

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Д. С. Рождественский, Ленинград

Некоторая вычурность заглавия моего доклада объясняется тем, что я хочу сразу же остановить внимание на его особенности: при крайней абстракции основной темы (анализ спектров имеет целью строение атомов на основах квантовой механики) неразрывно связанная с нею практичность второй: спектральный анализ — это анализ руд с помощью спектров, это глаз геохимика при поисках нужных металлов в недрах земли. Такова антитеза в структуре Государственного оптического института (ГОИ), отразить деятельность которого — по крайней мере в одном из многих разрезов — является целью этого доклада. Чтобы было ясно, как эта антитеза укладывается в ГОИ и как ориентирован выбранный разрез, я позволю себе немногословное вступление.

Прошло время, когда наука делалась сначала в академиях, а затем в университетах, исключительно в чисто академической атмосфере. Теперь наука стала непосредственно и быстро рентабельной. Американская Всеобщая компания электричества, фирма Кодак, ламповая фирма Нела завели себе каждая свою науку, свой многомиллионный институт. Стало очевидным, что большой, специализированный на техническом вопросе институт не то что вытесняет, но перекрывает бывшую университетскую лабораторию. Поэтому, когда революция двинулась на реконструкцию техники и науки, а в то же время война до жуткости ясно выявила, что ныне без многочисленных оптических приборов люди не могут успешно ни убивать друг друга, ни защищаться друг от друга, был учрежден Оптический институт. Задачи его таковы:

1. Понимать, рассчитывать, строить и изобретать оптические приборы: дальномеры, прицелы, микроскопы, фотографические аппараты — имя им легион, так как оптическими приборами пронизаны вся жизнь и вся техника.

2. Создать для приборов оптическое стекло и исследовать методы его обработки.

3. Применить оптические методы к исследованию атомов и молекул.

Под давлением быстрого роста техники в стране пришлось присоединить еще следующие отделы.

4. Отдел фотографии — изучение эмульсий, процессов проявления, кино, тайны скрытого изображения.

5. Отдел светотехники.

В первом отделе — отделе приборов — до ГОИ была практически полная пустота. За 15 лет он быстро освоил заграничную технику, сказал свое остроумное слово и говорит его далее. Во втором отделе — отделе стекла — была еще большая пустота. Ныне заграничная техника освоена и сказано веское стахановское слово; развитие идет дальше. Четвертый отдел — фотографии — пошел по тому же пути и нашел новые, свежие идеи. О каждом из этих технических отделов можно было бы говорить долго и с интересом. Но их значение, их польза ясны каждой капиталистической фирме.

Особо нужно сказать о третьем отделе. Третий отдел — абстрактная наука — рядом с отделом техники, задачи которого ясны, требует не оправдания, но глубокого понимания его значен-
ия. Капиталистическая фирма не введет его в свои инсти-
туты.

Почему должно ввести его коммунистическое государство?

Этот разрез должен быть выяснен в моем докладе, после того как С. И. Вавилов дал яркую картину структуры, цели и достижений ГОИ, его четырех технических отделов. Мой доклад будет, следовательно, касаться как главной темы абстрактной науки. Основной ствол его — строение атома. Мы увидим далее, как от этого ствола протянутся в смутных еще очертаниях ветви к великой цели будущего — освоению солнечной энергии.

Во времена доисторические, до теории Бора, 25 лет назад, верили в следующее: как бы ни был устроен атом, он составлен из каких-то положительных тяжелых частей и легких отрицательных электронов; последние привязаны к атому как бы резинками, пружинками, как бы упругими силами; отсюда термин квази-упругие электроны. Если это так, то атом можно изучать, раскачивая электроны световыми волнами. На рис. 1 показана фотография, иллюстрирующая это раскачивание. Вы видите, что в двух местах спектра происходит нечто катастрофическое. Здесь световые волны, придя в тесный резонанс с электронами атома, разбивают его, как динамо, установленная в здании, придя в резонанс с постройкой, разрушает ее, как полк солдат, шагая в ногу, раскачивает упругий мост и ломает его. Здесь на фотографии кривые дают ход скорости распространения света в парах натрия в зависимости от периода падающей волны света. Вблизи от совпадения с периодом колебания атома кривая влево от линии поглощения натрия уходит, на взгляд, бесконечно вверх; с другой стороны, она поднимается, на взгляд, из бесконечного низа. Теория резонанса говорит, что для квази-упругих электронов ветвь кривой должна быть с каждой стороны гиперболой.

Вряд ли кто-нибудь тщательнее меня вдоль и поперек исследовал эти кривые, и мой ответ: да, эти кривые — гиперболы, и следовательно, электрон имеет квази-упругую связь. К счастью, присущий мне скепсис заставил меня прибавить: впрочем, достаточно линейности уравнений, заведующих колебаниями электрона, чтобы обусловить гиперболу, не входя в рассмотрение вопроса о

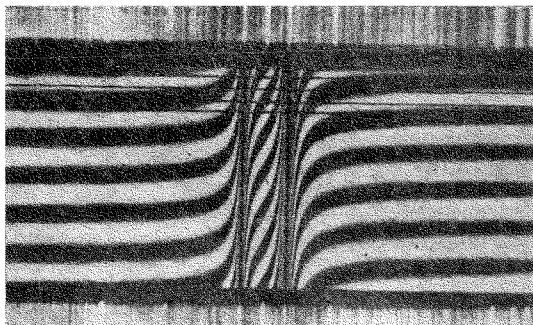


Рис. 1. Аномальная дисперсия спектра натрия без крюков

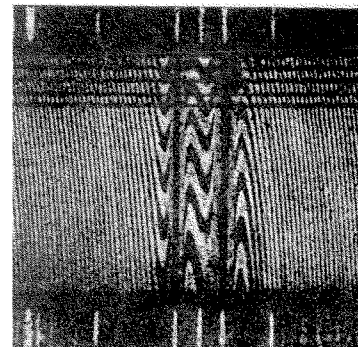


Рис. 2. Аномальная дисперсия спектра натрия с крюками

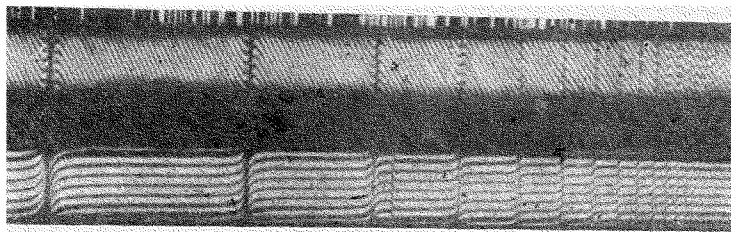


Рис. 4. Аномальная дисперсия всего спектра Na

существо связи. Но и в моей мысли, вслед за самыми прославленными умами того времени, рабочей гипотезой являлась квази-упругая связь электрона. А если так, то небольшим изменением опыта — вставлением стекла в интерферометр, при помощи которого получены кривые, — можно легко видоизменить кривые так, чтобы они рассказали многое о строении атома. На рис. 2 дана фотография, где видно, что около линии натрия теперь получилось то, что я называл „крюками“. Это название вошло и в учебники. Измеряя расстояние крюка от линии, можно сказать, как велико в атоме число электронов данного периода. Например, здесь одной линии соответствует ровно вдвое большее число электронов, чем другой. У разных линий, у разных атомов существуют эти целочисленные, сначала непонятные и таинственные соотношения. С методом крюков ГОИ мы еще встретимся далее не раз.

Таким образом можно посредством света исследовать атом. Это исследование и другие аналогичные — теория Фогта, явление, открытое Зеemanом, — возвели квази-упругий электрон почти к непогрешимости. И все же он — хотя и со славой и после жестокого боя, — но погиб.

Он погиб потому, что оказался не в состоянии помочь даже приступить к вопросу об анализе спектров. Спектр атома, линии, в нем рассеянные, как мы увидим далее, рассказывают тому, кто умеет читать по ним, о всех деталях строения атома. Но они стояли тогда глухой стеной перед квази-упругим электроном. Небольшая иллюстрация, хронологически неточная, именно опыт студента Теренина, это ясно покажет. Перед роялем возьмем полным голосом ноту, оборвем и прислушаемся: из рояля ответит тем же тоном резонирующая струна. Знаменитый оптик Вуд бросил на пары натрия желтые световые волны, и атом натрия зазвучал в ответ тем же желтым светом — та линия, которую мы видели только что на фотографии. Теренин, развивая опыты Вуда, послал на пары таллия ультрафиолетовую линию, а получил, к удивлению, в ответ, кроме ультрафиолетовой, еще зеленую, которую пары не поглощают. Отсюда ясно, что модель атома не имеет точных квази-упругих свойств, в атоме нет полного аналога упругости струн, а быть может что-то совсем другое.

Но что же?

За период 1913 по 1926 г. постепенно был получен исчерпывающий ответ, но мы увидим, что характер его не таков, чтобы доставить нам большое удовлетворение. Главным в этом деле был знаменитый ученый Нильс Бор. Он вначале просто откинул все, что наводит на мысль об упругих свойствах атома, и занялся гораздо более существенной стороной дела.

В тот момент, когда ясно стало из работ Резерфорда и Мозеле, что число электронов равно номеру атома, положение квази-упругого электрона стало незащищаемым. В рояле столько тонов, сколько струн. Каждый электрон соответствует самое большее трем струнам. Следовательно, водород — атом № 1 — не может иметь более трех линий, а у него их чуть не сотня. Железо — атом

№ 26 — дает тысячи линий вместо 78. Вот этот факт прежде всего и нужно объяснить.

Вам известна знаменитая схема атома Бора, которая, постепенно совершенствуясь, получила всеобщее признание. Даже один электрон в атоме водорода может иметь бесконечное число орбит. Допустимость этих орбит определяется точными условиями — так называемым квантованием. Перескакивая с внешней орбиты на внутреннюю, электрон теряет энергию, лучеиспуская ее чудесным образом в виде монохроматических волн: количество потерянной энергии всегда равно в точности одному кванту. Обратно, если свет падает на атом и поглощается, то поглощается в точности один монохроматический квант, причем электрон вырывается с одной орбиты и переводится на другую.

Этот образ одноэлектронного атома — водорода или ионизированного гелия — с различными орбитами, с различными уровнями энергии почти сразу получил всеобщее признание: давно нависшая задача была решена, уровни энергии атома и линии водородного спектра можно вычислить с поразительной точностью; целый ряд процессов в рентгеновых лучах и в обычных лучах в точности отвечал этому замечательному постулату о выкидывании или всасывании одного монохроматического кванта энергии. Торжество картины только для простейшего одноэлектронного атома было полное. Но какой ценой достигнуто было это торжество?

Вдумаемся в постулат вылетающего и влетающего монохроматического кванта. Прежде всего теория такого атома заинтересована лишь в балансе энергии, самый же процесс захвата или вылета кванта остается нераскрытым. И тем не менее существо метода подачи энергии отдельными квантами ярко противоположно раскачиванию квази-упругого электрона. Монохроматический квант вскочил в атом, электрон перескочил на более богатый энергией уровень — и уже более не может поглощаться квант того же периода; процесс кончен. А раньше электрон в атоме долго раскачивался светом — все сильнее и сильнее. Точно так же раньше в атоме с сильно раскаченным электроном последний лучеиспускал, непрерывно и понемногу затухая. Теперь картина радикально изменилась. Электрон, загнанный на верхнюю орбиту, живет на ней некоторое время, а затем срывается с нее сразу, выстреливая свой квант. Он имеет определенную вероятность выкидывания кванта или, что то же, среднюю продолжительность жизни на орбите, и яркость источника света определяется никак не мощностью колебаний электронов, а только количеством возбужденных атомов, выплывающих свой всегда одинаковый квант с определенной вероятностью. И вероятность эта есть новая константа атома, заменяющая нашу прежнюю: число резонирующих электронов в атоме. Концепция квантов несовместима с концепцией квази-упругого электрона.

Эти две концепции, каждая управляющая своим большим кругом явлений, образовали две оптики, и обе оптики вступили в состязание. Но все симпатии здесь уже заранее были на стороне концепции квинтов, и поражение упругого электрона было предопределено.

Это в высшей степени своеобразное поражение. Бой в последней стадии не кончен. И быть может квази-упругий электрон, как Протей, переменяв свой облик, в последнюю минуту одержит верх. Мы в конце увидим признаки этого, но теперь проследим за историей боя, так как в нем живое участие принимал ГОИ — то на той, то на другой стороне.

За период с 1913 по 1918 г. основные постулаты Бора были освоены и приняты всеми физиками в применении к одноэлектронным атомам. Относительно многоэлектронных атомов было ясно одно: в них всю сложность спектра производит один, самый внешний электрон, перепрыгивая с орбиты на орбиту. Но почему же спектры, даже щелочных, самых простых атомов, по крайней мере, вдвое сложнее водородного, и если у последнего теоретически электрон дает бесконечное число линий, то для первых мы имеем двойную бесконечность линий?

Это выяснилось немедленно после того, как Зоммерфельд нашел метод квантовать орбиты по второй переменной. Вслед за этим в ГОИ сразу, сравнивая энергии атомного электрона на далеких орбитах с аналогичной энергией водородного электрона, распределили все серии линий. Все орбиты сразу стали ясными, громадные накопленные запасы цифрового материала по анализу спектров, до сих пор чисто эмпирического, заговорили отчетливым языком. Это был как бы взрыв понимания. Он произошел у нас в момент самой жестокой блокады. Новая схема сразу покорила умы, сразу с огромным подъемом направила работу в русло квантового атома, но и заострила у нас трагедию двух оптик.

За границы тот же процесс шел параллельно. Период 1919—1922 гг. был у нас заполнен работами по методам квантования (Ю. А. Крутков, студент В. А. Фок и др.), по освоению общих, только что указанных идей о строении спектров и строении атомов на длинном ряде частных случаев. Тут же стала ясной и вышеупомянутая загадка Теренина, который дал целую серию работ по возбуждению посредством света свечения у различных атомов. Уровни энергии атома таллия устроены так (рис. 3), что свет ультрафиолетовой линии 3776 поднимает электрон с нижнего уровня $2p_2$ на верхний $2s$; отсюда он может свалиться назад на $2p_2$, испуская обратно резонансную линию 3776, но может свалиться и на уровень $2p_1$, который немного выше $2p_2$, что и даст неожиданную зеленую линию 5351. Зеленая линия вообще не поглощается, так как на $2p_1$ нормально нет электрона. Так просто решается загадка, которая с точки зрения квази-упругого атома неразрешима. Если же загнать электрон на $2p_1$ более простыми способами — толчками других электронов, то атом будет поглощать и зеленую линию.

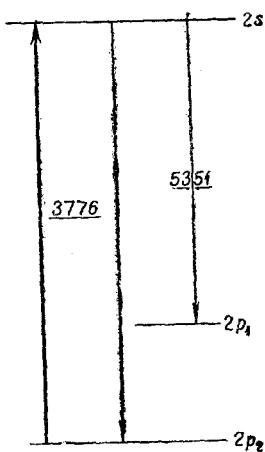


Рис. 3. Уровни атома таллия

Все это время две оптики продолжали существовать рядом. Именно в период 1922—1926 гг. они как раз схватились самым жестоким образом. Дело в том, что в это время идеи о строении атома, быть может, больше всего расчистились и прецизировались. Здесь Бор сделал новый смелый шаг вперед.

Пользуясь химическими аналогиями, анализом спектров — как рентгеновых, так и оптических — при помощи новых методов квантования и так называемого принципа соответствия, — он построил модель атома во всей его сложности: в принципе намечены не только орбиты валентного электрона, а все орбиты всех электронов, во всей их сложности.

При растущей ясности концепции уже недопустимо было сохранять две противоречащие оптики. Бор пытался раздавить квазиупругий электрон, даже пожертвовав законом сохранения энергии, расчленив во времени два момента: перескок электрона с орбиты на орбиту без изменения энергии и испускание энергии в форме волн. Этим он пытался спасти самое понятие о периоде, о волне, самый принцип интерференции световых волн, так как гроза надвигалась еще и с другой стороны. Квант, который мгновенно вылетал и особенно мгновенно влетал в атом, вообще уже не представлялся комплексом волн, а казался, как думал Эйнштейн, каким-то ничтожно малым комком энергии, который вылетал в ту или другую сторону, т. е. вовсе не так, как группа волн, во все стороны расходящаяся от капли, упавшей в воду, и еще менее, как группа волн, всасывающихся со всех сторон в центр, — аналог поглощению света. Для такого всасывания не требуется времени — квант должен выскакивать мгновенно. Но тогда где же самое понятие с периоде, о волне, об интерференции?

Здесь острая трагедия, которую не удается победить самыми хитроумными механизмами. Все эти механизмы, равно как и паллиативы Бора, не имели успеха, и придумать, как квант интерферирует, не найдено было возможности.

Особенно трагично было наше положение в ГОИ. Наше орудие исследования — интерферометр; но интерференция непонятна. Мы исследуем скорость распространения света через материю, иначе говоря, — сквозь собрание атомов; но без интерференции и этот процесс непонятен. Наконец, мы ясно трактуем атом как квазиупругий, что строгойше воспрещено. Поистине нелегко было найти правильный путь в этом столкновении старой и новой оптики.

Одно здесь кажется твердым — целые отношения чисел электронов, как это дают крюки на старом языке. Пусть не очень ясно, что означают эти целые числа, — во всяком случае это твердый закон. И все силы были направлены, чтобы доказать, что действительно закон твердый, чисто атомарный, что полученные отношения, подобно радиоактивности, не зависят ни от температуры, ни от плотности газа. Это удалось, и мы с Туроверовым (он умер, не окончив опыта) доказали, что целые отношения не меняются даже при температуре вольтовой дуги, а В. К. Прокофьев, который еще

студентом в ГОИ начал работы с интерферометром, нашел их неизменными даже при такой плотности паров калия, что у него в интерферометре шел калийный металлический дождь.

В это время ГОИ очень окреп. Он получил мощную техническую базу и создал такие прекрасные мастерские, оптические и механические, что смог сам построить флюоритовый интерферометр, который лег в основу многих дальнейших исследований не только в ГОИ, но и за рубежом, где в Германии с ним работала школа Ладенбурга до прихода фашизма, разогнавшего ее по всем концам света.

Эта схватка квази-упругой и квантовой оптики, хотя и не привела к окончательным решениям, тем не менее сильно способствовала выяснению некоторых вопросов.

Во-первых, zakралось подозрение, верна ли квази-упругая теория даже с чисто классической точки зрения. Только что, показывая на фотографию, я говорил: свет разрушил атом. Это неверно. Свет при близком совпадении периодов необычайно сильно раскачивает упругий электрон, и последний испускает волну, обратную по фазе падающей: происходит задержка фазовой скорости и поглощения. Но если атом сломан и затем восстанавливается, то связь по фазе теряется, лучеиспускаемая волна становится случайной по фазе относительно падающей (технический термин „не когерентна“), и тогда поглощение идет на рассеивание света во все стороны. Так вот является вопрос, ломается ли атом или нет при резонансном излучении. Если нет, то квази-упругая теория возможна. Если да, то мы в сущности имеем прямо вырастающую из классической механики схему атома с двумя уровнями энергии. Таким образом старый атом начал показывать черты боровского, квантового атома. Мы далее увидим, что это действительно так, хотя в этот период не было доказано, когерентно ли резонансное лучеиспускание с падающей волной или нет.

Еще три очень важных свойства атома были обнаружены в это время. Во-первых, Крамерс показал, что линейность уравнений не противоречит квантовому атому, а следовательно, гиперболичность кривых интерференции, о которой была речь выше, не может служить чистым критерием квази-упругости атома: мой скепсис оправдался самым неожиданным образом. О втором открытии Крамерса я упоминать не буду, так как оно нас не будет занимать. Третье свойство атома отложим до изложения следующего периода, от 1926 г., периода волновой механики Шредингера, когда особенно конкретно выяснилось его значение.

Позвольте мне показать вам спектрограмму (рис. 4) с криками, которая является достаточно завершающей в вопросе о строении атома и к которой, как уже было сказано, мы в ГОИ долго готовились. А. Н. Филиппов закончил работу над флюоритовым интерферометром и вместе с В. К. Прокофьевым исследовал атом натрия. Вы видите — это не одна или две линии, это все линии одной серии, до самой слабой и даже область после линий. Для того чтобы понять значение этой спектрограммы, мы

перейдем на язык волновой механики Шредингера, которая с 1926 г. победоносно заняла место прежней теории Бора, развивая, дополняя и оправдывая ее.

Как известно, в гипотезе де-Бройля, в теории Шредингера и, скажем просто, в действительности, в непосредственном опыте, электрон превратился в волну. Электрон в атоме — это стоячая волна. Кроме основного „тона“ в кавычках он имеет „обертоны“, — правда, ни в коем случае не гармонические, как для струны, а, наоборот, весьма сложно, какофонически построенные. Вот они геснятся к границе серии. А крюки указывают на интенсивность „обертонов“.

Для познания атома в числах на фотографии в принципе имеется все. Положение в спектре и крюки исчерпывают атом. Но здесь собственно и начинается его изучение.

Однако прежде приведем эту картину в соответствие со всем, что было сказано раньше.

В каком положении стоит вопрос о квази-упругих свойствах электрона? Что такое в новой теории квант света?

Смеет ли дальше существовать интерференция света?

Прежде всего, еще несколько раньше, в 1925 г., стало ясно, что все „обертоны“ вместе соответствуют в сумме одному электрону, и если применить наш метод крюков, как раньше, до Бора, то, сложив все числа для всех линий натрия, получим число — единицу. Это известно под названием закона сумм и проверено детально Прокофьевым и Филипповым.

Но что значит „сумма обертонов соответствует одному электрону“?

Это значит, что электрон можно рассматривать двояко. Или он — волна и образует стоячие волны, или, что то же, он является в образе частицы и тогда он движется кругом ядра по определенной орбите на определенном уровне энергии и имеет определенную вероятность перескока с одной орбиты на другую, как мы говорили вначале.

Но ведь счет электронов мы производили ранее по принципу резонанса, а резонанс требует упругого электрона, раскачиваемого светом. Этому ведь противоречит и понятие о свете, как о кванте энергии.

Как двояка природа электрона, так двояка и природа света. Свет есть и волна, свет есть и квант — частица. Как волна, свет интерферирует, и употребление нами интерферометра вполне законно. Тотчас же, как было построено уравнение Шредингера, сам Шредингер применил его к дисперсии света, к тому процессу, в котором свет, действуя на атомы, на электроны в атомах, распространяется в среде, заполненной атомами, одним словом, к процессу, который обуславливает аномальную дисперсию и те крюки, которыми мы все время оперируем. Здесь все свойства явлений оказались воспроизведенными так, как если бы электрон был квази-упругим. Но вместе с тем природа орбит и уравнений Бора выявилась в полном торжестве, со всеми правилами квантования. Эле-

ктрон дает и те когерентные волны, которые изменяют скорость света. Он дает и те некогерентные резонансные волны, которые он испускает, закинутый влетающим квантом на верхнюю орбиту. Уравнения дают удивительную гармонию и согласие старого и нового — какой ценой, мы сейчас увидим, — но отныне работа, и горячая работа, идет уже без внутренней трагедии, без двух оптик, которые слились теперь в одну.

В чем же работа теперь, когда, казалось бы, все решено и уравнения численно, математически предсказывают все?

Хотя принцип построения атомов известен, уравнения составлены, но решить их так же невозможно, как решить до конца задачу трех тел в астрономии. Слишком велики математические трудности. Однако, что невозможно в солнечной системе, то гораздо более доступно в атоме, так как с атомом можно экспериментировать. Совместная работа экспериментаторов (спектры и крюки) и самых опытных математиков, несомненно, позволит овладеть постройкой атома так, как владеет инженер постройкой здания, т. е. предвычислять и предсказывать.

Поэтому с 1926 г. ГОИ особенно усиленно принялся за разработку и применение своего метода и уже применил его для натрия, калия, лития, рубидия, цезия, таллия, цинка, кадмия, кальция, стронция, бария, серебра и ртути.

Особенно разносторонне исследован таллий, так как на нем удобно исследовать количественно то явление пустой (метастабильной) орбиты при изменении температуры паров, которое впервые, еще студентом, нашел Теренин. Как уже было отмечено, загнать электрон на эту орбиту светом невозможно, но это происходит при достаточно сильных соударениях атомов тем чаще, чем выше температура, согласно закону Больцмана. Закон Больцмана проверен в ГОИ, и теперь, обратно, по числу электронов на метастабильной орбите можно определять температуру газа, что подчас очень важно.

Работа далеко еще не превратилась — и быть может не превратится до конца — в массовое, шаблонное исследование атомов, еще появляются отдельные новые, непонятные черты. Как пример возьмем опять таллий. Пока я еще не говорил об одном свойстве квантового атома, которое не имеет никакой аналогии с атомом квазиупругим. Можно светом перевести электроны с основной орбиты на бесконечно высокую, т. е. удалить на бесконечность, — на языке упругости это значит сломать. Но можно сделать и больше: можно выстрелить электроном, иначе говоря, удалить его на бесконечность, снабдив большой скоростью; втянуть такой процесс в схему квазиупругого электрона во всяком случае не просто, на первый взгляд невозможно. Но для квантовой теории, даже в ее первоначальном облике, эта сторона вопроса не представляет никакого затруднения: за концом серии линий, где, как мы видим, линии теснятся в кучу к определенной границе, следует сплошное поглощение; последняя линия соответствует электрону на бесконечности без скорости, сплошное поглощение соответствует добавочной скорости выстре-

ливаемого электрона, оно потому и сплошное, что все скорости выстреливаемых электронов возможны, нет дискретности в уровнях живой силы. Волновая механика также легко расправляется с этим вопросом. В „обертон“ волны-электрона входит все безграничное пространство вокруг атома, и свойства этой стоячей волны обнимают и скорость (энергию) электрона, удаляющегося от атома. Поэтому сплошной спектр автоматически включается в тот закон сумм, который соответствует единице на нашем интерферометре. Но вот для таллия, если подсчитать все сериальные электроны, в сумме выходит лишь одна четверть, а сплошному спектру, как он ни силен здесь, никак нельзя приписать остальные три четверти. Закон неверен. Но путем познания неверности старых законов и открываются новые законы. Однако это связано уже с теоретической работой над крюками.

После получения Прокофьевым и Филипповым демонстрированной здесь спектрограммы с крюками Прокофьев сделал попытку вычислить теоретически те вероятности переходов электронов, которые крюки дают экспериментально. Попытка, которая усовершенствовала метод, предложенный уже японским ученым Сугиура, в первом приближении увенчалась успехом и показала, что этим вопросом можно и должно заняться гораздо пристальнее. Он перешел в руки большого специалиста по квантовой механике и по вычислениям — В. А. Фока, также бывшего студента ГОИ, ныне члена-корреспондента Академии наук. Как раз на нынешней сессии он подробно доложит именно об этих своих работах. Они довершают нашу программу. Атом, прощупанный экспериментально, подвергается математической обработке с тем, чтобы вывести как можно больше следствий относительно его свойств, относительно его возможностей соединяться с другими атомами. И Фок указал, как это сделать, изменяя принципиально метод Гартри. Результат его вычисления уровней энергии и вероятностей переходов уже значительно точнее, чем у Гартри. Здесь конечной целью является вычисление всех свойств атома из основных уравнений. Выше этого знания атома уже ничего не могло бы быть. Разумеется, здесь задача многих тел значительно облегчается тем, что многие электроны можно собирать в группы или слои, значение которых, главным образом, в том, чтобы экранировать ядро, и потому здесь наиболее просты вычисления с одновалентными, щелочными металлами.

В ГОИ В. А. Фок организовал систематическое вычисление атомов, и целый ряд работ дал ценные результаты. Я здесь упомяну только о разрешении той загадки, какую поставил атом таллия. Закон сумм был высказан без учета особого вида сил, которые, как принято выражаться, не имеют аналогии в классической механике, так называемых сил обмена. Фок впервые доказал, что между валентным электроном и остальным атомом может быть столь большая связь через силы обмена, которая так исказит закон сумм, как никто этого не ожидал, и даст ту аномалию, которую опыт нашел в атоме таллия.

Итак, работа по строению и вычислению атомов идет очень напряженно и экспериментально и теоретически. В последние годы разработана теория интерферометра, который служит для исследований по методу крюков. Кроме того, тщательно исследуется самый метод, который, повидимому, можно сделать прецизионным для счета электронов, а иногда и для измерения температуры.

Прежде чем покончить с нашим разрезом работ ГОИ, следует, чтобы полнее его охарактеризовать, отметить некоторые черты того временного финала, которым пока что закончилась борьба квази-упругого атома и атома Бора.

Мы выше остановились на теории дисперсии Шредингера. Но это не последний этап теоретической мысли. Теория Шредингера рассматривает судьбу атома Бора под действием падающей волны. Однако этот метод уже теперь не дозволен. Сама падающая волна представляет часть той системы, которую мы должны обнять уравнением Шредингера. И если мы сделаем это, то получим, как указал Дирак, законы лучеиспускания, поглощения и дисперсии в самом совершенном и последовательном виде.

Каков же результат?

Световая волна превращается теоретически в гармонический осциллятор и обменивается квантами с электроном атома. Признаки квази-упругого вибратора, почти исчезнувшие в электроне атома, неожиданно смутно проявились в световой волне. Всякий раз как волна — выступает ли в этом образе электрон или квант свет — действует, она действует, как частица. Когда эта волна распространяется, она может быть рассматриваема как волна, но как волна-фантом, не реальность, а волна-вероятность.

Однако здесь нет опасности для физика-экспериментатора. Он всегда и по существу скептик, так как всегда орудует числом. Если уравнения, как бы они ни появились, дают правильные предсказания, дают числа, получаемые на опыте, то это уже реальное, надежное достижение. Это, и именно это, непосредственно полезно и практически нужно. Правильная же и удобная схема объяснений будет когда-нибудь найдена. Пока же она вызывает чувство глубокой неудовлетворенности. Простое в ней сложно, работа с ней идет хотя и уверенно, но тяжело и медленно.

Однако моей целью не является сегодня настаивать на этих отвлеченностях. Я лишь упоминаю их, чтобы резче подчеркнуть ту атмосферу абстрактности, в которой физику приходится теперь работать.

Только что очерченная линия работ, в которой я больше всего участвовал до последнего времени, не исчерпывает даже вопросов об анализе спектров для познания атома. В Оптическом институте имеется еще значительная область исследований, возглавляемая проф. С. Э. Фришем. Его группа анализировала ряд спектров, а с того момента, когда развилось исследование атомного ядра, она приняла деятельное участие в анализе спектров, поскольку в них отражается влияние ядра. Отражается же оно лишь на самых тон-

ких деталях, так что исследование заключается в ювелирной работе — анализе сверхтонкого строения спектральных линий. Отсюда удалось уже сделать ряд заключений относительно строения ядра при помощи формализмов волновой механики.

Работы по строению атомов лежат в центре современной физики и астрофизики, и обсуждать важность их было бы излишне.

Однако представляется существенным наметить — главным образом в работах ГОИ — те линии, по которым происходит и будет происходить практическое использование достигнутых абстракций. Во-первых, далее будет указано, что физику в СССР

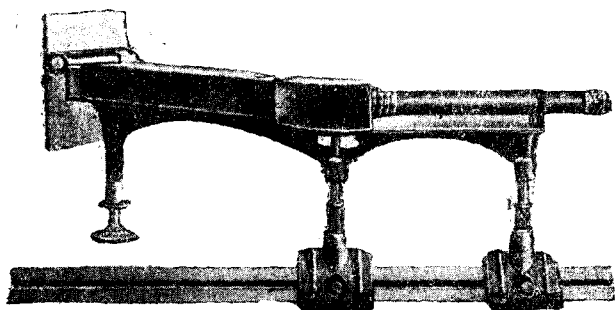


Рис. 5. Ультрафиолетовый спектрограф В. К. Прокофьева с призмой из сильвина

нужно усилить в 4—5 раз и в таком случае нужно ясно видеть практические цели, к которым мы стремимся. Во-вторых, яснее выступит схема Оптического института, не свойственная капиталистическому государству. В-третьих, мы нащупаем сильные и слабые места ГОИ.

Проследим в отношении практических приложений только эти три линии — и очень бегло — в порядке возрастающей важности и убывающей определенности. Мы будем иметь дело уже не с анализом спектров, а со спектральным анализом. Во-первых, — самый простой химический анализ, основанный на знании спектров элементов. Во-вторых — новая светотехника — газосветные лампы. Эта линия не удалась ГОИ. В-третьих, — фотохимия и ее туманное, но грандиозное будущее.

Летом 1935 г. по инициативе А. П. Соловова, начальника геологопоисковой партии, направлявшейся в Хапчерангу в поисках за оловом, был отправлен с партией от ГОИ квалифицированный химик-спектроскопист Ю. М. Толмачев со спектрографом того типа, какой изображен на рис. 5, и со всеми приспособлениями для получения искры и дуги. В течение 2 мес. работы экспедиции было произведено 2 500 анализов, около 40 в день. Всякая проба немедленно анализировалась, и мгновенно получался ответ, есть олово

или нет и в каком приблизительно количестве. Я недаром назвал в начале доклада спектральный анализ глазом геохимика. Им он видит, сколько олова в извлекаемых пробах, и может тут же вывести заключение. Спектрограф работает в 60 раз быстрее и во столько же раз дешевле, чем химический анализ. Кроме того, метод настолько прост, что во второй половине работ экспедиции анализы уже производились девушками, вовсе не знакомыми с физикой. В результате олово было найдено именно благодаря спектрографу, в честь чего первая найденная жила олова названа „спектральной“. Очевидно, что применение спектрального анализа даст в поисках нужных элементов метод исключительной ценности.

Остановимся несколько на свойствах метода спектрального анализа, а затем сделаем выводы из опыта нынешнего лета.

Значение спектрального анализа определяется его колоссальной чувствительностью, которая выражается числом 10^{-5} . Это значит, что спектральными реакциями можно открыть в веществе примесь в $1/100000$ веса самого вещества или в $0,001\%$. Семьдесят лет назад, во время открытия спектрального анализа, это была поражающая чувствительность. Известно, что почти нельзя избавиться от натровой линии в пламени горелки или от линии кальция в спектре искры, куда натрий и кальций попадают с пылью. Тем не менее, это все же огромные количества, как одна миллионная или одна десятиллионная грамма, иначе говоря, 10^{13} — 10^{14} атомов, тогда как теперь можно следить за судьбой уже одной только α -частицы или одного иона вещества. Точка зрения на оценку чувствительности радикально изменилась за последние десятилетия, но практически положение вопроса не изменилось. Чрезмерная чувствительность в большинстве случаев не нужна, необходима чувствительность, только значительно превосходящая чувствительность химического анализа.

Но и здесь вопрос о чувствительности является спорным. Физики хорошо помнят, как легко и элегантно несколько лет назад в лаборатории Табера был решен в отрицательную сторону старый алхимический вопрос о превращении ртути в золото. При этом точность анализа была доведена до 10^{-9} , и, таким образом, чувствительность спектроскопа превзойдена в 10 000 раз. Аналитик, трогаящий руками свои золотые очки, найдет это золото в своем анализе.

Однако, сколько времени занимает такой анализ?

Сила спектрального анализа не в неимоверной чувствительности, а в очень большой, превышающей нормальные методы химии в сотни раз, в соединении с необычайной быстротой и легкостью. Спектроскопист работает полчаса и час там, где химику требуется несколько дней работы. Вот пример из практики производства оптического стекла. Бич оптического стекла—окислы железа, которые из песка, из шамота горшка попадают в стекло и окрашивают его. Но есть другой бич, который до сих пор был неизвестен

так как, окрашивая стекло в 30 раз сильнее железа, он присутствует в слишком малых количествах, чтобы химики его обнаружили. Это — окись хрома. Длительное спектро-фотометрическое исследование заставило в ГОИ заподозрить его присутствие в тысячных долях процента. Заводские химики отказались проверить или опровергнуть это открытие нового врага, так как это требовало слишком большой затраты времени. Спектральный анализ лучеиспускания быстро подтвердил открытие.

На золотых приисках выгодно иногда разрабатывать такие места, где спектральный анализ в силу своей ограниченной чувствительности покажет нуль золота. В таком случае соединение спектрального анализа с простейшими химическими манипуляциями быстро увеличивает чувствительность. Так, если для золота спектральная чувствительность нормально 10^{-5} , а для платины она в 5 раз меньше, то при помощи так называемого „микро-докиматического“ метода Габера она становится равной 10^{-6} и превосходит все практические требования. А метод Габера состоит всего лишь в сплавлении 0,5 г исследуемого вещества с щелочью и уксусноокислым свинцом, причем все примеси ценных металлов концентрируются в малой капле свинца в 3,5 мг весом, а последняя и подвергается обычному спектральному анализу.

Отсюда ясно огромное значение спектрального анализа для химика, геохимика в поисковых и разведочных партиях, при отыскании и добыче ценных элементов, и, наконец, вообще при качественном химическом анализе. Необычайная простота аппаратуры и манипуляций, минимальные требования к теории должны были бы давно привлечь химиков к спектральному анализу.

И тем не менее метод спектрального анализа не применяется в СССР почти совсем. Однако все химики единогласно говорят об эффективности метода, и те, кто однажды ему научились, уже от него не отстают. Причин непопулярности спектрального анализа три. Первая — высокая цена спектрографа. Вторая — отсутствие приборов в СССР. Большинство чувствительных спектральных линий находится в ультрафиолетовой части спектра, а потому спектрограф должен иметь кварцевую оптику, а однородного кварца нужных размеров в СССР нет. Он встречается только в Бразилии и на Мадагаскаре. Третья причина — та, что химиков не обучают спектральному анализу в вузах.

Однако теперь, когда ценность метода летом 1935 г. обнаружилась так ярко, все препятствия должны быть устранены. Ни одна экспедиция не должна теперь выезжать без спектрографа и без опытного аналитика-спектроскописта, иначе она выезжает слепая — без глаз. Геологи должны сами владеть методом, чтобы ясно представлять себе его значение.

Что касается кварцевых призм в спектрографах, то ГОИ победил скупую природу. Он научился кристаллизовать сильвин в больших монокристаллах. Сильвин еще лучше кварца. На рис. 6 изображены кристалл сильвина (справа) и вырезанная из сильвина

призма (слева). На рис. 7 и 8 даны образцы спектрографов, изготовленных в ГОИ для видимого спектра (рис. 7) и вакуумных — для крайнего ультрафиолета. По этому образцу промышленность

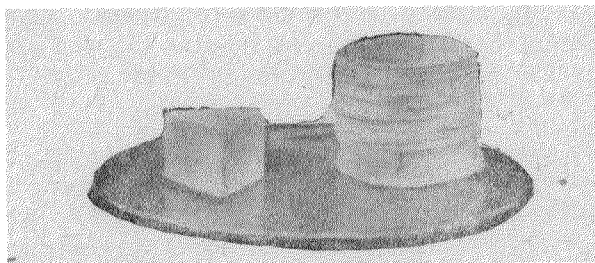


Рис. 6. Кристалл кальфлюа и призма из кальфлюа

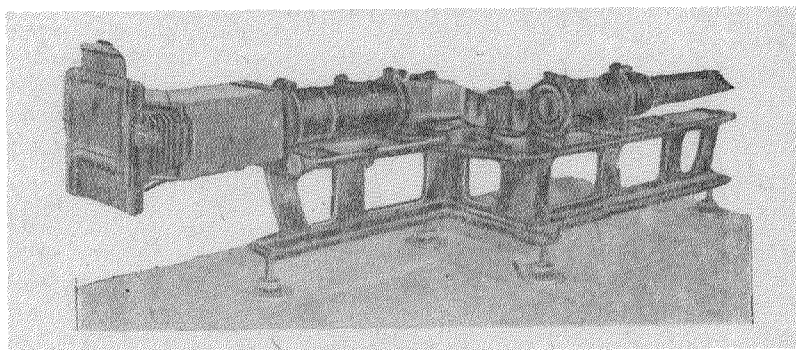


Рис. 7. Спектрограф С. Э. Фриша

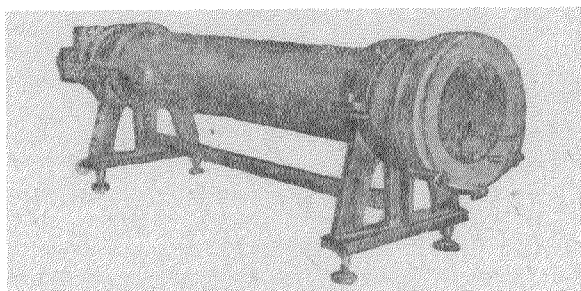


Рис. 8. Вакуумный спектрограф В. М. Чулановского для крайнего ультрафиолета

должна изготовлять спектрографы сотнями. Она должна готовить и остальную аппаратуру. В два года можно изготовить несколько сот комплектов.

Здесь еще нет совсем нового специального ультрафиолетового спектрографа для олова, компактного, дорожного, предназначенного для экспедиций, — он еще находится в стадии конструкции в мастерских ГОИ.

Если нет химиков-спектроскопистов, то нужно организовать систематическое обучение спектроскопии всех химиков-аналитиков в вузах, например в Ленинградском университете, рядом с ГОИ. Десятка два-три легко обучить в один месяц. Равным образом нужно обучать спектральному анализу геологов.

Физики и химики-спектроскописты должны разрабатывать простые стандартные методы анализа для всех элементов при разнообразных условиях, что уже несколько лет делается в Оптическом институте.

Приложения спектрального анализа к промышленности гораздо шире, чем было намечено выше. Впервые проф. Г. С. Ландсберг в лабораториях МГУ организовал постройку спектроскопов и спектрографов для специальных промышленных целей, ГОИ последовал за ним. Но я не останавливаюсь на этих работах, так как случай лета 1935 г. показал применение спектрального анализа исключительно важного характера и притом чрезвычайно типичное. Типичность его в том, что здесь мы имеем задачу, в которой науки физики всего 20%, а остальные 80% лежат в четкости государственной организации.

Если бы я имел возможность, то я создал бы представителей спектрального анализа, оптической промышленности, химии и геологии и поручил им организовать дело так, чтобы через 2 года не было ни одной поисковой или разведочной партии без спектрографа с опытным спектроскопистом. Размер этого дела порядка нескольких миллионов рублей, а его эффективность, несомненно, во много раз превосходит эту цифру.

Я перехожу ко второму приложению, размер которого определяется сотнями миллионов и гораздо большей насыщенностью методами науки, вплоть до самых больших тонкостей квантовой механики. Это — газосветные источники света.

Квантовая теория по самому существу своему, в основных своих постулатах гарантирует 100% выход при превращении электрической энергии в световую, тогда как в обычных калильных лампах этот выход значительно ниже 10%.

Об этом говорят постулаты Бора и это подтверждают знаменитые опыты Франка и Герца.

Возьмем за источник света пары натрия в вакууме при небольшом давлении, и пусть в той же трубке имеются электроны в электрическом поле. Разгоним электроны в электрическом поле ровно настолько, чтобы полученная ими энергия при ударе об атом целиком пошла на переброс электрона атома с основного уровня на следующий, высший. Ударяющий электрон при этом остановится, а электрон атома вскоре после этого летит назад и всю получаемую энергию целиком излучает, как желтую линию. Осуществляется 100% выход.

На практике это дает выгоды, например, в 5 раз: отсюда ясна стомиллионная экономия на свете.

Механизм свечения подобных ламп связан с самыми хитрыми атомными процессами. Нужно не упустить энергию ни в ультрафиолетовую, ни в инфракрасную части спектра. В сущности только пары натрия дают идеальный газ; практически с одной линией, как показывает наш метод крюков. Но желтый свет натрия дает зловещее освещение, мертвящее лица. Для получения белого света нужно подмешивать второй газ. Законы перенесения энергии от одних атомов к другим, законы излучения резонансного света, распределение электронов атома по метастабильным орбитам — здесь играет роль масса соображений, и изобретения в этой области требуют самых глубоких познаний в спектроскопии, в волновой механике, в оптике.

Кроме того, нужно создавать электроны и не потерять даром их энергию в тех сложных процессах, которые разыгрываются в знаменитой „плазме“ Лэнгмюра. В настоящее время создаются кадры лиц, которые специально изучают эти процессы в газовых трубках и владеют ими, владеют всеми приемами вакуумной техники.

Пока еще нет удовлетворительных газосветных ламп, хотя уже многие улицы и дороги за границей освещаются весьма неприятным желтым светом.

Тем не менее ясно, что эта задача дешевого белого света будет скоро решена. Над ней работает, вот уже пять лет, весь светотехнический мир.

К сожалению, ГОИ не работает над этой задачей. Технически она очень трудна и требует творческой работы, а также и специалистов по ламповой технике. Работа возложена на ВЭИ. Там устроена огромная лаборатория с большим числом техников. ГОИ пытался организовать подобные работы у себя, в малых размерах, чтобы пустить в ход свою спектроскопическую мощь, но кадры ламповых техников в СССР слишком жидки, деловая лаборатория не удалась, и ГОИ должен был ограничиться несколькими работами в этой области, поневоле стерильными, вдали от большой техники, хотя и разъясняющими интересные процессы взаимодействия атомов.

В этой области, как мы видели, понятие о спектральном анализе далеко не так элементарно просто, как в первом приложении, и не всегда можно отличить здесь спектральный анализ от анализа спектров.

Еще более это имеет место в третьем применении спектрального анализа — в фотохимии.

Что выигрывает техника от познания атомов? Конечно, практически выигрыш весьма большой и по очень разнообразным направлениям, но главный выигрыш не прямой, а косвенный. Законы строения атома дают основу для исследования законов строения молекул. А зачем нужны молекулы? Знание молекул необходимо включает знание того, как связаны атомы и умение строить и раз-

рушать молекулы. Это химия, но химия не до-Боровская, эмпирическая, управляемая лишь при помощи феноменологических законов термодинамики, а химия конкретная, понимающая процесс в тончайших деталях и управляющая атомом, как шофер автомобилем. Химия такая, какою ее создает волновая механика, имеющая образ того, как, например, шесть водородов бензола связаны каждый с каждым из шести углеродов. Это химия Паулинга, Гейтлера, Лондона, Слэтера, Ван-Флека и многих других, умеющая понимать и вычислять связь атомов из их электрических полей. Вряд ли нужно продолжать дальше вопросы, для чего нужна химия.

Эпоха теоретической химии на почве квантовой механики возникла лет 10 назад, непосредственно после того, как началось изучение спектров молекул и отсюда — строения молекул. Эта отрасль, молекулярная спектроскопия, представлена в ГОИ двумя группами.

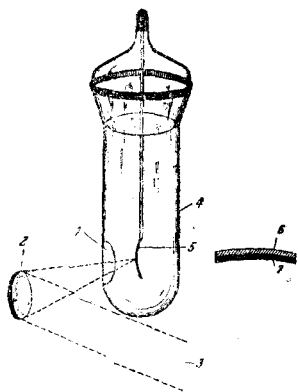


Рис. 9. Двухслойный радиометр Оптического института

1 — прозрачное окошко для радиации; 2 — вогнутое зеркало; 3 — измеряемый порок инфракрасной радиации; 4 — откаченный баллон; 5 — двухслойная пластинка; 6 — висмут; 7 — кварц, коэффициент расширения ≈ 0 .

На рис. 8 виден спектрограф, построенный в сильной группе проф. В. М. Чулановского, который исследует молекулу азота в самой крайней ультрафиолетовой области спектра, где в приборе нужно создавать вакуум, так как лучи поглощаются воздухом. На рис. 9 изображен необычайной чувствительности приемник для инфракрасных лучей, изобретенный в молодой группе М. Л. Вейнгера, который руководит сотрудниками, работающими над молекулами и инфракрасными лучами [на рис. 2: 1 — прозрачное окошко для радиации, 2 — вогнутое зеркало, 3 — измеряемый поток инфракрасной радиации, 4 — откаченный баллон, 5 — двуслойная пластинка, 6 — висмут, 7 — кварц (коэффициент расширения ≈ 0)].

Группа Вейнгера раскачивает светом атомы в молекуле и занимается, например, такими вопросами, как прямолинейное расположение трех атомов в молекуле углекислоты и угловатое в молекуле воды, — вообще внешней структурой молекулы. В данный момент ее занимает структура молекулы брома. Группа проф. Чулановского старается расчлениить, какие электроны, например, в молекуле азота принадлежат атомам и какие употребляются как связь между двумя атомами.

Но все эти группы спектроскопического сектора ГОИ, атомные и молекулярные, несмотря на их абсолютную и практическую значимость, тем не менее являются лишь подготовительными для той группы, которая теперь занимается фотохимией. Это группа А. Н. Теренина.

Взрывая светом атом, он, еще студентом, ярко иллюстрировал

понятие о пустой орбите таллия. Взрывая светом простейшие молекулы, как иодистый натрий, из свечения продуктов распада он одним из первых отчетливо понял и иллюстрировал значение для химической связи того электрона, который так охотно покидает атом натрия и так охотно присоединится к атому галоида—иоду.

Методы связи и продукты распада двухатомных, трехатомных молекул стали ясными после светового анализа, спектрального анализа, примененного самым строгим образом к атомам и группам атомов.

Разрывая молекулу кислорода на атомы, обыкновенный и возбужденный, Теренин в последние годы — он уже, конечно, теперь не студент, как в первые годы существования ГФИ, он член-корреспондент Академии наук — проследил реакции соединения того и другого атомов с водородом в воду и с окисью углерода в углекислоту. В более сложных молекулах световая волна дает возможность уловить и реагировать на радикалы гидроксила в спиртах, на циан в органических соединениях, на амин. По тому, как расходуется свечение от места реакций, можно узнать, как переливается энергия внутри довольно сложных молекул. Лаборатория Теренина среди ученого мира — одна из наиболее быстро отвечающих на все новые запросы фотохимии и она быстрее всех приближается к самому важному объекту, на котором все более концентрируются силы исследователей. А его значение еще больше, чем квантовой химии, как ни важна непосредственно и практически последняя.

Всем известен тривиальный факт, что вся энергия на земле идет от солнца, что световые лучи, начиная от инфракрасных и кончая ультрафиолетовыми, приносят на землю тепло и через зеленое растение — энергию в виде жизни, равно как и энергию, нужную для нашей жизни, в виде угля.

Быть может, менее известно широкой публике или, если известно, то недостаточно оценивается, что из всего солнечного спектра используется лишь узкая красная полоска — полоска, поглощаемая хлорофиллом, а остальная часть энергии пропадает даром.

Что значит — пропадает даром? Ведь солнце греет нас?

Откроем кран у котла локомотива и выпустим пар. Он согреет землю, но не совершит работы: он пропал даром. Солнце — котел в 6000°. Его высокая температура, высокий возможный коэффициент использования его энергии — в богатстве ультрафиолетовыми лучами, в богатстве громадными легко усваиваемыми квантами. Мы слепо и тупо смотрим, как льется эта драгоценная энергия мимо нас на землю, не совершая работы, не снабжая нас энергией. А сколько ее? Любители больших цифр давно подсчитали, что мощность солнечной радиации — по Волховстрою на каждого обитателя земли. Только ничтожная ее часть, и мало эффективная, перехватывается зеленым растением и превращается в меня, в нас, в жизнь, в энергию угля. И все это исключительно потому, что мы не умеем обра-

щаться с этой формой энергии, со световой волной, — не знаем фотохимии.

Из этих простых соображений понятно, какое значение для нас имеет абстрактность или конкретность волновой механики, понимание или непонимание строения атома, знание или незнание фотохимии. Понятно, что нужно научиться связывать энергию солнечного луча, как это делает зеленое растение, иначе говоря, прежде всего изучить фотореакцию — ассимиляцию углекислоты хлорофиллом. Над этим много работали химики-биологи, но самая важная, световая сторона вопроса остается закрытой, пока волновая механика не даст возможности овладеть ею. Как мы видели, эксперимент уже подбирается к сложным органическим молекулам. Но, вне всякого сомнения, наши знания об атомах, о молекулах, о световых процессах далеко еще не достаточны. Прежде всего отметим, что спектроскопия и фотохимия — это анализ процессов, главным образом, в газовой среде, наиболее простой для экспериментатора. А фотосинтез зеленого растения происходит, видимо, в коллоидальной среде. Перенос законов оптических явлений в газах на жидкие и твердые тела особенно сложен. В Оптическом институте этими и аналогичными вопросами с большим успехом занимается группа люминесценции, осуществляющая идеи С. И. Вавилова.

О ее работе он только что рассказал сам, и я не буду на этом останавливаться. Отмечу лишь то, что состав групп нашего научного отдела подобрался так, что все этапы задачи фотохимии имеют своих работников. И, вероятно, настанет время, когда можно будет обсуждать возможность постановки солнечной задачи. А ведь решение ее даст человечеству такие запасы энергии, что настанет новая эра, ни в чем со старой несравнимая.

Можно назвать это фантазией. Это и есть фантазия, но, несомненно, что эта фантазия когда-нибудь осуществится. Вопрос только, когда.

С 1913 по 1925 г. квантовая механика одолела атом. С 1922 по 1935 г. все существенные тайны строения молекул открыты. Вот уже лет 10, как быстрыми шагами двинулись химия и фотохимия на основах волновой механики. Можно думать, что через 10—20 лет задача освоения солнечной энергии встанет конкретно и тогда уже неотразимо, и должно быть вторая половина XX в. так же будет эрой фотохимии, как вторая половина XIX была эрой электричества.

Но эта новая эра по размаху своему во много раз превзойдет старую. Здесь вопрос будет идти не о новой только форме энергии, но и о том, что она станет даровой, как воздух, которым мы дышим.

На фоне этой серии работ, после того как стали ясны их близкие и далекие цели, по крайней мере главные, позвольте мне несколько слов самокритики и критики существующего положения вещей в науке, в физике, в оптике. Это тем более уместно, что

сегодня как бы производится смотр физики. И тем более уместно для меня, так как я уже отступил от первых рядов бойцов, сознательно работаю только в таких областях, где опытность подчас имеет значение большее, чем интуиция, и потому со стороны у меня кругозор, быть может, несколько шире и беспристрастнее.

Прежде всего прошу не ставить мне в вину, если доклад мой создаст впечатление некоторой переоценки научной деятельности ГОИ. Он построен на работах ГОИ, и потому вам могло показаться, будто мы идем во главе мировых научных событий и все взоры устремлены на нас. Это не так.

В международном масштабе мы—небольшая группа ученых, которая внесла свою заметную страницу в великую эру строения атома и молекулы. У нас не было лидеров этой эры, так как лидеры создаются в порядке одного на тысячу, при счастливой конъюнктуре персональных свойств и внешнего окружения. Но именно этого фона тысяч и не было в СССР, он только еще начал создаваться теперь, и у нас в ГОИ уже есть шанс на выдвигание лидеров в области люминесценции, в области фотохимии, в области, которую можно назвать „строительством атома“.

Главные заслуги ГОИ не в научном секторе только. Прежде всего ГОИ выполнил большую техническую задачу, во-первых, вместе с Лензосом до конца обеспечив страну оптическим стеклом и, во-вторых, создав научную базу для оптической промышленности. Затем ГОИ осуществил новый тип научного института, в котором необыкновенно счастливо сочетаются большая техника и абстрактная наука. Мы видели, что $\frac{4}{5}$ в нем техники, а спектроскопия развивается на благодатной богатой почве этой техники и в свою очередь обильно ее оплодотворяет. Мне кажется, сейчас это один из немногих институтов настоящего типа, лидирующего науку в коммунистической стране, так как именно в коммунистической стране должна быть абстрактная наука с далекими, но великими целями.

Вот уже месяц, как ГОИ вступил на путь новый, на путь гораздо более тесного единения с оптической промышленностью. Правительство передало ГОИ в ведение ВООМП, и, несомненно, теперь ГОИ должен идейно возглавить оптическую промышленность с полной ответственностью. Можно приветствовать этот акт как первый опыт, который, будем надеяться, даст твердые результаты.

Но здесь правильно обратить внимание на то, что именно своему комплексному составу ГОИ обязан своей научной силой; что ГОИ—именно правильный тип научного института в социалистической стране, где необходимо техника поддерживается абстрактной наукой и обратно. Следовательно, нужно подчеркнуть, что, ведая ГОИ, ВООМП берет на себя обязанность поддержать не только служебную часть ГОИ, но и одухотворяющее его научное ядро.

За последнее время часто слышно, что наука у нас отстала от промышленности. Это, несомненно, так, и было бы странно,

если бы было иначе. В нашей стране произведен грандиознейший опыт с успехом оглушающим. Промышленность бешено выросла, но на нее и были сконцентрированы все средства. Такого грандиозного взлета наука не совершила. Правда, развитие физики можно признать почти бесконечным по сравнению с довоенным, так как в знаменателе отношения стоит почти нуль, и, несомненно, советская власть дала огромный толчок физике вообще. Однако, если лет 8 назад научная оптотехника в ГОИ была избыточна для тогдашней оптической промышленности, теперь она далеко не достаточна. Оборудование в ГОИ, которое было прекрасно 10 лет назад, теперь мизерно.

В мировом масштабе физика в СССР стоит на 5-м месте, за Францией. Но здесь вопрос не в месте, а в том, что наша научная продукция в 4—5 раз меньше в абсолютных цифрах, чем в любой из трех стран: Германии, Америки, и Англии, тогда как в промышленности от таких соотношений мы всюду далеко отошли. В ГОИ оптическое стекло по обслуживанию научными кадрами поставлено, пожалуй, лучше, чем где-либо в мире. Оптотехника при быстром развитии оптической промышленности имеет недостаточные кадры, дело их создания впереди как в ГОИ, так и в заводских лабораториях.

Однако и для оптотехники дело относительно обстоит значительно лучше, чем для спектроскопии. В спектроскопии, как и в остальной физике, научная работа должна быть усилена в 4—5 раз, если мы не желаем задерживать промышленность в дальнейшем качественном ее развитии. Кадры настолько жидки, что целый ряд работ нельзя предпринимать.

Работа по газосветным лампам не удалась в ГОИ именно вследствие отсутствия кадров. Работы по атомам, молекулам, фотохимии, многими из которых мы справедливо гордимся, микроскопически малы в мировых масштабах, не годятся для величия СССР и не обеспечивают ему господствующего положения в технике будущего.

Разумеется, новые кадры не должны быть поглощены ГОИ, который не должен беспредельно расширяться. Должны быть созданы новые институты и усилены университетские лаборатории.

Я думаю, что физика не находится в особо неблагоприятных условиях — она развивалась последнее время очень быстро — и что сказанное о ней относится в среднем к остальным наукам. Нужно общее поднятие интенсивности научной деятельности в несколько раз.

Если наука занимает в данный момент $\frac{1}{2}\%$ всей энергии страны, то рост в четыре раза означает 2%.

Следовательно, 2% всего населения, около 3 млн. граждан, должны целиком и непрерывно работать, чтобы дать средства и возможности для усиления науки. Действительно ли это нужно? Действительно ли это можно?

С одной стороны, уже совершенно ясно в моей схеме, что необходимо ввести спектральный анализ в геологические изыска-

ния,—это миллионное дело, которое не требует новых научных открытий, а только организованного насаждения уже готового.

С другой стороны, как будто ясно, что нельзя уклониться от работы над газосветными лампами. Это дело стомилионное, которое требует упорной научной работы со всеми тонкостями квантовой механики. Разумеется, до революции об этом и вопрос не поднимался бы. Немцы выдумают и импортируют нам... Но теперь разве такая постановка вопроса допустима?

С третьей стороны, будущая гигантская техника через 10—15 лет, освоение солнечной энергии, фотохимии—это многомиллиардное дело,—быть может, с ним можно подождать? Еще недавно мы в СССР уделяли больше внимания промышленности, нежели далеким научным проблемам. Но вот уже промышленность невиданными темпами продвинулась далеко вперед; должно ли задерживать науку? Ведь задержанная теперь, она через 10—15 лет в свою очередь сильно застопорит развитие промышленности, которая потребует новых форм и новых объектов. Я чувствую, что теперь, когда СССР двинулся гигантским размахом, когда он готовится стать во главе народов, не может быть и речи о сокращении таких областей работ, как фотохимия. Коллектив людей, который сознал свою мощь,—победивший пролетариат с партией во главе,—не может не двигаться вперед все более быстрыми шагами.

Однако, как ни важно с подъемом двинуться вперед на завоевание науки, нужно сразу же дать себе отчет, насколько трудна эта задача. Целеустремленная наука—этот вопрос не решен нигде в мире. В капиталистическом государстве он по существу и не может быть решен. В чем трудность—это выяснит опять история развития вопроса о приложении анализа спектров.

Возьмем снова газосветные лампы. Кто должен решить, как и где организовать эту творческую техническую задачу, как, например, использовать спектроскопическую мощь ГОИ и вместе с тем правильно распределить жидкие пока еще калры ламповых техников, не вредя другим текущим мелким задачам? Недавно в физической группе Академии наук было заседание, посвященное светотехнике. Все физики ясно увидели, что работа в СССР движется в этой области черепашими шагами, и они ясно знают, что нужно сделать, чтобы пустить ее полными темпами. Но власть имеющих на этом заседании не было. И резолюция составлена именно с психологией людей, не распоряжающихся судьбами науки.

Возьмем фотохимию. Я глубоко убежден, что именно здесь, в освоении даром льющейся неизмеримой солнечной энергии, лежит будущность народов, а не в атомном ядре, как думают многие, или пока еще не в ядре. Но если я прав и через 15—20 лет придется приступить к новой грандиозной задаче, то нужно сейчас же принять меры, чтобы в подготовке к этим солнечным событиям не потерять ни минуты.

Академия наук в сессии группы физики признала работы по фотохимии и смежным областям исключительно важными и приняла

соответствующие резолюции. Президиум направил эти резолюции соответствующим главам.

На этом пока дело и остановилось.

Можно ли винить Академию наук и, конечно, в особенности ГОИ, что исполнение двух указанных задач первостепенной и даже подавляющей важности не движется подобающими темпами? Да, можно и следует. Пока у нас наука не организована, нужен упорный нажим, нужно неослабное и неустанное проведение ясной задачи, нужен даже героизм в настойчивости. Я с увлечением читал речь акад. Т. Д. Лысенко на заседании ударников урожайности. Это эпическая речь. Академик после огромного открытия — яровизации — бросается в гущу тысячи колхозов, чтобы там его реализовать. Когда он нашел новый сорт полезного растения, он отдает всю свою энергию, чтобы размножить этот сорт не в 10 лет, а в 2 года, в 1 год. Это действительно революционный эпос, это героизм. Я помню, как в таком же порядке — масштабы были иные — ГОИ в 1923 г. получил у правительства завод оптического стекла, и кадры ГОИ проводили дни и ночи вместе с деятелями завода, чтобы дать стране оптическое стекло, — и дали его. Да и самая организация ГОИ и организация ФТИ в первое десятилетие революции шла таким же эпическим стилем. Весь этот революционный эпос нужен, героизм необходим.

Однако не только героизмом отдельных лиц творятся новые эпохи, а организацией, и только организация промышленности железной рукой вождя суммировала весь революционный лафос страны, героизм отдельных единиц.

Как же должна быть осуществлена организация науки?

Этот вопрос практически еще не решен. Он теперь решается в нашей стране, единственной стране, где поставлен и где он неминуемо будет решен, так как в нем сосредоточены новые формы и новые темпы движения вперед и промышленности и культуры. С одной стороны, он огромен — вспомним, ведь дело идет, быть может, о даровой энергии, а это, возможно, перевернет все социальные отношения. С другой стороны, в этих масштабах он все же мал — это теперь только два процента всей энергии.

Здесь не время и не место касаться того, что уже удачно и неудачно предпринято в направлении разрешения этой огромной проблемы. Моей целью было конкретно, на примере ГОИ, показать, какие задачи решаются и вновь рождаются теперь у нас в Союзе и к каким организационным вопросам они неминуемо приводят. Решение же этих вопросов, массами встающих со всех сторон, должно быть в другой инстанции.

Однако попробуем на минуту вообразить себе, что форма организации науки найдена, что протекло уже 10 лет — срок, когда из способного студента вырабатывается ученый с европейским именем. Попробуем представить себе, что всякое новое начинание в науке быстро, без трений, внедряется в промышленность, что глубокая мысль корифеев науки, которые, несомненно, тогда появятся среди тысяч новых ученых, так как пролетариат таит в себе

еще бесконечные неприложенные силы, — что эта глубокая мысль будет находить мгновенный резонанс и осуществление в технике и промышленности. Словом, представим себе, что СССР встанет во главе мировой науки, как он не сегодня-завтра станет во главе мировой промышленности.

Тогда тем самым мировая коммунистическая пролетарская революция будет обеспечена.
