

И. НЕЧАЕВ

# РАССКАЗЫ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ

Москва  
Детгиз

1960

# ОГЛАВЛЕНИЕ

- Что из чего состоит

## *Глава первая.* **ОГНЕННЫЙ ВОЗДУХ**

- Карл Шееле — аптекарский ученик
- Почему гаснет огонь?
- Воздух «мертвый» и воздух «живой»
- Неуловимый флогистон
- Антуан Лавуазье и его союзник
- Чистка элементов

## *Глава вторая.* **СОЮЗ ХИМИИ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

- Вольтов столб
- Детство и юность Хемфри Дэви
- В институте на Албемарли-стрит
- Едкое кали и едкий натр
- Секрет лилового пламени
- Великолепный эксперимент!
- Металл, который в воде не тонет, а на льду горит
- Шесть штурмовых недель
- Неожиданный перерыв
- Кальций, магний и другие...
- «Сэр» Хемфри Дэви

## *Глава третья.* **ВЕЩЕСТВО ГОЛУБОЕ И КРАСНОЕ**

- Пятьдесят семь и ни одного больше
- Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф
- Цвет огня
- Потешные огни и отец русской науки
- Зачем Исаак Ньютон ловил зайчиков
- Линии Фраунгофера
- Спектральный анализ
- Поиски днем с огнем

- Свет солнца и свет Друммонда
- Химия Солнца
- Цезий и рубидий
- Снова «буйные» металлы
- Забегая вперед...
- Солнечный элемент

#### *Глава четвертая. ЗАКОН МЕНДЕЛЕЕВА*

- Химический лабиринт
- Атомный вес
- Элементы в строю
- Химия или хиромантия?
- Пророчества сбываются
- Конец «белых пятен»
- В плену у царя и капиталистов

#### *Глава пятая. БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ*

- Одна тысячная грамма
- Азот тяжелый и азот легкий
- «Загляните в старые журналы!»
- Опыт Генри Кэвэндиша
- Из чего состоит воздух
- Элемент-отшельник
- Газ из минерала
- Гелий на Земле
- Новые находки
- Можно ли разложить элемент?

#### *Глава шестая. НЕВИДИМЫЕ ЛУЧИ*

- Открытие Вильгельма Рентгена
- Счастливая ошибка
- Когда облака закрыли солнце...
- Всею причиной уран
- Еще одна загадка
- Первые опыты Склодовской
- Полоний и радий
- Иголка в стоге сена

- Революция в науке

## **ПОСЛЕСЛОВИЕ**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

«Рассказы об элементах» и их автор

## Что из чего состоит

Из чего состоит земля под нашими ногами, солнце над нашей головой, дома и машины, растения и наше собственное тело? Оглянитесь по сторонам, и вы легко насчитаете десятки, а то и сотни веществ, непохожих одно на другое. Посмотрите на книгу, которая раскрыта перед вами: она изготовлена из бумаги, картона, коленкора, типографской краски, крахмального клейстера. Стол, на котором лежит книга, сделан из дерева; он покрыт политурой, а склеен столярным клеем. В углу комнаты вы увидите чугун радиатора центрального отопления, на стенах — мел, который скрывает известь штукатурки и кирпич. Вы найдете в своей комнате стекло оконное и ламповое, медь и резину электропроводов, фарфор патрона, чернила, сталь пера, краски разных цветов и многое другое. Когда выйдете на улицу, перед вашими глазами предстанут новые вещества. В заводском цехе — опять новые вещества. В лесу, на вершинах гор, на дне морском — всюду вы обнаружите всё новые и новые вещества. Различных видов материи, живой и мертвой, можно насчитать миллионы, если не десятки миллионов. Одних только драгоценных камней наберется на земле сотни. Железные руды и древесные породы представлены тысячами сортов. Красок, естественных и искусственных, существует десятки тысяч.

А какое разнообразие свойств царит среди этого бесчисленного множества веществ! Одно обладает невероятной твердостью, другое может быть раздавлено слабой рукой ребенка. У одного вещества вкус сладкий и нежный, другое жжет язык огнем. Есть вещества прозрачные, блестящие, матовые, грязно-серые, снежно-белые. Есть вещества, которые не замерзают и остаются жидкими при холоде в двести пятьдесят градусов, но есть и такие, что не плавятся и остаются твердыми даже в ослепительном огне электрической дуги. На иное вещество не действует ни жар, ни холод, ни сырость, ни жгучие кислоты. А к другому достаточно прикоснуться ладонью — и от теплоты руки оно разлетается вдребезги, с пламенем и взрывом.



В природе все находится в вечном движении. Тысячи превращений постоянно происходят с веществом на каждой пяди земли. Одни вещества исчезают, а вместо них появляются другие. С виду эта бесконечная смена бесконечного количества вещества происходит как будто без всякого порядка. Может показаться, что здесь господствует хаос. На самом деле это не так. Люди давно уже догадались, что за великим разнообразием природы скрываются единство и простота. Было доказано, что все тела содержат в себе одни и те же простейшие составные части, которые получили название «элементы».

Элементов совсем немного. Но они способны соединяться друг с другом в бесчисленных комбинациях и сочетаниях. Отсюда и все обилие вещества, которое встречается на земле. Нечто подобное наблюдается в мире звуков. Из тридцати букв алфавита составлены все слова нашей речи. А из сочетания одних и тех же музыкальных тонов рождаются тысячи мелодий — гимны и похоронные марши, простые детские песенки и сложнейшие симфонии.

Элементы были обнаружены не сразу. Многие из них известны людям с древних времен, но прошли века, пока поняли, что это действительно элементы, а не сложные вещества. И наоборот, некоторые сложные вещества долго принимались за элементы, так как химики не знали, что их можно разложить. А некоторые элементы так редко попадались на пути человека или так укрылись от его глаз, что отыскать их стоило огромных усилий. Поиски элементов велись учеными сотни лет. Много труда было затрачено при этом и много проявлено изобретательности и ума. История важнейших открытий элементов и рассказана в этой книге.

## Карл Шееле — аптекарский ученик

Во второй половине XVIII века в Швеции жил на редкость старательный молодой аптекарь Карл Вильгельм Шееле. Он работал сначала учеником, потом лаборантом и всегда поражал своих хозяев необыкновенным усердием.

Изготовление пилюль, микстур и пластырей — вот в чем заключались его обязанности. Но Шееле делал гораздо больше, чем от него требовали хозяева. Покончив с приготовлением снадобий и лекарств, он устраивался где-нибудь в свободном углу или на подоконнике и принимался толочь, выпаривать и перегонять всякие химические вещества. Он сидел в лаборатории дни и ночи. Он кропотливо изучал старые химические книги, про которые даже опытные аптекари говорили, что разобраться в них мудрено. И, если бы его эксперименты не кончались иногда неожиданными взрывами, хозяева не могли бы нарадоваться на своего лаборанта. Его руки вечно были изъедены щелочами и обожжены кислотами дочерна. Он с удовольствием вдыхал острые запахи лаборатории, и даже едкий серный дым или душливые пары азотной кислоты не были ему противны.

Однажды Шееле приготовил соединение, пахнущее горьким миндалем. Он вдохнул пары этого вещества, чтобы точно установить его истинный запах. Затем попытался определить его вкус и ощутил во рту необыкновенную теплоту. Повторить такой опыт не рискнул бы теперь ни один человек, который дорожит своей жизнью: соединение, пахнущее горьким миндалем, мы сейчас называем синильной кислотой, и оно известно как сильнейший яд. Хорошо, что Шееле проглотил только ничтожную каплю его. Шееле не знал о ядовитых свойствах открытой им кислоты. Но если бы он и догадывался о них, то, наверное, не удержался и все равно попробовал бы ее на вкус. Для него не было большей радости, чем открытие нового вещества, не виданного до него ни одним человеком в мире, или открытие новых свойств у веществ уже известных. Он всячески испытывал природу и каждый раз с волнением ждал результатов.

«Как счастлив исследователь, когда находит то, что искал! Как радуется его сердце!» — писал он однажды своему другу. На долю Шееле выпало много такого счастья, и этим он был обязан, пожалуй, только самому себе. В школах и в университете он не обучался, помощников не имел. Он учился всему сам и сам мастерил свои нехитрые приборы из аптекарских банок, стеклянных реторт и бычьих пузырей.

Четырнадцать лет его отдали в ученики к аптекарю Бауху. И, когда девятнадцать лет спустя Шведская Академия наук избрала Шееле своим членом, он все еще был простым лаборантом провинциальной аптеки, который, как и в юные годы, тратил большую часть своего скудного жалованья на книги и химические реактивы. Шееле был прирожденным химиком. И, как настоящий химик; он стремился узнать, что из чего состоит. Он хотел знать, из каких простейших составных частей, или элементов, образованы окружающие нас вещества. А многолетний опыт убедил его в том, что этого нельзя установить, не поняв истинной природы огня: ведь редко какой химический эксперимент можно осуществить без нагревания и огня.

Когда Шееле стал изучать природу огня, ему скоро пришлось задуматься над тем, какое участие принимает в горении воздух. Кое-что он мог об этом узнать из книг старых химиков. Еще за сто лет до Шееле англичанин Роберт Бойль и другие ученые доказали, что свеча, уголь и всякое другое горючее тело может гореть только там, где есть достаточно много воздуха. Если накрыть, например, горящую свечу стеклянным колпаком, она погорит немного и потухнет. А если совершенно удалить воздух из-под колпака, то свеча погаснет мгновенно. И, наоборот, когда в огонь подкачивают много воздуха, как это делают кузнецы с помощью мехов, то пламя разгорается ярче и сильнее.

Никто в те времена не мог, однако, толком объяснить, отчего все так происходит и зачем, собственно, воздух нужен горящему телу. Чтобы разобраться в этом, Шееле стал проводить опыты с различными химическими веществами в сосудах, плотно закрытых со всех сторон. «В закрытом сосуде содержится только строго ограниченное ко-

личество воздуха, а извне туда ничего не может попасть, — думал Шееле. — Если с воздухом что-либо случается при горении и других химических превращениях, то здесь это легче будет обнаружить». Воздух тогда считали элементом — однородным веществом, которое никакими силами нельзя расщепить на еще более простые составные части. Шееле тоже сначала был такого мнения. Но скоро он должен был его изменить.

## Почему гаснет огонь?

Однажды ночью Шееле сидел в лаборатории аптеки города Упсалы и готовил очередной опыт. Мертвая тишина царила в доме. Давно уже захлопнулась дверь за последним покупателем, давно ушел к себе спать хозяин аптеки. Только один Шееле бодрствовал над своими колбами и ретортами. Он достал из шкафа большую банку, наполненную водой. На дне ее лежал кусок чего-то желтого, похожего на воск. В полумраке вода и воскообразная масса светились таинственным зеленоватым светом. Это был фосфор — вещество, которое химики всегда хранят в воде, потому что на воздухе оно быстро изменится, теряя все свои обычные свойства.



Шееле просунул нож в банку, примерился и, не вынимая фосфора из воды, отрезал от него небольшой кусок. Затем он извлек отрезанный кусок, бросил в пустую колбу, заткнув ее пробкой, и поднес к горящей свече.

Едва только краешек пламени коснулся колбы, как фосфор сейчас же расплавился и растекся на дне лужицей. А еще через секунду он вспыхнул ярким пламенем, и колбу сразу наполнил густой туман, который скоро осел на стенках белым инеем. Все произошло в одно мгновение, фосфор сразу сгорел и превратился в сухую фосфорную кислоту (Теперь мы называем это вещество фосфорным ангидридом, а его водный раствор — фосфорной кислотой, но во времена Шееле оба вещества одинаково назывались кислотой).

Это был очень эффектный опыт, но Шееле, казалось, оставался к нему совершенно равнодушным. Не в первый раз ему приходилось зажигать фосфор и наблюдать, как он превращается в кислоту. И сейчас его занимал не сам фосфор, а совершенно другое: он хотел знать, что стало с воздухом, который находился в колбе во время горения фосфора. Как только колба остыла, Шееле опустил ее в лохань с водой горлом вниз и вытащил пробку. Тогда произошло нечто странное: вода из лохани хлынула в колбу снизу вверх и заполнила пятую часть её объема.

— Опять! — прошептал Шееле. — Опять то же самое. Пятая часть воздуха, исчезла, и вместо нее набралась вода... Удивительное дело! Какие бы вещества ни пытался Шееле сжигать в закрытых сосудах, он всегда обнаруживал одно и то же любопытное явление: воздух, который находился в сосуде, обязательно уменьшался при горении на одну пятую часть. И теперь получилось то же самое: фосфор сгорел, фосфорная кислота осталась вся в колбе, а воздух улетучился. Как же он мог уйти из плотно закрытой колбы, в горле которой туго сидела пробка?

Пока остывала колба, где сгорел фосфор, Шееле успел подготовить новый опыт. Он решил сжечь теперь в закрытом сосуде еще одно горючее вещество — тот газ, который образуется, когда металл растворяется в кислоте.

Горючий газ был приготовлен в несколько минут. Шееле насыпал в маленькую склянку железных стружек, облил их раствором купоросного масла и заткнул склянку пробкой, куда была вставлена длинная стеклянная трубка... Стружки зашипели, кислота забулжила, и в ней запенились серебряные пузырьки газа. Шееле поднес к верхнему концу трубки свечу. Сейчас же выходящий из трубки газ загорелся тоненьким, бледным огненным язычком. (Читатель, если ты захочешь сам проделать такой же опыт, будь осторожен — может произойти взрыв. Прежде чем зажигать газ, надо выждать несколько минут, пока он не заполнит всю трубку. Лучше всего такие опыты делать не самому, а под руководством преподавателя).

Тогда Шееле вставил склянку в высокую стеклянную чашку с водой, а над пламенем опрокинул вверх дном пустую колбу. Горло колбы входило в воду, так что воздух извне никак не мог в нее попасть. И вот в этом замкнутом пространстве горело бледное пламя газа. Как только колба была опрокинута над пламенем, сейчас же в нее снизу вверх устремилась вода. Наверху горел газ, а снизу поднималась вода. Она шла все выше и выше, и чем дальше поднималась, тем хуже горел газ. Наконец пламя совсем погасло.



Шееле заметил, что вода к этому времени снова успела заполнить только около пятой части объема колбы. «Ну хорошо, — думал он, — допустим, что воздух по неизвестной мне причине должен исчезнуть во время горения. Но почему же тогда исчезает только часть его, а не весь он целиком? Ведь газа сейчас хватило бы для горения еще надолго. Стружки еще кипят, кислота в склянке бурлит. Если я сейчас сниму колбу и подожгу газ на открытом месте, он снова загорится. Почему же газ потухает под колбой, где еще осталось четыре пятых воздуха?»

Вдруг смутное сомнение, не раз уже зарождавшееся у Шееле в последние дни, снова мелькнуло у него в голове: «А не значит ли это, что воздух, остающийся в колбе, вовсе не таков, как тот воздух, который исчезает из нее во время горения?» Шееле готов был сейчас же приступить к новым экспериментам, чтобы проверить свою догадку до конца. Но, взглянув на часы, он с сожалением отказался от этого:

было уже далеко за полночь, а ему с утра предстояло снова сидеть здесь и готовить лекарства.

Нехотя Шееле погасил свечу и покинул лабораторию. Но мысль о двух разных видах воздуха не выходила больше у него из головы. С этой мыслью он и заснул.

## Воздух «мертвый» и воздух «живой»

На другой день, едва управившись с аптечными делами, Шееле с жаром принялся проверять свою новую идею. Он пересмотрел все записи, которые сделал в лабораторном журнале с тех пор, как стал изучать огонь и горение. Некоторые опыты были повторены им заново. И с особенной настойчивостью он стал исследовать воздух, который оставался в колбе после того, как там сгорало какое-либо вещество.

Мертвым, никуда не годным оказался этот воздух. В нем ничто не желало гореть. Свечи потухали, словно их задувал какой-то невидимка, раскаленные угли остывали, горящая лучина мгновенно гасла, как будто ее обдавали струей воды. Даже горючий фосфор и тот отказывался воспламеняться. А мыши, которых Шееле пробовал сажать в банку, наполненную этим мертвым воздухом, подыхали в нем сразу от удушья. С виду же он был так же прозрачен и бесцветен, как и обыкновенный воздух, и так же лишен запаха и вкуса.

Теперь для Шееле все стало ясно: обыкновенный воздух, который окружает нас со всех сторон, вовсе не элемент, как думали люди спокон веков. Воздух — это не однородное вещество, а смесь двух совершенно различных составных частей. Одна из них поддерживает горение, но во время горения куда-то пропадает; другая, большая часть к огню безразлична и остается при сжигании горючих веществ абсолютно нетронутой. И если бы воздух состоял только из нее одной, то ни одна искорка никогда не засияла бы в нашем мире! Шееле, конечно, больше интересовался не этой «безжизненной» частью воздуха, а его активной частью, той, что исчезала во время горения. «Нельзя ли как-нибудь ее получить в чистом виде, отдельно от «негодного» воздуха?»—думал он. Оказалось, что можно.

Вспомнил Шееле, что не раз приходилось ему наблюдать, как неожиданно вспыхивают пылинки копоти, проносясь над тиглем, где плавится селитра, та самая, из которой готовится черный порох. Почему, спрашивалось, так легко загораются эти пылинки над бурлящей селитрой? Не потому ли, что из нее струится как раз та часть воздуха,

которая способствует горению? На некоторое время Шееле забросил все другие опыты и занялся селитрой. Он плавил ее, перегонял на огне с купоросным маслом и без него, толоч с серой, с углем. А хозяин аптеки с опаской косился на эту возню, спрашивая себя, не взлетит ли он когда-нибудь на воздух вместе со всем своим заведением. Ведь от селитры до пороха не так уж далеко! Но случилось совершенно другое.

Однажды, когда аптекарь расхваливал какому-то привередливому покупателю высокие качества горчичного пластыря, из лаборатории в аптеку ворвался Шееле и, потрясая пустой банкой, закричал: — Огненный воздух! Огненный воздух! — Ради бога, что случилось? — закричал, в свою очередь, аптекарь. Зная тихий нрав Шееле, он подумал, что произошло нечто страшное, если лаборант так возбужден. — Огненный воздух! — повторял Шееле, ударяя по пустой банке. — Идемте, я вам покажу настоящее чудо.

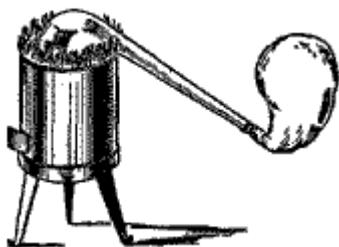
Он потащил удивленного хозяина вместе с покупателем в лабораторию. Здесь Шееле выхватил совком из жаровни несколько полупотухших угольев, открыл свою банку и бросил их туда. Сейчас же угли дружно запылали сильным белым пламенем. — Огненный воздух — с гордостью объяснил Шееле. Аптекарь и покупатель молчали, в недоумении глядя друг на друга. А Шееле достал лучинку, зажег ее, тут же задул и сунул в другую банку с «огненным воздухом». И снова огонь, почти совсем было угасший, загорелся с необычайной яркостью.

— Что за колдовство? — пролепетал бедный покупатель, едва веря своим глазам. — В банке-то ведь ничего не было! — Там был газ — огненный воздух, — пытался объяснить Шееле. — Я получил его, перегоняя селитру. В обыкновенном воздухе, который нас окружает, содержится только пятая часть его. Покупатель моргал глазами, ничего не понимая. Аптекарь же солидно заявил: — Простите меня; Карл, но вы, кажется, несете совершенный вздор. Кто же поверит, будто в воздухе есть что-либо другое, кроме самого воздуха? Разве мы не знаем, что он везде и всюду один и тот же? Но ваш опыт с лучиной, конечно, очень забавен. Нельзя ли проделать его еще раз?

Шееле без труда заставил еще раз ярко вспыхнуть тлеющую лучину, но переубедить своего хозяина ему не удалось. Люди привыкли считать воздух однородной и неизменной стихией, и их трудно было сразу разуверить в этом.

По правде говоря, Шееле и самому-то еще казалось странным, что воздух состоит из таких непохожих друг на друга газов, как «негодный воздух» и «огненный воздух». А между тем сомневаться в этом совершенно не приходилось. Как можно было еще сомневаться, когда Шееле сам, своими руками искусственно приготовил обыкновенный воздух из одной части «селитряного» и четырех частей «негодного»? В этой смеси свечи горели так же неярко и мыши дышали так же спокойно, как и в настоящем воздухе, который нас окружает со всех сторон.

Шееле скоро научился получать чистый «огненный воздух» очень простым способом — нагреванием селитры. Он насыпал сухую селитру в стеклянную реторту, ставил ее на жаровню и, когда селитра начинала плавиться, привязывал к шейке реторты пустой, хорошо выжатый бычий пузырь. Постепенно пузырь начинал раздуваться, наполняясь «огненным воздухом», который переходил в него из реторты. А уже из пузыря Шееле перепускал его затем искусным приемом в банки, в стаканы, в колбы — всюду, куда было нужно.



Шееле нашел и другие способы получения чистого «огненного воздуха» — например, из красной окалины ртути. Но «селитряный» способ был дешевле всех, поэтому Шееле большей частью и пользовался им для своих опытов.

Его совершенно увлекло это новое открытие. Не было для Шееле в ту пору большего удовольствия, чем наблюдать, как горят различные вещества в чистом «огненном воздухе». Они сгорали в нем очень быстро, испуская ослепительный свет, куда более яркий, чем при горении в обыкновенном воздухе. А сам «огненный воздух» во время горения весь исчезал из сосуда, весь до конца.

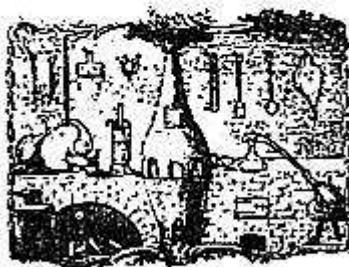
Особенно наглядно это обнаружилось, когда Шееле попробовал сжечь фосфор в закупоренной колбе, наполненной «огненным воздухом». Пламя вспыхнуло так ярко, что на него больно было смотреть. А потом, когда колба остыла и он дотронулся до нее, намереваясь опустить в воду, раздался оглушительный треск, и колба разлетелась у него в руке вдребезги. К счастью, он остался невредим и настолько сохранил присутствие духа, что тут же догадался об истинной причине взрыва; весь «огненный воздух» во время горения ушел из колбы и в ней образовалась полная пустота — вот и раздавило ее давлением наружного воздуха, как пустой орех щипцами.

Во второй раз Шееле оказался уже более осмотрительным. Он взял для опыта с фосфором такую прочную, толстостенную колбу, что она вполне могла выдержать давление воздуха. Когда фосфор сгорел и колба остыла, Шееле опустил ее горлом в воду, чтобы посмотреть, сколько осталось внутри «огненного воздуха». Но он никак не мог вытянуть пробки. В колбе была, по-видимому, совершенная пустота, поэтому воздух вдавил пробку в горло колбы со страшной силой. Казалось, кто-то держит ее железными клещами. Тогда Шееле решил протолкнуть ее внутрь, что сейчас же ему удалось. Едва это произошло, как вода из лохани кинулась в колбу снизу вверх и заполнила ее до самого дна. Таким образом он окончательно убедился, что при горении «огненный воздух» целиком исчезает.

Пробовал Шееле и дышать чистым «огненным воздухом» — прямо из пузыря. Но ничего особенного не заметил: казалось, что дышится так же, как всегда. На самом же деле «огненным воздухом», конечно, легче дышать, чем обыкновенным. И недаром в наше время его дают тяжелобольным и умирающим. Только называют его теперь не «огненным воздухом», а кислородом.



Carl Wilhelm Scheele's  
d. Königl. Schwed. Acad. d. Wissenschaft. Mitgliedes,  
Chemische Abhandlung  
von der  
**Luft** und dem **Feuer.**  
Nebst einem Vorbericht  
von  
**Torbern Bergman,**  
Kön. und Schwed. Prof. und Ritter, vordem  
Societ. Mitglied.



Upsala und Leipzig,  
Verlegt von Magn. Svederus, Buchbinder,  
in Linden bey G. L. Cuvsius.  
1777.

Титульный лист книги Шееле  
"Воздух и огонь", 1777 год.

## Неуловимый флогистон

Шееле хотел раскрыть загадку огня и при этом неожиданно обнаружил, что воздух — не элемент, а смесь двух газов, которые он называл воздухом «огненным» и воздухом «негодным». Это было величайшим из всех открытий Шееле.



**Карл Вильгельм Шееле**

Но добился ли он своей главной цели? Открыл ли он истинную природу огня? Понял ли, что такое горение и что при горении происходит? Ему казалось, что он все понял. А в действительности тайна огня так и осталась для него тайной. Во всем была виновата теория флогистона. В то время среди химиков была распространена теория,

что всякое вещество может гореть только в том случае, если в нем много особой горючей материи — флогистона.

Никто не мог объяснить толком, что такое флогистон. Иные думали, что это нечто вроде газа, а другие говорили, что флогистон нельзя ни увидеть, ни получить отдельно, так как самостоятельно он существовать не может, а всегда связан с каким-нибудь другим веществом. Некоторые ученые одно время утверждали, будто им удалось выделить флогистон в чистом виде. Но потом они сами же усомнились в этом и заявили: «Пожалуй, то, что мы приняли за чистый флогистон, вовсе и не флогистон». Не знали, есть ли у него вес, как у всякого другого тела, или он невесом. Флогистон казался неуловимым и бесплотным, как призрак. Но все химики того времени упорно верили в его существование.

Откуда же возникла эта странная вера? Всякому, кто наблюдал за огнем, бросалось в глаза, что горящее вещество разрушается и исчезает. Из зажженного тела словно что-то выделяется и уходит с пламенем, а на его месте остаются зола, пепел, окалина или кислота. (Теперь мы называем подобный продукт горения ангидридом кислоты). Горение, казалось, уничтожает вещество, выгоняя из него нечто призрачное, неуловимое — «душу огня». Вот и было решено, что горение есть распад сложного горючего вещества на особый огненный элемент — флогистон — и другие составные части.

Всюду и везде химики того времени искали следы таинственного флогистона. Если сгорал уголь, химик говорил: — Весь флогистон из угля ушел в воздух. Осталась одна зола. Когда фосфор, вспыхнув ярким пламенем, превращался в сухую фосфорную кислоту, то это объяснялось так же: фосфор, мол, распался на свои составные части — на флогистон и фосфорную кислоту. Даже когда раскаленный или влажный металл ржавел — и тут химик видел козни флогистона: — Ушел флогистон, и от блестящего металла осталась ржавчина, или окалина.

С помощью теории флогистона ученые XVII века неплохо объясняли многие явления природы и заводской техники, которые

казались непонятными. Долгое время эта теория помогала химикам в их исследованиях, и они не сомневались в том, что она верна. Карл Шееле тоже был сторонником этой теории, и в своих многочисленных опытах он прежде всего старался сообразить, что происходит с флогистоном.

Когда Шееле открыл «огненный воздух», то сразу же решил: «Этот воздух, видимо, имеет очень большое влечение к флогистону. Он готов отобрать флогистон у любого горючего вещества. Поэтому все и сгорает в нем так охотно и быстро». А «негодный воздух», говорил Шееле, не любит соединяться с флогистоном. Поэтому в нем и гаснет всякий огонь. Это было довольно правдоподобно, но оставалась одна большая загадка, которая казалась совершенно необъяснимой. Вспомните, как удивлялся Шееле тому, что во время горения «огненный воздух» исчезал из открытого сосуда. С флогистоном или без флогистона, но «огненный воздух» неизменно куда-то исчезал. Куда же он уходил и каким образом мог он уйти из закрытого со всех сторон сосуда?

Шееле долго ломал голову над этой загадкой и, наконец, придумал такое объяснение. Когда сгорает какое-нибудь тело, говорил он, то выделяющийся из него флогистон соединяется с «огненным воздухом» и это невидимое соединение настолько летуче, что оно незаметно просачивается сквозь стекло, как вода сквозь сито. Словно сказочное привидение, которое, свободно проходит сквозь каменные стены и запертые двери... Вот к каким странным идеям привела Шееле чрезмерная вера в флогистон.



Между тем, если бы Шееле хорошенько поискал «огненный воздух» внутри колбы, он наверняка нашел бы его там. Но сначала ему пришлось бы отречься от теории флогистона, а на это Шееле при всей своей талантливости оказался неспособен.

С флогистоном покончил другой великий химик XVIII века — француз Антуан Лавуазье. И когда это было сделано, то странное исчезновение «огненного воздуха» и многие другие непонятные явления сразу потеряли всю свою загадочность.

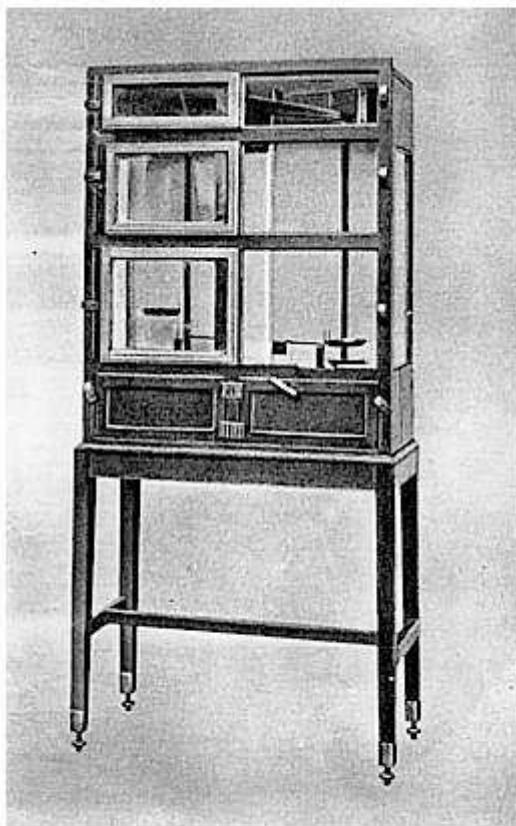
## Антуан Лавуазье и его союзник

(Лавуазье был не первым химиком, заручившимся помощью весов — того замечательного союзника, о котором ведется здесь рассказ. Наш гениальный соотечественник Михаил Васильевич Ломоносов еще за пятнадцать лет до Лавуазье сравнивал вес запаянной реторты с металлом до и после прокаливания. «Деланы опыты в заплавленных накрепко сосудах, чтобы исследовать: прибывает ли вес металла от чистого жара», — записал Ломоносов в 1756 году и в двух строчках прибавил результат: «Оными опытами нашлось, что... без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере».

Так Ломоносов нанес сильный удар по разделявшейся химиками того времени теории флогистона. Но мало этого: Ломоносов сделал из своих опытов и другой замечательный вывод, что «все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому, так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте». Этими словами великий ученый выразил один из важнейших законов химии — закон сохранения вещества).

«Огненный воздух» был открыт почти одновременно тремя учеными. Раньше всех это открытие сделал Шееле. Через год или два, ничего не зная о работах Шееле, «огненный воздух» получил англичанин Джозеф Пристли. А еще через несколько месяцев, уловив от Пристли смутный намек на газ, в котором ярко горят свечи, и Лавуазье самостоятельно обнаружил сложный состав воздуха. Но из всех троих только один Лавуазье правильно оценил, какова настоящая роль «огненного воздуха» в природе.

У Лавуазье был замечательный союзник, который сильно помогал ему в работе. Шееле и Пристли тоже имели такого союзника, но они не всегда пользовались его услугами и не придавали большого значения его советам. Главным помощником Лавуазье были... весы.



**Весы, которыми пользовался  
для своих опытов Антуан Лавуазье  
(конец XVIII века).**

Приступая к какому-нибудь опыту, Лавуазье почти всегда тщательно взвешивал все вещества, которые должны были подвергнуться химическому превращению, а по окончании опыта снова взвешивал. Взвешивал и соображал: «Это вещество потеряло в весе, а это стало тяжелее. Значит, из первого что-то выделилось и соединилось со вторым». Весы объяснили Лавуазье истинную природу горения. Весы объяснили ему, куда исчезает во время горения «огненный воздух» (Лавуазье назвал его «жизненным воздухом»). Весы объяснили ему, какие вещества сложные и какие простые. И еще многое другое узнал Лавуазье благодаря весам. Как и Шееле, Лавуазье тоже пробовал сжигать фосфор в закрытой колбе. Но Лавуазье не терялся в до-

гадках, куда исчезала пятая часть воздуха при горении: весы дали: ему на этот счет совершенно точный ответ.

Перед тем как положить кусок фосфора в колбу и поджечь, Лавуазье его взвесил. А когда фосфор сгорел, Лавуазье взвесил всю сухую фосфорную кислоту, которая осталась в колбе. Как вы думаете, что оказалось тяжелее — фосфор или то, что осталось от него после горения? Шееле и все химики того времени, даже не глядя на весы, сказали бы в один голос: «Конечно, фосфорной кислоты должно получиться меньше, чем было фосфора до горения. Ведь сгорая, фосфор разрушился, потерял флогистон. В крайнем случае, если даже допустить, что флогистон вовсе не имеет веса, то фосфорная кислота должна весить ровно столько, сколько весил фосфор, из которого она получилась». Но оказалось не так.

Весы сообщили, что белый иней, осевший на стенках колбы после горения, весит больше сгоревшего фосфора. Получалось что-то невероятное: фосфор потерял флогистон, а стал, тяжелее. Это могло показаться такой же нелепостью, как если бы кто-нибудь стал уверять, будто кувшин становится тяжелее, когда из него выливают воду. Откуда же, в самом деле, могла появиться в фосфорной кислоте излишняя тяжесть? — Из воздуха! — отвечал Лавуазье. — Та самая часть воздуха, которая якобы исчезла из колбы, в действительности вовсе не уходила из нее, а просто присоединилась во время горения к фосфору. От этого соединения и получилась фосфорная кислота. (Теперь мы называем это вещество фосфорным ангидридом). Так вот как легко объяснялось таинственное исчезновение «огненного воздуха»! Одна загадка раскрывала другую! И Лавуазье понимал, что горение фосфора не исключение. Его опыты показали, что всякий раз, когда сгорает любое вещество или ржавеет металл, происходит то же самое.

Он провел такой опыт. Положил кусок олова в сосуд. Плотнo закрыл со всех сторон, чтобы в него ничего не проникало извне. Затем взял большое увеличительное стекло и направил сквозь него горячие солнечные лучи прямо на кусок олова. От жары олово сначала расплавилось, а затем стало ржаветь — превращаться в серый рассыпчатый порошок, в окалину. И олово и воздух, который находился в со-

суде, Лавуазье заранее взвесил. А когда все было кончено, он взвесил оставшийся воздух и окалину. И что же? Окалина прибавила в весе ровно столько, сколько потерял воздух. В сосуд, где ржавело олово, извне ничего не могло попасть — только солнечные лучи. Кроме воздуха да олова, там ничего не было. И вот олово, превратившись в окалину, стало тяжелее. Можно ли было после этого отрицать, что окалина — это соединение олова с «огненной», или «жизненной» частью воздуха?

Лавуазье сжигал также чистейший древесный уголь в закрытом сосуде, который был наполнен «жизненным воздухом». Когда уголь сгорел, в реторте от него как будто ничего не осталось — только еле заметная щепотка золы. Но весы говорили другое. Они показывали, что воздух, который был в колбе, стал тяжелее и как раз на столько тяжелее, сколько весил сожженный уголь. Стало быть, уголь во время горения не исчез безвозвратно, а образовал с «жизненным воздухом» новое вещество. Этот тяжелый газ Лавуазье назвал углекислотой, или углекислым газом.

Когда Лавуазье описал свои опыты и откровенно высказал, что он о них думает, почти все химики сначала ополчились против него. — Как! — говорили они. — Вы утверждаете, что, когда тело горит или металл ржавеет, они не разрушаются, не распадаются на свои составные части, а, наоборот, присоединяют еще к себе «жизненный воздух»? — Совершенно верно! — отвечал Лавуазье. — Это как раз то, что я думаю. — Позвольте! — говорили ему. — А что же происходит, по-вашему, с флогистоном во время горения? — Никакого флогистона я не знаю, — отвечал Лавуазье. — Никогда я его не видел. Никогда мои весы не сообщали мне о том, что флогистон существует. Я беру чистое горючее вещество, например фосфор, или чистый металл, например олово, и сжигаю его в закрытом сосуде, где нет ничего, кроме чистейшего «жизненного воздуха». И горючее вещество и «жизненный воздух» в результате горения исчезают. Вместо этих двух веществ в сосуде появляется одно новое, скажем, сухая фосфорная кислота или окалина олова. Я взвешиваю это новое вещество. Оказывается, оно одно весит как раз столько, сколько весили горючее вещество и «жизненный воздух», вместе взятые. Всякий разумный

человек может сделать из этого только один вывод: сгорая, вещество соединяется с «жизненным воздухом» и образует новое вещество. Это так же ясно, как то, что два плюс два равно четырем. А при чем тут флогистон? Все понятно и без флогистона. С ним получается только сплошная путаница.

~~ФЛОГИСТОН~~

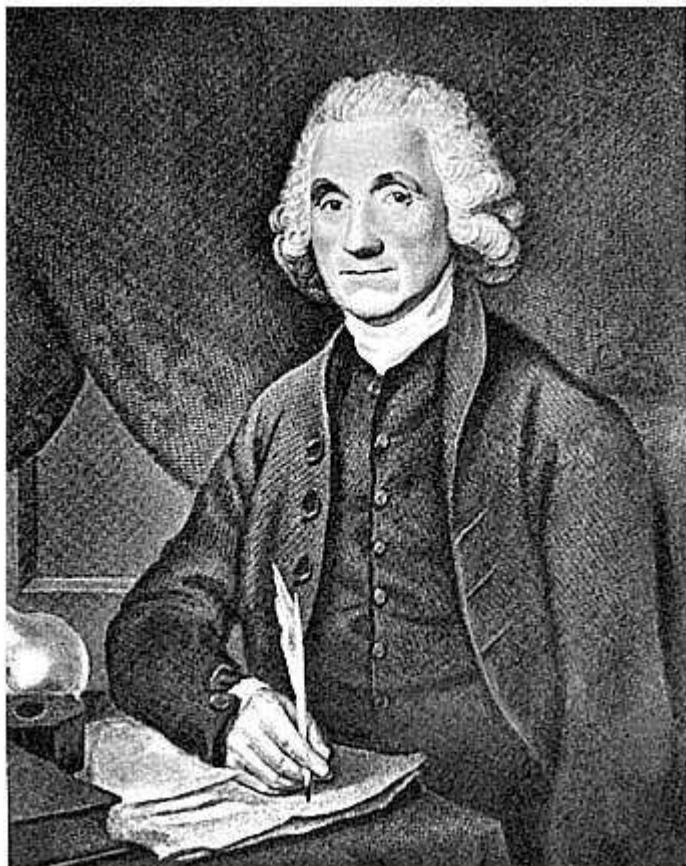
Это заявление вызвало бурю в ученом мире. Химики так привыкли видеть всюду незримый призрак флогистона, что никак не могли сразу понять, как это можно вдруг объявить его несуществующим. И совершенно нелепой казалась мысль о том, что горящее тело не только не уничтожается и не распадается, а присоединяет к себе «жизненный воздух». Разве незнакома была каждому с детства разрушительная сила огня?

Первое время над Лавуазье просто смеялись. Потом стали порочить его работу и уверять, что он неправильно проводил опыты, что весы его врут. Но факты — упрямая вещь. Лавуазье неустанно продолжал выдвигать все новые и новые, все более убедительные возражения против теории флогистона. Он приводил все новые факты, которые каждый мог проверить, чтобы убедиться в его правоте. И под напором неопровержимых фактов сторонники флогистона дрогнули и начали постепенно отступать. Многие химики делали еще различные попытки примирить новые открытия с флогистоном. Для этого они выдвигали одну замысловатую теорию за другой и строили десятки самых невероятных предположений.

Но в конце концов взгляды Лавуазье одержали верх. Сторонники флогистона один за другим складывали оружие и чистосердечно заявляли: — Трудно спорить против того, что очевидно. Лавуазье прав. К концу XVIII века флогистон был окончательно и навсегда изгнан из химической науки.



**Антуан Лоран Лавуазье с женой**



**Джозеф Пристли**

## Чистка элементов

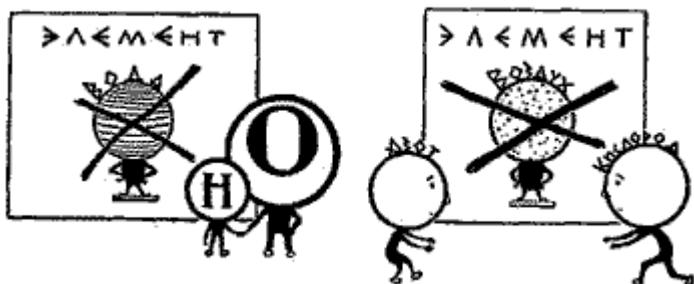
Открытие «огненного», или «жизненного», воздуха и падение флогистона перевернули всю химию. Химические явления предстали в новом свете. И только теперь можно было по-настоящему разобраться, из каких элементов состоит весь окружающий нас мир. Что следовало считать более сложным веществом — фосфор или фосфорную кислоту? Уголь или уголекислоту? Металл или его окалину?

До Лавуазье все химики говорили: — Конечно, фосфор сложнее, чем фосфорная кислота. Конечно, металл — более сложное вещество, чем окалина, фосфор состоит из двух элементов: из флогистона и фосфорной кислоты. Олово состоит из двух элементов: из флогистона и оловянной окалины. И так далее. Теперь же, когда оказалось, что при горении и окислении (появлении ржавчины на поверхности металла) вещества вовсе ничего не теряют, они притягивают к себе «огненный воздух», все стало выглядеть совершенно по-другому. Пришлось сухую фосфорную кислоту признать сложным телом, а фосфор — элементом, так как кислота получается от соединения фосфора и «огненного воздуха», а фосфор разложить на какие-нибудь другие вещества нельзя. Чистейший уголь был признан элементом, а уголекислый газ — нет.

Все металлы Лавуазье объявил элементами, а окалины — сложными телами. Кроме того, в ряду элементов появились вновь открытые «огненный воздух» и «негодный воздух». Первый из них Лавуазье назвал кислородом — в знак того, что он образует кислоты с некоторыми горючими веществами: с фосфором — фосфорную кислоту, с углем — уголекислоту, с серой — серную. А «негодный воздух» получил название азот; это слово Лавуазье взял из греческого языка, что означает «безжизненный».

До того времени воду считали неразложимым элементом. С самых древних времен ученые и философы всегда начинали перечисление элементов с воздуха и воды. О том, как была доказана неоднородность воздуха, мы уже рассказывали. А лет через десять после от-

крытия сложного состава воздуха пришла и очередь воды. Сначала англичанин Кэвендиш, а затем и Лавуазье доказали, что вода вовсе не элемент, а сложное тело. И представьте себе всеобщее удивление: вода, обыкновенная вода, оказалось, состоит из «жизненного воздуха» или кислорода и еще одного элемента, который Лавуазье назвал водородом. Водород—это тот легчайший горючий газ, который выделяется при растворении металла в кислоте. Пришлось и воду, вслед за воздухом, вычеркнуть из списка элементов.



После этого Лавуазье попробовал подсчитать, сколько же всего элементов есть на свете. Набралось свыше трех десятков. Из этих-то тридцати с лишним элементов и были составлены, по мнению Лавуазье, все бесчисленные сложные тела, какие существуют в мире. Впрочем, к некоторым веществам из своего же списка элементов он относился с нескрываемым подозрением. — Я вынужден считать их элементами только потому, что мы пока не умеем еще разложить их на составные части, — признавался он. — Многое говорит за то, что они на самом деле сложные вещества. Придет время, и химики найдут средства, чтобы доказать это так же убедительно, как мы доказали сложность состава воздуха и воды. Предсказание Лавуазье сбылось в точности и очень скоро. О том, как это случилось, будет рассказано в следующей главе.

## Вольтов столб

На пороге XIX века два итальянских ученых — Луиджи Гальвани и Алессандро Вольта — сделали очень важное открытие: они обнаружили, что электричество может течь — непрерывно и долго кружить по замкнутой цепи. Гальвани первый наблюдал это явление, а правильное объяснение его было найдено Вольта. Вольта построил и первый аппарат для получения электрического тока. Это произошло в последний год XVIII века. И с того момента началась новая эпоха в истории науки и техники.

Аппарат Вольта был необычайно прост. Кружок металлического цинка накладывался на кружок из серебра или меди, хотя бы на обыкновенную монету. Затем на металлические кружки накладывался кружок из картона, из кожи или сукна, пропитанный соленой водой. На этот кружок опять накладывался серебряный, на него снова цинк, а потом еще раз сырая кожа. Так повторялось десять, двадцать, тридцать раз подряд — серебро, цинк, влажная кожа. Получался столб — «вольтов столб», как его потом назвали. И это бесхитрое нагромождение металлических и неметаллических кружков давало электричество непрерывно и безотказно.

Столб Вольта можно было построить и по-другому — положив его как бы набор. Десяток, два или любое другое количество стеклянных банок, наполненных соленой водой или разбавленной кислотой, устанавливались подряд одна за другой. В каждую банку опускали с одного края медную пластинку, с другого — цинковую. И всю эту батарею банок превращали в одно целое тем, что медную пластинку каждой банки соединяли с цинковой пластинкой соседней банки. Такая батарея занимала гораздо больше места, чем столб из кружочков, зато действие ее было гораздо сильнее.

Каждый без труда мог построить себе подобный аппарат и проверить действие новой силы, открытой Гальвани и Вольта. И сразу же выяснилось, что с помощью электрического тока удастся совершать необычайные вещи.

Во-первых, ток разлагал воду. Как только замыкалась гальваническая цепь, вода начинала быстро распадаться на свои составные части. С одного конца выделялся горючий газ — уже знакомый нам водород. С другого вздымался вверх маленькими пузырьками не менее знакомый нам кислород—«огненный воздух» Шееле.

Кроме того, оказалось, что, когда через обыкновенную воду проходит ток, то в ней, неизвестно откуда, появляются у одной пластины кислота, у другой — едкая щелочь. Стало быть, ток не только расщепляет воду на кислород и водород, из которых она составлена, — он извлекает из нее и такие вещества, которых в ней никогда еще не находили.

Некоторое время спустя было сделано новое открытие: ток от вольтова столба изгонял металлы из растворов их солей. Если в воде растворяли, например, синие кристаллы медного купороса и через этот раствор пропускали ток, то одна из пластин начинала быстро покрываться ровным слоем чистой красной меди. Так же легко выделялись из жидких растворов серебро, золото и другие металлы.

Вольтов столб, созданный физиком, неожиданно оказался острым оружием в руках химиков. Без огня и пламени, бесшумно и аккуратно электрический ток вызывал самые удивительные химические превращения. Редакции научных журналов не успевали печатать бесчисленные сообщения о все новых и новых «электрических» экспериментах. Как золотоискатели стекаются со всех сторон ко вновь открытым богатым россыпям, так тянулись теперь ученые к вольтову столбу, ожидая от него нескончаемого потока чудес.

Среди этой многочисленной плеяды первых электрохимиков скоро громче всех прозвучало имя юного английского исследователя Хемфри Дэви.

## Детство и юность Хемфри Дэви

В тот год, когда профессор Гальвани впервые известил мир о своем открытии, Хемфри Дэви был еще резвым, озорным мальчишкой. К школьной науке он большой любви не питал. За равнодушие к латыни, за шалости и просто так учителя то и дело драли его за уши. И он предпочитал поэтому сидеть с удочкой у реки или бродить по лесу в поисках дичи, а не зубрить древних римских поэтов. — А, Хемфри! — говорил его учитель, священник Коритон, пренебрежительно махая рукой. — Этот не будет хватать звезд с неба.

Городок Пензэнс, где родился и провел свое детство Хемфри, был настоящим медвежьим углом. От больших городов Англии Пензэнс был отрезан бездорожьем, и путешествие из него в Лондон представляло большие трудности, чем в наше время поездка из Европы в Абиссинию. Ездили большей частью верхом: обыкновенная карета была в этом городе не меньшей диковиной, чем верблюды на улицах Лондона. Вести о событиях в широком мире проникали туда изредка и с огромным опозданием, да ими мало кто здесь интересовался. Драки и охота, петушинные бои и основательная выпивка — таковы были главные развлечения жителей Пензэнса. Что же здесь могло возбудить у ребенка интерес к науке? Меньше всего это мог сделать, конечно, «преподобный» Коритон со своей латынью.

До шестнадцати лет Хемфри был порядочным сорванцом. Среди молодежи своего города он славился больше всего тем, что умел хорошо сочинять стихи и неплохо стрелял дичь, в остальном он был, как все, малообразованный ветреный юнец. Жизнь Дэви сразу изменилась, когда умер его отец, который был резчиком по дереву. Как старший сын в осиротевшей семье, молодой Хемфри впервые почувствовал большую ответственность. Много, правда, он для семьи сделать не мог: ни стихи, ни скверная латынь, ни удочки не могли быть полезными, когда семье требовался кормилец. Он поступил в ученики к местному лекарю Борлазу.

Это был, подобно многим другим врачам того времени, врач практический. Специальным наукам Борлаз не учился; он овладел искусством исцелять людей исподволь, с годами. Сначала он приглядывался к тому, как работал его учитель и хозяин, помогал ему во всем, а потом стал самостоятельно практиковаться на его пациентах. Теперь такой же путь должен был проделать Хемфри Дэви. Никто не видел тогда ничего зазорного в том, что люди обучались медицине так же, как умению шить сапоги или ковать лошадей.

Борлаз был одновременно и аптекарем: он лечил лекарствами собственного изготовления. И юный Дэви с первых же дней своего ученичества должен был толочь всякие порошки, растворять соли и разные специи: перегонять масла и кислоты. В аптеке Борлаза он и столкнулся впервые с химией.

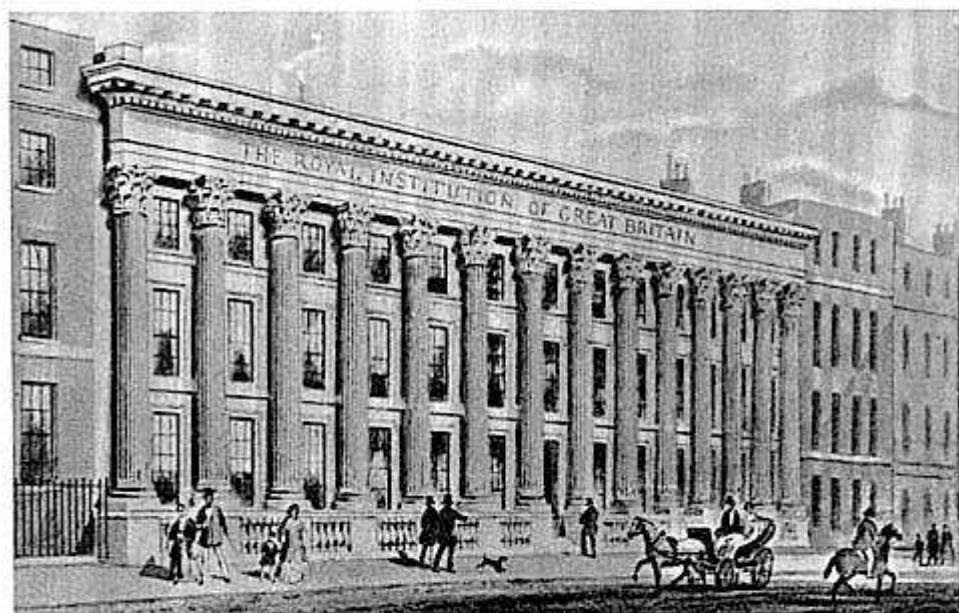
Повторилась та же история, что у шведа Карла Шееле. От изготовления пилюль и микстур Хемфри перешел к сложнейшим химическим опытам, и скоро он по-настоящему увлекся этим новым делом. Стихи и удочки не были заброшены совершенно, но оказались на втором плане. По ночам семья Борлаза теперь вскакивала иногда с постелей в великом испуге, разбуженная грохотом взрыва: это неистовый ученик лекаря овладевал тайнами химической науки. Хемфри теперь только понял, что он, в сущности, совершеннейший неуч, и с большим рвением принялся наверстывать упущенное. Для начала он наметил себе такую программу самообразования: изучить не меньше семи языков — живых и мертвых — и проштудировать десятка два различных наук — от анатомии до философии. Трудно, конечно, назвать такую программу скромной для шестнадцатилетнего малого. Но Дэви проявил неожиданные качества: он схватывал все на лету. Толстые тома он проглатывал легко, словно забавный анекдот. Его друзья поражались тому, как прекрасно Дэви усваивал содержание книг, хотя он, казалось, только успевал их бегло перелистать.

Прошел год-другой, и прежний учитель Дэви вынужден был признать, что жестоко ошибся в своем озорном ученике. Самые образованные жители Пензэнса и окрестностей с восторгом отзывались теперь о знаниях Дэви и об его остроумных экспериментах. Слава о

нем скоро распространилась и за пределами Пензэнса. В 1798 году двадцатилетний Дэви получил предложение переехать в Бристоль для работы в Пневматическом институте, где некий профессор Беддоус пытался лечить больных с помощью азота, водорода, кислорода и других недавно открытых газов. Здесь Дэви провел много интересных исследований. Он открыл «веселящий газ» — газ, который возбуждал и опьянял, как вино, и это прославило его на всю Англию.

В один прекрасный день Дэви принесли письмо из Лондона: Королевский научный институт приглашал его на работу. Этот институт назывался «королевским» вовсе не потому, что король Англии стоял во главе его или принимал какое бы то ни было участие в его работе. Король не имел к нему почти никакого отношения. Он даже не давал институту ни гроша денег. Кружок частных лиц — благотворителей — содержал его на подачки богачей и на свои собственные средства. Но король «милостиво» разрешил считать себя в числе основателей этого научного учреждения, и поэтому институт именовали «королевским». Для юного Дэви приглашение столичного института было, конечно, очень лестным. И он поспешил ответить согласием.

16 февраля 1801 года заседал совет попечителей Королевского института, и в протоколе было записано: «Принять на службу в Королевский институт мистера Хемфри Дэви в качестве помощника профессора по химии, директора лаборатории и помощника редактора журнала института. Разрешить ему занять комнату в доме института, снабжать его углем для камина и свечами и платить жалованье — сто гиней в год».



**Британский Королевский институт, где работал Хемфри Дэви**

## В институте на Албемарли-стрит

Бездельники, которые составляли так называемое «высшее общество» Лондона, вдруг нашли для себя новый, модный способ времяпрепровождения: посещение лекций по химии в Королевском институте. Тогда между Англией и Францией шла война; доступ на материк, в веселый Париж, был закрыт. Куда было деваться богатым людям, ищущим забавы? В это время разнесся слух о том, что в институте на улице Албемарли появился профессор, который читает совершенно необыкновенные лекции. Легкомысленные модницы и солидные джентльмены, умиравшие от скуки в гостиных и клубах, немедленно приобрели билеты на очередную лекцию.

Химия! Такого «развлечения» не знал еще до сих пор светский Лондон. Первое, что бросилось в глаза посетителям лекционного зала на Албемарли-стрит, был большой стол, весь уставленный приборами. Опытный глаз сразу обнаружил бы между ними высокие вольтовые столбы, от которых спиралями уходили во все стороны провода. В назначенный час открывалась дверь и на кафедре появлялся профессор. Тотчас же дамы подносили к глазам лорнеты, а мужчины вытягивали шеи. Хрупкий двадцатилетний юнец стоял перед ними. У него была небольшая голова, каштановые волосы, живое, выразительное лицо. — Как он молод! — шептали в зале.



**Молодой Хемфри Дэви**

Это был профессор Хемфри Дэви, сын резчика по дереву, тот самый Хемфри, который всего шесть лет тому назад бегал по улицам Пензэнса с рыболовными крючками и червями в карманах. Теперь он читал лекции для самой «изысканной» лондонской публики. Подвижной и нервный, Дэви перебегал от одного прибора к другому. Он замыкал гальванические цепи, размыкал их, демонстрировал, как внезапно краснеет синяя лакмусовая краска от появления кислот у пластин электрической батареи, как на глазах распадаются одни веществ-

ва и появляются другие. Сухие теории в его изложении приобретали вдруг наглядность и простоту. Он говорил с пафосом, красноречиво, и временами казалось, что на кафедре стоит не ученый, а поэт, декламирующий свои стихи.

Редкий проповедник, редкий политический оратор говорил так горячо, убедительно и страстно, как говорил химик Дэви о своей науке и своих экспериментах. Его лекции имели грандиозный успех; зал всегда бывал переполнен. С кафедры его провожали громом аплодисментов, а дамы подносили ему цветы и тайком писали восторженные письма, словно прославленному тенору. Его наперебой приглашали в богатые дома. И Дэви не отказывался. Он оттирал следы химических реактивов с рук, надевал вечерний костюм и мчался на званый обед или на бал. Замечательный экспериментатор, умница и пламенный поэт науки, он слишком много вертелся в гостиных, зря растрачивая драгоценное время. Но талант и молодость все преодолевают: Дэви умудрялся и в немногие часы работы сделать многое.

Над чем же он работал в лаборатории Королевского института? Попечители института навязывали ему самые неожиданные задания. В первый же год они предложили Дэви прочесть для специалистов кожевенного дела курс лекций по химии дубления кож. — Помилуйте! — взмолился Дэви, — Я никогда и на кожевнном заводе-то не был. — Ничего, — отвечали попечители, — зато вы хорошо знаете химию. Нечего делать, пришлось заняться дублением кож. Он умел так быстро разбираться во всяком новом деле и так легко увлекался работой, что в короткое время добился и тут больших успехов. Он обнаружил, что кожу можно хорошо дубить особым древесным соком «катеху», и научил кожевнников применять у себя на заводах это вещество.

А попечители скоро придумали для него новое занятие — определять состав различных минералов, которые коллекционировались в институте.



Пришлось Дэви анализировать минералы. Потом его заставили заняться агрохимией — химией земледелия. И он стал посещать помещичьи имения и крестьянские фермы. Он копался в черноземе и суглинках, изучал навоз и толковал со стариками об урожаях.

Но все это он делал больше поневоле, чем по своей охоте. Был у него другой, любимый конек — электрохимия, для которой он всегда умел выкроить время. Еще в Бристоле, в Пневматическом институте, Дэви смастерил себе вольтов столб и много с ним экспериментировал. А теперь, когда Дэви получил в свои руки лабораторию Королевского института, он стал сооружать электрические батареи, одну мощнее другой; в некоторых бывало до сотни и даже больше пар пластин. Дэви провел множество опытов, пытаясь разобраться в тех химических превращениях, которые вызывал электрический ток. Откуда появлялись кислоты и щелочи в обыкновенной воде, когда через нее проходил ток? Вот что его первое время интересовало больше всего. Шаг за шагом ему удалось выяснить, в чем тут дело.

Те, которые думали, будто ток создает кислоты и щелочи из ничего, ошибались. Из стекла сосудов, из ничтожных примесей, которые содержались в металле пластин, — отовсюду под действием электрического тока незаметно извлекались посторонние вещества. Разлагаясь, они собирались в виде кислот и щелочей у опущенных в воду пластин, по которым шел ток. Так утверждал Дэви. Он сделал опыт. Чистую, дистиллированную воду Дэви налил в сосуд из чистого золота, к которому был подведен ток. Этот прибор он поместил под стеклянный колпак и насосом откачал изнутри весь воздух. Тут уж никаких примесей заведомо не могло быть. Включил ток. Тотчас же в

воде показались пузырьки водорода и кислорода, но никаких кислот и щелочей в ней не появлялось.

Обо всем этом Дэви доложил 20 ноября 1806 года Королевскому научному обществу (это общество в Англии играет примерно такую же роль, как в других странах академии наук). Доклад назывался Бэйкеровским и вот почему. Некий Бэйкер, торговец старинными вещами и любитель естественных наук, умирая, завещал Королевскому обществу сто фунтов стерлингов. Эту сумму Бэйкер положил в банк с условием, чтобы проценты с нее ежегодно уплачивались тому, кто прочтет в Королевском обществе доклад о каких-нибудь выдающихся открытиях, доклад имени Бэйкера. Подобный обычай широко применяется и сейчас в буржуазных странах: жертвуя деньги для науки, иные тщеславные богачи пытаются купить себе бессмертную славу, которую они ничем другим заслужить не могут.

В начале XIX века чтение Бэйкеровского доклада считалось в Англии большой честью. В 1806 году Дэви впервые выступил с таким докладом. И это выступление было признано самым крупным научным событием после открытия Вольта. Первый Бэйкеровский доклад Дэви произвел такое сильное впечатление на ученых, что даже в чужой, враждебной стране — во Франции ему присудили золотую медаль и премию имени Вольта. Но это было еще только начало. Ровно год спустя Дэви снова предстал с докладом перед Королевским обществом. На этот раз почтенным академикам пришлось услышать действительно невероятные вещи. Оказалось, что Дэви открыл новые химические элементы! И какие элементы!

## Едкое кали и едкий натр

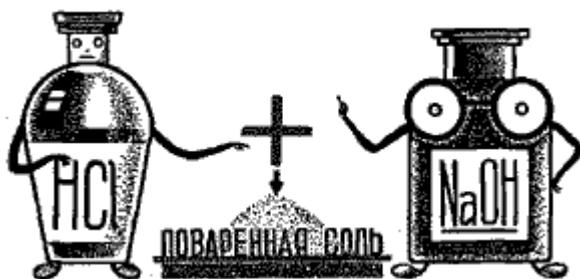
Среди многочисленных веществ, которыми химики с давних времен пользовались в своих лабораториях, почетное место всегда занимали едкие щелочи — едкое кали и едкий натр. Сотни различных химических реакций осуществляются в лабораториях, на заводах и в быту при участии щелочей. С помощью едких кали и натра можно, например, сделать растворимыми большинство нерастворимых веществ, а самые сильные кислоты и удушливые пары можно благодаря щелочам лишить всей их жгучести и ядовитости.

Едкие щелочи — очень своеобразные вещества. На вид это беловатые, довольно твердые камни, ничем как будто не примечательные. Но попробуйте взять едкое кали или натр и зажать его в руке. Вы почувствуете легкое жжение, почти как от прикосновения к крапиве. Долго держать в руке едкие щелочи было бы нестерпимо больно: они могут разъесть кожу и мясо до кости. Вот почему их называют «едкими», в отличие от других, менее «злых» щелочей — всем известных соды и поташа. Из соды и поташа, кстати сказать, почти всегда и получались едкие натр и кали.

У едких щелочей сильнейшее влечение к воде. Оставьте кусок совершенно сухого едкого кали или натра на воздухе. Через короткое время на его поверхности неизвестно откуда появится жидкость, потом он весь станет мокрым и рыхлым и под конец расплзется бесформенной массой, как кисель. Это из воздуха щелочь притягивает к себе пары воды и образует с влагой густой раствор. Кому впервые приходится погрузить пальцы в раствор едкой щелочи, тот с удивлением заявляет: — Как мыло! И это совершенно правильно. Щелочь — скользкая, как мыло. Больше того: мыло потому и «мыльно» на ощупь, что его изготавливают с помощью щелочей. Раствор едкой щелочи и на вкус напоминает мыло.

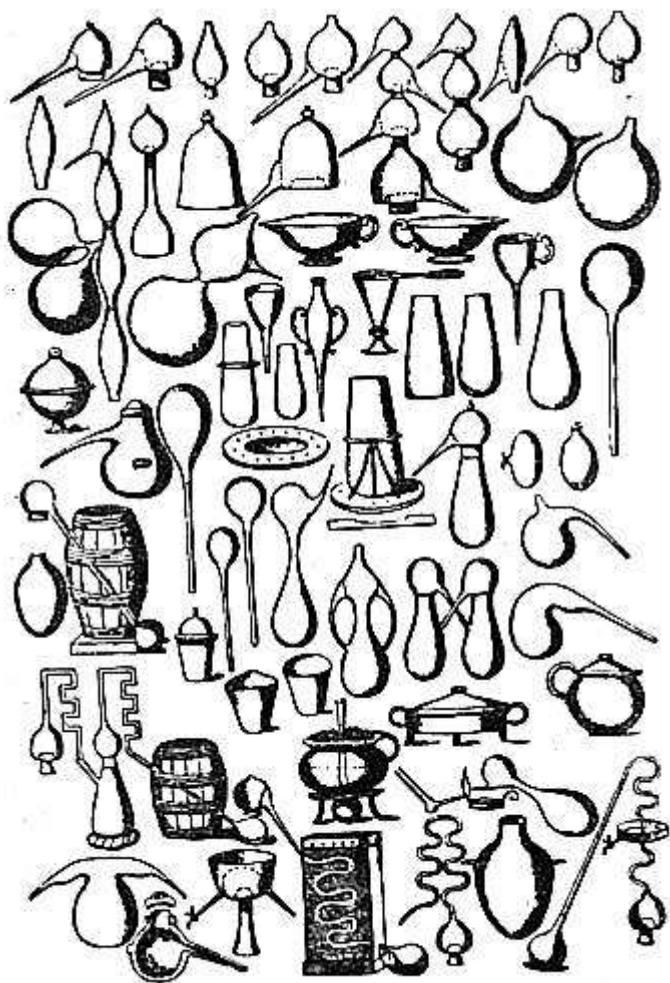
Но химик узнаёт едкую щелочь не по вкусу, а по тому, как это вещество ведет себя с краской лакмус и с кислотами. Бумажка, пропитанная синей краской лакмус, мгновенно краснеет, когда ее опускают в кислоту; а если этой покрасневшей бумажкой дотронуться до

щелочи, то она тотчас же опять становится синей. Едкая щелочь и кислота не могут мирно существовать рядом ни одной секунды. Они тотчас же вступают в бурную реакцию, шипя и разогреваясь, и уничтожают друг друга до тех пор, пока в растворе не останется ни крупины щелочи или ни капли кислоты. Только тогда наступает успокоение. Щелочь и кислота «нейтрализовали» друг друга, говорят в таких случаях. От соединения их между собой получается «нейтральная» соль — ни кислая, ни едкая. Так, например, от соединения жгучей соляной кислоты с едким натром получается обыкновеннейшая поваренная соль.



Для химика времен Дэви едкие щелочи были наиболее употребительными реактивами. С ними в первую очередь знакомился всякий начинающий лаборант, и затем уже редкий день он мог обходиться без них.

Считалось, что едкие щелочи — простые, неразложимые тела. Они могли вступать в соединения с самыми различными веществами, но расщепить их на еще более простые вещества, казалось, невозможно было никакими силами. Поэтому их принимали за элементы вместе с металлами, серой, фосфором и вновь открытыми газами — кислородом, водородом и азотом. На этих-то веществах, отлично известных каждому тогдашнему химику, Хемфри Дэви решил испытать разлагающее действие электрического тока.



Химическая посуда конца XVII - начала XVIII веков

## Секрет лилового пламени

Он пришел к этой мысли сразу же, когда увидел, как легко разлагает ток химические тела, даже те ничтожные примеси, которые случайно находились в гальванической батарее. «Может быть, — подумал Дэви, — и многие из тех веществ, которые мы принимаем за неразложимые элементы, не устоят перед электрическим током». Он стал критически изучать и сравнивать свойства серы, фосфора, углерода, щелочей, магнезии, извести, глинозема. Элементы это или не элементы? А если не элементы, то какие неведомые вещества они в себе содержат? Любопытнейшая загадка, над раскрытием которой стоило поработать!

По многим соображениям Дэви решил начать с едких щелочей. Некоторыми своими химическими свойствами они напоминали тела заведомо сложного состава. А раз так, рассуждал Дэви, то, может быть, и щелочи — вещества сложные. Недаром великий Лавуазье высказывал подобное предположение. Правда, доказать его Лавуазье не мог, и другие химики в этом с ним не соглашались, но если у такого проницательного ученого, как Лавуазье, щелочи были на подозрении, то имело смысл начать именно с них.

Прежде всего Дэви попытался разложить едкое кали, растворив его предварительно в воде. Он велел своему помощнику и кузену Эдмунду собрать и соединить вместе все электрические аппараты, какие имелись в Королевском институте. Получилась весьма внушительная батарея: двадцать четыре больших аппарата с квадратными пластинами из цинка и меди шириной в целый фут, сто аппаратов с пластинами шириной в полфута и сто пятьдесят аппаратов с пластинами шириной в 4 дюйма (английский фут равен примерно 30 сантиметрам; в футах 12 дюймов). Батарея давала сильнейший ток, и Дэви надеялся, что едкое кали не выдержит его воздействия и распадется на составные части. В стеклянный сосуд был налит бесцветный, прозрачный раствор щелочи, затем туда опустили две проволоки, соединенные с гальванической батареей.

Как только ток пошел через раствор, у обеих проволок появились пузырьки газа. Скоро раствор забурлил, стал разогреваться, и пузырьки все быстрее и быстрее вырывались из жидкости в воздух. — Это вода разлагается на водород и кислород, — разочарованно сказал Дэви. — Посмотрим, что будет дальше. Но дальше было все то же. Ток разлагал воду, в которой растворили щелочь, а само едкое кали оставалось нетронутым. Дэви, однако, не принадлежал к числу тех, кто отступает перед препятствиями. «Хорошо, — решил он, — если вода мешает, попробуем обойтись без нее».

Вместо водного раствора он решил взять расплавленную безводную щелочь. В ложку из платины было насыпано сухое едкое кали. Под нее подставили спиртовую лампу и мехами поддували в пламя заранее запасенный чистый кислород. С кислородом пламя горело ярко, и в какие-нибудь три минуты едкое кали растеклось в ложке огненной жижей. Тотчас же к ложке поднесли один конец от гальванической цепи, а другой конец Дэви стал опускать в раскаленную щелочь сверху. Едкая жидкость слегка дымилась и выбрасывала колючие огненные брызги. Но Дэви в волнении не чувствовал боли. «Разложится или не разложится? — думал он, поднося платиновую проволоку к поверхности расплавленной щелочи. — Воды теперь нет. В ложке одно только едкое кали. Если оно не элемент, то это сейчас же обнаружится... А может быть, ток вообще не пойдет через расплавленную щелочь?» Но напрасно он опасался. Ток пошел!

— Алло! — закричал Дэви не своим голосом. — Идите-ка сюда, Эдмунд! Бьюсь об заклад: щелочь разлагается. Защищая рукой глаза от брызг, ассистент придвинулся к прибору. А сам Дэви чуть ли не носом уткнулся в самую ложку. Под действием тока в расплавленном едком кали происходили явные перемены. В том месте, где платиновая проволочка коснулась щелочи, вырос тонкий язычок необыкновенно красивого розовато-лилового пламени. И, покуда цепь оставалась неразомкнутой, пламя продолжало гореть; когда же ток выключили, оно моментально исчезло.

Ассистент в недоумении посмотрел на своего профессора: — Что это означает? — Это означает, дорогой Эдмунд, что мы с вами

развенчали мнимый элемент, — уверенно заявил Дэви. — Ток выделил из щелочи какое-то неизвестное вещество, которое входит в ее состав. Оно-то и сгорало у проволоки лиловым пламенем. Другого объяснения не может быть. Но что это за вещество и как его уловить, я еще сам не знаю.

Да, уловить таинственное вещество казалось делом нелегким. Существовало ли оно вообще? Не придавал ли Дэви чересчур много значения этому лиловому огоньку у платиновой проволоки? Менее пылкий экспериментатор, чем Дэви, Луиджи Гальвани однажды высказал мудрую мысль «Исследователь часто видит во время опыта не то, что есть на самом деле, а то, что ему хотелось бы увидеть».

Может быть, Дэви видел в ложке расплавленной щелочи только то, что ему очень хотелось видеть? Он несколько раз повторял опыт, и каждый раз неизменно появлялось лиловое пламя, если только верхняя проволочка была присоединена к отрицательному полюсу батареи, а платиновая ложка — к положительному полюсу. Когда же он менял проволоки, то пламени не было, но появлялись другие признаки разложения щелочи: пузырьки какого-то газа поднимались со дна ложки и, вырываясь в воздух, воспламенялись один за другим. Вероятно, это был водород. Что касается неизвестного вещества, сгоравшего лиловым пламенем, то оно во всех случаях оставалось неуловимым.

## Великолепный эксперимент!

В одно туманное октябрьское утро Дэви, едва позавтракав, спустился из своей комнаты в лабораторию. Сегодня предстояла еще одна попытка. В первый раз ему не удалось разложить щелочь из-за воды. Во второй раз виной была, может быть, чрезмерно высокая температура щелочи, расплавленной и раскаленной докрасна. Значит, надо было постараться выделить неизвестное вещество из безводной щелочи, но без огня, чтобы оно не сгорало в самый момент появления своего на свет. Тогда это вещество неизбежно окажется в руках экспериментатора. Но как же расплавить едкое кали без огня? Не попробовать ли пустить ток через твердую щелочь на холоду? С таким намерением Дэви и вошел в лабораторию в то памятное октябрьское утро.

Накануне он поздно вернулся с какого-то аристократического бала, спал всего часа три и поэтому чувствовал себя сейчас прескверно. Но, как только он принялся за дело, дурное настроение его улетучилось, и он с обычным рвением и подъемом налаживал эксперимент. Скоро на помощь ему явился Эдмунд. Вся задача теперь заключалась в том, чтобы заставить ток пойти через твердую щелочь на холоду. Дэви знал, что едкое кали в сухом виде — изолятор, подобно стеклу или фосфору, и электричества через себя не пропускает. Поэтому он пробовал намочить щелочь водой, но тогда ток просто-напросто разлагал воду, а до щелочи и не добирался.

Несколько часов подряд Дэви бился с этим упорным веществом, но ничего не получалось. Если он оберегал щелочь от воды, ток не мог через него пробиться, хотя батарея и работала в полную силу. Однако и с мокрой щелочью тоже ничего хорошего не получалось. Но Дэви не сдавался. Он забыл обо всем на свете. Он видел только белый брусок едкого кали, который торчал у него перед глазами — неразложимый, стойкий против всех и всего. «Во что бы то ни стало я должен разложить эту щелочь!» Десятки новых проектов возникали у него в голове, но все они были слишком сложны и имели слишком мало шансов на успех. «Нет, надо во что бы то ни стало заставить ток пойти через твердую щелочь», — решил он. — Ну-ка, Эдмунд, давайте

попытаемся еще раз, — сказал Дэви. — Достаньте еще один кусок щелочи.

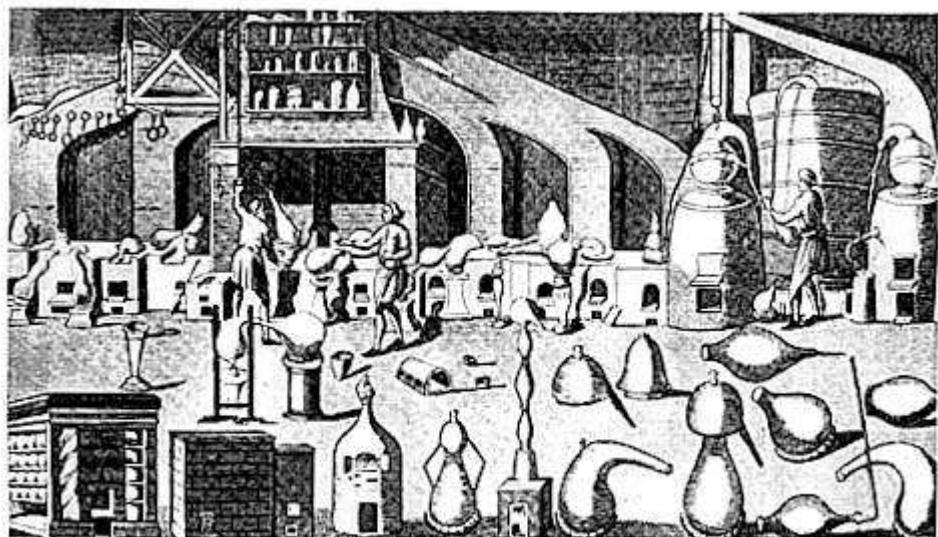
Еще один кусок абсолютно сухой щелочи был извлечен из банки. Но, прежде чем положить едкое кали на лист из платины, соединенный с отрицательным полюсом батареи, Дэви подержал его с минуту — только минуту! — на воздухе. — Попробуем на этот раз дать ему притянуть чуть-чуть влаги из воздуха. Может быть, этого как раз хватит, чтобы сделать твердую щелочь проводником электричества, — размышлял он вслух. — И в то же время такого ничтожного количества воды, вероятно, будет слишком мало, чтобы помешать току разложить щелочь. Это была остроумная идея! Сухое едкое кали не годилось. Влажное тоже не годилось. И он решил сделать щелочь ни сухой, ни влажной.

Кусок едкого кали успел покрыться только еле заметной пленкой влаги, когда его уже положили на платину. Дэви прикоснулся к нему сверху платиновой проволокой, замкнув через него цепь. Ток пошел. Тотчас же твердая щелочь начала плавиться сверху и снизу. Дэви побледнел. Он стоял над прибором, едва смея дышать. Щелочь плавилась в том месте, где она соприкасалась с металлом, и тихо шипела. Секунды казались веками. Внезапно громкий треск, нечто вроде небольшого взрыва, раздался над плавящейся щелочью. Дэви сильно толкнул локтем своего ассистента и нагнулся над прибором. — Эдмунд... Эдмунд... — пробормотал он. — Смотрите, Эдмунд!

Наверху плавящаяся щелочь начинала бурлить все сильнее и сильнее, внизу же, на листе платины, появлялись из расплавленной щелочи маленькие, крохотные, ничтожные шарики. Они походили на шарики ртути — такие же подвижные, с серебристым блеском, но вели себя совсем иначе, чем ртуть. Некоторые из них, едва возникнув, лопались с громом и исчезали, вспыхнув красивым лиловым пламенем; другие, уцелев, быстро тускнели на воздухе и покрывались белым налетом. Оказывается, в состав едкого кали входил какой-то металл! И никто до сих пор не знал о его существовании.

Как безумный, сорвался Дэви с места и в восторге заплясал по лаборатории. Что-то свалилось с полки, пустая реторта стукнулась о железную треногу и со звоном разбилась вдребезги. Служитель, наполнявший в углу бутылку дистиллированной водой, с сифоном в руке испуганно кинулся было вон из лаборатории. — Гип-гип! — кричал Дэви. — Bravo! Молодец, Хемфри! Ты его все-таки доконал! Он обхватил своего двоюродного брата за плечи, потряс и стал оттаскивать его от стола. — Разомкните цепь, Эдмунд, — кричал он, — прекратите этот фейерверк. Мы уже своего добились. Понимаете ли вы как следует, что нам удалось сделать? — Отлично понимаю, Хемфри. Поздравляю от всей души! Дэви долго не мог успокоиться — он был опьянен победой. — Это еще только начало, — говорил он своим помощникам — Очередь теперь за другими элементами. Перед гальваническим током ничто не устоит. Мы поставим всю химию дыбом! Но сегодня нечего было и думать о том, чтобы продолжать опыты: от радости Дэви был совершенно невменяем.

Немного успокоившись, он уселся за стол и раскрыл лабораторную книгу. Страшно брызгая чернилами и ломая перья, Дэви подробно записал все события этого дня. Затем он наскоро вымыл руки и, громко распевая, помчался из лаборатории. Но в дверях Дэви вдруг остановился, как будто вспомнив о чем-то, и вернулся к своему столу. Он снова раскрыл книгу и на полях, напротив того места, где были изложены результаты последнего опыта, написал жирными крупными буквами: **ВЕЛИКОЛЕПНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ!**



**Химическая лаборатория XVIII века**

## Металл, который в воде не тонет, а на льду горит

Никто не может осудить Дэви за то, что он вел себя в тот день как восторженный мальчишка. В течение многих месяцев он мечтал о разложении едкой щелочи, десятки раз терпел неудачи, и вдруг смелая его затея — разложить то, что считалось неразложимым, — увенчалась полным успехом. Он вычеркнул едкое кали из списка элементов и поставил на его место новый, неизвестный до того дня, настоящий элемент, который он назвал *потассиум* (англичане называют едкое кали едким поташем).

Дэви всегда был порывист и быстр в работе. А теперь он развил неистовую энергию ему не терпелось поскорее собрать побольше нового вещества, чтобы досконально его изучить. Но это было не так-то просто: потассиум оказался веществом с необычайными свойствами. Во-первых, он упорно «не желал» оставаться в чистом, «первобытном» своем состоянии. Едва возникнув, этот металл уже стремился снова исчезнуть, соединиться с другими веществами. И Дэви пришлось порядком повозиться, прежде чем он научился сохранять его в неизменном виде в течение многих дней. Если потассиум не сгорал со взрывом в момент своего появления из плавящейся щелочи, он все равно быстро изменялся на воздухе. В течение нескольких минут, прямо на глазах, он терял блеск, тускнел и покрывался белой коркой. Соскабливать ее не имело смысла: оголенный металл тут же покрывался новой пленкой. Пленка быстро увлажнялась и рыхлела. Проходило некоторое время, и от куса серебристого металла оставался лишь бесформенный сероватый кисель. Стоило дотронуться до него пальцем, как сразу обнаруживалось, что это старый знакомый — едкое кали: на ошупь он напоминал мыло, а красная лакмусовая бумажка мгновенно окрашивалась им в синий цвет. Ясно, что означало это превращение: потассиум с жадностью поглощал из воздуха кислород и водяные пары, чтобы вновь вернуться в свое исходное состояние и опять стать щелочью. Дэви попробовал бросить потассиум в воду. Казалось бы, металл, брошенный в воду, должен был немедленно упасть на дно и спокойно лежать там. Так, по крайней мере, вели себя все

старые металлы, которые были известны Дэви. Но с потассиумом произошло совершенно иное. Тонуть он не стал. С громким шипением этот металл забегал по поверхности воды. Затем раздался оглушительный взрыв, и над потассиумом вспыхнуло лиловое пламя. Так он и носился по воде с огнем и треском, все уменьшаясь, пока весь не превратился в едкую щелочь, тут же исчезнувшую в растворе.



Куда бы Дэви ни помещал этот «буйный» элемент, он обязательно учинял шум, гром и огонь. А если с виду встреча его с другими веществами и проходила мирно, то все равно дело кончалось тем, что он постепенно вытеснял другие элементы из их соединений и сам становился на их место. В кислотах он воспламенялся, стекло разьедал. В чистом кислороде он вспыхивал с такой силой и горел таким ослепительным белым пламенем, что на него невозможно было смотреть. В спирту и эфире он находил малейшие следы воды и немедленно ее разлагал. Со всеми металлами он легко и охотно сплавлялся. С серой и фосфором соединялся, воспламеняясь огнем. Даже на льду он загорался и, продырявив его, успокаивался только тогда, когда превращался в щелочь. Что было Дэви делать с этим неугомонным элементом? Куда девать? Где и как сохранять? Он уже терял надежду найти вообще какое-нибудь вещество, которое могло устоять перед потассиумом. Но, к счастью, такое вещество все же отыскалось. Это был керосин.

В чистом керосине потассиум вел себя смирно. Он был к нему, по-видимому, безразличен и лежал там совершенно спокойно. Как только Дэви в этом убедился, он стал прятать куски потассиума в ке-

росин тотчас же, как получал их из щелочи. И сразу же стало легче работать. Можно было делать запасы и не бояться, что придется прервать тот или другой опыт из-за нехватки потассиума. Но теперь, когда удалось, наконец, набрать достаточное количество нового вещества, чтобы исследовать его свойства, Дэви стало мучить сомнение: настоящий ли металл потассиум?

С одной стороны, это как будто было совершенно очевидно. Ведь пока потассиум не успевал еще измениться на воздухе, он сиял великолепным металлическим блеском, как полированное серебро; кроме того, подобно всем металлам, он хорошо пропускал через себя электрический ток и тепло и растворялся в жидкой ртути.

Но, с другой стороны, где же это видано, чтобы металл загорался от воды, а на воздухе ржавел в мгновение ока? Кроме того, потассиум был мягок, как воск, и легко резался ножом. И он оказался так легок, что не всегда тонул даже в керосине, хотя сам керосин легче воды. Золото было тяжелее его больше чем в двадцать раз, ртуть — тяжелее в шестнадцать раз, железо — в девять раз. Иное дерево и то уступало в легкости потассиуму. Дэви все же решился в конце концов признать его металлом.

«Конечно, удивительно, что потассиум так легок, — думал он. — Но если угодно, то и железо по сравнению с золотом и платиной тоже очень легкий металл. А ртуть стоит между ними: она легче платины, но тяжелее железа. Все дело в том, что мы привыкли к старым металлам и ничего не знали о существовании новых. Со временем, наверное, будут открыты еще другие металлы, кроме потассиума, и тогда заполнится весь промежуток между ним и железом». Впоследствии это предсказание Дэви полностью сбылось.

## Шесть штурмовых недель

19 ноября 1807 года должен был состояться очередной Бэйкеровский доклад в Королевском научном обществе. Конечно и на сей раз Дэви предстояло выступить докладчиком. Кто мог оспорить у него эту честь? Какие другие научные работы могли затмить открытие потассиума?

Но к Бэйкеровскому докладу надо было хорошо подготовиться. Надо было собрать много интересных фактов и наблюдений. И Дэви стремился в немногие оставшиеся недели как можно полнее изучить новое вещество, чтобы к докладу все было ясно до конца. Да и самому хотелось поскорее узнать о потассиуме все, что возможно о нем знать.

Эти полтора месяца Дэви прожил как в бреду. Он всегда славился своей манерой вести несколько работ одновременно: бросая одно дело, он сейчас же брался за другое. Его ассистенты и лабораторные служители сбились с ног. В один и тот же день Дэви ставил сто опытов. Он метался от вытяжного шкафа к электрическим батареям, от воздушного насоса к столу — записывать результаты опыта. Он безжалостно бил лабораторную посуду и ломал аппаратуру. Взрывы потассиума так и чередовались в эти дни со звоном лопающихся колб и реторт.

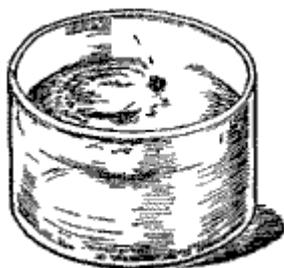
Множество новых догадок непрерывно роились в голове Дэви. Один проект появлялся за другим. И он тут же осуществлял каждый из них, не останавливаясь перед тем, чтобы разобрать ради этого приборы, которые с трудом были сооружены только час тому назад. Кругом был хаос, грязь, беспорядок. Лаборатория походила чуть ли не на конюшню. Зато к докладу Дэви было известно о потассиуме не меньше чем об ином из старых элементов, над изучением которого бились десятки химиков в течение столетий.

За шесть недель Дэви создал целую новую отрасль химии. И он не ограничился одним только потассиумом. Разложив едкое кали, Дэви тотчас же принялся за другую щелочь — за едкий натр. И этот

был расщеплен электрическим током! Как и едкое кали, он оказался сложным веществом. И, как едкое кали, он состоял из кислорода, водорода и неизвестного до тех пор металла.

Этот второй металл был удивительно похож на потассиум. Он тоже был легкий, хотя и чуть потяжелее потассиума. Он тоже имел серебристый блеск и без труда резался ножом, хотя и был чуть потверже потассиума. Он тоже быстро изменялся на воздухе, так же бегал с шипением по воде, но пламени, правда, при этом не было. Он тоже оставался спокойным в керосине, с кислотами тоже воспламенялся, но пламя у него было не лиловое, как у потассиума, а густо-желтого цвета.

Одним словом, Дэви открыл для науки сразу два сходных элемента — элементы-близнецы. Они, правда, кое в чем отличались друг от друга, но сходства у них было гораздо больше, чем различий. Вторым металл был немного менее активен, чем потассиум, — вот и все. Впрочем, и он обладал еще достаточной активностью для того, чтобы прожигать отверстия во льду.



Дэви назвал его *содиум*, так как он получил его из едкого натра, а едкий натр иначе назывался каустической, то есть едкой, содой. Металлы, открытые Дэви, и по сей день называются в Англии потассиум и содиум, а у нас они известны под названием *калий* и *натрий*.

Шесть недель Дэви экспериментировал не покладая рук. Работа продвигалась с невероятной быстротой. Не думайте, однако, что он в эти дни сидел безвыходно в лаборатории. Несмотря ни на что, свет-

ская жизнь продолжалась. Приглашения следовали за приглашениями — сегодня на бал, завтра на обед, послезавтра на то и на другое. И Дэви, великий Дэви, у которого из головы теперь ни на секунду не выходили его удивительные металлы-близнецы, охотно являлся во все дома, куда его звали.

Так он разрывался на части между потассиумом, содиумом и аристократическими гостиными. Кроме того, он занимался поэзией. И еще ему предложили обследовать тюрьмы. Там свирепствовал тиф, и Дэви должен был найти хорошее дезинфекционное средство, чтобы не дать болезни распространиться. Он увидел там страшные погребца, клоповники, изможденных арестантов. Эти люди были желтыми от спертого воздуха, дурной пищи и болезней. Чем им, собственно говоря, могла помочь химия? Ничем, разумеется. Но Дэви не отказывался и ездил, куда его приглашали.

Приближалось 19 ноября, день выступления в Королевском обществе. Дэви падал с ног. Он осунулся, глаза его ввалились, лицо стало бледным. Но он не сдавался. Он засиживался в лаборатории до трех-четырёх часов ночи. И рано утром снова был уже там — раньше всех. К вечеру он вспоминал, что должен быть на обеде у лорда Икс, и мчался туда сломя голову. — Отчего это наш Дэви так растолстел? — спрашивали иногда его знакомые друг у друга. — А сегодня он опять худ, вы заметили? — говорили они при следующем его посещении. — Что за чудесные превращения! Секрет объясняется просто. Он всегда так торопился, что ему приходилось выгадывать время на смене белья. Когда из лаборатории надо было ехать на бал, он не переодевался, а натягивал свежее белье прямо на старое. На другой день он опять надевал новую рубашку. Так у него набиралось их с полдюжины, одна на другой. Потом он улучал момент, сразу снимал все и мигом худел, удивляя друзей и знакомых. Впрочем, разговоры об этом, возможно, были только сплетней...

Наконец наступил день Бэйкеровского доклада. Дэви выступил и рассказал обо всех бесчисленных экспериментах, которые были проделаны им за последнее время. В заключение он показал оба металла-близнеца в действии. Они бегали по воде, взрывались, взвива-

лись фейерверком в воздух. И каждый мог убедиться в том, что это все же настоящие металлы, сияющие в керосине серебристым нежным блеском. Члены Королевского общества были глубоко потрясены. Немедленно о новых открытиях Дэви заговорили газеты. «Как! — изумлялись все, кто способен был изумляться. — В обыкновенной соде, в обыкновенном поташе обнаружены такие невероятные металлы! Металлы, которые легче дерева, мягче воска, горючее угля. Что ж это такое? Ведь этак, пожалуй, завтра начнут чуть ли не из нюхательного табака добывать электричеством золото, алмазы или еще черт знает что!»

Могущество науки редко проявлялось так наглядно и убедительно, как в этот раз. И целый вихрь восторженных похвал и приветствий обрушился на Дэви.

## Неожиданный перерыв

Между тем Дэви едва не поплатился жизнью за чрезмерную пылкость в работе. Еще за несколько дней перед докладом он почувствовал себя плохо. Голова горела, ноги временами как-то странно слабели и становились словно пустыми. Неприятный озноб настигал его в самых неподходящих местах — в лаборатории у песочной бани, пышущей жаром, или в танцевальном зале во время кадрили, когда от духоты тускнело пламя свечей и люди обливались потом. Все время ему было не по себе. Он чувствовал, как подкрадывается к нему болезнь, но упрямо пересиливал себя и продолжал работать, стиснув зубы. «Еще умру раньше времени и не успею сообщить миру о своих открытиях, — беспокоился он. — Потом выступит кто-нибудь другой, иностранец, и заявит, что это ему удалось разложить щелочь. Ну нет! Покуда у меня еще не совсем помутилось в голове и рука держит перо, я все запишу — все, до последней мелочи. Не придется мне выступить — все равно доклад будет написан, и его прочтет за меня кто-нибудь другой».

Но ему удалось еще самому прочесть доклад. Когда он выступал, его трясла лихорадка. Пунцовые пятна пылали у него на щеках. Руки слегка дрожали. Зато он говорил как никогда. Обессиленный, но счастливый, Дэви сходил с кафедры. — Что с вами? — спросил его Эдмунд, видя, что он еле стоит на ногах. — Я, кажется, подхватил тиф, — пробормотал Дэви. — Проклятая тюрьма! А через четыре дня он окончательно свалился. И сразу же болезнь приняла плохой оборот. Сильный жар истощал Дэви, и он бредил не переставая. В иные дни казалось, что положение его уже безнадежно.

Руководители Королевского института ходили совершенно подавленные. В последнее время богатые «благодетели» совсем перестали жертвовать деньги для пользы науки, и почти весь институт держался на лекциях Дэви. Эти лекции давали главный доход. И смерть Дэви была бы просто разорением для почтенного учреждения, носившего имя его величества. — Ну что? — спрашивал шепотом у врачей управляющий институтом, едва кто-нибудь из них выходил от

больного. — Как здоровье мистера Дэви? — Плохо, — неизменно отвечали врачи.

Со всего Лондона приходили сюда люди справляться о его здоровье. Его имя только что получило громкую известность. Удивительные свойства новых металлов, которые он открыл, обсуждались во всех домах и клубах. Но не успела еще распространиться весть об открытиях профессора с Албемарли-стрит, как за ней полетела вдогонку другая. — Слыхали? — передавали лондонцы из уст в уста. — Дэви умирает! Публика ломилась в институт и требовала точного отчета: как спал эту ночь профессор Дэви, какая у него температура и правда ли, что он подхватил тиф при обследовании тюрем? Пришлось дирекции института вывешивать специальные бюллетени о состоянии его здоровья.

Девять недель пролежал Дэви в горячке. Почти все это время он был между жизнью и смертью и друзья-врачи по очереди дежурили у его постели день и ночь. — Никакого тифа у него нет и не было, — утверждали они. — Дэви просто вконец переутомился и истощил себя чрезмерной работой так, что легкая простуда привела его на край могилы. Все же он выжил. Во второй половине января началось выздоровление. Он был еще ужасно худ, слаб, бледен. О лаборатории пока нечего было и думать. Но, чтобы не терять времени зря, он стал дописывать неоконченную поэму. Болезнь не сломила его. Он остался тем же пылким Дэви, человеком острой мысли и быстрых рук.

Некоторое время он продолжал еще лежать в постели. В его бедной квартире не было даже дивана или удобного кресла, и, кроме как в постели, негде было отдохнуть выздоравливающему Дэви. О, не думайте, богатая Англия горячо почитала своего знаменитого ученого. Она не скупилась для него на аплодисменты и восторженные похвалы в газетах. Ну, а мягкий диван стоит денег. Сын резчика по дереву мог обойтись и без дивана.

В конце концов друзья Дэви устыдили директора Королевского института. По дешевке, за три с половиной гинеи, был приобретен

где-то диван и торжественно установлен в комнате Дэви. Но теперь он не очень уж был нужен.

## Кальций, магний и другие...

Месяц спустя в лаборатории уже велись новые электрохимические опыты. Дэви изо всех сил стремился наверстать упущенное. Ведь не зря же он обещал перевернуть всю химию! Кроме едких щелочей, было еще много других подозрительных элементов. И Дэви собирался испытать их электрическим током.

От едких кали и натра шел прямой путь к элементам, которые химики называли щелочными землями. Это были известь, магнезия, барит, стронциан. Землями они назывались потому, что их соединения входят в состав многих земных пород. Огня эти земли не боялись, и как бы долго их не калили, они не плавилась, не разлагались и вообще никак не изменялись. В воде растворить их было невозможно или, по крайней мере, очень трудно.

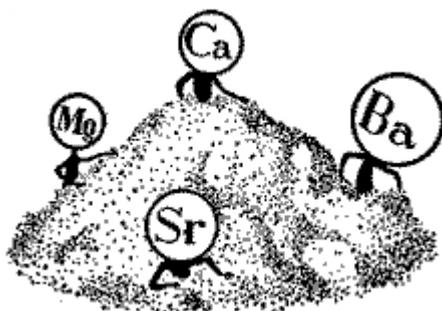
И все-таки эти самые земли кое в чем походили на мыльные водолюбивые едкие щелочи. Подобно щелочам, они охотно соединялись с кислотами и «нейтрализовали» их, превращая в безобидные соли. А если земли удавалось хотя бы немного растворить в воде, то раствор окрашивал красный лакмус в синий цвет, а это — верный признак щелочи. Вот почему они именовались щелочными землями.

После того как Дэви так блестяще удалось разложить едкие щелочи и обнаружить в их составе новые металлы, он почти не сомневался в том, что и со щелочными землями ему удастся сделать то же. Четырьмя старыми элементами должно было стать меньше, четырьмя новыми — больше. Весь вопрос теперь заключался только во времени. Путь к разложению земель как будто был ясен: нужно только смочить водой кусочки этих веществ и пропустить через них ток посильнее. Но все пошло не так гладко, как ожидал Дэви. Правда, кое-какие признаки того, что щелочные земли можно разложить, были. На проволоках, по которым подводился ток, появлялись следы каких-то металлов в виде тонкого налета. Они тускнели на воздухе, а из воды вытесняли водород, как калий и натрий. Однако Дэви никак не удавалось получить эти новые вещества в сколько-нибудь заметных количествах. Часами он пропускал через земли ток, но получал лишь

крупинки новых металлов. Да и то это скорее были не чистые металлы, а сплав их с железом проволоки. Он долго экспериментировал с ними и под конец совершенно испортил свою огромную электрическую батарею, так и не добившись полного успеха. Была построена новая, еще более мощная батарея — на пятьсот пар пластин. Но и с ней ничего не выходило. Нужны были новые пути.

Наконец шведский химик Берцелиус указал Дэви правильный путь. Он прислал письмо, в котором описал свой способ разложения земель и рекомендовал Дэви им воспользоваться. Берцелиус подводил ток к щелочной земле не по железной проволоке, а через столбик жидкой ртути. Расчет был такой. Когда металл выделится из земли под действием тока, он сразу растворится в ртути. Получится сплав нового металла с ртутью. А так как ртуть, как вода, при нагревании превращается в пар, то ее легко будет затем отогнать из сплава. И в конце концов новые металлы будут выделены в чистом состоянии.

Дэви сейчас же последовал совету Берцелиуса, и ему удалось из всех земель извлечь новые металлы. Тот металл, который был получен из извести, он назвал *кальций*, потому что известь получается при обжиге мела, а мел по-латыни «кальке» Металлу, выделенному из магнезии, он дал название *магний*, остальным — *барий* и *стронций*. Так они называются и сейчас.



Это все серебристые легкие металлы. Все они быстро тускнеют на воздухе, разлагают воду на ее составные части, хотя и не так энергично, как калий и натрий. Вообще по своим свойствам «щелоч-

ноземельные» металлы стоят как бы посередине между активными легкими калием и натрием и спокойными тяжеловесными «старыми» металлами — железом, медью и ртутью. Но Дэви так и не получил их в совершенно чистом виде даже после письма Берцелиуса. Надо было еще немало поработать над каждым из них, а у него не хватало на это терпения. Он доказал, что щелочные земли не элементы, а сложные вещества. Доказал, что каждая из них содержит кислород и металл. А исследовать подробно эти новые металлы, изучать их свойства теперь его не очень уж тянуло. После потассиума и содиума они ничем не могли его поразить.

Еще более скудные результаты Дэви получил, пытаясь разложить четыре другие земли, которые тоже считались до него неразложимыми элементами. То были *глинозем*, который содержится в глине, *кремнезем*, из которого состоит песок, *бериллиева* и *циркониева* земли, незадолго до того открытые химиками в редких минералах. Дэви недолго исследовал эти земли. Он наделил именами те истинные элементы, которые в них содержатся, хотя ему даже не удалось их увидеть, и бросил ими заниматься. Одна земля походила на другую, один легкий металл на другой. Это все казалось ему немножко однообразным. А он желал теперь необыкновенных, поразительных открытий.

Приближался день очередного Бэйкеровского доклада, и Дэви знал, что публика с надеждой ожидает его выступления. Поэтому он торопился, бросал иные работы на полпути, начиная новые, которые, казалось, сулили более эффектные результаты, опять не заканчивал их и принимался за другие. Он пытался расщепить даже такие элементы, в чистоте которых никак невозможно было сомневаться: серу, фосфор, углерод, азот. И так сильно хотелось Дэви обнаружить в этих элементах другие, скрытые вещества, что ему показалось во время опытов, будто он этого действительно достиг.

Не проверив свои наблюдения, Дэви 15 декабря 1808 года выступил перед Королевским обществом с третьим Бэйкеровским докладом и заявил, что ему удалось доказать, будто сера, фосфор и углерод сложные вещества. Это было не только невероятно, но и неверно. Право, Дэви не следовало так торопиться, тогда бы он вовремя обна-

ружил свои ошибки и не стал бы отрицать, что и сера, и фосфор, и углерод настоящие элементы.



Обложка русского издания книги Хемфри Дэви "Основания земледельческой химии", 1832 год.

## «Сэр» Хемфри Дэви

Этой неудачей деятельность Дэви как ученого не закончилась. К тому времени ему едва минуло тридцать лет, и он был полон сил и инициативы.



"Сэр" Хемфри Дэви

В последующие годы Дэви провел еще немало замечательных работ. Он изучил свойства хлора, открытого еще в XVIII веке Шееле, и первый доказал, что этот удушливый газ — неразложимый элемент. Он изобрел безопасную рудничную лампу, с которой шахтеры могли смело спускаться под землю, не опасаясь, что подземный гремучий газ взорвется от ее огня. Эта лампа — она и по сей день называется лампой Дэви — спасла жизнь не одной тысяче углекопов. Но таких блестящих научных результатов, как при разложении едких щелочей, он уже никогда больше во время своих химических исследований не получал. Открытие калия и натрия было вершиной его научного творчества.

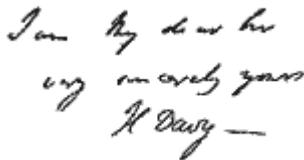
Несколько лет Дэви еще отдавался экспериментам со всей страстностью и бесстрашием, какие ему были присущи. Не раз он при этом рисковал жизнью, но ему везло, и он оставался цел. Только однажды он обварил себе руку расплавленным поташем, а в другой раз ему взрывом повредило глаз.

Но с годами Дэви все больше и больше начинали занимать вещи, которые никакого отношения к науке не имели. Слишком близкое знакомство с богатыми бездельниками сыграло свою роль. Его перестала удовлетворять убогая квартирка в Королевском институте, а скромное профессорское жалованье показалось ничтожно малым. Дэви захотелось богатства, знатности. Он не любил теперь вспоминать о том, что его отец был простым ремесленником и что сам он служил мальчиком у провинциального костоправа.

Одно время он собирался ради денег заняться врачебной деятельностью. При его славе, думал Дэви, у него не будет недостатка в богатых пациентах. А его друзья-церковники тянули великого ученого к себе. Они надеялись, что красноречие Дэви поможет им одурманить легковверных людей, и пленяли его огромными доходами служителя церкви.

Но Дэви в конце концов нашел другой выход: он женился на богатой вдове-аристократке. Накануне свадьбы принц регент, правивший Англией вместо больного короля Георга III, даровал ему дво-

рянское звание, и отныне Дэви с гордостью подписывался всюду «Сэр Хемфри Дэви».



*I am my dear Sir  
very sincerely yours  
H Davy —*

Он жил в мире, где выше всего ценится не талант и не производительный труд, а богатство и знатное происхождение. И при всем своем уме Дэви не смог стать выше предрассудков и идеалов того общества, в котором он вращался.

## Пятьдесят семь и ни одного больше

Когда в 1789 году Лавуазье попытался составить список всех элементов, какие существуют в мире, он насчитал их всего тридцать три. Но в действительности только двадцать четыре из них были настоящими элементами. Остальные девять либо вообще не существовали в природе, либо были причислены Лавуазье к элементам только потому, что в его время еще не умели разлагать эти вещества на составные части. А сорок лет спустя, в год смерти Дэви, химики уже твердо знали о существовании пятидесяти трех различных элементов. Сам Дэви открыл и указал путь к открытию не менее десятка новых элементов, а остальные были найдены другими учеными различных стран.

В начале XIX века жил в Париже некий Куртуа. Когда в Европе начались наполеоновские войны и вырос спрос на селитру, из которой готовят черный порох, Куртуа построил под Парижем селитряный завод. Дела пошли у него неплохо, но скоро он заметил, что медные чаны, в которых готовилась селитра, почему-то чересчур быстро протравливаются насквозь. Куртуа стал доискиваться причины и обнаружил в щелочах неизвестное едкое вещество. В чистом виде оно представляло собой твердые кристаллики, отливавшие черным металлическим блеском. Эти кристаллы обладали одним необычным свойством: при нагреве они сразу, не плавясь, превращались в фиолетовые пары. Куртуа дал изучить найденное им вещество знакомому профессору Клеману. Тот показал его крупнейшему французскому химику Гей-Люссаку. А когда Дэви в 1813 году посетил Париж, то и ему дали на исследование кусочек вещества, которое выделяло фиолетовые пары. Так был открыт новый элемент — *йод*.

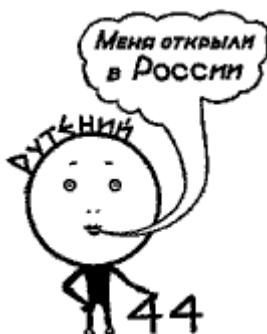


Это тот самый йод, которым мы все теперь пользуемся, когда нужно дезинфицировать порез, царапину или рану. Только мы для этой цели употребляем не твердый йод, а его раствор в винном спирте. Спустя несколько лет после открытия йода был извлечен из редкого минерала еще один неизвестный элемент — металл, похожий на калий и натрий. Он оказался совсем легким — только немногим тяжелее самых легких сортов дерева. Если бы этот металл не обладал такой же способностью бурно соединяться с водой, какой отличаются калий и натрий, из него можно было бы делать спасательные круги для утопающих — настолько он легок. Этого третьего близнеца из породы щелочных металлов называли литий.

Скоро и для йода была найдена подходящая «пара». В 1826 году француз Баляр обнаружил в солончаковом болоте, где добывалась соль, неизвестное вещество. По многим своим свойствам оно походило на йод, но это не был йод. Когда новое вещество выделили в чистом виде, оно оказалось тяжелой красной жидкостью с удушливым запахом. Этому элементу дали название *бром*. Кто знаком с фотографией, тот знает, что все фотографические пластинки, бумага и пленка покрываются теперь соединениями брома с серебром. А соединение брома с натрием продается во всех аптеках как средство от бессонницы.

Несколько новых элементов открыл швед Берцелиус, тот самый, который в 1808 году помог Дэви разложить барий и известь. Ряд новых элементов был обнаружен также среди благородных металлов. Раньше знали только три благородных металла: серебро, золото, пла-

тину. А в самом начале XIX века удалось найти еще четырех близнецов платины — *иридий, осмий, родий и палладий*. Этим дело не ограничилось. Пятнадцать лет спустя после смерти Дэви, в 1844 году, профессор Казанского университета Клаус нашел в уральских платиноносных рудах еще один элемент, похожий на платину, который он назвал *рутений*. Это был уже пятьдесят седьмой по счету элемент. Затем наступило затишье. Больше новых элементов не обнаруживалось нигде.



В те годы, во второй четверти XIX века, стала быстро развиваться промышленность. По Европе и Америке протянулись первые железные дороги. На морях появились первые пароходы. И в поисках сырья для промышленности, в поисках руд, угля и других ископаемых люди забирались в отдаленнейшие уголки земли. Были собраны богатейшие коллекции минералов и горных пород. Тысячи различных веществ прошли через руки химиков на заводах и в лабораториях и были подвергнуты самому тонкому анализу. Однако новых неразложимых элементов, кроме уже известных пятидесяти семи, не удавалось больше найти. Может быть, действительно все существующие на земле элементы к тому времени уже были найдены и искать больше не имело смысла? Нет, искатели элементов не успокаивались. Они рассуждали таким образом: «Нам, по-видимому, удалось пока изучить только те элементы, которые повсюду попадают в больших количествах и которые легко отделить от других элементов. Но мы знаем, что все известные нам элементы распределены по земному шару очень неравномерно. Железа, например, много во всех частях света, меди — гораздо меньше, серебра — еще меньше, золота — совсем

немного. А рутения вообще на всей земле, вероятно, не больше нескольких десятков тонн. Почему же не допустить, что существуют еще более редкие элементы, рассеянные кое-где лишь ничтожными горсточками или крупичками? Надо попытаться их выследить». Поиски продолжались, но безуспешно. В Австралии и в Гренландии, под Парижем и на вулкане Везувий находили самые различные горные породы, но все они состояли только из хорошо знакомых элементов. А новых элементов никто не находил.

Между тем теперь как будто было гораздо легче отыскивать новые вещества, чем во времена Шееле и Лавуазье. Искусство химического анализа совершенствовалось с каждым годом. Химики научились не только определять, какие именно элементы содержатся в том или ином камне или глине. Они могли и с большой точностью указать, сколько содержится в этом веществе одного элемента и сколько другого.

С одним граммом вещества опытный химик проделывал десятки операций и превращений. Вещество растворяли. Выпаривали. Промывали. Фильтровали. Прокаливали. Обработывали кислотами и щелочами. Жгли на огне. Охлаждали во льду. Размалывали в ступке. И ни одной крупинки вещества при этом не теряли. Были созданы сложные аналитические весы, настолько чувствительные, что на них можно было взвесить пылинку вещества, в тысячу раз более легкую, чем гирька весом в один грамм. Тонко, необыкновенно тонко научились люди работать в лабораториях. И все-таки новых элементов ни один химик больше не мог найти.

Наконец на помощь химии снова пришла физика, как это уже было однажды, когда открытие физика Вольта помогло химику Дэви. Тогда новые химические элементы были найдены благодаря электричеству. На этот раз, полстолетия спустя, открыть новые элементы помог химикам свет. Два друга, химик Роберт Бунзен и физик Густав Кирхгоф, объединили свои знания и свое искусство и совершили поистине замечательные открытия.

## Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф

На долю Роберта-Вильгельма Бунзена выпала жизнь ровная и размеренная, как ход старинных добротных часов. Бунзен никогда не знал нужды и бедности, а к богатству он не стремился. Его не увлекали ни слава, ни искусство. Он знал свою науку, и ничего больше. Он не был самоучкой, подобно Шееле или Дэви. Родители Бунзена позаботились о том, чтобы дать своему сыну отличное образование, и вся обстановка, которая окружала его в детстве и в молодости, толкала к научным занятиям. Немецкий город Геттинген, в котором он родился, славился на весь мир своим университетом. Городок этот жил наукой, кормился благодаря науке, как портовый город кормится за счет моря, а курортный — за счет больных. Отец Роберта Бунзена был профессором Геттингенского университета. Мудрено ли, что и талантливый сын почтенного профессора со временем тоже стал ученым.

В 1828 году, семнадцати лет от роду, Роберт окончил гимназию тотчас же поступил в университет. Три года спустя он стал доктором наук. Затем он отправился путешествовать по Европе. Полтора года Бунзен трясся в экипажах и ходил пешком из города в город, из страны в страну. Он посещал металлургические, химические, сахарные и всякие другие заводы. Опускался в угольные шахты и поднимался на снежные горы. Знакомился со знаменитыми химиками Германии, Франции, Швейцарии и Австрии. Во Франции, в Сент-Этьенне, впервые в своей жизни Бунзен увидел забавную новинку — паровую железную дорогу, по которой люди ездили без лошадей. Вернувшись в родной Геттинген, юный доктор без долгих рассуждений пустился по проторенной профессорской дорожке: он поступил в университет приват-доцентом (помощником профессора) и стал преподавать химию.

Это было в 1834 году. С тех пор у него на всю жизнь установился режим: лекции, лаборатория, и опять лекции, и снова лаборатория. В двадцать пять лет он проводил свои дни так же, как в пятьдесят лет, а в пятьдесят — так же, как и в семьдесят. Утром, чуть свет, он садился к столу — писать, делать вычисления, проверять результаты своих работ. Затем отправлялся читать лекции. Оттуда шел работать в

лабораторию — до обеда. После обеда отправлялся на прогулку с кем-нибудь из приятелей и затем опять шел в лабораторию. Все же бывали изредка происшествия, которые на время выбивали Бунзена из колеи. Это не были тяжелые болезни, потому что Бунзен до глубокой старости ничем не хворал. Это не были любовные переживания, так как он ни в кого не влюблялся. Это не были семейные несчастья, потому что он жил холостяком, и не политические события, ибо он сторонился политики и избегал общественной жизни. Взрывы и отравления, которые почти неизбежно сопровождают работу каждого бесстрашного химика, были единственными происшествиями в жизни Бунзена.

Впервые Бунзен прославился как выдающийся ученый своей работой над сложным химическим веществом «какодиллом». И во время этих первых опытов у него в лаборатории произошел взрыв, при котором он потерял глаз и чуть было не отравился ядовитыми парами. Бунзен был замечательным мастером химического анализа. Он непрерывно придумывал все новые и новые остроумные способы, как быстрее и точнее узнавать состав различных веществ. И к нему со всех концов мира съезжались молодые химики и студенты, чтобы научиться этому тонкому искусству. Одним анализом, однако, не исчерпывалась его научная работа. Он сделал много крупных открытий и изобрел немало ценнейших приборов. Но, как говорил один из друзей Бунзена, самым большим его открытием было «открытие» Густава Кирхгофа.

Бунзен «открыл» Кирхгофа, то есть познакомился с ним, в Бреслау — ныне Вроцлав, куда Бунзен в 1851 году был приглашен работать в качестве профессора химии. И они сразу же сделались друзьями. Кирхгоф жил почти такой же размеренной и спокойной «профессорской» жизнью, как и Бунзен. Талантом Кирхгоф тоже не уступал Бунзену, только его призванием была не химия, а физика и математика. С виду же они походили друг на друга, как день на ночь. Когда оба приятеля прогуливались по улицам Бреслау, прохожие всегда удивленно смотрели им вслед. Уж очень это была «неравная» пара! Представьте себе громадного широкоплечего мужчину с сигарой во рту. Высокий цилиндр на его голове чуть ли не заглядывал в окна

второго этажа. Это был Бунзен. А рядом с ним шагал маленький хрупкий человек, оживленно машущий руками. Это был Кирхгоф. Бунзен был немногословен, а Кирхгоф любил поговорить. В молодости он так много болтал, что его матери приходилось то и дело напоминать: — Юльхен, помолчи... Помолчи немного, Юльхен. «Юлией» она прозвала его потому, что он был тонок и нежен, как девушка. Кирхгоф понимал толк в изящной литературе, любил декламировать и одно время сильно увлекался театром. Это не мешало ему от всей души привязаться к Бунзену, который знать ничего не хотел, кроме своей науки, и которого невозможно было вытащить из его уютной холостяцкой квартиры в какое бы то ни было место, где люди собирались для развлечений.

Через год-полтора после своего первого знакомства им пришлось разлучиться. Бунзену предложили перейти в один из лучших и старейших университетов Германии — в Гейдельберг. Он поехал, но очень скучал там по Кирхгофу. А Кирхгоф скучал по Бунзену. Кончилось тем, что Бунзен постарался и своего друга перевести в Гейдельбергский университет. Теперь оба ученых были уже неразлучны всю жизнь. Почти ежедневно они совершали длительные прогулки по холмистым окрестностям Гейдельберга, вдвоем или еще с кем-нибудь из местных профессоров. Во время этих прогулок Кирхгоф и Бунзен подробно рассказывали друг другу о своих экспериментах и научных работах. Вскоре им представился случай и поработать вместе, рука об руку, над одним общим делом.

## Цвет огня

В 1854 году в Гейдельберге построили газовый завод, и в лабораторию Бунзена провели газ. Надо было обзаводиться газовыми горелками. Бунзен испробовал горелки разных конструкций, но ни одна из них его не удовлетворяла. И он изобрел сам новую замечательную горелку. Горелка Бунзена не коптила, и ее можно было регулировать как угодно. Она могла давать то очень жаркое, чистое и бесцветное пламя, то менее жаркое, но зато большее по размеру. Можно было по желанию оставлять совсем маленький язычок огня, и все равно он не потухал. Этой удивительно простой и удобной горелкой еще по сей день пользуются во всех лабораториях мира. Она так и называется — бунзеновская горелка.



Бунзен очень любил возиться с огнем. Он был большой мастер выдувать из раскаленного стекла различные химические приборы и иногда часами сидел у стола с кузнечными мехами, раздувая паяльный огонь. Его огромные руки ловко вертели стекло в пылающем пламени. С увлечением он дул в огненную стеклянную массу, придавая ей самые причудливые формы. Он впаивал в нее металл, припаивал одну трубку к другой, один прибор к другому и, не задумываясь, хватался за размягченное стекло голыми руками, как будто они были не из кожи и мяса, как у всех людей, а из жароупорной стали. — Сейчас запахнет жареным, — говорили студенты, когда профессор садился к паяльной трубке. И в самом деле, часто у Бунзена буквально начинали дымиться пальцы, а он, как ни в чем не бывало, не выпускал из рук раскаленного стекла. Только когда ему становилось уже невыносимо больно, он остужал обожженные пальцы особым, бунзе-

новским способом: быстро подносил их к правому уху и крепко зажимал ими мочку. Его «огнеупорные» руки славились по всему университету. Когда Бунзен паял и выдувал стекло, он не мог не заметить, как то и дело меняется цвет пламени. Особенно это стало ему бросаться в глаза тогда, когда он начал пользоваться своей газовой горелкой.

Обыкновенно она давала чуть заметное синеватое горячее пламя. Но стоило только внести в это бесцветное пламя стеклянную трубку, как оно становилось желтоватым. Если пламя проскакивало внутрь и медь горелки раскалялась, пламя окрашивалось в зеленый цвет. А от кусочка соли калия оно становилось розовато-лиловым. Бунзен как-то попробовал вводить в пламя на платиновой проволоке самые различные вещества. И что же? Бесцветное газовое пламя окрашивалось в самые нарядные цвета, как при иллюминации. Крупинка стронциевой соли давала яркий малиновый огонь. Кальций — кирпично-красный. Барий — зеленый. Натрий — ярко-желтый. И так далее. Бунзен знал, что некоторые химики давно уже пытались по цвету пламени узнавать состав веществ. Это не очень удавалось, потому что у них были только спиртовки, а спиртовое пламя имеет свой собственный цвет. В бесцветном же пламени бунзеновской горелки все выступало очень ясно. «Это очень заманчиво, — подумал Бунзен: — в несколько секунд узнавать состав любого вещества!» Бунзен, как аналитик, хорошо знал, сколько хлопот доставляет обыкновенный химический анализ. Чтобы узнать, из каких элементов состоит какое-нибудь вещество, нужно возиться с ним часами, а иногда и несколько дней. А тут как будто действительно все было очень просто — внес в пламя горелки крупинку вещества, и сразу становится известно, из чего оно состоит! Все это было так, да не совсем так.

Хорошо, если вещество содержало, скажем, один только калий или один только стронций и никаких примесей. Тогда пламя имело чистый, отчетливый лиловый или малиновый цвет. А если в состав исследуемого вещества входило несколько различных элементов, как это почти всегда и бывает? Тогда даже в чистом пламени бунзеновской горелки трудно было что-нибудь разобрать. Один цвет забивал другой.

Бунзен пытался применять различные ухищрения, чтобы разглядеть каждый цвет в отдельности. Он пробовал смотреть на пламя сквозь синие стекла. Так удавалось ему иногда различить в пламени лиловый цвет калия или красный цвет лития, хотя невооруженному глазу оно и казалось окрашенным только в густо-желтый цвет натрия. Сквозь синее стекло желтого не видно, и поэтому лиловый выступал отчетливо. Но все это было ненадежно, и определить таким путем состав вещества удавалось в одном случае из ста.

Во время одной из прогулок Бунзен рассказал о своих опытах Кирхгофу. — Как физик, я поступил бы на твоём месте по-другому, — сказал Кирхгоф. — По-моему, надо смотреть не прямо на пламя, а на его спектр. Тогда все цвета будут выступать гораздо ярственнее. Бунзену эта идея понравилась. И они решили не откладывая взяться вдвоем за её осуществление. Разговор об этом происходил ранней осенью 1859 года. Он имел для науки исключительно важные последствия. Но, прежде чем рассказать о них, нам надо познакомиться более подробно со свойством цветов радуги, которой любовался, воспевал и изучал Михаил Ломоносов.

## Потешные огни и отец русской науки

Прохладное Санкт-Петербургское лето. Середина XVIII века, годы царствования Елизаветы Петровны. На набережной Невы, напротив здания Академии наук, стучат молотки, визжат пилы, свистят рубанки. Это строят лаборатории для русских академиков с заморскими фамилиями и иноземными именами. Плотники режут лес, сбивают доски, строят громадный плот. На плоту укрепляют высокие стеллажи, колеса, лестницы, помосты. Плот украшают гирлянды цветов, бумажные фонарики, наряженные куклы. Иные куклы — в рост человека. Другие столь велики, словно это жители сказочной мифической страны Гипербореи. Парчовые, атласные и бархатные занавесы и декорации изображают зеленые леса, склоны холмов, зреющие поля и небеса с облаками. Ко второй половине дня к берегам Невы стекались толпы народа. К вечеру плот спускали на воду. А с наступлением темноты посреди Невы на плоту начиналось грандиозное феерическое представление. Каскады разноцветных огней подымались в воздух. Они ослепляли зрителей и поражали их воображение своим бесконечным разнообразием. Посреди театра-плота обыкновенно помещалось громадное «китайское колесо», похожее на гигантское вращающееся солнце с брызгами разноцветных искр. Колесо образует как будто сияние вокруг огромной фигуры богини, у ног которой расположены куклы. По краям плота высоко в небо льют огненные фонтаны струи зеленых, фиолетовых огней.

Кроме пиротехника-чародея, владевшего секретом цветного огня, в толпе часто присутствовал еще один человек, для которого в волшебной феерии не было тайны. Этот человек был плечист и высок ростом. На нем был парик, атласный камзол с золотым шитьем, бархатные панталоны до колен, чулки и туфли с пряжками. Угловатые движения, громкая, порой резкая речь, странные повадки выделяли его из толпы дворцовой знати и челяди. Благодаря своему уму и свое нравному характеру эта оригинальная фигура казалась особой не только на фоне праздничной толпы, но и на фоне всей елизаветинской России. Широкоплечий человек в камзоле и парике был «отцом русской науки», это был сын холмогорского крестьянина рыбопромышленника — Михаил Васильевич Ломоносов.



**М. В. Ломоносов**

Ломоносов был не простым зрителем. По указу Елизаветы ему приходилось составлять программу праздника, придумывать замысловатый сюжет аллегорий, делать наброски рисунков для декораций и, наконец, даже писать для представления стихи. Ломоносов учил пиротехника придавать новые оттенки огням, устраивать более оглушительные взрывы ракет, делать более мощными и высокими струи фонтанов. Чаще всего, окончив приготовления к празднику, Ломоносов уходил в свою лабораторию. Она находилась неподалеку от Невы. Эта первая в России химическая лаборатория была устроена в «ботаническом дворе» — на задворках академии. Сняв парик и камзол, засунув за ухо, по школьной привычке, перо, садился Ломоносов к столу, уставленному склянками, стаканами.

В отчетах академии часто отмечалось отсутствие Ломоносова на торжествах и заседаниях как «сильно занятого в лаборатории». Лаборатория была невелика. Она занимала шесть с половиной сажен в длину и пять в ширину. Оборудование ее было нехитро. В первой большой комнате был устроен очаг с кожухом и трубой, в которую уходили вредные газы. В другой, меньшей, Ломоносов читал лекции. В третьей комнате находились химические снадобья и аппаратура. Деревянные весы и химический журнал, в который записывал Ломоносов свои мысли образным и точным языком, помещались тут же на столе.

Среди этих записей можно было прочитать такие слова: «И когда через слияние материй разные цвета происходят... их можно выводить через проницательную оптику». Что значили эти слова? Вдумайтесь в них, и вы поймете, что Ломоносов первым из ученых угадывал таинственную связь между природой вещества и цветом пламени горящего тела. В дни, когда Ломоносов сделал эту запись, строение вещества пытались объяснить самыми путанными и противоречивыми теориями. Еще прочно господствовала теория флогистона. Ломоносов уже догадывался о ложной сущности этой теории. На деревянных весах, находившихся на столе по соседству с журналом, Ломоносов своими опытами с окалиной задолго до Лавуазье установил закон сохранения вещества.

В годы, когда жил Ломоносов, не был еще открыт ни один элемент. Но Ломоносов тогда уже догадывался, как устроены тела. «В киновари есть ртуть, — пишет он в своих записках, — однако в киновари ртути ни сквозь самые лучшие микроскопы видеть нельзя. И потому до познания свойств ртути только через химию доходить можно. Химия первая откроет завесу внутреннего сего святилища натуры». Огонь вспыхивал и гас, как фейерверк. Как поймать его след? Как заставить загореться вещество, которое даже не плавилось в самой жаркой из тогдашних печей? Как установить связь между цветом пламени и элементом?

Давайте перечислим хоть немного из того, чего не хватало Ломоносову. И сила его прозрения изумит нас еще больше. Не хватало

фотографии, чтобы поймать отпечаток огня, которым светится, сгорающая, вещь. Не было вольтовой дуги, чтобы расплавить тело. Не было спектроскопа. Спектроскоп Ломоносову заменяла радуга на небе, вольтову дугу — протуберанцы на солнце. Мысли, раскиданные на страницах его научных книг, в одах и стихотворных посланиях, свидетельствуют, что Ломоносов угадывал, что цвет огня, — как позднее стали говорить, спектральная линия, — присущ одному определенному элементу, простому телу. Велико было это прозрение Ломоносова!

## Зачем Исаак Ньютон ловил зайчиков

Шел 1666 год. В тихом английском городе Кембридже молодой ученый Исаак Ньютон несколько дней подряд предавался очень странному занятию. Он ловил солнечных зайчиков. Ньютон просиживал долгие часы один в темной комнате, что-то там ощупью прилаживал, возился, бормотал про себя. Может быть, он просто спасался от жары и искал в темноте прохлады? Вряд ли! Он тщательно занавешивал все щели, и в комнате было душно, как в теплице. На голове у него был тяжелый парик, по моде того времени. Пот лил с него градом, а на улице дул свежий ветерок. Чего же ради он сидел в этой духоте? Он ловил на лист бумаги солнечных зайчиков...

Окна он закрыл плотными ставнями и в одном из ставней проделал маленькую круглую дырку, величиной с крупную горошину. Через это отверстие врывается в черный мрак узкий пучок солнечных лучей. Ньютон тихо шагал по комнате, подставляя под лучи ладонь, бумагу или пропуская их дальше, до самой стенки. Яркий светлый зайчик прыгал с ладони на стенку, со стены на бумагу, с бумаги на черный Ньютонов кафтан. Неужели ученому юноше могла доставлять удовольствие эта детская забава? Разумеется, нет. Ньютон не забавлялся. Он делал серьезное дело. Он производил эксперимент.

В руке у него была треугольная стеклянная призма — обыкновенный кусок стекла с тремя ровными гранями. Время от времени Ньютон вставлял эту стекляшку в пучок солнечных лучей. Как только она становилась на их пути, на стене мгновенно исчезал белый круглый зайчик и вместо него появлялась длинная многоцветная полоса.

«Куда делся белый свет?» — в недоумении спросил себя Ньютон, когда он в первый раз заметил это непонятное превращение. Одной рукой Ньютон держал призму, другой ловил лучи. Он шевелил пальцами, махал рукой. Пальцы были ярко-красными, желтыми, зелеными, синими, фиолетовыми. А белого света он нигде больше не мог обнаружить. Ньютон повторял опыт еще и еще. И всякий раз получалось одно и то же: до призмы солнечные лучи светились обыкновен-

ным белым светом, а из призмы они выходили окрашенными во все цвета радуги. Стоило Ньютону убрать призму, и на стене опять начал играть белый зайчик, точная копия дырки в ставне. Но едва он ставил призму на пути лучей, как на стене опять появлялось вытянутое в длину цветное пятно. Ньютон назвал эту цветную полосу спектром.

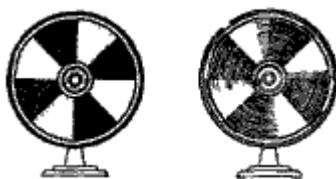


Верхний край спектра всегда был красным. Красный цвет незаметно переходил в оранжевый, оранжевый — в желтый, желтый — в зеленый, зеленый — в голубой. В самом низу спектр был синий и фиолетовый. Ньютон долго ломал себе голову, пытаясь понять, от чего получается спектр. Чуть солнце появлялось на небе, он закрывал ставни и принимался ловить разноцветные лучи. Лишь к вечеру он выходил из своего добровольного заключения, жмурясь от света, а в глазах у него все еще прыгали великолепные цветистые спектры. Он думал о них постоянно, день и ночь. И в конце концов разобрался во всем.

Свет, который излучает солнце, вовсе не белый, решил Ньютон, он только кажется нам белым. На самом деле с неба льется поток ярчайших разноцветных лучей. Когда они идут все вместе, наш глаз их не различает в отдельности и воспринимает как белый свет. Но когда эта смесь лучей проходит через призму, то призма разбрасывает их в стороны, и мы видим каждый цвет в отдельности. Каждый луч дает маленький круглый зайчик, точную копию отверстия в ставне. Красный зайчик стоит наверху, потому что красные лучи меньше всего отклоняются призмой. А фиолетовый становится в самом низу, потому что призма отбрасывает фиолетовые лучи в сторону дальше всех. Между красным и фиолетовым располагаются все остальные. Один цветной зайчик прилегает краями к другому. И так вместо круглого белого изображения дырки в ставне получается на стене растянутая разноцветная полоса — спектр.

Объяснение Ньютона с первого взгляда может показаться очень странным. Трудно представить себе, что белый свет на самом деле не белый и что по небу над нашими головами ходит не яркое белое солнце, а какое-то удивительное светило, которое в одно и то же время красное, желтое, зеленое и фиолетовое. И все-таки это странное утверждение правильно. Вспомните только, как переливаются на солнце различными цветами прозрачные капельки росы или дождя.

Ньютон проделал в своей темной комнате не один десяток опытов, прежде чем решился объявить белый свет солнца смесью лучей. И он доказал это так наглядно что возражать ему было трудно. Ньютон не только разложил белый смешанный свет на его составные цвета. Он сделал и противоположное: отдельные цветные лучи собрал другой призмой снова вместе, так что они опять стали казаться белыми. И он придумал такой опыт: деревянный круг, разрисованный во все цвета солнечного спектра, он принимался быстро вращать на оси и вертящийся круг казался почти белым.



А на самом деле круг был весь пестрый, без единого белого пятнышка.



**Исаак Ньютон**

## Линии Фраунгофера

«Но при чем тут, собственно говоря, солнце — спросит читатель. — Разговор шел о пламени бунзеновской горелки и об анализе химических веществ. Почему же вдруг вспомнили о солнце и его спектре?» Сейчас вы все узнаете. Что сделал Ньютон? Он обнаружил в своей темной комнате, что солнечный свет неоднороден, что этот свет состоит из лучей самых разнообразнейших цветов и что все эти лучи по-разному отклоняются призмой от их прямого пути. Ну а всякий другой свет — не солнечный, а искусственный — тоже неоднороден? Например, свет спиртовой горелки или свечи — он тоже состоит из лучей различных цветов? Да, свет искусственных светильников тоже можно разложить на отдельные цвета.

В 1814 году искусный немецкий оптик Фраунгофер изучал спектры разных ламп и все старался найти такой источник света, который давал бы только однородные лучи. Ему нужен был одноцветный свет, чтобы проверять с его помощью качество прекрасных увеличительных стекол, которые он изготавливал для оптических приборов. Чистого одноцветного пламени Фраунгоферу получить не удалось, но зато он обнаружил другие любопытные вещи. Фраунгофер тоже забирался в темную комнату, как Ньютон, но свет снаружи впускал не через круглое отверстие, а через очень узенькую щель в окне или в двери. Лампу он ставил снаружи перед самой щелью, а за призмой устанавливал зрительную трубу и в нее ловил спектр. Труба была у него сильная, а призма — из особого стекла, которое широко разбрасывало разноцветные лучи в стороны. Поэтому спектр у него получался длинный, чистый, резкий. Этакая растянутая пестрая полоса.

Первый раз Фраунгофер поставил перед щелью масляную лампу. Заглянув в трубу, он увидел, что на разноцветной ленте спектра выступают рядышком две очень яркие желтые линии величиной как раз с щелью. Он покрутил линзу в трубе, посмотрел еще раз другой: стоят желтые линии на месте. Фраунгофер понял, что это означает среди всех лучей, какие исходят из лампы, есть два каких-то

особенно ярких, и поэтому они не расплываются среди других, а дают резкие, отдельные изображения щели.

Когда Фраунгофер вместо масляной лампы поставил перед щелью спиртовую, желтые линии опять появились в поле зрения трубы. Поставил свечу — снова желтые линии выступают вперед. И всегда они были на одном и том же месте, если, конечно, труба и призма не сдвигались с места и длина спектра не изменялась. Фраунгофер принялся искать обе желтые линии и в солнечном спектре. Но здесь их не было. Зато он обнаружил другое: вся длинная яркая, разноцветная полоса солнечного спектра была пересечена множеством темных линий. Фраунгофер насчитал их больше пятисот. И каждая из всех этих темных тонких черточек величиной с щель всегда стояла на одном и том же месте. Одни были чуть потемнее, другие посветлее, а некоторые виднелись особенно четко и казались на светлом фоне спектра совершенно черными. Эти наиболее заметные темные линии он обозначил буквами латинского алфавита: А, В, С, D и так далее. «Что за чудо? — думал Фраунгофер, разглядывая темные полосы. — Словно не хватает каких-то цветов в солнечном свете!»

Стал он внимательнее приглядываться к темным линиям и еще больше удивился: самая темная двойная линия D находилась как раз на том месте, где до этого виднелись в спектре свечи и лампы яркие желтые линии. Днем пустит он в щель свет солнца — и на определенном месте в цветной полосе спектра становятся черные линии. Вечером поставит у щели лампу или свечу — и в том же месте спектра находит яркую двойную желтую линию. И обе пары совершенно точно совпадали. Иначе говоря, тех лучей, которые ярче всего светят в искусственных светильниках, как раз и не оказывалось в солнечном свете. Странное, необъяснимое явление!

После Фраунгофера многие ученые изучали спектры различных источников света. Через призму пропускали свет стеариновых свечей, электрической искры, вольтовой дуги. И почти всегда в их спектре обнаруживали яркую желтую линию, а часто и другие яркие линии. А в солнечном спектре находили еще и еще новые темные линии, «фраунгоферовы линии», как их стали называть. Однако никто

не мог объяснить, что именно вызывает появление светлых линий в спектре лампы и электрической дуги и отчего в спектре солнца находятся темные линии. Некоторые ученые уже совсем были близки к разгадке, но раскрыть тайну до конца все-таки не сумели. Это сделали Кирхгоф и Бунзен.

## Спектральный анализ

Друзья начали с того, что сами соорудили спектроскоп — прибор для наблюдения спектров. В один прекрасный день к Бунзену в лабораторию явился Кирхгоф с ящиком из-под сигар и с двумя старыми подозрными трубами. Из этих нехитрых приспособлений они соорудили спектроскоп. Свет пропускался в него через узкую щель, прорезанную с одного края подозрной трубы (эта труба с щелью называется коллиматор). Нетрудно догадаться, что коллиматор служил для той же цели, что и ставень с отверстием в темной комнате Ньютона. Из коллиматора лучи падали на призму, накрытую ящиком из-под сигар. Чтобы извне свет туда не попадал, Кирхгоф оклеил ящик изнутри черной бумагой.

Призма отклоняла в сторону лучи, которые шли из щели. Получался спектр. Этот спектр Кирхгоф и Бунзен наблюдали через вторую зрительную трубу, так, как делал в свое время Фраунгофер. Конечно, над устройством спектроскопа больше всего работал Кирхгоф как физик. Но Бунзен тоже не терял времени: он готовил чистейшие вещества для того, чтобы исследовать их в пламени. Много раз растворял он различные соли, выделял из растворов кристаллы, фильтровал их, промывал и опять растворял, покуда не получал необычайно чистые вещества.

В сущности, это было кропотливое и неинтересное занятие. Но Бунзен еще с молодых лет научился терпению и упорству в научных занятиях. Оба приятеля работали очень точно и продуманно. И это сразу же дало плоды.

Для проверки прибора Кирхгоф сначала направил в щель с помощью зеркал яркий пучок солнечных лучей. Он посмотрел в зрительную трубу и восхитился: внутри играл великолепный многоцветный спектр, весь изрезанный черными фраунгоферовыми линиями. После этого Кирхгоф завесил окно шторой и поставил у щели коллиматора зажженную горелку Бунзена. Теперь в спектроскопе было темно. Только еле-еле заметное свечение различал Кирхгоф, загляды-

вая в зрительную трубу. Горелка Бунзена стояла вплотную около щели коллиматора и давала жаркое пламя, более горячее, чем расплавленная сталь. И, однако, свет этого пламени почти не давал спектра, настолько он был бледен и бесцветен.

Картина резко изменилась, когда Бунзен стал вводить в пламя горелки кусочки различных веществ. Прежде всего, он взял чистую поваренную соль, которую химики называют хлористым натрием, так как она состоит из хлора и натрия. Бунзен захватил на чистую платиновую проволоку кусочек этой соли и вставил ее в пламя. Тотчас же пламя стало ярко-желтым, Кирхгоф припал глазом к зрительной трубе. — Я вижу рядом две желтые линии, — сказал он, — больше ничего нет. Темный фон, и на этом фоне две желтые щелки. Такие же точно желтые линии получались и от других соединений натрия. Бунзен по очереди вводил в пламя углекислый натрий, который иначе называется содой, серноокислый натрий, азотноокислый натрий, который называется также селитрой, и многие другие соли натрия. Все они давали один и тот же спектр: двойную яркую желтую линию на черном фоне, и эта линия всегда становилась на одно место.

Итак, все было совершенно ясно: от сильного жара натриевая соль мгновенно разлагалась, натрий превращался в раскаленные пары, и они-то светились желтым светом неизменного оттенка. Пламя снова стало бесцветным, как только натриевая соль полностью улетучилась. Тогда Бунзен хорошо промыл и прокалил платиновую проволоку, зацепил ею несколько крупинок соли калия и вставил в пламя. Пламя окрасилось в нежно-лиловый цвет. Снова Кирхгоф припал к трубе. Несколько секунд длилось молчание. — Что там видно, Густав? — спросил Бунзен. — Я вижу на черном фоне одну фиолетовую линию и одну красную, а между ними почти сплошной спектр, без отдельных ярких линий. Все соли лития давали по одной яркой красной линии и менее заметной оранжевой. В спектре солей стронция бросалась в глаза одна яркая голубая линия и несколько темно-красных. И так у каждого элемента. Оказывалось, что раскаленные пары каждого элемента давали лучи строго определенного цвета, и призма отклоняла эти лучи на строго определенное место.

Кирхгоф и Бунзен с радостью рассматривали в спектроскопе эти красивые цветные линии. Бунзен приспособил специальную стойку, которая сама держала платиновую проволоку в пламени. Теперь ему не нужно было сидеть все время у щели, и он мог смотреть в спектроскоп вместе с Кирхгофом. В конце концов у них стало уже рябить в глазах. Но Кирхгофу не хотелось уходить. — Надо зарисовать все это, — говорил он. — Мы должны зафиксировать все спектры на бумаге, чтобы в дальнейшем у нас были образцы для сравнения. — Погоди, — удерживал его Бунзен. — Мы еще не знаем самого главного: каков будет спектр пламени, если в него внести сразу несколько различных солей, скажем, соли натрия, калия и лития. Было решено немедленно провести хотя бы один опыт со смесью, а уж затем устроить перерыв. Обоим не терпелось узнать, можно ли определить по спектру состав вещества, в которое входит много разных элементов, или нет.

Наступала решительная минута. Кирхгоф ходил по комнате взад и вперед, потирая усталые глаза руками. Бунзен, невозмутимый, как всегда, тщательно и долго смешивал несколько солей. Наконец он зачерпнул провололочкой несколько крупинок смеси и всунул в пламя. Пламя окрасилось в ярко-желтый цвет: это натрий забивал все другие вещества. А что показывал спектроскоп?

Кирхгоф долго смотрел в трубу. Было тихо. В пламени потрескивали соли. У Бунзена чуть-чуть дрожала рука, в которой он держал проволочку. — Я могу сказать, какие соли ты намешал, — проговорил, наконец, Кирхгоф:—в смеси есть натрий, калий, литий и еще стронций. — Правильно! — воскликнул Бунзен. Он закрепил проволочку в стойке и бросился к трубе спектроскопа. Вот что он там увидел. Все яркие линии сияли отдельно, каждая на своем месте. Яснее всех выступала двойная желтая линия натрия. Но и фиолетовая линия калия, и красная лития, и голубая стронция — все отчетливо светились в разных частях широкой разноцветной полосы спектра. Подобно тому, как удается в густой толпе разыскать человека по его голосу, так можно было обнаружить каждый элемент из смеси по световому лучу, который давали его раскаленные пары. Призма отбрасывала лучи, испускаемые разными элементами, на различные места, и ни один

цвет поэтому не мог замаскировать другой. Кирхгоф и Бунзен могли поздравить друг друга с победой. Цель, которую они себе поставили, была достигнута: они открыли новый способ химического исследования веществ — спектральный анализ.

## Поиски днем с огнем

Шли дни. Тихая золотистая осень разукрасила сады Гейдельберга. Лесистые холмы, окружающие город, сверкали всеми цветами красно-желтой части спектра. Воздух был прозрачен, чист, чуть прохладен. Но Бунзен и Кирхгоф теперь не могли себе позволить длинных прогулок. Они сидели в лаборатории и работали, работали с жаром, с упоением. Волшебный инструмент оказался в их руках. Легко и просто, как в сказке, он раскрывал тайны мира. И оба друга без устали пользовались этим инструментом, радуясь все новым и новым открытиям. Спектроскоп оказался таким тонким, таким чувствительным аппаратом, что по сравнению с ним даже самые сложные и точные весы, на которых можно было взвесить крошечную песчинку, выглядели топорными и грубыми. Знаете ли вы, сколько натрия должно попасть в пламя бунзеновской горелки, чтобы в спектроскопе появилась двойная желтая линия? Вы думаете, грамм, полграмма, сотая доля грамма или, может быть, тысячная доля грамма, то есть миллиграмм? Нет! Кусочка натрия или натриевой соли, который весит в три миллиона раз меньше, чем миллиграмм, достаточно, чтобы пламя горелки пустило желтый луч в щель спектроскопа.

Представляете ли вы себе, что значит одна трехмиллионная часть миллиграмма? Если растворить в стакане дистиллированной воды щепотку поваренной соли весом в один грамм, этот раствор потом разбавить в четырехведерном бочонке, наполненном доверху чистой водой, затем зачерпнуть оттуда стакан воды, перелить в сорокаведерную бочку с чистой водой, хорошенько размешать и из этой бочки взять, наконец, одну только капельку, тогда в этой капельке как раз будет всего-навсего одна трехмиллионная часть миллиграмма натриевой соли. И такое невероятно малое количество натрия может быть обнаружено спектроскопом!

Надо ли удивляться тому, что Фраунгофер, а за ним и другие ученые находили желтую линию в спектре любой лампы или любой свечи? Это натрий давал там желтую линию! Уж миллионные-то доли миллиграмма поваренной соли наверняка отыщутся и в ламповом фитиле, и в свечном сале, да и где угодно. Натрий проникал в пламя

отовсюду. Прикоснется Бунзен пальцем на секунду к чистойшей платиновой проволоке — готово: уже на платину незаметно перешла соль. Человек всегда выделяет через кожу пот, а пот соленый. Когда Бунзен вводил проволоку в пламя, в спектре появлялась желтая линия. Достаточно было хлопнуть запыленной книгой недалеко от зажженной горелки Бунзена, и в бесцветном пламени тотчас же проскакивали желтые искры, а спектроскоп бесстрастно отмечал появление натриевой соли желтой линией. Откуда же, спрашивается, в книге натрий? Из океана. Ветры, дующие с моря, захватывают мельчайшие, микроскопические брызги соленой морской воды и заносят невидимые частицы натриевой соли на тысячи километров в глубь материка. Эти крошечные крупинки пляшут в воздухе с пылью и повсюду оседают вместе с ней. Вдуньте пыль в пламя бунзеновской горелки, и спектроскоп сейчас же доложит: есть натрий!

Бунзен и Кирхгоф обнаружили, что человека окружает очень «грязный» мир. Чуть ли не в каждом веществе, хотя бы и в самом чистом, отыскивались какие-нибудь загрязнения. В иных, казалось, не было и не могло быть никаких посторонних примесей, а спектроскоп разоблачал эти мнимо чистые вещества и доказывал: «Примеси есть. Хоть и слабые, может быть, в тысячную или в миллионную долю грамма или даже того меньше, но все же примеси есть». Как собака-ищейка по едва уловимому запаху чует следы притаившегося преступника, так спектроскоп обнаруживал в самых неожиданных местах малейшие следы различных веществ. Яркие линии спектра как бы говорили обоим ученым: «Вот тут есть натрий. А в этом веществе находятся калий, стронций, барий, магний и еще много элементов, которых вы здесь вовсе не ожидали».



Однажды, когда Кирхгоф явился утром в лабораторию. Бунзен удивил его таким заявлением: — Знаешь, где я нашел литий? В золе табака. До того дня литий, этот легчайший металл, который сродни натрию и калию, считался одним из самых редких элементов в мире. Его обнаруживали только в трех-четыре минералах, которые изредка находили в немногих местах земного шара. И вдруг литий нашелся в обыкновенном, табаке! Его выследил там спектроскоп. И не в одном только табаке! Теперь не проходило дня, чтобы Бунзен и Кирхгоф не обнаруживали этот элемент в каком-нибудь новом месте. В обыкновенном граните был обнаружен литий. В соленой воде Атлантического океана, и в речной воде, и в чистой воде из родника — всюду был литий. Его нашли в чае, в молоке, в винограде, в человеческой крови и в мышцах животных. Даже в метеоритах, залетевших к нам на Землю из космического пространства, и в них был найден литий.

Вооруженные спектроскопом, Бунзен и Кирхгоф в продолжение нескольких недель «охотились» за элементами. Сначала им очень нравилось раскрывать целый потайной склад различных элементов в любом камне или химическом реактиве. Но скоро эта охота стала терять для них свою прелесть. Им захотелось большего: они мечтали теперь об открытии новых, не ведомых еще никому элементов. В самом деле, где-нибудь могли скрываться такие элементы, которые до сих пор ускользали из рук химиков из-за того, что они попадаются в природе лишь в очень незначительных количествах. А спектроскоп ловил вещества даже там, где их было в миллион или в миллиард раз меньше грамма. Почему же нельзя было допустить, что спектроскоп

наведет Бунзена и Кирхгофа на след неизвестных элементов? И оба ученых, особенно Бунзен, искали их буквально днем с огнем.

Но в самый разгар поисков произошло вдруг такое удивительное событие, что оба друга на время совершенно позабыли про новые элементы. В этом событии главную роль играли темные линии солнечного спектра — фраунгоферовы линии.

## Свет солнца и свет Друммонда

— Знаешь, Роберт, — сказал однажды Кирхгоф своему коллеге, — я все думаю... — О новых элементах, — перебил его Бунзен. — Нет. Представь себе, нет. Я думаю о фраунгоферовых линиях. Что бы они означали? Почему яркий солнечный спектр весь испещрен этими линиями? Мы с тобой многое объяснили, а вот происхождение этих темных линий остается непонятным. — Да, это так. Но меня, по правде сказать, сейчас больше занимают новые элементы. — Нет, ты подумай, Роберт, почему желтая натриевая линия стоит на том же месте, что и черная линия D в солнечном спектре? Я уверен, что это не случайное совпадение. Тут есть какая-то связь.

В ближайший ясный день Кирхгоф стал внимательно изучать солнечный спектр. Он уже давно приладил к спектроскопу шкалу с делениями. Каждая линия спектра теперь видна была всегда над определенным номером шкалы, и поэтому спутать ее с другой линией было невозможно. В щель коллиматора били прямые солнечные лучи. Огромный яркий сплошной спектр разворачивался за призмой. В нем не было ни единой светлой линии. Цвета широкими полосами равномерно переходили один в другой, и только темные черточки фраунгоферовых линий, как частокол, рассекали яркий фон спектра. Кирхгоф отыскал на шкале номер желтой натриевой линии; разумеется, в солнечном спектре ее не было, зато на этом самом месте, над тем же номером, красовалась густая темная линия—двойная линия D. Затем Кирхгоф прикрыл солнечный свет, подставил к щели горелку и внес в нее немного натриевой соли. Вместо великолепного, пестрого солнечного спектра теперь в трубу видны были две сиротливые желтые щелки. Тут Кирхгофу пришла в голову интересная мысль. «Я пушу сейчас в щель еще и солнечные лучи, — решил он. — Пусть одновременно и горелка стоит у коллиматора, и солнце светит туда же. Любопытно, как один спектр наложится на другой». Чтобы яркий солнечный свет не затмил совсем натриевого пламени, он поставил на пути солнечных лучей матовые стекла. Мягкий, ослабленный свет солнца проходил затем через пламя горелки, а уже оттуда, вместе с желтыми лучами раскаленного натрия, — в щель. Что же показал спектроскоп?

Там виднелся обыкновенный, но неяркий спектр солнца. С одной только особенностью: на месте фраунгоферовой линии D ярко сияла линия натрия. Спектр наложился один на другой. Кирхгоф немного усилил яркость солнечных лучей — линия натрия оставалась на своем месте. Тогда он пустил полный прямой свет солнца в натриевое пламя и оттуда в щель. Взглянув после этого в спектроскоп, он вскрикнул от удивления: светлая линия натрия неожиданно исчезла и вместо нее появилась жирная черная линия. Хотя пламя горелки, как и раньше, испускало сильный поток желтых лучей, на месте натриевой линии в спектре зияла черная пустота. Кирхгоф был поражен.

Удивительнее всего было то, что темная линия D выступала теперь с небывалой отчетливостью. Она была гораздо темнее обычного и выделялась гораздо явственнее, чем все другие фраунгоферовы линии. А между тем на то самое место, где она находилась, устремлялись из пламени горелки яркие лучи раскаленного натрия, отброшенные призмой спектроскопа. Если бы на фоне сильного солнечного спектра светлая линия натрия выглядела бледной, бледнее обычного, Кирхгоф несколько не удивился бы: ведь пламя горелки светит гораздо слабее солнца. Но то, что натриевая линия совершенно исчезла и превратилась в черную линию D, да еще небывалой резкой черноты, это было уже настоящей загадкой. Кирхгоф оставил прибор и в задумчивости подошел к окну. Какая-то усиленная работа происходила у него в мозгу. — Кажется, в моих руках ключ к любопытнейшей проблеме, — пробормотал он.

Бунзена в это время не было в лаборатории. Кирхгоф подозвал ассистента и попросил его установить перед спектроскопом аппарат, который дает так называемый друммондов свет. Чтобы получить друммондов свет, из двух трубок выпускают одновременно два газа — водород и кислород — и поджигают их. Водород сгорает в чистом кислороде с большим жаром, и это жаркое пламя направляют на стержень из чистой извести. Ударяясь об известь, пламя раскаляет ее добела, так что она начинает излучать ослепительный свет. Получение света по такому способу придумано англичанином Друммондом, отсюда и название — друммондов свет. Раскаленная известь дает не отдельные яркие линии, как светящиеся пары, а сплошной, непрерыв-

ный и ровный спектр, без всяких ярких линий. Спектр этот походит на солнечный, только у него нет ни одной темной линии.

Для чего же понадобился Кирхгофу друммондов свет? Этот свет должен был сыграть роль искусственного солнца. Кирхгоф решил пропустить лучи друммондова света через натриевое пламя и отсюда в спектроскоп. Он хотел проверить, как будут себя вести натриевые желтые линии на фоне непрерывного спектра друммондова света: так же, как на ярком солнечном спектре, или по-другому?

Сначала он направил друммондов свет прямо в щель, минуя желтое натриевое пламя. В спектроскопе развернулся чистый непрерывный спектр, без единой темной или светлой линии. Тогда он подвинул пламя горелки, насыщенное солью, наперерез друммондову свету, под самую щель. И сразу в желтой части спектра друммондова света обозначилась темная двойная линия. — Искусственная фраунгоферова линия! — прошептал Кирхгоф. — Вот оно что! Я, кажется, начинаю понимать, в чем дело. Чтобы в спектре получилась темная линия, свет должен пройти через другое светящееся тело, через раскаленные пары. Очевидно, пламя натрия не только испускает желтые лучи, оно также поглощает чужие желтые лучи, лучи того же самого оттенка, но идущие из другого источника света. Оно задерживает их и не пропускает в щель. Вот почему в спектре друммондова света и зияет на их месте темная линия. Правда, на это место падают еще желтые лучи из самой горелки. Но они слишком слабы по сравнению с сильным светом Друммонда. И поэтому для нашего глаза темный провал в ярком спектре друммондова или солнечного света все равно кажется неосвещенным.

К этому времени в лабораторию явился Бунзен. Он застал своего друга сильно возбужденным. Скороговоркой, немного суетясь и повторяясь, Кирхгоф принялся рассказывать о своем открытии. Он снова проделал подряд все опыты, продемонстрировав перед Бунзеном рождение фраунгоферовых линий. — Я их сам делаю! — говорил он. — Фраунгоферовы темные линии изготавливаются в лаборатории по желанию господина экспериментатора! Вот как!

## Химия Солнца

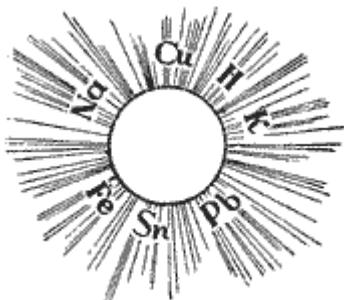
В эту ночь Кирхгоф долго не мог уснуть. Он думал, думал, и чем больше он думал, тем приходил все в большее волнение и тем меньше ему хотелось спать. Утром, осунувшийся и бледный, он пришел к Бунзену в университет, как только тот кончил свою лекцию. — Роберт, — начал он, не здороваясь, — я продумал вчерашнее открытие. Оно заставляет меня сделать необычайные выводы, просто дерзкие выводы, я едва верю самому себе... — Что такое? — удивился Бунзен. — В чем дело? — На Солнце есть натрий! — На Солнце натрий! Что ты хочешь этим сказать? — Я хочу сказать, что наш спектральный анализ можно применить не только для исследования земных веществ, но и для изучения небесных светил. На Земле мы узнаем об элементах по ярким линиям спектра, а об элементах, которые имеются на Солнце, можно судить по темным фраунгоферовым линиям.

Это была поистине дерзкая, гениально дерзкая идея: анализировать Солнце и звезды, как какой-нибудь минерал или кусок глины! Вот как рассуждал Кирхгоф. Солнце состоит из плотного сверхгорячего ядра, которое окружено разреженной атмосферой раскаленных газов. Свет, падающий с Солнца к нам на Землю, исходит с поверхности его плотного ядра. В этом свете имеются лучи всех цветов, тысячи оттенков. Если бы он доходил до нас прямым путем, если бы ему не пришлось пронизывать сначала раскаленную солнечную атмосферу, то все лучи достигали бы Земли полностью и солнечный спектр был бы чистым и непрерывным, как спектр друммондова света.

Но на самом деле солнечный свет сначала проходит через раскаленные газы атмосферы Солнца. Эти газы тоже светятся, но гораздо слабее, чем горячее плотное ядро Солнца. И солнечная атмосфера поэтому ведет себя так же, как натриевое пламя в опыте Кирхгофа: она поглощает, задерживает часть солнечных лучей. Какие же лучи задерживаются? Да те самые, которыми светят элементы, имеющиеся в солнечной атмосфере. Когда свет вырывается из солнечной атмосферы дальше в мировое пространство, он уже обеднен, разжижен. Многих лучей в нем недостает. И на Земле, попадая в спектроскоп, он да-

ет поэтому не сплошной яркий спектр, а цветную полосу, перегороженную темными фраунгоферовыми линиями. Темная линия D стоит там, где видна обычно светлая желтая линия натрия. Значит, уверял Кирхгоф, в атмосфере Солнца носятся раскаленные пары натрия. Но, может быть, темная линия D просто случайно совпала с желтой линией натрия? Допустим, хотя опыт с друммондовым светом говорит о том, что здесь случайности не может быть. Допустим, но как мы тогда объясним совпадение линий железа? Кирхгоф и Бунзен получили с помощью электрического тока светящиеся раскаленные пары железа и зарисовали их спектр. В нем они насчитали шестьдесят различных цветных ярких линий. Сверили этот спектр с солнечным, и что же? Каждой светлой линии железа соответствовала темная линия той же ширины и резкости в солнечном спектре. Неужели же и эти шестьдесят линий случайно совпадали? Конечно, нет. Эти линии неизбежно должны были совпасть: в атмосфере Солнца находится железо в виде раскаленных паров, и они задерживают все лучи, которые обычно сами же испускают пары раскаленного железа.

Кроме натрия и железа, Кирхгоф подобным же образом обнаружил на Солнце еще около тридцати разных элементов. Там нашлись и медь, и свинец, и олово, и водород, и калий, и многие другие земные вещества. Оба ученых друга искали способ легко анализировать химические вещества на Земле, а нашли способ анализировать Солнце!



Первое сообщение о своем открытии Кирхгоф послал в Берлинскую Академию наук 20 октября 1859 года. Вслед за ним полетело

вдогонку новое сообщение: в нем Кирхгоф уже с помощью математических выкладок доказывал, что раскаленный газ действительно должен поглощать те именно лучи, которые от сам испускает. Таким образом, Кирхгоф подкреплял практику теорией. Одновременно он настойчиво продолжал дальнейшие опыты и исследования. Все они подтверждали одно и то же: на Солнце находятся самые обыкновенные вещества, такие же, какие существуют и у нас, на Земле.

Весть о новом открытии облетела весь мир. Имена Кирхгофа и Бунзена повторялись теперь каждым грамотным человеком. Подумать только: эти ученые, здесь, на Земле, сумели раскрыть состав небесного светила, удаленного от нас на миллионы километров! Теперь Солнце, а за ним и звезды потеряли для человека большую долю своей таинственности.

## Цезий и рубидий

В мае 1860 года из гейдельбергского почтамта в адрес Берлинской Академии наук был послан очередной пакет. Но на этот раз отправителем был не Кирхгоф, а Бунзен. Пока Кирхгоф посвящал все свое время пламенной атмосфере далекого Солнца, его друг не забывал про земные дела. Бунзен продолжал искать новые элементы. Сотни веществ — минералы, руды, соли, воды, зола растений и мышцы животных — были испробованы им в пламени газовой горелки или в разряде электрической искры. И спектроскоп неутомимо докладывал ему десятки раз в день: есть калий, есть кальций, есть барий, есть натрий, есть литий...

Цветные линии каждого из них Бунзен знал теперь как свои пять пальцев, как вид из окна своей спальни. Каждую линию он безошибочно узнавал среди десятков, других по ее месту в спектре, по ее оттенку и яркости, даже не заглядывая на контрольную шкалу. Закрыв глаза, он мог мысленно представить себе спектр любого элемента — отчетливо, как на таблице, со всеми нюансами и переходами. Они снились ему и ночью — желтые, красные, голубые, фиолетовые линии на цветном или на черном фоне.

И вот однажды Бунзен обнаружил среди них новые, незнакомые линии. Это случилось, когда он исследовал минеральную воду Дюркгеймских источников. То была обыкновенная минеральная вода — соленая, горьковатая. Врачи прописывали ее для лечения от различных болезней. К Бунзену же она попала случайно, вместе с десятками других веществ, которые он изучал в ту пору. Сначала Бунзен упарил ее, сгустил, затем внес каплю жидкости в пламя горелки. Спектроскоп не сообщил на первых порах ничего особенного: — «натрий, калий, литий, кальций, стронций». Но у Бунзена недаром было тонкое чутье аналитика. «Всех этих веществ в дюркгеймской воде очень много, — рассудил он, — поэтому их линии сверкают слишком ярко. К тому же кальций и стронций дают много разных линий, и если в этой капле есть ничтожное количество неизвестного элемента, то его слабый спектр можно и не различить. Надо удалить отсюда кальций, стронций и литий, чтобы они не мешали». И он их удалил. В

жидкости остались только соли натрия, калия и небольшой остаток лития. Снова в пламя горелки была внесена капелька. Бунзен посмотрел в спектроскоп, и у него екнуло сердце.

Среди знакомых линий калия, натрия и лития скромно приютились две неизвестные голубенькие светящиеся нити. Боясь ошибиться, Бунзен бросился перелистывать цветные таблицы спектров, зарисованные им самим и Кирхгофом. Нет, ни у одного из элементов не было двойной голубой линии в этом месте. Стронций, правда, давал голубую линию, но только одну. А здесь определенно стояли две линии и ни одной из других линий стронция не было видно. Значит, новый элемент?

Каплю за каплей вносил Бунзен в пламя. Обе голубые линии продолжали твердо стоять на своем месте. И, глядя на них, Бунзен внезапно вспомнил давным-давно забытую, в далеком детстве прочитанную историю Колумба — о том, как в 1492 году кастильский адмирал отправился на утлой каравелле в неизведанный океан. Тридцать три дня моряки видели лишь небо да воду, небо да воду. Много раз надежда сменялась страхом и отчаянием, а отчаяние — снова надеждой. И, наконец, однажды ночью в безбрежной пустыне океана Колумб вдруг заметил вдали на западе бледный-бледный огонек. Этот слабенький, робкий сигнал с неизвестной земли, как он растрогал сурового адмирала! Колумб стоял на носу каравеллы, и слезы умиления текли по его щекам. Мечтой и пылким своим воображением он силился преодолеть тайну ночи. Что было там, на неизвестной земле, где мерцал слабый свет? Материк или остров, равнина или горы? Какие чудеса таились во мраке? Может быть, там были богатые города, населенные людьми невиданной красоты и силы, дома, крытые золотом, мостовые, выложенные из алмазов величиной с дыню? А может быть, там просто расстилалась безлюдная пустыня, а у берега ютились редкие лачуги первобытного человека? Кто мог тогда сказать, что скрывалось за призрачным огоньком на неведомой земле? И кто мог теперь сказать, какое неведомое вещество скрывалось в капле дюркгеймской воды, сигнализируя двумя чистыми, как небо, голубыми лучами?

Гейдельбергский химик Бунзен мало чем походил на пылкого и чувствительного моряка Колумба. Конечно, его глаза оставались сухими, когда он наблюдал в спектроскоп сигнал неизвестного вещества. Но и он изведal в ту минуту острое счастье исследователя, стоящего на пороге долгожданного открытия. Новому элементу Бунзен решил дать название *цезий*, что по-латыни значит «небесно-голубой». След цезия был верный. Оставалось теперь идти по следу и добраться до самого голубого вещества. Его надо было извлечь из смеси. Выделить в чистом виде. И посмотреть, что оно собой представляет.

Но это было совсем не легко. Новый элемент входил в состав дюркгеймской воды совершенно ничтожными количествами. В стакане этой воды содержалась лишь крохотная крупинка цезия — одна сорокатысячная доля грамма. Если бы Бунзен вздумал добыть в своих лабораторных стаканах и чашках хоть граммов десять или двадцать нового вещества, то ему пришлось бы всю жизнь сидеть и возиться с дюркгеймской водой, упаривая ее и обрабатывая химическими реактивами.



Он поступил по-другому. Поблизости от Гейдельберга был расположен химический завод, где изготовляли соду. Там имелись огромные котлы, объемистые резервуары, большие печи и механические насосы. Бунзен сговорился с заводчиком, и за несколько недель ему упарили и переработали по всем правилам химического искусства 44 тысячи литров минеральной воды. Из этого потока жидкости Бун-

зен извлек всего-навсего 7 граммов чистой цезиевой соли. Но зато он одновременно выловил еще одно новое вещество.

Это произошло так. Бунзен добирался до цезия шаг за шагом, удаляя из дюркгеймской воды другие элементы по одному, по два, по три. Под конец в смеси остались только две соли — цезия и калия. Когда стали понемногу вымывать и калиевую соль, спектроскоп дал неожиданный сигнал: в спектре смеси выступили две новые фиолетовые линии, а за ними еще зеленые, желтые и особенно отчетливо темно-красные. Еще один новый элемент таился в дюркгеймской воде! Это был уже пятьдесят девятый по счету. Бунзен дал ему название *рубидий*, что по-латыни значит «темно-красный». Во всей дюркгеймской воде, которую переработал Бунзен, его нашлось даже больше, чем цезия, — целых 10-граммов.

## Снова «буйные» металлы

7 граммов и 10 граммов — не слишком большой запас вещества. Но для такого тонкого мастера химии, как Бунзен, этого запаса оказалось вполне достаточно. Он ухитрился получить из этих 17 граммов множество различных соединений цезия и рубидия с другими, «старыми», элементами. Он изучил все свойства новых соединений. Он узнал, каковы они на вкус, и как легко они растворяются в воде, и какой величины кристаллы из них получаются, и как сильно их надо нагреть, чтобы они расплавились и многое другое. Сами же цезий и рубидий оказались очень похожими на знаменитые «буйные» металлы Дэви: на калий, натрий и на третьего их «собрата» — литий.

И цезий, и рубидий оказались легкими серебристыми металлами, хотя и немного более тяжелыми, чем литий, натрий и калий. Они тоже были мягкими, как воск, и даже еще мягче, чем натрий и калий. Они тоже загорались на воздухе, превращаясь при этом в едкую щелочь. Они тоже бегали по воде с пламенем и треском, и даже еще более неистово, чем калий и натрий. И, подобно металлам Дэви, их тоже удавалось сохранять только в «ванне» из чистого керосина. Хлористые соли цезия и рубидия по виду ничем не отличались от обыкновеннейшей поваренной соли, которую химики называют хлористым натрием. И даже самая опытная кухарка, не задумываясь, посолила бы ими суп.

Азотнокислые соли цезия и рубидия походили на обыкновенную селитру, которую химики называют азотнокислым калием, и из них можно было бы приготовить хороший порох. Едкая цезиевая щелочь и едкая рубидиевая щелочь были скользки на ощупь и мыльные на вкус, подобно едкому натру или кали. Даже самый опытный мыловар не заметил бы разницы и со спокойной совестью стал бы варить из них мыло.



И мыло, поверьте, получилось бы неплохое. Но каждый кусок его обошелся бы рублей в пятьсот золотом.

## Забегая вперед...

У иного читателя, может быть, давно уже напрашивается такой вопрос: — Хорошо, Кирхгоф и Бунзен сделали замечательные открытия. Они изобрели спектральный анализ. Они узнали, из чего состоит Солнце. Они нашли два редких элемента, из соединений, которых можно было бы готовить мыло и порох, если бы они не были дороже золота. А что толку от всех этих открытий, принесли ли они какую-нибудь пользу технике, промышленности?

Да, принесли. Правда, это произошло не сразу. Не всегда крупные научные открытия сразу приносят практическую пользу. Но они неизменно дают в конце концов свои плоды, иногда там, где этого меньше всего ожидаешь.

Когда Бунзен открыл в дюркгеймской воде редкий металл цезий, он не думал о том, что новый элемент когда-нибудь пригодится для телевидения. Он не мог этого думать, потому что тогда еще не было ни телевизоров, ни даже простого радиотелеграфа. А сейчас в телевидении применяют фотоэлементы, для изготовления которых нужен цезий.

Когда Кирхгоф и Бунзен наводили свой спектроскоп на Солнце или на пламя газовой горелки, им и в голову не могло прийти, что плодами их работы когда-нибудь воспользуются строители дирижаблей. Это и не могло прийти им в голову, хотя бы потому, что тогда те было еще дирижаблей. Но прошло несколько десятков лет, и воздухоплавателям очень и оченьгодились результаты работы гейдельбергских ученых. В одной из следующих глав вы узнаете, как это случилось.

Не знали Кирхгоф и Бунзен также того, что благодаря спектроскопу люди когда-нибудь научатся делать долговечные электрические лампочки. В 1859 году на свете еще не было никаких электроламп — ни быстро портящихся, ни долговечных. А впоследствии люди именно благодаря спектральному анализу научились удлинить жизнь ламп.

Казалось бы, какая тут может быть связь? Об этом вы узнаете из нашего дальнейшего рассказа. Открытия Кирхгофа и Бунзена дали очень многое технике и промышленности — всего и не перечесть.

## Солнечный элемент

И у Кирхгофа и у Бунзена скоро нашлись повсюду раздражатели. Известие о том, что с помощью спектроскопа открыты неизвестные элементы, взволновало многих химиков. Одна научная лаборатория за другой обзаводились этим новым оружием, которым с одинаковым успехом можно было атаковать Солнце и каплю воды. Химики накаляли в пламени всевозможные вещества, разглядывали их спектры, искали новых линий. Искали и находили!

В 1861 году англичанин Крукс подобрал на химическом заводе особый ил, оседающий на дне свинцовых камер, в которых вырабатывается серная кислота. В спектре этого ила Крукс обнаружил неизвестную зеленую линию. Так был найден элемент *таллий*, тяжелый металл.

Через два года немецкие химики Рихтер и Рейх разглядели в спектре одной цинковой руды новую линию, цвета синей краски индиго. Элемент, который давал эту линию, был назван поэтому *индий*. Индий тоже оказался металлом белого цвета.

Пять лет спустя ученые снова напали на след неизвестного элемента. Но на сей раз были не химики, а астрономы. И новая линия нашлась в спектре не земного вещества, а Солнца. Дело происходило во время солнечного затмения. Французский астроном Жансен и англичанин Локайер направили на Солнце трубу спектроскопа и обнаружили яркую желтую линию в стороне от того места, где обычно располагается желтая линия натрия. При затмении Луна закрывает от нас весь сияющий диск Солнца. Только верхние слои раскаленной солнечной атмосферы выступают над черной тенью Луны и беспрепятственно шлют на Землю свой слабый свет. В спектре этого-то света, нисколько не похожего на обычный солнечный спектр с его темными фраунгоферовыми линиями, и заметил Жансен неизвестную желтую линию. Какой же элемент давал эти желтые лучи? Кто мог знать! Ведь Солнце не положишь в химическую колбу, не упаришь в фабричном котле.

На Солнце есть неизвестный элемент, которого на Земле мы никогда не встречали, — вот все, что могли сказать ученые об открытии Жансена. Они назвали этот элемент *гелий* («гелиос» по-гречески значит «солнце»). Имя ему дали, но что это за гелий, каков он может быть с виду и какими свойствами обладает, никому не было известно. А любопытно было бы, не правда ли, разгадать загадку солнечного вещества? Интересно узнать, похоже ли оно на земные элементы, или же это какой-то совершенно иной вид материи? Неужели придется ждать ответа на этот вопрос до тех пор, пока люди научатся летать в ракетах к Солнцу? Как знать! Может быть, тайна гелия раскроется перед вами гораздо раньше, чем вы дочитаете эту книгу...



А пока прослушайте рассказ о том, как русский химик Дмитрий Иванович Менделеев открыл несколько новых элементов у себя в кабинете за письменным столом. Он никогда не видел этих элементов ни простым глазом, ни глазом, вооруженным спектроскопом. Он открыл их одной лишь силой своего прозорливого ума.

## Химический лабиринт

В 1867 году Петербургский университет пригласил на вакантную кафедру общей химии молодого ученого Дмитрия Ивановича Менделеева. Читать основной курс химии в первом университете страны было высокой честью, и тридцатитрехлетний профессор решил сделать все возможное, чтобы оказаться достойным этой чести. Менделеев стал усердно готовиться к лекциям. Он обложился книгами, журналами. Он извлек собственные свои записки, заметки и работы, накопленные за годы учебы и исследовательской деятельности. Он погрузился в безбрежное море фактов, экспериментов, законов, установленных в течение многих десятилетий сотнями химиков во всех странах мира. Материала тут хватило бы не на один университетский курс. Но странно: чем больше Менделеев углублялся в дебри давно знакомой науки, тем труднее ему представлялась его задача.

Осенью он появился на кафедре. Его лекции имели шумный успех. Студенты ломались в аудиторию, как ломятся в театр, когда там выступает приезжая знаменитость. Приходили с других факультетов — юристы, историки, медики, приходили из других учебных заведений, занимали места задолго до начала лекций, стояли в проходах, жались толпой у дверей, у демонстрационного стола. Такой триумф редко выпадал на долю университетского лектора. Но Менделеев в глубине души был недоволен.

Он начал составлять новый, фундаментальный труд — «Основы химии». Он писал легко и быстро по стенограмме своих лекций, и студенты с нетерпением ожидали, когда, наконец, выйдет в свет этот блестящий курс. Но и книга не очень радовала Менделеева: она получалась не такой, как ему хотелось бы. Химическая наука напоминала теперь Менделееву дремучий лес, без дороги и троп. И в этом лесу, так казалось ему иногда, он ходит от дерева к дереву и описывает каждое из них в отдельности, а их тысячи, тысячи тысяч...

Шестьдесят три различных элемента были известны в то время химикам. Каждый элемент давал с другими десятки, сотни, а то и ты-

сячи различных соединений — окислов, солей, кислот и оснований. Тут были газы, жидкости, кристаллы, металлы... Были вещества бесцветные и ослепительно яркие... были пахучие и без запаха... твердые и мягкие... жгучие и сладкие... тяжелые и легкие... прочные и неустойчивые... И ни одно не походило полностью на другое.

Химики изучили до тонкостей все это великое разнообразие веществ, из которых построен мир. Почти о каждом из них химики знали множество подробностей. Им точно было известно, как изготовить любое из этих веществ и какой способ изготовления выгоднее. Цвет каждого вещества, форма его кристаллов, его удельный вес, точки кипения и плавления — все это и многое другое было измерено, описано и занесено в руководства и справочники; было изучено, как действуют на каждое из этих соединений тепло и холод, электрический ток, давление и вакуум; было проверено, как они взаимодействуют с кислородом и водородом, с кислотами и щелочами, как они соединяются друг с другом, как распадаются и как возникают вновь и сколько при этом выделяется тепла или холода...

Свойства бесчисленных химических веществ можно было описывать неделями, месяцами — и не описать всего. И чем больше об этом говорилось бы, тем все меньше и меньше слушатель понимал бы химию. Не было в этом хаосе никакого единообразия, никакой общей системы. Неужели же материя, из которой построен наш мир, действительно организована так беспорядочно и случайно? Менделеев хотел развернуть перед студентами единую стройную картину вещества, хотел показать им главные законы, на которых основано материальное устройство Вселенной. Но он не нашел в своей любимой науке ни единства, ни стройности. Правда, все великое разнообразие материи можно было свести к немногим элементам. Но хаос, беспорядок, случайность начинались уже в этой небольшой группе основных веществ. Не было никакого объяснения тому, что металл магний более горюч, чем углерод, что платина может лежать тысячи лет и несколько не измениться, тогда как газ фтор настолько любит химические превращения, что он готов разесть даже стекло сосуда, в который его упрячут. Тут не было заметно никакой закономерности. И, если бы элементы обладали прямо противоположными свойствами, если

бы платина разъедала стекло, а фтор был самым «смирным» из всех веществ, химики не выразили бы никакого удивления. Каждый элемент со всеми его особенными свойствами казался случайным проявлением материи. Между этими первичными формами вещества, или, по крайней мере, между очень многими из них, казалось, не было никакой связи.

Большинство профессоров химии не смущалось этим. «Если нет никакого естественного порядка в мире материи, — рассуждали они, — будем описывать элементы в том порядке, какой нам удобен». Обычно они начинали с кислорода, так как этот элемент больше всего распространен в природе. А некоторые предпочитали начинать курс с водорода, как наиболее легкого из элементов. Но с таким же правом можно было начинать и с железа — потому что это самый полезный из элементов, с золота — потому что это самое дорогое простое вещество, или с редчайшего индия, потому что это был самый «молодой», только что открытый элемент. Какая разница, где вступить в дремучий, беспорядочно разросшийся лес? Все равно, не пройдешь двух шагов, и уже нет ни пути, ни дороги.

Менделеев не пожелал брести наобум в этом лабиринте, Готовя свой университетский курс «Основы химии», он настойчиво искал общий закон, естественный порядок, которому подчинялись бы все элементы. Он был убежден, что такой закон, такое скрытое единство среди элементов, столь различных по виду, существует, должно существовать. И он искал его.

## АТОМНЫЙ ВЕС

В конце концов не требовалось даже большой проницательности, чтобы заметить поразительное сходство между некоторыми элементами. Элементы-близнецы, элементы-сородичи имелись не только в группе «горючих» металлов, открытых Дэви и Бунзеном. Уже давно были известны химикам и другие группы сходных элементов, например галоиды — фтор, хлор, бром, йод; щелочноземельные металлы — магний, кальций, стронций, барий.

Это не может быть случайностью, решил Менделеев. Существует какая-то скрытая зависимость, какая-то связь между всеми элементами. Должен быть какой-то основной признак у всех без исключения элементов, который определяет и сходство их между собой и различия. Если бы знать его, можно было бы расставить все элементы, а с ними и все их бесчисленные соединения в строгом порядке, как расставляют солдат в строю по росту, по ранжиру. Какое же это было основное свойство, каков был этот решающий признак, который определял место элемента в «строю» веществ? Может быть, цвет веществ?

Но что считать цветом элемента? Вот, например, фосфор. Существует фосфор желтый и красный. Какой же из двух цветов считать присущим этому элементу? Или взять йод: в твердом виде он имеет черно-бурый цвет и металлический блеск, но, если его нагреть, этот же самый йод принимает вид фиолетовых паров. А желтое золото, если изготовить из него очень тонкий листок, становится синевато-зеленым и прозрачным, как слюда. Нет, видно, цвет слишком неустойчивое и второстепенное свойство, чтобы по нему определять естественный порядок элементов.

Тогда, может быть, удельный вес? Но это еще более неопределенное свойство: стоит только чуть нагреть вещество, и его удельный вес изменится, оно станет относительно легче. (Удельный вес равняется отношению веса тела к его объему и обычно измеряется в граммах в одном кубическом сантиметре. Удельный вес воды при темпе-

ратуре 4 градуса равен единице — поэтому величина удельного веса показывает, во сколько раз вес того или иного тела больше веса воды в том же объеме. Удельный вес железа при температуре 15 градусов равен 7,8; это значит, что 1 куб. сантиметр железа в 7,8 раза тяжелее 1 куб. сантиметра воды.)

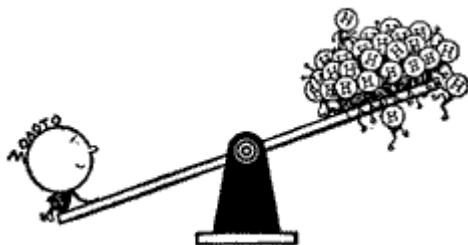
Не годились по этой же причине ни теплопроводность, ни электропроводность, ни магнитные, ни многие другие свойства элементарных веществ. Очевидно, должен был существовать какой-то иной, коренной признак, который никогда не изменяется, без которого и самого элемента нельзя себе представить; признак, характерный для элемента, как лицо для человека; такой фундаментальный, такой неотъемлемый признак, который элемент не теряет даже тогда, когда он соединяется с другими элементами, образуя новые, сложные вещества, с новыми свойствами. Был ли, мог ли быть такой признак?

Мысль о нем преследовала Менделеева везде и всюду. Он думал» рассчитывал, сопоставлял. Да, был такой признак, было такое свойство, Менделеев его знал, все химики знали его. Но мало кто придавал ему большое значение. Он назывался «атомный вес». У каждого химического элемента есть свой, строго определенный, из опыта найденный атомный вес. И у холодного и у теплого вещества, и у желтой и у красной разновидности он один и тот же. Атомный вес не меняется никогда и ни при каких условиях. Это паспорт элемента.



Атомный вес элемента показывает, во сколько раз каждый его атом, то есть каждая мельчайшая частица его, тяжелее атома самого легкого из элементов — водорода. У кислорода, например, атомный вес 16. Это означает, что любой кислородный атом тяжелее водород-

ного в 16 раз. Атомный вес золота 197 — значит, его атомы в 197 раз тяжелее атомов водорода. (Почти полвека спустя после открытия периодического закона было найдено, что необязательно все атомы химического элемента имеют одинаковый вес. У многих элементов существуют разновидности — так называемые изотопы, с более легкими или более тяжелыми атомами, но все обладающие одинаковыми химическими свойствами. Так, например, на сто тысяч атомов кислорода с атомным весом 16 в природе имеется сорок атомов изотопа кислород-17 и двести атомов изотопа кислород-18. Да и у самого легкого из элементов — водорода — имеются еще два изотопа — дейтерий с атомным весом 2 и тритий с атомным весом 3. На сто тысяч атомов водорода в природе приходится пятнадцать атомов дейтерия. Что же касается трития, то этот изотоп водорода радиоактивен и в природе не встречается. Атомный вес всякого элемента зависит как от атомных весов его изотопов, так и от того, в каком соотношении эти изотопы смешаны в природе).



Величину атомов, этих простейших частиц, из которых состоит каждый элемент, — вот что определяет атомный вес. Все атомы одного и того же элемента абсолютно одинаковы. Каждый атом любого элемента отличается от каждого атома любого другого элемента в первую очередь своей величиной, своим весом. Не ясно ли, что именно от этого основного признака должны зависеть все остальные, все то, что придает каждому химическому элементу его своеобразие? Менделеев пришел к такому выводу после того, как тщательно сопоставил между собой свойства всех элементов. Он видел, догадывался, что по этому важному признаку можно будет нащупать законы их сходства и различия. Здесь был ключ к тому, что он искал, — к единству, к порядку в мире материи. Надо было только суметь воспользо-

ваться этим ключом. Следы, которые вели сюда, были неясными, запутанными. Чтобы не сбиться, чтобы нагляднее увидеть связь между элементами, Менделеев нарезал из картона шестьдесят три прямоугольника, написал на каждом название элемента, его основные свойства и атомный вес. И он стал тасовать эту колоду, раскладывать «пасьянс» из элементов. Он располагал карточки в различных комбинациях, менял их места, искал общую закономерность — единый закон, которому подчинялись бы все вещества. Днем и ночью, на кафедре, в лаборатории, на улице и дома за письменным столом он думал об этой Естественной системе элементов.

## Элементы в строю

К весне 1869 года Естественная система элементов была открыта. Со временем Менделеев разработал ее во всех подробностях и доложил о ней Русскому физико-химическому обществу. Вот в чем заключалось его открытие.

Все химические элементы образуют естественный ряд. Открывает этот ряд водород — самый легкий из элементов, состоящий из самых простых атомов. Его атомный вес равен 1. Последним в ряду элементарных веществ стоит металл уран, состоящий из самых тяжелых атомов. Его атомный вес равен 238. (Кроме урана-238, в природе встречается еще два изотопа урана—с атомными весами 235 и 234. Изотоп уран-235, которого в сто сорок раз меньше, чем урана-238, играет важную роль в высвобождении атомной энергии. Сегодня уран уже далеко не последний в ряду химических элементов. За двадцать лет, минувшие после выхода в свет первого издания этой книги, ученые искусственным путем получили десять заурановых химических элементов, о которых будет сказано дальше, в заключении). Между ними, по «старшинству», располагаются остальные элементы со все более и более крупными атомами. И все свойства любого элемента — его внешний вид, его стойкость, его способность соединяться с другими веществами, а также свойства всех его соединений зависят от того, где именно он стоит в этом ряду.

И любопытная вещь: элементы, расставленные по их атомным весам, автоматически распадаются на сходные группы, на семейства родственных веществ. Представьте себе, для сравнения, толпу людей разного роста, одетых в платье различных цветов. На первый взгляд кажется, что тут все случайно — беспорядок и пестрота. Но вот отдается приказ стать всем в одну шеренгу, строго по росту. И тогда обнаруживается неожиданное совпадение: как только люди выстроились по росту, сама собой исчезла и пестрота. Оказывается, что цвета их одежды теперь правильно повторяются. Первые семь человек, самые маленькие, оказываются одетыми последовательно в красное, оранжевое, желтое, зеленое, голубое, синее, фиолетовое. Следующая семерка — опять в те же цвета и в той же последовательности. И так до

конца — до последней, самой рослой семерки. Через каждые семь человек цвета повторяются. И если каждой семерке стать в затылок другой, то пестрая до того толпа людей распадется на одинаковые ряды красных, оранжевых, желтых и так далее. И в то же время через весь строй строго проходит равнение по росту, от самого маленького на фланге передней семерки до самого рослого на противоположном фланге самой задней семерки.

Примерно такой порядок и был обнаружен Менделеевым среди элементов, когда он их расположил по атомным весам. Через каждые семь элементов свойства их периодически повторялись. Сходные элементы выстраивались друг к другу «в затылок», правильными рядами или группами. Так, легкий металл литий с атомным весом 7 шел вторым, сейчас же после водорода. А девятым шел натрий, с атомным весом 23, тоже металл, тоже очень легкий, как и литий, активный, горючий, жадный к соединению с другими элементами. Шестнадцатым опять шел легкий, горючий металл калий, с атомным весом 40. И дальше через правильные промежутки, или периоды, в этот же ряд сами собой становились другие щелочные металлы — рубидий с атомным весом 85,5 и цезий с атомным весом 133. В этом ряду легчайших металлов свойства постепенно изменяются сверху вниз. Самый легкий — литий — в то же время и самый «спокойный»: попадая в воду, он только разогревается и шипит, но не загорается, как калий или цезий; на воздухе литий тоже ржавеет медленнее, чем его собратья. Натрий уже активнее лития, калий еще активнее, а последний в ряду и самый тяжелый — цезий — энергичнее всех вступает в химические соединения. На воздухе цезий не может пролежать ни одной секунды: он тотчас же самовозгорается.



На такие же более или менее родственные группы, или семейства, распадаются все элементы. И в каждом ряду свойства элементов и свойства их бесчисленных соединений изменяются постепенно и в строгом порядке — вместе с возрастанием атомного веса. Так мир материи, хаотичный на первый взгляд, обнаружил свою поразительную стройность. За внешним разнообразием, которое казалось случайным и сумбурным, Менделеев подглядел внутреннее единство, железную закономерность. Он назвал это *периодическим законом*.

## Химия или хиромантия?

Не странно ли, однако, что до Менделеева никто не заметил естественной связи между элементами? Казалось бы, что тут мудреного: выписать элементы подряд один за другим по величине атомного веса — и все. Периодический закон тогда раскроется сам собой. Неужели же никто из химиков, кроме Менделеева, не догадался сделать такую простую вещь? Ведь это как будто очень легко — все равно, что расположить элементы по алфавиту! Да, такие попытки делались и другими химиками. Но открыть периодический закон и использовать его для дальнейшего развития науки сумел только Менделеев. Потому что на самом деле это было вовсе не так просто.

На самом деле истинная связь между элементами была невероятно запутана, «зашифрована». И понадобились исключительная прозорливость ума, огромная сила воображения, чтобы раскрыть секрет сложного химического шифра. Вообразите следователя, в руки которого попал важный зашифрованный документ вместе с ключом к шифру. В нетерпении он раскладывает обе бумаги, чтобы прочесть тайную запись. Но, когда он начинает сличать их, вдруг обнаруживается, что его обманули: ему подсунули негодный ключ. Некоторые значки в нем явно перепутаны, а некоторых вообще не хватает: вместо тридцати одной буквы алфавита в ключе стоит только двадцать пять или двадцать значков. Предположим, что первый из них — это *a*. Ну, а чему соответствует второй: *b*, или *v*, или *z*? Догадаться невозможно. И эти пробелы, эти отсутствующие значки обесценивают весь ключ, потому что ни об одном из последующих значков уже невозможно с уверенностью сказать, какой именно букве алфавита он отвечает. Когда Менделеев открывал периодический закон, он находился точно в таком же трудном положении.

Он расположил элементы по их атомным весам. Но он не знал, что атомные веса некоторых элементов вычислены неточно. При тогдашних методах исследования ошибки были неизбежны, но это выяснилось только много лет спустя. Такие элементы стояли в «пасьянсе» Менделеева с фальшивыми паспортами, не на своих местах. А из-

за этого искажался естественный порядок элементов, сходные группы разбивались, их засоряли «чужаки».

Еще большую путаницу вызывали «недостающие значки шифра» Менделеев знал про существование только 63 элементов. Но он не мог знать, существуют ли в природе еще какие-нибудь элементы, пока никому не ведомые. вспомните наш ряд людей в цветных одеждах, расставленных по росту. Вообразите, что пять или десять человек незаметно удрали из строя. Все спутается тогда, все цвета смешаются, никакого правильного чередования больше не будет. То же самое могло быть и в ряду элементов. Элементы, которые были известны Менделееву, с трудом шли в его таблицу, они сбивались в кучу, ломали строй, как необученные солдаты. Силой своего гения Менделеев заставил их стать на свои настоящие места. И там, где возникала путаница, он решительно наводил порядок.

Под элементом бором, который шел по порядку четвертым, и алюминием, который шел одиннадцатым, стал элемент титан, по порядку восемнадцатый. Промежуток между ними как будто был правильный — ровно шесть элементов, полный период. Но титан по своим свойствам явный чужак в группе бора и алюминия, ему место скорее в соседней группе, группе углерода. И вот Менделеев решает убрать титан с восемнадцатого места. — Здесь должен стоять какой-то другой, еще неизвестный нам элемент, — утверждает он, — элемент, схожий с бором и алюминием! И Менделеев оставил в этом месте пустую клетку. Перескочив через нее, титан оказался в родственной группе углерода. А за ним, уже не ломая строя, передвинулись следующие элементы, в порядке возрастания атомных весов.

**ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ**

ОСНОВАННОЙ КАКЪ НА АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СОЕДИНЕНІИ

|        |         |             |            |            |            |
|--------|---------|-------------|------------|------------|------------|
|        |         |             | Тл = 50    | Zr = 40    | ? = 180    |
|        |         |             | V = 53     | Nb = 94    | Ta = 182   |
|        |         |             | Cr = 52    | Mo = 96    | W = 186    |
|        |         |             | Mn = 55    | Rh = 104,6 | Pt = 197,4 |
|        |         |             | Fe = 56    | Ru = 104,6 | Ir = 198   |
|        |         |             | Ni = 59    | Co = 59    | Pd = 106,4 |
|        |         |             | Cu = 63,5  | Ag = 108   | Hg = 200   |
| H = 1  | Be = 9  | Mg = 24     | Zn = 65,4  | Cd = 112   |            |
|        | B = 11  | Al = 27,3   | ? = 43     | U = 116    | Am = 197,7 |
|        | C = 12  | Si = 28     | ? = 70     | Sn = 118   |            |
|        | N = 14  | P = 31      | As = 75    | Sb = 122   | Bi = 209   |
|        | O = 16  | S = 32      | Se = 79,6  | Te = 127,6 |            |
|        | F = 19  | Cl = 35,5   | Br = 80    | I = 127    |            |
| Li = 7 | Na = 23 | K = 39      | Rb = 85,4  | Cs = 133   | Tl = 204   |
|        |         | Ca = 40     | Sr = 87,6  | Ba = 137   | Pb = 207   |
|        |         | ? = 45      | Ce = 92    |            |            |
|        |         | ? Er = 94   | La = 94    |            |            |
|        |         | ? Yt = 90   | Di = 95    |            |            |
|        |         | ? Ip = 73,5 | Th = 118,7 |            |            |

Д. Менделѣевъ

Первоначальный вариант таблицы  
Д. И. Менделеева, 1869 год

С помощью таких пустых клеток Менделеев заставил элементы разместиться в его таблице, не искажая периодического закона. Впрочем, Менделеев не оставил эти клетки совсем пустыми: он заполнил их новыми элементами, которые сам выдумал, сам «сочинил». Он присвоил им имена: эка-бор, что значит бор плюс один («эка» — по-санскритски один), эка-алюминий, эка-кремний. И он заранее предсказал свойства этих никому не ведомых веществ, рожденных его собственным воображением. Он даже описал их внешний вид, их атомный вес, химические соединения, которые они образуют с другими элементами.

Никакого колдовства, ничего сверхъестественного в этих пророчествах не было. Ведь неизвестные элементы из пустых клеток не стояли особняком. Они находились в определенных местах таблицы, среди сходных элементов, и можно было попросту вычислить свойства этих веществ, которых не видел еще ни один человек в мире. Менделеев так и сделал, потому что он был твердо убежден в правильности открытого им периодического закона. Но для многих других химиков это казалось дерзостью и самонадеянностью. «Выдумать несуществующие элементы, присвоить этим призракам различные свойства и включить все это в курс точной науки, имеющей дело только с реальными веществами, с осязаемыми, неоспоримыми фактами! Да что это, химия или хиромантия? Научный труд или толкователь снов и примет для предсказаний будущего?» Так или примерно так отзывалось большинство ученых о Естественной системе Менделеева и предсказанных им элементах. Только факты могли бы разубедить скептиков.

Но проходили годы, а пустые клетки менделеевской таблицы так и оставались пустыми, населенные лишь призрачными, выдуманными веществами. Никто не принимал их всерьез, хуже того — их просто позабыли.

## Пророчества сбываются

20 сентября 1875 года в Париже на очередном заседании Академии наук выступил академик Вюрц и от имени своего ученика Лекока де Буабодрана попросил вскрыть пакет, переданный секретарю академии три недели назад. Пакет вскрыли, достали вложенное туда письмо и прочли. «Позавчера, 27 августа 1875 года, — так писал Лекок де Буабодран, — между тремя и четырьмя часами ночи я обнаружил новый элемент в минерале цинковая обманка из рудника Пьерфит в Пиренеях...» Новый элемент — наконец-то! Давно уже химики не слышали подобных сообщений. Лекок де Буабодран в течение многих лет совершенствовался в спектральном анализе химических веществ. И вот, наконец, плоды его упорной работы увенчались блестящим успехом: он «поймал» неизвестный фиолетовый луч, след неизвестного элемента.

В ту ночь, с 27 на 28 августа, он располагал только несколькими ничтожными каплями раствора цинковой соли, в котором затерялась микроскопическая частица нового вещества. Лекок не решился поэтому сразу оповестить о нем мир. Но, чтобы обеспечить себе первенство на случай, если этот же элемент будет открыт другим исследователем, он поспешил послать в академию на имя Вюрца запечатанный пакет с первым известием о своем открытии. Теперь, три недели спустя, у него уже накопился целый миллиграмм — тысячная доля грамма! — неизвестного вещества. Теперь можно было уже с уверенностью сказать, что тут нет ошибки — это действительно новый элемент.

*Галлий* — так он желал его назвать в честь своей родины (Галлия — древнее латинское название Франции). Лекок де Буабодран писал, что продолжает свои исследования и известит о них своевременно академию, но некоторые сведения о вновь открытом элементе он может сообщить уже сейчас: по своим химическим свойствам галлий напоминает всем известный алюминий.

Когда протоколы заседания Парижской академии пришли в далекий Петербург, Менделеев был поражен как громом. То, что этот француз раскопал где-то в Пиренеях, вовсе не новый элемент! Менделеев открыл его еще пять лет тому назад: это просто-напросто эка-алюминий! Все совпало, все сбылось, даже его предсказание о том, что эка-алюминий, как легко летучее вещество, будет обнаружен с помощью спектрального анализа. В прежние времена это называли бы чудом. Менделеев был сам потрясен тем, что его пророчество так блестяще осуществилось. Немедленно в Париж, в академию, полетело письмо.



«Галлий — это предсказанный мной эка-алюминий, — писал Менделеев. — Его атомный вес близок к 68, удельный вес — около 5,9. Исследуйте, проверяйте...» Химики всего мира с напряженным вниманием следили теперь за протоколами Парижской академии. Это было необычайно интересно: один исследователь сидел в Петербурге в своем кабинете и предсказывал, а другой, в Париже, возился с колбами и пробирками и с помощью точных измерений и опытов подтверждал предсказания своего товарища по науке. Впрочем, из-за удельного веса галлия у них возник спор. Когда Лекок де Буабодран выделил в чистом виде уже достаточно «большой» кусок нового вещества — одну пятнадцатую часть грамма, он определил его удельный вес и нашел, что тот равен 4,7. — Неправильно! — настаивал из Петербурга Менделеев. — Должно быть 5,9. Проверьте, у вас, наверное, недостаточно хорошо очищено вещество. Буабодран снова проверил, на большем куске. — Да, мосье Менделеев прав, — наконец признал он: — удельный вес галлия в самом деле равен 5,9.

Это была первая крупная победа периодического закона. А вслед за ней пришли и другие. Два скандинавских исследователя, Нильсон и Клеве, почти одновременно нашли новый элемент в редком минерале гадолините. Его назвали *скандий*. И, едва только принялись изучать его свойства, сразу стало ясно: это тоже старый знакомый — эка-бор из «пустой», восемнадцатой клетки менделеевской таблицы!

Но самый блестящий триумф выпал на долю Менделеева в 1885 году, когда еще один новый элемент был открыт немцем Винклером. Винклер нашел его в серебряном минерале из рудника Химмельфюрст и назвал *германием*. Этот германий очень точно пришелся в пустую, двадцать девятую клетку таблицы Менделеева, которую «временно» занимал эка-кремний. Свойства обоих элементов — предсказанного и настоящего — совпали так полно, что этому просто трудно было поверить. Судите сами.

В 1870 году Менделеев предсказал, что будет найден новый элемент из группы углерода и кремния и что это будет темно-серый металл. Пятнадцать лет спустя Винклер находит в руднике под Фрейбергом элемент, во многом схожий с углеродом и кремнием, и оказывается, что это действительно темно-серое вещество с металлическим блеском. Его атомный вес будет равен примерно 72, — предсказывал Менделеев. 72, 73, — подтвердил из опыта Винклер пятнадцать лет спустя. Его удельный вес около 5,5, — говорил Менделеев. 5,47, — подтверждал Винклер. Менделеев: Окись нового элемента, то есть его соединение с кислородом, будет трудноплавкой, ее нельзя будет расплавить даже на сильном огне; ее удельный вес составит 4,7. Винклер: Именно так! Менделеев: Удельный вес соединения нового элемента с хлором будет равен примерно 1,9. Винклер: Подтверждаю — 1,887. И так далее и так далее.

## Конец «белых пятен»

Отныне Естественная система элементов получила всеобщее признание. Для всех стало ясно: простые тела — не случайные явления природы: между всеми видами материи существует тесная связь и единство.

Раньше химики никогда не могли знать, открыты ли все элементы или можно ожидать еще открытия все новых и новых элементарных веществ, с новыми, абсолютно неожиданными свойствами. Теперь, благодаря Менделееву, карта материального устройства Вселенной стала несравненно более ясной и определенной. Химик почувствовал себя так же уверенно в мире элементов, как чувствует себя современный географ на морях и материках земного шара, изученного вдоль и поперек.

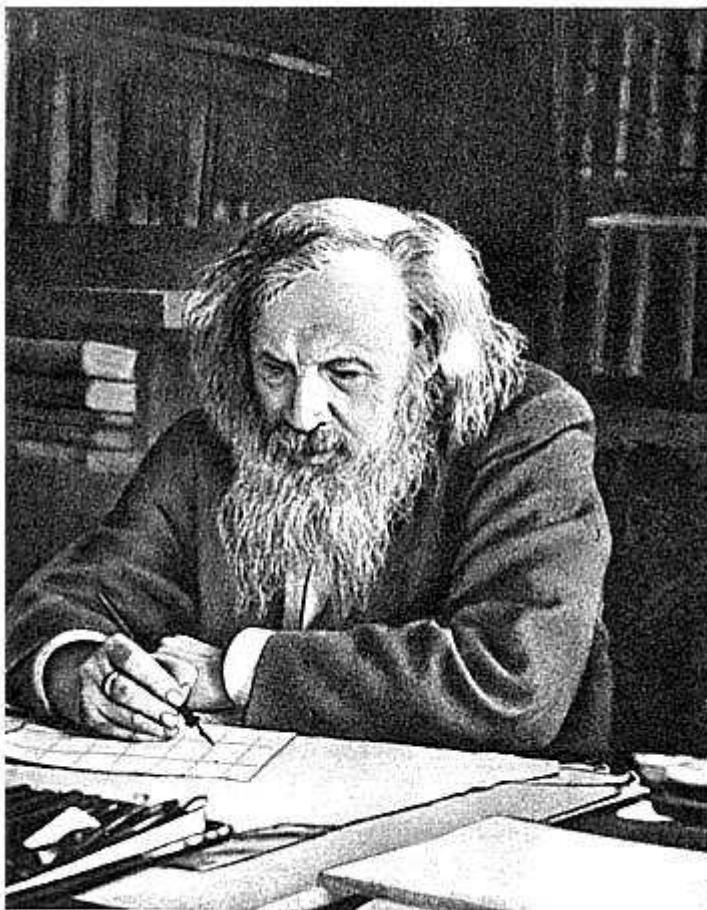
Вооруженный точными картами, географ не станет в наше время искать неизвестные острова в Атлантическом океане между Ньюфаундлендом и Ирландией или горные хребты в пампасах Южной Америки; он знает, что их там нет и не может быть. Точно так же и химики, вооруженные таблицей Менделеева, не станут искать новые щелочные металлы между натрием и калием или какие бы то ни было новые элементы, которые могли бы занять место между скандием и титаном. Ибо таких элементов и не может быть — это противоречило бы периодическому закону.

По таблице Менделеева химики могли с большей или меньшей точностью судить о том, сколько всего элементов существует в мире. Они знали теперь, какие примерно элементы еще ускользают от них, скрываясь в редких минералах в укромных уголках земного шара. «Белые пятна» в мире вещества исчезали один за другим, потому что теперь стало известно, где они находятся и как их искать. И, тем не менее, кое-какие и немалые сюрпризы еще были впереди. Помните загадочный солнечный элемент гелий, о котором мы рассказывали в третьей главе?

Что же стало с этим веществом? Нашли для него место в таблице Менделеева? Или, может быть, сам Менделеев «заочно» описал его свойства, как он сделал это с галлием, скандием и германием? Нет, Менделеев не очень верил в солнечный элемент. Он полагал, что неведомую желтую линию посылает какой-то из знакомых нам элементов, может быть железо или кислород. Менделеев допускал, что при сверхвысокой температуре Солнца и при огромных давлениях, господствующих там, элементы могут излучать другой свет, чем в наших земных условиях. Пришел день, незабываемый для науки день, когда загадка гелия была раскрыта полностью и окончательно. Менделеев дожил до этого дня. Ему показалось тогда, что он потерпел величайшее поражение, но на самом деле именно в этот момент Менделеев одержал величайшую из своих научных побед.

## **В плену у царя и капиталистов**

Торжество периодического закона принесло мировую славу Менделееву. Многие иностранные университеты присвоили ему звание почетного доктора, академии наук и ученые общества избрали его своим членом. Английские ученые пригласили его в Лондон прочесть публичную Фарадеевскую лекцию, которую, по традиции, читали только величайшие ученые мира. В Англии же ему присудили золотую медаль Дэви.



**Д. И. Менделеев**

Только у себя на родине, где господствовало жестокое и тупое самодержавие, Менделеев, не получил должного признания. Хуже того: ставленники царя подвергали унижениям и оскорблениям великого химика.

На выборах в Российскую императорскую Академию наук кандидатура Менделеева была провалена. Талантливейший русский ученый так никогда и не был избран в академики. Впоследствии цар-

ский министр Делянов изгнал Менделеева из университета — за то, что тот «осмелился» передать ему петицию студентов об улучшении университетских порядков. И в течение нескольких лет прославленный на весь мир старый ученый лишен был даже лаборатории, где он мог бы проводить свои работы.

Менделеев никогда не замыкался в стенах своего кабинета. Он был пламенным патриотом и стремился отдать все свои силы и талант на благо родной страны. Но почти все его практические предложения не находили отклика. В то время на Кавказе начала развиваться нефтяная промышленность. Менделеев доказывал, что нефть надо использовать разумно, как ценнейший химический продукт. Он говорил, что сжигать под котлами нефть — все равно что топить их денежными ассигнациями. Он хотел, чтобы добыча и переработка нефти велись по всем правилам науки. Но Менделеева мало кто слушал. Владельцы промыслов хищнически добывали и расходовали нефть, не желая думать о завтрашнем дне.

Менделеев доказывал везде и всюду, что России нужна мощная химическая промышленность. Но до самой Октябрьской социалистической революции в нашей стране существовали только немногочисленные химические заводики — маломощные, плохо оборудованные предприятия.

Менделеев мечтал об исследовании стратосферы и однажды сам, без пилота, поднялся на воздушном шаре. Он требовал освоения Арктики, Великого Северного морского пути и разрабатывал проекты ледоколов. Побывав в уральских каменноугольных шахтах, Менделеев выдвинул идею подземной газификации угля: он предложил прямо в пластах превращать уголь в горючий газ и таким образом избавить шахтеров от тяжелого труда под землей.

Но его замечательные идеи и проекты ни у кого не находили поддержки. Царских чиновников и капиталистов интересовали только чины, теплые местечки да хищнические прибыли, а о благе родины, о расцвете науки и техники мало кто из них заботился. Только спустя много лет после смерти Менделеева, когда Россию обновила социа-

листоческая революция, идеи великого русского ученого впервые стали осуществляться на практике.

## Одна тысячная грамма

В этой главе мы хотим, наконец, рассказать о солнечном элементе гелии. Впервые, как вы помните, гелий обнаружили астрономы. Потом в его судьбе приняли участие физики, затем химики и под конец даже геологи. Это была причудливая цепь открытий и остроумных догадок. Вот как все происходило.

Английский физик Рэйли проводил в 80-х годах XIX века длинную серию опытов с газами. Для некоторых целей Рэйли понадобилось определить с большой точностью, сколько весит один литр каждого газа. Этот вес называется плотностью. Сначала Рэйли взвесил водород, легчайшее из веществ, потом кислород, затем он принял за азот. Рэйли старался, чтобы результаты его измерений были самыми точными из всех, какие когда-либо получались физиками. Ни один пузырек газа, даже самый крохотный, не должен был ускользнуть от него при взвешивании. И Рэйли принимал тысячу предосторожностей для того, чтобы взвешиваемый газ был совершенно чистым, без всяких примесей.

Чистый азот нетрудно получить из воздуха. Со времен Шееле и Лавуазье все знают, что воздух на четыре пятых состоит из азота, а остальное — кислород. Надо, значит, только удалить кислород да еще небольшую примесь углекислоты и водяных паров, которые всегда содержатся в воздухе, и останется чистый азот. Рэйли так и делал. Он пропускал воздух через ряд химических ловушек; в одной поглощался углекислый газ, в другой задерживался кислород, в третьей застревали водяные пары. Рэйли поступал примерно так же, как домашние хозяйки, когда они на зиму ставят между оконными рамами стаканчики с серной кислотой: кислота притягивает влагу, и воздух между рамами остается сухим, без водяных паров. Рэйли тоже пользовался серной кислотой. Но, кроме нее, он применял и другие вещества, которые полностью извлекли из воздуха кислород, углекислый газ и влагу.

В остатке получался чистый азот, и Рэйли его взвешивал. Всякий хороший экспериментатор никогда не ленится лишний раз проверить самого себя, чтобы избежать ошибок. А Рэйли был исключительно добросовестным и аккуратным экспериментатором. Могло случиться, что какая-нибудь из ловушек не будет действовать как следует и часть примесей незаметно проскочит. Или же где-нибудь в резиновой трубке могла быть предательская дырочка, крошечная, не видимая глазом, но все же достаточная для того, чтобы сквозь нее «подсасывался» извне неочищенный воздух. Как это обнаружить? Для проверки Рэйли решил получить азот другим путем, не из воздуха. И если плотности обоих газов совпадут — значит, все в порядке: результат правилен, работа произведена тщательно, азот хорошо очищен, в приборе нигде нет утечки. Химик Рамсэй, знакомый Рэйли, посоветовал ему получить азот из аммиачного газа. Это был удобный способ, и Рэйли тотчас его применил. Азот из аммиака был получен, очищен по всем правилам и взвешен.

Представьте себе теперь досаду Рэйли: веса обоих газов — обоих «азотов» — не совпадали. Литр азота, полученного из воздуха, весил 1,2572 грамма. А литр того же азота, но полученного из аммиака, весил 1,2560 грамма, на одну тысячную меньше. Где-то, в чем-то Рэйли допустил ошибку, неточность. Это была ничтожная ошибка — в одну тысячную! — но все же ошибка. Рэйли стал проверять все свои приборы — сосуд за сосудом, ловушку за ловушкой, трубки, насос, весы... Затем снова был приготовлен азот — из воздуха и из аммиака. Оба газа тщательно очистили, аккуратнейшим образом взвесили, но снова веса не совпали, опять на одну тысячную.

Рэйли поставил новый, контрольный опыт, но получил тот же результат. Разница в одну тысячную, пустяк... Можно было просто отмахнуться от нее, но Рэйли не мог, не способен был пренебречь даже такой ничтожной ошибкой. Он злился, его раздражало это несовпадение. Он задержался на опытах с азотом и не мог идти дальше. Десятки новых интересных физических проблем привлекали его внимание, но он не мог ими заняться, он возился с очисткой проклятого азота, поневоле превратившись в химика.

Однажды, когда Рэйли с нескрываемым отвращением рассматривал листки, на которых были записаны результаты последнего взвешивания, ему попался на глаза очередной номер научного журнала «Нэйчэр» («Природа»), «Я напишу туда!» — решил Рэйли. И он тут же набросал письмо в редакцию. Изложив свои заключения с азотом, Рэйли через журнал обращался с призывом к химикам: не подскажет ли ему кто-нибудь, где тут может быть ошибка, чем объяснить это упорное несовпадение? Рэйли отправил письмо и стал ждать. Может быть, химики выведут его из тупика, в котором он очутился?

## Азот тяжелый и азот легкий

Вскоре стали прибывать ответные письма. Среди них было письмо и от Рамсэя. Химики давали отчаявшемуся физику толковые советы, но, к сожалению, эти советы не помогли. Разница в весе газов как была, так и осталась. Мало того; когда Рэйли изменил условия опыта, несовпадение стало еще большим. Пришлось, уже не полагаясь ни на чьи советы, самому доискиваться, почему азот бывает то тяжелее, то легче.

Два года провозился Рэйли с заупрямившимся газом. Что только он с ним не делал! Он пропускал через азот «воздушный» и азот «аммиачный» электрические разряды. Он оставлял азот в наглухо закрытом сосуде на целых восемь месяцев. Но ни электричество, ни время не могли изменить свойства газа. Как была разница в плотностях, так и осталась. Рэйли попытался получить азот из других веществ. Он извлекал его из веселящего газа, окиси азота, мочевины. Во всех случаях вес полученного газа в точности совпадает с весом азота, полученного из аммиака. А вес азота, добытого из воздуха, по-прежнему был больше.

Тогда Рэйли решил и азот из воздуха получить по другому способу. Раньше он пропускал воздух над раскаленной медью: сгорая, металл отнимал у воздуха кислород, и оставался один чистый азот. Теперь Рэйли стал пропускать воздух не над медью, а над раскаленным железом и другими веществами, способными поглощать кислород. Но от этого плотность «воздушного» азота несколько не изменялась: по-прежнему он был тяжелее, чем азот из аммиака. Десятки экспериментов проделал Рэйли, а впереди все еще не видно было никакого просвета. У него было такое чувство, как будто он уперся в глухую стену, которую невозможно ни пробить, ни обойти... Но, по крайней мере, теперь Рэйли знал, что никакой ошибки, никакого просчета он не допустил. Виноват был не экспериментатор, а природа.

Теперь стало совершенно ясно, что азот из воздуха на самом деле тяжелее азота из химических соединений. Но почему? Как могло

одно и то же вещество иметь разный вес? Это оставалось загадкой — дразнящей, беспокоящей загадкой.

## «Загляните в старые журналы!»

В апреле 1894 года Рэйли докладывал о своих опытах с азотом в лондонском Королевском обществе. После заседания к нему обратился химик Рамсэй с предложением о помощи. — Два года назад, когда вы писали в «Нэйчэр», трудно было понять, почему у вас получается расхождение, — сказал Рамсэй. — Теперь, мне кажется, все ясно: в азоте из воздуха есть какая-то тяжелая примесь, какой-то неизвестный газ... Если вы позволите, я попытаюсь бы продолжить ваши работы.

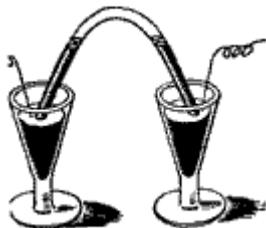
Рэйли, конечно, дал на это согласие, но мысль о неизвестном газе показалась ему невероятной. Тысячи исследователей бесконечное число раз анализировали воздух и всегда находили в нем только кислород и азот да еще небольшие количества углекислоты и водяных паров. Откуда же там мог взяться еще новый газ? Рэйли посоветовался еще с другим своим товарищем по Королевскому обществу, с физиком Дьюаром. — Загляните в старые журналы! — Сказал ему Дьюар. — По-моему, еще Генри Кэвендиш уверял, что азот воздуха неоднороден. — Кэвендиш! — изумился Рэйли. — Сто лет назад? — Да, — подтвердил Дьюар. — Кажется, в одной из его первых работ о составе воздуха есть намек на этот счет. Вы разыщите ее. — Я найду ее сегодня же! — заявил Рэйли. Подумать только: его опередили на сто лет!

## Опыт Генри Кэвендиша

Одинокий, чудаковатый и робкий человек, по имени Генри Кэвендиш, жил в Лондоне во второй половине XVIII века. Страх его перед людьми был так велик, что, когда с ним заговаривали, он краснел, вскрикивал и убегал спотыкаясь. А если, набравшись храбрости, он и отвечал, то заикался, путался и смущался, как малый ребенок. Кэвендиш жил затворником в своем большом и уютном доме и очень редко показывался в обществе. У этого замкнутого и молчаливого человека была только одна страсть: наука, исследование природы. В течение полувека, день за днем, не зная ни развлечений, ни отдыха, ни праздников, Кэвендиш настойчиво работал, вычислял, экспериментировал... Он открыл состав воды. Он первый вычислил, сколько весит земной шар. Он, одновременно с Шееле и Лавуазье, изучал состав воздуха и свойства кислорода и азота.

Осторожный и недоверчивый, Кэвендиш не спешил публиковать результаты своих опытов. И многое осталось погребенным в его архивах. А кое-что впоследствии было просто позабыто. Так случилось, что через несколько поколений Джон Рэйли годами бился над загадкой «тяжелого» азота, не подозревая, что все свои недоумения он мог бы рассеять, заглянув в пожелтевшие страницы «Протоколов» Королевского общества за 1785 год.

Вот какой опыт был описан Кэвендишем в этом журнале. Он пропускал через стеклянную трубку, наполненную воздухом, электрические искры — маленькие искусственные молнии. И под действием электричества обе составные части воздуха — азот и кислород — химически соединялись друг с другом. Получался новый газ, с удушливым запахом. И этот газ Кэвендиш все время уводил, удалял из трубки: он поглощал его особым раствором. Но кислорода в воздухе содержится в четыре раза меньше, чем азота, поэтому через некоторое время весь кислород был израсходован, и в трубке остался один азот. Тогда Кэвендиш добавил в трубку чистого кислорода и снова стал пропускать искры. Так он в конце концов добился того, что азот почти весь соединился с кислородом и в виде нового, удушливого газа был поглощен раствором щелочи.



Один маленький пузырек азота, однако, упорно оставался в трубке и не поглощался щелочью, Напрасно прибавлял к нему Кэвендиш все новые и новые порции кислорода, напрасно он пропускал сквозь него электрические искры — больше удушливого газа не получалось. Крохотный пузырек азота, величиной с чечевицу, плавал над раствором и ни за что не соединялся с кислородом. «Из этого опыта я заключаю, — писал Кэвендиш, — что азот воздуха неоднороден:  $1/120$  часть его ведет себя по-другому, чем большая, основная часть. Стало быть, азот — это не одно вещество, а смесь двух различных веществ». (Кэвендиш был еще сторонником теории флогистона и называл азот «флогистированным воздухом»).

...Когда Рэйли дочитал старый журнал до этого места, он схватился за голову и бросился в лабораторию, чтобы повторить старый опыт Кэвендиша.

## Из чего состоит воздух

А между тем химик Вильям Рамсэй, коллега Рэйли по Королевскому обществу, тоже не терял времени зря. Он рассудил очень просто: если в воздухе есть какая-то примесь, которую мы еще не знаем, то обнаружить ее можно только одним способом — надо взять определенный объем воздуха и по очереди извлечь оттуда все его составные части. Если после этого что-нибудь еще останется — значит, в воздухе есть какой-то неизвестный газ. Рамсэй пропустил воздух через ряд химических ловушек и легко выделил из него кислород, водяные пары, углекислый газ. Остался азот. Рамсэй и для него нашел ловушку. Он еще за несколько лет до этого на лекции случайно обнаружил, что азот хорошо улавливается раскаленными опилками магния, того самого металла, который фотографы жгут при моментальной съемке. И теперь Рамсэй воспользовался этим случайным наблюдением: он стал продувать азот над раскаленным магнием. Рамсэй пропустил азот один раз через трубку с магнием. Большая часть газа поглотилась, а часть проскочила. Он снова погнал остаток над раскаленными докрасна опилками; Газы остались еще меньше. В третий раз пропустил — и остаток взвесил. И что же? Он оказался заметно тяжелее обыкновенного, атмосферного азота. Обычный азот тяжелее водорода в 14 раз, а этот газ был тяжелее водорода в 14,88 раза.

Обрадованный Рамсэй снова пустил его в трубку с магнием. И снова часть газа застряла в ловушке, а остаток сделался еще тяжелее. С каждым разом газа становилось все меньше и меньше, а плотность его возрастала. Она дошла до 16, потом до 18. На 20 она остановилась. И как раз к этому времени газ перестал теряться в поглотителе. Очевидно, весь азот был уже уловлен и осталась тяжелая неизвестная примесь, на которую магний не действовал. Целое лето пропускал Рамсэй воздух через поглотитель, пока не набрал десятую часть литра нового газа.

У его коллеги Рэйли, который повторял старый способ Кэвендиша, дело подвигалось медленнее: к концу лета 1894 года у него набралась только половина кубического сантиметра тяжелой примеси. Но важно было то, что оба исследователя, пользуясь различными ме-

тодами, получили один и тот же результат! Теперь оставалось только узнать «мнение» всемогущего спектроскопа. В стеклянную трубку впаяли электроды, наполнили ее новым газом и пустили ток. Газ загорелся холодным красивым светом. В спектре его были красные, зеленые, синие линии — все новые, еще не виданные ни одним спектроскопистом.

13 августа 1894 года Рэйли и Рамсэй явились в Оксфорд, где происходил съезд британских естествоиспытателей, и попросили слова для внеочередного сообщения. — Мы открыли новый элемент, — заявили они. — Он находится везде и всюду, он окружает нас со всех сторон. Вместе с кислородом и азотом он входит в состав атмосферного воздуха, того воздуха, которым мы с вами дышим.

## Элемент-отшельник

Если бы над головами ученых, собравшихся в Оксфорде, разорвалась бомба, это вызвало бы меньший переполох, чем заявление Рэйли и Рамсэя. В воздухе — неизвестный элемент! Во всех лабораториях, во всех университетских аудиториях, во всем мире рассеяно огромное количество неизвестного вещества — и никто этого даже не подозревал! Целое столетие исследователи собирали по всему свету необыкновенные минералы, чтобы выловить последние редкие элементы, еще укрывшиеся от химиков. А у себя под рукой они проглядели неизвестное вещество! Как же это могло случиться? Ведь нового газа в воздухе оказалось не так уж мало: один литр из ста.

Когда Кэвендиш впервые напал на его след, люди только-только узнали о том, что есть два разных воздуха: воздух «живой» и воздух «мертвый». Тогда и кислород, и азот были еще большой диковиной. Поэтому никто, даже сам Кэвендиш, не придавал большого значения ничтожному пузырьку газа, который не во всем был похож на азот. Но почему потом, в течение долгих ста лет, химики не замечали, что азот воздуха — это смесь двух газов? Тысячи раз они анализировали воздух. Любой студент или лаборант и даже квалифицированные рабочие на химических заводах умели это делать. Химики высчитали до сотой доли процента, сколько в воздухе кислорода и сколько азота... Они точно установили, что в нем содержится 0,03 процента углекислоты... Даже водород они ухитрились найти в атмосфере, хотя его меньше одной десятитысячной процента... Одна десятитысячная процента! А целый процент неизвестного газа так долго упускали! Почему же? Потому что этот газ, невидимый, без вкуса и запаха, ничем совершенно себя не проявлял. Газ-тихоня. Он незаметно следовал повсюду за азотом и вел себя так смиренно, словно его вовсе не существовало.

Этот новый элемент не давал никаких соединений с другими элементами. Он стоял особняком среди всех веществ мира, вечно меняющихся, вечно претерпевающих различные химические превращения. Элемент-отшельник, элемент-одиночка. Новый газ проявлял полное безразличие ко всяким химическим воздействиям. Он был аб-

солютно недеятелен, пассивен. Поэтому его назвали *аргон*, что по-гречески значит «недеятельный».



Рамсэй смешивал его с наиболее активными, сильнодействующими веществами. Он пробовал его соединить с хлором, удушливым газом, который заставляет ржаветь металлы, обесцвечивает краски, разрушает ткани и бумагу, превращая их в труху. Но да аргон хлор не действовал никак. Пытались сжечь в нем фосфор. Это ядовитое вещество разъедает руки, на воздухе возгорается само собой, соединяясь с кислородом. Но аргон и к нему остался равнодушен. Ни огнем, ни холодом, ни электрическим током, ни действием едких кислот невозможно было заставить аргон вступить в химическую реакцию. Все отскакивало от него, не оставляя никаких следов, не изменяя ни одной его частички.

Рамсэй и другие химики никак не могли примириться с существованием такого странного, безразличного ко всему вещества. Должно же оно давать хоть какие-нибудь соединения! Ведь даже «благородные» металлы — золото и платина, не ржавеющие ни в воде, ни на воздухе, не растворяющиеся даже в кислотах, — и те удаётся соединить с некоторыми веществами! Неужели же аргон неприступнее всех веществ в мире? Снова и снова Рамсэй и его помощники вводили в сосуд с аргоном различные химические реактивы. Они перепробовали почти все простые и многие сложные вещества. В напряженной работе быстро проходили дни, недели, месяцы. Но тщетно: аргон не поддавался.

## Газ из минерала

Однажды после очередного доклада в Королевском обществе об опытах с аргоном Рамсэй получил письмо от геолога Майерса. На докладе Майерс не присутствовал, но, очевидно, слышал о нем. «Не знаю, — писал Майерс, — пытались ли вы соединить аргон с металлом ураном. Если не пытались, то, мне кажется, стоило бы попробовать это сделать. Несколько лет назад американский геолог Хиллебранд заметил, что из уранового минерала клевеита, если его нагревать в серной кислоте, выделяется очень много газа. Хиллебранд утверждает, что этот газ — азот. Но, может быть, там есть и аргон? Мне кажется, что это следовало бы проверить: почему знать, может быть, в состав клевеита входит химическое соединение урана с аргоном?»

Совет Майерса показался Рамсэю дельным. Но где достать клевеит? Это очень редкий, дорогой минерал, его находят только в Норвегии. На всякий случай Рамсэй послал сотрудника по лондонским магазинам поискать клевеит. И тому повезло: у одного торговца минералами он достал за 18 шиллингов две унции клевеита (около 60 граммов). Ассистент Рамсэя тотчас же бросил минерал в серную кислоту, подогрел. Клевеит запенился, из него пошел газ. Но Рамсэй, занятый другими опытами, не стал его пока исследовать, а велел сохранить в плотно закрытом сосуде.

Прошло полтора месяца. За это время Рамсэй сделал еще несколько попыток получить соединения аргона, но все безуспешно. Наконец его терпение иссякло; он понял, что бессилен против этого сверхстойкого, удивительно пассивного вещества. Но, прежде чем признать себя окончательно побежденным, Рамсэй решил еще напоследок проверить газ из клевеита. Прежде всего надо было узнать, азот ли это, как утверждал Хиллебранд, или аргон. Ассистент Рамсэя напил магниевого опилок, накалил их докрасна и пропустил через них газ. Будь это азот, он застрял бы в ловушке: магний должен был его поглотить. Но газ вышел из ловушки почти нетронутым. Значит, Хиллебранд был не прав.

Тогда Рамсэй направился в темную комнату для лаборатории, чтобы посмотреть, какой спектр дает этот газ. Он взял трубку, по краям которой были впаяны металлические пластины — электроды, и насосом выкачал из нее воздух. Потом впустил туда газ и подвел к электродам ток. Тотчас же газ в трубке засветился. Рамсэй посмотрел в спектроскоп. Там виднелось много светлых линий разных цветов и в том числе очень яркая желтая линия. «Натрий! — подумал Рамсэй. — Наверное, в магниевых опилках была примесь натрия. От него никогда не уберешься...» Чтобы легче было разобраться в этом сложном спектре, Рамсэй наполнил другую трубку чистым аргоном и тоже пустил через нее ток. Теперь он видел в спектроскопе спектры от обеих трубок, и их можно было сравнивать.

В обоих спектрах много линий совпадало. В спектре чистого аргона тоже виднелась желтая линия, но более слабая. Очевидно, и во вторую трубку затесалась небольшая примесь вездесущего натрия. Но почему-то желтая, натриевая линия второй, контрольной трубки стояла чуть в стороне от желтой линии газа из клевета. Рамсэй подправил спектроскоп, покрутил трубку с целью, чтобы линии сошлись. Но они остались на своих местах. Они стояли совсем рядом, но все-таки не сливались.

— Наш спектроскоп разладился, — сказал Рамсэй ассистенту. И он зажег свет, разобрал прибор и тщательно протер стекла. Но это не помогло: восстановив спектроскоп, Рамсэй снова увидел, что желтые натриевые линии от обеих трубок стоят врозь. Что за наваждение? Со времен Бунзена и Кирхгофа всем химикам и физикам было известно, что линия натрия занимает строго определенное место в спектре. Если взять тысячу образцов натрия из самых различных мест земного шара, то, где бы их ни исследовали, они все дадут одни и те же желтые лучи, одну и ту же линию в спектроскопе. Почему же здесь, в лаборатории Лондонского университета, линии натрия разошлись?

Несколько минут Рамсэй неподвижно сидел у спектроскопа, устремив глаза на трубку с газом, пылавшую холодным золотистым огнем. Собственно говоря, найти объяснение было нетрудно. Рамсэй

уже нашел его. Он боялся только, что это объяснение чересчур смело и рискованно. Он не решался поверить собственной удаче. В самом деле, почему бы не допустить, что в этой трубке, кроме аргона, есть еще что-нибудь? Еще новый, неизвестный элемент?

Тут же в уме Рамсэя мелькнуло готовое название для него — *криптон*: в переводе с греческого это значит «тайный, скрытый». Рамсэй немедленно принялся проверять свое предположение. Много часов, не замечая времени и усталости, он провел в темной комнате; он изучал спектр газа из клевеита, сличая его со спектрами аргона, азота, натрия. Но его плохонький спектроскоп не годился для решения такой сложной задачи. И в конце концов Рамсэй решил обратиться к своему товарищу, физику Круксу, большому специалисту по спектроскопии. Он послал Круксу трубку с «криптоном» и просил исследовать его спектр. Это было вечером 22 марта 1895 года.

А на другое утро в лабораторию явился почтальон. Рамсэя вызвали из темной комнаты и вручили телеграмму. «Криптон — это гелий, — сообщал Крукс. — Приходите, и вы увидите». Рамсэй пошел и увидел: желтая линия газа из клевеита в точности совпадала с загадочной желтой линией из солнечного спектра, с линией гелия. Так солнечное вещество было найдено на Земле.

## Гелий на Земле

Каким сложным, каким извилистым оказался «путь к этому открытию! Сначала астрономы заподозрили существование неизвестного элемента на Солнце. Потом Рэйли, совершенно не думая о солнечном веществе, стал для проверки одной старой научной гипотезы измерять веса газов — водорода, кислорода, азота. Он хотел лишь знать как можно точнее, сколько весит один литр каждого газа, больше ничего! Благодаря опытам Рэйли вспомнили о давно забытом эксперименте Кэвендиша. И в конце концов соединенными усилиями Рэйли и Рамсэя в воздухе была найдена тяжелая примесь — странный газ аргон. Совершенно не думая о солнечном веществе, Рамсэй стал изучать свойства аргона и обнаружил, что это необыкновенно пассивное, безразличное ко всему вещество.

Когда геолог Майерс навел его на след редкого минерала клевета, Рамсэй надеялся лишь на то, что здесь, наконец, он найдет первое химическое соединение аргона. О большем он и не думал. Он извлек из клевета газ, с которым Хиллебранд возился еще пять лет назад, ничего не подозревая. Рамсэй увидел, что это не азот и не аргон, но он тоже сразу не догадался, с чем имеет дело. И только физик Крукс первый сообразил, что новый газ — тот самый элемент, который астрономы заметили двадцать семь лет назад на Солнце.



Обыкновенные, земные люди теперь держали в руках этого гостя с далекого огненного светила. Его исследовали, испытывали, изучали со всех сторон. Какие чудесные свойства он обнаружит? Многие, пораженные удивительной историей его открытия, втайне

ожидали, что и сам он окажется веществом необыкновенным, ни на что не похожим.

Но ничего чудесного не произошло. Скоро выяснилось, что гелий — такой же «благородный» газ, как и аргон. Бесцветный и прозрачный, лишенный запаха и вкуса, он проявлял такое же упорное нежелание вступать в химические соединения, как и аргон. Только в одном он сильно отличался от аргона: своей легкостью. Гелий оказался одним из самых легких веществ в мире, первым после водорода.

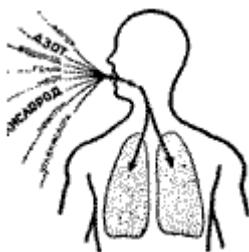
## Новые находки

В эти дни великого торжества науки едва не зашаталось стройное здание, воздвигнутое четверть века тому назад Менделеевым. Рамсэй мог бросить вызов Менделееву, объявить его систему негодной. И он имел для этого веские основания: для новых элементов в менделеевской таблице не находилось места. Там не было такого ряда, куда могли бы стать аргон и гелий. А когда их все же пытались втиснуть в тесные, сплоченные ряды других элементов, сообразясь с их атомными весами, порядок в таблице нарушался, возникали сумбур и путаница.

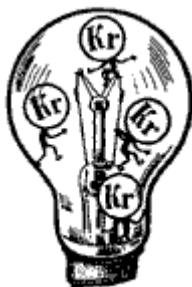
Некоторые химики, стараясь найти выход из этого положения, стали было доказывать, что аргон и гелий вовсе не новые элементы. — Это просто разновидности азота, — уверяли они. — Мы знаем, что и другие элементы встречаются в нескольких видах. Углерод, например, существует в трех видах: сажа, графит и драгоценный алмаз. Кислород бывает двух видов. Почему же не предположить, что и азот может принимать различные формы?

Но сам Рамсэй был на этот счет другого мнения. — Мы еще не всё открыли, — говорил он. — Надо продолжать поиски, потому что, наверное, есть еще элементы, похожие на аргон и гелий. Все вместе они составят новую большую «семью» элементов, новый ряд, который целиком войдет в таблицу Менделеева. Новые открытия не опрокидывают и не опрокинут периодическую систему — наоборот, она станет полнее, а следовательно, точнее и правильнее. И Рамсэй вместе со своими помощниками принялся искать новые элементы — «родственников» аргона и гелия. Он исследовал сто пятьдесят редких минералов, двадцать различных минеральных вод, и даже в метеоритах он пытался отыскать следы новых элементов. В обыкновенном воздухе Рамсэй обнаружил, кроме аргона, еще целых три новых элемента, которые он назвал *неоном*, *криптоном* и *ксеноном*. Тут же он нашел и гелий! И все эти пять похожих друг на друга элементов прекрасно расположились в таблице Менделеева, образовав в ней новый ряд. Так была окончательно доказана справедливость менделеевского закона.

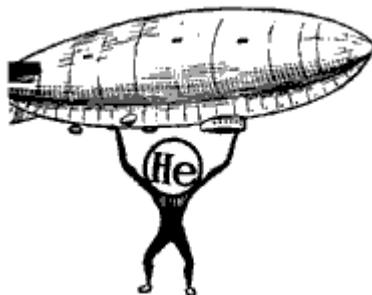
Но почему же Рамсэю не удалось сразу выделить из воздуха эту пятерку элементов? Почему он сначала заметил только аргон? Потому что аргона в воздухе довольно много — один литр из ста, а гелия, неона, криптона и ксенона очень мало. При каждом вдохе мы вбираем в свои легкие примерно 5 кубических сантиметров аргона (то есть примерно полстоловой ложки), неона — в пятьсот раз меньше, гелия — в две тысячи раз, криптона — в десять тысяч и ксенона — в сто тысяч раз меньше. (Конечно, все эти газы проходят через наши легкие, не оказывая на них никакого действия. Ведь эти безразличные ко всему вещества избегают всяких химических превращений).



Техника нашла для всех этих редких газов полезное применение. Аргонem наполняют электрические лампы, чтобы накаливаемая нить не перегорала слишком быстро. В этом вялом, безжизненном газе не то что тугоплавкий металл, но даже горячая нефть никогда не воспламенится! Еще лучше применить для той же цели криптон и ксенон. Лампы, наполненные ими, можно назвать вечными: так долго они служат.



Неон тоже используют для электрического освещения. Только не в обыкновенных лампах. Видели вы в Москве красные светящиеся трубки над станциями метро? Они наполнены неоном. Когда через них пропускают ток, газ светится красивым светом.

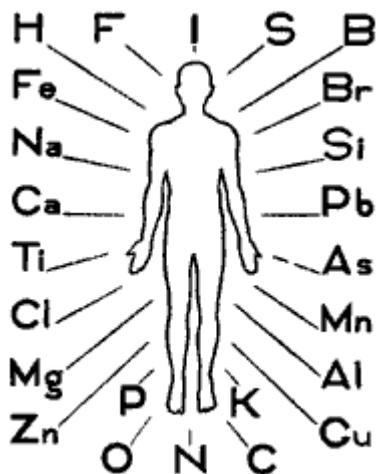


А легкий гелий пригодился дирижаблестроителям и стратонавтам. Им наполняют дирижабли и стратостаты, чтобы они всплыли в воздухе. Гелий, правда, дороже и тяжелее водорода, который служит для тех же целей. Но водород горюч. Одна искра — и весь огромный воздушный корабль вспыхнет, как факел. А на гелиевом судне опасаться пожара нечего: в гелии, как и в аргоне, и при желании не разожжешь огня, даже если собрать вместе все самые горючие вещества в мире.

## Можно ли разложить элемент?

Ко времени открытия аргона и гелия многим ученым казалось, что тайны материи уже раскрыты до конца. Менделеевская таблица была почти целиком заполнена. Большинство элементов найдено. Превращения сотен тысяч сложных веществ хорошо изучены. Казалось, все теперь ясно. За сто лет до этого, в конце XVIII века, Шееле, Лавуазье и другие исследователи только-только начинали еще допытываться: что из чего состоит? А теперь любой химик мог уже дать на этот вопрос полный и точный ответ.

Около восьми десятков элементов — вот из чего в конечном счете состоит вся Вселенная. Из этих элементов, так хорошо изученных химиками, построены звезды и Солнце, Земля и люди, камни и растения. Какое бы вещество мы ни разложили, мы найдем в нем одни и те же простые составные части — элементы. В одном сложном веществе могут быть два элемента, три, пять, десять, но всегда и всюду они одни и те же. И в метеорите, залетевшем к нам из мирового пространства, и в теле человека, и в драгоценном камне, и в простой придорожной глине нельзя найти ничего другого, кроме этих восьмидесяти элементов.



А сами элементы? Можно ли их также разложить на что-либо еще более простое? — Нет! — решительно утверждали ученые конца XIX века. — Проще элемента уже ничего нет. Это предел простоты вещества. Ни в природе, ни в лаборатории, ни на заводах — нигде и никогда никто не наблюдал, чтобы элементы распадались на еще более простые составные части. Измениться, распасться, исчезнуть могут только сложные тела. А элементы не исчезают, не распадаются и не могут превратиться в другие элементы. Они вечны и неизменны. Сколько было железа, свинца, гелия в мире сто лет назад, столько их и сейчас, и ровно столько же останется сто лет спустя. Потому что ни одна крупинка, ни один атом элементарного вещества не может исчезнуть или измениться.

Каждый элемент состоит из одинаковых атомов. Атом неделим. Это мельчайшая частица материи. Атомы разных элементов могут по-разному соединяться друг с другом. Один и тот же атом кислорода может побывать в веществе, из которого построен мозг человека, в прахе земли, в руде, в океанской воде и в грозовой туче. Он может совершить тысячу путешествий по миру, участвовать в тысяче химических превращений, но ни исчезнуть, ни измениться при этом он не может. Ибо атомы элементов вечны и неизменны. Так учила химическая наука в конце XIX века.

Это было очень стройное, очень убедительное учение. Все великие искатели элементов, о которых вы здесь читали, придерживались его. Но теперь вам предстоит прочесть о том, как были сделаны новые открытия, не оставившие от этого учения камня на камне.

## Открытие Вильгельма Рентгена

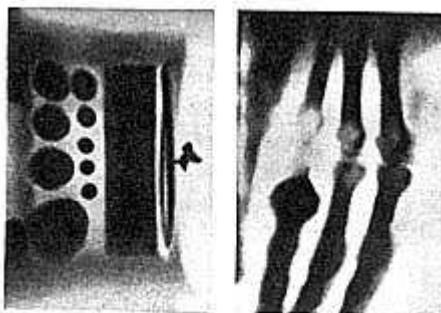
В самом начале 1896 года все университеты и академии мира были взбудоражены сенсационной новостью: некий Вильгельм Конрад Рентген, мало кому известный немецкий профессор, открыл какие-то новые лучи, которые обладали замечательными свойствами.



**Вильгельм Конрад Рентген**

Человеческий глаз не замечал их, но они действовали на фотографическую пластинку, и с их помощью удавалось делать снимки даже в полной темноте. Кроме того, о присутствии этих лучей можно было узнать еще вот каким образом: если на их пути ставили бумажный или стеклянный экран, покрытый особым химическим составом,

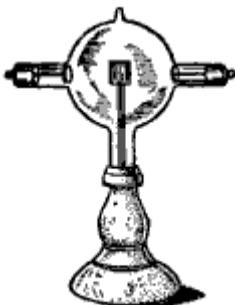
то экран начинал ярко светиться — фосфоресцировать. А самое удивительное было то, что новые лучи более или менее свободно проходили через любые предметы, как свет через стекло. Они проникали сквозь плотно закрытые двери, сквозь глухие перегородки, сквозь одежду и человеческое тело. Если им преграждали путь кистью руки, то на светящемся экране появлялись темные очертания костей — рука скелета, шевелящего пальцами!



Рентгеновский снимок ящика с разновесами и кисти руки

Почтенные люди — в сюртуках, застегнутых на все пуговицы, в крахмальных манишках — могли увидеть на экране свои ребра, позвоночный столб, тень всего своего скелета, а заодно уже и часы в жилетном кармане или монеты в кошельке, запрятанном в брюках. Нашлись сразу же люди, которые догадались применить новые лучи для практической цели. В Америке, например, уже на четвертый день после того, как стало известно об открытии Рентгена, какой-то врач воспользовался этими лучами, чтобы установить, застряла ли пуля в теле раненого, его пациента. Но физиков открытие Рентгена заинтересовало еще больше, чем врачей. Физики хотели знать, что это за лучи, схожи ли они по своей природе с обыкновенными световыми лучами, или нет, и каким образом они возникают, что вызывает их появление. Из уст в уста передавались подробности о том, как Рентген сделал свое открытие. Он изучал у себя в лаборатории явления, происходящие в трубке Крукса. Это стеклянная трубка, из которой откачивается воздух. Внутри нее на обоих концах впаяны металлические электроды. Если подвести к ним ток, то внутри трубки, в разрежен-

ном воздухе между обоими электродами, происходит электрический разряд. При этом воздух и стенки трубки светятся холодным светом.

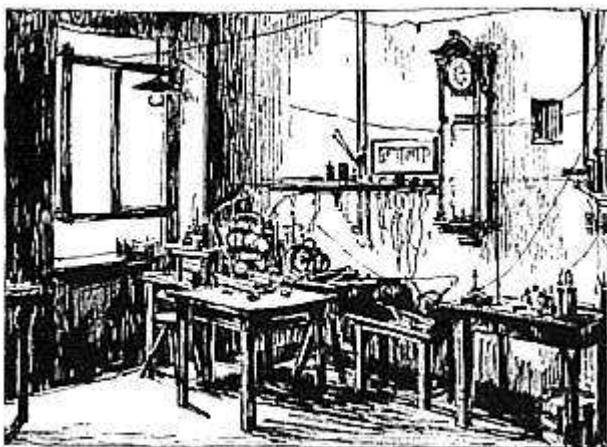


Рентген как-то положил недалеко от круксовой трубки пачку непроявленных фотографических пластинок, завернутых в черную бумагу. Когда он потом стал их проявлять, то оказалось, что они засвечены. Это повторялось не раз; свежие, совершенно нетронутые пластинки, плотно закрытые черной бумагой, неизменно портились, если они лежали поблизости от трубки Крукса. Сам Крукс и другие исследователи, имевшие дело с разрядными трубками, еще задолго до Рентгена обратили внимание на это обстоятельство, но они не придавали ему значения. Пластинки засвечиваются. Хорошо, будем держать их подальше от трубки, — решали они. А Рентген этим не удовлетворился — он стал экспериментировать, искать, в чем тут дело.

Однажды Рентген работал с круксовой трубкой, обернув ее снаружи черным картоном. Когда он, уходя из лаборатории, погасил свет, то обнаружил, что позабыл выключить индукционную катушку, присоединенную к трубке Крукса. Не зажигая света, он вернулся к столу, чтобы исправить свою оплошность. В это время он заметил, что в стороне, на одном из соседних столов, что-то светится неярким холодным светом. В том месте, где вспыхивал свет, лежал лист бумаги, покрытый платиносинеродистым барием. Это вещество обладает способностью фосфоресцировать: когда на него со стороны направляют сильный свет, оно начинает излучать собственный холодный свет.

Но ведь в лаборатории было темно! Слабый холодный свет круковой трубки не мог вызвать фосфоресценции светящегося состава. Кроме того, трубка была закрыта черным картоном. Что же заставляло вспыхивать фосфоресцирующий экран в темноте? Впоследствии Рентгена спрашивали: — Что вы думали, когда набрали на эти загадочные явления? — Я не думал, я экспериментировал, — ответил он. Он экспериментировал, он настойчиво и искусно допрашивал природу и в конце концов обнаружил новые лучи.

Скромный Рентген назвал их икс-лучами, дабы подчеркнуть, что он еще сам точно не знает истинной их природы. И вот десятки его товарищей по науке в разных странах заторопились дополнить то, чего не досказал Рентген. В научных журналах появились бесчисленные отчеты об опытах с икс-лучами — об их свойствах и об их происхождении. В спешке и пылу возбуждения некоторым исследователям показалось даже, будто они открыли еще новые лучи. Посыпались сообщения о каких-то «зет-лучах», «черном свете». «Лучевая» горячка охватила все научные лаборатории Европы и Америки.



Лаборатория физического института в Вюрнбурге,  
где были открыты рентгеновские лучи



## Счастливая ошибка

Любопытную догадку об икс-лучах высказал французский ученый Анри Пуанкаре. Когда Пуанкаре получил журнал, в котором Рентген описывал свое открытие, его поразила одна деталь. Рентген указывал, что икс-лучи исходят как раз из той части кружковой трубки, куда ударяет поток электрических частиц, несущихся от отрицательного электрода (катода) к положительному (аноду). В этом месте стеклянная стенка трубки фосфоресцирует особенно сильно. «Вот как! — подумал Пуанкаре. — Лучи Рентгена возникают там, где происходит сильная фосфоресценция. Может быть, их испускают все сильно фосфоресцирующие тела, а не только кружкова трубка, когда через нее пропускают ток?»

Эту мысль Пуанкаре тут же взялся проверить его соотечественник Шарль Анри. Холодное свечение может быть вызвано самыми различными способами. С давних времен людям известны вещества, которые способны испускать собственный холодный свет, если их выставить на солнце или под лучи какого-либо другого сильного источника света. Некоторые из этих веществ перестают светиться, как только гаснет первичный свет; другие и после этого продолжают еще светиться некоторое время. Такими веществами покрывают циферблаты часов, чтобы можно было ночью, не зажигая огня, узнавать время. Холодный свет выделяется также деревом, когда оно гниет. Горючий фосфор светится зеленоватым светом потому, что он медленно окисляется на воздухе. Как видите, причины фосфоресценции могут быть самые различные. И вот Пуанкаре предположил, что при фосфоресценции, какова бы ни была причина ее, всегда возникают рентгеновы лучи.

Для проверки идеи Пуанкаре Шарль Анри взял сернистый цинк — вещество, которое сильно фосфоресцирует при освещении его лучами солнца. Это был очень простой опыт. Обыкновенную фотографическую пластинку Анри завернул в черную бумагу, поверх бумаги положил кусочек сернистого цинка и выставил все на свет. Потом унес пластинку в темную комнату и проявил. В том месте, где лежало фосфоресцирующее вещество, на пластинке чернело темное

пятно. Значит, Пуанкаре был прав? Значит, в самом деле любое фосфоресцирующее вещество испускает невидимые икс-лучи, свободно проникающие через черную бумагу? Именно так полагал Анри.

10 февраля 1896 года сообщение Анри было прочитано на заседании Французской Академии наук. А через неделю, на следующем заседании академии, огласили доклад другого французского исследователя, Невенгловского, который полностью подтверждал выводы Анри. Невенгловский делал опыт не с сернистым цинком, а с сернистым кальцием, но результаты были те же, что и у Анри. Теперь не проходило ни одного заседания Французской Академии, на котором не сообщалось бы о получении рентгеновых лучей с помощью фосфоресцирующих веществ. Опыты ставились легко: долго ли, в самом деле, завернуть пластинку в черную бумагу, положить на нее кусочек вещества, выставить на солнце и затем проявить? И физики торопились с этими опытами, опасаясь, как бы другие их не опередили. Икс-лучи теперь уже не казались такими загадочными, как раньше. Ведь их, как выяснилось, испускают даже обыкновенные часы со светящимся циферблатом.



— Не нужно никаких разрядных трубок, которые легко бьются, — говорил в академии ученый Трост. — Не нужно сложных и дорогих электрических приборов. Выставьте кусочек фосфоресцирующего вещества под сильный свет, и он начнет выделять икс-лучи. Но он ошибался. Они все жестоко ошибались — и Трост, и Анри, и Невенгловский. К счастью, эта ошибка сослужила неоценимую службу науке и человечеству. И мы можем даже поблагодарить этих исследо-

вателей за чрезмерную поспешность и небрежность, которые они тогда проявили.

## Когда облака закрыли солнце...

В этой охоте за икс-лучами принимал участие также физик Анри Беккерель. Он перепробовал несколько различных фосфоресцирующих веществ, и ему казалось, что все они при освещении их сильным светом дают невидимые икс-лучи, действующие на фотопластинки. Но Беккереля не совсем удовлетворяли расплывчатые темные пятна, которые он видел на проявленных пластинках. И он решил выбрать для дальнейших опытов как можно более сильно фосфоресцирующий состав. Такой состав, думал он, сильнее будет испускать икс-лучи, и отпечатки их на фотографической пластинке выйдут отчетливее.

Беккерель происходил из семьи ученых. Фосфоресценцию изучал еще его отец. В свое время Беккерель-отец исследовал одно очень сильно фосфоресцирующее вещество — сернокислую соль металлов урана и калия. Впоследствии и Беккерель-сын изучал эту соль. Вот ее-то он и попытался сейчас использовать для получения икс-лучей. Кроме того, Беккерель поставил опыты и с другими светящимися соединениями урана. И он достиг своей цели: урановые соли, освещенные солнцем, действительно давали сквозь черную бумагу отчетливейшие фотографические отпечатки. Беккерель поступал так. Пластинку он завертывал в очень плотную черную бумагу. На бумагу клал какую-нибудь узорчатую фигуру, вырезанную из металла, поверх металла — тонкий листок бумаги, а на нее — слой урановой соли. Все это выставлялось на солнце. Затем пластинка проявлялась. И что же? На темном фоне засвеченной пластинки выступал белый узор — след металлической фигуры. Ясно: урановая соль, фосфоресцируя, испускала невидимые лучи; икс-лучи проходили сквозь черную бумагу и действовали на фотопластинку; а сквозь плотный металл они пройти не могли — и в этом месте пластинка оставалась нетронутой. В таком духе излагал Беккерель результаты своих опытов на заседании Академии наук.

Но однажды — это было 2 марта 1896 года — Беккерель явился в академию со странной новостью. Четыре дня тому назад, 26 февраля, он подготовил очередной опыт с урановой солью. Пластинки,

обернутые черной бумагой, металлический узор, кристаллы соли поверх всего... Но солнце в этот день то и дело закрывали тучи. И он решил убрать все в ящик, не сняв даже соли с бумажки, чтобы на другой день можно было сразу же приступить к опыту. Но 27-го солнца не было вовсе. Не появлялось оно и в следующие два дня. 1 марта он решил на всякий случай все-таки проявить пластинку. Конечно, поскольку соль пролежала почти все время в темноте и лишь несколько минут освещалась рассеянным светом пасмурного дня, она, наверное, фосфоресцировала лишь очень недолго и слабо; икс-лучи вряд ли выделялись, а если и выделялись, то еле заметно. И поэтому он ожидал, что на пластинке будет только едва видимое затемнение. Оказалось совсем наоборот. Такой густой черноты, такого резкого отпечатка — белый узор на темном фоне — эти фосфоресцирующие соли еще никогда не давали. Непонятно, необъяснимо! И чем дальше, тем дело все больше и больше запутывалось.



Беккерель обнаружил, что урановая соль, если ее совершенно не выносить на свет, так же хорошо действует сквозь бумагу на фотографическую пластинку, как и сильно освещенная, ярко фосфоресцирующая соль. Он прятал крупинки соли в коробку, коробку убирал в ящик, и на протяжении пятнадцати дней ящик оставался наглухо закрытым, а в комнате, где находился ящик, все время была абсолютная, непроглядная темнота. Здесь уже не приходилось говорить ни о какой фосфоресценции, ни о каком свечении соли. А все-таки на пластинку соль действовала. Значит, она и в этой кромешной тьме продолжала испускать невидимые лучи, проникающие сквозь черную бумагу. Беккерель тогда испробовал такую урановую соль, которая вообще не обладает способностью фосфоресцировать. Обыкновенное вещество, на которое никак не действует самый яркий свет... И тем не менее пластинка от него чернела.

## Всему причиной уран

Тут Беккереля стали одолевать сомнения. Может быть, Анри Пуанкаре заблуждался и фосфоресценция к невидимым лучам не имеет никакого отношения? Может быть, всему причиной уран? Ведь он входит в состав всех этих солей, которые и в темноте дают прекрасные отпечатки на фотографической пластинке. Не от него ли исходят невидимые лучи? Но как же тогда объяснить опыты Анри, Невенгловского, Троста? И как объяснить первые опыты самого Беккереля, когда он работал еще не с урановыми солями, а с другими веществами? Разве эти вещества, фосфоресцируя, не выделяли невидимых лучей? Разве они тоже не действовали сквозь черную бумагу на фотопластинки? Так трудно было распутать этот клубок!

Беккерель на время забросил свои урановые соли и снова взялся за сернистый цинк и сернистый кальций — за те самые фосфоресцирующие вещества, с которыми он месяц назад начинал свои исследования. Он выставил на солнце сразу несколько пластинок, обернутых в черную бумагу, и на каждую положил по кусочку какого-нибудь фосфоресцирующего вещества. Потом он понес их проявлять. Черт возьми! Ни на одной пластинке не было даже малейшего черного пятнышка! Беккерель немедленно повторил опыт. Опять то же — пластинки остались безупречно чистыми. Тогда он попробовал осветить свои кристаллы не солнечными лучами, а сильным искусственным светом. Он зажигал над ними яркое пламя магния, направлял ослепительный свет вольтовой дуги. Ничего не помогало.

Чтобы заставить кристаллы сильнее фосфоресцировать, Беккерель некоторые из них нагревал, а другие охлаждал в соленом льду. И они светились с большей силой: Беккерелю уже давно не приходилось наблюдать такого яркого фосфорического свечения. Но на пластинки кристаллы не действовали никак. Он обратился за помощью к Тросту, тому академику, который говорил, что его фосфоресцирующие кристаллы прекрасно заменяют все эти лопающиеся трубки Крукса, электрические батареи и т. п. Уважаемый коллега Трост охотно согласился помочь. Но — какой скандал! — теперь и у него тоже ничего не выходило. А урановые соли, которые никогда не фос-

форесцировали и пролежали в темном ящике целый месяц, все с той же неослабевающей силой действовали на пластинку сквозь черную бумагу.

Проходили недели, проходили месяцы. Урановая соль лежала в темной комнате и продолжала испускать невидимые лучи днем и ночью. Были проверены все известные химикам соединения урана — окислы, кислоты, соли. Их испытывали в виде твердых кристаллов, порошков, в виде жидких растворов и в расплавленном виде. Наконец был испробован и чистый металлический уран. Все они безотказно давали отпечатки на фотографической пластинке, и самые густые отпечатки дал чистый уран. Не приходилось больше сомневаться: уран и все его соединения испускают какие-то особые невидимые лучи, отличные от лучей Рентгена. И фосфоресценция была тут совершенно ни при чем.

## Еще одна загадка

Восстановим теперь всю цепь событий, которые привели к открытию урановых лучей. Работая с трубкой Крукса, Рентген открыл невидимые икс-лучи. Эти лучи возникали в том месте трубки Крукса, куда ударял поток электрических частиц, несущихся сквозь разреженный газ. И в этом же месте всегда наблюдалась сильная фосфоресценция. Анри Пуанкаре высказал предположение, что икс-лучи получаются не только в трубке Крукса, а всякий раз, когда фосфоресцирует какое-нибудь вещество. Несколько исследователей спешно поставили опыты и подтвердили, что икс-лучи действительно получаются при свечении любого фосфоресцирующего вещества.

В поисках наиболее сильно фосфоресцирующего вещества Беккерель обратился к солям урана. И в результате оказалось, что между икс-лучами и фосфоресценцией на самом деле нет никакой связи, но зато были найдены новые лучи — урановые.

Сейчас, конечно, трудно с точностью установить, как это получилось, что несколько экспериментаторов умудрились сделать одну и ту же ошибку. Может быть, им попались недоброкачественные пластинки. Или проявитель случайно у всех оказался плохим. Или черная бумага была не очень плотной, и на сильном солнечном свете пластинки слегка засвечивались без всякого участия икс-лучей. Или же сернистые фосфоресцирующие составы, нагреваясь на солнце, разлагались, и летучие сернистые газы, проникая сквозь поры бумаги, портили пластинку. Вероятно, каждая из этих причин сыграла свою роль. Если опыт поставлен недостаточно тщательно и продуманно, то неизбежны всякие неприятные случайности. И в результате исследователь оказывается на ложном пути.

Именно так и получилось с Шарлем, Анри, Невенгловским, Трестом и — в первое время — с самим Беккерелем. Когда же он и Трост поставили опыты более аккуратно, то оказалось, что фосфоресцирующие вещества (если они не содержат урана) вовсе не действуют на фотографическую пластинку. Но ошибка эта была очень кстати.

Благодаря ей Беккерель открыл «урановые лучи», а это впоследствии привело к открытиям еще более замечательным.

Урановые лучи во многом напоминали лучи Рентгена. И те, и другие были невидимы. И те, и другие действовали на фотографическую пластинку. И урановые и рентгеновы лучи наэлектризовывали воздух. Но урановые лучи не проходили так легко сквозь различные препятствия, как лучи Рентгена. Они еще в состоянии были преодолеть слой плотной черной бумаги, которой обертывают фотографические пластинки, или пройти сквозь тонкие листы алюминия. Но «пробить» толщу человеческого тела, пройти сквозь двери и тонкие стены урановые лучи не могли. А лучи Рентгена проходили и через эти препятствия.

С помощью рентгеновых лучей удавалось получать любопытнейшие изображения. Это было настолько эффектное зрелище, что в первое время его везде и всюду демонстрировали как забавный фокус. Рентгеновы лучи были «в моде». Даже в гостиных у богачей на званных вечерах устанавливались кружковые трубки и светским дамам показывали их собственные «изящные» скелеты. А урановые лучи не были столь эффектны. О них знали только специалисты-физики. Но, по существу, это было гораздо большее чудо, чем икс-лучи.

Икс-лучи возникали от удара быстрых электрических частиц о стекло кружковой трубки. А уран и его соединения испускали невидимое излучение самопроизвольно — без всякой видимой причины. Их не освещали светом, не нагревали, сквозь них не пропускали электрические разряды, а между тем они днем и ночью месяцами, годами без усталости испускали какие-то лучи, какую-то энергию. Истечение лучей не прекращалось ни на минуту. А вещества, которые их испускали, с виду оставались совершенно неизменными. Вот это было подлинное чудо — поразительное, необъяснимое. В наши дни мы называем это «чудо» *радиоактивностью*.

## Первые опыты Склодовской

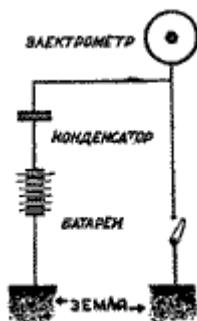
Года за четыре до открытия урановых лучей в Париж приехала учиться молодая польская девушка Мария Склодовская. Она была родом из Варшавы, которая тогда принадлежала России. Склодовская мечтала стать ученой, исследовательницей. Но в царской России женщине трудно было получить высшее образование, а тем более заниматься научной работой. Поэтому Склодовская и уехала во Францию, в Париж.

Здесь ей пришлось вести суровую трудовую жизнь. Она давала частные уроки, а когда уроков не было, нанималась убирать лаборатории и мыть лабораторную посуду в Парижском университете, Сорбонне. На заработанные гроши Склодовская снимала маленькую комнатушку на шестом этаже, под самой крышей. Нередко она неделями ела только всухомятку. Зимой сама таскала наверх тяжелые корзины с углем, чтобы топить печку. А часто бывало, что денег на уголь не хватало, и тогда в мансарде Склодовской стоял страшный холод: в раковинке замерзала вода, и молодой студентке приходилось наваливать поверх одеяла всю свою одежду, чтобы как-нибудь согреться. Но, несмотря на все лишения, Склодовская хорошо училась и успешно закончила университетский курс.

Вскоре по окончании университета Склодовская вышла замуж за французского ученого профессора физики Пьера Кюри. Когда пришло время выбирать тему для ее первой самостоятельной научной работы, она, посоветовавшись с мужем, решила заняться урановыми лучами. Для начинающего исследователя это была, несомненно, трудная тема. Тут все было тайной. Какова природа этих лучей? От чего зависит их сила? Как возникают они в соединениях урана? Откуда берется для этого энергия? И один ли только уран способен давать такое излучение?

Мария Склодовская храбро пустилась в этот лабиринт загадок. Прежде всего, надо было научиться быстро обнаруживать урановые лучи и точно измерять их силу. Работать с фотографическими пла-

стинками было чересчур хлопотливо. Конечно, Склодовская могла сравнивать различные отпечатки лучей на пластинках и по густоте черных пятен определять, когда излучение сильнее и когда слабее. Но на большую точность тут рассчитывать не приходилось. Гораздо лучше было бы измерять силу урановых лучей с помощью какого-нибудь физического прибора, как измеряют температуру термометром, а силу тока — амперметром. Такой прибор построил для Склодовской ее муж Пьер Кюри. Кюри применил обыкновенный плоский конденсатор — две металлические пластины, отделенные друг от друга слоем воздуха. Нижняя пластина заряжалась электричеством от батареи аккумуляторов, а верхняя соединялась с землей. В таком виде цепь обычно была разомкнутой, потому что воздух, как известно, электричества не проводит.



Но, как только на нижнюю пластину насыпали слой урановой соли, ток немедленно устремлялся через воздушный слой конденсатора: под действием урановых лучей воздух становился проводником электричества. И чем сильнее был поток лучей, тем лучше воздух проводил электричество, тем больше возрастала сила тока в цепи. Правда, даже при самом мощном излучении сила тока не превышала миллиардных долей ампера. Но, тем не менее, ее всегда можно было измерить с помощью специального приспособления, построенного Кюри. Как только насыпали исследуемое вещество на нижнюю пластину конденсатора, электрометр, присоединенный к верхней пластине, сразу докладывал, испускает оно урановые лучи или нет. И тут же

можно было измерить силу этого излучения с безукоризненной точностью.

Получив в руки этот удобный прибор, Склодовская немедленно принялась искать, нет ли еще каких-нибудь веществ, которые самопроизвольно испускают невидимые лучи, подобно соединениям урана. Она набрала отовсюду великое множество самых различных химических веществ. В одной лаборатории она достала химически чистые соли и окиси всех известных элементов; в другой ей дали несколько редких солей, настолько редких, что они были гораздо дороже золота; а в минералогическом музее ей пожертвовали много образцов минералов, собранных со всех концов света. Все это Склодовская помещала на пластину конденсатора и следила за показаниями электрометра.

Очень долго ей не везло: указатель электрометра не изменял своего положения, хотя на нижней пластине конденсатора сменилось уже много десятков различных веществ. Но Склодовская упорно продолжала испытывать свои коллекции и, наконец, дождалась сигнала электрометра: однажды стрелка все-таки отклонилась от нуля. В этот момент на пластине лежало соединение металла тория. Первая победа! Стало быть, не один уран испускает невидимые лучи, торий и его соединения тоже дают излучение. А все другие вещества — соединения железа, свинца, марганца, углерода, фосфора? Все бесчисленные другие вещества, существующие в мире, способны ли и они испускать такие лучи? Нет, электрометр Кюри давал на это совершенно ясный, отрицательный ответ.



Тогда Склодовская снова обратилась к соединениям урана. Она измерила силу излучения самого урана, силу излучения его окисей, его солей, его кислот, а также минералов, в состав которых входит этот элемент. Все они по-разному увеличивали электропроводность воздуха — одни сильнее, другие слабее, в зависимости от того, сколько урана в них имелось. Если в веществе содержалось 50 процентов урана, то сила его лучей была ровно вдвое меньше, чем сила излучения чистого, стопроцентного урана. Вещество с 25 процентами урана давало вчетверо более слабое излучение. И так далее. Все соединения урана строго подчинялись этому закону — все его окиси, соли, кислоты, а также минералы, в состав которых входит уран. Все они давали более слабое излучение, чем сам металлический уран. Могло ли вообще быть такое урановое соединение, которое превосходило бы по силе излучения чистый уран? Очевидно, нет! Потому что не может быть вещества, содержащего более 100 процентов урана.

Но вот два урановых минерала — смоляная руда и халколит, — очутившись на нижней пластине конденсатора, повели себя необычайно странно: они вызвали в цепи гораздо большую силу тока, чем сам уран! Как же это могло случиться? Не скрывался ли в этих минералах еще какой-нибудь излучающий элемент? Но какой же? Ведь, кроме урана и тория, ни один элемент как будто лучей не выделяет. А лучи тория по силе мало чем отличаются от урановых.

Для проверки Склодовская решила получить халколит искусственным путем: она приготовила его в лаборатории из химических соединений. По своему составу искусственный минерал был точь-в-точь такой же, как и естественный. Урана в нем содержалось ровно столько же, сколько и в естественном халколите. Но, когда искусственный продукт растолкли в порошок и насыпали на пластину конденсатора, оказалось, что его излучение в пять с половиной раз слабее излучения естественного минерала. Значит, в природном халколите и в смоляной руде действительно была какая-то активная примесь — нечто превосходящее уран и, возможно, превосходящее его во много-много раз. Дело принимало такой оборот, что Пьер Кюри счел нуж-

ным забросить свои собственные научные исследования и принять активное участие в работах своей жены.



**Мария Склодовская в 1894 году**



Пьер Кюри

## Полоний и радий

Как упрямый охотник выслеживает редкого зверя в бескрайней тайге, так выслеживали супруги Кюри это неуловимое «нечто» в кусочке смоляной руды. Они шли ощупью, руководствуясь чутьем исследователя и показаниями прибора Кюри. Они действовали примерно так же, как Бунзен, когда тот вылавливал голубое вещество из дюркгеймской минеральной воды. Только для Бунзена путеводной нитью были голубые лучи спектра, а для супругов Кюри — невидимые лучи, которые испускало неизвестное вещество.

Наступил день, когда Пьер и Мария Кюри решились, наконец, заявить: да, оно существует, это «нечто», оно в наших руках. И они дали ему имя, хотя все, что они тогда уловили, было еще только бледной тенью, слабым отзвуком неизвестного вещества. Шаг за шагом Пьер и Мария Кюри отделяли эту примесь от всех других элементов, которые входят в состав смоляной руды. Чтобы пояснить, как они поступали, приведем простой пример. Представьте, что вы уронили на песчаную дорожку мешочек с солью. Мешочек развязался, и соль смешалась с песком. Как отделить их друг от друга? Бросьте смесь в воду и подогрейте. Соль растворится, а песок останется. Отфильтруйте раствор через кисею, выпарьте его, и у вас снова будет чистая соль, свободная от песка. Нечто подобное делает химик, когда ему нужно выделить в чистом виде одно-единственное вещество из соединения нескольких веществ или из смеси соединений. Только путь здесь извилистее и операции более сложные. Химик растворяет это соединение или смесь то в кислоте, то в щелочи, то в воде; он отфильтровывает выпадающие осадки, растворяет их в кислоте, выпаривает из растворов воду. Постепенно химик освобождается, таким образом, от одной, другой, третьей составной части. Остаток становится все богаче и богаче тем веществом, которое нужно выделить. Наконец изгоняется последняя примесь, и остается стопроцентное искомого вещество — химически чистое.

Действуя таким образом, Пьер и Мария Кюри пытались извлечь загадочное вещество из смоляной руды. Это было невероятно трудно, так как, по всей видимости, его там было очень мало и никто

не имел понятия о том, какие у него свойства. Кюри знали только одно: неизвестное вещество, вероятно, испускает очень сильные лучи. И вот по этому-то следу и велись поиски. Мария и Пьер Кюри растворили руду в кислоте и через раствор пропустили газ сероводород. Из раствора выпал темный осадок сернистых металлов. Весь свинец, который был первоначально в руде, а также медь, мышьяк, висмут — все ушло в этот осадок. В прозрачном растворе остались уран, торий, барий и еще другие составные части руды. А неизвестное вещество? Куда оно присоединилось — к тем элементам, которые осели, или к тем, которые остались в растворе?

Кюри поместили на пластину конденсатора и осадок и раствор. Осадок давал более сильные лучи. Значит, активное вещество находилось, в осадке, и надо было искать его там. Постепенно отделяя все другие примеси, Кюри получили порцию вещества, которое испускало в четыреста раз более мощное излучение, чем уран. В этой порции было очень много висмута — металла, хорошо известного химикам — и ничтожно малая доля неизвестного вещества. Пьеру и Марии Кюри не удавалось пока целиком отделить его от висмута, но они теперь не сомневались в том, что когда-нибудь это удастся сделать.

В июле 1898 года Пьер и Мария Кюри послали во Французскую Академию наук сообщение о своих работах. Они утверждали, что открыли новый элемент, схожий с висмутом, но обладающий способностью самопроизвольно испускать необыкновенно мощные невидимые лучи. Если это подтвердится, писали они, то пусть новый элемент называется *полоний*, — по имени родины Марии Склодовской (Польша по-французски называется Полонь). Пять месяцев спустя в академии зачитали новое сообщение супругов Кюри.



Они обнаружили еще один неизвестный элемент в смоляной руде, испускающий еще более сильные лучи. По своим химическим свойствам этот новый элемент очень похож на металл барий. Уже получены порции, которые дают в девятьсот раз более сильные лучи, чем чистый металлический уран. Этот новый лучеиспускающий элемент Кюри назвали *радий* (radius), что по-латыни означает «луч».

## Иголка в стоге сена

Итак, Склодовская, совместно со своим мужем, открыла два новых химических элемента. Неплохое начало для молодой исследовательницы! Но пока в ее распоряжении фактически были не чистые элементы, а только ничтожно малые примеси их к висмуту и барию. Предстояло еще выделить их в чистом виде. И это оказалось делом не более легким, чем отыскать маленькую иголку, затерянную в огромном стоге сена.

Радий от бария отделялся все же легче, чем полоний от висмута. Поэтому супруги Кюри решили взяться именно за радий. Но у них были очень малые запасы смоляной руды. А чтобы набрать сколько-нибудь заметное количество нового элемента, требовалась, по крайней мере, тонна руды. Это стоило денег, а денег у Кюри не было: ведь они вели исследования на свой счет, государство им в этом не помогало.

Смоляная руда добывалась в Иохимстале, в тогдашней Австрии. Там из руды извлекали только уран, а остаток выбрасывался. Между тем, весь радий и полоний должны были оставаться как раз в этих отбросах. Супруги Кюри обратились за помощью к Австрийской Академии наук. И «щедрое» правительство Австрии великодушно согласилось отдать этим ученым-французам совершенно бесплатно целую тонну никому не нужных отбросов. Теперь сырья было достаточно. Требовалось еще помещение для его переработки. Во дворе Высшей школы промышленной физики и химии, где преподавал Пьер Кюри, находился старый заброшенный сарай. И директор школы великодушно разрешил Кюри работать в этом сарае.

Два года просидела там Мария Склодовская-Кюри. То, что для Бунзена некогда выполнили за шесть недель на большом и хорошо оборудованном заводе, Мария Склодовская теперь героически проделала одна в своей «лаборатории»-сарая. В ее распоряжении не было ни машин, ни заводских котлов и аппаратов. У нее были только стаканы, колбы и бутылки да собственные руки — больше ничего. Два

долгих года она растворяла руду, выпаривала растворы, осаждала из них кристаллы, сливала жидкости сифоном, фильтровала осадки, и снова растворяла их, и снова осаждала, часами помешивая драгоценные жидкости металлическим прутом. Она трудилась упорно, без ропота выполняя черную работу, с энтузиазмом человека, который знает, что он идет к великой цели. Сюда приносили к ней дочку Ирен, родившуюся за год до открытия радия. (Много лет спустя, в 1934 году — в год смерти своей матери, — Ирен Кюри открыла искусственную радиоактивность и тем самым вторично обессмертила имя Кюри). Вся жизнь Марии Склодовской протекала тут, среди бутылей дистиллированной воды и мокрых груд кристаллов.



Крупица за крупницей вылавливался неизвестный элемент из руды. Скоро Кюри уже обладали порциями вещества, радиоактивность которых в пять тысяч раз превосходила радиоактивность урана. И чем более накапливалось радия в его смеси с барием, тем радиоактивность препаратов возрастала: в десять тысяч, пятьдесят тысяч, сто тысяч раз... Когда удалось получить, наконец, совершенно чистый радий, то оказалось, что его излучение в несколько миллионов раз сильнее излучения урана. Зато в целой тонне урановой руды оказалось всего-навсего три десятых грамма радия.

TRAITÉ  
DE  
**RADIOACTIVITÉ**

PAR

**Madame P. CURIE,**  
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

---

TOME I.



PARIS,  
**GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE**  
DE BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,  
Quai des Grands-Augustins, 55.

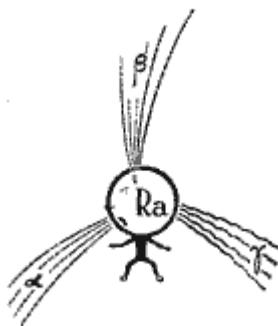
---

1910

Титульный лист книги М. Склодовской-Кюри  
"О радиоактивности". 1910 год

## Революция в науке

Лучи, которые выделял радий, были по природе своей примерно такими же, какие испускал уран. Разница заключалась только в силе излучения, в его интенсивности. Но усиление в миллион раз совершенно преображало всю картину. Если чья-либо нежная рука слегка погладит вас по голове, вы воспримете давление этой руки как ласку. Но усиьте давление в миллион раз — и оно окажется достаточным, чтобы раздавить человека в лепешку. Вот что значит разница в масштабах! Каждый небольшой кристаллик радиевого препарата испускал целые потоки энергии.



Для того чтобы получить отпечаток на фотографической пластинке с помощью лучей урана, требовались часы. А лучи радия давали изображение моментально. Под их ударами ярко вспыхивали фосфоресцирующие экраны — не менее ярко, чем под действием лучей Рентгена. Больше того, радиевые лучи заставляли фосфоресцировать даже такие вещества, которые обычно не обладают способностью светиться холодным светом. В своем сарае Кюри наблюдали, как по вечерам светится стекло, бумага, одежда — все, что попадалось на пути мощного радиоактивного излучения.

Кристаллы, содержавшие радий, и сами светились настолько сильно, что при их свете можно было даже читать. Они выделяли также тепло — на грамм радия приходилось около 140 калорий в час. Кроме того, они действовали и на организм человека. Пьер Кюри

проверил это на себе самом: он подставил свою руку на несколько часов под невидимое излучение радия, и на ней образовалась язва как от ожога. Когда Кюри выступили с сообщением о свойствах нового элемента, никто сначала не хотел им верить. И можно ли было этому верить? Без всякого подвода энергии извне радий выделяет, ни на минуту не переставая, огромные количества света, тепла и сильнейшие потоки невидимых лучей. Откуда же все это берется? Или закон сохранения энергии, безукоризненно действующий во всей Вселенной, не имеет силы в ничтожном старом строении на дворе парижской школы физики и химии? Это было слишком невероятно, противоречило столетнему опыту всего человечества.

И, тем не менее, факт оставался фактом: несколько крошечных кусочков радия лежали в Париже, в лаборатории Кюри, и день и ночь щедро источали потоки энергии — энергии из ничего. Из ничего! Заколебались самые основы науки.

Немедленно радиоактивными веществами занялись десятки лучших исследователей во всем мире. В Лондоне, Нью-Йорке, Берлине, Петербурге, Монреале, Вене лихорадочно изучали эти вещества, пытаясь раскрыть загадку самопроизвольного выделения энергии. И в короткое время было сделано множество новых, потрясающих открытий. Оказалось, что радий испускает три рода невидимых лучей. По буквам греческого алфавита их называли альфа-, бета- и гамма-лучами. Гамма-лучи схожи с рентгеновыми лучами; они сродни обыкновенным, видимым световым лучам и отличаются от них только длиной волны. А альфа- и бета-лучи состоят из вещественных частиц, заряженных электричеством. Итак, радий не только сам по себе выделяет энергию. Он еще при этом разрушается. Разрушение его, правда, идет очень медленно, настолько медленно, что должно пройти около тысячи шестисот лет, пока из каждого грамма радия исчезнет половина. Но в принципе это дела не меняло. Важен был сам факт: вещество, из которого построен этот элемент, распадается и при распаде освобождает энергию. Вскоре обнаружили, что, распаясь, радий в конце концов превращается в свинец и гелий. Но ведь гелий — элемент. И свинец — элемент. Стало быть, один элемент способен превращаться в другой! То, что в течение столетий считалось наивными бреднями,

достойными только невежественных алхимиков средневековья, теперь становилось непреложной научной истиной.



Многие ученые и просто образованные люди отказывались принять все это. Им казалось, что все знания, накопленные раньше, будут обесценены, если признать правильными новые открытия. Вещество, которое считали вечным, разрушается... Элементы, которые считались неизменными из века в век, переходят один в другой... Атомы, которые признавались неделимыми и неразрушаемыми, распадаются на какие-то еще более мелкие составные части: альфа- и бета-частицы... И эти вещественные частицы, оказывается, заряжены электричеством... Выло от чего прийти в смятение.

Но передовые люди науки не стали цепляться за старые, отжившие воззрения. Они настойчиво шли вперед и на обломках низвергнутых теорий создают теперь новую науку, еще более могучую, еще полнее объясняющую все превращения вещества и энергии, еще лучше вооружающую человека на покорение сил природы.

## ПОСЛЕСЛОВИЕ

Мария и Пьер Кюри были последними в ряду великих искателей элементов. Правда, после полония и радия были найдены еще несколько редких элементов, сходных со своими соседями по Периодической системе. Но эти новые находки уже не принесли ничего неожиданного. Сегодня вся таблица Менделеева, если не считать двух-трех маловажных пробелов, заполнена целиком. Теперь мы знаем, что в мире имеется около 92 элементов. Из этих немногих элементов химии, следуя природе и часто превосходя ее, умеют создавать сотни тысяч или даже миллионы самых разнообразных сложных веществ.

Но для науки наших дней элемент — уже не предел разложения вещества. Со времен великого открытия Кюри стало ясно, что можно идти еще дальше: можно разложить и сами элементы. На что же? На «первичное» вещество — на те элементарные частицы, из которых построены атомы всех элементов. Помните, как Менделеев доказал, что между всеми элементами существует общая связь, родство? Тогда еще не знали причину такого родства. А теперь причина эта известна. Оказывается, что атомы всех элементов — и легкого водорода, и «ленивого» аргона, и «буйного» натрия, и «благородного» золота, и радия — все, все без исключения построены из одних и тех же мельчайших частиц. Эти частицы называются протонами, нейтронами, электронами. Протоны и нейтроны образуют ядра атомов всех химических элементов, электроны, располагаются вокруг ядра, одевая его в электронные оболочки.

Исследователи наших дней умеют «высекать» из атомов эти первичные частицы и даже строить из них новые комбинации. Так удается искусственно превратить один элемент в другой: из атомов азота физики изготавливают водород, из алюминия — углерод, из ртути — золото. Правда, пока что они не умеют еще создавать большие количества искусственных элементов. Миллиардные доли грамма — вот с какими «порциями» вещества приходится пока иметь дело при разложении и превращении элементов.

Но ведь это еще только начало. Ключ к царству природы теперь в наших руках. И, может быть, недалек тот день, когда из любой глины мы сумеем создавать какие угодно элементы и сложные вещества. В великой стране социализма рождается новая могучая наука, которая не знает тех трудностей и помех, какие стояли на пути ученых прошлого. Людям науки в нашей стране не нужно тратить свои лучшие годы на черную работу для хозяев-лавочников, как некогда пришлось Карлу Шееле. Их не окружают надменные бездельники-богачи, какие окружали Хемфри Дэви, или бездушные чиновники, которые травили Дмитрия Ивановича Менделеева. Им не нужно вымаливать, как милости, разрешения занять старый сарай для научной работы, подобно супругам Кюри. Огромные дворцы-институты, богато оборудованные лаборатории строит для своих ученых социалистическая страна. И уже не одиночки-герои, а сотни и тысячи одаренных исследователей, выдвинутых народом, ведут теперь великую борьбу за познание тайн природы и покорение ее. Завоевания науки завтрашнего дня, науки коммунистического общества, во много раз превзойдут все, что было достигнуто в прошлом. Нет предела господству человека над природой—над веществом и энергией!

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Двадцать лет назад студентом-первокурсником я впервые прочитал эту книгу. Читал я ее, таясь от товарищей, — не подобает солидному студенту читать детские книги. Но товарищи обнаружили у меня эту книгу, раскрыли ее и... зачитались сами. Прошло двадцать лет, за которые наука ушла вперед на столетия. Атомная энергия, думяющие машины, космические полеты, наступление на тайны наследственности — никогда вторжение человечества в царство неизведанного не было столь стремительным и всеокрушающим. Может быть, на фоне этих побед науки померкла слава ученых минувших веков; не покажутся ли нам теперь их сомнения и догадки, заблуждения и открытия недостойными нашего внимания, в лучшем случае забавными, а то и просто ничтожными? И, вновь прочитав «Рассказы об элементах», видишь, что это не так, что человеческий разум был и сотни лет назад не менее велик и столь же достоин изумления, как в наши годы.

Человек бесконечно дорожит воспоминаниями детства и юности. Подобно этому и человечество с гордостью и благоговением вечно будет хранить память о своих великих сыновьях и дочерях, оставивших вехи на многовековом пути развития цивилизации, — о безвестных изобретателях колеса и рычага, о пионерах овладения силами пара и электричества, о тех, кому посвящена эта книга, и тех, кто сегодня посылает ракеты в космос... Любовью и уважением к своим героям наполнены «Рассказы об элементах», и при чтении этой книги возникает желание повидать ее автора, рассказать ему о замечательных работах современных «охотников за элементами», просить дополнить книгу новыми рассказами. Но желание это неосуществимо — автор книги погиб в суровые годы Великой Отечественной войны; он никогда не узнает сам и не расскажет другим об открытиях наших дней. Я не решаюсь пытаться дополнить книгу — для этого нужны талант и умение ее ныне покойного автора — и лишь вкратце расскажу о новостях последнего двадцатилетия.

«Мария и Пьер Кюри были последними в ряду великих искателей элементов», — сказано в заключение «Рассказов об элементах». И это верно, потому что искать можно лишь то, что спрятано, а при-

родой спрятано на Земле всего девяносто два элемента. Но к моменту завершения поисков на смену искателям пришли создатели элементов. Да, мы не оговорились: оказалось, что можно не только искусственно превратить один известный элемент в другой, но и создать совершенно новые, ранее не известные и отсутствующие в природе элементы, но эта задача уже не под силу одной только химии. Снова, как и в истории Дэви, Бунзена и Кирхгофа, Рэйли и Рамсэя, супругов Кюри, физика пришла на помощь химии. На сей раз это была уже не физика электрических явлений, не оптика, а совершенно новая область науки — ядерная физика во всеоружии своих циклотронов и ядерных реакторов, где бомбардируют атомные мишени, своих счетчиков, толстослойных фотоэмульсий, камер Вильсона, позволяющих увидеть и понять результаты такой бомбардировки.

Как же можно получить из одного химического элемента другой, что надо для этого изменить? Ответ на этот вопрос был дан уже в менделеевской Периодической системе элементов. Лишь полвека спустя после открытия Д. И. Менделеевым Периодического закона был раскрыт его физический смысл. Оказалось, что главное, определяющее свойство элемента — не его атомный вес, а именно место, занимаемое им в менделеевской системе, потому что порядковый номер элемента равняется заряду его атомного ядра, числу протонов в ядре. Это открытие окончательно подтвердило и правильность тех мест, которые были отведены в системе новооткрытым инертным газам, и правоту самого Менделеева в тех случаях, когда он, руководствуясь тончайшими различиями в химических свойствах элементов, в виде исключения ставил, вопреки собственному правилу, более легкий элемент после более тяжелого (например, никель после кобальта).

Но если природа элемента зависит от числа протонов в его атомных ядрах, то для получения нового элемента надо изменить это число. Между тем все способы химического воздействия не затрагивают атомных ядер — ведь связь протонов и нейтронов в ядрах в миллионы раз прочнее, чем связь атомов в молекулах. Потому-то и понадобилось вмешательство ядерной физики, располагающей достаточно мощными средствами, чтобы удалять протоны из ядер или, на-

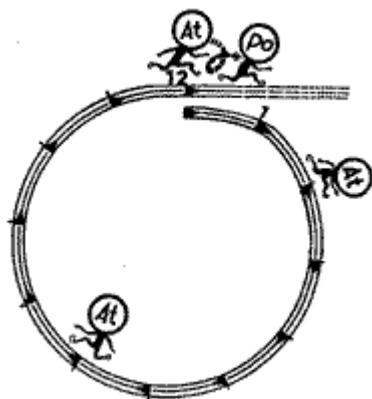
оборот, вводить их туда извне, или, наконец, превращать находящиеся в ядре нейтроны в протоны, а протоны — в нейтроны.

Однако и ядерная физика сама по себе была бы бессильна разобратся в природе и свойствах всего изобилия разнородных атомов, возникающих в различных ядерных реакциях. Поэтому успехи ядерной физики вызвали к жизни необычайный расцвет новой отрасли химии — радиохимии, зародившейся в сарае, где Мария Склодовская-Кюри отделяла граммы радия от тонн урана. Радиохимики научились обращаться с невесомо малыми количествами веществ. Если в начале третьей главы этой книги вы читали о десятках операций и превращений с одним граммом вещества, о взвешивании тысячных долей грамма, то для современных радиохимиков привычными стали десятки операций и превращений с миллионными долями граммов, взвешивание с точностью до стомиллионных долей грамма. Ясно, что с уменьшением количества вещества и многие химические операции стали новыми. Вместо фильтрования, например, стали отделять осадок от раствора быстрым вращением — центрифугированием. Центробежная сила удаляет при таком вращении осадок к краю микропробирки, и после этого жидкость можно отсосать шприцем.

А вот еще пример, поясняющий важнейший способ новой химии. Приготовьте смесь нескольких разноцветных растворов и опустите туда полоску фильтровальной бумаги. Разные составные части смеси по-разному всасываются бумагой: одни лучше — такие захватывают наиболее близкую к раствору полосу, другие хуже — эти вытесняются вверх. В результате на фильтре появляется несколько разноцветных полосок — цвет смеси как бы разлагается, подобно белому свету в призме Ньютона, на цвета составных частей. Так производится хроматографический анализ, открытый русским биохимиком М. С. Цветом в 1903 году и лежащий сейчас в основе разделения соединений разных элементов по их способности обмениваться ионами со специальными сортами полимерных смол. Ионообменный способ настолько чувствителен, что он позволил недавно выделить и изучить химические свойства одного из новых элементов, хотя было получено всего... семнадцать атомов этого элемента. Трудно вообразить себе, сколь ничтожно это количество — оно содержалось бы в каждом лит-

ре воды, если растворить всего десять граммов нового элемента во всех морях и океанах, реках и озерах нашей планеты.

Но мы увлеклись — вернемся к рассказу об элементах. Номер урана в менделеевской системе — 92, и среди девяноста двух элементов от водорода до урана только два — № 43 и № 61 — не удалось найти в природе. Долгое время считалось, что в природе нет и еще двух элементов — № 85 и № 87, но в 1939—1940 годах их обнаружили среди продуктов радиоактивного распада урана-238, урана-235 и тория.



Элемент № 85, своеобразно сочетающий свойства самых активных неметаллов — галогенов — с металлическими, назван астатином, что по-гречески означает «неустойчивый». В самом деле, самый прочный из его изотопов, с атомным весом 210 живет всего двенадцать часов и превращается в полоний. Еще короче жизнь элемента № 87, названного францием — этого шестого (и самого активного) представителя группы «буйных» щелочных металлов. Самый прочный изотоп франция не живет и часа, превращаясь в радий.



Элемент № 43 был искусственно приготовлен в 1937 году итальянским физиком Э. Сегре из ядер соседнего элемента (№ 42) — молибдена, в которые на циклотроне «вбивались» протоны. Этот элемент похож по своим химическим свойствам на марганец и рений, а свое название — технеций — он получил в честь способа приготовления — ведь «технос» по-гречески означает «искусство». Пока новые элементы получались только на циклотронах, их количества исчислялись не более чем микрограммами. Но положение резко изменилось с появлением атомных реакторов — те элементы, которые получаются при делении ядер урана или тория, удается накапливать уже сотнями килограммов, а то и тоннами — ведь на большом реакторе мощностью в миллион киловатт ежедневно делится целый килограмм урана. Технеций, накопленный сейчас уже в больших количествах, оказался очень устойчивым к коррозии и потому может найти теперь широкое применение при сооружении новых ядерных реакторов.



Последний из элементов старых рамок Периодической системы, № 61 был назван прометием, в честь мифологического титана Прометея, похитившего с неба огонь и передавшего его людям. За это бог Зевс приковал Прометея к скале и ежедневно посылал стервятника терзать прикованного Прометея. Молодые американские химики, назвавшие элемент № 61 прометием, в своей статье писали, что это название не только символизирует драматический путь получения нового элемента в заметных количествах в результате овладения людьми энергией ядерного деления, но и предостерегает людей от грозящей опасности новой войны.



Итак, синтезом прометия в 1947 году завершилась история открытия «классических» девяносто двух элементов менделеевской системы. Но почему, собственно, не может быть элементов, расположенных в системе за ураном? То, что эти элементы не были найдены в природе, еще вовсе не доказывало невозможности их существования. Дело в том, что отнюдь не все радиоактивные элементы (а зауроновые элементы, как и последние девять «старых» элементов — от полония до урана — безусловно радиоактивны) могут существовать сейчас в природе. Возраст Земли исчисляется в несколько миллиардов лет. В этих же пределах лежит и время жизни трех изотопов — родоначальников всех природных радиоактивных элементов — урана-238, урана-235 и тория-232. Среди их потомков многие живут ничтожно малое время, но их убыль все время пополняется, потому что живы «родители». Если же радиоактивные изотопы достаточно быстро распадаются и вдобавок не имеют устойчивых предков, всегда готовых пополнить убыль своих потомков, то в природе таких изотопов сейчас не существует, даже если они встречались когда-то на заре истории Земли, вскоре после завершения процессов создания элементов в солнечной системе или всей нашей Вселенной. Именно так и обстоит де-

ло с заурановыми элементами. Задача воссоздания этих элементов в этом смысле схожа с тем, как если бы биологи задумали сейчас воскресить, вывести из нынешних видов животных давно вымерших гигантских ящеров и других чудовищ, знакомых нам только благодаря различным раскопкам. Но физикам, конечно, много легче — протоны остаются протонами, в каком бы ядре они ни находились, и дело только в определяющем природу химического элемента их числе, тогда как никаким увеличением или уменьшением числа клеток в организме нельзя превратить одно животное в другое. Первый из искусственных заурановых элементов, названный по имени следующей за Ураном планеты — нептунием — оказался ровесником первого издания «Рассказов об элементах» — его удалось получить в 1940 году.

В следующем, 1941 году был выделен второй заурановый элемент (№ 94), снова названный именем планеты — плутонием. Этот элемент изучен сейчас лучше, чем многие другие, известные химикам уже десятки и даже сотни лет. Ведь свойства плутония чрезвычайно важны для создания атомного оружия, пока еще не запрещенного и не уничтоженного, несмотря на благородную инициативу нашего правительства, выступившего за полное его запрещение.

Наибольший успех в создании новых элементов выпал на долю американского ученого Г. Т. Сиборга и его сотрудников, работающих в городе Беркли (штат Калифорния). Через пятнадцать лет после открытия плутония они синтезировали еще семь элементов. В названии трех из них отражена география открытий (№ 95 — америций, № 97 — берклий, № 98 — калифорний). Четыре других названы в честь знаменитых ученых: супругов Кюри (№ 96 — кюрий), создателя первого атомного реактора Э. Ферми (№ 99 — фермий), величайшего физика нашего времени А. Эйнштейна (№ 100 — эйнштейний) и человека, давшего ключ к открытию и изучению всех новых, в том числе и заурановых, элементов — автора Периодического закона Д. И. Менделеева (№ 101 — менделевий). Именно этот последний элемент и был изучен в начале 1955 года по свойству всех семнадцати его атомов.



Изучение химических и физических (радиоактивных) свойств заурановых элементов принесло много новых интересных сведений. До создания этих элементов считалось, что последние «старые» элементы Периодической системы — торий, протактиний и уран — аналогичны по своим химическим свойствам гафнию, танталу и вольфраму. Но после изучения химических свойств нептуния, плутония, америция, кюрия и следующих за ними элементов оказалось, что правильнее рассматривать четырнадцать элементов, следующих за актинием (№ 89) — от тория до еще не открытого № 103, как родственников четырнадцати очень похожих друг на друга элементов, следующих за лантаном (№ 58—71) и называемых лантаноидами или редкоземельными элементами.



Благодаря изучению радиоактивных свойств ядер заурановых элементов удалось систематизировать способность самых тяжелых ядер к испусканию альфа-частиц и самопроизвольному делению. Сейчас в работу по созданию новых элементов успешно включились ученые всех стран, в том числе и группа советских физиков и химиков во главе с Г. Н. Флеровым.

Есть основания считать, что именно нашим ученым принадлежит честь первого получения десятого зауранового элемента — пока еще не имеющего названия — № 102. Трудно точно сказать, сколько еще новых элементов удастся искусственно создать, по-видимому, еще семь-восемь элементов будут жить достаточно долго, чтобы можно было успеть надежно и убедительно доказать их природу. Быть может, кто-нибудь из юных читателей этой книги еще успеет принять участие в создании «эка-платины» (№ 110) или какого-нибудь соседнего элемента. Но даже и тем, кто опоздает к получению новых заурановых элементов, не приходится беспокоиться — интересной работы хватит.

Если тридцать лет назад было известно всего две-три элементарные частицы, то сейчас их количество исчисляется десятками. Для того чтобы разобраться в этом множестве частиц, найти какие-то закономерности для описания их свойств, понадобилось применить примерно такой же метод, который позволил в свое время Менделееву прийти к открытию Периодического закона элементов. И, подобно Менделееву, предсказавшему существование и свойства ряда неизвестных тогда элементов, физики-теоретики сумели предсказать несколько новых элементарных частиц, открытых в последующие годы.

Как известно, прошло пятьдесят лет от открытия периодического закона до его физического истолкования. Так и сейчас уже созданная система элементарных частиц ждет своего истолкования. Приведенных примеров, я думаю, достаточно, чтобы показать, что за прошедшие с открытия Периодического закона девяносто лет этот закон не только не состарился, но приобрел новый блеск и значение, а стоящие перед человечеством задачи безграничны, как и возможности человеческого разума и мастерства.

*Профессор В. Гольданский*

## «Рассказы об элементах» и их автор

Эта небольшая книга, посвященная, казалось бы, истории науки, в действительности родилась на ее «переднем крае». В свое время я не мог постичь, когда и как эти рассказы в конце концов сложились в целую книгу. Они писались исподволь, урывками, потому что их автору — Якову Пану (он избрал для своих наиболее крупных литературных выступлений псевдоним «И. Нечаев», перекликавшийся с именем одного из выдающихся литераторов-просветителей начала века) было решительно не до писания книг. Я вспоминаю его темную, коротко остриженную голову, склоненную над рукописями или над гранками журнала «Знание—сила». Нечаев-Пан был бродильным началом, активным участником перестройки детской научной журналистики, потребовавшей притока свежих сил.

Нечаев-Пан пришел в детскую литературу, имея за плечами немалый стаж непосредственного участия в самых горячих сражениях за новую технику на страницах газет «За индустриализацию» и «Техника». Тонкий и точный редактор, яркий полемист, оперативный «собственный корреспондент», он активно участвовал в пропаганде новых технических идей, в борьбе с рутинной и консерватизмом, препятствовавшими быстрому внедрению в промышленную жизнь технических новшеств. В борьбе за расширение сферы влияния науки обе газеты, которые вырастили Я. Пана как боевого, партийно мыслящего литератора, неустанно ратовали за приближение науки к жизни, воевали с неумением иных заскорузлых практиков разглядеть в науке главный двигатель технического прогресса не только сегодняшнего, но и завтрашнего дня.

Обновленный журнал «Знание—сила» должен был заняться расширением научного кругозора детей и юношества. Нечаев-Пан отдался работе в журнале с той сдержанной страстью, которая находила у него выражение не в пылких речах, а в неистовой работоспособности. Научной молодежи, группировавшейся в то время вокруг журнала, были остро необходимы и его журналистский опыт, и суровая выскальность его редакторского карандаша, безжалостно вымарывавшего все общие места, все расплывчатые сентенции, лишённые прочной опоры фактов. Во всем этом сказывалась хорошая газетная школа.

«Рассказы об элементах» частично публиковались в журнале. Это был совершенно новый род научной литературы, прямо отвечавший призыву Горького показывать науку не как склад готовых открытий, а как мастерскую, в которой человек, познающий природу, переделывает ее. Это настоящие рассказы с острой жизненной фабулой, с отлично построенным сюжетом, опирающимся на незыблемую гранитную основу научной достоверности. Книга «Рассказы об элементах» встретила признание в обоих лагерях — науки и литературы, сближению которых она служила. Рождалось нечто новое, чего не бывало еще в литературе, — рассказы

о науке и ее творцах. Нечаев-Пан не был одинок. Он был среди тех, кто прокладывает в этом своеобразном роде литературы «первую лыжню».

Академик Н. Н. Семенов, сразу же обративший внимание на эту яркую книгу, пронизательно отметил в ней черты новаторства: «не единичный успех автора И. Нечаева, а новый шаг в том единственно верном и нужном направлении популяризации научных знаний, которое начинает понемногу утверждаться в нашей литературе». «Рассказы об элементах», — писал ученый в «Литературной газете», — это рассказы о реальных приключениях человеческой мысли в лаборатории. Закрыв книгу, юный читатель начинает понимать, что открыть состав земного шара было нисколько не легче, чем открывать на нем новые материки, океаны и острова.

...Весами начинается победоносное вступление в научную книгу для детей измерительных приборов — орудий труда исследователя. За ними появляется спектроскоп и другие приборы. Эти приборы показаны в действии. И. Нечаев не просто излагает те теории, на которых они основаны, а рассказывает, как они создавались и как с ними работали исследователи. Избегая чисто внешних описательных характеристик, Нечаев ищет единоборства с главной трудностью, перед которой останавливалось уже столько авторов! Он стремится воспроизвести либо естественный ход рассуждений, если разговор зашел о теоретическом новаторстве (как, например, о рождении гениальной догадки Менделеева, огромным усилием творческой мысли пришедшего к созданию Периодической системы элементов), либо он восстанавливает ход эксперимента, развития конкретного опыта, реальный путь поисков».

Справедливо подчеркивая важную мысль, что книжка не манит нас издали достижениями ученого, а ведет в его лабораторию, позволяет вместе с ученым пережить горечь ошибок и счастье заслуженных удач, изведать подлинную романтику труда, академик Н. Н. Семенов в месте с тем одобрительно отмечал, что в книге И. Нечаева «почти нет лирических отступлений от основной темы». «Многие рассматривают занимательность изложения, — писал академик Н. Н. Семенов, — как втаскивание читателя за уши в рай познания, но это положение глубоко неверно! Речь должна идти совсем не о подслащивании «горького корня науки» хотя бы потому, что он совсем не так горек, как его представляют себе авторы прописи. О предмете они обычно судят по учебнику, но, к сожалению, учебники пишутся как-то особенно скучно. Они всегда скучнее, чем самый предмет».

Приветствуя удачу молодого автора, М. Ильин — известный детский писатель и прославленный автор «Рассказов о вещах» и мудрой книги «Как человек стал великаном», как бы полемизируя с ученым, настойчиво искал и находил в книге И. Нечаева свободную жизнь слова. «Говоря об элементах, — писал М. Ильин, — автор мог бы определить их свойства и особенности так, как это делает учебник. Он мог бы сказать, например, что аргон — это инертный, недеятельный газ, не вступающий в соединение с другими веществами. Но автор строит свою книгу о науке не по законам учебника или научной лекции, а по законам художественного произ-

ведения. Он характеризует аргон как живое существо: это элемент-«отшельник», элемент-«одиночка», это газ-«тихоня». В художественном произведении не характер действующих лиц определяет их поведение, а поведение определяет сюжет. И вот автор рассказывает нам о том, как трудно было поймать этот элемент, который «незаметно следовал всюду за азотом и вел себя так смиренно, словно вовсе его не существовало»... Оживляя элементы, автор тем самым оживляет и книгу, уводя изложение познавательного материала от сухой лекции, от учебника. Академик Н. Н. Семенов с похвалой отзывался о сдержанности интонаций книги. М. Ильин же, наоборот, сетовал на это. Он звал молодого литератора к большей смелости именно в литературной разработке темы.

Кто был прав? Думается, что правы были оба. Дальнейшее развитие советской научно-художественной литературы для детей показало, что она завоевала немалые успехи, сочетая глубокую научность с высоким литературным мастерством и свободой изложения. Но Нечаева-Пана уже не было с нами. Его яркому литературному дару, так свежо и самобытно проявившему себя в «Рассказах об элементах», не суждено было расцвести. Споры вокруг его книги, о которых я упомянул, возникли в самом начале грозного 1941 года. В первые дни войны Я. Пан, утаив тяжелую болезнь, которая подтачивала его силы и препятствовала его призыву в армию, записался в ряды народного ополчения и погиб смертью храбрых на рубежах Москвы.

Светлая память об этом чистом, добром и талантливом человеке неразрывно связана с его книгой, которая завоевала и еще завоеует любовь многих читательских поколений.

*Олег Писаржевский*