

ТВОРЧЕСКАЯ РАБОТА ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

(К 25-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ГОИ)

С. И. Вавилов

Оптический институт был задуман и действительно развивался как научный центр особого характера, не укладывающийся в привычные классификационные рамки. Его нельзя назвать физическим или химическим учреждением, не соответствует он и принятому представлению о техническом, отраслевом институте.

Постепенно изменяясь, он приспособился к реальной и очень сложной совокупности, в которой осуществилась оптика, в широком смысле слова, в наше время. В программе Института соединились самые общие вопросы учения о свете с бесчисленными задачами разных отраслей промышленности и прежде всего оптико-механической, военного дела и техники вообще. Важное место заняло оптическое стеклоделие и точная оптическая обработка металлов, повлёкшие за собой широкие принципиальные проблемы стеклообразного состояния вещества и другие физико-химические вопросы.

Вопреки многим скептическим и даже мрачным предсказаниям по поводу осуществимости такого разнообразия в одном месте, ГОИ практикой своих 25 лет доказал жизненность своего круга деятельности и даже его необходимость.

Ещё в 1919 г., на первом годовом собрании Института, Д. С. Рождественский в своей речи назвал ГОИ учреждением нового типа, в котором неразрывно связались научные и технические задачи. «Тесное сотрудничество технических и чисто научных отделов Института, говорил он, открывает как для техники, так и для самого отвлечённого научного эксперимента такие возможности, о которых нам, университетским работникам, не приходилось и мечтать. В экспериментальной оптической мастерской, в вычислительном бюро, в механической мастерской мы в настоящее время имеем научных работников, которые во всеоружии знания ведут к усовершенствованию технических инструментов, к анализу методов производства. С другой стороны, эти же технические органы нам дают приборы высокого совершенства для научных изысканий. Работа всех сотрудников вместе — мастера и учёного — составляет одно органическое целое; оторвать ту или другую часть, науку или технику, значит омертвить обе». Эту схему, изложенную 24 года назад в качестве программы,

имеем мы в ГОИ и теперь, но уже как практику, проверенную двадцатипятилетней действительной продукцией.

При таком характере Института нелёгкое дело отделить, хотя бы в изложении, теоретическую его деятельность от прикладной или технической. Самое понятие теории должно при этом применяться в сложном и многоярусном виде. Говоря о теории в Оптическом институте, приходится сопоставлять теорию атома и света, скажем с теорией полировального станка или фотографического проявления. Это неизбежно, так как при научном подходе к вопросу любой факт, прибор или операция могут и должны иметь свою «теорию», т. е. анализ или расчёт на основании более простых и общих понятий или закономерностей. Этим наука отличается от простого набора фактов и случайных находок.

С этой точки зрения теоретическая работа ГОИ за 25 лет была очень большой. Лаборатории Института всегда стремились подойти к любой получаемой им задаче с теоретической точки зрения. Так возникала теория объективов, процессов полировки, окраски металлов, «просветления» оптики, светопрочности окраски и очень многого другого. Иногда, и к сожалению не всегда, эта обширная теоретическая работа Института получала свое выражение в специальных монографиях. Таковы книги А. И. Тудоровского «Теория оптических приборов», А. А. Гершуна «Световое поле», «Принципы и приёмы светомаскировки», Г. Г. Слюсарева «Методы расчёта оптических систем», И. В. Гребенщикова (редакция) «Просветление оптики», Д. Д. МаксUTOва «Теневые методы испытания оптических систем», А. Н. Захарьевского «Короткобазные оптические дальномеры», К. В. Никольского «Теория молекул» и пр.

В дальнейшем даётся несколько примеров теоретической деятельности Института, относящихся, так сказать, к разным ярусам, к весьма различным степеням широты. Эти примеры не имеют никакой претензии изобразить всю теоретическую работу ГОИ. Назначение их — пояснить на примерах характер теоретических направлений в Институте, а также их специфическую связанность с прикладными и техническими задачами в ряде случаев.

1. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И ВОЗНИКНОВЕНИЕ СВЕТА

Война 1914—1918 гг. явилась плотной, на несколько лет задержавшей рост новой физики, т. е. учение о строении вещества, теорию относительности и теорию квантов. После того, как эта плотина была сломлена, началось изумительное развитие физики; свидетелями его были мы все; оно продолжается и по сей день, и следствия его для теории и практики неисчислимы.

Все три переисчисленные направления непосредственно касались кардинальных сторон учения о свете; в частности, вопросы строения вещества были в то же время проблемой возникновения света, проблемой спектров. Не удивительно поэтому, что молодой Оптический

Институт с самого начала в качестве одной из научных целей имел «исследование атома на почве спектрального анализа»¹⁾, и в течение всех 25 лет эта задача не сходила с плана Института, приняв только более общую форму исследования строения вещества методами спектрального анализа. Четверть века — обычно достаточный срок в современной науке, чтобы выяснить ценность научного результата, и сейчас можно с полной объективностью сделать суждение о значении по крайней мере части работ ГОИ для развития учения о строении вещества.

Нужна должная историческая перспектива для правильной оценки первой большой теоретической работы Д. С. Рождественского «Спектральный анализ и строение атомов», содержащей вдохновенный эскиз теории строения простейших атомов на основе первых вариантов теории Бора и Зоммерфельда. Это исследование создавалось в условиях блокады и изоляции советской науки и в той стадии развития наших теоретических представлений, когда у каждого физика имелаась полная уверенность в адекватности механических атомных модельных представлений действительности. Идеи Д. С. Рождественского о необходимости, в случае сложных атомов, всегда иметь в виду их сравнение с водородными термами, о роли магнитных сил в атомной модели и многие другие имели большое эвристическое значение, хотя и получили иную интерпретацию в современной теории атома. Д. С. Рождественский это отчетливо предвидел, когда в 1919 г. писал: «Метод квантования — слепой метод. Он не может нас удовлетворить окончательно. Но нужно держать в уме две вещи. Во-первых, необходимо и выгодно работать с теорией, которая непрерывно ведёт к новым результатам. Во-вторых, если теория и изменится, т. е. процесс квантования выяснится, то все охваченные ею факты во всей их связи, во всей совокупности, будут перенесены на новую почву. Работа объединения не только не пропадает даром, но результаты её сразу осветятся новым светом и станут ещё более ясными и плодотворными, чем теперь». В этом смысле вся серия теоретических работ Д. С. Рождественского, посвящённая строению атомов, — замечательный исторический этап.

От дореволюционной работы Д. С. Рождественского ГОИ получил его интерференционный метод количественного изучения аномальной дисперсии в парах, так называемый метод «крюков». С поразительной точностью этот метод позволяет определять интенсивности линий поглощения и излучения атомов, т. е. на языке теории квантов — вероятности квантовых энергетических переходов в атоме. Первоначальная теория атомов Бора была бессильной в объяснении этой количественной стороны спектров. Серия классических экспериментальных работ по аномальной дисперсии, выполненных самим Д. С. Рождественским и его учениками В. К. Прокофьевым, А. Н. Филипповым

¹⁾ Д. С. Рождественский. Спектральный анализ и строение атомов. Труды ГОИ, вып. 1920.

и многими другими, задавала безукоризненно точно сформулированную задачу будущей теории. Новая квантовая механика разрешила её, и с этого времени систематическое исследование аномальной дисперсии пошло рука об руку с теорией, подтверждая её, контролируя или требуя усовершенствования. Стройная линия работ по аномальной дисперсии составляет общепризнанную заслугу ГОИ, и Институт с основанием избрал в качестве фона своей издательской эмблемы дисперсионные «крюки».

Вместе с экспериментальным изучением свойств атомов в ГОИ не прекращалось развитие теории, позволяющей «рассчитать» атом. Это направление кульминационным своим пунктом имело приближённый способ решения квантовой задачи многих тел, данный В. А. Фоком.

Точное решение задачи многих тел в волновой механике, как, впрочем, и в обычной, представляет громадные трудности. В 1928 г. Хартри предложил решать такие задачи способом, названным им методом «согласованного поля». Он сохранил приблизительно старую боровскую картину электронных орбит, описывая каждую из них отдельной шредингеровской волновой функцией. При этом предполагается, что потенциальная энергия в каждом соответственном уравнении Шредингера происходит от ядра и от заряда прочих периферических электронов, распределённого непрерывным образом.

В. А. Фок в ГОИ коренным образом усовершенствовал метод Хартри, видоизменив его так, что для волновых функций отдельных электронов получались уравнения, отличающиеся от прежних уравнений наличием членов, соответствующих так называемому квантовому обмену. Новый метод получил общее признание и называется обычно в литературе методом Хартри-Фока. В ГОИ этот метод с успехом был применён для расчёта атома натрия.

Решение задач атомной спектроскопии требовало применения самых тонких и сильных экспериментальных спектроскопических средств. На пути к этому воспиталась и выросла обширная спектроскопическая школа и методика ГОИ, позволившая подходить к таким задачам и успешно их разрешать. В связи с этим нельзя не упомянуть о многих работах по сверхтонкому строению спектральных линий, позволивших, в частности, подойти оптическим путём к задачам атомного ядра, изотопии и моментам ядра — механическому и магнитному (работы С. Э. Фриша и других).

После того, как расчёт некоторых более или менее сложных атомов на основе новой квантовой механики дал удовлетворительное согласие с опытом, интерес к принципиальной стороне проблемы ослаб: для данной фазы развития физики она кажется даже исчерпанной. Правильно это или нет, докажет будущее (мне кажется, что неправильно), но, во всяком случае, можно констатировать, что в этом временном исчерпании атомной периферической проблемы важное значение имели экспериментальные и теоретические работы спектроскопической школы ГОИ.

Из длинного, непрерывного ряда работ ГОИ, посвящённых молекулярной спектроскопии и строению молекул, у меня есть возможность упомянуть только об очень немногом, хотя и в этой области исследования Институт занимает важное место.

Принципиально новое слово о молекулах и одновременно о конденсированном, жидком, стеклообразном и кристаллическом состояниях вещества сказано Е. Ф. Гроссом, экспериментально открывшим новое явление в молекулярном рассеянии, теоретически предсказанное Бриллюэном и Мандельштамом. Явление состоит в изменении длины волны рассеянного света на величину порядка отношения скорости звука в данной среде к скорости света в ней. Дальнейшие работы Гросса и его сотрудников показали, что это явление даёт в руки новый способ исследования междумолекулярных связей в телах и может стать основой своеобразного спектроскопического метода изучения жидкостей и кристаллов. Явление, найденное Гроссом, чрезвычайно тонко, и в первое время ряд иностранных авторов пытались его опровергать. Однако, экспериментальное искусство Е. Ф. Гросса, выросшее на почве спектроскопических традиций ГОИ, восторжествовало.

Другой спектроскопический метод изучения молекул в конденсированном состоянии, также новый, разработан П. П. Феофиловым в развитие некоторых явлений, ранее найденных мною в области флуоресценции растворов. Степень поляризации флуоресценции органических красителей и других веществ, вообще говоря, может очень резко зависеть от длины волны возбуждающего света, в то время как спектр флуоресценции от неё почти не зависит. Таким образом, к спектрам излучения и поглощения добавляются своеобразные «поляризационные спектры». На очень обширном материале П. П. Феофилов показал, что эти спектры связаны с анизотропией молекул, и потому в сочетании с другими экспериментальными приёмами они дают в руки исследователей новый метод исследования структуры молекул.

Широкий размах интересов Института естественно ведёт нас к проблеме строения вещества от атомов и атомных ядер через молекулы к тому сложному образованию, которое мы называем стеклом. Разнообразными путями и методами подходит ГОИ к исследованию строения этого основного для оптиков материала. Химики ГОИ анализируют стекло своими приёмами, физики пользуются поглощением, рассеянием света, люминесценцией стекла и прочими оптическими признаками; большие результаты дало рентгенографическое исследование строения стекла Н. Н. Валенковым и Е. А. Порай-Кошицем под руководством А. А. Лебедева. Задача ещё далека от окончательного разрешения, но на пути достигнуто немало, в особенности по вопросу о квазикристаллической природе стекла; многое уже перешло из теории стекла в технику.

На почве такого Института, каким был и остаётся ГОИ, безмерная по широте и значению проблема строения вещества не могла оставаться в абстрактной изоляции. Как было блестяще показано в известном докладе Д. С. Рождественского на мартовской сессии Ака-

демии Наук в 1936 г., в ГОИ анализ спектров естественно перерастал в практический спектральный анализ на пользу промышленности, обороне, горному делу. Трудность решаемых экспериментальных задач вынуждала совершенствовать приборы, строить флуоритовые интерферометры, эшелоны, особо светосильные спектрографы, преодолевать препятствия изготовления дифракционных решёток. На этом закалялось приборостроительное мастерство Института, что отражалось потом и на его технических возможностях.

2. ПРИРОДА СВЕТА

Для физики, а для оптики в особенности, свет, после вещества — следующая по важности категория явлений. В настоящее время, после более чем тысячелетних колебаний человеческой мысли во взглядах на природу света, мы располагаем формально-стройной, но с модельной точки зрения трудно постижимой теорией света. Эта теория, как известно, соединяет в себе черты волнового и корпускулярного воззрений, не являясь, однако, ни тем, ни другим. Теоретики ГОИ В. А. Фок, К. В. Никольский и др. не мало поработали над трудностями теории света и квантовой электродинамики. Идея В. А. Фока во многом вошли в общепринятую теперь теорию света Дирака. Сводка наиболее общих современных представлений о свете дана в книге К. В. Никольского «Фотон».

Из экспериментальных работ ГОИ, имеющих непосредственное отношение к вопросу о природе света, можно указать большую серию исследований, выполненных Е. М. Брумбергом, Т. В. Тимофеевой, З. М. Свердловым и мною по вопросу о визуальных квантовых флуктуациях. Нам удалось доказать существование этих флуктуаций, вызываемых квантовым строением света и квантовым характером поглощения. Изучена статистика этих флуктуаций, а вместе с тем, как попутный результат, получены выводы о свойствах сетчатки человеческого глаза, о её чувствительности в ультрафиолетовом спектре и т. д. Метод флуктуаций позволил зондировать на живом глазе то, что ранее мыслимо было сделать только на мёртвом препарате. Наши опыты дали доказательство квантовой природы света, очевидные в буквальном смысле слова. В 1911 г. эти опыты были повторены американскими физиологами, с тем же результатом, в основном.

В теории света помимо контroversы: «волны и корпускулы» есть и стороны, формально прямо вытекающие из классических волновых представлений и современной теории строения вещества, но до сих пор ускользавшие от внимания теоретика и экспериментатора. Оптик, например, оперирует без опасения со светящейся точкой, одинаково излучающей во все стороны. Между тем легко доказать, что такая точка не осуществима и что, наоборот, строго говоря, при внимательном анализе оптических явлений необходимо различать точки, соответствующие электрическому диполью, магнитному диполью, квадруполью и т. д. Е. М. Брумбергом и мною было показано теорети-

чески и на опыте, что природа светящейся точки должна резко сказываться в интерференционных опытах типа Юнга-Френеля. Позднее удалось разработать метод установления природы осциллятора, основанный на некоторых свойствах поляризованной флуоресценции. В развитие этого П. П. Феофиловым было показано, что флуоресценция красителей в растворах, точно так же как уранового стекла, соответствует излучению диполей. Таким образом, в оптику вводится не только теоретически, но и в конкретной работе дифференцированное понятие об элементарном излучателе.

Конечно, трудно ожидать от теоретических или экспериментальных работ, касающихся непосредственно природы света, прямых технических результатов. Можно заметить только, что из опытов по визуальным флуктуациям выросла наша методика измерения чрезвычайно малых яркостей, вполне оправдавшая себя при изучении ночного свечения неба, в люминесцентном анализе и сыгравшая основную роль при обнаружении П. А. Черенковым в Академии Наук нового типа видимого свечения электронов, несущихся со сверхсветовой скоростью в среде. Вместе с тем те же флуктуационные опыты дали в руки физиологу и врачу новый способ глубокого изучения глаза в живом состоянии.

3. ДЕЙСТВИЯ СВЕТА

Видное место в работе ГОИ всегда занимали действия света — фотохимия, фотографический процесс и фотолюминесценция. Эти явления давно стали основой соответствующих технических областей, оставаясь, однако, и по сей день во многом невыясненными с принципиальной стороны.

Большое значение в развитии учения о фотохимических процессах получили исследования А. Н. Терениным и его сотрудниками фотохимического распада паров галоидных солей. А. Н. Теренину удалось доказать факт распада молекулы иодистого натрия, при поглощении ультрафиолетового кванта, на возбужденный атом натрия и на атом иода. Таким образом был обнаружен переход под действием света гетерополярной связи в гомеополярную с последующим распадом. С другой стороны, для иодистого таллия был констатирован противоположный процесс: гомеополярная молекула распадалась под действием света на ионы, т. е. атомная связь превращалась в ионную. Установление этих фактов имело большое значение для развития современных представлений о химической связи. Аналогично, в условиях парообразного состояния и освещения монохроматическим светом, удалось анализировать элементарные фотохимические процессы в трёхатомных и четырёхатомных галоидных соединениях. Применённый А. Н. Терениным метод оптического возбуждения, с детальным анализом возникающего при этом свечения, оказался исключительно эффективным и тонким средством исследования элементарных фотохимических процессов.

За последние годы явилась возможность перейти от элементарных процессов к сложным фотохимическим реакциям, происходящим в органических красителях в адсорбированном состоянии. Эти явления представляют большой практический интерес и прежде всего интересуют текстильную промышленность.

Особым или при известных точках зрения более сложным фотохимическим процессом может быть названо явление окраски кристаллов под действием лучей Рентгена и ультрафиолетового света. Сущность его в том, что при поглощении света в кристалле при некоторых условиях может произойти распад кристаллической решётки и выпадение изолированных атомов. Впервые Т. П. Кравец в своей речи на годичном собрании ГОИ в 1929 г. высказал предположение, что первичный фотографический процесс, происходящий в зёрнах — кристаллах эмульсии, т. е. возникновение скрытого изображения, есть в действительности окрашивание кристалликов при поглощении света, вследствие изоляции атомов серебра из кристаллической решётки. То же предположение было высказано независимо и одновременно Р. Полем в Гёттингене. Мысль Т. П. Кравца стала основой обширной серии работ, проводившихся его сотрудниками, в особенности М. В. Савостьяновой в Академии Наук и в ГОИ. При этом с самого начала было замечено, что при освещении кристалликов бромистого серебра атомарно распределённый металл коагулирует и собирается в коллоидальные частицы серебра. Исследование этого процесса и его следствий для фотографического процесса определило характер работ по скрытому изображению в ГОИ, занимающих основное место в теории фотографии.

Фотографический процесс, с теоретической точки зрения, даже в самых простых случаях значительно более сложен, чем процесс возбуждения молекул, спонтанно или вынужденно возвращающихся после этого в начальное состояние. Энергия, выделяющаяся при таком возвращении, в простейшем случае излучается, оставляя так называемую люминесценцию. В ГОИ изучение люминесценции не сходило с программы работ, ввиду её огромного значения для понимания строения вещества и кинетики молекулярных процессов и вместе с тем всё возрастающей технической роли её в светотехнике и военном деле.

Начало изучения люминесценции в ГОИ положено систематической серией работ А. Н. Теренина над резонансным излучением паров ртути, кадмия, таллия, висмута, цинка, сурьмы и мышьяка. Эти исследования, производившиеся в эпоху наиболее бурной фазы развития учения о строении атома, имели большое значение для установления схем спектральных термов перечисленных элементов и вместе с тем остаются до сих пор образцовыми по своему экспериментальному мастерству и чистоте.

Люминесценция паров, как могучее средство для прослеживания звеньев элементарных фотохимических процессов, постоянно фигурирует в других работах А. Н. Теренина и его учеников.

Вместе с тем в ГОИ проводится систематическая работа по люминесценции значительно более сложного типа, происходящей в сложных молекулах, в жидких или твёрдых растворах или в кристаллах. Лет тридцать назад эти явления, известные почти четыре века, оставались нагромождением эффектных, но почти непонятных фактов. Сейчас многое здесь, хотя далеко не всё, выяснено, упорядочено и теоретически объяснено, по крайней мере, вплоть до некоторых эмпирических постоянных, для теоретического вывода которых потребовалось бы едва достижимое точное знание структуры сложных молекул. На основании диффузионной теории столкновения молекул в жидкости объяснена кинетика тушения люминесценции в растворах посторонними веществами, зависимость поляризации люминесценции от вязкости; представление о квантовых явлениях обмена позволило количественно понять всю группу сложных явлений влияния концентрации люминесцирующих молекул на выход, поляризацию и длительность свечения (С. И. Вавилов, Б. Я. Свешников, А. Н. Севченко, П. П. Теофилов).

Сейчас люминесценция живым потоком вливается в практику, военную и гражданскую, в виде люминесцентных ламп, светящихся шкал, светомаскировочных применений сигнализационных устройств на невидимых лучах, театральной техники, бесконечных видов люминесцентного анализа и. т. д., и связь теоретической работы по люминесценции с запросами техники очевидна.

4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОПТИКА

Переход от широких тем строения вещества и природы света к значительно более узким и специальным вопросам действия света означает спуск на более низкий и узкий теоретический ярус. Опустимся еще ниже, в ещё более специальную область, составляющую, однако, один из важнейших участков оптического фронта: остановимся коротко на теоретической работе вычислителей.

Институту пришлось создавать вычислительное дело почти на пустом месте — без навыков, без традиций — и все же пионеры этого дела А. И. Тудоровский, Е. Г. Яхонтов, Г. Г. Слюсарёв не ограничились механическим копированием известных вычислительных шаблонов; они искали собственную теоретическую дорогу и самостоятельно развили методику расчёта оптических систем на основе теорий аберраций третьего порядка. Оказалось впоследствии, что теми же путями пошла и западная оптическая мысль. Аберрации высших порядков были впоследствии исследованы Г. Г. Слюсарёвым для склеенного двухлинзового объектива. Удалось получить общие результаты, дающие возможность рассчитать объектив без привычных утомительных тригонометрических проб.

В течение многих лет, до сего времени, вычислители и оптотехники Института ищут путей решения основной задачи о так называемом «качестве изображения». Простые расчёты на основе гео-

метрической оптики дают только то, что можно назвать «скелетом» изображения. Остаётся невыясненным распределение энергии по площади абберационного изображения. Задачу пока решают приближённо. Для случаев, когда позволительно не учитывать специфическое влияние дифракции, решение находилось Г. Г. Слюсарёвым. Учёт дифракций для некоторых задач выполнен Л. П. Морозом, Г. Д. Рабиновичем и Г. Г. Слюсарёвым. Продвинут вопрос о предельном разрешении фотографирующих оптических приборов (с учётом не только влияния объектива, но и фотографической эмульсии), изучено влияние контрастности изображения на разрешающую силу (Л. П. Мороз). Одной из последних работ Д. С. Рождественского было глубокое теоретическое исследование некоторых случаев изображения в микроскопе с учётом интерференционных и дифракционных явлений. Эта работа содержит перспективные практические выводы, имеющие основное значение для дальнейшего усовершенствования микроскопа.

Общую теоретическую основу для конкретной вычислительной работы составляет серия исследований по теории разложения аббераций в ряд и методике вычисления коэффициентов разложения и по отысканию приёмов перехода от геометрических аббераций к волновым. Влияние изменения положения предмета и входного зрачка на коэффициенты аббераций третьего порядка изучено А. И. Тудоровским. Он же разработал векторный метод расчёта хода лучей через системы с плоскими поверхностями, т. е. через призмы.

Из отдельных теоретических вычислительных работ отмечу ещё теорию распределения освещённости изображения в широкоугольных объективах (Г. Г. Слюсарёв) и теорию систем с переменным фокусным расстоянием (Д. С. Волосов).

Углубление теоретических представлений о возможностях оптических систем вместе с громадным эмпирическим материалом, зафиксированным в архиве вычислителей, даёт возможность искать и находить новые пути на этом, казалось бы, исхоженном поприще. Доказательство тому — большие успехи в реализации современных светосильных и широкоугольных объективов, серии оригинальных катадиоптрических систем с неожиданными перспективами (в том числе менисковые системы Д. Д. МаксUTOва), успешное применение асферических поверхностей. Оптики-вычислители явно находятся в фазе большого творческого подъёма, который есть результат расширения теоретического горизонта.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Светотехника, наука о рациональном освещении, относится, разумеется, к сугубо техническим отраслям знания. Однако, и она должна иметь свою теорию, и ГОИ дал ряд весьма поучительных исследований такого рода. А. А. Гершун показал, что светотехнический расчёт может быть представлен, как задача общей физичес-

кой теории светового поля, под которым понимается пространство, изучаемое с точки зрения распределения в нём потоков лучистой энергии. Светотехнические задачи можно решать на основании представления о световом поле, пользуясь векторным анализом, причём в качестве основной характеристики вводится объёмная плотность световой энергии и так называемый «световой вектор»; определяющий по величине и направлению световое давление (он соответствует среднему значению вектора Пойнтинга). Теория светового поля с успехом применялась в работах советских светотехников и вместе с тем обратила на себя внимание европейской и американской науки. В полемике, завязавшейся с покойным французским академиком Блонделем по поводу принципов учения о световом поле, победителем оказался А. А. Гершун. Американское Оптическое Общество в 1938 г. констатировало, что развитие применения в светотехнике векторных представлений в основном составляет заслугу советских учёных, сотрудников ГОИ В. А. Фока, А. А. Гершуна, М. М. Гуревича и Н. В. Болдырева; книга А. А. Гершуна «Световое поле» издана в США, причём редактор перевода П. Мун пишет: «Теоретическая фотометрия представляет случай „задержанного развития“, и в основном она оставалась неизменной с 1760 г., в то время как остальные главы физики триумфально развивались. Однако, в последние годы растущие запросы современной светотехники сделали беспомощными абсурдно антикварные представления традиционной фотометрической теории. В настоящее время имеется сильное движение за то, чтобы привести теорию светового поля в соответствие с духом физики. Профессор Гершун в Государственном оптическом институте в Ленингарде является одним из пионеров этого движения».

Теория светового поля получила практическое применение при разработке светотехники естественного освещения. Большая работа была произведена по вопросу о распределении света в поглощающих и рассеивающих свет средах. Результаты получили применение при изучении свойств молочных стекол, атмосферы и оптики моря. Работы ГОИ по гидрофотометрии, производившиеся под руководством А. А. Гершуна, дали многое для физики моря и послужили основой решения важных военных задач.

6. ТЕОРИЯ ОТЖИГА ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА

Оптическое стекло — основной, самый сложный и тонкий материал в оптическом приборе; не удивительно поэтому, что оптическое стекло явилось лейтмотивом ГОИ со времени его возникновения. Институт не ограничился внедрением в промышленность перенятой сначала у английской фирмы Чэнс технологии оптического стекла. За 25 лет он, можно сказать, сверху до низу ревизовал и переиначил эту технологию, очень много передав прямо производству. На почве этого выросли новые теоретические представления об опти-

ческом стекле в целом и относительно отдельных звеньев технологии его получения и обработки. Можно, впрочем, выразиться и иначе: новые теоретические результаты, полученные в ГОИ относительно оптического стекла, иной раз глубоко влияли на технологию.

Я не предполагаю здесь излагать весь сложный комплекс новых теоретических выводов, полученных в ГОИ относительно стекла И. В. Гребенщиковым, Н. Н. Качаловым, А. А. Лебедевым, В. В. Варгинным, А. И. Стожаровым и их сотрудниками. Для этого нужна очень объёмистая книга, которая, надо надеяться, и будет написана в ближайшее время перечисленными лицами. Ограничусь только одним очень показательным примером.

Отжиг оптического стекла — одна из важнейших производственных операций, не имевшая, однако, до работ Института приемлемых объяснений. В основном положительные действия отжига раньше всего приписывались устранению натяжений в стеклянных блоках. А. А. Лебедев круто изменил эту точку зрения. Он доказал, что причиной изменения основных оптических свойств стекла при отжиге являются полиморфные превращения, связанные в силикатных стёклах с известным превращением кварца из α в β -модификацию. Вместе с этим опыты А. А. Лебедева сделали вероятной квазикристаллическую природу стекла. В отличие от представления о стекле, как о переохлаждённой жидкости, можно думать, что стекло есть агрегат псевдокристаллов ничтожных размеров. Этот вывод получил подтверждение в рентгено-спектроскопических исследованиях, о которых ранее уже упоминалось.

Физико-химическая теория отжига, предложенная А. А. Лебедевым, стала основой многих дальнейших работ в этой области у нас и за границей и вместе с тем дала основу для рациональной технологии, применяемой в производстве.

Рамки небольшой статьи вынуждают ограничиться перечисленными примерами теоретической деятельности Института; очень многое и о многих при этом даже не упомянуто. Надеюсь, впрочем, что даже из немногого сказанного ясен особый характер теории в Оптическом институте. ГОИ никогда, с первых ступеней своего развития, даже в самых широких вопросах, не отрывался от заданий и нужд советской практики, никогда не уходил в заоблачные абстрактные высоты так называемого чистого знания, но вместе с тем он всегда боролся с неприкрытым эмпиризмом. Теория, как необходимое условие решения практических вопросов, является и должна остаться в Институте необходимым условием его работы.