

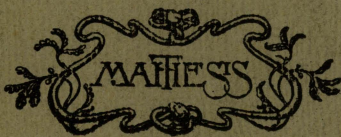
459.

Г. Кайзеръ

Проф. Г. КАЙЗЕРЪ.

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТІЕ
★ ★ **СПЕКТРОСКОПИИ.**

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей „Вѣстника
Опытной Физики и Элементарной Математики“.



<http://mathesis.ru>

ОБЪЯВЛЕНІЕ.

Вѣстникъ Опытной Физики **и Элементарной Математики**

Выходитъ 24 раза въ годъ отдѣльными выпусками
не менѣе 24-хъ стр. каждый,

подъ редакціей приватъ-доцента В. Ф. Кагана.

Программа журнала: Оригинальныя и переводныя статьи изъ области физики и элементарной математики. Статьи, посвященныя вопросамъ преподаванія, математики и физики. Опыты и приборы. Научная хроника. Разныя извѣстія. Математическія мелочи. Темы для сотрудниковъ. Задачи для рѣшенія. Рѣшенія предложенныхъ задачъ съ фамиліями рѣшившихъ. Упражненія для учениковъ. Задачи на премію. Библиографическій отдѣлъ: обзоръ специальныхъ журналовъ; замѣтки о новыхъ книгахъ.

Статьи составляются настолько популярно, насколько это возможно безъ ущерба для научной стороны дѣла.

Преыдушіе семестры были **рекомендованы:** Учен. Ком. Мин. Нар. Просв. для гимн. муж. и жен., реальн. уч., прогимн. город. уч., учит. инст. и семинарій; Главн. Управл. Воен. Учебн. Зав.—для воен.-учебн. заведеній; Уч. Ком. при Св. Синодѣ—для дух. семин. и училищъ.

Пробный № высыл. **бесплатно по первому требованію.**

УСЛОВІЯ ПОДПИСКИ:

Подписная цѣна съ пересылкой за годъ 6 р., за полгода 3 р. Учителя и учительницы низшихъ училищъ и всѣ учащіеся, выписывающіе журналъ **непосредственно изъ конторы редакціи** платятъ за годъ 4 р., за полугодіе 2 руб. Допускается разсрочка подписной платы по соглашенію съ конторой редакціи. **Отдѣльные номера** текущаго семестра по 30 коп., прошлыхъ семестровъ по 25 коп.

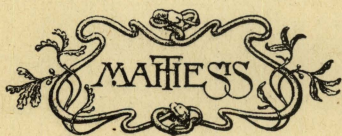
Адресъ для корресп.: **Одесса. Въ редакцію „Вѣстника Опытной Физики“.**

Проф. Г. КАЙЗЕРЪ.

G. Kaiser

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ
☆ ☆ СПЕКТРОСКОПИИ.

Переводъ съ нѣмецкаго
подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и
Элементарной Математики“.



Тип. Акц. Южно-Русскаго
О-ва Печ. Дѣла. Одесса,
Пушкинская, соб. домъ 18

1910.

<http://mathesis.ru>

657



СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТІЕ СПЕКТРОСКОПИ.

1859 годъ останется незабвеннымъ въ исторіи естественныхъ наукъ и человѣческой культуры, пока таковая будетъ существовать. Въ этомъ году были открыты и повѣданы міру два факта такой важности и плодотворности, что слѣдствій ихъ мы даже приблизительно не исчерпали еще и теперъ; по прошествіи 50 лѣтъ мы ежедневно пожинаемъ новые плоды съ тѣхъ деревъ, съмена которыхъ Чарльзь Дарвинъ (Charles Darwin) и Густавъ Кирхгоффъ (Gustav Kirchhoff) заронили въ томъ году въ плодородное лоно науки.

Своимъ проникновеніемъ въ естественныя условія, вызывающія въ мірѣ растеній и животныхъ, съ одной стороны, дальнѣйшее развитіе, а, съ другой стороны,— устойчивость, Дарвинъ пролилъ яркій свѣтъ на область описательнаго естествознанія и далъ мощный импульсъ къ новымъ изслѣдованіямъ въ этихъ наукахъ; въ братской же

области точныхъ наукъ Кирхгоффъ проложилъ новые пути своимъ открытiемъ о соотношенiи между испусканiемъ и поглощенiемъ лучей и разработаннымъ совмѣстно съ Бунзеномъ (Bunsen) спектральнымъ анализомъ: эти открытiя позволяютъ намъ проникать въ тайны микрокосмоса и макрокосмоса, въ строенiе атомовъ и небесныхъ тѣлъ и достигать такихъ цѣлей, которыя мы раньше назвали бы фантастическими утопiями.

Я полагаю, что значенiе открытiя можно познать по плодамъ его, и потому позвольте мнѣ изложить вамъ въ короткiй промежутокъ одного часа успѣхи, достигнутые спектроскопiей въ теченiе 50 лѣтъ со времени открытiя Кирхгоффа; принимая во вниманiе условiя мѣста и времени, я постараюсь изобразить передъ вами мощное развитiе этой отрасли лишь въ общихъ чертахъ, не вдаваясь, конечно, въ научныя подробности.

Когда Кирхгоффъ вступилъ въ 1859 г. на путь спектроскопическихъ изысканiй, онъ нашель предъ собой обширное наслѣдiе предшественниковъ. Исторiя этой главы оптики начинается уже съ 1672 года, когда Ньютонъ (Newton) открыль, что бѣлый свѣтъ,—напримѣръ, солнечный или испускаемый раскаленнымъ до-бѣла кускомъ металла,—разлагается при про-

хожденіи черезъ призму. Бѣлый свѣтъ состоитъ изъ смѣси лучей различныхъ цвѣтовъ; въ зависимости отъ цвѣта лучи эти въ различной степени отклоняются призмой: красные лучи отклоняются меньше другихъ, фіолетовые — наиболѣе сильно. Поэтому, если примемъ на экранъ свѣтовой пучокъ послѣ его прохожденія черезъ призму, то мы увидимъ вытянутую въ длину свѣтовую полосу, заканчивающуюся на одномъ концѣ краснымъ цвѣтомъ, а на другомъ — фіолетовымъ; между этими двумя цвѣтами расположены прочіе цвѣта. Ньютонъ назвалъ эту полосу разложеннаго свѣта спектромъ.

18-ое столѣтіе мало подвинуло изслѣдованіе въ этой области, но съ начала 19-го столѣтія появляется цѣлый рядъ новыхъ открытій: оказывается, что въ бѣломъ свѣтѣ, кромѣ видимыхъ, т. е. дѣйствующихъ на нашъ глазъ лучей, начинаая отъ красныхъ и кончая фіолетовыми, существуютъ еще и другіе лучи, и при томъ двухъ родовъ: одни отклоняются еще слабѣе, чѣмъ красные, и называются ультракрасными или тепловыми лучами, другіе же, которые называются ультрафіолетовыми лучами, отклоняются сильнѣе фіолетовыхъ, и существованіе ихъ можетъ быть обнаружено въ особенности по ихъ химическимъ дѣйствіямъ, т. е., прежде всего, посредствомъ фотографіи. Затѣмъ изслѣдователи, — преимуще-

ственно англійскіе физики Брюстеръ (Brewster), Тальботъ (Talbot), Витстонъ (Wheatstone) и другіе,—нашли, что при испареніи солей въ пламени послѣднее окрашивается и что спектръ этого пламени не содержитъ, подобно спектру бѣлаго свѣта, всѣхъ цвѣтовъ, но лишь нѣкоторые отдѣльные цвѣта. Такимъ образомъ, спектръ, испускаемый свѣтящимися парами, не образуетъ сплошной свѣтовой полосы, но содержитъ лишь отдѣльные цвѣта: такой спектръ представляетъ собой темную полосу, прерываемую отдѣльными свѣтлыми линиями. Мы говоримъ въ этомъ случаѣ о прерывномъ спектрѣ.

Слѣдующее важное завоеваніе связано съ именемъ Фраунгофера (Fraunhofer), который открылъ, что и солнечный спектръ при болѣе точномъ разсмотрѣніи оказывается не сплошнымъ: въ свѣтлой полосѣ можно найти множество темныхъ линій, т. е. въ солнечномъ свѣтѣ недостаетъ многихъ цвѣтовъ. Фраунгоферъ далъ первый рисунокъ такого солнечнаго спектра съ темными линиями, какимъ онъ представляется при болѣе тщательномъ разсмотрѣніи; эти линіи съ тѣхъ поръ называются Фраунгоферовыми; восемь наиболѣе замѣтныхъ изъ нихъ Фраунгоферъ обозначилъ буквами отъ *A* до *H*. Особенное вниманіе его привлекла темная линія *D* въ желтой части спектра; ту же линію онъ

нашелъ въ свѣтѣ пламени всевозможныхъ свѣчей и масляныхъ лампъ; онъ не подозрѣвалъ, однако, какая связь существуетъ между этими явленіями. Ему же наука обязана и другимъ значительнымъ успѣхомъ. Какъ извѣстно, свѣтовые лучи представляютъ собой волны въ свѣтовомъ эфирѣ; различныя волны могутъ отличаться одна отъ другой своей длиной, т. е. разстояніемъ между своими гребнями, а отъ длины волны свѣтовыхъ лучей зависитъ дѣйствіе ихъ на нашъ глазъ, т. е. ихъ цвѣтъ,—подобно тому, какъ въ звуковыхъ волнахъ отъ длины волны зависитъ высота звука. Лишь посредствомъ длины волны можно точно опредѣлить цвѣтъ и вмѣстѣ съ тѣмъ его положеніе въ спектрѣ. Фраунгоферъ изобрѣлъ новый чрезвычайно важный приборъ, такъ называемую оптическую рѣшетку, съ помощью котораго легко можно опредѣлить длину волны, соответствующую каждому лучу; онъ выполнилъ такія измѣренія для Фраунгоферовыхъ линий, обозначенныхъ имъ буквами.

Другая область изслѣдованія впервые была открыта Гладстономъ (Gladston). Пропуская бѣлый свѣтъ черезъ тѣла, мы замѣчаемъ, что свѣтъ послѣ прохожденія сталъ слабѣе: говорятъ, что часть свѣта поглощена тѣломъ. Если взятое тѣло прозрачно и окрашено, то не всѣ цвѣта,

входящіе въ составъ бѣлаго свѣта, ослабляются въ одинаковой степени; на примѣръ, синее стекло весьма сильно поглощаетъ красный свѣтъ и очень слабо синій. Если мы пропустимъ такой свѣтъ, прошедшій черезъ цвѣтное тѣло, еще и сквозь призму и растянемъ его въ спектръ, то въ послѣднемъ будутъ недоставать всѣ тѣ цвѣта, которые были поглощены: мы будемъ имѣть спектръ поглощенія, т. е. сплошной спектръ, въ которомъ имѣются темныя полосы. Такіе спектры поглощенія цвѣтныхъ солей служили предметомъ изслѣдованій Гладстона.

Мы должны назвать еще двухъ предшественниковъ Кирхгоффа—Стюарта (Stewart) и Стокса (Stokes). Стюартъ высказалъ предположеніе относительно тепловыхъ лучей, что каждое тѣло интенсивно испускаетъ именно тѣ лучи, которые оно сильно поглощаетъ. Это почти совпадаетъ съ содержаніемъ знаменитаго предложенія Кирхгоффа, но въ такой формѣ это предложеніе невѣрно, да и самъ Стюартъ сдѣлалъ изъ него ложное примѣненіе: онъ ошибочно полагалъ, что твердая каменная соль должна сильно поглощать тѣ лучи, которые испускаетъ каменная соль, внесенная въ пламя, т. е. желтые лучи.

Эти желтые лучи играютъ выдающуюся роль въ исторіи спектроскопіи; это тѣ самые лучи,

которые Фраунгоферъ нашелъ во всякомъ пламени; соотвѣтствующую имъ въ солнечномъ спектрѣ черную линію онъ обозначилъ буквой *D*. Эти лучи въ дѣйствительности принадлежатъ металлу натрію; брызги морскихъ волнъ, содержащихъ поваренную соль, т. е. хлористый натрій, распространяютъ этотъ металлъ, хотя и въ очень малыхъ количествахъ, по всей атмосферѣ, и поэтому онъ въ большей или меньшей степени обнаруживается во всякомъ пламени. Послѣ того, какъ Фуко (Foucault) и Сванъ (Swan) доказали точнѣе равенство длинъ волны этихъ желтыхъ лучей и *D*-линіи, Стоксъ въ разговорѣ съ лордомъ Кельвиномъ (Kelvin) высказалъ мнѣніе, что *D*-линія солнца обусловливается, можетъ быть, прохожденіемъ первоначально бѣлаго солнечнаго свѣта черезъ пары натрія, которые находятся въ солнечной оболочкѣ. На этомъ основаніи лордъ Кельвинъ и другіе англійскіе физики приписали Стоксу честь объясненія Фраунгоферовыхъ линій; но самъ Стоксъ рѣшительно отклонилъ отъ себя эту честь. Изъ недавно появившейся чрезвычайно интересной переписки между Стоксомъ и Кельвиномъ мы узнаемъ, что Кельвинъ настаивалъ на томъ, чтобы Стоксъ опубликовалъ это открытіе; но болѣе пожилой и осторожный Стоксъ отказывался отъ этого, говоря,

что его мысль есть лишь недоказуемая гипотеза.

Приблизительно въ такомъ положеніи находился разсматриваемый вопросъ, когда Кирхгофъ приступилъ къ изслѣдованію. Прежде всего онъ далъ строго математическое доказательство своего знаменитаго предложенія о соотношеніи между излученіемъ и поглощеніемъ. Содержаніе этого предложенія заключается въ слѣдующемъ: каждое тѣло поглощаетъ тѣ лучи, которое оно само испускаетъ при той же самой температурѣ, и во всѣхъ существующихъ тѣлахъ отношеніе интенсивности излученія къ интенсивности поглощенія при одной и той же температурѣ имѣетъ одинаковую величину, равную излученію чернаго тѣла при той же температурѣ. Коренное отличіе этого предложенія отъ высказаннаго Стюартомъ заключается, слѣдовательно, въ томъ, что Кирхгофъ принимаетъ во вниманіе температуру: невѣрно, что холодная каменная соль поглощаетъ тѣ лучи, которые испускаютъ пары этой соли, т. е. *Na*, но вѣрно то, что натріевы пары при температурѣ въ 1000° поглощаютъ тѣ же лучи, какіе эти пары при 1000° испускаютъ.

Я не буду даже пытаться здѣсь выяснять всю чрезвычайную важность этого предложенія: оно оказалось плодотворнымъ во многихъ главахъ

физики и лежитъ въ основѣ большихъ отдѣловъ спектроскопіи. Одно заключеніе Кирхгоффа вывелъ тотчасъ же: такъ какъ раскаленные пары испускаютъ только отдѣльныя свѣтлыя линіи, то они могутъ производить поглощеніе тоже лишь въ отдѣльныхъ темныхъ линіяхъ. Если мы пропустимъ бѣлый свѣтъ отъ достаточно горячаго источника свѣта черезъ свѣтящійся паръ, который испускаетъ, напримѣръ, десять линій, то мы должны получить въ спектрѣ десять темныхъ линій въ тѣхъ точно мѣстахъ, гдѣ находились свѣтлыя линіи; одинъ спектръ является обращеніемъ другого. Такъ какъ солнечный спектръ содержитъ множество темныхъ линій, то солнечная оболочка должна состоять изъ раскаленныхъ паровъ, поглощающихъ изъ блага свѣта, приходящаго къ нимъ отъ болѣе горячаго солнечнаго ядра, волны той длины, какой они испускаютъ сами. Если бы мы могли устранить солнечное ядро и оставить лишь оболочку, то она дала бы намъ обращенный солнечный спектръ; свѣтлый фонъ его сталъ бы темнымъ, а темныя Фраунгоферовы линіи превратились бы въ свѣтлыя.

Этотъ опытъ можно произвести въ действительности: при полномъ солнечномъ затменіи луна покрываетъ солнце до самаго наружнаго края его, до оболочки; этой край даетъ, дѣйстви-

тельно, свѣтлыя линіи на мѣстѣ Фраунгоферовыхъ. Такъ какъ необходимое для этого опыта положеніе луны длится лишь короткое мгновеніе, то этотъ спектръ, появляющійся и исчезающій подобно молніи, называется „flash spectrum“ (flash по-англійски означаетъ внезапный свѣтъ, вспышку).

Изъ этого объясненія Фраунгоферовыхъ линій слѣдуетъ далѣе, что мы можемъ опредѣлить химическій составъ солнечной оболочки: для этого нужно лишь изслѣдовать, какіе элементы въ парообразномъ состояніи испускаютъ линіи съ такими же длинами волны, какія имѣютъ Фраунгоферовы линіи.

Когда Кирхгоффъ установилъ свое предположеніе, то естественно возникли двѣ задачи: необходимо было 1) точно измѣрить длину волны каждой Фраунгоферовой линіи и 2) установить спектры излученія элементовъ. Сравненіе обоихъ результатовъ должно было открыть химическій составъ солнечной оболочки и вмѣстѣ съ тѣмъ, понятно, и самого солнца. Обѣ эти задачи Кирхгоффъ рѣшилъ частью самъ, частью же сообща съ Бунзеномъ.

Но сперва необходимо было рѣшить нѣкоторые предварительные вопросы. Одинъ и тотъ же элементъ, — на примѣръ, *Na*, — мы можемъ превратить въ свѣтящійся паръ весьма различными

способами: напримѣръ, мы можемъ ввести различныя натріевы соли въ пламя, или же въ вольтову дугу между двумя углями, или, наконецъ, мы можемъ вызвать электрическую искру между двумя кусками натрія. При этомъ имѣютъ мѣсто совершенно различныя температуры, и къ парамъ натрія въ каждомъ способѣ примѣшиваются каждый разъ другіе пары или газы. Является ли спектръ натрія независимымъ отъ этихъ побочныхъ обстоятельствъ, сохраняется ли онъ неизмѣннымъ? Этотъ вопросъ имѣетъ фундаментальное значеніе, но предшественники Кирхгоффа не только не рѣшили, но даже и не ставили его. Кирхгоффъ и Бунзенъ пользовались самыми различными солями, получали изъ нихъ пары самыми разнообразными способами и нашли, что спектръ cadaго элемента въ существенномъ оказывается неизмѣннымъ. Хотя при различныхъ температурахъ измѣнялась яркость отдѣльныхъ линій, такъ что иногда даже нѣкоторыя линіи исчезали, а иногда появлялись новыя линіи, но въ цѣломъ спектръ cadaго элемента оказывается такимъ же неизмѣннымъ характернымъ признакомъ его, какъ атомный вѣсъ. Различныя соли, будучи внесены въ пламя, разлагаются, и мы всегда получаемъ лишь спектръ самого металла независимо отъ кислотнаго радикала, съ которымъ онъ былъ соединенъ въ соли.

Ясно, что установление этого факта открыло новую блестящую перспективу: оно дает возможность качественного химического анализа съ помощью спектра. Если мы получимъ искру отъ какой-нибудь смѣси металловъ и будемъ наблюдать спектръ, то мы должны будемъ увидѣть линіи металловъ, входящихъ въ составъ смѣси, т. е. мы можемъ за нѣсколько минутъ опредѣлить этотъ составъ и при томъ съ самой незначительной затратой матеріала. Помимо большого удобства этого новаго аналитическаго метода, онъ во многихъ случаяхъ, по крайней мѣрѣ, отличается еще поразительной чувствительностью. Какъ показали Кирхгоффъ и Бунзенъ, спектральныя линіи обнаруживаютъ присутствіе элементовъ, даже когда имѣются лишь столь ничтожныя слѣды ихъ, что о химическомъ открытіи ихъ не можетъ быть и рѣчи. Напримеръ, одна 14-милліонная доля миллиграмма натрія явственно показываетъ желтую линію; этимъ и объясняется повсемѣстное нахожденіе этой линіи. Правда, эта огромная чувствительность спектрально-аналитическихъ реакцій обусловливаетъ собой одно большое затрудненіе: спектроскопическое изслѣдованіе химически чистѣйшихъ веществъ показываетъ, что въ дѣйствительности они содержатъ еще примѣсь одной или нѣсколькихъ дюжинъ постороннихъ элемен-

товъ. Но зато спектральный анализъ, съ другой стороны, даетъ возможность открывать такіе элементы, которые встрѣчаются лишь въ ничтожныхъ количествахъ и поэтому ускользаютъ отъ химическаго анализа. И дѣйствительно, уже первые опыты Кирхгоффа и Бунзена привели къ открытію двухъ новыхъ щелочныхъ металловъ, рубидія и цезія, которые, правда, весьма распространены на землѣ, но почти вездѣ только въ ничтожныхъ количествахъ. Впослѣдствіи такимъ же путемъ были открыты индій, таллій, галлій и германій. Спектральный анализъ открылъ также нѣсколько такъ называемыхъ рѣдкихъ земель, но особенный триумфъ выпалъ на его долю нѣсколько лѣтъ тому назадъ, когда Рэлею (Raileigh) и Рамзаю (Ramsay) удалось доказать, что нашъ воздухъ содержитъ, кромѣ азота и кислорода, еще и рядъ другихъ газовъ, которые раньше были неизвѣстны: аргонъ, неонъ, ксенонъ, криптонъ и гелій*).

Подобныя изслѣдованія, имѣвшія преимущественно химическій характеръ и ограничивавшіяся главнымъ образомъ, щелочными и щелочноземельными металлами, Кирхгоффъ производилъ совмѣстно съ Бунзеномъ; одинъ же онъ пред-

*) См. статью В. Рамзая „Благородные и радиоактивные газы“. Одесса. „Mathesis“, 1910.

принялъ изслѣдованіе солнечнаго спектра. При помощи большого спектральнаго прибора, въ которомъ свѣтъ разлагался четырьмя призмами, онъ приготовилъ превосходный рисунокъ спектра съ его Фраунгоферовыми линиями. Затѣмъ онъ измѣрилъ искровые спектры многихъ элементовъ и сравнилъ ихъ съ солнечнымъ спектромъ. Онъ доказалъ такимъ образомъ, что множество элементовъ, которые имѣются въ большихъ количествахъ въ земной корѣ, находятся также и въ солнечной атмосферѣ. Эта работа требовала чрезвычайно большихъ усилій и напряженія; за этой работой Кирхгоффъ, къ сожалѣнію, такъ сильно испортилъ свое зрѣніе, что не могъ довести своего труда до конца и долженъ былъ выпустить въ 1861 г. одну лишь первую часть; только два года спустя недостающая часть была восполнена Гофманомъ (Hofmann) подъ руководствомъ Кирхгоффа.

Это изслѣдованіе пролило совершенно новый свѣтъ на физическое строеніе солнца. Кирхгоффъ говоритъ: „Наиболѣе вѣроятное предположеніе, какое мы можемъ сдѣлать, заключается въ томъ, что солнце состоитъ изъ твердаго или капельно-жидкаго раскаленнаго добѣла ядра, окруженнаго атмосферой съ нѣскольکو мѣнѣе высокой температурой“. Немного лѣтъ предъ этимъ великій Араго (Arago) высказалъ мнѣніе,

которое теперь представляется намъ совершенно непонятнымъ, будто солнце состоитъ изъ холоднаго ядра, на которомъ люди свободно могли бы жить; ядро же это окружено непрозрачной оболочкой, которая, въ свою очередь, покрыта видимой намъ раскаленной атмосферой. Это фантастическое представлѣніе, совершенно несостоятельное съ точки зрѣнія физики, было вызвано существованіемъ такъ называемыхъ солнечныхъ пятенъ, т. е. темныхъ мѣстъ, которыя черезъ періодическіе промежутки времени наблюдаются на солнцѣ въ большемъ или меньшемъ количествѣ; величина нѣкоторыхъ наблюдавшихся пятенъ далеко превышаетъ размѣры нашей земли. По мнѣнію А р а г о, пятна представляютъ собой дыры въ наружныхъ оболочкахъ солнца, сквозь которыя мы видимъ холодное и потому темное ядро его. Въ настоящее время мы знаемъ, что пятна суть мѣста солнечной атмосферы, въ которыхъ пары холоднѣе и плотнѣе и потому сильнѣе поглощаютъ свѣтъ отъ ядра.

Работы К и р х г о ф ф а произвели также огромное впечатлѣніе и въ болѣе широкихъ кругахъ; въ тѣ времена это весьма рѣдко выпадало на долю научныхъ открытій. Вызванный тогда всеобщій интересъ можно сравнить съ тѣмъ впечатлѣніемъ, которое на нашихъ глазахъ произвело открытіе Рѣнтгеновскихъ лучей. Безчи-

сленное множество научных и популярных лекцій и статей ставили себѣ цѣлью распространіе этихъ новыхъ открытій. Особенное воодушевленіе, какъ вполнѣ понятно, должна была вызвать мысль, что отнынѣ міровое пространство стало доступнымъ изслѣдованію человѣка, что мы въ состояніи подвергнуть анализу неизмѣримо далекую неподвижную звѣзду, свѣтъ отъ которой можетъ дойти до насъ лишь за сотни или даже тысячи лѣтъ, хотя онъ проходитъ 300000 км. въ секунду.

Я привелъ здѣсь лишь немногіе главные пункты изъ изслѣдованій Кирхгоффа: недостатокъ времени не позволяетъ мнѣ упомянуть разсѣянные въ его работахъ безчисленные, частью чрезвычайно важные факты и замѣчанія, плодотворность которыхъ отчасти выяснилась только значительно позже. Я поставилъ себѣ цѣлью указать здѣсь лишь главные пути, которые Кирхгоффъ проложилъ въ первобытномъ лѣсу невѣдомаго; дальнѣйшая разработка и усовершенствованіе этихъ открытій выпала на долю послѣдующихъ поколѣній.

Мы видѣли, что работы Кирхгоффа намѣтили двѣ задачи: 1) изслѣдованіе земныхъ спектровъ и 2) изслѣдованіе спектровъ небесныхъ тѣлъ, такъ какъ ясно, что мы можемъ подвергнуть спектроскопическому изслѣдованію на-

равнѣ съ солнцемъ также и другія неподвижныя звѣзды, туманности, кометы, словомъ, всякое самосвѣтящееся тѣло.

Я займусь сперва земной спектроскопіей, а затѣмъ перейду къ небесной, къ такъ называемой астрофизикѣ.

Кирхгоффъ и Бунзенъ нашли, что всѣ соли какого-нибудь металла даютъ во всякомъ пламени одинъ и тотъ же спектръ, а именно линейный спектръ металла. При этомъ, однако, они осторожно замѣчаютъ, что это постоянство, по ихъ мнѣнію, объясняется тѣмъ, что взятыя ими соли во всѣхъ случаяхъ разлагались на свои составныя части, диссоціировались; вполнѣ, однако, возможно, что разложеніе не всегда должно имѣть мѣсто, что соединеніе можетъ превращаться въ свѣтящій паръ, не диссоціуясь, и тогда мы должны получить новый спектръ, соответствующій взятому соединенію. Справедливость этого замѣчанія впервые доказалъ Митчерлихъ (Mitscherlich), который обнаружилъ, что уже Кирхгоффъ и Бунзенъ, сами того не сознавая, видѣли въ нѣкоторыхъ отдѣльныхъ случаяхъ спектры соединеній. Онъ разыскалъ условія, которыя, по возможности, задерживаютъ диссоціацію, и такимъ образомъ ему удалось найти большое число спектровъ соединеній. Это открытіе составило существенное дополненіе не только

для пониманія спектровъ, но еще и въ другомъ направленіи: спектры соединеній имѣютъ не такой видъ, какъ спектры наблюдавшихся до того времени элементовъ. Послѣдніе спектры состоятъ изъ бѣльшаго числа рѣзкихъ свѣтлыхъ линій, которыя, повидимому, неправильно распродѣлены вдоль спектра, тогда какъ во всѣхъ безъ исключенія спектрахъ соединеній мы находимъ болѣе широкія, какъ бы затушеванныя полосы, при чемъ удлиненіе спектра путемъ увеличенія числа призмъ показываетъ, что эти полосы составлены изъ безчисленнаго множества линій, расположеніе которыхъ, очевидно, подчинено нѣкоторой закономѣрности. Въ противоположность линейнымъ спектрамъ эти спектры называются полосовыми или еще желобчатыми спектрами, такъ какъ множество затушеванныхъ съ одной стороны полосъ, будучи расположены рядомъ, производятъ впечатлѣніе освѣщенной сбоку желобчатой колонны.

Въ 1865 году Плюккеръ и Гитторфъ (Plücker und Hittorf) сдѣлали другое существенное дополненіе, которое въ извѣстномъ смыслѣ шло въ разрѣзъ со взглядами Кирхгоффа. Плюккеръ еще раньше Кирхгоффа много работалъ надъ спектрами газовъ, и мы обязаны ему превосходными работами, въ которыхъ онъ ближе всѣхъ другихъ предшественниковъ Кирх-

гоффа подошелъ къ открытію спектральнаго анализа. Теперь онъ вмѣстѣ съ Гитторфомъ показалъ, что элементъ не всегда даетъ одинъ и тотъ же линейный спектръ, но что въ нѣкоторыхъ случаяхъ элементы также могутъ давать полосовые спектры. Главнымъ условіемъ явленія такого спектра служить совершенно такъ же, какъ и въ спектрахъ соединеній, низкая температура. Въ настоящее время мы знаемъ элементы, которые имѣютъ не два только, а нѣсколько различныхъ спектровъ, и мы можемъ въ общемъ указать условія ихъ явленія.

Изъ дальнѣйшихъ работъ на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ назвать работы Онгстрёма (Angström) и Талена (Thalén). Первый занимался спектральнымъ анализомъ тоже еще раньше Кирхгоффа, но безъ существенныхъ успѣховъ. Послѣ открытія Кирхгоффа Онгстрёмъ далъ изображеніе солнечнаго спектра и сравненіе его съ земными спектрами; работы его представляютъ шагъ впередъ по отношенію къ рисунку Кирхгоффа, такъ какъ Онгстрёмъ путемъ примѣненія Фраунгоферовой рѣшетки опредѣлилъ длины волнъ отдѣльныхъ линий въ десятиллионныхъ доляхъ миллиметра; послѣдняя величина получила названіе Онгстрёмовой единицы. Кирхгоффъ же пользовался въ своихъ опредѣленіяхъ произвольной шкалой,

что чрезвычайно затрудняло сравненіе. Атласъ Онгстрёма легъ въ основаніе дальнѣйшихъ измѣреній въ теченіе 20 лѣтъ. Таленъ же отчасти сообща съ Онгстрёмомъ, отчасти одинъ измѣрилъ спектры множества элементовъ, и для его времени эти работы тоже были превосходны.

Я не могу здѣсь, конечно, останавливаться на произведенныхъ въ послѣдующія десятилѣтія многочисленныхъ работахъ о спектрахъ отдѣльныхъ элементовъ: одно перечисленіе именъ авторовъ потребовало бы много времени. Упомянемъ поэтому лишь нѣсколькихъ изслѣдователей, заслуги которыхъ наиболѣе велики: Сале (Salet), Лекокъ де-Буабодранъ (Lecoq de Boisbaudran), Ливингъ и Дьюаръ (Livieng Dewar), Локіеръ (Lockyer). На работахъ Локіера мы должны немного остановиться. Исходя изъ явленій на солнцѣ, Локіеръ изслѣдовалъ въ особенности измѣненіе спектровъ. Это привело его къ такъ называемой теоріи диссоціаціи, по которой всѣ наши элементы состоятъ изъ одного и того же матеріала въ различныхъ стадіяхъ сгущенія. Съ повышеніемъ температуры каждая молекула все болѣе и болѣе распадается и при безконечно высокой температурѣ превращается въ атомы первичной матеріи. Предположеніе о единствѣ вещества не ново и имѣетъ много данныхъ

въ свою пользу; новымъ у Локіера является лишь допущеніе, что мы можемъ наблюдать распаденіе уже при доступныхъ намъ температурахъ, и что распаденіе извѣстныхъ элементовъ могло бы дать начало возникновенію другихъ извѣстныхъ намъ элементовъ. Локіеръ почти 40 лѣтъ собиралъ съ неутомимымъ рвеніемъ факты съ цѣлью подтвердить свое предположеніе; онъ не избѣгнулъ нѣкоторыхъ ошибочныхъ толкованій, и многія изъ его доказательства потомъ рухнули. Тѣмъ не менѣе ему удалось открыть много новыхъ важныхъ фактовъ, и въ своей неустанной работѣ онъ давалъ импульсы къ новымъ изслѣдованіямъ. Конечно, теорія диссоціаціи въ томъ объемѣ, который она имѣла по замыслу Локіера, оказывается несостоятельной; но теперь, когда сдѣлалось извѣстнымъ преобразование радиоактивныхъ веществъ, — на примѣръ, полученіе гелія изъ радія, — никто уже не можетъ пройти мимо этой теоріи съ тѣмъ пренебреженіемъ, какое она столь часто встрѣчала въ прежнее время.

Къ концу 70-хъ годовъ относятся первые успѣшные опыты съ цѣлью сдѣлать доступными изслѣдованію и невидимыя части спектровъ, ультракрасную и ультрафіолетовую. Для изслѣдованія первой Ланглей (Langley) ввелъ болометръ, а ко второй была примѣнена фотографія.

Въ качествѣ пионеровъ въ этой области назовемъ лишь Дрэпера (Draper), Маскара (Mascart), Корню (Cornu), Ливинга и Дьюара, Гартлея (Hartley). Сюда же относится открытый въ то же время Фогелемъ (Vogel) способъ изготовлять оптически чувствительныя пластинки: онъ далъ возможность изготовлять фотографическія пластинки, обладающія чувствительностью не только къ синему и фіолетовому, но и ко всѣмъ цвѣтамъ. Въ настоящее время мы въ состояніи фотографировать весь ультрафіолетовый и видимый спектръ и можемъ даже проникать въ ультракрасную его часть.

Съ появленіемъ работъ Роуланда (Rowland) въ 1882 г. въ исторіи спектроскопическихъ изслѣдованій начинается новая эра. Роуланду удалось изготовить оптическія рѣшетки, которыя даютъ спектры такихъ размѣровъ и такого совершенства, что точность измѣренія возросла примѣрно въ сто разъ. Эти такъ называемыя вогнутыя рѣшетки представляютъ собой вогнутыя металлическія зеркала, на поверхности которыхъ съ помощью алмазнаго острейя нанесены штрихи чрезвычайно близко одинъ отъ другого: число ихъ на протяженіи одного миллиметра доходитъ до 1000. Онѣ въ высокой степени облегчаютъ также примѣненіе фотографіи, такъ что съ этого времени въ спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ при-

мѣняется почти исключительно фотографическій методъ. Первыми плодами, которые новый приборъ принесъ наукѣ, былъ Роуландовскій атласъ солнечнаго спектра, содержащій уже не рисунки спектровъ, но фотографіи ихъ, и каталогъ, содержащій длины волнъ и указанія химическаго происхожденія Фраунгоферовыхъ линий. Въ первомъ рисункѣ солнечнаго спектра Фраунгоферъ далъ 370 такихъ линий, тогда какъ Роуландъ фотографировалъ, измѣрилъ и сравнилъ съ линиями земныхъ элементовъ около 20 000 такихъ линий. Эти числа лучше всякихъ словъ говорятъ о выдающемся значеніи достигнутаго успѣха.

Понятно, что въ сравненіи съ той степенью точности, которой теперь оказалось возможнымъ достигнуть, прежнія измѣренія длины волнъ потеряли почти всякую цѣнность, и въ наукѣ назрѣла потребность изслѣдовать сызнова, во всеоружіи новыхъ методовъ, спектры всѣхъ элементовъ. Рѣшеніемъ этой задачи занялись многіе ученые: назовемъ лишь Роуланда, Гассельберга (Hasselberg), Кайзера и Рунге (Kaiser und Runge), Эдери и Валента (Eder und Valenta), Экснера (Exner) и Гашека (Haschek).

Кирхгоффъ и Бунзенъ, создавая спектральный анализъ, имѣли въ виду, какъ показы-

ваетъ самое названіе, новый методъ химическаго анализа, и въ теченіе первыхъ десятилѣтій его примѣненія носили почти исключительно такой характеръ. Но чрезвычайная точность новыхъ измѣреній дала возможность сдѣлать изъ этого метода новое примѣненіе, которое оказалось несравненно болѣе важнымъ: я говорю объ изслѣдованіи строенія атомовъ, ихъ внутреннихъ силъ и совершающихся въ нихъ процессовъ.

Позвольте мнѣ нѣсколько дольше остановиться на этомъ пунктѣ, чтобы лучше выяснитъ его. Какъ представляемъ мы себѣ возникновеніе свѣтоиспусканія? Въ вездѣсущій свѣтовой эфиръ вкраплены атомы и молекулы. Когда въ нихъ совершаются движенія, то они вызываютъ въ свѣтовомъ эфирѣ волны, которыя распространяются во всѣ стороны и воспринимаются нами въ видѣ лучей, независимо отъ того, совершаютъ ли колебанія сами молекулы или меньшія части ихъ, или же колеблются электрическіе заряды, такъ называемые электроны, находящіеся на нихъ или внутри ихъ. Длины волнъ лучей, очевидно, находятся въ прямой зависимости отъ движеній колеблющихся частичекъ, центровъ излученія, и по длинѣ волны спектра мы можемъ непосредственно опредѣлить число колебаній соответствующихъ частичекъ. При этомъ насъ поражаетъ прежде всего чрезвычайно большое число линій

въ нѣкоторыхъ элементахъ: въ линейныхъ спектрахъ церія, желѣза, урана мы находимъ нѣсколько тысячъ линій, а въ полосовыхъ спектрахъ число линій еще гораздо больше. Напримѣръ, въ полосовомъ спектрѣ барія находится до 30 000 линій. Невозможно допустить, чтобы въ одномъ атомѣ находилось такое множество различныхъ частицъ, изъ которыхъ каждая излучаетъ одну линію; мы должны предположить, что каждый центръ излученія совершаетъ сложное движеніе, и послѣднее, будучи разложено призмой или рѣшеткой, даетъ цѣлый рядъ спектральныхъ линій. Обращаясь къ аналогіямъ изъ акустики, мы замѣчаемъ, что органная трубка, напримѣръ, или струна, приведенная какимъ-либо образомъ въ состояніе звучанія, даетъ звукъ, который въ нашемъ ухѣ тоже разлагается на множество колебаній или тоновъ. Соответствующія имъ длины волнъ связаны между собой закономѣрной зависимостью, и мы можемъ выразить ихъ одной общей формулой, хорошо извѣстной намъ въ случаѣ простыхъ акустическихъ явленій. Длины волнъ зависятъ отъ размѣровъ, массы и внутреннихъ силъ колеблющейся системы; если бы мы нашли формулу для какой-либо невидимой струны, то мы могли бы сдѣлать изъ формулы выводы о строеніи струны. Долгое время изслѣдователи безуспѣшно старались установить по-

добныя формулы, которыя охватывали бы такимъ же образомъ рядъ спектральныхъ линий. Но послѣ того, какъ Бальмеръ (Balmer) нашелъ такую формулу для водорода, имѣющаго простѣйшій изъ всѣхъ извѣстныхъ спектровъ, одновременно Рюдбергу (Rydberg), Кайзеру и Рунге, а затѣмъ Пашену и другимъ удалось получить такія формулы для большого числа элементовъ; спектры, строеніе которыхъ казалось лишеннымъ закономерности, разлагаются посредствомъ этихъ формулъ на группы линейныхъ серій, построенныхъ по опредѣленнымъ законамъ. При этомъ обнаружилось, что химически родственные элементы обладаютъ сходно построенными серіями, что существуютъ нѣкоторыя соотношенія между атомнымъ вѣсомъ и спектромъ, словомъ, что мы можемъ надѣяться получить на этомъ пути выводы относительно строенія атомовъ и ихъ внутреннихъ силъ. Значеніе такого приложенія спектроскопіи было бы, конечно, совершенно иной важности, чѣмъ химическій анализъ или открытіе новаго химическаго элемента. Чтобы сорвать созрѣвшій плодъ, недостаетъ, главнымъ образомъ, теоретическихъ изысканій; но изслѣдователи дѣятельно работаютъ въ этомъ направленіи. Назовемъ хотя бы имя Ритца (Rietz)*),

*) См. статью В. Ритца въ Зеemannъ, „Происхожденіе цвѣтовъ спектра“. Одесса, Mathesis, 1909.

столь преждевременно, къ несчастью, оторваннаго отъ науки.

Въ полосовыхъ спектрахъ закономерность строенія бросается въ глаза гораздо рѣзче, чѣмъ въ линейныхъ. Деландръ (Deslandres) первый установилъ для полосовыхъ спектровъ формулы, имѣющія очень важное значеніе, какъ хорошее приближеніе къ истинѣ; однако же, формулы датскаго астронома Тиле (Thiele), по всей вѣроятности, отличаются еще бѣльшей точностью.

Изслѣдованіе спектровъ поглощенія тоже принесло большую жатву. Между сложными органическими соединеніями, въ особенности, въ соединеніяхъ съ бензольнымъ ядромъ, находится множество такихъ, которыя поглощаютъ рѣзко ограниченные участки спектра и обнаруживаютъ такимъ образомъ полосы поглощенія, которыя можно хорошо измѣрить. Длины волнъ этихъ полосъ зависятъ отъ строенія молекулы, и во многихъ случаяхъ удалось уже, основываясь на спектрѣ, сдѣлать важныя заключенія о строеніи молекулы. Гартлей первый обогатилъ науку изслѣдованіями въ этой новой области. Вы видите, что въ этихъ новѣйшихъ спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ прежній аналитическій интересъ совершенно отошелъ на задній планъ, что мы теперь пользуемся спектроскопией, главнымъ образомъ, для проникновенія въ строеніе

безконечно - малыхъ элементовъ. Если мы подумаемъ, что въ каждомъ кубическомъ сантиметрѣ воздуха заключается до 21 триллиона молекулъ, занимающихъ, однако, лишь ничтожную часть этого пространства, то мы можемъ составить себѣ понятіе о малости атома, въ детали строенія котораго наука желаетъ проникнуть!

Новое могучее орудіе для разоблаченія тайнъ природы дало намъ открытіе, сдѣланное Зееманомъ (Zeeman), такъ называемое явленіе Зеемана. Если мы внесемъ источникъ свѣта въ магнитное поле между полюсами сильнаго магнита и изслѣдуемъ спектръ, то онъ обнаружитъ нѣкоторыя измѣненія: въ простѣйшемъ случаѣ каждая спектральная линія распадается на двѣ, имѣющія одна немного меньшую и другая немного большую длину волны, чѣмъ линія внѣ магнитнаго поля. По теоріи, данной Лоренцомъ (Lorentz), это явленіе легко объясняется, если принять, что центръ излученія есть частица съ отрицательнымъ электрическимъ зарядомъ; разстояніе же между обѣими составляющими линіями даетъ намъ возможность вычислить, что эти частицы представляютъ собою не что иное, какъ корпускулы или электроны, впервые открытые въ катодныхъ лучахъ благодаря блестящимъ изслѣдованіямъ Дж. Дж. Томсона (J. J. Thomson). Такимъ образомъ, мы знаемъ теперь, что

въ каждомъ свѣтящемъ атомѣ находятся электроны, масса которыхъ приблизительно въ 2000 разъ меньше массы водороднаго атома: они движутся и возбуждаютъ волны въ эфирѣ. Я сказалъ, что въ простѣйшемъ случаѣ линія расщепляется на двѣ составляющія; наблюдались также гораздо болѣе сложные случаи, въ которыхъ число составляющихъ доходитъ до 19 линій. Теоретики, въ особенности Лоренцъ и Фойхтъ (Voigt), старались опредѣлить, сколько требуется электроновъ и какъ они должны быть соединены другъ съ другомъ, чтобы имѣло мѣсто то или другое разложеніе. Вы видите, что и на этомъ пути мы проникаемъ въ строеніе атомовъ: мы познакомились даже съ мельчайшими частями, изъ которыхъ построены атомы.

На этомъ мы покинемъ первый путь, который открылъ намъ Кирхгоффъ. Я могъ бы повести васъ по разнымъ примыкающимъ сюда боковымъ тропинкамъ, которыя привели бы насъ къ широкимъ горизонтамъ; но у насъ мало времени, а между тѣмъ, кромѣ перваго пути въ область безконечно малаго, есть еще и другой путь, по которому мы тоже должны пройти, — путь въ область безконечно удаленнаго.

Уже Фраунгоферъ, открывъ темныя линіи въ солнечномъ спектрѣ, задавался вопросомъ, даютъ ли другія неподвижныя звѣзды подобныя

линіи. Онъ наблюдалъ нѣкоторыя звѣзды съ помощью несовершенныхъ приборовъ и нашель темныя лінія, но нѣкоторыя изъ нихъ отличались отъ ліній солнечнаго спектра. Затѣмъ изслѣдованія этого рода приостановились, такъ какъ они не могли представлять интереса въ то время, когда значеніе темныхъ ліній не было еще извѣстно. Лишь послѣ того, какъ Кирхгоффъ опубликовалъ свои работы, ученые поняли, что съ помощью спектроскопическаго изслѣдованія можно изучить физическое состояніе и химическій составъ небесныхъ тѣлъ, и въ 1863 г. астрономы начали пользоваться новыми методами. На первомъ мѣстѣ слѣдуетъ назвать имена Донати (Donati) и Рѣтгерфорда (Rutherford); за ними послѣдовали Секки (Secchi) и, главнымъ образомъ, Гѣггинсъ (Huggins), котораго мы можемъ считать первымъ пионеромъ въ области астрофизики; до настоящаго дня онъ опубликовалъ уже огромное число превосходныхъ работъ, и намъ отрадно сознавать, что онъ живетъ еще среди насъ, одинъ изъ немногихъ, пережившихъ весь ходъ развитія спектроскопіи, начиная съ перваго момента, и въ весьма значительной степени содѣйствовавшихъ ему.

Наблюденія названныхъ ученыхъ и многихъ другихъ показали, что строеніе большинства неподвижныхъ звѣздъ должно быть сходно со стро-

еніемъ солнца, т. е. что онѣ состоятъ изъ раскаленнаго ядра съ газовой оболочкой. Это доказывается тѣмъ, что ихъ спектръ представляетъ собою свѣтлую полосу, пересѣченную темными линіями. Какъ эти линіи, такъ и число и интенсивность ихъ мѣняются, конечно, отъ одной звѣзды къ другой; въ нѣкоторыхъ звѣздахъ интенсивны лишь линіи водорода, и температура этихъ звѣздъ считается наиболѣе высокой; въ спектрахъ другихъ звѣздъ выступаютъ полосы поглощенія, происходящія отъ соединеній, и отсюда заключаютъ, что температура этихъ звѣздъ сравнительно ниже. Въ нѣкоторыхъ же звѣздахъ рядомъ съ темными линіями видны и свѣтлыя; относительно этихъ звѣздъ обыкновенно принимаютъ, что онѣ имѣютъ очень обширную атмосферу, чѣмъ это явленіе могло бы объясняться. Я не могу, конечно, вдаваться подробнѣе въ эти изслѣдованія; но я долженъ еще упомянуть, что Геггинсъ, изслѣдуя нѣкоторыя туманности, сдѣлалъ совершенно новое открытіе: въ спектрахъ ихъ оказались исключительно свѣтлыя линіи, такъ что онѣ представляютъ собою не что иное, какъ раскаленные массы газа безъ ядра. Кометы также суть раскаленные газы, преимущественно пары углерода.

Какъ извѣстно, неподвижныя звѣзды названы такимъ образомъ благодаря тому обстоятельству,

что онъ въ противоположность планетамъ, повидимому, не измѣняютъ своего положенія другъ относительно друга на небесномъ сводѣ. Но продолжительное наблюденіе давно уже показало, что онъ въ дѣйствительности тоже не „неподвижны“, а движутся въ міровомъ пространствѣ. Лишь вслѣдствіе огромнаго разстоянія ихъ отъ насъ онъ такъ мало перемѣщаются другъ относительно друга. Но астрономы давно уже начали измѣрять ихъ перемѣщенія и вмѣстѣ съ тѣмъ ихъ скорости. Легко понять, что мы можемъ наблюдать лишь такія перемѣщенія на небесномъ сводѣ, которыя перпендикулярны къ такъ называемому лучу зрѣнія, т. е. къ линіи, проведенной отъ наблюдателя къ звѣздѣ. Приближенія же или удаленія звѣзды въ направленіи луча зрѣнія невозможно было наблюдать, и казалось, что мы должны были навѣки отказаться отъ надежды открыть такія перемѣщенія. Тогда на помощь явилась та же спектроскопія.

Когда источникъ звука находится въ неизмѣнномъ разстояніи отъ слушателя, то послѣдній слышитъ настоящій тонъ, исходящій отъ источника звука. Если же они приближаются другъ къ другу, то до уха слушателя доходитъ большее число волнъ въ одну секунду, тонъ становится выше; напротивъ, при взаимномъ удаленіи ихъ, тонъ становится ниже. Мы можемъ

легко замѣтить это, прислушиваясь къ свисту быстро проѣзжающаго локомотива: когда локомотивъ проѣзжаетъ, тонъ становится ниже. Совершенно то же самое относится къ свѣтовымъ волнамъ: когда источникъ свѣта удаляется отъ насъ, спектральная линія перемѣщается въ направленіи болѣе длинныхъ волнъ, т. е. къ красному концу спектра, и, наоборотъ, къ фіолетовому концу, когда источникъ свѣта приближается къ намъ. Эти явленія были открыты Допплеромъ (Doppler) и потому получили названіе „принципа Допплера“. Изъ величины перемѣщенія легко можно вычислить скорость движенія источника свѣта.

Такимъ образомъ былъ найденъ способъ нахождения движенія небесныхъ тѣлъ въ направленіи луча зрѣнія. Первые успешные опыты были произведены Гёггинсомъ, но точные результаты были получены лишь послѣ того, какъ Г. К. Фогель (H. C. Vogel) привлекъ на помощь фотографированіе спектровъ. Опредѣленіе движенія по лучу зрѣнія въ настоящее время принадлежитъ къ числу задачъ, которыя особенно часто приходится рѣшать астрофизикамъ, такъ какъ лишь знаніе этого движенія даетъ возможность опредѣлить истинное движеніе небесныхъ тѣлъ. Измѣренія сдѣланы столь точ-

ными, что мы въ состояніи опредѣлить скорость съ точностью до $\frac{1}{2}$ километра.

Я желалъ бы упомянуть еще объ одномъ чрезвычайно интересномъ приложеніи этого метода. Астрономы давно уже знали такъ называемыя переменныя звѣзды, яркость которыхъ періодически то возрастаетъ, то убываетъ. Между различными предложенными объясненіями одно заключается въ томъ, что переменная звѣзда есть не простая, но двойная звѣзда, т. е. состоитъ изъ двухъ звѣздъ, которыя находятся весьма близко одна отъ другой и обращаются вокругъ общаго центра тяжести; если одна изъ нихъ гораздо темнѣе другой, то при своемъ обращеніи она въ различной мѣрѣ покрываетъ собой болѣе свѣтлую звѣзду, и этимъ обуславливается переменна яркости. Спектроскопъ подтвердилъ это предположеніе: оказалось, что спектральныя линіи переменной звѣзды раздвоены, но двѣ составляющія каждой линіи колеблются одна относительно другой, сближаясь до совпаденія, снова разъединяясь и т. д. Дѣйствительно, одна изъ двухъ звѣздъ, совершающихъ движеніе вокругъ общаго центра тяжести, должна приближаться къ намъ, и тогда линіи ея сдвигаются къ фіолетовому концу спектра, другая же отдаляется, и линіи ея перемеѣщаются къ красному концу; черезъ промежутокъ времени, равный половинѣ періода обращенія, звѣзды мѣ-

няются ролями; если же звѣзды стоятъ какъ разъ одна передъ другой, то онѣ вовсе не имѣютъ движенія по лучу зрѣнія, ихъ линіи находятся тогда на своемъ нормальномъ мѣстѣ и покрываютъ другъ друга. Такъ какъ періодъ переменъ яркости даетъ намъ время обращенія, а смѣщеніе линій—скорость его, то мы въ состояніи вычислить разстояніе составляющихъ звѣздъ другъ отъ друга и величины ихъ, хотя даже въ самые большіе телескопы еще не удалось видѣть ихъ отдѣльно одну отъ другой.—Представимъ себѣ, что одна звѣзда такой пары уже настолько охладѣла, что свѣтъ отъ нея уже не можетъ достигнуть земли. Звѣзда въ такомъ случаѣ навсегда останется невидимой для насъ, и можно было бы подумать, что и существованіе ея должно остаться неизвѣстнымъ для насъ. Но спектроскопъ выдаетъ ее: свѣтлая звѣзда даетъ намъ еще свои линіи, которыя совершаютъ колебательное движеніе и тѣмъ доказываютъ существованіе темнаго спутника. Даже въ этомъ случаѣ мы еще въ состояніи опредѣлить величину и разстояніе вѣчно невидимой звѣзды *).

Несмотря на чрезмѣрную краткость этого

*) Авторъ имѣетъ здѣсь въ виду лишь переменныя звѣзды правильнаго періода, прежде всего звѣзды типа Альголя.

очерка астрофизическихъ изслѣдованій, я не могу не остановиться еще немного на солнцѣ, т. е. на той неподвижной звѣздѣ, которая обусловливаетъ собой всю жизнь на нашей землѣ и вслѣдствіе своей близости допускаетъ подробное изученіе. 1868 годъ составляетъ эпоху въ области этихъ изслѣдованій. При полныхъ солнечныхъ затменіяхъ, т. е. когда луна становится передъ солнечнымъ дискомъ такимъ образомъ, что совершенно закрываетъ его, наблюдатели замѣтили на краю красноватые выступы, которые получили названіе протуберанецъ. Среди ученыхъ возникли споры о томъ, представляютъ ли собой эти образованія высокія горы на лунѣ, или же они обязаны своимъ происхожденіемъ солнцу. Во время полного солнечнаго затменія въ 1868 г. спектроскопъ показалъ, что спектръ этихъ протуберанецъ состоитъ лишь изъ свѣтлыхъ линій, изъ чего заключили, что протуберанцы суть массы раскаленныхъ газовъ, которыя извергаются солнцемъ и состоятъ, главнымъ образомъ, изъ водорода, но, кромѣ него, содержатъ еще рядъ другихъ элементовъ. Впервые это наблюденіе сдѣлалъ Жанссенъ (Janssen), а вскорѣ послѣ этого Локіеръ показалъ, какимъ образомъ можно съ помощью спектроскопа сдѣлать протуберанцы видимыми и безъ полного солнечнаго затменія; въ настоящее время онѣ

такимъ образомъ подвергаются ежедневнымъ изслѣдованіямъ. Именно, въ Римѣ и въ Катаніи съ того времени въ каждый ясный день изготавляется изображеніе всѣхъ протуберанецъ, видимыхъ на краю солнечнаго диска *). Эти рисунки обнаружили много интереснаго, но я не могу останавливаться на этомъ; замѣчу лишь еще, что на линіяхъ протуберанецъ Локіеръ впервые наблюдалъ перемѣщенія по принципу Допплера. Не могу не упомянуть, что В. Г. Юліусъ (W. H. Julius) далъ совершенно другое объясненіе протуберанецъ, но я здѣсь лишенъ возможности изложить его.

При полныхъ солнечныхъ затменіяхъ замѣтили, кромѣ того, что все солнце окружено еще свѣтовымъ вѣнцомъ умѣренной яркости, который называютъ короной. Какъ доказалъ спектроскопъ, корона тоже представляетъ собой свѣтящійся газъ, но принадлежащія ей линіи не наблюдались еще ни на одномъ земномъ элементѣ. Соответствующій гипотетическій элементъ получилъ названіе коронія. Когда на спектроскопъ падаетъ обыкновенный солнечный лучъ, то послѣдній содержитъ свѣтъ отъ всѣхъ точекъ сол-

*) Въ Россіи такого рода систематическія наблюденія солнца ведутся на университетской обсерваторіи въ Одессѣ.

нечной поверхности; если различныя части ея испускаютъ различнаго рода свѣтъ, то мы въ смѣси не можемъ этого вовсе замѣтить. Дѣло мѣняется, если мы съ помощью чечевицы получимъ на щели спектроскопа изображеніе солнца: черезъ каждую точку щели свѣтъ въ этомъ случаѣ идетъ отъ опредѣленной точки солнца, и мы такимъ образомъ можемъ, на примѣръ, изслѣдовать отдѣльно свѣтъ солнечныхъ пятенъ. При этомъ обнаруживается множество отличій отъ обыкновеннаго солнечнаго спектра: фонъ оказывается темнѣе, многія Фраунгоферовы линіи тоже темнѣе, иныя расщеплены надвое, появляются также новыя Фраунгоферовы линіи, въ особенности полосы, и, наконецъ, часто бываютъ видны нѣкоторыя свѣтлыя линіи.

Эти явленія лучше всего объясняются допущеніемъ, что пятна суть мѣста, въ которыхъ пары имѣютъ бѣольшую плотность и болѣе низкую температуру. Для объясненія свѣтлыхъ линій принимаютъ, что надъ пятнами часто висятъ болѣе горячія протуберанцы, которыя присоединяютъ къ солнечному спектру поглощенія свой собственный спектр испусканія. Между свѣтлыми линіями въ пятнахъ и протуберанцахъ особенное вниманіе привлекала къ себѣ одна желтая линія, которая никогда еще не была найдена ни въ одномъ земномъ элементѣ. Локіеръ, кото-

рый особенно ревностно занимался спектральными явлениями пятенъ, назвалъ гипотетическій элементъ, отъ котораго происходитъ эта линія, гелиемъ. Болѣе 20 лѣтъ изслѣдователи знали и наблюдали эту линію, не зная самого элемента; каково же было торжество, когда Рамзаю въ 1895 г. удалось извлечь изъ нѣкоторыхъ минераловъ газъ, который даетъ эту желтую линію! Наконецъ-то былъ найденъ этотъ *He*, газъ, который оказывается чрезвычайно распространеннымъ на землѣ, хотя лишь въ столь ничтожныхъ количествахъ, что химикамъ врядъ ли удалось бы его открыть. Мы знаемъ теперь, что гелій безпрестанно возникаетъ изъ радія.

Дальнѣйшее спектроскопическое изслѣдованіе солнца показало, что парообразная атмосфера, порождающая Фраунгоферовы линіи, до извѣстной степени состоитъ изъ слоевъ, изъ которыхъ самый нижній образуется наиболѣе тяжелыми элементами, болѣе легкіе же элементы лежатъ въ верхнихъ слояхъ. Такимъ образомъ, Фраунгоферовы линіи, принадлежащія, на примѣръ, барію, происходятъ изъ болѣе глубокаго слоя, чѣмъ линіи кальція, а линіи водорода порождаются въ еще болѣе высокомъ слое. На этомъ основанъ чрезвычайно интересный и замѣчательный методъ. Гель (Hale) и Деландръ построили приборы, которые называются спектро-

гелиографами; они даютъ возможность фотографировать изображеніе солнца въ свѣтѣ одной единственной Фраунгоферовой линіи. Если мы возьмемъ свѣтъ водородной линіи, то получимъ изображеніе слоя, въ которомъ образуется эта линія, т. е. одного изъ самыхъ верхнихъ слоевъ; линія кальція даетъ намъ болѣе глубокой слой, линія же барія дала бы еще болѣе глубокой слой. Мы можемъ, такимъ образомъ, въ извѣстной степени отнимать отъ солнечнаго шара одинъ слой за другимъ и всякій разъ получать снимокъ поверхности, т. е. мы можемъ проникать въ вѣчно невидимыя нѣдра пылающаго свѣтила. Это воистину поразительно!

Перейдемъ къ новѣйшему блестящему открытію астрофизики. Въ прошломъ году Гэлъ нашелъ при своихъ спектрогелиографическихъ изслѣдованіяхъ, что вокругъ солнечныхъ пятенъ существуютъ вихри раскаленнаго водорода. Раньше мы имѣли случай указать, что раскаленные газы всегда содержатъ отрицательно наэлектризованныя частички: доказательствомъ служитъ явленіе Зеемана. Такимъ образомъ, вихрь свѣтящагося газа одновременно представляетъ собой вихрь, или круговой токъ отрицательнаго электричества. Но внутри такого круговаго тока мы имѣемъ магнитное поле; слѣдовательно, свѣтъ, испускаемый солнечнымъ пятномъ, приходитъ

изъ магнитнаго поля, и поэтому онъ долженъ обнаруживать явленіе Зеемана, т. е. линіи должны быть расщеплены. Подтверждается ли это наблюденіемъ? Я говорилъ уже выше, что многія линіи пятенъ оказываются удвоенными. Прежде для объясненія этого явленія предполагали, что темныя линіи очень широки въ виду большой плотности паровъ; надъ пятнами парятъ раскаленные облака изъ тѣхъ же элементовъ, но болѣе горячихъ и менѣе плотныхъ, чѣмъ въ пятнахъ; они - то и вызываютъ въ срединѣ широкой темной линіи узкую свѣтлую, но мы видимъ лишь оба темные края, такъ что линія кажется намъ удвоенной. Это объясненіе казалось весьма правдоподобнымъ, но наблюденія Геля доказали, что оно ложно. Раздвоеніе оказывается дѣйствительнымъ: оно вызвано явленіемъ Зеемана. Замѣчательно, что это явленіе, которое Фарадэй (Faraday) безуспѣшно искалъ еще въ срединѣ прошлаго столѣтія, и которое Зееманъ открылъ лишь въ 1897 г., въ дѣйствительности, какъ мы теперь понимаемъ, наблюдалось, хотя и безсознательно, въ солнечныхъ пятнахъ уже 30 лѣтъ тому назадъ.

Но въ заключеніе я долженъ повториться. Я хорошо сознаю, что мой обзоръ спектроскопіи за 50 лѣтъ ея существованія чрезвычайно неполонъ и оставляетъ желать лучшаго. Я не

коснулся ни единымъ словомъ многихъ областей, въ которыхъ она играетъ важную роль; я не сказалъ ничего, на примѣръ, о приложеніяхъ спектроскопіи въ ботаникѣ, зоологіи и медицинѣ, гдѣ она является почти единственнымъ методомъ для распознаванія и изслѣдованія чрезвычайно сложныхъ и важныхъ красящихъ веществъ, лежащихъ въ основаніи органической жизни, на примѣръ, хлорофилла, пигментовъ крови, мочи и желчи. Я вынужденъ былъ также совершенно умолчать объ излученіи твердыхъ тѣлъ; въ этой области въ послѣднія десятилѣтія были установлены фундаментальные законы, которые позволили, на примѣръ, произвести первое надежное опредѣленіе солнечной температуры. Полученный результатъ колеблется между 6000° и 7000° , тогда какъ раньше предѣлы колебаній были несравненно больше—отъ 1500° по Виоллю (Violle) до 15 милліоновъ по Секки. Зачатки этихъ законовъ мы также находимъ уже въ работахъ Кирхгоффа.

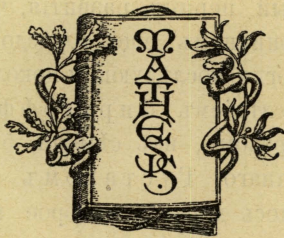
Я могъ бы еще указать и на приложенія спектроскопіи къ техническимъ процессамъ, на примѣръ, къ бессемерованію желѣза, но число областей, въ которыхъ спектроскопія дѣйствовала плодотворнымъ и оживляющимъ образомъ, слишкомъ велико. Въ физикѣ и химіи, въ астрономіи и медицинѣ, въ ботаникѣ и зоологіи, въ фотогра-

фій и техникъ — вездѣ мы находимъ многочисленныя приложенія спектроскопіи. Вы получите нѣкоторое понятіе объ объемѣ ея примѣненій, если я скажу вамъ, что, стараясь изучить литературу по спектроскопіи, я нашелъ не менѣе 12 000 статей, разсѣянныхъ въ самыхъ различныхъ журналахъ и содержащихъ болѣе или менѣе обширныя замѣтки по этому вопросу.

И вездѣ обнаруживается, какъ вы могли заключить и изъ моего доклада, что передъ нами лишь начальный періодъ развитія, что мы, безъ сомнѣнія, проникнемъ еще гораздо глубже въ суть вещей, когда послѣдующія поколѣнія вполне овладѣютъ наслѣдіемъ Кирхгоффа.

Такимъ образомъ, изъ сѣмени, 50 лѣтъ тому назадъ брошеннаго Густавомъ Кирхгоффомъ, развилось дерево, которое покрыло своими вѣтвями всю область естествознанія, которое мощно разрастается, цвѣтетъ, приноситъ и будетъ приносить плоды вплоть до самыхъ отдаленныхъ временъ. О Кирхгоффѣ можно съ полнымъ правомъ сказать: *exegit monumentum aere perennius*.





<http://mathesis.ru>

I. Вышли въ свѣтъ слѣдующія изданія:

- Веберъ и Вельштейнъ.** Энциклопедія элементарной математики.
Томъ I. Элементарная Алгебра и Анализъ. Ц. 3 р. 50 к.
Томъ II, книга 1. Основанія геометріи и плавиметрія. Ц. 3 р.
Томъ II, книга 2. Тригонометрія, аналитическая геометрія и стереометрія. Ц. 2 р. 50 к.
- Гейбергъ.** Новое сочиненіе Архимеда. Ц. 40 к.
- Дедекинды.** Непрерывность и ирраціональныя числа. Ц. 40 к.
- Каганъ.** Задача обоснованія геометріи. Ц. 35 к.
- Ковалевскій.** Введеніе въ исчисленіе безконечно-малыхъ. Ц. 1 р.
- Кутюра.** Алгебра логики. Ц. 90 к.
- Кэджори.** Исторія элементарной математики. Ц. 2 р. 50 к.
- Роу С.** Геометрическія упражненія съ кускомъ бумаги. Ц. 90 к.
- Циммерманъ.** Объемъ шара, шарового сегмента и шарового слоя. Ц. 25 к.
- Абрагамъ.** Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ Ч. I.
Ц. 1 р. 50 к. Ч. II. Ц. 2 р. 75 к.
- Ауэрбахъ.** Царица міра и ея тѣнь. Ц. 40 к.
- Бруни.** Твердые растворы Ц. 25 к.
- Ветгэмъ.** Современное развитіе физики. Ц. 2 р.
- Вейнбергъ.** Снѣгъ, иней, градъ, ледъ и ледники. Ц. 1 р.
- Гернетъ.** Обь единствѣ вещества. Ц. 25 к.
- Зеemanъ.** Происхожденіе цвѣтовъ спектра. Ц. 30 к.
- Клоссовскій.** Основы метеорологіи. Ц. 4 р
- Клоссовскій.** Физическая жизнь нашей планеты. Ц. 40 к.
- Лакуръ и Appelъ.** Историческая физика. Два тома,
Ц. 7 р. 50 к.
- Леманъ.** Жидкіе кристаллы и теоріи жизни. Ц. 40 к.
- Линдеманъ.** Форма и спектръ атомовъ. Ц. 15 к.

- Лоренцъ. Курсъ физики. Т. I. Ц. 2 р. 75 к. Т. II. Ц. 3 р. 75 к.
Перри. Вращающийся волчокъ. Ц. 60 к.
Рамзай. Благородные и радиоактивные газы. Ц. 25 к.
Рамзай. Введение въ изучение физической химии. Ц. 40 к.
Риги. Современная теорія физическихъ явленій. 2 изд. Ц. 90 к.
Риги. Электрическая природа материи. Ц. 30 к.
Слаби. Беспроволочный телефонъ. Ц. 30 к.
Слаби. Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ. Ц. 40 к.
Томпсонъ. Добываніе свѣта. Ц. 50 к.
Томсонъ, Д. Д. Корпускулярная теорія вещества. Ц. 1 р. 20 к.
Успѣхи физики. Вып. I. Ц. 75 к. печатается 3-е изданіе.
Аррениусъ. Образование міровъ. Ц. 1 р. 75 к.
Аррениусъ. Физика неба. Ц. 2 р.
Болль. Вѣка и приливы. Ц. 75 к.
Вихертъ. Введение въ геодезію. Ц. 35 к.
Ньюкомъ. Астрономія для всѣхъ. Ц. 1 р. 50 к.
Ньюкомъ. Теорія движенія луны. Ц. 20 к.
Снайдеръ. Картина міра въ свѣтъ современ. естествознанія.
Ц. 1 р. 50 к.
Тромгольтъ. Игры со спичками. Ц. 50 к.
Шейдъ. Простые химическ. опыты для юношества. Ц. 1 р. 20 к.
Шмидъ. Философская хрестоматія. Ц. 1.
Ушинскій. Лекціи по бактериологіи. Ц. 1 р. 50 к.
Ефремовъ. Новая геометрія треугольника. Ц. 2 р.
Мультонъ. Эволюція солнечной системы. Ц. 50 к.
Нимфюръ Р. Воздухоплаваніе. Ц. 90 к.
Граффъ К. Комета Галлея. Ц. 30 к.
Гампсонъ, Б. и Шефферъ, К. Парадоксы природы.
Ц. 1 р. 20 к.

КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО „МАТЕЗИСЪ“.

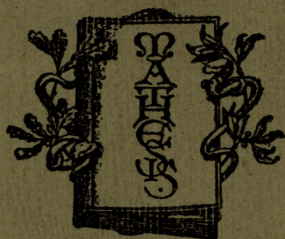
Печатаются и готовятся къ печати:

- Адлеръ, А. Теорія геометрическихъ построений.
Пуанкаре, Г. Наука и методъ.
Клейнъ, Ф. Лекціи по элементарной математикѣ.
Ковалевскій, Г. Курсъ дифференц. и интегр. исчисленій.
Оствальдъ, В. Натурфилософія.
Марковъ, А. Исчисленіе конечныхъ разностей.
Трельсъ-Лундъ. Небо и міровоззрѣніе въ круговоротѣ времени.
Ловель, П. Обитаемость Марса.
Шубертъ, Г. Математическія развлеченія.
Борель, Э. Курсъ математики для среднихъ учебн. заведеній.
Содди, Ф. Что такое радій?
Лебъ. Динамика живого вещества.
Андуйе. Курсъ астрономіи.
Фурнье Дальбъ. Два новыхъ міра.
Мамлокъ, Л. Стереохимія.
Смитъ, А. Введеніе въ неорганическую химію.
Винеръ, О. Цвѣтная фотографія.
Гассертъ. Изслѣдованія полярныхъ странъ.
Рудіо. Архимедъ, Гюйгенсъ, Лагранжъ и Ламбертъ о квадратурѣ круга.

Подробный каталогъ изданій высылается по требованію бесплатно.

Выписывающіе изъ главнаго склада изданій „МАТЕЗИСЪ“ (Одесса, Новосельская, 66) на сумму 5 р. и болѣе за пересылку не платятъ.

Отдѣленія склада изданій „Mathesis“ для **Москвы**, Книжный магазинъ „Образованіе“, Москва, Кузнецкій мостъ, 11; Отдѣленіе склада для **С.-Петербурга**: Книжный магазинъ Г. С. Цукермана, С.-Петербургъ, Александровская пл., 5.



Тип. Анц. Южно-Русского
О-ва Печ. Дѣла. Одесса,
Пушкинская, соб. домъ 18.

1910.

Цѣна 25 коп.

<http://mathesis.ru>