

МАТВЕЙ
БРОНШТЕЙН
СОЛНЕЧНОЕ
ВЕЩЕСТВО

**МАТВЕЙ
БРОНШТЕЙН
СОЛНЕЧНОЕ
ВЕЩЕСТВО
И ДРУГИЕ ПОВЕСТИ,**

а также

**Жизнь и судьба
Матвея Бронштейна
и Лидии Чуковской**

Составитель Геннадий Горелик



издательство АСТ

Москва

УДК 821.161.1-96
ББК 84(2Рос=Рус)6-44
Б88

Издание осуществлено при поддержке
"Книжных проектов Дмитрия Зимина"
Составитель Геннадий Горелик
Художественное оформление и макет Андрея Бондаренко
В книге использованы иллюстрации Николая Лапшина

Бронштейн, Матвей

- Б88 Солнечное вещество и другие повести, а также Жизнь и судьба Матвея Бронштейна и Лидии Чуковской / Матвей Бронштейн; сост., послеслов., прим., коммент. Г. Горелика. — Москва : Издательство АСТ : CORPUS, 2018. — 448 с.

ISBN 978-5-17-982922-5

Матвей Бронштейн (1906–1938) за свою короткую жизнь успел войти в историю и фундаментальной физики, и научно-художественной литературы. Его приключенческие повести о научных открытиях и изобретениях стали образцом нового литературного жанра. Он рассказал о веществе, обнаруженном сначала на Солнце и лишь много лет спустя на Земле. О случайном открытии невидимых X-лучей, принесших Рентгену самую первую Нобелевскую премию по физике, а человечеству — прибор, позволяющий видеть насквозь. И успел рассказать об изобретении радио, без которого не было бы ни телевидения, ни интернета. В то же самое время, за тем же письменным столом, Матвей Бронштейн написал выдающиеся научные работы по квантовой гравитации и космологии, сохранившие свою ценность до сих пор.

Вторую часть книги составляют свидетельства о жизненном и литературном союзе Матвея Бронштейна и Лидии Чуковской, благодаря которому родились собранные в книге повести.

УДК 821.161.1-96
ББК 84(2Рос=Рус)6-44

ISBN 978-5-17-982922-5

- © Г. Горелик, составление, послесловия, примечания, комментарии, 2018
 - © Л.К. Чуковская, наследники, 2018
 - © А. Бондаренко, художественное оформление, макет, 2018
 - © ООО "Издательство АСТ", 2018
- Издательство CORPUS ®



Книжные проекты Дмитрия Зимина

Эта книга издана в рамках программы
“Книжные проекты Дмитрия Зимина”
и продолжает серию

“Библиотека фонда «Династия»”.

Дмитрий Борисович Зимин —
основатель компании “Вымпелком” (*Beeline*),
фонда некоммерческих программ “Династия”
и фонда “Московское время”.

Программа “Книжные проекты Дмитрия Зимина”
объединяет три проекта, хорошо знакомых
читательской аудитории:
издание научно-популярных
книг “Библиотека фонда «Династия»”,
издательское направление фонда “Московское время”
и премию в области русскоязычной
научно-популярной литературы
“Просветитель”.

Подробную информацию
о “Книжных проектах Дмитрия Зимина”
вы найдете на сайте
ZIMINBOOKPROJECTS.RU

Содержание

От составителя. Матвей Бронштейн в физике и в литературе	9
Матвей Бронштейн. Солнечное вещество	13
80 лет спустя. Солнечное вещество во Вселенной	117
Матвей Бронштейн. Лучи икс	121
80 лет спустя. Небо в икс-лучах	167
Матвей Бронштейн. Изобретатели радиотелеграфа	171
80 лет спустя. Последняя книга Матвея Бронштейна.	241

Жизнь и судьба Матвея Бронштейна и Лидии Чуковской

Картинки из жизни	247
Тридцать седьмой год.	291
Из тюремного скоросшивателя	337
Голоса в защиту.	351
Реабилитация	373
Геннадий Горелик. GLORIA MUNDI	407
Библиография	437

От составителя

Матвей Бронштейн

в физике и в литературе

Три повести, составившие эту книгу, написал выдающийся физик-теоретик, когда ему не было еще и тридцати лет. Наука была главным делом его жизни.

Свое призвание Матвей Бронштейн обнаружил в кружке при Киевском университете, хотя сам еще не был студентом, а формально не имел и среднего образования. Гражданская война, кроме прочего, разрушила и прежнюю школьную систему. Однако самообразования Бронштейну хватило, чтобы в восемнадцать лет написать первую научную работу — о фотонной структуре рентгеновского излучения. В 1925 году его статью опубликовал ведущий мировой журнал по физике *Zeitschrift für Physik*. Юный исследователь предсказал эффект, обнаружение которого добавило бы довод в пользу идеи фотонов, а *“в противном случае, — писал он, — будет пролит некоторый свет на вопрос о границах применимости теории световых квантов в области рентгеновских лучей”*. В то время идею фотонов еще не принимали даже видные физики, включая Нильса Бора. Так что восемнадцатилетний Матвей Бронштейн оказался в самой гуще событий тогдашней физики.

В 1926 году он поступил в Ленинградский университет. Слушал лекции сразу на двух отделениях — физическом

и астрономическом, где подружился со Львом Ландау и Виктором Амбарцумяном, позднее ставшими учеными мирового уровня.

В студенческие годы он решил трудную задачу о температуре звезд, и его результат, впоследствии названный соотношением Хопфа — Бронштейна, опубликовал главный тогда астрономический журнал, издававшийся в Англии.

В апреле 1930 года заведующий теоретическим отделом Ленинградского физико-технического института Яков Ильич Френкель написал на заявлении двадцатитрехлетнего выпускника университета:

М. П. Бронштейн является исключительно талантливым физиком-теоретиком, с широкими интересами, большой инициативой и чрезвычайно большими познаниями. Я не сомневаюсь, что он будет одним из наиболее ценных сотрудников теоретического отдела института.

Когда в СССР в 1934 году вновь ввели ученые степени (отмененные в 1917-м), ученый совет института присвоил Бронштейну кандидатскую степень без защиты диссертации — за его работы по астрофизике, а докторскую предложил ему защитить по физике полупроводников, на основе уже опубликованных им работ.

Бронштейн, однако, выбрал гораздо более трудную — но более интересную для него — проблему квантовой теории гравитации и уже осенью 1935 года стал доктором наук.

Полная теория квантовой гравитации до сих пор не построена и ныне считается центральной проблемой фундаментальной физики, важной и для физики элементарных частиц, и для физики Вселенной — космологии. Бронштейн первым обнаружил глубину этой проблемы и предсказал, что ее ре-

шение потребует пересмотра основных представлений о пространстве и времени.

Непросто объяснить проблему квантовой гравитации человеку, знающему физику лишь по школьному учебнику, и даже тем, кто слышал, что гравитация — это кривизна пространства-времени, и понимает непредставимость квантовых законов. Вряд ли кто мог бы объяснить это лучше самого Матвея Бронштейна. О сложной науке он умел рассказывать просто, понятно и правильно. Однако о проблеме квантовой гравитации он рассказать не успел. В августе 1937 года, в разгар сталинского Большого террора, тридцатилетний физик был арестован и, полгода спустя, казнен в ленинградской тюрьме.

Кроме научных работ, понятных лишь физикам-специалистам, Матвей Бронштейн оставил книжки, написанные для любознательных читателей всех возрастов. Ему было интересно не только самому исследовать, как устроена Природа, но и делиться своими знаниями с другими. Он с удовольствием преподавал и писал о науке, быть может, еще и потому, что его отрочество пришлось на годы Гражданской войны, когда главными его учителями служили книги. Учиться он любил, и сделался — сделал себя — необычайно образованным человеком; на трех языках говорил свободно, еще на нескольких читал.

Повести Матвея Бронштейна о науке, собранные в этой книге, рождались благодаря помощи замечательных литераторов — Самуила Маршака и Лидии Чуковской. И повести эти, по мнению нобелевского лауреата Льва Ландау, написаны так увлекательно, что читать их *“интересно и школьнику, и физику-профессионалу: трудно остановиться, не дочитав до конца”*.

Какую роль сыграл бы Матвей Бронштейн в истории, не погибни он в тридцать лет? Большие научные таланты рожда-

ются редко, а талантливых физиков, одаренных литературно, и вовсе единицы.

И первый — это, конечно, Галилей, который не только изобрел современную физику, но и своими “Диалогами”^{*} вошел в историю итальянской литературы и литературы научно-популярной. Свои главные книги Галилей написал, когда ему было за шестьдесят. Бронштейн в последний год своей короткой жизни, занимаясь проблемами космологии и ядерной физики, начал писать книгу о Галилее...

^{*} “Диалог о двух главнейших системах мира” (1632) и “Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки” (1638).

М. БРОНШТЕЙН

СОЛНЕЧНОЕ ВЕЩЕСТВО



С ЧЕГО НАЧАЛОСЬ

расскажу о веществе, которое люди нашли сначала на Солнце, а потом уже у себя на Земле.

Астрономы изучают поверхность Солнца с тех пор, как у них есть телескоп. Они видят на Солнце темные пятна, огненные облака, извержения и взрывы. Но разве можно разглядеть в телескоп химический состав Солнца, исследовать, из каких веществ оно состоит? Для этого химикам пришлось бы побывать на Солнце, захватив с собой свои пробирки, колбы, реактивы и весы.

Какая же это экспедиция пролетела полтораста миллионов километров и открыла на Солнце новое вещество?

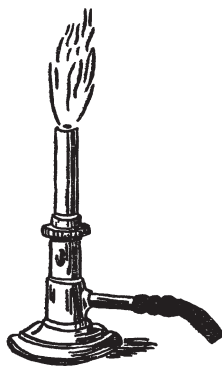
Такой экспедиции никогда не было. Не отрываясь от своей планеты, люди ухитрились узнать, из чего состоит Солнце. Узнали это они не очень давно — всего только лет семьдесят пять тому назад*.

* В 1868 году (повесть эта впервые вышла книгой в 1936 году). — *Здесь и далее, если не указано иное, прим. сост.*

И, как часто бывает в науке, для этого необычайного открытия понадобились самые скромные средства и орудия.

Эти орудия — маленькая, тусклая горелка Бунзена да еще самодельный спектроскоп, сооруженный из сигарной коробки, стеклянного клина и двух половинок распиленной подзорной трубы.

Началось все дело с горелки, а потом уже дошла очередь и до спектроскопа.



Горелка Бунзена

Горелку Бунзена вы и сейчас еще найдете в любой лаборатории. За десятки лет она нисколько не изменилась.

Простая металлическая трубка, стоящая на подставке. По резиновому шлангу в трубку течет снизу светильный газ*, а чуть пониже середины в ней проделано отверстие для воздуха. Поднесите к верхнему концу трубки зажжен-

* Светильный газ — горючий газ, получаемый из угля или нефти, который сначала использовался только для освещения (отсюда и название).

ную спичку, и газ загорится тусклым, бледным, почти бесцветным пламенем.

Днем этого пламени даже не заметишь. Горелка Бунзена горит гораздо тусклее самой плохонькой керосиновой коптилки, но зато пламя у нее такое жаркое, какого никогда не бывает в нашей обыкновенной печке: две тысячи триста градусов*.



ЦВЕТНЫЕ СИГНАЛЫ

Роберт Бунзен жил в прошлом веке**. Много лет был он профессором химии в маленьком немецком городке Гейдельберге.

К середине 50-х годов он уже изобрел свою горелку и теперь изо дня в день старательно изучал, как ведут себя различные вещества в пламени высокой температуры.

Он погружал в пламя то металлы, то уголь, то соли, то известь и наблюдал, что происходит со всевозможными химическими соединениями в горячем пламени светильного газа.

Осенью 1858 года он заметил и записал в лабораторном дневнике, что многие вещества ярко окрашивают бесцветное пламя.

* В 1930-е годы для освещения нередко использовались керосиновые лампы (маленькие называли «коптилками»), а для отопления и приготовления пищи — печки, которые топились дровами или углем.

** Годы жизни немецкого химика-экспериментатора Роберта Бунзена: 1811–1899.

Впервые он обратил на это внимание во время опыта с поваренной солью.



Роберт Бунзен

Тонкими платиновыми щипчиками взял он маленький кристаллик соли и сунул в пламя горелки. Бесцветное пламя сразу перестало быть бесцветным. Как только попала в него поваренная соль, оно разгорелось ярче и пожелтело. А комнату наполнил удушливый запах хлора.

Этому запаху Бунзен не удивился. Ведь поваренная соль состоит из двух веществ: хлора и натрия. Вот она и распалась на свои составные части в жарком пламени горелки, и хлор растекся по комнате.

Но почему же пламя из бесцветного сделалось желтым? Что окрасило его в желтый цвет — газ хлор или металл натрий?

Чтобы узнать это, Бунзен решил повторить опыт, но только вместо поваренной соли взять вещества, в которых будет натрий, а хлора не будет, — например соду, глауберову соль, бромистый натрий. Если пламя и при этих опытах окрасится в желтый цвет — значит, все дело в натрии.

Так и оказалось: и от соды, и от глауберовой соли пламя сразу пожелтело.

Тогда Бунзен проделал последний, решительный опыт: внес в пламя чистый натрий без всяких примесей. Пламя и на этот раз стало ярко-желтым.

Значит, догадка верна: натрий действительно окрашивает бесцветное пламя газовой горелки в желтый цвет.

Удача этих опытов навела Бунзена на мысль: быть может, не только натрий, но и другие металлы способны окрасить бесцветное пламя горелки? Что, если взять вещества, в которых натрия нет? Например, сильвин — соединение хлора с металлом калием?

Крохотный кристаллик сильвина был внесен в пламя газовой горелки. Пламя разгорелось так же ярко, как и от кристаллика поваренной соли, но окрасилось в другой цвет — не желтый, а фиолетовый.

И не один сильвин, а все вещества, в которых есть калий, дали тот же фиолетовый цвет: и селитра, и поташ, и едкое кали.

Вывод ясен: фиолетовый цвет пламени зависит от калия. Но Бунзен и тут не отказался от последней проверки: он внес в пламя чистый калий.

Все тот же фиолетовый цвет.

Значит, желтый цвет — признак натрия, а фиолетовый — калия.

Бунзен почувствовал, что опыты ведут его к какому-то важному открытию. Он стал испытывать металлы один за другим. Взял литий — и получил красное пламя, взял медь — и получил зеленое.

Опыты за опытами убеждали Бунзена в том, что он открыл новый способ химического анализа — такого анализа, для которого не нужна сложная химическая кухня, не нужны приборы, склянки, реактивы.

Теперь, когда химик захочет узнать, есть ли в каком-нибудь веществе калий, ему скажет об этом пламя газовой горелки, скажет не словами, а цветными сигналами.

Если пламя сделается фиолетовым, это значит: в веществе есть калий. А если оно сделается не фиолетовым, а желтым, это будет означать: калия нет, есть натрий.

Можно будет на глаз узнавать химический состав любого вещества. Надо только изучить язык газового пламени, разобраться в его цветных сигналах.



НЕУДАЧА

Бунзен раздобыл множество разных химических соединений и принялся их исследовать. Тоненькими платиновыми щипчиками захватывал он кусочек исследуемого вещества и вносил в пламя горелки. Если же вещество было не твердым, а жидким, то вместо щипчиков брал он платиновую проволочку толщиной с конский волос, изогнутую на конце в виде петельки. Каплю жидкости, повисшую на петельке, Бунзен осторожно вносил в пламя.



Тонкая платиновая проволочка с петелькой на конце

И каждый раз в лабораторном дневнике появлялась запись о том, каким цветом окрасилось пламя.

Скоро в руках у Бунзена был длинный перечень веществ и тех цветов, по которым их можно определить. Настоящая сигнальная книга: натрий — желтый сигнал, калий — фиолетовый сигнал, медь — зеленый сигнал, стронций — красный сигнал. И так далее и так далее — на много страниц.

Сигнальная книга была готова, и вот тут-то Бунзен увидел, что пользоваться этими сигналами не так-то просто.

В перечне была, например, такая запись:

«Раствор солей натрия — желтый цвет.

Раствор солей натрия с небольшой примесью солей лития — тоже желтый цвет.

Раствор солей натрия с небольшой примесью солей калия — тоже желтый цвет».

Как же расшифровать эти сигналы? Как отличить чистый натрий от натрия с примесью калия и от натрия с примесью лития?

Бунзен зажег три газовые горелки. В пламя каждой горелки внес он по капле раствора поваренной соли. Но в одной капле поваренная соль была чистая (соединение натрия с хлором), в другой она была смешана с солями лития, в третьей — с солями калия.

Все три пламени были одного цвета: желтого. Никакой разницы между ними не было. Очевидно, натрий так сильно окрасил их в свой желтый цвет, что глазу не удалось уловить красный оттенок лития и фиолетовый оттенок калия.

Тогда Бунзен подумал: «А что, если помочь глазу — вооружить его цветными стеклами или цветными жидкостями?»

Он налил в стаканчик немного раствора синей краски индиго и стал рассматривать все три пламени сквозь синюю жидкость. И тут он сразу заметил различие в цвете.

Синяя краска индиго поглотила желтые лучи натрия, и поэтому пламя, где была поваренная соль с примесью лития, казалось теперь малиново-красным. Пламя, куда был подмешан калий, тоже казалось красным, но другого оттенка — пурпурного. А пламя, в котором была поваренная соль без всяких примесей, как будто и вовсе исчезло.

Бунзен вооружился целой коллекцией цветных стекол и стаканчиков с цветными жидкостями. Он надеялся, что эта коллекция поможет ему расшифровать все сигналы в его книге.

Но вот ему попала на глаза такая запись:

«Соли лития — малиново-красный цвет.

Соли стронция — малиново-красный цвет».

Опять два разных вещества, а цвет один и тот же. Не помогут ли и тут цветные жидкости и стеклышки?

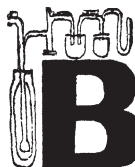
Долго бился Бунзен, подбирая цвета, сквозь которые можно было бы подметить разницу между пламенем лития и пламенем стронция. Но такого цветного стекла, такой цветной жидкости он не нашел.

Пламя лития никак не удавалось отличить от пламени стронция. Значит, краски и цветные стекла помогают не всегда.

А если так — пламя газовой горелки не дает надежного ключа к химическому анализу.

Казалось, Бунзен потерпел поражение.

Но тут на помощь его газовой горелке пришел спектроскоп Кирхгофа.



ПРОСТОЙ КУСОК СТЕКЛА

В том же университетском городке Гейдельберге жил профессор физики Густав Кирхгоф. Узнав о затруднениях Бунзена, Кирхгоф решил ему помочь. Он обещал Бунзену построить такой физический прибор, который откроет разницу в цвете пламени даже и тогда, когда откладываются служить цветные стекла и растворы красок.

План у Кирхгофа был очень простой. В его лаборатории хранилась призма из стекла «флинтглас», которую когда-то, за много лет перед тем, выточил и отшлифовал знаменитый мюнхенский оптический мастер Йозеф Фраунгофер. Призма — это простой кусок стекла, выточенный в форме клина. Но у призмы есть замечательное свойство: лучи света никогда не проходят сквозь нее прямо, а неизменно отклоняются в сто-

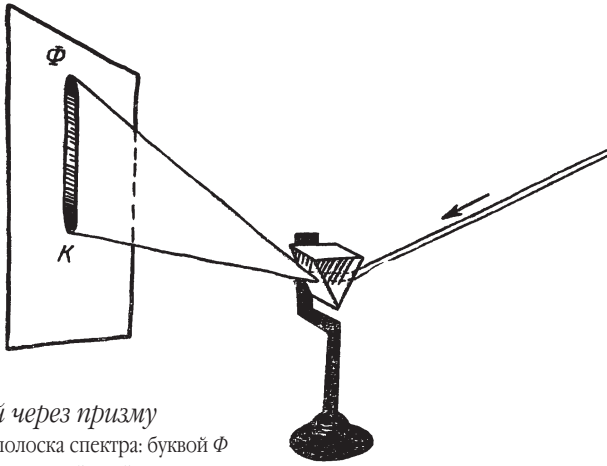


Густав Кирхгоф

рону — как будто что-то отталкивает их прочь от ребра призмы. И при этом не все лучи отклоняются одинаково: фиолетовые отклоняются сильнее всех других, красные меньше всех других, а лучи остальных цветов попадают в промежуток между красными и фиолетовыми. Поэтому если через призму пропустить пучок света, в котором смешаны лучи различных цветов, то, выйдя из призмы, эти лучи пойдут по разным дорогам.

Так призма разлагает пучок света, состоящий из лучей разных цветов, разбивает его на составные части.

Йозеф Фраунгофер, который изготовил флинтглазовую призму, хранившуюся в лаборатории Кирхгофа, пользовался этим замечательным свойством призмы для того, чтобы разлагать на составные цвета солнечный луч. Через узкую щель впускал он в темную комнату пучок солнечных лучей и на пути этих лучей ставил свою призму. Лучи входили в призму узким пучком, а выходили широким веером. На противоположную белую стену ложилась разноцветная полоса света — солнечный спектр. В полосе были все семь цветов радуги: красный, за ним оранжевый, потом желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Фраунгофер, как и многие физики до него, знал, что все эти цвета, от красного до фиолетового, все тончайшие оттенки цветов радуги, постепенно переходящие друг в друга, содержатся в белом солнечном свете, но эти отдельные цвета и оттенки заметны глазу только тогда, когда призма разлучает их между собой, разлагает в разноцветный спектр.



Путь лучей через призму

На экране — полоска спектра: буквой Φ обозначен фиолетовый край спектра, буквой K — красный.

«Почему же, — подумал Кирхгоф, — не воспользоваться этой же самой стеклянной призмой для того, чтобы исследовать свет, испускаемый газовой горелкой? Если выделить узкий пучок такого света и пропустить его через призму — призма сразу разгадает те сигналы, которых не разгадали ни цветные стекла, ни стаканчики с красками».



СИГНАЛЫ РАСШИФРОВАНЫ

Кирхгоф принес Бунзену свой прибор. Этому прибору изобретатель дал название «спектроскоп» — слово, которое он сам придумал. Теперь это слово известно всякому физику и химику, и в любой лаборатории можно увидеть спектроскоп, изготовленный на оптической фа-

брике. Но как не похожи эти современные удобные и точные спектральные приборы на неуклюжий спектроскоп, который Кирхгоф изготовил собственными руками! Деревянная коробка из-под сигар, стеклянная призма и старая подозрительная труба с тремя выпуклыми стеклами — вот из чего был сделан первый спектроскоп.

Подзорную трубу Кирхгоф распилил пополам. Из одной трубы получилось две: первая с одним выпуклым стеклом, вторая — с двумя.

Обе трубки Кирхгоф вставил в смежные стенки сигарной коробки под углом одна к другой.

Трубку, в которой было только одно стекло, он расположил так, чтобы она глядела стеклом в коробку, а пустым отверстием наружу. Это отверстие он прикрыл картонным кружком с узкой щелью. Через щель должны были проникать в коробку лучи. Там, внутри коробки, их встречала призма, которую Кирхгоф укрепил на вращающейся оси. Пройдя сквозь призму, пучок лучей сворачивал в сторону и устремлялся в другую трубку широким разноцветным веером.

Приложив глаз к этой трубке и медленно поворачивая призму вокруг оси, можно было рассмотреть весь спектр лучей, попавших в щель спектроскопа.

В первый же день Бунзен и Кирхгоф испытали новый прибор. Бунзен зажег свою горелку, а Кирхгоф навел на пламя свой спектроскоп. Затем Бунзен стал вводить в пламя по очереди натрий, калий, медь, литий, стронций. И каждый раз, когда пламя меняло свой цвет, оба они

внимательно рассматривали спектр лучей, испускаемых раскаленными парами металлов.

Спектры эти оказались не такими, как солнечный. В солнечном спектре все семь цветов радуги — от красного до фиолетового — ложатся сплошным рядом, а в спектре окрашенного газового пламени Кирхгоф и Бунзен увидели разрозненные цветные линии.

В спектре раскаленных паров калия горели две красные линии и одна фиолетовая, у паров натрия была одна линия — желтая*, у паров меди было много линий, среди которых ярче всех горели три зеленые, две желтые и две оранжевые. И каждая цветная линия появлялась всякий раз на том самом месте, где в солнечном спектре лежит цвет точно такого же оттенка: оранжевые линии меди ложились в оранжевой части спектра, желтая линия натрия — в желтой.

Наконец-то Бунзену удалось узнать, чем отличается малиновое пламя лития от малинового пламени стронция. Когда он смотрел на них простым глазом, он не различал их, но спектр одного пламени оказался совсем непохожим на спектр другого. Достаточно было посмотреть на них в спектроскоп Кирхгофа, чтобы сразу сказать, где литий, где стронций. Спектр лития состоит из одной яркой красной линии и одной оранжевой посла-

* Внимательно изучив эту желтую линию, физики обнаружили, что на самом деле она двойная: она состоит из двух очень близко расположенных друг к другу желтых линий. Эти линии получили у физиков особое название: их называют линиями D_1 и D_2 . — *Прим. автора*

бее, а спектр стронция — из одной голубой и нескольких красных, оранжевых, желтых линий.

Один за другим цветные сигналы были расшифрованы. Задача была решена.



ПЕПЕЛ, ГРАНИТ И МОЛОКО

Кирхгоф и Бунзен нашли ключ к разгадке химического состава любого пламени, любого светящегося газа. Не нужно химического анализа, чтобы узнать, есть ли в пламени натрий. Если вы увидите его желтую линию в том месте спектра, где ей полагается быть, вы сразу обнаружите натрий. Если в спектре у вас две красные и одна фиолетовая линии, вы можете быть уверены, что в пламени есть калий. А если в спектре окажется красная линия, зелено-голубая и синяя, то, значит, в пламени есть водород.

Поставьте на пути лучей спектроскоп — и линии спектра безошибочно расскажут вам о химическом составе тела, испускающего лучи.

Такой способ угадывать химический состав по линиям спектра был назван спектральным анализом.

Бунзен стал исследовать множество разных веществ. Все, что попадалось ему под руку, он тащил к спектроскопу. Он вносил в пламя горелки и каплю морской воды, и каплю молока, и пепел сигары, и кусочки всевозможных минералов. В спектре пепла гаванской сигары он увидел

желтую линию натрия и красные линии лития и калия; в спектре кусочка мела он увидел линии натрия, лития, калия, кальция, стронция. Множество разных веществ исследовал таким образом Бунзен, раскаляя их в жарком пламени горелки и наблюдая спектр раскаленных паров.

Новый способ распознавать химический состав оказался необычайно чувствительным и точным. Бунзен находил спектральные линии редкого металла лития в тех веществах, в которых лития так мало, что никаким другим способом его обнаружить невозможно. Литий был найден спектроскопом и в морской воде, и в золе водорослей, прибитых Гольфстримом к берегам Шотландии, и в ключевой воде, которую Бунзен взял из источника, бьющего из гранитной скалы в окрестностях Гейдельберга, и в кусках гранита, отколотого от той же скалы, и в листьях винограда, выросшего на скале, и в молоке коровы, которая ела эти листья, и в крови людей, которые пили это молоко.

Но газовая горелка и спектроскоп помогли химику Бунзену сделать еще более важное открытие: с их помощью он обнаружил два новых металла, о существовании которых никто и не подозревал. В спектре саксонского минерала лепидолита и в спектре рассола, полученного при выпаривании дюркхеймской минеральной воды, он увидел спектральные линии, которые не совпадали с линиями знакомых химикам веществ. Бунзен понял, что и в лепидолите, и в дюркхеймской минеральной воде скрыты какие-то еще неизвестные вещества.