксально, но факт: учение о радиоактивности в самом начале своего развития вступало в пору кризиса.

Э. Резерфорд к моменту знакомства с Содди (осень 1900 г.) был профессором физики Мак-Гиллского университета в Монреале (Канада). Физику, уже зарекомендовавшему себя в деле изучения радиоактивности, настоятельно требовался специалист-химик для изучения химических свойств открытой Резерфордом эманации тория. Выбор пал на Содди не случайно: Резерфорд интуитивно почувствовал в нем незаурядную личность. И действительно, Содди удалось со всей убедительностью продемонстрировать, что эманация тория — это газ, выделяющийся из растворов солей тория,

притом газ, не вступающий ни в какие химические реакции, подобно инертным газам из семейства аргона. В ходе исследования эманации тория было обнаружено новое радиоактивное вещество — торий-Х (названное так по аналогии с ураном-Х, незадолго до этого открытым В. Круксом).

Изучение тория-Х заложило предпосылки для разработки основ теории радиоактивного распада, поскольку Резерфорд и Содди констатировали факт равновесной природы радиоактивности: активность излучающего вещества в каждый момент времени отражает, с одной стороны, факт образования (с некоторой постоянной скоростью) дочернего продукта и, с другой — одновременного спада (также с постоянной скоростью) активности этого продукта. В этой идее содержится зародыш представлений о генетической связи радиоэлементов.

Один из примеров такой связи: торий — торий-Х — эманация тория. Важным было то, что все три звена цепи имеют различную химическую природу.

От открытия факта равновесной природы радиоактивности тория до формулировки основ теории радиоактивного распада был один шаг — Резерфорд и Содди сделали его.

В своих девяти совместных статьях Резерфорд и Содди обсудили различные продукты радиоактивного распада и их физико-химические свойства. Они показали, что радиоактивность известных им исходных элементов — радия, тория, урана — обусловлена непрерывным образованием новых видов материи, обладающих менее продолжительной активностью. В качестве одного из возможных конечных продуктов распада радиоактивных атомов ученые назвали гелий, который всегда присутствует в радиоактивных минералах. Все известные радиоэлементы были объединены учеными в три генетические цепочки — прообразы будущих радиоактивных рядов урана-радия и тория. Теперь каждую радиоактивную индивидуальность (каждый радиоэлемент), согласно Резерфорду и Содди, можно было характеризовать не только периодом полураспада и соответствующими физическими и химическими свойствами, но и положением на определенном месте в определенном радиоактивном ряду. Вслед за М. Кюри ученые считали общей химической характеристикой радиоактивных элементов их высокую атомную массу. В основе природы радиоактивности Резерфорд и Содди увидели распад атома: «Поскольку радиоактивность есть специфическое свойство элемента, то превращающейся системой должен быть химический атом, а поскольку в образовании новой системы и одновременно, кроме нее, нескольких тяжелых заряженных частиц участвует только одна система, то химический атом при радиоактивном превращении должен претерпевать распад».

Содди покинул Канаду 19 февраля 1903 г. Он направился в Лондон к Вильяму Рамзаю для дальнейшего изучения в его лаборатории химических свойств радиоактивных веществ.

В совместном исследовании Рамзаем и Содди был получен фундаментальный результат, подтверждающий правильность теории радиоактивного распада, — спектральным методом ученые доказали непрерывное образование гелия при распаде эманации радия. Один элемент образуется из другого — газ порождает газ; этот сенсационный опыт был повторен во многих лабораториях мира, и всюду результат Рамзая и Содди был подтвержден. В 1908 г. Э. Резерфорд и Р. Ройдс доказали, что гелий образуется при распаде радиоактивных веществ благодаря деионизации  $\alpha$ -частиц, которые, по современным представлениям, являются ядрами гелия.

К своему третьему выдающемуся открытию — открытию изотопии радиоактивных элементов и формулировке закона радиоактивных смещений — Содди пришел в результате длительного изучения химических свойств радиоэлементов. Из года в год рецензируя для «Chemical Abstracts» множество оригинальных работ по радиоактивности, Содди заинтересовался случаями удивительного сходства химических свойств у радиоэлементов, принадлежащих к одному и тому же или разным радиоактивным рядам. В 1909 г. шведские химики Д. Стрёмгольм и Т. Сведберг первыми провели систематическое исследование большого числа радиоактивных элементов и сделали вывод, что на каждое место в периодической системе нужно помещать несколько радиоэлементов, отметив, что это явление может встречаться не только в области элементов с высокими атомными массами, но и в любом месте периодической системы. В 1910 г., комментируя работу Стрёмгольма и Сведберга, Содди указал, что в случае химически неотделимых радиоэлементов наблюдаются «не простые химические аналогии, но химические тождества», а поскольку все радиоэлементы незначительно различаются по своим вычисленным атомным массам, то «химическая однородность не является более гарантией того, что всякий рассматриваемый элемент не есть смесь нескольких с различными атомными массами или что атомная масса не есть просто среднее число». В 1911 г. была опубликована важная статья Содди «Химия мезотория», в которой он, вслед за Болтвудом и Марквальдом, констатировал экспериментальную невозможность химического разделения радия и мезотория-1; Содди сделал далеко идущий вывод: «Кажется, химия должна рассмотреть случаи, противоречащие периодическому закону, а именно — полную химическую идентичность элементов с различными предполагаемыми атомными массами; несомненно, какой-то глубокий общий закон лежит в основе этих новых отношений... Естественно, возникает вопрос, а не могут ли некоторые обычные элементы в действительности являться смесями химически неотделимых радиоэлементов в постоянных пропорциях... Это объяснило бы отсутствие регулярных отношений между числовыми значениями атомных масс».

Следующим важным шагом к решению проблемы размещения

радиоэлементов в периодической системе явилась книга Содди «Химия радиоэлементов», впервые опубликованная в 1911 г. Эта книга явилась чрезвычайно актуальным для того времени систематизированным справочником, в котором были сведены воедино данные о химических свойствах радиоэлементов, способах выделения радиоэлементов в чистом виде, химические аналогии между радиоэлементами и стабильными элементами периодической системы. Все это обусловило широкое распространение книги среди радиохимиков и ее быстрый перевод на немецкий, французский и русский языки.

Не предлагая конкретного варианта размещения радиоэлементов в периодической системе, Содди тем не менее старался указать для каждого радиоэлемента его гомолог в периодической системе и полнее представить имевшиеся данные о его химических и радиоактивных свойствах, положении в данном радиоактивном ряду и аналогиях с радиоэлементами из других радиоактивных рядов.

Рассматривая радиоактивные ряды на фоне периодической системы, Содди смог подметить два новых важных положения: в результате  $\alpha$ -распада валентность радиоэлементов всегда изменяется на две единицы (дословно: «потеря атома гелия или  $\alpha$ -частицы, по-видимому, обуславливает превращение элемента не в элемент ближайшей соседней группы, а в элемент группы, рядом с ней находящейся»); ход радиоактивных рядов на фоне периодической системы не прямолинеен, а имеет несколько «зигзагов» (благодаря которым ряды становятся как бы короче).

Существенным тормозом на пути решения проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе явилось отсутствие данных о химических свойствах короткоживущих радиоэлементов в постэманационной части радиоактивных рядов (преимущественно  $\beta$ -излучателей в так называемой области «активных осадков»). Для ликвидации этого белого пятна Содди поручил своему ассистенту А. Флеку провести систематическое изучение случаев химической неотделимости на фоне всех радиоэлементов, но прежде всего — короткоживущих  $\beta$ -излучателей.

Исследование Флека растянулось на несколько лет. Содди его не торопил. В результате первыми с публикациями по данной проблеме выступили другие ученые. 15 декабря 1912 г. редакция «*Physikalische Zeitschrift*» приняла октябрьскую статью Г. Хевеши (опубликована 15 января); а 31 декабря 1912 г. в этот же журнал поступила большая, из двух частей, статья К. Фаянса (опубликована 15 февраля). Во второй половине января 1913 г. в «*Chemical News*» поступила статья А. С. Рассела, вчерне написанная им в августе 1912 г. (опубликована 31 января 1913 г.). И только спустя месяц, 28 февраля 1913 г., в «*Chemical News*» была напечатана статья Содди о проблеме размещения радиоэлементов в периодической системе. В этих работах все авторы допустили ошибки, но им удалось сформулировать правила радиоактивных смещений.

Содди, единственный из этих ученых, продолжил теоретическое изучение проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе, используя представление о ядерной модели атома Резерфорда. Неудивительно поэтому, что 4 декабря 1913 г. была опубликована главная статья Содди по этой проблеме — ученый вводил в науку представление об изотопах и формулировал в четкой форме закон радиоактивных смещений.

С 1914 по 1916 г. Содди выполнил несколько экспериментальных исследований, посвященных измерению атомной массы свинца ториевого происхождения, причем ему первому удалось показать, что изотоп свинца ториевого происхождения имеет наибольшее массовое число (208) среди других стабильных изотопов свинца.

В декабре 1917 г. Содди и его ученик А. Крэнстон направили в редакцию журнала «Proceedings of the Royal Society» большую статью, в которой излагались результаты проведенных ими экспериментов по поиску нового радиоэлемента, являющегося материнским веществом для уже известного  $\beta$ -излучателя актиния-227. Ученые не смогли получить надежные количественные характеристики нового радиоэлемента, но им удалось дать качественное подтверждение того, что новый радиоэлемент должен быть изотопом урана- $X_2$ . Независимо от Содди и Крэнстона подобное исследование провели немецкие радиохимики О. Ган и Л. Мейтнер, которые получили надежную количественную информацию о свойствах этого радиоэлемента, названного ими протактинием.

За открытие явления изотопии среди радиоактивных элементов Ф. Содди был удостоен в 1921 г. Нобелевской премии по химии. Однако в год вручения премии ученый уже не находился в авангарде исследователей радиоактивности: в результате отсутствия подходящей лаборатории и увлечения экономическими проблемами активную научную деятельность в области изучения радиоактивности Содди фактически прекратил.

Среди книг, написанных Содди после второй мировой войны, бесспорно самой интересной и значительной является «История атомной энергии» (1949). К написанию этой книги ученый готовился исподволь всю свою сознательную жизнь, в основу ее положены конспекты факультативного курса лекций Содди по истории химии, которые он читал в Канаде в 1900—1901 гг., а также его более поздние научно-популярные книги и лекции: «Радий и его разгадка» (1908); «Материя и энергия» (1912); «Наука и жизнь» (1920); «Происхождение концепции изотопов» (12 декабря 1922 г.); «Интерпретация радия (Радиоактивные элементы и изотопы. Общий прогресс атомной химии)» (1932), «Ядерная эра: роковая неделя на 45-м году атомного века» (18 августа 1945 г.); «Точка зрения независимого ученого на экономические и политические возможности атомной энергии для будущего» (30 октября 1947 г.).

Книга «История атомной энергии» Содди состоит из 13 глав.

В первых четырех главах вкратце говорится об основных идеях физики и химии (преимущественно атомистические представления и взгляды на природу энергии и электричества) от глубокой древности до периода «революции в естествознании» (1895—1897), ознаменовавшегося открытием рентгеновского излучения, радиоактивности и электрона. Две следующие главы — «Открытие атомной энергии» и «Энергия и масса: изотопы» — посвящены становлению учения о радиоактивности, в разработке которого Содди принял самое непосредственное участие. Седьмая — двенадцатая главы дают представление о важнейших достижениях в феноменально быстром развитии ядерной физики, увенчанном триумфальным синтезом новых трансурановых элементов и трагическими взрывами атомных бомб. Заключительная, тринадцатая глава подводит основные итоги и ставит перед читателем вопрос о социальной ответственности ученого, о возникшей дилемме двух противоположных путей развития атомной энергии в руках человечества — мирном и военном.

Про книгу Ф. Содди можно с полным основанием сказать, что в ней словам тесно, а мыслям просторно, — она является чрезвычайно емкой по своему содержанию, представляя квинтэссенцию раздумий семидесятилетнего ученого о путях и судьбах развития атомной теории, начиная с древнейших времен. В то же время мы видим в книге своеобразный творческий отчет о фундаментальной научной работе, проделанной учеными разных стран в первой половине XX столетия, работе, приведшей к практическому овладению ядерной энергией.

Особенно ценно то, что книга написана исследователем, который в истории атомной энергии занимает одно из ведущих мест. Книга Содди стала одной из первых публикаций, в которой проблема практического выделения ядерной энергии получила достаточно подробное освещение, доступное пониманию широкого круга читателей. Уже одно это делает ее небезынтересной и для читателей сегодняшнего дня. Но ее особую актуальность можно видеть в отношении Содди к возможным путям практического использования ядерной энергии. В заключительной, тринадцатой главе Содди со всей резкостью осуждает военное применение атомной энергии и четко показывает, к каким ужасающим последствиям могло бы привести такое применение. В этой же главе Содди поднимает вопрос об ответственности ученых перед обществом, говорит о необходимости широкого международного сотрудничества ученых, — такого сотрудничества, которое было бы направлено против использования новейших научных достижений в военных целях. Нельзя не отдать должного смелости ученого, — ведь обо всем этом он во всеуслышание заявлял в самый разгар «холодной войны». Поэтому взгляды Содди являются своеобразным завещанием будущим поколениям ученых.

В то же время Содди обсуждает возможные применения атомной энергии в мирных целях, и мы становимся свидетелями того, насколько верными оказались многие его мысли и соображения.

Вместе с тем книга несет на себе отблеск неповторимой личности ее автора. Освещая события давно минувших дней, Содди отнюдь не бесстрастен. Рассказывает ли ученый об уровне знаний в Древнем Египте или Древней Греции, пишет ли о приоритетном конфликте между Дальтоном и Хиггинсом в начале XIX столетия, повествует ли с улыбкой о нобелевской лекции Нильса Бора или обсуждает трудности в развитии ядерной физики и ее практических приложений, — везде читатель чувствует живую интонацию автора, выражающую сомнение, одобрение, иронию, а порой едкий сарказм и негодование. Но всегда при этом Содди стремится сохранять объективность. Субъективное лишь в некоторых случаях выходит на первый план. Примером может служить анализ приоритетного конфликта, возникшего между Дальтоном и Хиггинсом, чему Содди уделяет довольно большое место в соответствующей главе книги. История науки давно закрепила за Дальтоном первенствующую роль в заложении основ атомистики. Дело в том, что Содди усмотрел некоторую параллель между Хиггинсом и собой. В молодости Содди часто умалял свои заслуги\* в достижении важных экспериментальных и теоретических результатов на ниве развивающегося учения о радиоактивности. И лишь спустя десятилетия, когда ученый мир привыкал к тому, что имя Содди никак не связано с теми или иными открытиями, ученый напоминал о своем действительном вкладе в эти открытия, причем не всегда в удачной форме...

Не всегда Содди объективен в освещении некоторых событий в истории науки. Например, он отдает приоритет в открытии закона периодичности английскому ученому Ньюлендсу, умаляя тем самым роль Д. И. Менделеева (впрочем, такого рода противопоставления часто встречаются в английской научной и историко-научной литературе). Станным выглядит и несколько скептическое отношение Содди к теории относительности Эйнштейна. Довольно наивными выглядят многие взгляды ученого в отношении конкретных принципов осуществления контроля над использованием атомной энергии, хотя эта наивность ни в коей мере не умаляет его идей относительно самой необходимости такого контроля.

Со времени последнего (второго) издания книги Содди, с которого и сделан перевод, прошло четверть века. За это время достигнуты колоссальные успехи в развитии теоретической и экспе-

---

\* Например, в своем большом докладе о радиоактивности, прочитанном в августе 1906 г. на заседании Британской ассоциации содействия наукам в Йорке, Содди не упомянул о своем активном участии в работах с Резерфордом и Рамзаем, называя авторами открытий лишь своих именитых коллег. — Прим. ред.

риментальной ядерной физики, учения о радиоактивности. На гораздо более высокий уровень вышла проблема использования атомной энергии. Неизмеримо выросла доля применения ее в общем энергетическом балансе человечества, но и гораздо более грозным стало ядерное оружие, — вот почему предостережения, содержащиеся в книге Содди, и страстный призыв ученого к обузданию сил разрушения выглядят и теперь столь актуальными.

Современный читатель обнаружит в книге немало устаревших идей и представлений. Многие изменилось, многое открыто вновь. Однако было бы нецелесообразно устранять эти неизбежные недостатки путем примечаний к тем или иным местам текста, лучше сохранить, так сказать, первоначальный «аромат» изложения (примечания сделаны лишь в единичных случаях). Читатель сам разберется в том, в чем Содди был неправ, точнее, в том, чего Содди не мог знать: эти открытия еще предстояло сделать ученым.

В ряде мест книги видна политическая наивность автора; читатель это несомненно заметит и сумеет сделать соответствующие выводы.

Написанная эмоционально, ярко и вдохновенно, книга Содди оказалась, однако, весьма нелегкой для перевода. Материал изложен, если так можно выразиться, языком скорее лекционным, нежели употребляемым при научной популяризации. В книге много нестандартных оборотов, иные фразы построены несколько витиевато, и такое построение, вполне понятное английскому читателю, вызывало в ряде случаев большие затруднения в ходе перевода на русский язык.

Перевод осуществлен по второму, неизмененному английскому изданию книги. Во всех случаях переводчики и редакторы стремились к достижению ясности и простоты изложения (в отдельных местах текст оригинала оказался далек от идеала научно-популярного издания). В основном перевод книги выполнен М. Ю. Богдановым, Н. А. Богдановой (гл. 1, 3, 4, 5, 9 и 10), М. В. Колокольниковой (гл. 6 и 13), А. Ю. Пентиным (гл. 2, 8, 11 и 12). В ряде мест, написанных особенно тяжелым языком, и в случаях, допускавших неоднозначное толкование оригинала, перевод выполнен Д. С. Курочкиной (гл. 2), Б. А. Ерховым (гл. 2), А. Н. Кривомазовым (гл. 6 и 13), Е. С. Хинкис (гл. 6). В тех случаях, когда использованная Содди терминология устарела или не прижилась в науке (например, «томная физика», «негатрон», «Х-лучи» и т. д.), в тексте перевода использовались соответствующие эквиваленты, принятые в отечественной научной и научно-популярной литературе.

В конце книги приведена краткая хронология важнейших событий в развитии учения о радиоактивности, ядерной физики и мирного применения атомной энергии.

*А. Н. Кривомазов, Д. Н. Трифонов*



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В данной работе вниманию читателя в сжатом виде предлагается обзор открытий и идей, приведших в 1945 г. к высвобождению атомной энергии огромной силы. Вместе с тем эта книга не претендует на полную объективность и беспристрастность, поскольку ее автор является единственным из оставшихся в живых основателей теории атомного распада.

Основной теме предшествует краткий обзор достижений смежных наук вплоть до конца прошлого столетия. В самом начале этого обзора рассматривается алхимия — лженаука, которая из-за мошеннических попыток подделывать драгоценные металлы во многом способствовала упадку науки. Далее описываются взгляды древнегреческих философов на атом, предшествовавшие появлению атомистической теории в ее современном виде. К сожалению, правильная концепция ранних древнегреческих философов была почти на 2000 лет предана забвению их непосредственными преемниками. Кстати говоря, такой обзор поможет нам увидеть в истинном свете историю появления атомистической и молекулярной теорий как до, так и после зарождения в 1896 г. предмета нашей основной темы, когда Анри Беккерель открыл радиоактивность урана; к 1903 г. уже не было никаких сомнений в том, что своей радиоактивностью уран обязан процессу спонтанного распада и превращению атомов, в которых был обнаружен гигантский, ранее не подозревавшийся запас энергии.

Далее в книге последовательно рассматриваются все основные этапы развития атомной теории за прошедшие полвека. Так, в результате блистательных экспериментов удалось установить важную роль  $\alpha$ -частиц в искусственной радиоактивности и обнаружить ядро атома, что, в свою очередь, привело к открытию изотопов, закона радиоактивных смещений, нейтрона, позитрона и дейтона. Были созданы такие сверхчувствительные и сверхточные приборы для измерения и обнаружения частиц, как камера Вильсона и масс-спектрограф, электрогенераторы напряжением в миллионы вольт и циклотрон, с помощью которого впервые удалось расщепить атом и осуществить искусственное превращение бесконечно малых частиц. Наконец, нельзя не упомянуть квантовую теорию и теорию

относительности в той мере, в какой они касаются определения структуры атома и установления факта взаимопревращений массы и энергии.

Для объяснения последних достижений современной науки в книге освещается роль нейтрона как своего рода универсального преобразователя в ядерных реакциях. Излагаются очень простые идеи, с помощью которых в наши дни можно легко понять сущность изменений, происходящих при превращении элементов. Рассматривается такой вид превращения, как деление, присущий естественным радиоактивным элементам, которые делятся нейтронами, в результате чего происходит, как и при обыкновенных химических изменениях, цепная реакция. И, наконец, дается описание наиболее чудесного из всех достижений человечества — уранового реактора и наиболее чудовищного — атомной бомбы.

В заключительной главе излагается личное мнение автора по вопросу о будущем атомной энергии.

Данная книга написана в надежде развеять широко бытующее мнение, что исследуемый автором предмет из-за своей сложности доступен только специалистам. Естественная философия всегда стремилась к тому, чтобы свести окружающий нас материальный мир к простейшим понятиям. Однако, как это ни парадоксально, на протяжении многих столетий этот поиск простоты неизменно приводил к усложнению, и лишь в наши дни он внезапно принес долгожданный результат. Любой здравомыслящий человек способен разобраться в данном предмете не хуже специалиста, если только он готов не отвергать новые идеи и принципы, а попытаться изучить их, хотя бы потому, что они способствовали открытию для человечества истины, — даже если эти идеи пока еще не вполне понятны или недостаточно последовательны. По крайней мере, читатель может быть уверен в том, что, предпринимая такую попытку, он не потратит время впустую.

*Фредерик Содди*

Материал этой книги впервые увидел свет в журнале «Engineering» (3 октября 1947 г. — 14 мая 1948 г.) в виде отдельных статей. Автор выражает свою признательность редакторам и издателям этого журнала за всестороннюю помощь в осуществлении публикации данной работы.

Хотелось бы также поблагодарить тех научных работников и издателей, которые предоставили в распоряжение автора имеющиеся у них иллюстрации, что дало возможность избежать ненужной затянутости и сделать эту книгу более доступной для читателя.

*Ф. С.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ 1954 ГОДА

Мне хотелось бы сделать небольшое добавление к уже существующему предисловию, в связи с тем что недавно эта книга была утверждена в качестве учебного пособия Институтом информации по вопросам атомной энергии для неспециалистов, целью которого является распространение среди широких слоев населения правильной интерпретации атомной теории и результатов исследований, а также информирование неспециалистов по вопросам конструктивного использования атомной энергии.

В первую очередь необходимо отметить, что текст данного издания не подвергся никаким изменениям. Даже в том случае, когда я пишу, что периодическая таблица пополнилась еще одним искусственно полученным элементом, названным ека-Нолмий и считающимся 99-м элементом, я по-прежнему использую термин *томная физика*\*, поскольку считаю его более общим и исторически более точным, чем недавно введенное в обиход выражение *ядерная физика*, несправедливо подчеркивающее теоретическую, а не экспериментальную сторону рассматриваемой науки.

В дополнение к сказанному выше мне хотелось бы только повторить заключительные слова из курса лекций, прочитанного мною на конференции лауреатов Нобелевской премии в Линдау и Институте им. Макса Планка в 1952 г.: «С точки зрения практического применения немногие открытия нашего века могут сравниться с открытием изотопов... и занимается этим вопросом сейчас не кто иной, как пионер в этой области профессор Георг фон Хевеши. Я, конечно, имею в виду использование им изотопов в качестве меченых атомов, особенно в биологических и медицинских исследованиях. В наши дни, когда стало возможным искусственное расщепление атома и когда человек способен по своей воле создать радиоактивные изотопы практически всех элементов... вряд ли следует сомневаться в том, что они станут для врача таким же благом, каким явились для хирурга лучи рентгеновского аппарата...»

\* С целью избежать ненужной терминологической путаницы в данном переводе, в зависимости от контекста, термин Содди *tomic* переводится как «атомный» или «ядерный». — Прим. ред.

Не исключено, что в будущем нас ожидают великие открытия в области исследования материи, но даже если этого не произойдет, уже имеющихся у человечества познаний достаточно для совершения выдающихся дел. Единственным важным условием для этого является ликвидация, пока еще не поздно, опасности новой войны. И пусть никто не сомневается относительно единодушной позиции ученых по этому актуальному вопросу».

Мне, конечно, приятно отметить, что моя работа «Концепция изотопов», отмеченная в 1921 г. Нобелевской премией в области химии, явилась основой для упомянутых выше медицинских исследований. А когда я слышу о столь широко известных ныне атомных электростанциях и так называемых реакторах-размножителях, используемых для преобразования урана-238 в полезный плутоний, то вспоминаю строки, написанные мною в 1903 г. Тогда, более 50 лет назад, я писал в «Современном обозрении» («Contemporary Review»):

«Атомная энергия, по всей вероятности, обладает несравненно большей мощностью, чем молекулярная энергия... и сознание этого факта должно заставить нас рассматривать планету, на которой мы живем, как склад взрывчатых веществ, обладающих невероятной взрывной силой».

В книге «Интерпретация радия» (1908 г.) я писал примерно на ту же тему следующее:

«Поколение, способное преобразовать материю, сможет растопить арктические льды и превратить всю планету в цветущий сад».

К этому, пожалуй, добавить нечего, разве что выразить надежду на то, что в наши дни, когда ученые и инженеры уже создали сложную технику для получения атомной энергии, люди во всем мире активно выступают за ускорение строительства атомных электростанций в развивающихся странах, с тем чтобы использовать на общее благо огромную энергию, которая, как я предсказывал, таится в атомах тяжелых элементов.

Фредерик Содди

## Глава первая. ОТ АЛХИМИИ К ХИМИИ

Непосредственно история исследований атомной энергии, в отличие от истории исследований молекулярной энергии, почти полностью относится к XX в., и о ней пойдет речь в четвертой главе. В этой же главе, как и в двух последующих, сделана попытка дать краткий исторический обзор развития взглядов на природу материи, электричества, энергии в целом и энергии атома и молекулы в частности — т. е. практически всего того, что было достигнуто к концу прошлого столетия.

Автор считает полезным (не только для себя, но и для читателя) заново проследить зарождение понятий, столь актуальных для нас теперь, и то, как эти понятия развивались вплоть до момента открытия атомной энергии. В водовороте времени история прошлого нередко искажается, и история развития точных наук не является в этом смысле исключением. Размышления над ее калейдоскопическими изменениями позволяют читателю-неспециалисту лучше оценить огромную важность выдающихся достижений нашего века, которым посвящена остальная часть книги. Ведь если вдуматься, то история науки в конечном итоге предвосхищает историю человечества.

Как известно всему миру, кульминационной точкой развития науки явилось создание в ходе второй мировой войны (1939—1945) атомной бомбы. Очевидно, именно военными обстоятельствами объясняется то, что первым плодом технической мысли в этой области явилась атомная бомба. Таким образом, человек научился высвобождать ядерную энергию в огромных количествах путем самопроизвольного разрушения атома, само название которого означает «неделимый». При относительно незначительных изменениях, происходящих в атоме, выделяется энергия, из которой черпает силу все живое на Земле, а также практически и вся неживая природа. Эти изменения, которые весьма несложно вызвать, проконтролировать и преобразовать, касаются только электронного уровня атомов, а не ядерного вещества, из которого эти атомы преимущественно состоят. В качестве обыкновенных физических и химических изменений материи они хорошо известны каждому человеку с рождения и поэтому не кажутся чем-то особенным.

До сих пор широкая публика знакомилась с теорией атомной энергии в основном по работам физиков, которым присуще глубокое убеждение в том, что именно их наука сыграла основополагающую роль в развитии этой теории. И это, видимо, вполне естественно, поскольку последние достижения в данной области стали возможны только благодаря развитию физики, а не химии или математики. Вместе с тем некоторые методологи, кстати не внесшие практически никакого вклада в последние достижения физики, набрались смелости переименовать «учение о радиоактивности» в «ядерную физику», а атомную энергию — в ядерную. Здесь сразу же следует отметить, что еще в 1902 г., когда физики толком не знали, что такое атом, и за десять лет до того, как появилась современная теория структуры атома, признавалось, что проблема искусственного высвобождения атомной энергии аналогична проблеме искусственной трансмутации, над которой с незапамятных времен безуспешно бились древние алхимики. В наши дни эта проблема частично решена, причем силами представителей всех областей физики, так что попытки кого бы то ни было настаивать на своем приоритете не могут не вызвать возмущения.

Являясь химиком по образованию и, кроме того, единственным оставшимся в живых из тех, кто участвовал в открытии и теоретической интерпретации атомной энергии, автор данной работы стремился в исторически верной последовательности проследить с момента зарождения все открытия и концепции, которые в той или иной степени внесли вклад в достижение конечного результата. При этом цель состояла в том, чтобы популяризировать, насколько это возможно, основные научные идеи, давая детальные разъяснения только в тех случаях, когда возникает необходимость проиллюстрировать их принципиально новый характер.

Несмотря на широко распространенное мнение о том, что исследуемый предмет слишком усложнен, в действительности он, как это ни странно, невероятно упрощен. В наши дни единственная сложность заключается только в огромном количестве и разнообразии существующих атомов. Исходя из этого, ошибочно было бы считать, что предмет нашего исследования доступен лишь специалистам. Усилия натурфилософов, пытавшихся с незапамятных времен свести окружающий нас мир к простейшим понятиям, в наши дни, наконец, начинают приносить плоды. Ранее же поиск простоты приводил к усложнениям, но это скорее парадокс, чем банальность, как это пытались представить.

Нет сомнения в том, что ядерная теория структуры атома в значительной степени помогла практическому решению проблемы искусственной трансмутации и ускорила его, однако она была всего лишь одной из предпосылок, необходимых для достижения прогресса. Открытие радиоактивности и естественно протекающей трансмутации радиоактивных элементов, существования изотопов и закона радиоактивных смещений, а также, в не меньшей степе-

ни, установление Эйнштейном взаимосвязи массы и энергии — все это было достигнуто независимо от развития теории структуры атома. Более того, именно эти открытия заставили ученых рассмотреть в новом свете всю историю физики вплоть до XX в.

Теории появляются и исчезают, поэтому современные ученые рассматривают их с прагматической точки зрения, обращаясь к ним только в тех случаях, когда они способствуют появлению новых знаний. Но факты, на которых основаны эти теории, неизменны. Ниже вниманию читателя предлагается краткий обзор по-новому осмысленных основополагающих знаний. Сюда, естественно, удалось включить только то, что оказало непосредственное влияние на науку нашего столетия.

## Происхождение химии

Своими корнями химия уходит в глубокую древность. Слово *chemia* начали употреблять в IV в. н. э., а арабскую приставку *al* добавили к нему позднее. Таким образом, первоначально и химия, и алхимия занимались тем, чем ныне занимается первая из них, а именно изучением изменений и преобразований веществ. Правда, с самого начала алхимию ассоциировали с пресловутым искусством превращения обычных металлов в золото и серебро, однако подобные изыскания были логическим выводом из ложного, субъективного подхода господствовавшей в то время греческой философии к материальному миру. И только много позднее, в средние века, слово «алхимия» все более стало принимать особый смысл, вкладываемый в него современным человеком, который, хотя и знает, что подразумевается под этим словом, все же в повседневной жизни использует его, как правило, в переносном значении, имея в виду, например, «алхимию» банковских операций и т. п. Затем алхимию стали отождествлять прежде всего с поисками философского камня — магического талисмана, способного превращать практически неограниченные количества простых металлов в золото и серебро, а также волшебного эликсира от всех болезней, беспредельно продлевающего человеческую жизнь. Но опять-таки упоминания об этих идеях, хотя и в менее определенной форме, можно найти уже в древних вавилонских, халдейских, а возможно, и восточных философиях.

Закат алхимии начался с того момента, когда все свое внимание алхимики перенесли на поиск философского камня не для превращения металлов в золото, а для продления жизни человека. После промежуточного периода, известного как «иатрохимия», алхимия вышла из рамок сугубо технического и медицинского применения (период иатрохимии, известной ныне как *materia medica*, был начат Парацельсом (1493—1541), видевшим истинное предназначение химии не в получении золота, а в приготовлении ле-

карств). Со временем химия заняла свое законное место в одном ряду с уже утвердившимися физикой и математикой и зарекомендовала себя как подлинная наука, имеющая свой собственный предмет изучения. Первый, кто этому учил, был Роберт Бойль (1627—1691), остроумно прозванный кем-то из современников «отцом химии и дядей графа Коркского». Неизвестно, как насчет родства с графом, но то, что он является истинным отцом химии, — исторический факт.

Рассматривая историю алхимии с ранних времен, мы приходим к выводу, что она представляла собой значительное количество полезных практических знаний (не потерявших ценности и в наши дни), которые странным образом сочетались с совершенно извращенным теоретическим подходом, а также (что было вполне естественно для тех времен) с верой в магическое влияние звезд, добрых и злых духов на исход химических реакций. В свою очередь, вера в возможность трансмутации, равно как и отсутствие надежных методов анализа пробы благородных металлов для выявления подделок, создавали благоприятную почву для процветания обмана, софистики и фальсификации. Были периоды, когда алхимики находились в большом почете в королевских дворцах и использовались там как профессиональные отравители и фальшивомонетчики. Затем наступали периоды гонений, когда алхимики становились козлами отпущения и вынуждены были расплачиваться за подлые поступки своих нанимателей.

Согласно одной древней легенде, искусство облагораживания металлов было еще до всемирного потопа принесено на Землю демонами. Следы этой легенды можно найти в Библии (Бытие VI, 1—4), однако в более полной форме она дана в неканонической Книге Еноха (главы VI—IX).

В Европе Книга Еноха стала известна только в начале прошлого века благодаря найденной в Абиссинии эфиопской копии с утерянного ивритского или арамейского подлинника. Она представляет собой краткое описание событий, предшествовавших потоку, якобы пересказанных Енохом своему сыну Мафусаилу. Исследователи Библии считают, что Книга Еноха была написана между 200 г. до н. э. и 100 г. н. э. Существует также мнение, что это работа не одного, а нескольких авторов, которые, не осмеливаясь раскрыть свои имена, писали от имени древних пророков. В Книге Еноха излагается значительно измененная легенда о падении ангелов, позднее пересказанная Мильтоном в «Потерянном рае». В легенде рассказывается, как ангелы спустились на гору Хермон и, вступив в брак с женщинами, породили племя гигантов, которые взбунтовались и уничтожили человечество. Эти ангелы учили своих жен колдовству, искусству облагораживания и обработки металлов, изготовлению оружия, шлифованию и гранению драгоценных камней, а также получению всевозможных красителей.

По традиции принято считать, что алхимия зародилась в



Египте, хотя мы и не имеем никаких письменных доказательств этого. Объясняется это тем, что, во-первых, ремесло алхимии считалось в Египте священной наукой, держалось в строжайшем секрете и было доступно только жрецам. Лишь царские особы посвящались в ее таинства, и передавались секреты из поколения в поколение в устной форме, а не письменно. Во-вторых, после жестокого подавления восстания конца III в. н. э. римский император Диоклетиан приказал сжечь все египетские манускрипты о драгоценных металлах, дабы избежать в дальнейшем возможных выступлений против оккупации Египта римлянами. При этом он руководствовался повсеместно господствовавшим мнением о том, что Египет обязан своими богатствами алхимии. Однако в действительности эта страна черпала свое золото из нубийских золотых рудников (pub по-древнеегипетски — «золото»).

Chemea — так называлась одна из местностей в Древнем Египте; но это же слово означало «черный» (отсюда, может быть, и пошло выражение «черная магия»). Однако фармацевты, вполне естественно, предпочитают возводить этимологию слова «химия» к греческим словам со значением «живительная влага» и «вливание». Согласно египетской традиции, родоначальником химии был Гермес Трисмегист, или «трижды величайший» (так неоплатоники называли египетского бога мудрости Тота, изображавшегося в виде змеи; отсюда и произошло древнейшее название алхимии — «герметическое искусство», сохранившееся до наших дней в выражении «герметически заделанный» применительно к замазанному или запаянному шву, стыку). Гермес Трисмегист ближе всего стоит к древнегреческому Гермесу — богу науки и власти. Вполне вероятно, что от этого имени и происходит название «гора Хермон», о которой говорится в упомянутой апокрифической легенде.

На рис. 1 изображен Уроборос — змея, пожирающая свой хвост, которая в древности считалась символом единства материи. Буквами *r*, *j*, и *v* обозначены соответственно цвета красный, желтый и зеленый.

На рис. 2 изображена хризопея (или таинственные рецепты изготовления золота) Клеопатры из древнегреческого манускрипта, хранящегося в библиотеке собора святого Марка в Венеции. Эта иллюстрация, как и предыдущая, взята из книги М. Бертло «Введение в химию античности и средних веков» (1889)\*.

Сравнение этих двух рисунков показывает, что Уроборос изображен на них по-разному. Рис. 2 снабжен греческим девизом «Целое едино». В нижней правой части рисунка изображен перегонный куб (прибор для дистилляции), расположенный на плите с греческой надписью «огонь»; из двух наклонных труб капает жидкость. Таким образом, цель рисунка — показать, как протекает

---

\* Berthelo M. Introduction á la Chimie des Anciens et du Moyen Age, published by Georges Heinheil, Paris, 1889.

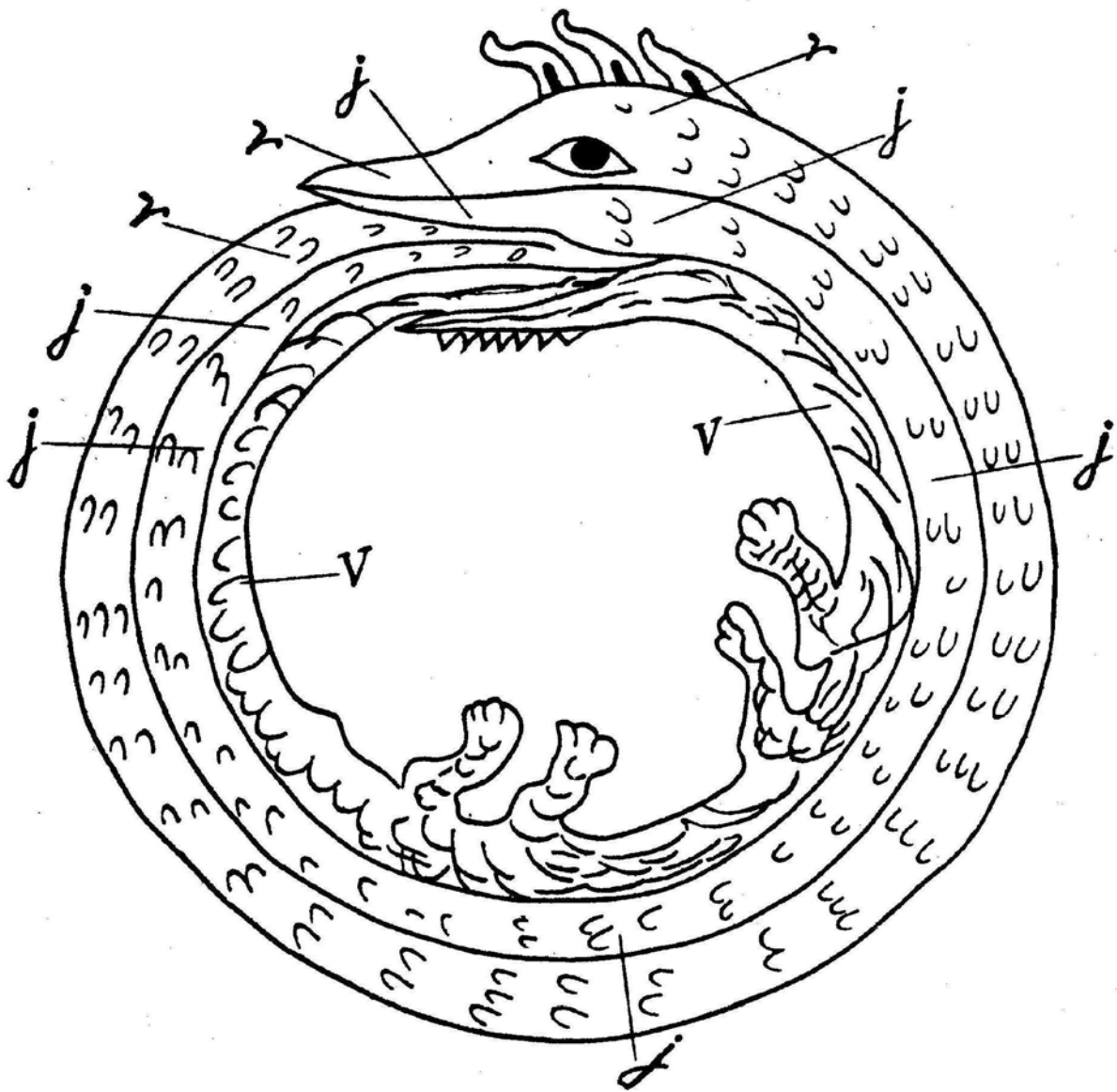


Рис. 1. Уроборос — змея, пожирающая свой хвост (из древней мифологии)

процесс дистилляции. Другие обозначения на рис. 2 — это магические символы, которыми алхимики обозначали металлы. Бертло считал, что символы в правом верхнем углу олицетворяли процесс превращения свинца в серебро. Клеопатра, так же как и Мария Еврейская, были представительницами александрийской школы алхимиков начала нашей эры.

Эти дошедшие до нас свидетельства древней алхимии датируются III—VII вв. н. э. и, вероятно, являются транскрипциями и переводами алхимических рецептов и формул. Происхождение многих из них Бертло проследил вплоть до времени написания папируса, найденного в Фивах, который, по всей видимости, был запрятан в бинтах мумии и, таким образом, не попал в руки римлян и злополучных фальсификаторов истории. Этот папирус, содержащий записи двух человек — мага и ремесленника, занимавшегося подделкой металлов, является старейшим из дошедших до нас

κ λ σ ο πατρης χρυσου οια

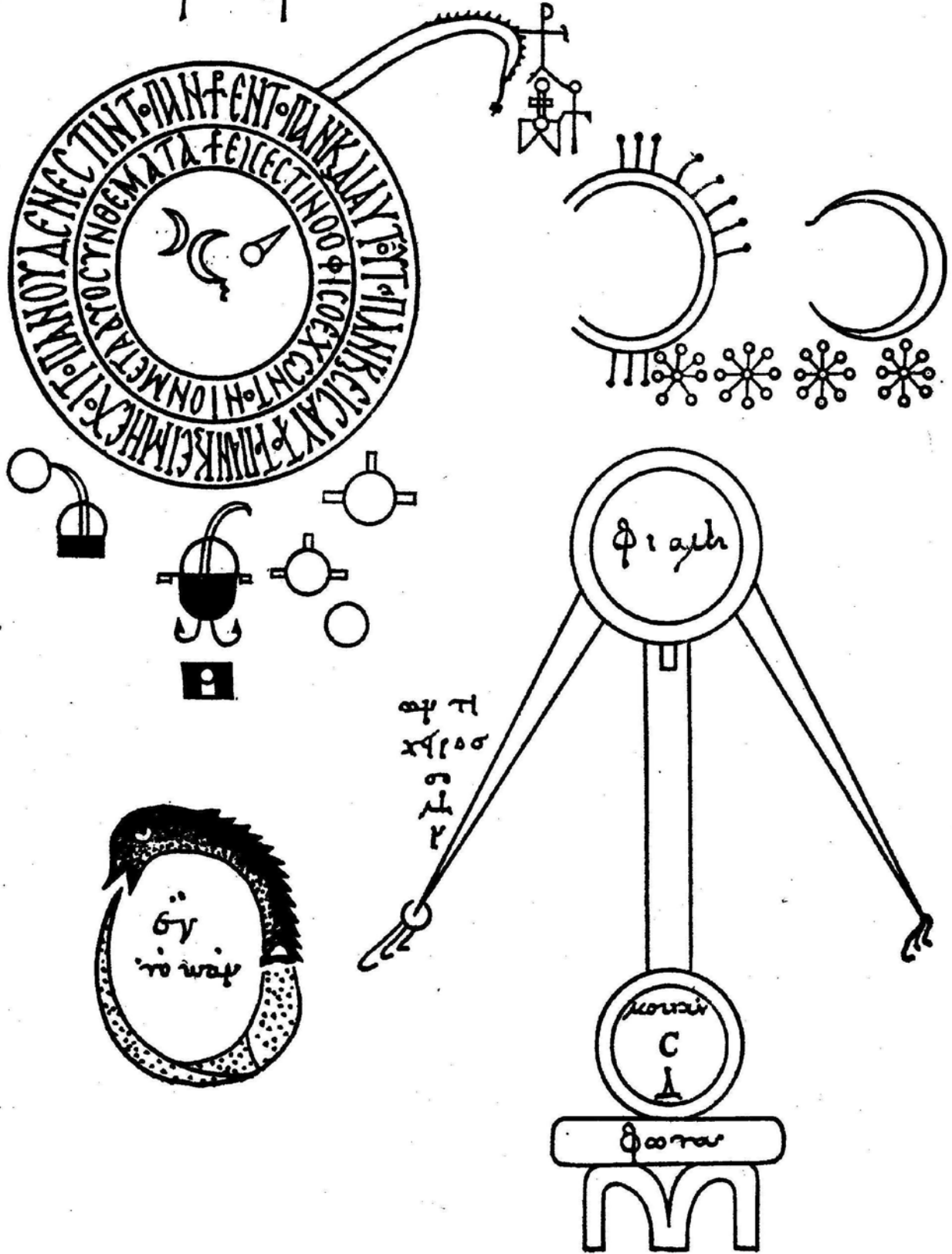


Рис. 2. Хризопея Клеопатры (рецепты изготовления золота)

документов, датированных III в. н. э. С уверенностью можно сказать, что в начале нашей эры в Александрии процветала школа алхимиков, в которую входило несколько женщин, писавших трактаты по вопросу искусства выплавления и «окрашивания» («трансмутирования») металлов, окраски стекла и крашения тканей. Как это ни странно, александрийские алхимики считали себя учениками древнегреческого философа Демокрита (I в. до н. э.), которого обычно принято считать основателем древнегреческой атомистической теории и речь о котором пойдет дальше. Поскольку это единственная связь атомистики с алхимией, а идеи трансмутации скорее вытекают из теории непрерывности материи, чем из представлений о прерывности, то Демокрит, скорее всего, сам бы решительно отрекся от таких «учеников»!

## Химия в древности

Практические познания древних в химии были весьма основательными, и последовавшие затем двадцать веков алхимии не прибавили к ним почти ничего нового. В первую очередь это касается изучения свойств металлов. Самородное золото и серебро были известны с давних времен и особо ценились за такие качества, как плавкость, ковкость, неизменяемость свойств под воздействием огня — т. е. за то, что давало возможность их легко обрабатывать. Искусство купелирования, т. е. удаления примесей из золота при помощи свинца, было известно уже во II в. до н. э., а вот отделять золото от серебра научились только в начале нашей эры. Сплав этих двух металлов, названный египтянами *асем*, а греками *электрум*, считался особым металлом. Медь, главным образом в сплаве с оловом (бронза), была известна еще в эпоху неолита. Однако современную классификацию доктора Дэша, металлурга по профессии, согласно которой бронзовый век предшествовал железному, нельзя считать безоговорочно правильной. Все зависит от того, какой из этих двух металлов существовал в доступных местах в виде легкоплавких руд, т. е. окислов и карбонатов, а не сульфидов. Уже 5000 лет тому назад железо использовалось в Египте и, возможно, в некоторых других странах Древнего Востока. Делийскую стальную колонну высотой 7,32 м и диаметром 40 см, создание которой датируется 400 г. до н. э., по справедливости следовало бы назвать восьмым чудом света, поскольку выковать такой столб чрезвычайно трудно и в наши дни, даже для тех, кто создает сверхсовременную военную технику.

Римляне широко использовали свинец при изготовлении водопроводных труб, и им был известен способ паяния при употреблении сплава олова со свинцом, хотя они, по-видимому, и не различали эти два металла, считая их сплав разновидностью свинца. Сурьма, и как металл, и в форме сульфида (стибнита), была из-

вестна с древнейших времен и находила самое разнообразное применение. Так, стибнит использовался в косметике, а из чистой сурьмы, как выяснилось, изготовлены халдейские вазы. Секрет изготовления стекла был открыт в Древнем Египте после того, как соду начали использовать в качестве флюса при выплавке металлических руд, загрязненных песком. Свои изделия египетские гончары окрашивали и эмалировали окислами меди и олова, которые, кроме того, применялись для изготовления искусственных драгоценностей. Что же касается фарфора, то в древние времена он был известен только в Китае, одновременно с Египтом пережившем эпоху алхимии, которая, может быть, и была занесена туда из Александрии.

В древности было также хорошо известно изготовление красок, мыла, сахара, крахмала, скипидара; использование процесса брожения для производства пива, вина, уксуса, хлеба; гашение и обжиг извести в строительном деле и множество других процессов. В III в. н. э. уже умели получать ртуть (из сульфида, киновари) дистилляцией с помощью железа; применяли ее не только в амальгаме с золотом при золочении, но также и в обратном процессе, т. е. при восстановлении этого металла из отслужившей позолоты. Перегонный куб для дистилляции был усовершенствован еще александрийскими алхимиками, но использовать его для производства спиртных напитков стали только в начале нашей эры. Впоследствии арабские алхимики применяли этот куб для получения спирта для изготовления фармацевтических препаратов.

В течение почти тысячи лет, предшествовавших христианской эре, Александрия была мировым центром научной мысли, не имевшим себе равных. Однако к V в. н. э. александрийская цивилизация пришла в упадок из-за религиозных распрей между евреями, христианами и язычниками, во время которых была убита Ипатия (415 г.) — прототип нашей современницы Марии Кюри. Двумя веками позднее Александрию захватили сарацины. Во время захвата фанатичные магометане сожгли знаменитый Серапеум с его бесценной библиотекой, книгами из которой, согласно широко распространенному, но недоказанному преданию, в течение полугода топили бани. Так были безвозвратно утеряны все сведения о происхождении алхимии, собранные Диоклетианом.

Тем не менее в поразительно короткий срок завоеватели превратились из варваров в ревностных хранителей науки и культуры, и, таким образом, после падения Египта, Греции и Рима они явились продолжателями цивилизации, ими же свергнутой. К X в. они создали тройственную империю со столицами в Кордове, Каире и Багдаде. Основанные ими университеты, особенно в Испании, привлекали студентов из всех частей Европы. Вернувшись домой, они распространяли полученные ими знания у себя на родине. В Европе, как и в Византийской империи на Востоке, где также нашла пристанище египетская алхимия, стали всемерно развивать

химическую науку, все больше связывая ее с медициной, и, таким образом, к концу XIII в. алхимия достигла своего наивысшего расцвета по всей Европе.

Наиболее известным из арабских алхимиков был Гебер (как показали современные исследования, под этим именем выступали сразу два человека — учитель и ученик, жившие во второй половине VIII в.). Арабские алхимики открыли ранее неизвестные ученым минеральные кислоты, которые сейчас мы называем соляной, азотной и серной. Они также в значительной степени развили учение о солях, утверждая, в частности, что всем им присуще свойство растворяться в воде. Однако общий подход к этому предмету представлял собой странную смесь химии, колдовства, предрассудков и знахарства. За исключением нескольких новых идей, о которых пойдет речь дальше, учение арабских алхимиков о происхождении элементов и их теоретическое осмысление природы по-прежнему оставались в корне неверными. В то же время, по мере роста популярности фармакологии, аптечные лавки к XI в. стали появляться сначала в Испании, а затем в Италии и Германии, что проложило дорогу современной химии.

### *Атомистическая теория древних греков и ее извращение*

Теперь, когда мы знаем, что имеющихся — из известных нам — в древности средств было явно недостаточно для осуществления подлинного превращения одного элемента в другой, кажется парадоксальным, что атомистическую теорию создали именно древние греки. Более того, созданная ими теория совпадает в общих чертах с современными концепциями, которые отличаются от господствовавшей в XIX в. теории Дальтона. По всей вероятности, древние греки заимствовали свои знания в области математики, астрономии и геометрии у египтян, халдеев и индусов, а затем развили имевшиеся у них представления в подлинные науки, стремясь скорее к достижению новых знаний ради знаний, а не к их практическому использованию. Что касается египетской алхимии, то здесь древних постигла неудача. Не создав истинной науки, они практически превратили ошибочные, а может быть и умышленно искаженные, доктрины, касающиеся иерархии превращений обычных металлов в золото и серебро, в теоретические аксиомы и трюизмы. Таким образом, в течение 2000 лет химия была обречена на бессмысленную погоню за несбыточной мечтой.

Хотя автору и не пришлось ознакомиться с греческими первоисточниками, все же у него сложилось впечатление, что по своей сути атомная теория древних греков первоначально, по-видимому, представляла собой отрицание и даже альтернативу преобладавших на Востоке взглядов на первичное строение материи. Скорее

всёго, их отношение к этой теории явилось составной частью того подхода к окружающей природе, который сделал греческую математику, особенно геометрию, важной вехой на пути развития цивилизации. Но посеянные ими семена не проросли. И не потому, что попали в каменистую почву, а потому, что их задушили сорняки. Люди, называвшие себя последователями и учениками первых греческих атомистов, по сути дела вывернули наизнанку и извратили их теорию. И хотя по современным стандартам сама эта теория представляется слишком гипотетичной и неконкретной, все же это — на редкость точное предвидение. Итак, рассмотрим ее основные принципы.

Создание атомистической теории обычно приписывается Демокриту (470—357 гг. до н. э.), ни одна из работ которого до нас не дошла. Однако историки утверждают, что основателем теории является учитель Демокрита — Левкипп, отказавшийся от доктрины так называемых аристотелевых элементов, согласно которой начальными составными частями материи являются земля, воздух, огонь и вода. Вместо этого он считал, что материя состоит из отдельных частиц (атомов), находящихся в пустом пространстве и слишком мелких, чтобы их можно было увидеть в отдельности. Немногочисленные сведения о теории Левкиппа в основном известны из латинской дидактической поэмы Лукреция (95—55 гг. до н. э.) «О природе вещей». Во-первых, следует отметить, что, согласно этой теории, атомы непрерывно движутся в пустом пространстве (в отличие от неподвижных атомов Ньютона, Лавуазье, Дальтона) и воздействуют друг на друга при помощи толчков и давления, а не посредством «любви» и «ненависти» (притяжения и отталкивания), как считали восточные мудрецы. Во-вторых, изменения вещества происходят благодаря соединению и разъединению атомов, а также в зависимости от свойств атомов, вступающих во взаимодействие. И наконец, различные свойства вещества объясняются формой и размером атомов, а не разницей в их массе (как в атомистике Дальтона).

По крайней мере, эта первая дошедшая до нас атомистическая теория позволила дать точное определение атому как мельчайшей частице любого однородного вещества. Химия как наука, детально изучающая свойства вещества, нуждается в том или ином виде атомистики, подобно тому как селекция нуждается в изучении одного-единственного зерна, а не всего урожая. Под термином *частица* следует понимать единицу, обладающую определенными свойствами, и иметь в виду, что ее дальнейшее деление приводит к исчезновению этих свойств и появлению новых.

Как и современная теория, эта типичная для раннеионической философии концепция подразумевает веру в некую первоначальную объективную сущность, из которой в конечном итоге все и возникает. Ведь если бы атомы были созданы из разного материала, излишне было бы объяснять свойства веществ их формой и

размером! Эта первоначальная сущность имеет материальный характер и может быть названа *протилом* (согласно выражению ученого прошлого века В. Крукса). Первый из известных нам греческих философов Фалес (640—548 гг. до н. э.) считал, что протилом является вода. Другие философы того времени приписывали эту роль воздуху или огню, а последователи Пифагора (570—500 гг. до н. э.) принимали за первооснову число, выражающее гармонию, порядок и ритм, — и это явилось первым шагом на пути в преисподнюю нереальности.

По иронии судьбы, от этой столь интересной для современной науки теории первым отказался не кто иной, как ученик Демокрита Протагор (480—411 гг. до н. э.). Он решительно отбросил «атом» как гнилую картофелину, и тем самым внес раскол между философией гуманитарных и философией естественных наук. Этот раскол до сих пор не удалось преодолеть, и именно он явился причиной всех бед, сопутствовавших науке на ее нелегком пути познания природы. Ведь Протагор отбросил в сторону не только «атом», но и весь материальный мир. Греческую науку он превратил в агностицизм, утверждая, что невозможно знать суть вещи такой, какой она действительно является, ибо ее восприятие зависит от наших впечатлений о ней. Именно Протагору принадлежит знаменитый афоризм: «Человек есть мера всех вещей»; он впоследствии претерпел многочисленные толкования, суть которых, однако, сводилась к тому, что центральное место во Вселенной занимает человек. Но при всей своей кажущейся применимости к жизни человека в отношении к окружающей природе и нашим познаниям о ней это высказывание является голой софистикой, и сегодня оно звучит как бред самонадеянного маньяка.

Греческий агностицизм, этот чисто субъективный и пораженческий подход к окружающему миру, был впоследствии подхвачен и развит более известными нам философами V—IV вв. до н. э. — Сократом, Платоном и Аристотелем. Первый из них на основании некоторого изучения природных явлений провозгласил, что поскольку истинное познание невозможно, то и стремиться к нему бесполезно. В конечном итоге Сократ пришел к выводу, что всю Вселенную, одушевленную и неодушевленную, следует рассматривать как созданную для того, чтобы удовлетворять потребности человека. До сих пор эта точка зрения находит много сторонников! Платон пошел еще дальше, распространив господствовавшую в Древней Греции теорию о единой первоначальной сущности не только на материальный мир, но и на сознание, рассматривая их как единое целое. Но и его не интересовали окружающая действительность и познание ее. Что же касается последователя и ученика Платона Аристотеля, перенесшего агностицизм своих предшественников на мир вещей и чей авторитет в науке до XVI в. был непререкаем, — то именно ему мы обязаны тем, что так глубоко и надолго укрепилась вера в доктрины алхимиков и трансмутацию.



Как бы ни истолковывалось до Аристотеля значение четырех основополагающих «элементов», лично он рассматривал их не как материальную сущность или ее составные части, а как *качества* или *свойства*. Согласно Аристотелю, эти элементы в действительности представляли собой четыре возможные комбинации двух качеств — тепла, влажности и их противоположностей — холода и сухости, взятых попарно. Например, огонь — сухой и горячий; воздух (пар) — влажный и горячий; земля — сухая и холодная, а вода — влажная и холодная. К ним он прибавлял пятый элемент — квинтэссенцию, имеющую эфирное происхождение и проникающую повсюду. Нечто подобное можно найти и у Будды, только там вводится еще шестой элемент — сознание. Исходя из того, что единственным источником знаний о реальном мире вещей является наше чувственное восприятие их, проблема конечного строения материи Аристотелем не рассматривалась. Материя считалась всего-навсего орудием (посредником) для проявления свойств, а «элементы» — простейшими телами определенного качества, из которых формируется материя. Коль скоро свойства так легко изменяются, то нет ничего иррационального в предположении, что свинец может быть обращен в золото. Такие поверхностные представления процветали среди философов того времени не в меньшей степени, чем среди неграмотных ремесленников, которых ученые мужи презирали за столь низменное занятие, как превращение сырья в полезные продукты.

Последователи Аристотеля считали, что нежелаемые свойства могут быть одно за другим заменены желаемыми. Так появился термин *окраска* металлов, появление которой указывало на изменение свойства вещества. Нагревание меди и каламина (карбонат цинка) приводит к образованию латуни — в этом видели первую ступень на пути превращения меди в золото. Роджер Бэкон (1214—1294 гг.), ссылаясь на свойства золота (его цвет, высокую плотность, ковкость и т. д.), заявил, что «те, кто знают рецепты и обладают достаточной практикой в деле получения этих свойств по желанию и преобразования их в любое промежуточное вещество, могут получить золото». Современный ученый не преминул бы задаться вопросом: почему же в природе не найдено это самое промежуточное между свинцом и золотом вещество, в то время как оба эти элемента существуют самостоятельно?

Все же арабские алхимики сумели приблизиться к реальности на один шаг. Они заменили четыре аристотелевых элемента тремя: «ртутью», «серой» и «солью», выражающими соответственно металлические свойства, изменения под воздействием огня и растворимость в воде. Но хотя они и рассматривали эти элементы с более современной точки зрения — как материальные компоненты, — все же это были не ртуть, сера и соль в нашем понимании, а их идеализированные формы, олицетворяющие только основные качества самих веществ.

На пороге своего заката алхимия становилась все более и более фантастичной. Существует немало обстоятельных описаний того, как авторитетнейшим ученым того времени удавалось получить золото. Однако при проверке выяснялось, что все предметы, якобы сделанные из искусственного золота, были просто-напросто подделками. Нет сомнения в том, что обманутые учеными мужами люди оказались такими же жертвами, как те, кто сейчас верит в «золотоносность» соляных приисков. Что же касается эликсира жизни, то в средние века даже долголетие библейских патриархов объясняется их знанием алхимии.

В свое время автор этих строк уже привлекал внимание к одному факту\*, который любопытен и теперь: несмотря ни на что, даже в наше время при небольшом воображении можно вполне примириться с идеей философского камня. Ведь если при трансмутации выделяется неистощимый запас энергии, без которой все живое умирает, то, стало быть, этот процесс и является истинным эликсиром жизни. Во многих древних легендах, если их рассматривать буквально, а не с точки зрения мистики, содержатся намеки на то, что человечество развивается по пути, ранее им уже пройденному, следовательно, все эти мифы могут являться единственными сохранившимися следами каких-то древнейших эпох. В преддверии известной нам истории Древнего Египта существовала некая высокоразвитая цивилизация, широко применявшая на практике научные достижения, которые египтяне хранили как государственный секрет. Если новая глобальная катастрофа уничтожит нынешнюю цивилизацию, то вполне резонно предположить, что наука отдаленного будущего будет находиться на определенном этапе своего развития в таком же состоянии, как и в Древнем Египте. Уже первые основополагающие знания, часто становившиеся государственным секретом, могут быть легко утеряны или сохраниться лишь в форме неясных и антропоморфических легенд. Однако практическая сторона науки, оторванная от своей философской основы, может частично сохраниться. Уже сейчас представляются неизбежными (а возможно, уже и предпринятыми) первые роковые шаги на пути превращения науки в государственную тайну, принадлежащую иерархии, которая, вне всякого сомнения, в конечном итоге эгоистична.

### *Появление экспериментальных наук*

Как уже отмечалось, Роберт Бойль был первым, кто, выражаясь его собственными словами, «рассматривал ремесло не как физик или алхимик, а как философ». В своей знаменитой книге «Химик-скептик» он дал четкое определение химическим элементам

\* The Interpretation of Radium. By F. Soddy London, John Murray, 1909. See chapter XI.

как неделимым компонентам материи. Это определение не утратило своей актуальности и в наши дни. Бойль правильно предвидел, что количество известных человеку элементов значительно возрастет и что элементы, которые его современники считают однородными, на поверку окажутся соединениями. Наконец, именно Бойлю принадлежит мудрая мысль о том, что перед тем, как переходить к обобщениям, необходимо изучить химические элементы в отдельности. Он первым провел четкую грань между химическим соединением и простой смесью, поставив опыт, который доказал, что при химическом соединении происходит полное изменение свойств, а в простых смесях никакого изменения не происходит.



Рис. 3. Роберт Бойль (1626—1694)

Кроме того, Бойль широко известен благодаря закону, который носит его имя и имя Мариотта. Согласно этому закону, объем газа зависит от давления, и вместе с открытым позднее законом Гей-Люссака, устанавливающим зависимость объема от температуры, он входит в так называемые основные газовые законы. В современном виде эти два закона, будучи объединены, выглядят так:  $pV=RT$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем,  $T$  — абсолютная температура и  $R$  — постоянная величина.

Более чем столетний период, отделяющий Бойля от Лавуазье (1743—1794), погибшего в годы французской буржуазной революции, является одним из самых запутанных и неправильно истолковываемых периодов в истории науки. Его обычно называют *периодом флогистона* — по названию бытовавшей в то время теории горения, которую низверг Лавуазье. Однако Бойль не был приверженцем теории флогистона; правда, она, хотя и была прямой ветвью алхимии, все же эта теория дала много нового и интересного.

Древние делили вселенную на осязаемый, мыслимый и видимый (т. е. материальный), и неосязаемый, немислимый и невидимый (т. е. духовный) мир. Газы помещались где-то посередине; что касается энергии, то ее определенно приписывали некоему мистическому миру, поскольку ранние божества — Тор, Вулкан, да и сам Юпитер — были самыми настоящими олицетворениями физической энергии.

Химия как наука начиналась с так называемой пневматики, т. е. с признания того, что газы являются не различными видами воздуха, а отличными друг от друга веществами. Другим, менее важным для нас, отправным пунктом для развития химии было объяснение природы солей как соединения кислот с основаниями\*. Случилось это за сто лет до того, как восторжествовала теория Лавуазье, согласно которой окисление (например, дыхание и прокаливание металлов) заключается в соединении горящего вещества с кислородом воздуха, а не в распаде веществ на элемент, участвующий в окислении и называемый флогистонем, и продукт горения.

Что же касается газов, то учение о них было заложено в XVI в. голландским алхимиком ван Гельмонтом (1577—1644 гг.), который ввел в обиход слово *газ* (от немецкого *geist* — дух, призрак). Первое упоминание о том, что газы имеют массу, содержится в исследованиях ван Гельмонта о потере массы углем при сгорании. Ван Гельмонт показал, что образующаяся при этой реакции двуокись углерода — тот самый газ, который получается в результате разложения мела под воздействием кислот и заполняет пещеры и шахты. Среди многочисленных алхимических представлений об элементах мы находим у ван Гельмонта первые зародыши современной точки зрения о том, что элементы продолжают существовать в соединениях, подобно тому как соль существует в соленой воде. Бойль также знал, что при превращении металлов в окислы наблюдается увеличение массы и что при дыхании и прокаливании часть воздуха исчезает, а остаток не может поддерживать процесс горения.

Ученый Мейов (1640—1679 гг.), проделав серию самых замечательных в XVII в. опытов по изучению горения, доказал, что в селитре имеется газ, поддерживающий процесс горения, и что этот газ связывается сурьмой, которая при этом увеличивается в массе. Часть воздуха, участвующего в горении, превращает темно-красную венозную кровь в ярко-красную артериальную. Исходя из этого, Мейов объяснял теплокровность животных именно абсорбцией селитряного газа. Можно с уверенностью сказать, что если бы не его ранняя смерть в возрасте 39 лет, Мейов пришел бы к тем же выводам, что и Лавуазье в конце следующего столетия.

В XVII в. предполагалось, что один из «элементов» материй является носителем горючести; однако ван Гельмонт отрицал это на том основании, что огонь не может быть материальной субстанцией. Немецкий алхимик Бехер в 1669 г. возродил это предположение, облачив его в более конкретную форму. Он считал, что «огненный элемент» (*terra pinguis*) во время горения улетучивается.

---

\* Marsh J. E. *The Origins and Growth of Chemical Science*. London, John Murray, 1929.

В начале XVIII в. Шталь (1659—1734 гг.) переименовал его во флогистон и, что более важно, расширил границы этой теории, указывая на то, что во многих случаях сгоревшие вещества превращаются, так сказать, в «негоревшие» при нагревании их с восстановителями. Так, к примеру, окисел металла при нагревании с углеродистыми материалами «возрождается» как металл, равно как и сера регенерируется из серной кислоты и сульфатов.

Ни в одном столетии вы не найдете более блестящей плеяды химиков, чем те, которые верили во флогистонную теорию горения. Среди них были Пристли, Кавендиш, Шееле, Маргграф, Бергман; все они, кроме Блэка, верили в эту теорию до конца своих дней. Эта вера особенно укрепилась в них после того, как экспериментальные открытия и свидетельства подтвердили теорию окисления Лавуазье. Интересен тот факт, что они сами же и обеспечили эти свидетельства. Именно их работам мы обязаны тем, что после того, как Стефаном Гейлсом (1667—1761) был открыт метод собирания газа (рис. 4), не известный ван Гельмонту, такие газы, как углекислый, кислород, хлор, болотный газ (метан), а также газы, полученные впервые Пристли собиранием над ртутью (аммиак, хлористый водород, двуокись серы и тетрафторид кремния), были признаны существующими самостоятельно. Теперь для того, чтобы их различать, использовали не только их специфические химические свойства, но также и их плотность. В этой области замечательных достижений добился Кавендиш (1731—1810). Прежде же отношение к этим газам было сугубо догматическим, т. е. учитывались только качественные факторы, а количественные полностью игнорировались.

Следует отметить, что историки химии и сами химики неправильно оценили и назвали первую эру научной химии. Это произошло в основном по двум причинам.

Во-первых, для Шталя и его предшественников — основоположников этой теории флогистон был элементом в аристотелевом понимании, а не в трактовке Бойля. Лишь последователи Шталя, под растущим влиянием взглядов Бойля, защитником которых был сам Шталь, стали считать флогистон компонентом материи, а не элементом, обеспечивающим воспламеняемость. Хорошо известно, что к окончательной победе теории окисления привела ошибка Кирвана, принявшего водород, открытый Кавендишем, за флогистон. И именно Кавендиш, а не Лавуазье первый доказал, что вода — это не элемент, а соединение водорода с кислородом (который был только что открыт).

Во-вторых (и это еще менее простительно), ошибочно считается, что уже тогда был установлен закон сохранения материи, в то время как к установлению этого закона как раз и привели противоречия между сторонниками и противниками теории флогистона. Кроме того, хотя никто не сомневается в необходимости знания химиками того факта, что окисление есть результат соединения ве-

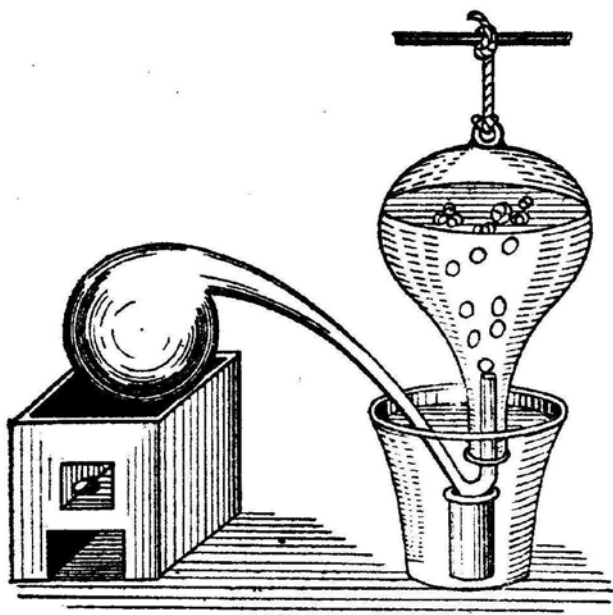


Рис. 4. Первый пневматический прибор для собирания газа Стефана Гейлса.

ло на теорию флогистона в ее первоначальном виде. Он также установил, что вещество, названное им «огненным», не имеет массы.

Фактически эта эпоха явилась полем боя двух идей, соревновавшихся за право на существование: идеи сохранения энергии и идеи сохранения массы. В наши дни, как мы увидим дальше, эти два закона сохранения были объединены Эйнштейном в один, и, хотя, может быть, неправомерно сказать, что энергия и масса идентичны, они все же взаимобратимы. Мысль Штала о том, что свойство окисления обратимо, и можно добиться восстановления окислов, была достаточно ясной, хотя и несовершенной предшественницей закона сохранения энергии, который получил всеобщее признание только в середине XIX в.

Оставаясь до конца верными своим убеждениям, невзирая на очевидный перевес в сторону соперничающей точки зрения, флогистики первыми предположили существование совершенно новой категории в материальном мире, которая неосязаема, невидима, невесома и которую, однако, невозможно ни создать, ни уничтожить.

Как утверждают более поздние историки, Лавуазье очень болезненно относился к блистательным экспериментам своих современников, стоящих на других позициях, а возможно, и ко всем открытиям, кроме собственных. Зачастую он не признавал первенства работ других ученых, даже если его лично знакомили с этими работами перед публикацией. В то же время известно, что нередко эти работы предвосхищали или непосредственно влияли на его выводы. Обращаясь с ними подчеркнуто пренебрежительно, он в то

шеств с кислородом, любому человеку интересно знать, как получается свет и тепло в процессе горения. Именно для этого, а не для объяснения увеличения массы был первоначально придуман флогистон, который, кстати сказать, последователи Лавуазье окрестили в XIX в. «теплородом». По лаконичному выражению профессора Эдинбургского университета конца прошлого века Крума Брауна, — замени флогистон энергией, и работы флогистиков из алхимической чепухи превратятся в современную теорию. Хотя Лавуазье и доказал, что во время горения масса сохраняется, это никоим образом не повлия-

же время скрупулезно выискивал в них малейшие недостатки, с тем чтобы дискредитировать их. Этим он несколько запятнал блеск славы, которой был окружен, и которая была идеализирована восхищенными соотечественниками.

С другой стороны, его наиболее ценный вклад в науку или, по крайней мере, наиболее важный результат его исследований практически не получил признания вследствие целого ряда исторических извращений. Тем не менее именно введенный им метод количественного подхода, равно как и доказанное им положение о сохранении массы предопределили неизбежность признания существующей ныне атомистической теории, согласно которой атомы классифицируются по своей массе и химической природе. Ранее же эта теория находилась вне поля зрения научной химии, и даже после официального признания ей долго не доверяли; объяснить это можно скептическим отношением к поспешным обобщениям Бойля, а также ошибочным отождествлением греческого атомизма с доктринами алхимиков.

Именно поэтому важное значение приобретает тот факт, что Лавуазье, который был в первую очередь физиком, а не химиком, пришел к своим выводам о сохранении массы не в одиночку. Но опять-таки, возможно, это объясняется тем, что изучение химических реакций не представляло для него особого интереса. В области химии он не сделал самостоятельных открытий. И хотя названная его именем кислородная теория в свое время значительно продвинула химию вперед, она просуществовала недолго, поскольку в скором времени ведущая роль перешла к открытому Кавендишем водороду. Впоследствии, когда появилась теория электролитической диссоциации Аррениуса, кислотность стали отождествлять с «гидроном», т. е. положительно заряженным ионом водорода, который ученые XX в. сочли необходимым переименовать в протон, исходя из его центрального положения в структуре атома, хотя в кислотах, подобно любому другому иону, он ведет себя как простая молекула. Наличие у одной вещи двух названий вносит путаницу, однако еще хуже, когда одна и та же вещь играет абсолютно разные роли. Как это часто случается, возражения против названия «протон» оказались оправданными, и в наши дни выяснилось, что «протоном» было названо то, что должно было быть названо «нейтроном». Сам же «протон» представляет собой соединение нейтрона с позитроном (т. е. положительно заряженным электроном).

Наиболее наглядной иллюстрацией преимуществ количественного метода исследований является ранний опыт Лавуазье, с помощью которого он чисто физическим путем выявил одно из заблуждений древнегреческих химиков. В древности полагали, что при нагревании вода переходит в воздух (в виде пара) и в землю (в виде осадка растворившегося вещества). Эта вполне очевидная трансформация тех «элементов» материи, которые древние считали

основополагающими, вероятно, и навела их на мысль о возможности трансмутации. Лавуазье же обнаружил, что если в течение длительного времени кипятить воду в закупоренном стеклянном сосуде, то изменения в массе не произойдет. Однако при выпаривании воды масса сконденсированных паров равна массе, потерянной водой в сосуде. Точно таким же способом он установил, что флогистон, названный им теплородом, не имеет массы. Ведь если легкоплавкие металлы прокалывать в закупоренном сосуде, первоначально содержащем воздух, изменения в массе не произойдет до тех пор, пока сосуд не будет открыт и в него не проникнет воздух в объеме, равном объему поглощенного металлом кислорода. В отличие от Лавуазье при решении той же проблемы Шееле использовал качественный метод. Ему удалось выявить заблуждения химиков древности путем химического анализа осадка, оставшегося после выпаривания воды, и доказательства того, что состав осадка идентичен составу стекла.

## Глава вторая.    СОВРЕМЕННАЯ АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕОРИИ

Простые законы химического соединения дают так называемые химические эквиваленты, или относительные массовые пропорции, в которых при образовании соединений соединяются друг с другом все элементы. Это чисто экспериментальные постоянные, которым, в соответствии с неизвестным количеством разновидностей атомов, составляющих соединение, должны быть кратны относительные массы атомов элементов. Например, если, используя заглавные буквы в качестве символов атомов, обозначить воду  $\text{HO}$ , то при эквиваленте кислорода, равном в единицах эквивалента водорода 8, атомная масса кислорода была бы 8, если считать атомную массу водорода за единицу. Если же вода  $\text{H}_2\text{O}$ , как и есть на самом деле, то атомная масса кислорода равна 16, и т. д. Но как раз это и было неизвестно, что уже порождало неопределенность, и, до тех пор пока в последней трети прошлого века не был открыт периодический закон, в химической атомной теории не имелось определенного критерия для оценки гипотезы атома, так что почти до конца столетия некоторые аналитики отказывались пользоваться атомными массами, предпочитая формулы, составленные на основе химических элементов, как, например, для воды  $\text{H}\Theta$ , а не  $\text{H}_2\text{O}$ .

Наиболее важной причиной того, что в течение долгого времени атомная теория не могла достичь положения неоспоримого закона, а оставалась сложной, путаной и гипотетичной, было то, что в XVIII в. существовали две самостоятельные теории, пытавшиеся утвердиться в одно и то же время, причем химики и физики долго не имели окончательного представления об их точном соотношении. Это были химическая и физическая теории. Теперь они называются соответственно атомной теорией и молекулярной теорией, хотя



последняя называлась физиками атомной теорией еще в начале этого столетия. Так, президентская речь сэра Артура Рюккера на заседании Британской Ассоциации имеет именно такой заголовок, хотя и в ней не было ничего относящегося к атомам в современном и общепринятом понимании этого слова. Так как химическое превращение более фундаментально, чем физическое, атом всегда можно легко определить как неделимую, единичную частицу элемента, принимающую участие в химических превращениях и обменах. Молекулу, в свою очередь, нельзя больше, даже умозрительно, связать с идеей раздробления, если рассматривать ее в качестве элементарной частицы вещества соединения, или «атома соединения», как ее называли вначале. Она была конечной частицей в том смысле, что при дальнейшем ее делении соединение разрушалось бы на составляющие элементы и прекращало бы свое существование как таковое. Термин «молекула» все еще часто используется в этом довольно-таки неточном смысле; но современное определение молекулы в достаточной степени противоположно определению атома на той основе, что она является физической частицей вещества, имеющей самостоятельное, или свободное длительное существование. Это равным образом относится к определенному выше атому соединения, в газообразном или жидком состоянии, к микроскопической частице, свободно суспендированной в жидкой эмульсии, к пылинке, плавающей в солнечном луче, или к частице туманности. Действительно, астрономы отнюдь не по своей прихоти, а из стремления следовать строгому определению часто рассматривают вселенную отдельных звезд как собрание молекул. Фактически это существенно новое представление, совсем не очевидно связанное с идеей дробления, или дискретности, вещества, но проистекающее из так называемого закона равномерного распределения энергий, ставшего известным только намного позднее. Согласно этому закону, чисто экспериментальной частицей является именно молекула. Но раньше не понимали, что так называемые «атомы» обычных элементарных газов с таким же успехом могут находиться в свободном состоянии, как и атомы газовых соединений. Эти газообразные элементы существуют в форме мельчайших частиц соединения, или молекул, в которых соединены два или более одинаковых атома. Химическую инертность газообразного азота следует приписать тому, что атомы этого элемента предпочитают соединяться друг с другом, а не с какими-то атомами других классов. Современные взрывоопасные вещества имеют молекулы, в которых азот в качестве отдельных атомов соединен с атомами углерода и кислорода, и их детонирующая сила обусловлена этим предпочтением атомов азота соединяться друг с другом, расщепляя твердое соединение на сильно нагретую смесь газообразного азота и окисей углерода.

Хотя атомная и молекулярная теория в настоящее время имеют полностью независимые теоретические основы, сначала их счи-

тали неразрывно связанными. Определение кратного химическому эквиваленту числа, которое можно было бы считать атомной массой, ожидало открытия методов определения молекулярной массы, в то время как этой цели можно достичь путем очень грубых оценок. Определив молекулярную массу как можно большего числа соединений данного элемента в единицах молекулярной массы водорода  $H_2$ , взятого за 2, или кислорода  $O_2$ , взятого за 32, в качестве атомной массы можно взять наименьшую массу элемента, представленную в молекулярных массах различных соединений, в смелой надежде и предположении, что по меньшей мере в одном из этих соединений в молекуле присутствует только один атом элемента. По существу, это предположение по-прежнему гарантировало от всяких ошибок, хотя полная определенность появилась только с открытием в конце прошлого столетия химически инертных элементов нулевой группы периодической системы.

### *Подлинное появление атомной теории*

Первое упоминание о химических эквивалентах принадлежит немецкому химику И. Б. Рихтеру (1762—1807). Мы обязаны Рихтеру разъяснением неблагозвучного термина «стехиометрия», теперь почти вышедшему из употребления, о чем можно только сожалеть, так как это хорошее греческое слово, обозначающее «меру того, что нельзя более разделить». Его книга «Элементарные принципы стехиометрии» была опубликована в 1792—1794 гг. Для него эквиваленты значат относительные массовые пропорции, в которых соединяются основания и кислоты. Эти чисто экспериментальные исследования с несомненностью установили для названных веществ первый закон химического соединения, выражающийся в том, что химическое соединение существует в постоянных массовых пропорциях и что в двух случаях одни и те же вещества могут соединяться в двух разных пропорциях. Но отчасти из-за его туманного языка флогистика, отчасти из-за неправильности других принятых им обобщений значение вклада Рихтера поначалу не было оценено, и он не повлиял на появление химической атомной теории.

Непосредственным предвестником атомной теории был знаменитый спор (в 1799—1807 гг.) между двумя французскими химиками Прустом и Бертолле относительно того, остается ли состав химического соединения в процессе образования неизменным, или же оно содержит один из элементов в избытке. Бертолле поддерживал последнюю точку зрения, но в конечном счете была доказана правота первой, которой придерживался Пруст. Пруст, так же как и Рихтер в случае кислот и оснований, обнаружил, что, когда существует более одного соединения одних и тех же двух элементов, пропорции изменяются ступенчатым образом, а не постепенно;

но он упустил закон кратных отношений. Например, он нашел, что для двух окисей олова приблизительно процентные пропорции равны 89:11 и 80:20, но не заметил, что на единицу массы кислорода приходится примерно 8 и 4 массовых единицы олова соответственно.

## *Дальтон и атомная теория*

Принято считать, что атомная теория XIX в. была впервые выдвинута Джоном Дальтоном (1766—1844), чей портрет \* приведен на рис. 5. Его теория характеризовалась и отличалась от предшествующих тем, что критерием, по которому узнавали и находили атом, была его масса; однако общепринятое представление, сохранившееся до последних лет XIX в., что она была выдвинута для объяснения закона кратных отношений, противоречит истине \*\*. Дальтон открыл этот закон как необходимое следствие любой атомной теории. Его два знаменитых критерия, что все атомы одного элемента имеют одинаковую атомную массу и что атомы разных элементов имеют разные массы, были только правдоподобны, но, как мы теперь знаем, ошибочны. Интересно заметить, что, согласно современному состоянию науки, греки были правы, связывая свойства вещества с формой и размером атомов, из которых оно состоит.

20 октября 1803 г. Дальтон сделал устное сообщение собранию из 9 членов литературного и философского общества Манчестера, секретарем которого он был, по статье, озаглавленной «О поглощении газов водой и другими жидкостями». В заключение он задал вопрос, почему растворимости разных газов различны, и сам ответил «почти убежденно», что они зависят от массы и числа простейших «частиц» газов, «тех, чьи частицы являются самыми легкими и одна частица будет менее поглощаема, а другие — более, поскольку они увеличиваются по массе и по сложности». Не объясняя, как он получил их, он закончил таблицей относительных масс простейших «частиц». Статья была опубликована только через два года и содержала 21 вещество — очевидно, она была дополнена именно за это время.

Подобно Лавуазье, Дальтон преимущественно интересовался физикой, а не химией, и обращался к последней только как к следствию своей работы в физике. Его первая книга была посвящена метеорологии и написана до того, как он в 1793 г. поступил в Манчестерский колледж в качестве преподавателя математики и

---

\* Из книги «A New View of the Origin of Dalton's Atomic Theory» by H. E. Roscoe and A. Harden. Macmillan, 1896. Эта теория основывается на записях, обнаруженных в записных книжках Дальтона.

\*\* Там же.



Рис. 5. Джон Дальтон  
(1766—1844)

физики, причем метеорология оставалась его любимым предметом в течение всей жизни. Он пытался применить атомную теорию к чисто физическим свойствам газов и, кажется, был удивлен, обнаружив, что газы различаются своей растворимостью. Горячий сторонник атомов Ньютона, он настойчиво старался разрешить метеорологическую загадку, сформулированную впервые Пристли: как атмосфера, состоящая в действительности из газов различного удельного веса, может оставаться однородной без опускания кислорода вниз и без улетучивания азота вверх. Предполагалось, что атомы Ньютона, поскольку это касается газов

или «упругих жидкостей», представляют собой чрезвычайно твердые отдельные маленькие частицы, наделенные способностью к взаимному расталкиванию, причем сила расталкивания увеличивается пропорционально уменьшению расстояния между ними. На Дальтона, в соответствии с духом времени, несомненно повлияли взгляды Лавуазье, и он несколько более конкретно считал, что атомы состоят из чрезвычайно маленьких твердых ядер, окруженных несравнимо более объемной атмосферой теплорода, становящегося по мере удаления от ядра все более разреженным. Упругость газов приписывалась этим атмосферам, взаимно отталкивающимся друг от друга, так что при увеличении теплоты плотность газа уменьшалась. При таком взгляде на атомы газы представляют собой статические структуры, а не совокупность быстро движущихся молекул, диффундирующих и расширяющихся, как учат кинетическая теория газов и динамическая теория теплоты, и заполняющих все доступное пространство не вследствие их взаимного отталкивания, а из-за непрерывного движения. Те же силы, которые действуют между молекулами, являются, разумеется, силами притяжения, а не отталкивания и вызывают в конечном счете, когда уменьшается кинетическая энергия молекул, сжижение. Но Дальтон, столкнувшись с этой проблемой, неразрешимой с помощью теории атомов Ньютона, фактически уподобил структуру газов структуре штабеля пушечных ядер!

На континенте превалировал взгляд, объясняющий однородность атмосферы тем, что различные составляющие ее газы растворены друг в друге точно так же, как вода: когда она испарялась, считалось, что она растворилась в воздухе. Это, вероятно, объяс-

няет, почему Дальтон изучал растворимость различных газов в воде. Критическое изучение его первой таблицы относительных масс элементарных частиц газообразных и других тел показало, что последние два вещества, болотный газ, или метан,  $\text{CH}_4$  и маслообразующий газ, или этилен,  $\text{C}_2\text{H}_4$  (даются современные формулы), были добавлены в промежуток времени между прочтением и публикацией статьи. Они же, в частности, заставили предположить, что Дальтон выдвинул свою теорию, зная закон кратных отношений, тогда как, по всей видимости, он просто пользовался им как чем-то само собой разумеющимся для таких веществ, которые состоят из одних и тех же двух элементов в разных пропорциях. Он должен был сделать это для окисей серы, углерода и азота, которые имелись в первоначальной таблице, а затем он пытался скудными и неточными методами анализа их состава, существовавшими в то время, проверить, хорошо ли выполняется этот закон. В его записной книжке под датой 6 сентября 1803 г. можно найти то, что до сих пор всегда считалось первым известным набором символов для атомов пяти самых распространенных элементов, а через несколько страниц — их группировку в различные молекулы; но это, как будет видно позднее, не совсем правильно.

Трудно согласиться с тем, что Дальтону отводится преимущественное положение, ныне утверждающее его как основателя современной атомной теории, ее основателем, видимо, правильней признать Лавуазье, который установил сохранение массы при химических превращениях и доказал невесомость теплоты. А уж из этих открытий с неизбежностью следует, что атомы при образовании химических соединений должны соединяться в простых числовых отношениях. Как указывал тогда же сэр Гэмфри Дэви (1778—1829), в понимании этих вопросов Дальтона опередил Вильям Хиггинс в книге, появившейся в 1789 г. и озаглавленной «Сравнительная точка зрения на флогистонные и антифлогистонные теории». Вильям Хиггинс (1763—1825) родился в графстве Слайго, Ирландия; он был племянником доктора медицины Лейденского университета Брайона Хиггинса, более известного как физик и химик, который читал лекции по химии в Лондоне в течение последних 20 лет XVIII столетия и провел много лет за границей — в России и Вест-Индии — в качестве консультанта по проблемам химической технологии. Вильям Хиггинс поступил в Пемброукский колледж в Оксфорде, но в университет принят не был, хотя и оставил в своей книге описание тамошней химической лаборатории, в которой он потом работал. В 1791 г. он стал химиком Общества аптекарей Ирландии, а немного позднее — библиотекарем и химиком Королевского общества в Дублине, т. е. занял положение, которое актом Парламента от 1800 г. было приравнено профессуре. В 1806 г. он был выбран членом Королевского общества, но никогда не представлял себя для утверждения в этом звании. Его книга, написанная в 1789 г., является, главным образом,

го почти забытого исследователя, чтобы исправить и, возможно, аннулировать предвзятый приговор прошлого столетия.

Часть работы, проделанная Хиггинсом еще в Оксфорде, не лишена некоторого интереса, и о ней следует упомянуть в первую очередь. Химическая лаборатория там, как он описывает, была на глубине 6 футов под землей, и «стены комнаты каждые 3—4 месяца приносили новый урожай селитры». Хиггинс проанализировал ее по просьбе доктора Уолла и обнаружил, что она состоит из нитрованной связанной растительной щелочи (нитрат калия и натрия) и известковой селитры (нитрат кальция) в пропорции приблизительно 2:1. Интересно, что вначале он думал, что она появляется благодаря незначительной растительности, но затем обнаружил, что ошибся, так как она растворялась в воде, и пришел к заключению, что селитра может образовываться без помощи гнилостного вещества в неподвижном сыром воздухе, «если имеется вещество, которое притягивает ее, когда она образуется только наполовину, и тем самым доводит до кондиции», имея в виду, без сомнения, как сказали бы мы теперь, «когда происходит соединение основания с кислотой». Примерно полтора века спустя другой самобытный оксфордский химик Дж. Е. Марш (1860—1938), чья небольшая, но интересная историческая книга о происхождении химии цитировалась в главе первой, изучая разрушение камня, которому почему-то были подвержены старинные здания Оксфорда, пришел к весьма неожиданному заключению, что оно обусловлено живущими в камне мельчайшими организмами, или бактериями, и присутствием аммиака в воздухе; таким образом, он показал, что первая догадка Хиггинса была не лишена оснований.

Что касается основного назначения книги 1789 г. — опровержения теорий флогистиков, то это было относительно просто сделать после ошибочного отождествления Кирваном флогистона с водородом. Все же трудно придумать более точное опровержение, чем одно среди многих, предложенных Хиггинсом. Согласно флогистикам, когда металл растворяется в разбавленных кислотах, флогистон (водород) улетучивается из металла, а окалина (окисел) остается растворенной в кислоте. Поскольку при нагреве концентрированной серной кислоты с металлом получается двуокись серы, а не водород, и образовавшаяся соль металла остается той же, что в разбавленной кислоте, то флогистики должны были заключить, что флогистон улетучивается вместе с двуокисью серы; иначе говоря, последняя содержит водород. Тогда Хиггинс решил, что если растворять железо в сернистой кислоте или в растворе двуокиси серы в воде, то должно получиться двойное количество водорода: от разъедаемого металла и от металла, окисленного перед этим при приготовлении двуокиси серы.

В то время совершенно не было известно, как воздействует на металлы сернистая кислота, поэтому Хиггинс поставил эксперимент и к своему удивлению обнаружил, что железо растворилось, со-

всем не выделив водорода, но давая в осадок серу, а весь углерод в железе остался нерастворенным. Флогистон (энергия) первого металла, подвергнувшегося воздействию концентрированной серной кислоты, наполовину сжег в ней серу, превратив ее в сернистую кислоту, а разъедаемый сернистой кислотой второй металл завершил процесс, отдав серу обратно! Нельзя было требовать от Хиггинса, чтобы он увидел процесс в истинном свете, как и того, чтобы он знал о способности водорода в момент выделения легко спонтанно восстанавливать на холоду, чего не делает обычный газообразный (молекулярный) водород. Нельзя было требовать от него и привлечения термина «пассивность» к объяснению инертности некоторых металлов на холоду по отношению к ряду концентрированных минеральных кислот. Но он показал, что сернистая кислота была превосходным растворителем железа, оставляющим нерастворенным весь содержащийся в нем углерод, в отличие от кислот, которые выделяют водород и некоторую долю углерода в виде углеводородов; то же открытие спустя примерно семь лет сделали французские химики, но, сетовал в своей второй книге Хиггинс, без какого-либо упоминания о том, что он обнаружил это раньше их. В результате был открыт очень изящный метод анализа стали, но хотя в настоящее время для этой цели предпочтение отдается таким реактивам, как серноокислая медь и амиохлорид меди, суть остается той же самой: избегать потери углерода вследствие соединения его с водородом, который получается при растворении железа во всех кислотах, кроме сернистой.

Переходя теперь к притязаниям Хиггинса на звание основоположника современной атомной теории, надо сказать, что в своей первой книге он, как уже говорилось, конечно, в большей степени занимался подтверждением взглядов Лавуазье, который рассматривал природу горения и окисления вне доктрин флогистиков, и не высказывал никаких претензий на оригинальность, используя для объяснения химических явлений атомную теорию. С точки зрения автора, в таком поведении нет ничего необыкновенного, пока речь идет об идеях как таковых, а не о вопросе приоритета, т. е. о том, кто первый ими воспользовался. Сохранение массы в химических превращениях вопреки истечению флогистона, горючего вещества, теплотворной жидкости — называйте как хотите — было неизбежным следствием некоторых химических рассуждений, некогда предложенных Лавуазье, — вот то, чего совсем не было прежде. Верно и то, что в своей второй книге, на что тоже уже указывалось, и, видимо, вплоть до самой смерти, Хиггинс неправильно расценивал действительные причины, по которым его претензии на создание новой атомной теории следует теперь считать обоснованными. Он, как и Дальтон, главным образом акцентировал внимание на том, что вряд ли заслуживает сегодня серьезного критического рассмотрения: что он первый приписал образующим соединения силам химического притяжения между атомами относительные чис-

ленные значения для объяснения многих удивительных и нуждающихся в тщательном изучении аномалий в химическом поведении вещества.

Автор, однако, будучи прежде всего химиком, а не физиком, сознается в сочувствии Хиггинсу, основанном на общности интересов, поскольку в первой его книге обнаружил точно те же головоломки, которые ставили автора в тупик сотню лет спустя. Хиггинс хотел знать, например, почему разбавленные кислоты разъедают металлы быстрее, чем концентрированные; почему комбинация, которая нелегко устанавливается между отдельными элементами, иногда возникает спонтанно между соединением двух атомов и одного из них, как между окисью азота и кислородом; почему железо не ржавеет в сухом воздухе и ржавеет во влажном и, с другой стороны, почему оно значительно легче, чем углерод, высвобождает из воды водород, в то время как именно углерод при нагревании берет кислород из окиси железа, а не наоборот. Исходя из этих фактов, Хиггинс сделал проницательный вывод, что силы притяжения между телами лучше измерять по трудности диссоциации соединений, чем по легкости, с которой соединения образуются. Но простая основополагающая мысль, что так называемые «свободные» элементы на самом деле не свободны, а представляют собой соединения атомов одной разновидности, которые в отношении их взаимного химического сродства уже соединены так же, а иногда и лучше, чем атомы разных сортов в соединениях, была пока зародышем будущих открытий.

Но хотя позитивные попытки Хиггинса объяснить упомянутые аномалии тогда, на заре химической динамики, были обречены на неудачу, с точки зрения этого спора они вполне обосновывали его притязания считаться основоположником новой атомной теории. К примеру, в обеих книгах он представил ряд диаграмм для пяти соединений азота и кислорода, которые являются химическими формулами этих соединений, где к одному атому азота присоединяется от одного до пяти атомов кислорода. В первой книге отсутствует первая диаграмма, относящаяся к тому, что называется теперь закись азота, однако это могло случиться и при напечатании, поскольку во второй книге он приводит все пять, не изменяя поясняющего их текста. Хиггинс упоминает, однако, что, хотя о существовании первого соединения было известно к 1789 г., он в то время не принимал его во внимание в своей философии, а подробное описание этого газа, сделанное Дэви, появилось лишь в работе, опубликованной в 1800 г. В случае серного ангидрида, или  $SO_3$ , как мы написали бы теперь, он использовал для обозначения атома серы букву S и буквами D и d (dephlogisticated air — дефлогистированный воздух) обозначил два атома кислорода, а в случае пяти окислов азота буквой P (phlogisticated air — флогистированный воздух) обозначил атом азота и буквами a, b, c, d, e — пять атомов кислорода, приписав каждой связи некоторое число, характе-



ризирующее силу, с которой два атома притягивают друг друга. Названия «азот» и «кислород» вошли в употребление, разумеется, только в следующем столетии. Так Хиггинс еще в 1789 г. обозначил атомы элементов серы, кислорода и азота начальными буквами их названий, как делается и в принятой ныне системе, введенной Берцелиусом, и Дальтон, возможно, именно потому, что знал об этом, так враждебно относился к замене собственных громоздких символов простой универсальной системой Берцелиуса.

Но даже не на этом достаточно очевидном предвосхищении современной химической формулы основываются реальные претензии Хиггинса на славу, а на поистине замечательном сочетании именно того рода рассуждений и опыта, на основании которых позже стали обучаться химии в школе каждый мальчик и каждая девочка и касающихся того, каким образом возникают молекулярные соединения газов. Можно с уверенностью сказать, что едва ли что-нибудь похожее было в других работах, относящихся к XVIII в. Хиггинс был хорошо осведомлен о тех экспериментальных факторах, на основании которых позже исследовательское прозрение снабдило атомную теорию фундаментом, касающимся относительных объемных пропорций газов при их соединении и разложении. Он, разумеется, прекрасно знал, что водород и кислород соединяются в объемном отношении 2 : 1, но, как и Дальтон в следующем столетии и в точности по тем же причинам, полагал, что вода — это соединение, включающее по одному атому от каждого из двух составляющих ее элементов, т. е. он приписывал ей формулу  $\text{HO}$ , поскольку, в отличие от окислов углерода, серы и азота, не существовало «промежуточных состояний воды».

Он знал, что сера соединяется с водородом и кислородом, образуя соответственно сероводород и двуокись серы, не изменяя объема этих газов, и для второго соединения сделал на основании этого наблюдения много правильных выводов. Из того факта, что плотность двуокиси серы примерно вдвое превышала плотность кислорода, он заключил, что это соединение содержит равные массы серы и кислорода. На основании одного только первого из этих фактов он также сделал вывод, что «молекулы» (так он писал) двуокиси серы «должны быть окружены такими же атмосферами теплорода, как молекулы кислорода, или в конечном счете, что они являются в той же степени обособленными». Для двух этих газов это было достаточно очевидным предвосхищением закона Авогадро, которому подчиняются все газы. Читатель может заметить, что то же самое относится к водороду и сероводороду, хотя Хиггинс, как это ни странно, не ссылается на это или не вполне осознает значимость своего вывода. Но есть кое-что еще более странное. На основании того же факта, что объем двуокиси серы не изменяется по сравнению с объемом вошедшего в нее кислорода, Хиггинс предположил, что, как и в случае водорода и кислорода, соединяется по одному атому каждого элемента; поэтому

для двуокиси серы он получил формулу  $SO$ , точно так же как формулой воды считал  $HO$ ; это при неверном аналитическом утверждении, что масса серы в серной кислоте в два раза больше массы не входящего в воду кислорода, привело его к получению для серного ангидрида формулы  $SO_2$ . И вновь читатель может заметить в отношении двуокиси серы, что доводы в пользу придания ей формулы  $SO$  в равной степени применимы к сероводороду, который тогда разумно записать как  $HS$ . Но вместо этого Хиггинс строго и совсем в современной манере доказал, что если вода  $HO$ , а двуокись  $SO$ , то формула сероводорода будет  $HS_2$ ! Что он был прав, легко убедиться, сравнив современные формулы воды  $H_2O$  и двуокиси серы  $SO_2$  с формулами, предполагаемыми Хиггинсом, поскольку, если принять атомную массу кислорода за 16, истинные формулы сделают атомные массы водорода и серы равными 1 и 32, а формулы Хиггинса — 2 и 16; так что для модернизации формулы Хиггинса число атомов водорода в молекуле надо удвоить, а число атомов серы вдвое уменьшить, превратив  $HS_2$  в  $SH_2$ . Вероятно, стоит упомянуть, что в своей первой книге он получил отношение атомов S и H 9 : 5, которое позже в результате более точных экспериментов было исправлено на 2 : 1. Формулы  $HS_2$  Хиггинс придерживается в своей следующей книге, а Дальтона он упрекает за получение сначала отношения  $SH_3$ , а затем изменения его на  $SH$ , «таким образом, из одной ошибки впадая в другую».

Все три формулы были, разумеется, неправильны. Дальтон двумя своими выстрелами взял мишень в вилку, но Хиггинс был от нее еще дальше, получив перевернутое отношение. Тем не менее автор желал бы еще найти в какой-либо работе Дальтона что-нибудь, хотя бы на «грамм» столь же интересное, как рассуждение, посредством которого Хиггинс, если учесть неправильные начальные посылки (формулы воды и двуокиси серы), получил совершенно верный результат. Хиггинс взрывал смесь равных объемов сероводорода и кислорода, что вызывало обильное осаждение серы, количество которой он правильно оценил как половину всей серы сероводорода. Он обнаружил, что объем газа вследствие этого уменьшался до одной четверти своего прежнего значения и был занят практически чистой двуокисью серы; он доказал это как поглощением газа в растворе нитрата бария, который не давал осадка сульфата бария, так и соединением его с равным объемом сероводорода, в результате чего объем уменьшался наполовину с выпадением в осадок серы. Он знал, поскольку объем сероводорода есть собственный объем водорода, что половина кислорода шла на окисление водорода до воды и, поскольку объем двуокиси серы равен собственному объему кислорода, что другая половина шла на образование наличествующей двуокиси серы. Если привести объем водорода в сероводороде к одному атому водорода, то половина объема кислорода, соединяющегося с ним (по формуле воды Хиггинса), есть один атом, так же как и половина объема,

израсходованного на окисление половины серы, которая составляет, соединяясь с одним атомом кислорода (по формуле двуокиси серы Хиггинса), один атом серы. Так как окисляется только половина серы, а половина выпадает в осадок как чистый элемент, то объем сероводорода, приведенный к одному атому водорода, содержит два атома серы. Эта аргументация не включает никаких предположений и даже тех, которые использовал Авогадро.

Слабейшим пунктом рассуждения или, точнее, дефектом его записи является оценка Хиггинса, что половина серы выпадает в осадок. Это абсолютно правильно, но в какой степени Хиггинс вывел это из известных данных, касающихся плотности сероводорода, и в какой степени это было простой догадкой, основанной на видимом количестве выпадающей серы, или для достижения правильного результата он проводил другие эксперименты, в которых варьировал пропорцию кислорода, — невозможно ответить, исходя из его собственного описания, строго говоря туманного и недостаточного. Но с общих позиций надо признать, что это было, несмотря ни на что, впечатляющим первым усилием пролить свет на молекулярный состав газов вообще и сероводорода в частности. То что в остальные годы своей жизни Хиггинс не продвигался дальше по этому пути, вероятно, можно объяснить как раз тем уже упоминавшимся обстоятельством, что, до тех пор пока Дальтон не удостоился чести считаться «родоначальником» современной атомной теории, Хиггинс не находил ничего особенно замечательного в использовании атомной теории для объяснения химических превращений. Он был химиком с оригинальными физическими идеями, в то время как Дальтон был физиком, не имеющим таковых, и позиция химиков в начале прошлого века по отношению к его работе была во многом аналогична той, которую они заняли в начале нынешнего столетия в отношении атомного распада и концепции изотопов.

В биографии Хиггинса, имеющейся в английском «Словаре национальной биографии», отмечается, что он был первый, кто ясно сформулировал в своей книге, вышедшей в 1789 г., закон кратных отношений, но затем его биограф заявляет, что в книге 1814 г. он «совершал недостойные нападки на Дальтона». Но пусть лучше скажет за себя сам Хиггинс, ибо его заключительные слова и сейчас, через многие годы, дышат красноречием несправедливо обиженного, взывающего к правосудию, хотя даже более вечное их звучание — в разочаровании старости, сожалеющей о незрелом рыцарстве молодости.

«Плодотворные годы химической науки кончились. В дни моей юности фортуна улыбнулась мне... я знался со многими почтенными отцами нашей нынешней системы. В тот благоприятный период конечной и ревностно преследуемой целью исследования была истина, а не достижение личного престижа. Философы тогда ставили своей задачей приписать заслугу открытия его законному владельцу»

цу, а не приписывали его самим себе или кому-то другому. И вот теперь, когда жизнь моя клонится к закату, я сам вынужден защищать труды моей молодости от притязаний тех, кто бесцеремонно их присвоил и кто, объединив усилия, пытается даже отнять их у меня...»

На фоне всех прочих шагов, оказавшихся необходимыми на пути к созданию атомной теории, так же как и ее двойника—молекулярной теории, вклад Дальтона выглядит теперь наименьшим. В теоретическом обосновании закона кратных отношений и в отыскании подтверждений ему с помощью химического анализа его опередил Хиггинс. Притязания же Дальтона считаются единственным творцом современной атомной теории базируются на его «Новой системе», привлечшей всеобщее внимание современников, поскольку она показывала, каким образом, если принимать в расчет массы атомов в связи с их химической природой, становилось возможным заменить туманные спекуляции, до того господствовавшие в отношении атомов, вполне определенным подходом, который, будучи положен в основу некоторой экспериментальной проверки, позволял надеяться, что со временем можно будет приписать всевозможным элементам какие-то относительные атомные массы. Если бы это произошло, то было бы несущественно, что найденные так атомные массы оказались бы не истинными, а усредненными атомными массами, потому что и эти средние значения были бы сами по себе константами природы. Задолго до рождения концепции изотопов специальные опыты показали, что атомная масса элемента остается одной и той же, из какого бы естественного источника его ни получали, или, как мы выразились бы теперь, изотопный состав элементов в природе инвариантен.

Как догадались современники Дальтона, его так называемые атомные массы были просто произвольно переименованными химическими соединительными пропорциями, или эквивалентами. Его «закон наибольшей простоты» был не более чем реликвия претенциозной логики схоластов, которую за два века до этого довел до абсурда в своем «Новом органоне» Фрэнсис Бекон, сделавший постулат первопричиной. Так, вода по Дальтону была  $\text{HO}$ , а аммиак  $\text{NH}$ , потому что это были простейшие формулы, которые оказались неправильными, а два окисла углерода были  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , что оказалось верно. Его рассуждения по данному предмету настолько неудачны, что сегодня их почти невозможно читать. Главным образом они касались, раз уж мы различаем их теперь, молекулярной, а не атомной теории, а точнее, чисто спекулятивной и полностью ошибочной теории статичного внутреннего состава газов, которую он пытался построить.

В начале одной из записных книжек Дальтона имеется очень интересная запись, датированная примерно шестью неделями раньше его первого устного сообщения теории в 1803 г., из нее следует, что с самого начала он столкнулся с трудностью, которую