

52
206
БИБЛИОТЕЧКА ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

В. А. ДОМБРОВСКИЙ



**КАК ЧЕЛОВЕК УЗНАЛ СОСТАВ
И ТЕМПЕРАТУРУ СОЛНЦА**



2
Прочтено
66

Доцент
В. А. ДОМБРОВСКИЙ

Как человек узнал состав
и температуру
Солнца

8757
7

Проверено
1953

Проверено 1958

ИЗ

183

ПРОВЕРЕНО
1969

Ленинградское
газетно-журнальное и книжное
издательство
1946

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Разноцветные полосы—спектры	5
Что такое свет?	11
Не видимые глазом лучи	15
Измерение температур без термометра	19
Спектральный анализ	22
Темные линии в солнечном спектре	28
О чем рассказывают темные линии солнечного спектра?	32
Солнечный газ — гелий	37
Из чего состоят другие небесные тела?	42

Введение

В древности небесные светила — Солнце, Луна, планеты, звезды — считались телами, совершенно непохожими на нашу Землю и сделанными из какого-то особого небесного вещества. С тех пор прошло много времени, и сейчас мы знаем, что эти небесные светила представляют собой самостоятельные миры. Планеты и Луна подобны нашей Земле. Солнце и звезды же являются огромными раскаленными телами, по сравнению с которыми наш земной шар кажется ничтожной песчинкой. Ученые уже давно с помощью гигантских приборов — телескопов внимательно изучают эти далекие миры. Они сейчас научились измерять расстояния до них, их размеры, массы. Однако на первый взгляд кажется, что, не побывав на небесных телах, нельзя узнать их состав и температуру. Действительно, когда мы на Земле хотим узнать состав какого-нибудь тела, мы его исследуем в лаборатории, когда желаем узнать его температуру, мы прибегаем к помощи термометра. Но для исследования состава и температуры небесных тел мы еще пока не в состоянии снарядить туда экспедицию ученых, снабженную колбами, пробирками, термометрами. Поэтому нет ничего удивительного в том, что в середине прошлого века, при тогдашнем состоянии науки, известный французский математик и философ Огюст Конт на публичном докладе заявил, что люди никогда не узнают, из чего состоят звезды. Однако он ошибся.

Современная наука нашла способы, как определить состав и температуру небесных тел. Планеты и звезды непрерывно посылают нам световые лучи, которые являются замечательнейшими посланиями. В этих посланиях подробно рассказывается и о составе небесных тел, и об их температурах, и о множестве других важных и замечательных вещей. Но все это как бы зашифровано, написано на непонятном, не известном нам языке. Нужно было разобраться в этих посланиях, расшифровать их, перевести на общепонятный, человеческий язык.

В нашей брошюре и будет рассказано о том, как был изучен солнечный луч, как в нем были открыты таинственные значки, как они были расшифрованы и что таким путем ученые узнали о Солнце.

Разноцветные полосы — спектры

Кто из вас не наблюдал, как световой луч, падая на осколочек стекла или грань зеркала, проходя через брызги воды, зажигает чудесные цветные огоньки, располагающиеся в непрерывную разноцветную полосу. Что это за огоньки? Как они возникают? Много ученых ломали себе голову над разрешением этих вопросов, но разгадать тайну этих радужных цветных полосок удалось лишь одному из величайших ученых человечества — Исааку Ньютону.

Ньютон изучению света посвятил почти шесть лет своей жизни. Естественно, он не мог пройти и мимо вопроса о происхождении и природе этих таинственных цветных „зайчиков“. Он совершенно затемнил комнату и только в шторе одного окна, обращенного на солнечную сторону, оставил маленькое круглое отверстие. Через это отверстие в комнату сейчас же ворвался солнечный луч. Против окна Ньютон поместил белый экран. Луч, как всегда, пересек комнату и кончился на экране белым „зайчиком“. Затем Ньютон взял призму и поместил ее на пути светового луча. Призму он расположил на специальной подставке ребром вниз и основанием вверх. И тогда на экране белый „зайчик“ исчез, и загорелась разноцветная полоска с теми же цветами, что и в радуге. Цветная полоска не совпадала по положению с „зайчиком“, а располагалась выше. Ширина этой полоски была такая же, что и у белого „зайчика“, длина же — в пять раз больше (см. рис. 1).

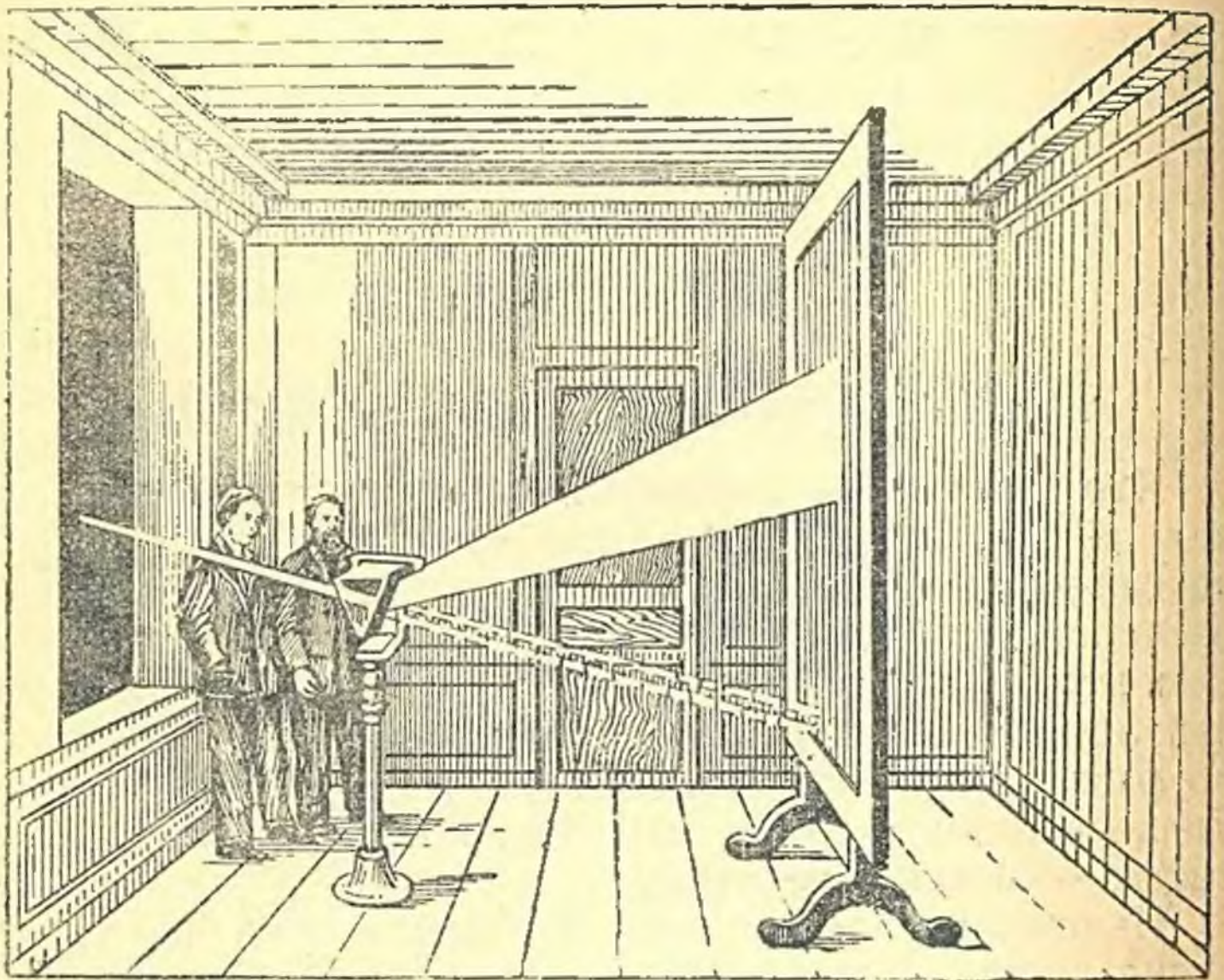


Рис. 1. Опыт Ньютона.

Ньютон в этой цветной полоске различил семь основных цветов, непрерывно переходящих один в другой.

Ниже всех лежал красный цвет, за ним — оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и, наконец, выше всех — фиолетовый. Те же самые цвета наблюдаются всегда и в радуге. Ньютон полученной им цветной полоске впервые дал название „спектр“ (от греческого слова „спектро“ — смотрю). Так эта цветная полоска называется и до настоящего времени, но чтобы подчеркнуть, что цвета непрерывно, без всяких промежутков, переходят один в другой, мы для точности называем его непрерывным спектром.

Ньютон также задался вопросом: откуда, как и почему берется спектр?

После многочисленных опытов тайна рождения спектра стала ясной для Ньютона.

Мысль Ньютона была очень проста. Цветные лучи все содержатся в белом солнечном луче, но только в нем они перемешаны друг с другом. А вместе они производят впечатление белого света. Чтобы различить в отдельности каждый цвет, нужно каким-либо образом произвести разделение белого луча на составляющие его лучи. Это делается при посредстве призмы, которая разлагает белый луч на его составные части и пускает каждый цветной луч по своему направлению, образуя цветной веер лучей спектра.

Каким же образом призма разлагает белый луч на составляющие его цветные лучи? Оказывается, очень просто. Вы, полагаю, заметили, что световой луч, проникая в какое-либо прозрачное тело, обычно меняет свое направление, или, как говорят ученые, преломляется. Такое преломление происходит в стекле, в воде и во всех других прозрачных телах. Так вот, оказывается, что величина этого преломления для разных лучей различна. Сильнее всего преломляются фиолетовые лучи, меньше — синие, еще меньше — голубые, зеленые, желтые, оранжевые и меньше всех — красные лучи. Вот это-то замечательное свойство разных лучей по-разному преломляться и вызывает разложение луча на целый веер цветных лучей. В призме такое разложение происходит, когда белый луч попадает из воздуха в призму, и еще усиливается, когда луч из призмы выходит в воздух. Рис. 2 поясняет сказанное.

Такое разложение белого светового луча на составляющие его цветные лучи носит название дисперсии света. Прохождение луча через призму всегда сопровождается дисперсией. Однако величина дисперсии, то есть степень разделения лучей, длина получающегося спектра не всегда одинаковы. Призма не обязательно должна быть сделана из стекла, ее можно сде-

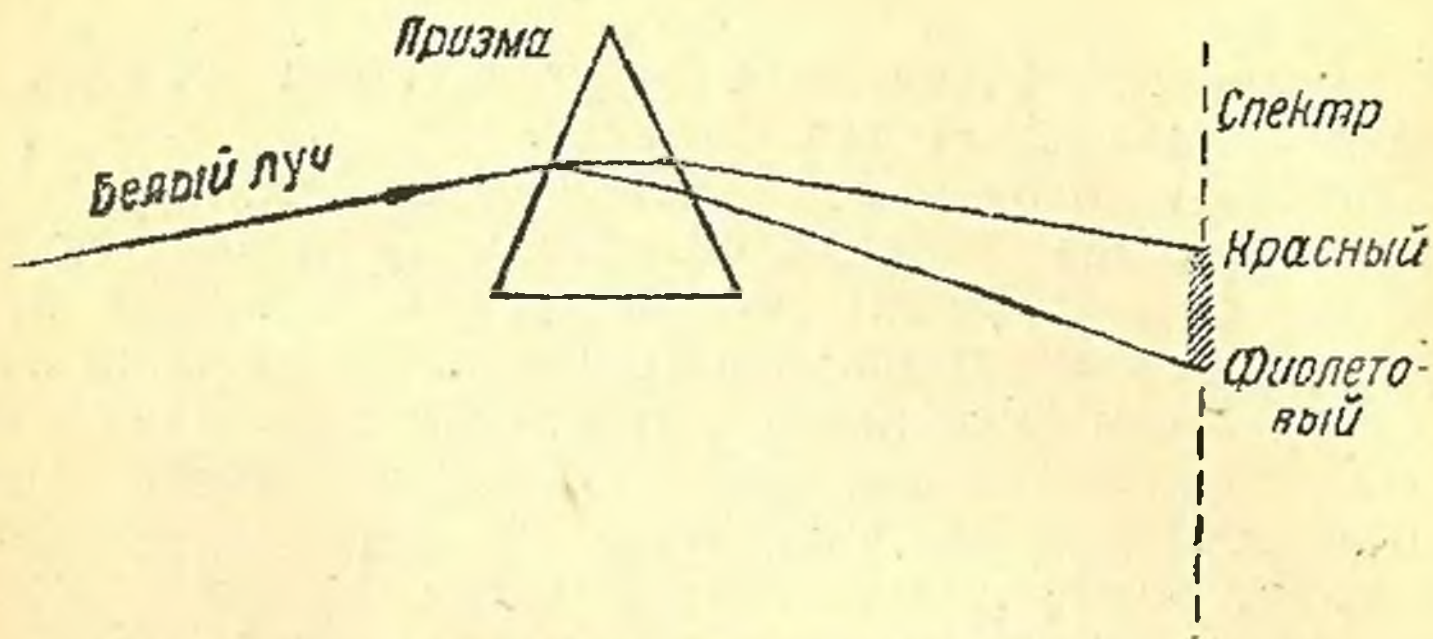


Рис. 2. Ход лучей в призме.

лать из льда, из смолы или какого-либо другого материала. И вот, в зависимости от материала, из которого сделана призма, получается разная дисперсия. Но всегда при падении белого луча на призму он отклоняется в ней и разделяется на цветные лучи, причем обычно самое сильное отклонение, и всегда в сторону основания призмы, имеет фиолетовый луч и самое слабое — красный луч.

Ньютон захотел проверить свой вывод о том, что белый луч состоит из множества цветных лучей.

Для этого он взял диск — картонный кружок, — разделил его на семь частей-секторов и каждый сектор окрасил в один из радужных цветов. Этот диск Ньютон привел в такое быстрое вращение, что все окрашенные сектора стали сливаться в общий круг, который стал казаться белым.

Теперь все стало ясно: сложение цветных лучей дает белый луч.

Спектр, который получил Ньютон, был очень несовершенным, так как в нем отдельные цвета перекрывали друг друга.

Значительное улучшение качества спектра было получено, когда круглая дырочка была Ньютоном заме-

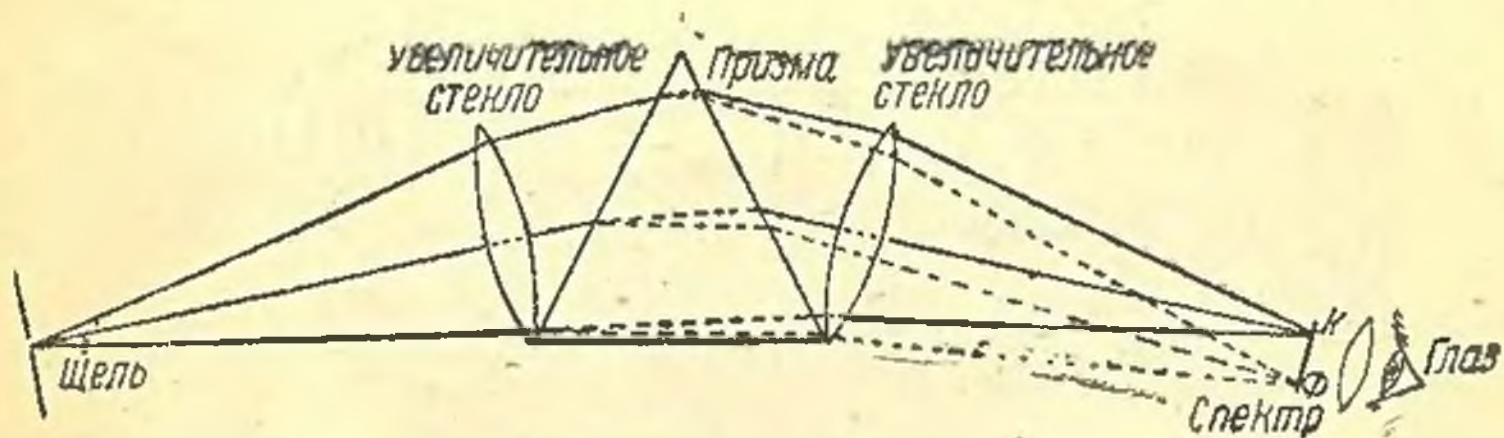


Рис. 3. Схема устройства спектроскопа.

нена узкой щелью. Но самое большое улучшение было достигнуто, когда на пути лучей были поставлены увеличительные стекла. В результате спектр получился очень четким. Построенный по этой системе физиком Густавом Кирхгофом прибор был им назван — спектроскопом. Но самодельный спектроскоп Кирхгофа был мало похож на наши удобные фабричные спектроскопы. Однако ход лучей в современных спектроскопах точно такой же, как и в спектроскопе Кирхгофа. Рис. 3 поясняет устройство современного спектроскопа. Лучи из щели идут расходящимся пучком и падают на увеличительное стекло, после чего они становятся параллельными друг другу. Эти параллельные лучи падают на призму и разлагаются на цветные лучи. Полученный спектр рассматривается в зрительную трубу, состоящую из двух увеличительных стекол: объектива и окуляра. Если вместо зрительной трубы поставить фотоаппаратическую камеру, то вместо рассматривания спектра мы можем получить его фотографию на фотографической пластинке. Такой прибор с камерой, заменяющей зрительную трубу, называется спектрографом.

Современные спектроскопы и спектрографы часто содержат не одну, а много призм, благодаря чему разделение лучей получается очень значительным. Наконец, часто для разделения лучей употребляются не призмы, а особые, так называемые дифракционные, решетки, которые вызывают гораздо большую дисперсию лучей,

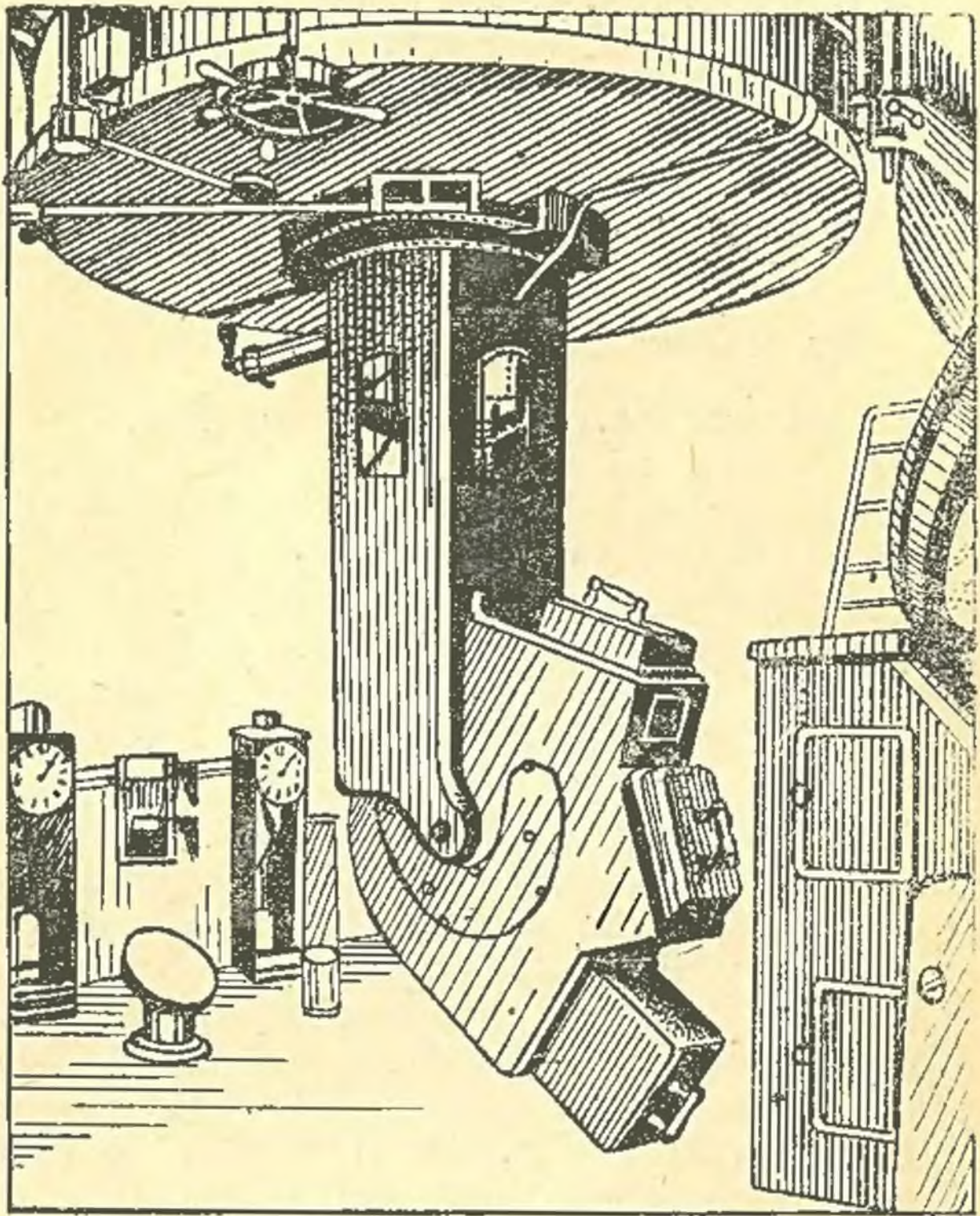


Рис. 4. Внешний вид современного большого звездного спектрографа.

чем призмы. В результате, сейчас удается получать спектры, общая длина которых достигает нескольких десятков метров.

На рис. 4 изображен внешний вид современного большого спектрографа.

Что такое свет?

Теперь следует ответить на вопросы: что же такое свет? Как он возникает и как распространяется?

Непосредственные наблюдения показывают, что свет всегда возникает, зарождается в материальных телах. Поэтому необходимо хотя бы вкратце остановиться на строении материи.

Мы знаем, что в природе встречаются весьма различные тела, отличающиеся друг от друга по своему состоянию. Тела бывают: твердые, жидкие, газообразные. Но часто различие тел зависит от состава. Состав железа совсем другой, чем, например, дерева или льда. Эти тела состоят из разных веществ. В природе существует бесконечное множество тел, совсем различных, непохожих друг на друга. Но все эти тела оказываются построенными из мельчайших частиц, которые были названы атомами, что значит по-гречески „неделимые“. И хотя атомы так малы, что мы не можем каждый в отдельности видеть, все же они изучены чрезвычайно подробно. Мы знаем и их размеры, и вес, и многие другие свойства. Атомы не все одинаковы. В природе предполагается существование девятиста двух видов атомов, из которых восемьдесят девять уже обнаружены на Земле. Из этих-то атомов и построены все известные нам тела.

Каждый вид атомов соответствует какому-либо простому веществу — химическому элементу. Так, например, атомы железа составляют железо. Железо состоит только из определенного сорта атомов. Из другого, но тоже вполне определенного, сорта атомов составлено другое простое вещество — медь, из третьего — кислород и т. д. Но так мы можем построить только самое большее девятиста два сорта веществ, в действительности же разных веществ неизмеримо больше.

Как же они построены? Строение этих веществ более сложное. Они построены из различных атомов, собранных в группы, называемые молекулами. Так, например, вода построена из атомов кислорода и водорода. Эти атомы собраны в группы-молекулы так, что в каждую молекулу входят два атома водорода и один атом кислорода. Поваренная соль представляет собою тоже сложное вещество. Ее молекулы состоят из одного атома натрия и одного атома хлора. Молекулы некоторых веществ имеют очень сложное строение и заключают в себе множество атомов.

Твердые и жидкие тела отличаются от газообразных тем, что в них молекулы расположены очень плотно, близко друг к другу, в то время как в газообразных телах они расположены гораздо свободнее. Превращение жидких тел в газообразные и заключается в увеличении расстояний между молекулами. Недаром, например, водяной пар занимает гораздо больше места, чем та вода, из которой он образовался. Все эти частички в каждом теле находятся в быстром движении, во время которого часто происходят столкновения их друг с другом. Скорости движения частичек тем больше, чем выше температура.

Мельчайшие частички материи получили название атомов — „неделимых“, потому что их и в самом деле считали самыми простыми, дальше не делимыми частичками. Такого взгляда ученые придерживались еще в прошлом веке. Сейчас мы знаем, что атом в свою очередь состоит из еще более мелких частичек и в том числе из частичек электричества. Атом оказывается делимым и, следовательно, само слово „атом“ является неправильным. По своему строению атом напоминает строение солнечной системы. Как в центре солнечной системы находится Солнце, а вокруг него вращаются гораздо более мелкие планеты, так же и в центре атома находится массивное ядро, всегда

несущее положительный заряд, а вокруг него движутся легкие частички отрицательного электричества — электроны. Число электронов, вращающихся вокруг ядра, в разных атомах различно. В атоме водорода вокруг ядра вращается всего один электрон, а в самом сложном атоме урана — целых девяносто два электрона. При этом каждый электрон имеет несколько вполне определенных путей для своего движения вокруг ядра. Электроны не могут вращаться произвольно. Они обязательно должны находиться на каком-либо из своих определенных путей — орбит. Обычно электрон находится на самой близкой к ядру — основной орбите. Но он может быть довольно легко переброшен на какую-либо из более далеких орбит. Такой атом с электроном, вращающимся по более далекой орбите, называется возбужденным.

Возбуждение атома может быть достигнуто разными путями. Например, если нагревать тело, то атомы придут в быстрое движение. В результате движения будут происходить столкновения атомов. Эти столкновения могут привести к переброске электронов в атомах с основной орбиты на более далекую. То же самое может быть достигнуто и другими путями, например, пропусканием электрического тока. Однако атом в возбужденном состоянии долго оставаться не может. Электрон, продержавшись на какой-нибудь из далеких орбит очень короткое время, всегда переходит на основную, или, во всяком случае, более близкую к ядру орбиту, если только не будет за это время переброшен какой-нибудь силой еще дальше от ядра.

В этих-то электрических системах — атомах — и рождается свет. Чтобы атомы начали испускать свет, они должны быть возбуждены, то есть электрические частички — электроны — должны быть в них переброшены каким-нибудь способом на более далекую орбиту. Тогда они уже без всякого постороннего вмешательства нач-

нут перепрыгивать обратно на основную орбиту. Вот при этих обратных переходах-прыжках электронов, как бы сверху вниз, атомы испускают свет. Когда в возбужденном атоме электрон перепрыгивает сверху вниз, в окружающем пространстве возникает волна, которая начинает распространяться во все стороны. Эта волна распространяется совсем как волна по поверхности воды, когда в нее брошен камень. Только в волне, возникающей на воде, происходят механические колебания ее частиц, в волнах же, бегущих от атомов, происходят электрические и магнитные колебания. Это — электромагнитные волны. Вот эти электромагнитные волны и образуют свет. Они бегут во все стороны от возбужденных атомов, доходят до глаза, раздражают зрительные нервы, и мы чувствуем свет. Скорость электромагнитных волн невообразимо велика. Свет в одну секунду пробегает триста тысяч километров. За одну секунду свет успеет обогнуть Землю восемь раз.

Волны всегда характеризуются своей длиной. Так называется расстояние между соседними, идущими друг за другом, гребнями волн. Длина водяной волны составляет несколько дециметров или даже метров. Световые волны гораздо меньше. Их длина равна всего нескольким стотысячным долям сантиметра. Но зато световые волны друг за другом бегут очень быстро. В секунду через какую-нибудь точку пространства проходит несколько сот миллиардов волн. Это число так чудовищно велико, что его невозможно себе наглядно представить.

Когда точно измерили скорость распространения света, длину волны и число колебаний в секунду для разных световых лучей, то оказалось, что скорость света всегда одинакова. В отношении же длины волны света и числа колебаний была обнаружена весьма любопытная вещь. Оказалось, что длина волны и число колебаний

для световых лучей разного цвета различны. Так, например, красные лучи всегда состоят из длинных и медленно колеблющихся волн. Их длина приблизительно равна семи сотысячным сантиметра. Синие же лучи всегда характеризуются более короткими и быстроколеблющимися волнами. Длина волны синих лучей составляет около четырех сотысячных сантиметра. Длина волн остальных лучей лежит в промежутке между указанными числами. Но лучам каждого цвета соответствуют вполне определенные волны.

Таким образом, лучи разных цветов отличаются друг от друга лишь тем, что они состоят из возмущений разной длины волн.

Итак, свет—это волны, распространяющиеся в пространстве. Эти волны бегут во все стороны от светящегося тела, попадают в глаз человека и вызывают у него ощущение света. Если бегут длинные, медленные волны, то мы, значит, почувствуем красный цвет, если бегут короткие, быстрые волны, то мы воспринимаем синий цвет. В белом же луче все волны — и длинные, и короткие — перемешаны, но призма может их рассортировать.

Не видимые глазом лучи

Естественно спросить: а нет ли лучей, длина волн которых больше семи сотысячных сантиметра или меньше четырех сотысячных сантиметра? Оказывается, такие лучи есть, и были они открыты следующим образом. Вы знаете из наблюдений, что световые лучи, падая на черное тело, нагревают его. Знаменитый астроном Вильям Гершель захотел посмотреть, с какой силой нагревают лучи разных цветов. Для этого он взял термометр и зачернил шарик с ртутью. Помещая этот термометр в разные участки спектра, Гершель смотрел, насколько сильно при этом поднимается столбик ртути. Особенно высоко поднималась вверх ртуть, когда тер-

мометр находился в красной части спектра. Однажды Гершель, двигая термометр по спектру, поместил его за красным концом спектра и с удивлением заметил, что ртуть в термометре не упала, а, наоборот, поползла еще выше. Гершель начал отодвигать термометр все дальше и дальше от красного конца спектра, а температура все повышалась, и только тогда, когда термометр находился совсем далеко от красных лучей спектра, ртуть в нем начала падать. Получалось впечатление, что какие-то не видимые глазом лучи нагревают термометр. И действительно, за красными лучами оказались новые лучи, недоступные непосредственному наблюдению, но открываемые благодаря их тепловому действию. Эти новые лучи, оказалось, ведут себя так же, как и обычные видимые лучи. Например, обычные лучи отражаются от зеркала, и если на стене, где образован спектр, повесить зеркало, то спектр перекинется на другую стену. Гершель сделал такой опыт: он поставил зеркало за красными лучами и повесил термометр на противоположной стене. Термометр опять показал повышение температуры. Очевидно, что это новые лучи отразились от зеркала, упали на термометр и вызвали повышение температуры.

Лучи, открытые Гершелем, из-за своего теплового действия получили название тепловых лучей, или инфракрасных, потому что они лежат за красными лучами.

Вновь открытые лучи оказались такими же волнами, как и обычные световые лучи, но еще более длинными, чем даже красные лучи. Разницы между ними и другими лучами по существу нет никакой, но глаз устроен так, что чувствует только лучи с относительно короткой длиной волны, остальные же лучи для глаза остаются незамеченными. опыты показали, что область инфракрасных лучей в спектре много длиннее всего видимого спектра.

Когда были открыты инфракрасные лучи, то, есте-

52328

ственно, возникла мысль: а нельзя ли таким же путем обнаружить лучи и за фиолетовой частью спектра Гершель попробовал помещать свой термометр туда, однако никакого заметного повышения температуры там не оказалось. На первый взгляд можно было сделать вывод, что за фиолетовым концом спектра никаких лучей нет. Но было замечено, что фиолетовые лучи уже очень мало нагревают термометр. Для обнаружения новых лучей нужен был новый способ. Такой способ был найден, и через год после открытия инфракрасных лучей Риттер открыл лучи, лежащие за фиолетовым концом спектра. Уже давно было известно, что некоторые вещества, если их выставить на свет, начинают изменяться, например, темнеть. Так было найдено, что от света темнеет бумага, покрытая хлористым серебром, в настоящее время называемая фотографической бумагой. От красных лучей бумага, оказалось, темнеет плохо и медленно; от синих, наоборот, — быстро. Когда же Риттер поместил бумагу за синий конец спектра, бумага продолжала темнеть и даже энергичнее, чем от синих лучей. Очевидно, что здесь присутствовали новые энергичные лучи, способные оказывать химическое действие. Они так и были названы химическими лучами или ультрафиолетовыми, потому что лежали дальше фиолетовых лучей. Исследования показали, что это такие же самые лучи, как и световые, но только с более короткими волнами. Область этих лучей опять оказалась много обширнее, чем область обычных световых лучей.

Таким образом, в природе существует множество самых разнообразных лучей, то есть волн. Некоторые волны очень короткие, другие — длинные. Но из всего этого многообразия волн глаз способен воспринимать лишь некоторые вполне определенные волны. Эти-то волны мы и называем светом. В действительности в каж-

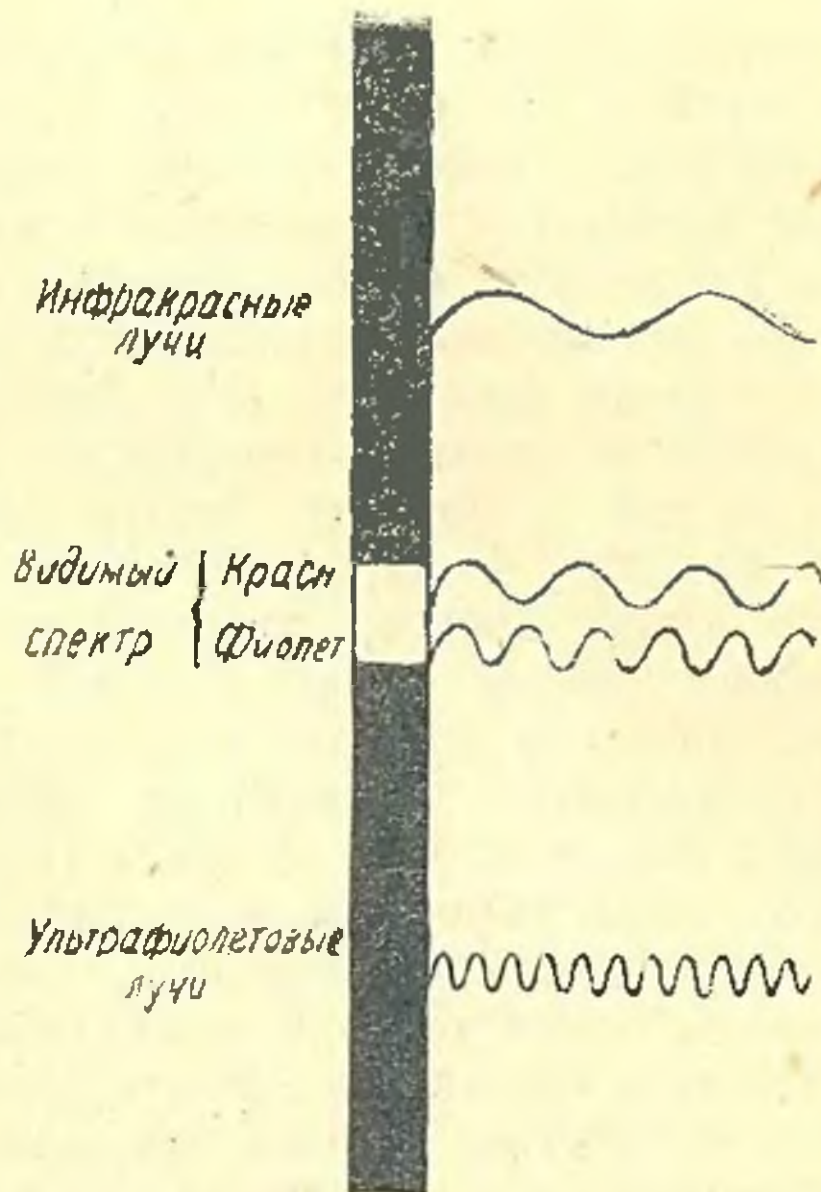


Рис. 5. Полная длина спектра, включая ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

дом луче, например солнечном, содержится множество волн, большинство из которых не видны глазом. И спектр фактически имеет гораздо большую длину, чем мы это видим глазом. Видимая глазом часть спектра занимает узенькую среднюю область. Это поясняет рис. 5. На нем слева изображен полный спектр, но он целиком не видим, видна лишь его небольшая средняя часть. Справа изображены волны, соответствующие разным лучам, но только длину волн, изображенных на чертеже, нужно уменьшить в десять тысяч раз.

Измерение температур без термометра

Попробуем теперь наводить спектроскоп на разные светящиеся тела. Наведем спектроскоп на Солнце, на лампу, на раскаленный волосок электрической лампочки, на только что вынутый из топящейся печи уголь. На какое бы из этих тел мы ни навели спектроскоп, во всех случаях призма разложит идущий от них свет на ряд цветных лучей, и мы в спектроскопе увидим цветную полосу непрерывного спектра. Это отметил еще Кирхгоф и сформулировал в виде закона, который теперь называется первым законом Кирхгофа: все твердые и жидкие тела, будучи приведены в состояние свечения, испускают непрерывный, сплошной спектр. Впоследствии этот закон был дополнен. Оказывается, что такой же сплошной спектр дают и светящиеся плотные газы. На первый взгляд кажется, что цветная полоска во всех случаях получается одинаковой. Но внимательно взглядевшись, мы видим, что это совсем не так. В солнечном, например, спектре самой яркой кажется желто-зеленая область спектра; в спектре же раскаленного угля ярка только красная часть, а сине-фиолетовые лучи даже совсем невидимы.

Чем же объяснить эту разницу в спектрах? Может быть, разным составом тел? Наблюдения показывают, что нет. Разница в спектрах объясняется разной температурой тел.

Возьмем какое-нибудь тело, ну, хотя бы кусок железа, начнем его постепенно накалять и будем смотреть в спектроскоп, как меняется его спектр. Пока температура тела невысока — всего несколько сот градусов — тело никакого света не дает, и в спектроскопе мы никакого спектра не увидим. Но, находясь вблизи тела, мы несомненно почувствуем идущее от него тепло. Значит, тело при этой температуре испускает толь-

ко тепловые, не видимые глазом, т.е. инфракрасные лучи. Но вот если температуру повышать дальше, то при температуре около 600° мы увидим, что тело начинает светиться слабым красным светом, и в спектроскопе появляется красный конец спектра. Значит, тело уже начало излучать не только тепловые лучи, но и красные лучи. При дальнейшем повышении температуры мы увидим, что свет, испускаемый телом, становится все более и более желтым, и в спектроскопе мы увидим, как появляются оранжевые, затем желтые лучи. При еще более высокой температуре тело уже нам кажется ослепительно белым, и тогда мы в спектре замечаем зеленые, голубые, синие и, наконец, фиолетовые лучи. При очень высокой температуре, которой на Земле еще никогда не удавалось получить, синий конец спектра уже кажется ярче красного. При высокой температуре к тепловым и видимым лучам прибавляются невидимые химические, ультрафиолетовые лучи.

При каждой температуре сильнее всего излучаются какие-нибудь совершенно определенные лучи. При обычной комнатной температуре все тела — предметы нашего обихода — тоже излучают лучи, но эти лучи очень длинноволновые — тепловые лучи. При температуре около 4000° тело излучает, главным образом, красные лучи. А уже при температуре в 7000° больше всего излучается желто-зеленых лучей. При более высоких температурах излучение становится все более и более синим.

Все это чрезвычайно интересно и важно. Действительно, теперь нам для определения температуры тела уже не нужен термометр. Нам достаточно извести на тело спектроскоп и посмотреть спектр. Если в спектре будет только красный конец, то значит температура тела невысока. Если же в спектре ярка сине-фиолетовая часть, то это указывает на очень высокую температуру. Измерив точно, какие лучи в спектре являются самыми яркими, мы можем очень точно измерить тем-

пературу тела. При этом мы можем совсем не трогать тела; оно может находиться от нас очень далеко, даже может быть совершенно недоступным для непосредственного изучения. Такой способ измерения температуры, конечно, оказался очень полезным. Особенно он пригодился астрономам.

Описанный способ определения температуры не является единственным. Температуру можно также определить, например, измерив, насколько сильно тело испускает лучи, то есть узнав общую энергию лучей. Действительно, чем температура выше, тем излучение сильнее, тем общая энергия лучей больше.

Астрономы, пользуясь указанными способами, определили температуру Солнца. Она оказалась равной, примерно, 6000° . Также были определены температуры и многих других тел. Установили, что планеты испускают только инфракрасные лучи, так же, как наши обычные тела при комнатной температуре. Следовательно температура на планетах относительно невысока. Температура лунной поверхности днем, когда она накалена солнечными лучами, доходит до $+110^{\circ}$, зато ночью падает до -160° . Среднюю температуру Марса нашли равной -27° , то есть на Марсе много холоднее, чем на Земле, но на экваторе Марса в полдень термометр поднимается иногда градусов до 30 выше нуля. Более далекие от Солнца планеты, как Юпитер, Сатурн, являются более холодными. Так, температура Юпитера равна -150° . Но были найдены и очень горячие тела: так, например, температура белых звезд в некоторых случаях превышает $20\,000^{\circ}$. Таким образом, спектроскоп позволил узнать температуру небесных тел. Но это еще не все. Спектроскоп оказался тем прибором, который дал нам возможность узнать также состав небесных тел.

Это было достигнуто трудом двух ученых — Густава Кирхгофа и Роберта Бунзена.

Спектральный анализ

До сих пор мы имели дело только со спектрами твердых или жидких тел. Это были сплошные, непрерывные спектры. Однако если вещество обратить в пар и заставить его светиться, то спектр получится совсем иной. Он будет состоять всего из нескольких отдельных цветов, как бы отдельных цветных линий. Поэтому такой спектр и получил название линейчатого спектра.

Особенно часто среди этих цветных линий можно заметить желтую линию. Своим возникновением эта линия обязана обычной поваренной соли. Стоит только поваренную соль ввести в пламя, как она окрашивает его в желтый цвет и в спектре она дает желтую линию.

Другие вещества, если их тоже обратить в пар, дают спектр, состоящий из отдельных ярких линий. Так, например, если в пламя ввести кусочек меди, то пары меди окрасят пламя в зеленый цвет, и в спектре, в числе прочих линий, мы увидим три яркие зеленые линии.

Многие ученые уже давно начали высказывать такую мысль: так как у разных веществ спектральные линии разные, то нельзя ли по спектру определять состав тел?

Окончательный ответ на этот вопрос дали ученые Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф.

Роберт Бунзен для своих работ по химии сконструировал особую горелку, которая оказалась настолько полезной, что ее и сейчас можно найти в любой химической лаборатории. Она известна под названием „горелка Бунзена“. Горит в ней светильный газ в смеси с воздухом. Пламя этой горелки совсем тусклое, но зато чрезвычайно горячее. Его температура составляет около 2000° .



В пламя этой газовой горелки Бунзен начал помещать разные вещества. Вещества превращались в пар, а эти пары и вызывали окраску пламени. Когда Бунзен внес в пламя кусочек обыкновенной поваренной соли, он увидел, что пламя окрасилось в желтый цвет и что комната наполнилась запахом хлора. Запах хлора Бунзена не удивил. Ведь соль — сложное вещество, состоящее из натрия и хлора. Когда соль внесли в пламя, она превратилась в пар и разложилась на составные части — хлор и натрий. Но возник вопрос, почему пламя окрасилось в желтый цвет? Что этому виной: хлор или натрий?

Чтобы ответить на этот вопрос, Бунзен начал вносить в пламя разные вещества, содержащие натрий. Опять пламя окрашивалось в желтый цвет. Ясно, — желтый цвет дает натрий. Чтобы быть в этом уверенным окончательно, Бунзен внес в пламя чистый натрий. Пламя опять оказалось желтым.

После натрия Бунзен начал изучать другие вещества и скоро заметил, что многие из них так же, как натрий, окрашивают пламя, но уже в другие цвета. Он внес в пламя калиевую селитру, и оно сделалось фиолетовым. Такой же цвет получался у пламени, когда в него вводились и другие вещества, содержащие калий. Такой же фиолетовый цвет получался и от чистого калия. Вывод опять ясен: фиолетовый цвет — это цвет паров калия. У других простых веществ тоже имелись свои цвета: у паров стронция — красный, у паров меди — зеленый и т. п.

Бунзен понял важность своих наблюдений. Он нашел новый способ узнавать состав тел. Стоит только поместить тело в очень горячее пламя — обратить в пар, — как входящие в его состав простые вещества сами заявят о себе своими цветами. Нужно лишь хорошенько разобраться в этой цветной азбуке. Однако дело обстояло сложнее. В журнале наблюдений Бунзена

была такая запись: „Соли лития дают малиново-красный цвет“.

Но такой же малиново-красный цвет получается и от стронция. Сколько Бунзен ни бился, он не мог отличить, в каком случае в пламени находится стронций и в каком — литий. Кроме того, таким путем мы можем получить сведения только о каком-нибудь одном элементе. Если в пламени находится, например, литий и натрий, то пламя приобретет красный цвет, если лития намного больше, чем натрия. В противном случае, цвет будет желтым. Пламя своим цветом расскажет лишь об одном элементе и умолчит о другом, а ведь состав тел часто бывает очень сложным. Следовательно, этот способ недостаточно совершенен.  

Тут на помощь Бунзену пришел ученый Густав Кирхгоф со своим, только что изобретенным им, спектроскопом.

Кирхгоф вместе с Бунзеном начал наводить спектроскоп на пламя Бунзеновской горелки, в котором находились пары разных веществ. И во всех случаях, когда в пламени находился натрий, они в спектре видели яркую желтую двойную линию. Следовательно, эта двойная желтая линия есть линия натрия. Когда в пламени находился литий, в спектре они видели яркую красную линию и одну послабее — оранжевую. Они правильно заключили, что эти линии принадлежат литию. Если же в пламени находился стронций, то Бунзен по цвету пламени так и не мог, пока у него не было спектроскопа, отличить литий от стронция. Но спектроскоп сразу показал разницу. В спектре стронция оказались: две красные линии — одна яркая, другая послабее; одна оранжевая; одна желтая и, наконец, одна голубая. Эти пять линий и есть линии стронция.

И всегда, когда в спектроскоп исследовался свет паров какого-либо вещества, оказывалось, что спектры

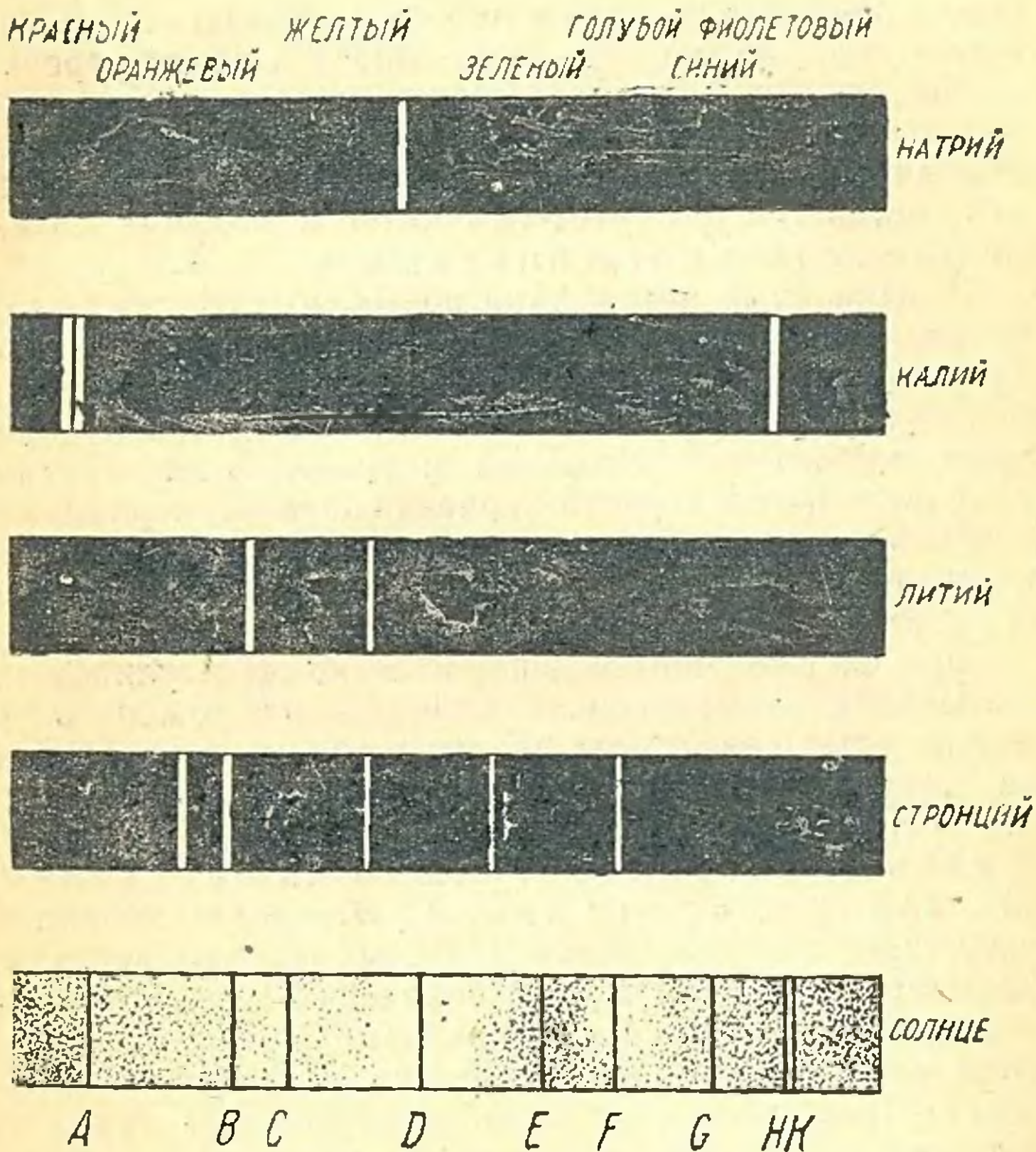


Рис. 6. Спектры некоторых элементов.

их состоят из ряда ярких линий, различных у разных элементов, но вполне определенных для каждого данного элемента. На рис. 6 изображены спектры некоторых простых веществ.

Важность этого открытия была несомненна. Посред-

ством спектроскопа стало возможным узнавать не только температуру, но и состав тела. Внося в пламя горелки кусочек исследуемого тела, можно определить, из чего оно состоит. Ученые, таким образом, получили замечательный—простой и чувствительный—способ анализировать состав тел. Вот этот-то способ и получил название спектрального анализа.

Спектральный анализ стал новым могучим средством исследования вещества. Сейчас значение спектрального анализа огромно. Он применяется в самых разнообразных областях. Им пользуются и химики заводской лаборатории, и работники угрозыска, и ученые в институтах. Но более всего спектральный анализ полезен астрономам. Ведь небесные тела мы не можем изучать в лабораториях. Изучение их спектра—это единственный путь узнать их состав.

Кирхгоф уже смог совершенно четко сформулировать основы спектрального анализа. Они были изложены в законе, носящем сейчас название второго закона и гласящем так: газы и пары, будучи приведены в состояние свечения, дают линейчатые спектры, то есть спектры, состоящие из определенных ярких цветных линий. Эти линии являются совершенно определенными у разных простых веществ. По этим линиям мы можем определять состав тел. На их изучении и основан спектральный анализ. Впоследствии выяснилось, что спектры из отдельных линий дают только газы или пары, состоящие из простых веществ—элементов. Сложные же вещества—химические соединения—дают спектры, состоящие из цветных полос. Однако эти полосы так же вполне определены у каждого химического соединения, как линии—у каждого элемента.

Основы спектрального анализа, заложенные Кирхгофом, впоследствии были значительно расширены. Оказывается, что спектральные линии зависят не только

от состава вещества, но и от множества других условий. Отдельные линии кажутся то сильными, то слабыми, в зависимости от того, каким путем мы заставляем вещество светиться, в зависимости от его температуры, плотности и т. п. Иногда некоторые линии могут значительно усилиться, а другие — почти совсем пропасть, так что спектр меняется почти неузнаваемо. При увеличении плотности светящегося газа линии расширяются, и, наконец, когда газ или пар становится достаточно плотным, отдельные линии сливаются в непрерывный, сплошной спектр. Затем было обнаружено, что спектр меняется в зависимости от действия электрических и магнитных сил. Так, ученый Зееман обнаружил, что если около светящегося вещества находится сильный магнит, то все линии в спектре начинают разделяться на три линии.

Все это позволяет теперь определять не только состав вещества, но и условия, в которых оно находится. Так, например, если мы видим, что все линии в спектре разделены на три линии, то, значит, можем утверждать, что вблизи нашего вещества находится сильный магнит.

Почему же разные вещества дают спектры, состоящие из различных линий? Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним, что свет возникает в атомах при пере-скоках электронов с далеких орбит на близкие. А так как у каждого сорта атомов имеются свои вполне определенные скачки, то каждый атом излучает свет лишь в некоторых, характерных для него, длинах волн. И поэтому спектр этого сорта атомов будет состоять из отдельных линий, наблюдаемых только у атомов данного вещества.

Однако внешние условия могут менять характер скачков и, следовательно, характер спектра.

Изложенный метод спектрального анализа астрономы применили ко всем телам, у которых спектр состоит из отдельных ярких линий. Но ведь Солнце

имеет спектр, состоящий из непрерывной цветной полосы, по которой, как мы установили, состава тела узнать нельзя. Однако не будем торопиться с выводами, а познакомимся с дальнейшим изучением непрерывного спектра и посмотрим, что из этого получилось.

Темные линии в солнечном спектре

Чтобы придать солнечному спектру более чистый вид, ученый Вильям Волластон вместо круглого отверстия вырезал в шторе щель. Он тогда в спектре обнаружил несколько темных линий. Спектр оказался не вполне непрерывным — темные линии делили его на части. И вот эти почти незаметные и, кажется, ничего не значащие линии в дальнейшем оказались теми значками, которыми Солнце и звезды рассказывают о своем строении.

Этими темными линиями заинтересовался другой ученый, Иосиф Фраунгофер. Рассматривая солнечный спектр, Фраунгофер заметил в нем множество темных линий, в разных местах пересекающих непрерывный спектр. Фраунгофер тщательно отметил и пересчитал эти линии; их оказалось около шестисот. Восемь из них, самых заметных, Фраунгофер обозначил начальными буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д. Положение этих темных линий в солнечном спектре можно видеть на рис. 6. Посредством современных спектроскопов можно насчитать в солнечном спектре уже более 2000 таких линий.

Фраунгофер занялся тщательным выяснением вопроса: принадлежат эти линии самому солнечному спектру или зависят от употребляемой призмы — сорта стекла, из которого она сделана, или от чего-либо другого? С этой целью он несколько раз повторял свой опыт, беря разные призмы, сделанные из разного материала.

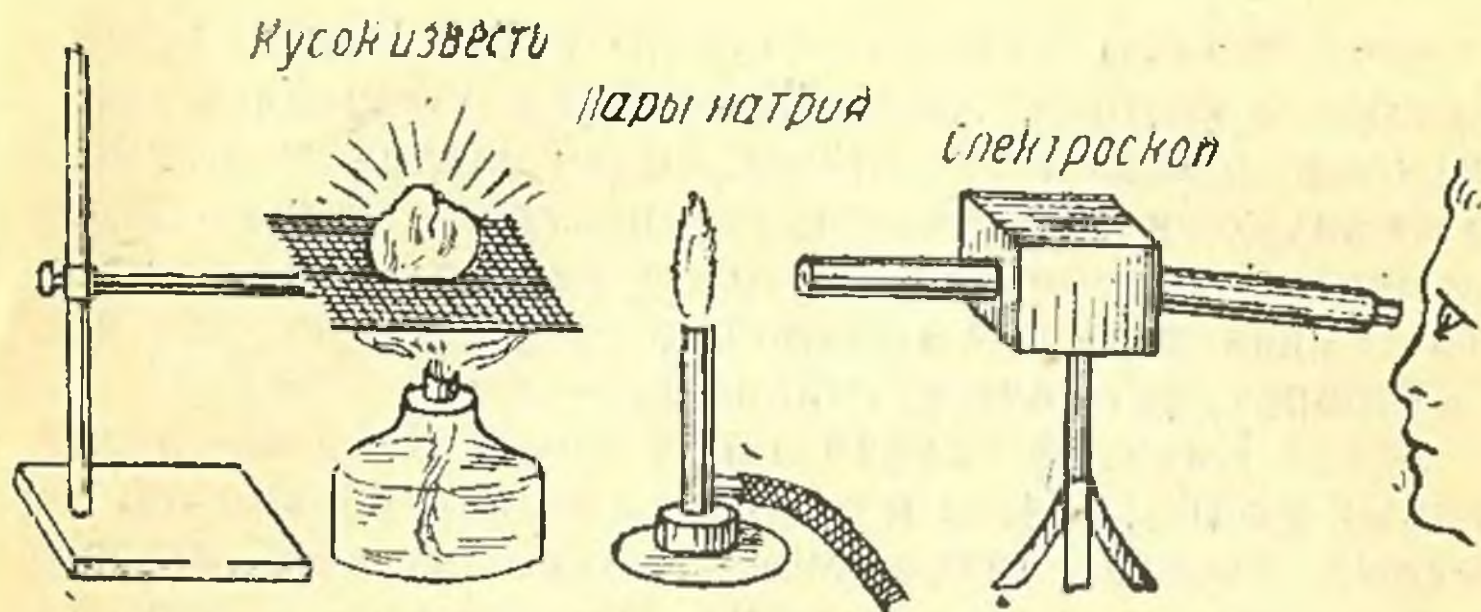


Рис. 7. Опыт Кирхгофа.

Результат всегда получался один и тот же — наблюдались те же самые линии на тех же самых местах солнечного спектра. Следовательно, несомненно, что эти линии принадлежат самому солнечному спектру. С тех пор эти линии в честь Фраунгофера, впервые их тщательно изучившего, носят название ф р а у н г о ф е р о в ы х л и н и й.

Фраунгофер не смог до конца понять, что такое представляют собой темные линии, но он обратил внимание на то, что некоторые темные линии занимают в спектре те же самые места, на которых ранее уже наблюдались яркие линии светящихся газов. Так двойная линия в солнечном спектре, обозначенная им буквой D, оказалась находящейся точно в том же месте спектра, где находилась яркая желтая двойная линия натрия. Однако, выводов из этого Фраунгофер не сделал.

Решить эту задачу удалось уже известному нам физику Густаву Кирхгофу. Кирхгоф захотел проверить наблюдения Фраунгофера, а именно, что линия D солнечного спектра точно совпадает по своему положению с желтой линией натрия. С этой целью он пропустил в изобретенный им спектроскоп луч солнечного света,

а перед щелью спектроскопа поставил Бунзенговскую горелку, в которую ввел кристаллики поваренной соли. Кирхгоф ожидал, что яркая линия натрия наложится на темную линию солнечного спектра, и темная линия в спектре исчезнет. Что же он увидел? Он заметил, что темная линия D в солнечном спектре не исчезла, а наоборот, усилилась, стала еще чернее.

Тогда Кирхгоф сделал такой опыт. Он взял раскаленный кусок извести и наблюдал в спектроскоп непрерывный спектр. Затем между этим куском извести и спектроскопом он поместил Бунзенговскую горелку и ввел в ее пламя кусочек натрия (см. рис. 7). Пары натрия, как всегда, давали яркую желтую линию на темном фоне. Естественно было ожидать, что от наложения этих двух спектров в спектроскопе будет виден непрерывный спектр с очень яркой желтой частью, так как желтые лучи имеются у извести и у натрия. Однако вместо усиления яркости в спектре появилась темная линия, совсем такая, как в солнечном спектре. Что же здесь произошло? Повидимому, пары натрия поглотили желтые лучи из спектра извести, т. е. поглотили как раз те лучи, которые они сами излучают. Остальные же лучи прошли через пары натрия совершенно свободно, без ослабления. И потому в спектре появилась темная линия. Но ведь натрий и сам испускает свет, только менее сильный, чем известь. Поэтому линия должна быть не совсем темной, а только казаться такой по сравнению с более ярким фоном. И действительно, как только Кирхгоф закрыл непрерывный спектр, темная линия стала светящейся. Очевидно, что ее темнота является кажущейся, происходящей из-за более яркого света соседних лучей.

После натрия Кирхгоф повторил свой опыт с другими веществами. Все они, находясь в пламени Бунзенговской горелки, давали спектр, состоящий из отдельных ярких линий. Но когда за Бунзенговской горелкой помещался

кусок извести, то в идущем от извести непрерывном спектре появлялись темные провалы как раз в тех местах, где раньше сияли светлые линии. Очевидно, что пары веществ, находящихся в пламени Бунзеновской горелки, поглощали из непрерывного спектра как раз те лучи, которые они сами излучали. Их же собственный свет был слабее, чем свет от куска извести, поэтому линии и казались темными.

Все это убедило Кирхгофа, что действительно пары разных веществ обладают способностью поглощать те лучи, которые сами могут излучать. Свои наблюдения он выразил в виде закона, носящего теперь название третьего закона Кирхгофа. Закон гласит так: пары и газы обладают способностью поглощать из проходящих через них лучей как раз те лучи, которые они сами могут испускать, если их заставить светиться.

Спектр, состоящий из непрерывной цветной полоски с пересекающими ее темными фраунгоферовыми линиями, носит название спектра поглощения.

Когда наблюдается такой спектр, мы можем определить что светится: твердое или жидкое тело, или даже газ большой плотности. Мы можем установить, что между ним и спектроскопом находится слой менее раскаленного газа, в котором возникают линии поглощения.

Эти темные линии позволяют определить состав слоя газов, поглощающих свет так же хорошо, как в том случае, когда он дает яркие линии.

Так же, как яркие линии испытывают изменения в зависимости от температуры, плотности и т. п., меняются в зависимости от внешних условий и темные линии. Поэтому по спектру поглощения мы можем определить не только состав слоя газов, поглощающего свет, но и его температуру, плотность, величину магнитных сил и многое другое. Все это нашло применение при изучении Солнца и других небесных светил.

О чем рассказывают темные линии солнечного спектра?

Как же можно объяснить солнечный спектр? О чем он рассказывает? Прежде всего, характер солнечного спектра — непрерывной цветной полосы с пересекающими ее темными линиями — убеждает нас в существовании вокруг Солнца атмосферы.

При непосредственных наблюдениях Солнце представляется ослепительно ярким, блестящим диском. В телескоп на этом диске мы замечаем темные пятна. Первые наблюдения их были сделаны еще знаменитым ученым Галилео Галилеем. Затем на солнечном диске можно заметить светлые пятна — факелы. Да и вся поверхность Солнца кажется нам неравномерно яркой, как бы рябой. Это явление носит название грануляции.

Солнце представляет собою колоссальный раскаленный шар. Раньше, еще во времена Кирхгофа, думали, что Солнце является раскаленным жидким шаром. Сейчас же мы знаем, что Солнце состоит из раскаленных паров и газов. Поверхность, ограничивающая Солнце, носит название „фотосфера“, что значит „светящаяся сфера“. Когда мы наблюдаем Солнце, то яркий диск и есть вид этой поверхности. Температура на поверхности Солнца очень высока, примерно, 6000° . Поэтому неудивительно, что она кажется ослепительно яркой, но это не есть какая-то твердая или даже жидкая поверхность. Нет, это просто граница относительно плотных паров и газов. Эта плотность оказывается достаточной (хотя она меньше плотности нашего воздуха), чтобы солнечный свет, идущий от фотосферы, имел непрерывный спектр.

При той высокой температуре, которая господствует на Солнце, там все бушует. Непрерывно вырываются потоки раскаленных веществ из внутренних областей Солнца наружу и, наоборот, снаружи внутрь. Это и есть

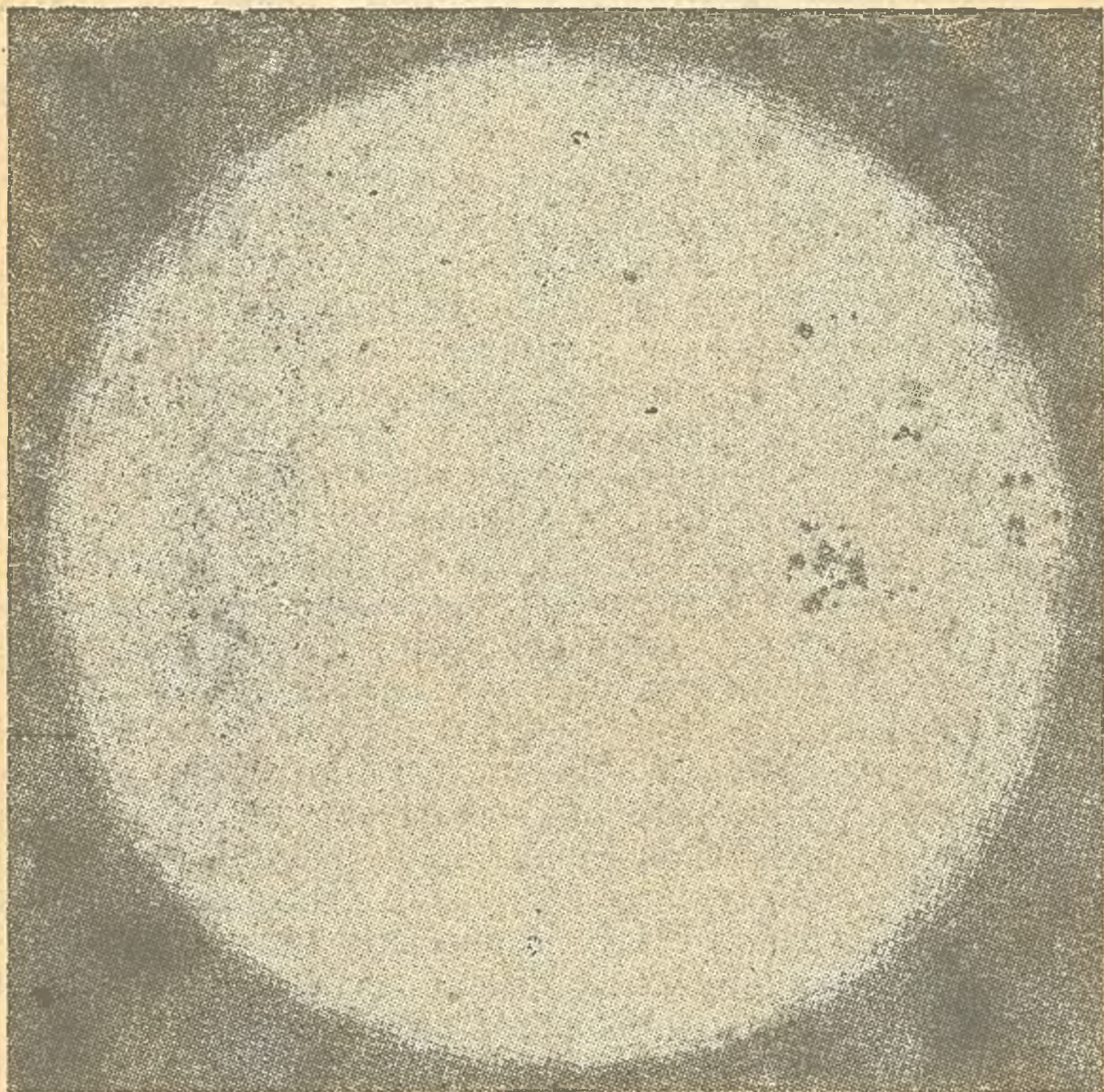


Рис. 8. Вид солнечной поверхности в телескоп.

ряжь на солнечной поверхности — солнечная грануляция. На Солнце то и дело возникают колоссальные вихри. Это — солнечные пятна. Затем облака раскаленных веществ часто висят над солнечной поверхностью и представляются нам яркими пятнами на солнечном диске — факелами (см. рис. 8).

Вот от этой-то горячей, бушующей поверхности

фотосферы по всем направлениям бегут световые лучи, имеющие непрерывный спектр. Однако, прежде чем попасть в глаз человека, часть лучей поглощается солнечной атмосферой.

Плотность газов и паров, составляющих солнечную атмосферу, конечно, значительно ниже плотности самого Солнца. Температура солнечной атмосферы тоже ниже, чем температура солнечной поверхности. Поэтому солнечная атмосфера и вызывает появление в непрерывном спектре солнечной поверхности тех или иных темных фраунгоферовых линий, в зависимости от того, какие вещества имеются в солнечной атмосфере.

Поскольку солнечная атмосфера не совсем холодна, а только несколько менее нагрета, чем солнечная поверхность, то составляющие ее газы и пары сами должны испускать свет, состоящий из ярких линий, присущих тем веществам, которые в ней находятся. Поэтому фраунгоферовы линии солнечного спектра должны быть не вполне темными, а только казаться таковыми по сравнению с ярким непрерывным спектром. Однако свет, испускаемый солнечной атмосферой, настолько слаб и нежен, что при обычных условиях он целиком тонет в ярком солнечном свете. Чтобы его можно было видеть, нужно каким-либо образом заслонить солнечный свет. Это как раз и происходит при солнечном затмении. Тогда Луна на короткое время закрывает яркий солнечный диск, и мы без помехи наблюдаем солнечную атмосферу. Ее спектр состоит из множества ярких линий, которые располагаются на тех же местах, на которых в обычных условиях видны темные линии. Следовательно, яркие и темные линии — это одни и те же линии. Только яркими они кажутся лишь во время затмений, а темными — в остальное время.

По этим темным линиям мы определяем состав Солнца. Но когда мы говорим об определении состава Солнца, мы имеем в виду определение состава солнеч-

ной атмосферы. Делается это очень просто. Каждая темная линия соответствует яркой линии, а яркие линии бывают вполне определенными у каждого элемента. Следовательно, чтобы определить, какие вещества находятся на Солнце — в солнечной атмосфере, — надо на Земле получить спектры паров разных веществ. Потом следует сравнить положение ярких линий в их спектрах с положениями темных линий в солнечном спектре. Если какие-либо линии наших земных элементов совпадут с некоторыми из темных линий солнечного спектра, то мы сможем утверждать, что эти элементы есть в солнечной атмосфере.

На Земле нам сейчас известно восемьдесят девять элементов. Все земные вещества построены в разных комбинациях из этих восьмидесяти де-

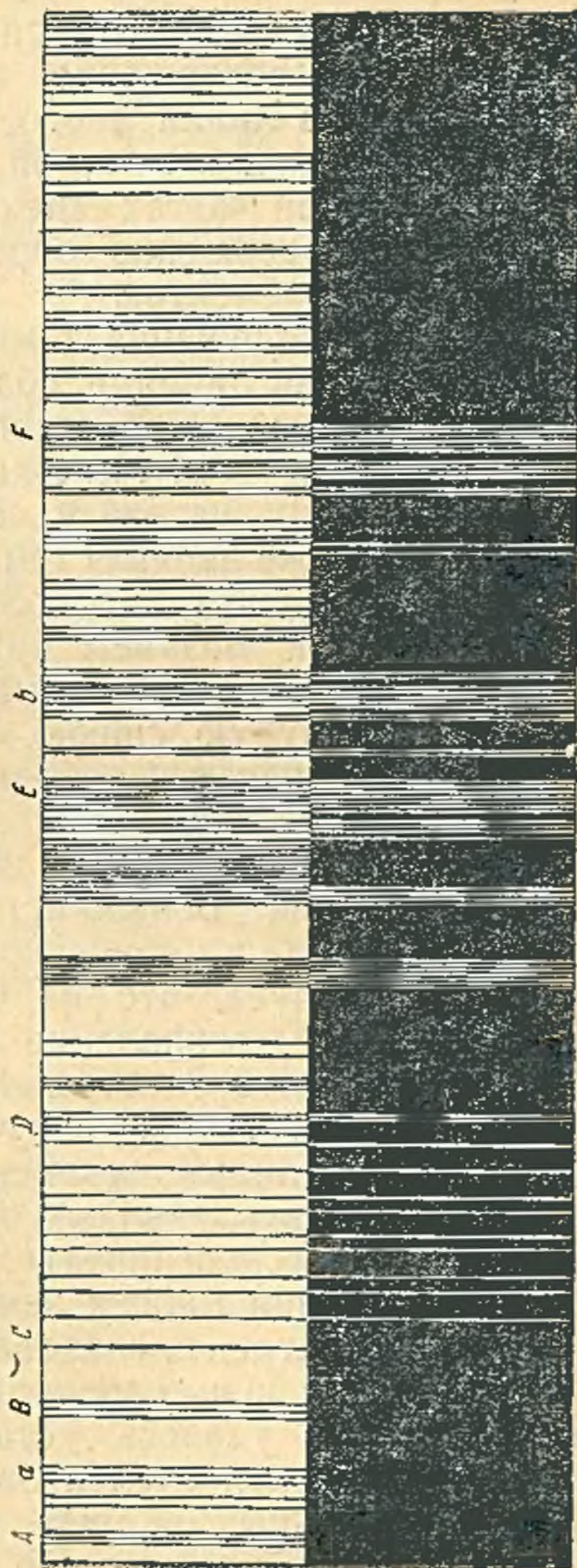


Рис. 9. Сравнение спектра железа и спектра Солнца.

вяти элементов. При этом спектр каждого элемента содержит свои, совершенно определенные, линии. У одних элементов линий много, у других — мало. Линии могут находиться и в видимой, и в ультрафиолетовой, и в инфракрасной частях спектра. Но у каждого элемента линии совершенно определены и отличны от линий других элементов.

Сравнение положения темных линий земных элементов с темными линиями солнечного спектра быстро показало, что положения многих линий хорошо совпадают друг с другом. Мы уже знаем, что яркой цветной желтой линии натрия в солнечном спектре соответствует такая же двойная темная линия, обозначаемая буквой D. Это значит, что в солнечной атмосфере содержится натрий. Возьмем другой элемент — водород, который дает в спектре четыре ярких линии: красную, зелено-голубую, синюю и фиолетовую. И в солнечном спектре как раз против этих линий располагаются четыре фраунгоферовых линии. Значит, на Солнце есть и водород. Пары железа в своем спектре имеют около двух тысяч линий. Большинство этих линий, только темных, найдено в солнечном спектре. Из этого несомненно следует, что на Солнце есть и железо. Рис. 9 показывает совпадение линий железа с темными линиями солнечного спектра. Наверху изображен участок солнечного спектра. Внизу — часть спектра железа.

Таких кропотливых сравнений солнечного спектра со спектрами разных земных элементов ученые проделали много. На основании этих сравнений было установлено, что линии многих земных элементов имеются в солнечном спектре, и, следовательно, эти земные элементы находятся и в солнечной атмосфере. В настоящее время уже удалось установить присутствие на Солнце шестидесяти элементов.

Линии остальных земных элементов в солнечном спектре замечены не были. Но значит ли это, что этих

элементов на Солнце нет? Нет, не значит! Многие элементы имеют основные линии в далекой ультрафиолетовой части спектра, которую наблюдать очень трудно. Так, например, обстоит дело со фтором, фосфором, аргоном и другими элементами. Эти элементы, возможно, есть на Солнце, но мы их не можем заметить. Затем, линии некоторых веществ еще недостаточно изучены у нас, на Земле. Так обстоит дело с полонием, актинием и другими. Мы здесь еще просто не знаем, какие линии в солнечном спектре должны принадлежать этим элементам. И, наконец, не нужно забывать, что ведь по спектру мы узнаем состав только солнечной атмосферы. Некоторые элементы, может быть, находятся только внутри Солнца. Поэтому утверждать что на Солнце нет некоторых элементов, имеющих на Земле, у нас нет оснований.

По силе различных линий астрономы могли узнать не только какие вещества есть на Солнце, но и в каких количествах они там представлены. Оказалось, что средний состав солнечной атмосферы такой же, как состав земной коры.¹ Наиболее распространенными веществами на Солнце являются те же вещества, которые часто встречаются и на Земле.

Солнечный газ — гелий

В 1860 году произошло полное солнечное затмение, которое было видно в Испании. Тогда астрономы впервые заметили, что в момент, когда темный диск Луны полностью закрыл яркий диск Солнца, за краем лунного диска показались какие-то красные выступы, как бы огненные языки. Долго астрономы спорили, что это за

¹ Только водорода на Земле оказалось много меньше, чем на Солнце. Но это, повидимому, потому, что водород очень легкий газ, и он почти весь улетел с Земли, когда она была раскалена.

выступы. Сначала даже не могли понять, принадлежат ли они Солнцу или Луне. Сейчас их природа для нас совершенно ясна. Эти маленькие выступы в действительности представляют собою огромные солнечные взрывы, при которых исторгнутое из недр Солнца вещество выбрасывается на колоссальную высоту, достигающую иногда нескольких сот тысяч километров. Эти огненные языки называются протуберанцами. На рис. 10 изображены протуберанцы, наблюдавшиеся во время затмения 28 мая 1900 года.

В 1868 году 18 августа произошло полное солнечное затмение, которое на этот раз было видно в Индии.

Астроном Жансен во время этого затмения навел спектроскоп на солнечные выступы с целью определить их химический состав. В спектроскопе он увидел ряд ярких блестящих линий. Это значило, что из Солнца извергаются раскаленные пары и газы. Линии в спектре протуберанцев оказались настолько яркими, что у Жансена зародилась мысль о том, нельзя ли их увидеть в обычный ясный день. И вот на следующий день он навел спектроскоп на край Солнца, где ожидал увидеть протуберанц. Сделать это нужно было очень осторожно, так как прямые лучи Солнца не должны были попасть в спектроскоп.

Когда Жансен это выполнил, он увидел в спектроскопе ряд ярких линий, позволивших определить состав протуберанцев. Другой астроном, Норман Локьер, находясь в Англии и ничего не зная о работах Жансена, пришел к тому же выводу, что спектр протуберанцев можно наблюдать и без затмения. И Локьер доказал это наблюдениями. Оба ученых послали сообщения о своих открытиях в Парижскую Академию наук, где письма были получены одновременно и прочитаны одно после другого. Совпадение результатов открытий настолько поразило академиков, что в честь этого события была выбита специальная медаль.



Рис. 10. Солнечные протуберанцы.

Что же за линии увидели Жансен и Локьер в спектре протуберанцев? В спектре протуберанцев сияли хорошо знакомые астрономам четыре линии, принадлежащие водороду. Но, кроме этих водородных линий, была видна еще одна яркая желтая линия. Сначала ее ученые приняли за линию натрия. Однако точные измерения показали ошибочность этого мнения. Желтая линия, наблюдаемая в спектрах солнечных взрывов, занимала положение, близкое к линии натрия, но не совпадала с нею. Следовательно, это не был натрий. И вообще, на Земле не нашлось ни одного вещества, которое давало бы такую линию, которую нашел Жансен на Солнце. Оставалось предполагать, что на Солнце есть новое, не известное на Земле вещество. Этому веществу придумали название „гелий“, что значит „солнечный“ („Гелиос“ по-гречески обозначает Солнце). Конечно, свойства этого вещества пока оставались совершенно неразгаданными. Новый газ стали усиленно искать и на Земле, однако поиски не приводили ни к каким результатам.

Спустя много лет, в 1895 году, известный химик Рамзей начал изучать редкий минерал клеверит.

Незадолго перед тем Рамзей совместно с Рэлеем открыли новый газ, названный ими „аргон“, что значит „ленивый“. Это название вновь открытый газ получил за нежелание вступать в какие бы то ни было соединения с другими элементами. И вот до Рамзея дошли сведения, что если клеверит обработать серной кислотой и нагреть, то выделяется неизвестный газ. Первоначально Рамзей думал, что он имеет дело с аргоном. Рамзей обработал клеверит кислотой, нагрел его и действительно получил небольшое количество какого-то газа. Его Рамзей тщательно собрал в стеклянную трубочку, затем трубочку запаял и пропустил через нее ток. Когда же он на трубочку навел спектроскоп, то, вместо ожидаемых линий аргона, увидел одну яркую

желтую линию. Новый газ оказался солнечным газом, гелием.

Исследования гелия на Земле показали, что это — очень легкий газ и, так же как аргон, он отказался соединяться с другими веществами.

Но из клевета Рамзею удалось добыть всего лишь несколько кубических сантиметров гелия, а клевет был очень редким минералом. Где же еще на Земле мог находиться гелий? Рамзей правильно рассудил, что если гелий не соединяется ни с какими другими веществами, то, выделяясь из клевета и других минералов, он должен уходить в воздух. Нужно поискать гелий в воздухе. Но как это сделать? Ведь воздух — смесь разных газов! В нем имеются и кислород, и азот, и аргон. Чтобы найти гелий, надо из воздуха удалить все элементы и уже смотреть — нет ли гелия в остатке. Из каждого литра воздуха ленивых газов остается всего несколько кубических сантиметров. И вот, исследуя эти остатки воздуха, Рамзей нашел в них и аргон, и новый, еще неизвестный, газ криптои (что значит „скрытый“) и, наконец, в спектре остатков воздуха увидел желанную желтую линию. В воздухе оказался гелий.

С тех пор гелий на Земле найден во многих местах. Правда, везде его очень мало. Это очень редкий газ. Но этот солнечный газ оказался ценным и полезным газом. Всем известны колоссальные воздушные корабли — дирижабли. Раньше дирижабли наполнялись самым легким газом — водородом. Однако водород — опасный газ. Он легко соединяется с другими веществами. Стоит только возникнуть небольшой искре, как водород бурно соединяется с кислородом, происходит взрыв, и дирижабль погибает. Гелий свободен от этого недостатка: ведь это „ленивый“ газ. Поэтому сейчас дирижабли часто наполняют не водородом, а гелием. Гелий — второй по легкости газ; по подъемной силе он

немного уступает водороду, но зато дирижабли, наполненные гелием, совершенно безопасны.

Так, с помощью спектроскопа астрономы определили состав Солнца и даже нашли на Солнце новый газ, который еще не был известен на Земле.

Из чего состоят другие небесные тела?

Фраунгофер, впервые составивший карту солнечного спектра, заинтересовался также вопросом: какие спектры имеют звезды. И, посмотрев через призму на некоторые яркие звезды, нашел, что их спектры имеют такой же вид, как и спектры Солнца, то есть спектры звезд состоят из непрерывных разноцветных полосок, пересекаемых в разных местах темными линиями. У некоторых звезд, как, например, у яркой желтоватой звезды Капеллы, эти линии оказались точно такими же, как у Солнца. У других же звезд эти линии были совсем другие. Но важно то, что в звездных спектрах обнаружены те же самые фраунгоферовы линии, которые помогли нам узнать состав Солнца.

Настоящее изучение звездных спектров началось значительно позже — только с изобретением фотографии. На фотографической же пластинке, применяя самые мощные телескопы, астрономы смогли запечатлеть спектры таких звезд, которые невооруженным глазом и не видны.

Подобное изучение показало чрезвычайно большое разнообразие звездных спектров. Характер спектров оказался тем же, что у Солнца, то есть спектры звезд являются спектрами поглощения. Но линии поглощения у разных звезд были совсем различными. Разнообразие звездных спектров было так велико, что, казалось, нет никакой возможности в них разобраться.

Чтобы легче было разобраться в звездных спектрах, их нужно было классифицировать, разбить на группы,

или типы. Такое разделение звезд на группы, или спектральные типы, лучше всего было выполнено астрономами известной Гарвардской обсерватории под руководством ее директора Эдварда Пикеринга. Гарвардская классификация употребляется всеми астрономами и поныне. В результате этой классификации к каждому спектральному типу принадлежат звезды с вполне определенными фраунгоферовыми линиями. В одном классе были, главным образом, звезды с линиями гелия, в другом — водорода, в третьем — с разнообразными линиями металлов и т. д. Сначала астрономы так и решили, что разные звезды построены из разных веществ. Одни звезды, поэтому, были названы гелиевыми, другие — водородными, третьи — металлическими. Но, примерно, двадцать пять лет тому назад профессор Мег Нед Шаха доказал, что это неверно. Он доказал, что состав всех звезд одинаков. Разные же спектры у разных звезд получаются оттого, что на разных звездах разные условия и, прежде всего, разная температура. Все звезды состоят из одинаковых веществ: во всех звездах есть и гелий, и водород, и металлы. Но линии не всех веществ одновременно видны в спектре. При одной температуре появляются линии одних веществ, при другой — других. Так, если температура равна 15000° — 20000° , то в спектре будут наиболее заметны линии гелия, при температуре около 10000° самыми заметными линиями окажутся линии водорода. А при температуре в 6000° спектр будет пересечен множеством линий металлов. Таким образом, спектры мы увидим разные, но в действительности состав всех этих звезд один и тот же.

Так спектроскоп одержал еще победу: позволил узнать состав небесных тел, находящихся от нас так далеко, что даже свет от них до нас идет иногда много тысяч лет!

Затем спектроскоп был направлен на туманности. У многих из них спектр оказался состоящим из отдель-

ных ярких линий. Это означало, что туманности представляют собой колоссальные облака разреженных газов. Сначала думали, что эти газы светятся из-за высокой температуры, из-за того, что они раскалены, но впоследствии оказалось, что температура туманностей очень низка, близка к -273° . Свет же туманностей — холодный свет, возникающий благодаря испусканию ими поглощаемого света находящихся рядом горячих звезд.

Впервые спектроскоп был направлен на туманности Геггинсом, который сразу же увидел, что некоторые линии в спектрах туманностей совпадают с линиями водорода. Следовательно, в туманностях находится водород. Но среди знакомых линий оказался ряд и неизвестных линий и в их числе яркая зеленая линия, которая сообщала свету туманностей зеленоватый оттенок.

Много труда затратили астрономы и физики, чтобы найти элемент, которому принадлежат эти линии. Однако все их поиски были безрезультатны. Впоследствии пришли к выводу, что в туманностях находится новое вещество, еще не открытое на Земле. Его называли „небулий“, что значит „вещество туманностей“. Физики начали искать небулий и на Земле. Они надеялись найти его так же, как был найден гелий.

Однако год проходил за годом, один за другим на Земле открывались новые вещества, но небулия среди них не обнаружили. И тут стало выясняться, что линии небулия должны быть линиями какого-нибудь известного на Земле вещества, но поставленного в совсем особые условия.

Прошло несколько лет в опытах и теоретических расчетах, пока в 1927 году физик Боуэн не доказал, что линии небулия испускаются совсем обычными, всем нам хорошо известными, газами: кислородом и азотом, но находящимися в туманностях в совсем необычном, не встречающемся на Земле, состоянии. Так была ре-

шена еще одна загадка. Таинственный газ небулий оказался почти воздухом.

Спектроскоп оказался также необходим и при решении старого вопроса: есть ли жизнь на небесных телах? Современные астрономы должны строго научно обосновать свой ответ на этот вопрос. К сожалению, наши телескопы недостаточно сильны, чтобы могли рассматривать живые существа на других мирах. Поэтому астрономы выясняют, являются ли условия на небесных телах подходящими и для существования там жизни или нет, то есть какова там температура, есть ли воздух, содержащий кислород.

Как определяется температура небесных тел, мы уже знаем.

Для того же, чтобы узнать, есть ли на поверхности планет вода, а в атмосфере — водяной пар, есть ли в атмосфере кислород, — мы должны опять прибегнуть к спектральному анализу. Действительно, нужно посмотреть спектр планеты, и если в спектре мы увидим темные линии кислорода и полосы водяного пара, — значит, на планете есть и кислород и вода. Однако эта задача оказывается очень трудной. Ведь планеты не имеют собственного света, а светятся отраженным солнечным светом. Солнечный же луч, прежде чем попадает в спектроскоп, наведенный на планету, должен пройти через солнечную атмосферу, атмосферу планеты и, наконец, через земную атмосферу. И в каждой атмосфере возникают темные линии поглощения. Конечно, разобраться, где какая линия возникла, очень трудно. Однако астрономы разобрались и в этом запутанном вопросе. Такие наблюдения, в частности, показали, что атмосфера Венеры состоит из ядовитого углекислого газа, следовательно жизнь на Венере, в тех формах, в которых мы ее знаем на Земле, невозможна. На Марсе же некоторые астрономы обнаружили, изучая инфракрасную часть спектра, небольшое количество кисло-

рода и водяного пара. Но, правда, не все ученые с этим выводом согласились. Несомненно то, что если кислород и водяной пар на Марсе есть, то в очень небольших количествах.

Направляя спектроскоп на различные небесные тела, астрономы вырывали у них одну тайну за другой.

Они узнали, из чего состоят небесные тела, узнали их температуры, плотности. Астрономы даже научились определять по спектрам скорости движения небесных тел. Победы спектроскопа прямо неисчислимы.

Оглянемся назад. Мы видели, что все началось с цветной радужной полосы. Ньютон впервые ее изучил. Затем в ней были замечены темные линии. Фраунгофер обратил на них внимание. И вот, Кирхгоф проник в их тайну. Эти темные, малозаметные линии оказались замечательными знаками: они позволили проникнуть в тайны строения миров.

Эти знаки еще и сейчас не расшифрованы до конца, но уже то, что сделано, — грандиозно. О небольшой части этих достижений и рассказывает настоящая брошюра.

52328

