

R 129-483
3



ეროვნული
ბიბლიოთეკა

P/29.483.
13

**МАТЕРИАЛЫ К ДОКЛАДАМ
АКАД. С. И. ВАВИЛОВА И
АКАД. Д. С. РОЖДЕСТВЕНСКОГО**

НА МАРТОВСКОЙ СЕССИИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1936 г.

**О РАБОТАХ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА**



МАТЕРИАЛЫ К ДОКЛАДАМ
АКАД. С. И. ВАВИЛОВА И
АКАД. Д. С. РОЖДЕСТВЕНСКОГО

НА МАРТОВСКОЙ СЕССИИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1936 г.

О РАБОТАХ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

129.483
3
P

2002



Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

Непременный секретарь академик *Н. Горбунов*

Март 1936 г.

Ответственный редактор академик *С. И. Вавилов*

Техредактор *О. Г. Давидович*

Ученый корректор *А. М. Налетов*

Сдано в набор 27/II 1936 г. Подписано к печати 4/III 1936 г. Формат 62×94¹/₁₆ 6¹/₂ п. л.
Код. зн. в 1 б. л. 35840. Уч-авт. л. 6. АНИ № 1229. Заказ № 547. Тираж 2500 экз.

Ленгорт № 60.

Тип. „Коминтерн“ и шк. ФЗУ им. КИМ'а, Ленинград, Красная ул., 1.



КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОСУДАРСТВЕННОМ ОПТИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Оптический институт основан при Наркомпросе в начале революции, 15 декабря 1918 г. В 1931 г. институт перешел в НИС НКТП. Живые силы, на которые опирался институт в начале своей работы, сосредоточивались в трех местах: 1) Физический институт университета, 2) Подкомиссия микроскопии Комиссии естественных производительных сил России (КЕПС) при Академии Наук, 3) Лаборатория и Вычислительное бюро Фарфорового завода. Директором института до 1932 г. состоял Д. С. Рождественский. В настоящее время директор института — В. А. Тихомиров. С 1932 г. зам. директора по научной части состоит С. И. Вавилов. За 17 лет своего существования институт увеличил свой состав с 20 человек до 600 (к концу 1935 г.). Из них 200 человек — научные работники, 130 человек — научно-технического персонала, 150 рабочих и 120 человек административного персонала. Бюджет института в 1935 г. достигал 5 млн. руб.

С самого начала своей деятельности институт начал одновременную работу как в научном, так и в техническом направлении и в настоящее время является центральным научно-техническим учреждением, объединяющим все главные отрасли научной и прикладной оптики.

Институт разделяется на следующие самостоятельные научные отделы:

- 1) сектор спектроскопии (руководитель Д. С. Рождественский),
- 2) сектор прикладной физической оптики (руководитель А. А. Лебедев),
- 3) сектор оплотехники (руководитель В. П. Линник),

- 
- 4) сектор вычислительной оптики (руководитель А. И. Тудоровский),
5) сектор фотометрии (руководитель М. М. Гуревич),
6) сектор фотографии (руководитель Т. П. Кравец),
7) сектор химический (руководитель И. В. Гребенщиков),
8) цветовая лаборатория (руководитель Л. И. Демкина),
9) лаборатория астрономической оптики (руководитель Д. Д. Максutow),
10) лаборатория физиологической оптики (руководитель Л. Н. Гассовский).

При институте имеется, кроме того, лаборатория технологии оптического стекла, руководимая Н. Н. Качаловым, и экспериментальные механические и оптические мастерские, занятые изготовлением первых образцов оригинальных приборов.

В своей работе институт всегда был связан с промышленностью, в особенности оптико-механической (ВООМП). Приказом НКТП в конце 1935 г. «для скорейшего внедрения в производство научных достижений ГОИ и более тесной связи его с промышленностью» институт передан в систему ВООМП. Тесная связь существует также с фотокинопромышленностью, стекольной промышленностью и учреждениями военного ведомства.

Результаты работы института в сжатой форме изложены в последующем тексте.

СПЕКТРОСКОПИЯ

Спектроскопические работы в Оптическом институте начались в ту эпоху, когда благодаря теоретическим исследованиям Бора и Зоммерфельда впервые удалось пролить свет на строение атомов и на природу спектров. Однако, блокада, делавшая в то время невозможным культурное общение с Западом, заставила руководящий персонал ГОИ идти самостоятельным путем. В течение первого года существования институту удалось верно найти путь, по которому шло развитие теории спектров. Работы: «Спектральный анализ и строение атомов», «Значение спектральных серий», «Термы высокого порядка и сходство между спектрами одноэлектронных и сложных атомов», «Серии спектра ионизованного магния из сравнения со спектром ионизованного гелия» оказались впоследствии не только наравне с работами западноевропейских ученых, но в некоторых отношениях и опережали их: так, на примере ионизованного магния впервые был правильно поставлен вопрос о сходстве искровых спектров элементов с дуговыми спектрами элементов, предшествующих им в периодической системе. Несколько позже впервые был правильно интерпретирован сложный спектр неона и выяснилась роль одновременного перехода двух электронов в процессе испускания спектральных линий.

В результате этих исследований возник целый ряд проблем, который и был поставлен перед сотрудниками ГОИ и в значительной степени ими разрешен. Возникла специальная «Атомная комиссия», в которой вопросы о строении



атомов и о природе спектров разбирались и разрешались с теоретической точки зрения. В то же время оказались законченными и первые поставленные в ГОИ экспериментальные работы: удалось определить нормальную орбиту электрона в атоме ртути, при этом был разработан оригинальный метод фотографирования инфракрасных лучей, основанный на так наз. методе деуалирования. Было обнаружено частичное явление Пашена-Бака на линиях диффузной серии натрия. Одновременно в широком масштабе продолжалось развитие исследований по аномальной дисперсии, связь которой с вопросами о строении атомов в то время только стала намечаться. Таким образом возникла длинная цепь работ, которая поставила ГОИ на одно из первых мест в области исследования дисперсии и определения относительных интенсивностей линий поглощения.

Развитие социалистического строительства, связанное с первым пятилетним планом, коснулось и Института как в количественном, так и в качественном отношении. Принципы планирования внесли большую четкость в его работу. Выделился специальный сектор спектроскопии, который в свою очередь разбил на ряд групп:

- 1) группу молекулярной спектроскопии,
- 2) группу флуоресценции,
- 3) группу фотохимии,
- 4) группу аномальной дисперсии,
- 5) группу общей спектроскопии,
- 6) группу инфракрасных спектров,
- 7) теоретическую группу,
- 8) группу источников света,
- 9) астрофизическую группу,
- 10) группу спектрального анализа.

Группа молекулярной спектроскопии

Группа молекулярных спектров охватывает широкую область вопросов, связанных со строением молекул. Сектором был поставлен вопрос об излучении молекулярных спектров с предельной точностью. Для этого использован метод скрещенных эшелона и решетки. Этим методом ве-



дется точное исследование спектра поглощения паров иода. Плоская дифракционная решетка и большой эшелон в 56 ступеней установлены на специальной железной ферме, которая для уменьшения тряски лежит на резиновых прокладках. Вся установка находится в особом помещении, являющемся термостатом. Таким образом оказывается возможным исследовать спектр поглощения паров иода при исключительно большой разрешающей силе. Это исследование должно выяснить роль возмущений в молекулах и степень точности, с которой обычные формулы передают ротационную структуру молекулярных полос. Далее делаются попытки использовать линии поглощения иода в качестве спектральных нормалей. До сих пор во всем мире так называемыми нормальными второго порядка служили линии железа, длины волн которых были интерферометрически сравнены с длиной волны красной кадмиевой линии. Однако, при работе с приборами высокой разрешающей силы обнаруживаются недостатки линий железа, а именно их значительная размытость. В виду этого возникла мысль заменить линии железа более резкими линиями поглощения в ротационной структуре полос тяжелых молекул. Такого рода замена железных нормалей более резкими должна в значительной степени повысить точность всех спектральных измерений. В видимой части спектра новыми нормальными могут служить линии поглощения иода, в фиолетовой и ультрафиолетовой — тиофосгена. Сравнение длин волн производится с помощью эталона Фабри и Перо, скрещенного с эшелонном. Плоские пластинки для эталона, превышающие по своей точности пластинки, изготовленные лучшими заграничными фирмами, выполнены в кристаллоцехе ГОИ. Для эталона получены зеркала с весьма высокой отражательной способностью.

Кроме указанных экспериментальных работ выполнены еще теоретические работы по разрешающей силе спектральных приборов и по пределу точности при измерении дисперсии в широких полосах поглощения.

Другое направление работ группы молекулярных спектров — исследования в крайней ультрафиолетовой части спектра. До последнего времени вакуумспектрографы, употребляемые для исследования крайних ультрафиолето-



вых линий, отличались весьма низкой практической разрешающей силой. Вместе с тем крайняя ультрафиолетовая область является как раз областью, чрезвычайно важной для исследования молекулярных спектров и выяснения вопросов по строению молекул. В связи с этим сконструирован и построен усовершенствованный вакуумспектрограф, допускающий чрезвычайно точную фокусировку и снабженный щелью, рабочая ширина которой значительно уже употребляющихся до сих пор. При этом достигнута исключительно высокая для вакуумной спектроскопии разрешающая сила и возможность производить точные промеры. Так, например, удалось разрешить дублетную структуру D-термов азота, а также тонкую структуру линии λ 1460 Å ионизованного гелия. Структура этой линии, предсказанная теоретически еще в первые годы появления теории Бора, оставалась неразрешенной, и с новым прибором удалось впервые ее экспериментально обнаружить. Особенно интересны некоторые расхождения между теоретической картиной и тем, что было наблюдеено на опыте. Причина этих расхождений пока остается невыясненной. С помощью этого же спектрографа удалось обнаружить новый вид возмущений в молекулярном спектре азота, а также дать их объяснение и открыть ряд других особенностей в строении молекулярного спектра азота. Также обнаружены возмущения в спектре молекулы окиси углерода (CO).

Кроме того, на основании теоретических соображений дан метод разбивки электронов молекулы по слоям.

В группе выполнены далее работы по спектрам поглощения паров двуатомных молекул типа MX, где M — металл, а X — галоид. Исследованы спектры поглощения TeJ, TeBr и TeCl, найдены границы схождения полос и определены точные значения энергии диссоциации. Изучен также процесс фотодиссоциации трехатомных молекул, причем обнаружено, что по крайней мере один из продуктов распада находится в возбужденном состоянии. Изучено действие видимых и ультрафиолетовых лучей на водные растворы KJ, NaJ, CsJ, KBr и KCl. Наблюдался фотоэффект с растворенных ионов галоидов и обнаружена граница фотоэффекта со стороны длинных волн, совпадающая с началом полос поглощения этих ионов. Из спиртовых рас-

творов KJ , NaJ , CdJ_2 наблюдается выделение под влиянием ультрафиолетовых лучей свободных галоидов.

Вскоре после открытия явления комбинационного рассеяния (эффект Рамана) оно было найдено у всех агрегатных состояний вещества, за исключением аморфного. Попытки обнаружить его в аморфном (плавленном) кварце не приводили к положительным результатам, в то время как в кристаллическом кварце явление Рамана наблюдалось. Впервые явление Рамана в твердых аморфных веществах (в плавленном кварце и стеклах), содержащих группу SiO_2 , было обнаружено в ГОИ. Из сравнения спектра рассеяния этих тел со спектром кристаллического кварца видно, что в то время как в кристаллическом кварце линии, характерные для группы SiO_2 , резки, в аморфном кварце они весьма размыты, что и затрудняет их наблюдение. Следующие работы относятся к эффекту, разобранному теоретически Бриллюэном и Мандельштамом; этот эффект обуславливается рассеянием света от упругих волн, возникающих в твердых телах в силу теплового движения. Эффект, предсказанный Бриллюэном и Мандельштамом, представляющий весьма большой теоретический интерес, оставался долгое время ненаблюдаемым благодаря его малости. Он обнаружен в институте при помощи большого эшелона Майкельсона. Следует отметить, что вследствие очень слабой интенсивности света, рассеянного кварцем, трудности опытов весьма велики. При фотографировании явления экспозиции достигают 100 и более часов, что требует специального внимания по отношению к постоянству температуры и давления во все время опыта. Далее удалось обнаружить рассеяние света от упругих волн также и в жидкостях. Опубликование этих работ вызвало оживленную дискуссию в физической периодической литературе, так как некоторые заграничные исследователи ставили под сильное сомнение существование эффекта, обнаруженного в институте. Однако, весьма тщательные поверочные опыты, поставленные как в ГОИ, так и в Германии в лаборатории Дебая, полностью подтвердили первоначально полученные результаты.

Далее, при рассеянии света в жидкостях был обнаружен около возбуждающих линий сплошной спектр, получивший

название «крыльев». Удалось показать, что появление этих «крыльев» связано с квази-кристаллической природой строения жидкостей. Таким образом изучение деталей в явлении Рамана оказалось весьма существенным для изучения структуры веществ в жидком состоянии. Затем обнаружены коренные изменения, происходящие в области спектра малых частот кристалла при переходе его из одной модификации в другую, в то время как обычный спектр Рамана остается неизменным не только при переходе из одной модификации в другую, но и при переходе из твердого состояния в жидкое. Этот результат показывает, что колебания с малыми частотами являются характерными для кристаллической решетки, и дает таким образом новый метод для исследования строения кристаллов.

Группа аномальной дисперсии

Теоретическое исследование и расчет атома требуют знания не только частот, но и интенсивностей спектральных линий. Знание интенсивностей важно также и с практической точки зрения — для построения экономических источников света, количественного спектрального анализа и т. д. Измерение интенсивностей может быть осуществлено несколькими способами. Для определения интенсивностей линий поглощения наиболее надежным и точным является метод дисперсии, который базируется на изучении аномального хода показателя преломления в областях, прилегающих к этим линиям. Решительный шаг вперед по пути изучения свойств атомов методом дисперсии был сделан со времени введения так наз. «метода крюков». На основе этого метода изучено отношение интенсивностей в дублетах главных серий щелочных металлов.

Первые работы группы аномальной дисперсии имели целью развить и уточнить прежние результаты. Было получено весьма точное значение отношения числа дисперсионных центров для составляющих красного и фиолетового дублетов калия, а также для самих дублетов. Кроме того, удалось показать, что отношение числа дисперсионных центров не зависит от плотности паров и одновременно от температуры вплоть до температуры вольтовой дуги.

Кроме того, начатые исследования по флуоресценции органических молекул в газообразном состоянии (1933—1934, 3 работы) открывают целый ряд перспектив для понимания перераспределения внутренней энергии в сложных молекулах, вопрос, тесно связанный с их химическим поведением. Удалось, напр., обнаружить с помощью флуоресценции перегруппировку связей в сложной молекуле в момент ее распада (1935).

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ В ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ СРЕДАХ

Вторичное свечение жидких и твердых тел (флуоресценция и фосфоресценция) известно несколько столетий, но только за последние 10—15 лет стала выясняться подлинная природа явления и определилось его значение для понимания агрегатных состояний веществ и строения сложных молекул. Многие в этом отношении было сделано в СССР в Институте физики и биофизики и в МГУ. С 1932 г. значительная часть этих исследований перенесена в Оптический институт.

Все явления вторичного свечения, как было показано в этих работах, могут быть разделены на три группы: 1) спонтанное излучение, 2) вынужденное (метастабильное излучение, 3) рекомбинационное излучение. Признаками, позволяющими различить эти три вида свечения, могут удобнее всего служить законы затухания свечения со временем и зависимость начальной величины свечения (после прекращения возбуждения) от температуры и концентрации вещества. Применение этой новой классификации позволило выяснить природу нескольких случаев вторичного свечения, остававшихся ранее загадочными.

В отличие от флуоресценции атомов и простейших соединений в газообразной среде, в случае свечения жидкостей и твердых тел спектры обыкновенно настолько размыты и сложны, что делать определенные заключения о характере процесса по спектру затруднительно. Значительно большие сведения дают другие свойства света: интенсивность, поляризация и затухание. Измерение интенсивности флуоресцирующего раствора от его концентрации и концентрации

посторонних веществ («тушителей») дает сведения о «длительности жизни» возбужденных молекул, о их стойкости к внешним ударам (т. е. о степени защиты внутренних частей молекулы), о их размерах и «сфере действия». На основе теории броуновского движения в институте развита теория тушения флуоресценции в растворах, объясняющая все его характерные особенности. Применение этой теории к измерениям тушения и дает указанные постоянные молекул.

Явления поляризации света флуоресценции в растворах чрезвычайно сложны и до сего времени в некоторых отношениях остаются неясными. Особенно замечательна зависимость поляризации от длины волны возбуждающего света. В то время как спектр флуоресценции остается неизменным, поляризация резко меняется, падает сначала от 50% до нуля, меняет знак, становится отрицательной и затем снова поднимается. Исследование этого явления, открытого сотрудниками института, продолжается. Можно предполагать, что кривая поляризации послужит в дальнейшем не менее характерным выражением структуры сложных молекул, чем спектр. Теория зависимости поляризации флуоресценции от вязкости и температуры раствора, созданная в СССР и развитая далее Ф. Перреном, дает возможность по данным поляризации делать количественные заключения о длительной жизни возбужденных молекул, об их размерах и об «истинной» вязкости жидкости.

Комбинированное изучение спектра, поляризации и тушения флуоресценции и составляет новый метод исследования сложных молекул и агрегатных состояний, развитый в институте и применяемый к конкретным случаям. Таким образом изучено открытое в институте свечение платино-синеродистых солей в растворах, исследуется флуоресценция растворов редких земель, свечение сложных молекул красителей и т. д. Для понимания особенностей свечения растворов сложных молекул необходимо выделить свойства, которые должны быть отнесены к агрегатному состоянию, и те из них, которые определяются сложностью структуры молекулы. Сравнительное изучение флуоресценции антрацена в газообразном состоянии и в растворе показало, что все наиболее существенные черты свечения в обоих случаях одинаковы. Растворитель несет просто функции ней-

тральной среды с вязкостью. Спектр в газообразном состоянии антрацена оказывается более расплывчатым и деформированным, чем в растворе, что, вероятно, объясняется наличием вращательного движения молекул в газе, отсутствующего в растворе.

Теория флуоресценции растворов была применена к хемилюминесценции в жидких средах. При этом выяснился важный факт резкого увеличения количества света, излучаемого во время химического превращения, при возрастании вязкости среды (до 100 раз).

Исследование слабого вторичного свечения потребовало новых методов фотометрии, монохроматизации и измерения поляризации. В связи с этим в институте разработан способ фотометрии, в котором используется крайняя чувствительность глаза при темновой адаптации и наличие порога зрительного раздражения (метод гашения). Метод оказался достаточно точным, простым и почти предельно чувствительным. В настоящее время метод испытан при очень многих исследованиях как в лабораторных, так и в экспедиционных условиях и позволил открыть несколько новых замечательных фактов свечения. Для выделения ультрафиолетового света в любой области спектра в лаборатории института разработан новый светофильтр, основанный на принципе полного внутреннего отражения на границе кристаллического кварца и растворов в области крутого подъема дисперсионной кривой. Этот светофильтр является универсальным и очень просто разрешает давнюю трудную задачу о фильтрации ультрафиолетовых лучей в области коротких длин волн. Для измерения поляризации флуоресценции в ультрафиолетовой области спектра в лаборатории построен новый поляриметр (сетка на двоякопреломляющей пластинке кварца), обладающий большой чувствительностью и светосилой.

Опыт и теоретические знания, приобретенные при изучении явлений флуоресценции, позволили в последнее время перейти к систематической разработке так наз. люминесценц-анализа, т. е. химического молекулярного анализа вещества посредством вторичного свечения. В настоящее время близка к окончанию система такого анализа для оптических стекол, позволяющая очень быстро производить

сортировку стекол по сортам. Намечается быстрый количественный люминесценц-анализ содержания кислорода в растворах, упрощена методика флуоресцентной микроскопии, производятся опыты по фосфоресценц-микроскопии и т. д.

Ближайшая задача лаборатории — выяснение природы люминесценции стекол. На этом пути есть надежда получить простой метод определения вязкости стекол при низких температурах. Кроме того, чрезвычайно существенно разработать новые сорта люминесцирующих стекол, максимально прозрачных в видимой части спектра и превращающих поглощенный ультрафиолетовый свет в видимую радиацию. Такие стекла должны повысить экономичность новых газосветных ламп, перемещая вместе с тем общую цветность этих источников в желательную сторону. Такая работа начата в текущем году совместно с химическим сектором института.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Механизм фотоэффекта в различных типах распространенных фотоэлементов (цезиевых, селеновых, таллофидных и др.) и их свойства до сих пор не изучены с достаточной полнотой. Поэтому в ГОИ были предприняты различные исследования, направленные к углублению наших знаний о фотоэлементах и к повышению их качества. Исследование спектральной чувствительности цезиевого фотоэлемента позволило подобрать светофильтр, проводящий ее к спектральной чувствительности глаза, и построить первый в Союзе объективный фотометр. Более подробно изучался фотоэлемент селеновый, для которого, помимо спектральной чувствительности, была определена чувствительность абсолютная, и предпринято систематическое обследование процессов старения и устойчивости со временем. Работа эта продолжается. Она легла в основу устройства объективного переносного люксметра повышенной точности, в котором, как известно, ощущается острая нужда.

Для дальнейшего повышения надежности методов объективной фотометрии были подробно изучены физико-химические процессы в запорном слое селенового фотоэле-

мента и разработаны специальные фотоэлементы с ничтожно малым температурным коэффициентом фототока для люксметров.

Последнее обстоятельство позволило выдвинуть вопрос о точном подборе светофильтров и к селеновым фотоэлементам (как это было уже сделано для цезиевых) для получения чувствительности глаза, но оказалось затруднительным устранить невидимую часть радиации. Работа вследствие технической ценности ее продолжается.

Комбинация селенового фотоэлемента с различными светофильтрами позволила произвести объективное определение интенсивности отдельно красного и синего конца спектров различных источников света. Знание отношения этих интенсивностей дало возможность непосредственно отсчитывать температуру светящегося накаливаемого тела, а это кладет основу объективной оптической пирометрии, представляющей интерес не только для светотехники, но и для горячих цехов некоторых заводов.

Институт много занимался изготовлением и исследованием свойств таллоидных фотоэлементов, обладающих исключительно чувствительностью к видимым и невидимым лучам и весьма важных для целей связи. Особенно подробно была исследована инерционность этих фотоэлементов и доказана полная пригодность их для светового инфракрасного телефона на большие расстояния.

Исследование фотоэффекта, помимо технических приложений, проливает свет на ряд важнейших теоретических вопросов, касающихся воздействия света на вещество. Изучение фотоэлектрических свойств соединений серебра раскрыло природу непроявленного «латентного» изображения на экспонированных фотографических пластинках. В настоящее время изучается влияние фотоэффекта на спектральный состав рассеянного от фотокатода света, что может дать указания на строение вещества фотокатода.

ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ

В области инфракрасных лучей ГОИ выполнено значительное количество отдельных работ как по исследованию

свойств различного рода материалов, так и по конструированию аппаратуры и по теоретическим вопросам.

Одной из первых работ было исследование излучательной способности окиси никеля в области от 1 до 8 μ при температуре в 1100°. Этот вопрос имеет большое практическое значение при градуировке оптических пирометров. На основании результатов этого исследования появилась возможность производить с помощью никелевой пластинки сравнение радиационных пирометров друг с другом, даже и в том случае, если они имеют различную оптику.

По поручению Физико-агрономического института произведены измерения поглощения в инфракрасной области ряда веществ, которыми предположено покрывать почву в целях тепловой защиты. Были изучены различные образцы нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы, целлофана, стирола и других материалов.

Для надобностей расчета оптических систем для инфракрасной области произведены измерения показателей преломления для 1.08 μ 4 сортов стекла завода ЛЕНЗОС, результаты были сравнены с формулой Гартмана, которая оказалась не вполне применимой к этой области.

Изучено поглощение в инфракрасной области 19 сортов оптических стекол ЛЕНЗОСА и стекол для сварщиков.

Измерены коэффициенты диффузного отражения в близкой инфракрасной области для ряда материалов: окись магния, окись цинка, песок, листья деревьев и др. Для измерения был применен шар Тэйлора в сочетании со спектрометром Хильгера.

Большой теоретический и практический интерес представляет выполненное исследование прозрачности искусственных туманов в зависимости от размеров частиц и длины волны.

Туман получался в стеклянном баллоне путем адиабатического расширения. Центрами конденсации служили частицы табачного дыма. Размеры капелек тумана регулировались изменением числа центров конденсации и определялись по величине диффракционных колец, наблюдаемых при помещении за слоем тумана электрической лампочки, находившейся в фокусе вогнутого зеркала. Наблюдения, произведенные в области до 3.5 μ при размерах частиц от

3 до 25 μ , не обнаружили областей значительной прозрачности и оказались в согласии с формулой Стратон-Хоугона

Разработан ряд светофильтров для выделения отдельных участков в инфракрасной области от 1 до 5 μ .

Разработана методика изготовления термоэлементов для измерения лучистой энергии, представляющих собой тонкую целлулоидную или слюдяную пленку, на которой испарением в вакууме осаждены металлические слои, и обладающих хорошей чувствительностью.

Разработан новый источник для получения длинноволнового инфракрасного излучения (сотни микронов), возникающего при бомбардировке быстрыми электронами антикатода, покрытого полупроводником. Работа представляет значительный интерес не только с практической стороны, но и с точки зрения теоретического анализа процессов, ведущих к возникновению длинноволнового излучения.

Перечисленные выше работы выполнены в секторе прикладной физической оптики ГОИ. Другая серия работ по инфракрасной спектроскопии ведется в спектроскопическом секторе.

Здесь выполнен прежде всего ряд работ по аппаратуре для инфракрасной спектроскопии.

Разработан новый радиометр, основанный на принципе биметаллического термометра. Этот давно известный принцип удалось настолько усовершенствовать, что новым прибором можно измерять чрезвычайно слабую радиацию. Устройство прибора заключается в следующем. Пластина кварца толщиной 1 μ , шириной 0.2 мм и длиной 10 мм покрыта путем испарения слоем висмута примерно той же толщины и подвешена в хорошо откачанном баллоне. На пластинку концентрируется измеряемый поток радиации, под действием которого пластинка нагревается и вследствие различия коэффициентов расширения кварца и металла изгибается. Изгиб, измеряемый с помощью особого фотореле, пропорционален интенсивности радиации. Действие прибора было проверено при измерениях спектра поглощения металла. Разработана также подробная теория действия нового радиометра и найден флуктуационный предел его чувствительности. В результате расчетов между прочим выяснилось, что если на поверхность индикатора нанести малень-

кое черное пятно, оставив поверхность блестящей, и на это пятно концентрировать поток радиации, который ранее падал на всю поверхность, то чувствительность индикатора повысится, так как температура равновесия увеличится. Эти расчеты были экспериментально подтверждены.

Разработан новый источник сплошного ультрафиолетового, видимого и инфракрасного спектра. Источник основан на принципе перекала вольфрамовой проволоки. В другом построенном источнике радиации телом накала является вольфрамовый цилиндр, снабженный щелью, параллельной оси. Цилиндр раскаливается током и является черным телом. Таким образом высокая излучательная способность черного тела сочетается с высокой температурой накала вольфрама.

Разработан и строится в мастерских ГОИ инфракрасный спектрометр большой светосилы, который отличается тем, что оси пучков совпадают с осями зеркал, так что отсутствуют искажения, связанные с наклоном пучков относительно зеркал (идея принадлежит американскому оптику Пфунду).

Из экспериментальных работ этого же цикла можно отметить изучение спектра поглощения жидкого брома в области до 2μ , в котором обнаружен ряд резко выраженных полос поглощения. Этот факт представляет интерес потому, что до сих пор не было известно поглощения в двуатомных гомеоплярных веществах. В красном фосфоре обнаружено очень сильное поглощение и отражение, которые свидетельствуют о значительных индуцированных зарядах его молекулы. Из вида кривых может быть сделано заключение о константах, характеризующих молекулу.

ЛУЧИ РЕНТГЕНА И ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛНЫ

Работы ГОИ в области рентгеновых лучей можно разбить на две группы. К первой группе следует отнести работы, представляющие принципиальный интерес. Впервые удалось получить с помощью рентгеновых лучей дифракционную картину, соответствующую диффракции от «плоской решетки», и дать правильное объяснение условий

возникновения подобной картины. Далее с помощью рентгеновых лучей был воспроизведен известный опыт Ллойда по интерференции света, и таким образом еще раз доказана волновая природа рентгеновых лучей. Видоизменение «метода вращения» дало возможность получить чрезвычайно наглядные рентгенограммы с кристаллов, позволяющие весьма легко определять симметрию и ориентировку кристаллов.

Вторая группа работ — работы рентгеновской лаборатории СПФО — были направлены главным образом на изучение структуры стеклообразных веществ с помощью рентгеновых лучей. Было выяснено, что взаимное расположение молекул в таких веществах не является совершенно беспорядочным, имеется известная ориентированность в пространственном распределении молекул, так что можно говорить о наличии в стеклах чрезвычайно мелких зародышей различных кристаллов, размером в миллионные доли миллиметра. Подвергая стекла различной термической обработке, можно было обнаружить изменение размеров этих кристаллообразований.

Эти факты позволят уяснить сущность процессов, протекающих в стеклах при термической обработке, и помогут выяснить причину изменений физических свойств, возникающих в стеклах в результате такой обработки. Таким образом, кроме химического состава и внутренних натяжений, на физические свойства стекол должна оказывать серьезное влияние и их структура.

В этой же лаборатории было произведено исследование структуры систем: окись свинца — кремнезем и таллий — сера; последняя система изучалась в виду того интереса, который представляют соединения таллия с серой и кислородом для изготовления фоторезистивных элементов, обладающих большой чувствительностью к инфракрасным лучам.

Для исследования структуры тонких металлических слоев, какие употребляются, напр., при изготовлении полупрозрачных зеркал, была создана установка для получения электронограмм с таких образцов. Был разработан метод, позволяющий одновременно получать две рядом расположенные электронограммы с двух образцов, что значительно

облегчает изучение изменений в структуре слоев, возникающих при различных условиях их получения.

Эта установка используется также и для других исследований по диффракции электронов.

АТМОСФЕРНАЯ ОПТИКА

За последние 2—3 года ГОИ развернута работа по атмосферной оптике, главным образом в связи с изучением физических свойств стратосферы. ГОИ принял участие в работах Эльбрусской экспедиции Академии Наук СССР в 1934 и 1935 гг.; программа работ вырабатывалась совместно со Стратосферной комиссией Академии Наук.

Работа шла в основном по следующим проблемам:

1. Собственное свечение ночного неба. Применение новой методики, основанной на использовании визуального фотометрирования по так наз. «методу гашения», позволило обнаружить ряд новых фактов: резко выраженный ночной максимум для зеленой линии, наличие которого требует создания новой теории ночного свечения; своеобразное изменение в течение ночи кривой спектрального распределения энергии и поворот плоскости поляризации вслед за солнцем, что указывает на присутствие в атмосфере в течение всей ночи рассеянного солнечного света и заставляет думать, что «активная» земная атмосфера простирается не до 300—500 км над уровнем земли, а до 2—3 тыс. км.

В связи с потребностями этих исследований ГОИ освоил производство предельно-светосильных стеклянных и кварц-флюоритовых спектрографов (1:1 и 1:0.5).

2. Прозрачность туманов для видимых и инфракрасных лучей. Возможность фотографирования в инфракрасных лучах представляет большой интерес во многих отношениях, и Оптическим институтом проведено подробное количественное определение относительной прозрачности тумана для разных участков спектра, причем измерения производились для тумана с капельками различного диаметра.

3. Работы по атмосферному озону. Проведены измерения абсолютной концентрации озона на разной высоте,

вплоть до 4500 м над ур. м. Эта последняя точка на 1000 м превосходит все прежние измерения и имеет существенное значение для построения теории равновесия озонного слоя в атмосфере.

4. Для изучения плотностей и температур атмосферы на предельно-больших высотах (до 200 км) применен метод визуального фотометрирования сумерек. Возможность фотометрирования в монохроматическом свете, намеченного на 1936 г., позволит решить ряд фундаментальных вопросов физики атмосферы, в частности, вопрос о строгом выполнении в атмосфере закона Рэлея для рассеяния света газами.

5. Систематическое наблюдение различных оптических явлений и эффектов в атмосфере, особенно в высокогорных условиях.

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ

Применяя интерференцию для измерения показателя преломления, длины, абберации оптических систем и пр., сотрудники ГОИ разработали ряд новых методов, сконструировали новые типы и видоизменили конструкции ранее установленных типов интерферометров.

Применение интерференции к измерению показателя преломления

В широко развернувшихся в ГОИ работах по определению аномальной дисперсии паров металлов необходимо было определять показатель преломления исследуемого пара вблизи линии поглощения. Для этой цели употреблялся видоизмененный ГОИ интерферометр типа Маха-Жамена. Характерной особенностью новой конструкции было отсутствие установочных винтов, с помощью которых обычно зеркала и пластинки устанавливают параллельно друг другу. Это изменение сделало интерференционную картину значительно менее чувствительной к сотрясениям и изменениям температуры. Для работ в ультрафиолето-

вой области был изготовлен интерферометр с флуоритовыми пластинками. Несмотря на значительные затруднения при работе, оптическим мастерским ГОИ удалось приготовить такие пластинки с большой степенью точности (отклонение от плоскопараллельности не превышало 0.05μ).

В последнее время этот тип интерферометра постоянно применялся для работ по исследованию аномальной дисперсии не только в ГОИ, но и за границей.

Этот же интерферометр был применен в дальнейшем для определения разрешающей силы спектроскопов. Рассматривая белый свет, прошедший через интерферометр в спектроскоп, можно было наблюдать в спектре интерференционные полосы в том случае, если между интерферирующими лучами была разность хода. Распределение интенсивности в этих полосах было синусоидальным, и разрешающая сила спектроскопа для этих полос легко могла быть связана с разностью хода лучей. При постепенном изменении длины волны можно было определить ту разность хода, при которой полосы переставали быть видны, переставали разрешаться. Таким образом, на основании несложного эксперимента можно было дать точную меру разрешающей силы прибора и характеристику точности его изготовления.

Для весьма точного определения небольших изменений показателя преломления был сконструирован специальный поляризационный интерферометр, приспособленный к поляризационному микроскопу. На пути лучей устанавливаются две кристаллические пластинки и между ними пластинка в полволны. Пучок поляризованных лучей после прохождения через первую кристаллическую пластинку разделяется на обыкновенный и необыкновенный. После прохождения через пластинку в полволны и вторую пластинку лучи соединяются снова в один пучок. Если в пространстве между пластинками, где лучи идут раздельно, лучи проходят через среды с различными показателями преломления, в микроскоп можно наблюдать интерференционные полосы и с помощью компенсатора определить разность показателей преломления сравниваемых сред. Применяя кварцевые пластинки толщиной в 1 см, можно

получить раздвижение пучков до 0.6 мм; пластинки из исландского шпата дают возможность раздвинуть их до 1 мм. Этот интерферометр применяется для определения показателя преломления мелких осколков минералов, крупинок стекла, отдельных зерен в шлифах минералов и т. п.; он же был с успехом применен в химсекторе ГОИ при изучении концентрационной поляризации в тонком приэлектродном слое. Этот интерферометр был применен также для исследования явления изменения показателя преломления стекол при температурах ниже температуры отжига, повидимому, связанной со структурными изменениями в стеклах. В настоящее время прибор применяется и в ряде других лабораторий СССР.

Применения интерференции к измерениям длины

ГОИ поставил задачу разработать метод и изготовить необходимые приборы для того, чтобы можно было с помощью интерференции с максимальной вообще доступной точностью проверить длину хранящегося во Всесоюзном институте метрологии эталона метра, а также, упростив и усовершенствовав соответствующим образом методику, дать для промышленности способ проверки концевых мер длиной до 1 м. Выпускаемый в настоящее время фирмой Цейсс интерференц-компаратор Костерса позволяет проверять меры длиной не более 20 см.

Для этой цели в механических мастерских ГОИ были изготовлены интерференционные эталоны Фабри и Перо в 1.25; 6.25; 12.5; 25; 50 и 100 см. Работа эта требовала большой точности, так как расстояние между зеркалами эталонов должно было быть осуществлено с точностью до нескольких микронов. В лаборатории сектора прикладной физической оптики была произведена подготовка параллельности зеркал с точностью до 0.005 μ . С такой же степенью точности были изготовлены в ГОИ плоские зеркала к эталонам. Серебрение зеркал осуществлялось методом катодного распыления, причем в результате длительных изысканий удалось разработать метод получения зеркал, обладающих весьма большим коэффициентом отражения



(до 98.5% для сплошного серебрения) и ничтожно малым поглощением в слое. Таким образом были получены интерференционные эталоны большой разрешающей силы при большой светосиле. Эти эталоны были применены для исследования строения красной линии кадмия (6438 Å), желто-зеленой (5648) и зеленой (5562 Å) линий криптона. Эти линии считаются наиболее простыми и постоянно употребляются в интерферометрии в качестве эталонов длины волны. Высокое качество эталонов позволило подметить наличие весьма тонкой структуры во всех этих линиях. Таким путем было показано, что для получения большей точности при интерференционных измерениях длины необходимо искать другие, менее сложные линии, которые позволили бы наблюдать интерференционные полосы равного наклона с интерференционными эталонами большей длины, чем 10—12 см, — предельной длины при пользовании линиями кадмия и криптона. Для этой цели были исследованы интерференционные полосы, даваемые линиями поглощения паров иода. Было обнаружено, что линии поглощения иода, наблюдаемые на фоне зеленой линии ртути или криптона, позволяют наблюдать интерференцию при длине эталонов раза в $1\frac{1}{2}$ большей, чем линии испускания кадмия и криптона. Для того чтобы при дальнейших исследованиях иметь возможность перейти в фиолетовую область, была создана установка и разработан метод алюминирования зеркал, так как алюминиевые зеркала обладают в фиолетовой области значительно большим коэффициентом отражения, чем серебряные.

Методика измерения длины основного эталона, в котором непосредственно можно наблюдать интерференционные кольца равного наклона и с помощью этих полос сравнить его длину с длиной световой длины, достаточно хорошо известна. Поэтому главное внимание было обращено на разработку метода сравнения длин метрового и основного (12.5 см) интерференционных эталонов. Для этой цели между сравниваемыми эталонами устанавливался третий промежуточный эталон длиной в 25 см. Эталоны были помещены в герметически закрытые металлические трубы со стеклянными окошками, из которых можно было откачивать воздух. Труба промежуточного эталона была соеди-

на с цилиндром компенсатора. Перемещение поршня в этом цилиндре вызывало изменение давления в промежуточном эталоне и происходило одновременно с перемещением связанной с ним фотографической пластинки. Непрерывное изменение давления воздуха вызывало изменение оптической длины промежуточного эталона, которую можно было приравнять сначала $\frac{1}{4}$ длины метрового, а затем удвоенной длине основного интерференционного эталона. По интерференционным полосам, полученным при этом на фотографической пластинке, можно было отметить моменты приравнивания длин и сравнить длины основного и метрового эталонов.

В настоящее время производятся окончательные сравнения длины интерференционного эталона с длиной световой волны описанным методом, после чего этот метод будет применен для измерения длины концевых мер больших размеров, изготавливаемых на заводе «Калибр».

Применение интерференции в исследованиях качества поверхностей и аберраций оптических систем

Для обнаружения небольших неровностей на полированных поверхностях необходимо получить частые и узкие интерференционные полосы, которые приходится рассматривать в микроскоп. В микроинтерферометре ГОИ на тубус обыкновенного микроскопа вместо объектива навинчивается металлическая коробка. Внутри коробки расположена полупрозрачная поверхность, на которой происходит разделение интерферирующих лучей. Для получения такой поверхности склеивают канадским бальзамом полупосеребренные гипотенузные поверхности двух прямоугольных призм, или устанавливают плоскопараллельную пластинку. Ход лучей в микроинтерферометре такой же, как в интерферометре Майкельсона. Один из интерферирующих пучков после разделения проходит через микроскопический объектив и отражается от испытуемой поверхности, другой проходит через второй такой же объектив, расположенный перпендикулярно тубусу микроскопа, и отражается от до-

полнительного зеркала. Оба пучка попадают затем через окуляр в глаз наблюдателя. Наклоняя дополнительное зеркало, можно получить интерференционные полосы нужной ширины. Изгиб этих полос будет обусловлен рельефом исследуемой поверхности. Этот интерферометр нашел себе применение для исследования качества полировки стекол, стальных концевых мер, нетравленных шлифов металлов, профиля черточек в диффракционных решетках и др.

При исследовании аберраций оптических систем методом интерференции определяют так наз. волновую аберрацию, т. е. отклонение поверхности волны, выходящей из оптической системы, от идеальной сферической поверхности. Для получения такой идеальной поверхности и наложения поверхностей интерферирующих пучков друг на друга Твайманом были сконструированы специальные весьма дорогие интерферометры.

В интерферометре ГОИ для исследования оптических систем эта цель достигается несравненно более простым способом. В фокусе испытуемой оптической системы устанавливается полупрозрачная пластинка с небольшим отверстием в центре. Лучи, попадающие в это отверстие, выходят из него в виде правильной сферической волны. Свет от остальных зон объектива проходит через соседние части полупрозрачной пластинки. Обе волны накладываются друг на друга и интерферируют.

Поместив глаз непосредственно за отверстием, можно видеть на поверхности объектива интерференционные кольца и по этим кольцам определить волновую аберрацию для каждой зоны системы.

Для испытания качества поверхностей и однородности стекла линз в заводских условиях в ГОИ был разработан способ испытания их методом полос Брюстера. При испытании, например, плоско-выпуклой линзы требовалось изготовить дополнительную плоско-вогнутую линзу того же радиуса кривизны и с помощью канадского бальзама приклеить к ней плоско-параллельную пластинку такой же толщины, как две сложенные вместе линзы. При легком наклоне верхней испытуемой линзы в этой установке легко можно увидеть полосы Брюстера и по их искривлению су-

дить о качестве испытываемых линз. Этот способ нашел свое применение при испытании линз на показатель преломления и оптические неоднородности на заводе ГОМЗ.

НАУЧНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФОТОГРАФИЯ

Эти работы сосредоточены в Фотографическом секторе, который до 1928 г. существовал как подсобная лаборатория ГОИ с тремя сотрудниками, теперь же имеет 43 сотрудника (из них 40 — оперативных работников), с весьма широким кругом задач и работ как теоретических, так и прикладных.

1. Из теоретических работ следует поставить на первом месте группу исследований о природе скрытого фотографического изображения. Миллионы любителей и профессионалов известными рутинными приемами получают это изображение в своих светочувствительных слоях и в дальнейшем подвергают его столь же рутинным приемам проявления, фиксирования и т. д. Какие-либо нововведения здесь резко ограничены почти полной неизвестностью существа, физической природы латентного изображения. Весьма серьезные научные соображения приводят к выводу, что чувствительность лучших современных светочувствительных материалов в десятки раз меньше своей предельной величины, что дефицитное серебро, которое расходуется на фотоматериалы сотнями тонн, несомненно не является единственным носителем фотографических свойств; что всякий незначительный успех в направлении уразумения процесса знаменует огромные сдвиги в деле усовершенствования фотографии, удешевления применяемой оптики и открытия новых полей приложения фотографии в науке, технике.

В фотографическом секторе с успехом разрабатывается собственная теория скрытого фотографического изображения, сближающая его получение с известным явлением фотохимического окрашивания солей. Известно, что, например, под влиянием рентгенизации каменной соли она желтеет; выяснено, что пожелтение объясняется появлением внутри кристаллической решетки нейтральных, незаряженных атомов натрия. Это атомарное желтое окрашивание

С другой стороны, практика изготовления крупных кристаллов позволила сектору включиться в общую практическую задачу искусственного выращивания кристаллов, заменяющих дефицитный кварц при изготовлении спектральных приборов.

Отдельно стоит работа, показывающая, что латентное изображение может быть получено без всякого слоя на поверхности голого стекла, только выкупанного в растворе серебряной соли. Теоретический интерес этого вопроса соединяется с хорошими техническими приложениями в виду получающейся при этом огромной разрешающей способности. В настоящее время метод фотографирования «на голом стекле» сектором вполне разработан.

Доклад о вышеуказанных работах и об упоминаемых ниже работах по теории проявления на Парижском международном конгрессе 1935 г. отнесен редакцией трудов конгресса к числу «важнейших сообщений».

2. К указанной группе работ тесно примыкает другая, занимающаяся химическими свойствами латентного изображения. С знанием этих свойств связано понимание важнейшего производственного процесса фотографии — проявления. При последнем мы имеем всегда две идущие параллельно реакции: 1) бромистое серебро восстанавливается до металлического серебра, и 2) проявляющее вещество одновременно окисляется. Сектор изучает с физико-химической точки зрения эту двойную восстановительно-окислительную систему. Теоретическая схема этой реакции показывает, что последняя в значительной степени зависит от физико-химической обстановки: от щелочности или кислотности проявляющего раствора, от концентрации бромида, от концентрации серебра (когда оно вводится при так наз. физическом проявлении). Все предсказания, которые давала разработанная в секторе теория, были одно за другим подвергнуты подробному изучению в целом ряде работ; неизменно положительные результаты этих работ позволяют заключить, что в этом вопросе работы сектора стоят на правильном пути. Здесь имеется и целый ряд практических достижений: вышеуказанная теория дала возможность научно указывать рецептуру при замене одной щелочи другой; дает способ быстрого физико-химического кон-



троля работы машинного проявления; указывает рациональную и эквивалентную замену одного проявителя (скажем, дефицитного) другим и т. п. Сектору уже удалось найти выход этим теоретическим работам в промышленность.

Как известно, серебро выделяется при проявлении преимущественно на тех местах, где имеется латентное изображение, т. е., как мы видели, коллоидальное серебро. Однако часто наблюдается выделение серебра и на незасвеченных местах слоя — так наз. «вуаль». С другой стороны, не все серебряные частицы служат центрами проявления, и мы приходим к теоретически важному вопросу о том, при какой величине частичек они могут проявляться. Если коллоидальная частица серебра должна, чтобы быть способной к проявлению, включать в себя, скажем, миллион атомов, то предварительно образования такой частицы миллион квантов света должен, поглощаясь в соли, выделить этот миллион атомов. Всякое снижение этого числа сопровождается соответствующим увеличением чувствительности. Повидимому, серебро резко отличается от многих других веществ легкостью, с которой образует коллоидальные частицы; повидимому, отдельные атомы не проявляются, но уже очень мелкие коллоидальные частицы способны к проявлению. Продвижение вперед в этой теоретической области сулит особо ценные практические успехи. В эту сторону направлена часть работ сектора и ныне.

3. Громадное большинство светочувствительных слоев изготавливается на желатиновой основе. Обширная литература выяснила ту крупную роль, которую этот субстрат играет в фотохимическом производстве. Фотографический сектор постарался и в этом вопросе увязать практическую работу с теоретическим пониманием вопроса. Желатин — типичный коллоид; в растворе он состоит из мельчайших частиц и притом электрически заряженных. Заряд частиц зависит от кислотности или щелочности раствора, в связи с чем все свойства желатина при изменении кислотности (концентрации водородных ионов) испытывают резкие изменения. Целый ряд работ сектора посвящен в особенности так наз. изоэлектрической точке, т. е. той кислотности, при которой заряды частиц, переходя через нуль, меняют свой знак. Выяснились лучшие способы определения этой точки,



влияние прибавляемых к желатину солей и т. п. Изучалось и так наз. защитное действие желатина. Работа эта продолжается и теперь. Но параллельно шла и прикладная работа, здесь развернувшаяся особенно широко. Сектор первый в Союзе поставил вопрос о советском фотожелатине, заключив в 1929 г. договор с Ленинградским желатиновым заводом о совместной работе по этому вопросу. Делу была придана организация, повторявшая в существенных чертах отношения между ГОИ и ЛЕНЗОС: один из руководящих работников сектора был приглашен консультантом завода. Работники заводской лаборатории прошли некоторое практическое обучение в секторе. Впоследствии один из сотрудников сектора был назначен заведующим заводской лабораторией. Была установлена, по согласованию завода и сектора, общая научно-исследовательская тематика. Часть ее (более простая) исполнялась на заводе, часть — в ГОИ; направлялась она и здесь и там одним лицом (вышеуказанным консультантом).

Деятельность эта принесла весьма обширные плоды, несмотря на целый ряд организационных неувязок, зависящих от нахождения ГОИ и завода в различных ведомствах.¹ Часть их собрана в «Желатиновом сборнике» (Труды ГОИ, № 98), из которого можно видеть, что почти все стадии производства были хотя бы ориентировочно изучены. Еще ранее именно в результате работ ГОИ было найдено средство для борьбы с одним из основных недостатков советского фотожелатина — так наз. депрессией. Средство это (так наз. контакт Петрова) применялось до последнего времени и вытесняется только теперь другими способами, найденными также в результате совместных трудов ГОИ и завода.

Совместная работа ГОИ и завода, несомненно, была одним из факторов, сделавших возможным постепенное снижение до минимума (а иногда и до нуля) импорта фотожелатина. Работа продолжается, но указанные организационные неувязки также не изжиты.

Упомянем в этой связи, что для расширения своей теоретической точки зрения сектор интересовался, кроме же-

¹ Завод числился одно время в НКЛП, а ныне состоит в Наркомате пищевой промышленности.

латина, и другими субстратами: агар-агаром, альгиной альбумином. Ныне эта работа готова принять прикладной характер — по взаимной заменяемости этих субстратов; укажем, что пищевой альбумин раза в три-четыре дешевле желатина. Первая работа ГОИ, повидимому, доказывает существование для разных замен подобного рода весьма широких возможностей.

4. Один из важнейших циклов работ Фотографического сектора посвящен практической задаче получения светочувствительных эмульсий. И здесь все старание устремлено на то, чтобы подвести под практическую рецептуру солидный физико-химический фундамент. Но условия в этой области настолько сложны, столько здесь переплетается взаимно влияющих условий, что не приходится отказываться в данном случае от чисто эмпирических исканий; проблема имеет слишком большой практический интерес, слишком связана с сегодняшними задачами разного рода.

Сектором выработаны эмульсия с обращением, высокочувствительная эмульсия для астрономических целей, многие слои с чрезвычайно высокой разрешающей способностью, допускающие огромные увеличения; разработаны способы борьбы с различного рода браком: вышеупомянутой депрессией, белыми точками, так называемой хвостатостью (преувеличенным протяжением области недодержки); даны многие рецепты сенсibiliзации и десенсибилизации и т. п.

В связи с теорией эмульсии в секторе изучался рост кристаллического зерна в эмульсии и обстоятельств, его сопровождающих. Сектором освоена трудоемкая, но плодотворная методика изучения распределения зерен по величинам — единственная строгая характеристика «зрелости» эмульсии; работа потребовала, кроме хорошей физико-химической методики, большого математического аппарата. В своем дальнейшем развитии она дала возможность решить вопрос весьма важного и общего значения — о том, какие зерна в кристаллической смеси растут, а какие уменьшаются, а также о скорости этих процессов. Внимательно изучались явления адсорбции на кристаллах посторонних веществ, присутствующих в эмульсии при созревании: ионов серебра, галоида, посторонних ионов, красок. Послед-

няя задача дает выход к практике сенсibilизации. Сектором здесь разрешен ряд практических задач и изучен ряд сенсibilизаторов, в том числе и советских. Затронута была также область инфракрасной фотографии.

Размеры зерен эмульсии и скорость их роста в значительной степени связаны с растворимостью образующихся кристаллов, последняя же зависит от состава ванны, в которой протекает кристаллизация. В секторе произведен ряд работ по этому вопросу и выявлена интересная картина изменения растворимости бромида серебра. Дальнейшая разработка вопроса сулит хороший теоретический подход к решению вопроса о мелкозернистых эмульсиях.

Упомянем еще об одной крупной работе в этой области. Известно, что некоторые фотографические слои отличаются недостаточной стойкостью и быстро (в течение нескольких месяцев) теряют свои полезные фотографические свойства. Сектором эти вопросы связаны с промывкой эмульсии при ее фабричном изготовлении; сохранность приведена в связь с остающимися в слое после промывки концентрациями ионов брома и водорода. Работа еще продолжается (для Фото-кино-химического треста), но независимо от окончательного результата мы уже имеем благодаря ей хороший способ заводского контроля технологического процесса промывки эмульсии. Он предложен к внедрению в промышленность в 1936 г.

5. Одной из наименее обеспеченных в Союзе потребностей является установление единообразной методики испытания свойств светочувствительных материалов, сюда же относится создание необходимой для этих испытаний аппаратуры: сенситометров, денсографов, испытательных таблиц, приборов для определения разрешающей способности и пр. Сектору пришлось одновременно и строить эти приборы и производить нужные испытания. Можно с уверенностью сказать, что именно сектор представляет собой наиболее компетентный орган, к которому в случаях необходимости обращаются заинтересованные инстанции. Из других работ в этой области следует выделить работу по спектральной сенситометрии, получающей ныне особое значение в связи с развитием производства слоев, сенсibilизированных к разным областям спектра, в том числе — к инфракрасным

лучам. Методика, выработанная сектором, удачно обходит различные представляющиеся здесь трудности, определяя чувствительность не в произвольных относительных единицах, а в энергетической мере, что является одновременным предложением и наиболее прогрессивных научных лабораторий Запада. Сектором фактически исполнено большое количество испытаний спектральной чувствительности в абсолютной мере. Предстоит большая работа по внедрению в промышленность выработанной методики.

Близко к сенситометрии стоит задача по изучению и разработке разнообразнейших светофильтров, измерительных клиньев, клиньев видимости, круговых клиньев, ступенчатых фильтров и других подобных объектов.

Упомянем еще, что теоретическое изучение спектральной чувствительности материалов в области недодержки легло в основу упомянутой в другом месте (см. работы по светотехнике) премированной работы по внедрению в промышленность рационального освещения темных цехов кинофабрик. Светофильтры, при этом применяющиеся и представляющие крупный шаг вперед в этой области, также были разработаны в Фотографическом секторе.

6. Особый ряд задач возникает в фотографии в связи с точными съемками. Здесь сектором выработаны: аппаратура для точных съемок: приемы последних; съемка на конических, цилиндрических¹ и вообще кривых поверхностях; съемки с преднамеренным искажением предвычисляемого характера; методика изготовления окулярных и объективных микрометров, разнообразных сеток для оптических приборов; приемы для изготовления автотипных растров; так наз. «муар-микрометр» — фотографически изготавливаемый прибор для быстрого измерения густоты структуры тканей (в текстильном и трикотажном производствах) и мн. др.

7. Имея твердую уверенность в том, что в течение ближайших лет предстоит широкое внедрение цветной кинематографии и фотографии, Фотографический сектор ГОИ с 1932 г. приступил к изучению и проработке этих проблем.

¹ Например, съемка внутри канала орудия, внутри буровой скважины и др.



В первоначальной стадии этих работ, протекавших в 1932—1933 гг. и ведшихся одним-двумя сотрудниками, были освоены основы процесса, а именно: получения трехцветных фотографических изображений по растровому методу и получения двуцветных киноизображений по гидротипному способу, причем ход отдельных операций последнего был подвергнут изучению как с качественной, так и с количественной стороны.

На основе полученных данных в 1934 г. было приступлено к разработке техники и методики изготовления пластинок для растровой цветной фотографии (типа Автохром). Достигнутые результаты позволили в 1935 г. заключить договор с ФОКХТ на разработку опытно-лабораторного производственного процесса изготовления этих пластинок и создание соответствующей аппаратуры, каковая работа будет закончена и сдана ФОКХТ в первой половине текущего года. Задача получения растров состоит, как известно, в том, чтобы покрыть стеклянную пластинку системой вплотную лежащих друг к другу, без всяких свободных промежутков, микроскопических светофильтров, имеющих в поперечнике около 0.01 мм и строго отвечающих определенным требованиям в отношении своих спектральных свойств. На этот слой растра, защищенный тончайшим покрытием из лака, выдерживающего как минеральные кислоты, так и едкие щелочи, наносится слой эмульсии, чувствительной по всем лучам спектра, причем эта эмульсия позволяет получать позитивы в результате непосредственной съемки и химического обращения. Этот метод цветной фотографии обеспечивает получение хороших результатов в сочетании с простой однократной съемкой обычной камерой и несложной последующей обработкой.

В настоящее время полностью решены все задачи по изготовлению вполне удовлетворительных трехцветных растров, а равно разработана обратимая эмульсия для них. ГОИ осталось освоить тонкослойное нанесение эмульсии на растры (для чего закончена постройкой поливная машина) и окончательная подгонка всей системы светофильтров и сенсбилизации.

В области цветного кино ГОИ была взята установка на разработку гидротипного метода цветной кинематографии,



как практически единственного обеспечивающего возможность легкого перехода от двуцветной кинематографии к трехцветной. Действительно, аналогичный способ, разработанный в Америке, позволил впервые дать вполне совершенные цветные кинокартины и, к настоящему моменту, вытеснил за границей остальные способы.

Работа, проводившаяся в ГОИ в 1933—1934 гг., позволила установить технологический процесс гидротипного получения цветных изображений и разработать потребную рецептуру. В основном процесс заключается в том, что с трех кинонегативов, полученных цветоделиением посредством съемки под тремя светофильтрами, соответственно пропускающими трети спектра, получают три обычные черно-белые копии, но проявляют их в специальном проявителе, дубящем негативный слой соответственно расположенных зерен восстанавливаемого серебра. Обработкой в горячей воде, расплавляющей незадубленный негатив, эти копии превращают в негативный рельеф, который, в дальнейшем, служит печатной матрицей — подобием клише, печатающим водными растворами соответственно подобранных красителей.

Каждая из трех матриц пропитывается водным раствором надлежащего красителя, который затем в силу диффузии переносится на пленку, покрытую слоем чистого желатина. Трехкратная печать, осуществляемая в специальной точно совмещающей машине, дает готовую трехцветную киноленту.

Этот процесс в основном был разработан и изучен в 1933—1934 гг., но лишь в 1935 г. в результате совместной работы ГОИ и фабрики Ленфильм были получены первые образцы трехцветных лент, для чего в ГОИ была построена специальная печатающая машина, сконструированная Ленфильмом.

В 1936 г., в соответствии с установками ГУКФ, организуется опытный производственный выпуск трехцветной мультипликационной картины. Рисунки-мультипликации и негативы делаются студией Ленфильм, а печать трехцветных кинокартин осуществляется ГОИ, который для этого конструирует и строит специальную производственную печатную машину.

Кроме того, ГОИ принимает теснейшее участие в постройке специальной киносъёмочной аппаратуры для натурной цветной съёмки, для чего рассчитывает и строит специальную оптику: как расщепительные призмы, так и объективы.

Соответствующая группа работников ГОИ выделяется в отдельную лабораторию, которая и будет заниматься всеми вопросами цветной кинематографии и фотографии.

ФОТОМЕТРИЯ И СВЕТОТЕХНИКА

Фотометрия и, более широко, светотехника начали развиваться в ГОИ с 1920 г.

Готовых кадров научных работников в Союзе не имелось, и потому пришлось готовить эти кадры главным образом из числа студентов университета-физиков. В настоящее время в секторе имеется 20 научных сотрудников и 12 лиц технического персонала, всего 32 сотрудника. Сектор состоит из трех лабораторий: 1) фотометрической, 2) светотехнической (искусственное и естественное освещение) и 3) прожекторной.

Так как основные кадры сектора были подготовлены из физиков, то направление работ было не инженерским, а скорее физическим, однако всегда с установкой на практическое применение.

Одной из первых задач, с которой пришлось столкнуться Фотометрическому сектору, являлось установление светового эталона СССР. Отсутствие основного эталона для всех фотометрических измерений — эталона силы света — очень остро чувствовалось в стране. Первый световой эталон, в виде совокупности специальных электрических ламп накаливания, был установлен Фотометрическим сектором ГОИ в 1924 г. В дальнейшем, при организации Фотометрической лаборатории в Главной палате мер и весов, поддержание светового эталона СССР перешло к ней.

Одной из первоочередных задач Фотометрического сектора являлась разработка новых типов фотометрических приборов и содействие промышленности в их изготовлении. Здесь особо следует отметить следующие приборы: фото-

метрические скамьи, люксметр и группу принципиально новых конструкций: рефлексометра, шаров Гуревича, нефелометра и т. п. Эти приборы использовались также и для внутренней исследовательской работы сектора.

Одной из основных задач фотометрии является установление объективных методов измерения, т. е. замена в световых измерениях глаза как оценивающего прибора объективным, отзывающимся на световую энергию, приемником. Таким путем могут быть исключены воздействия на результаты измерения индивидуальных особенностей различных глаз и связанные с этим погрешности, иногда очень грубые.

Фотометрическая лаборатория ГОИ занялась вопросом объективной фотометрии с 1931 г. и к настоящему времени разработала приемлемые по точности и надежности методы объективного измерения. Не ограничиваясь применением изготавливаемых в других местах фотоэлементов, ГОИ поставил у себя производство специального типа фотоэлементов — селеновых, особенно удобных для переносных фотометров, т. е. для измерения освещенностей на рабочих местах любого типа. Это производство (в лабораторном масштабе) может в настоящее время считаться поставленным. Производство это сопряжено со значительными трудностями, которые еще не могут считаться нацело преодоленными. Однако селеновые фотоэлементы, изготовленные Фотометрическим сектором ГОИ, работают уже вполне удовлетворительно как в самой лаборатории, так и в других местах, для которых они были изготовлены.

Из работ по фотометрии следует отметить исследования по рассеянию света. На основе разработанной теории была выработана система классификации светорассеивающих веществ, в том числе и молочных стекол. Эта работа повлекла за собой ряд других исследований по теории светового поля, светорассеивающих средин и по фотометрии мутных средин. К этому направлению работ примыкает теория объемного свечения, имеющая значение для современных газосветных ламп.

Одной из основных задач светотехники является изыскание методов численной оценки достоинства той или иной системы освещения для данной зрительной работы. Вели-



чина освещенности является лишь одним из факторов, характеризующих условия освещения. Степень видимости объекта или отдельных его деталей определяется не столько общим уровнем освещения, сколько распределением теней, бликов и другими факторами, зависящими от пространственного распределения падающего на объект света. Все эти факторы не могут быть оценены одним числом, подобно уровню освещения, измеряемому численным значением освещенности, почему вопрос об их изучении и получил название «проблемы качества освещения». Работы Светотехнической лаборатории в 1933 и 1934 гг. ставили своей целью получение экспериментального материала, позволяющего судить о видимости различных типовых структур при различных осветительных условиях. Был предложен метод количественного определения степени видимости объектов или отдельных их деталей. Идея этого метода заключается в следующем. Перед глазом помещается полупосеребрянное зеркало. Лучи от рассматриваемого объекта проходят через это зеркало. С другой стороны в зеркале отражается светящаяся поверхность, яркость которой может быть изменяема. Благодаря тому, что на рассматриваемый объект накладывается отражение этой равномерно-светящейся поверхности, объект воспринимается как бы сквозь дымку (подобно предметам в витрине, в стекле которой отражается яркое небо). При увеличении яркости отражающегося в зеркале света яркостные контрасты, обуславливающие общую видимость объекта и его деталей, позволяющие распознавать его форму и его строение, смягчаются, ступшевываются, и при определенном критическом значении яркости дымки разрешение зрительной задачи становится невозможным. Это критическое значение яркости и может служить мерой степени видимости макро- или микро-объекта при данной системе освещения. Таким образом, лаборатории удалось разрешить задачу о числовой оценке достоинств освещения.

С работами по оценке степени видимости тесно связаны исследования Фотометрического сектора в области вопросов теоретической фотометрии. В результате этих исследований создана новая глава математической физики — теория светового поля, дающая общую теорию светотехниче-



ского расчета. Применение к фотометрии представлений о силовом поле и векторного анализа позволило обобщить и объединить в одну теорию ранее разрозненные методы расчета.

Показано, что применение теории светового поля во многих случаях упрощает решение чисто практических задач светотехники. В 1935 г. на основе этой теории разработаны некоторые методы расчета осветительных арматур, местного освещения, уличного освещения, прожекторного пучка и т. п.

Вопросы естественного освещения до недавнего прошлого были совершенно в стороне от интересов светотехники. Проблема естественного освещения в СССР была поставлена ГОИ. Институт разрабатывает методы расчета и измерения дневного света, разрабатывает указания к проектированию зданий для обеспечения наилучших условий их дневного освещения, исследует связанные с этим экономические вопросы и создает нормы дневного освещения школ и фабрик. В 1931 г. институт созывает Всесоюзную конференцию по естественному освещению, которую он использует для передачи опыта своей работы архитекторам-строителям и инженерам-светотехникам. Оптический институт помогает Центральному институту промсооружений создать специальную лабораторию по вопросам дневного освещения зданий. В настоящее время вопросы естественного освещения в СССР уже исследуются в ряде лабораторий, они излагаются в высшей школе, им посвящена специальная литература, Светотехническая лаборатория ГОИ сама продолжает работать в этом направлении. В 1936 г. лаборатория обращает особое внимание на уточнение методов расчета и измерения дневного освещения с учетом прямых солнечных лучей, неравномерности яркости неба, многократных отражений внутри помещений. Весьма ценным подспорьем является наличие в лаборатории капитальной установки — «искусственный небосвод». На этой установке при помощи фотоэлементов изучаются условия дневного освещения на моделях зданий. Эта установка оказала большую помощь при составлении институтом эскизного светотехнического проекта Дворца Советов. На установке «искусственный небосвод» исследовались условия освеще-



ния Большого зала Дворца Советов. Эта установка находит самое разнообразное применение: на ней исследовались условия дневного освещения школ, фабрик и заводов, жилищных и культурно-бытовых помещений. В настоящее время на ней исследуются модели теплиц для цитрусовых растений.

Из работ Светотехнической лаборатории, выполненных ею в 1935 г., особо следует отметить работы по освещению темных цехов фотохимической промышленности, где изготавливаются фотоматериалы (кино- и фотопленки, фотопластинки, фотобумага). Светотехническая лаборатория совместно с Фотографическим сектором поставила перед собой задачу о нахождении таких способов освещения темных цехов, при которых можно было бы обеспечить без вреда для этих материалов достаточно высокий уровень освещения в цехах. До настоящего времени работа по производству фотоматериалов идет при столь ничтожном количестве света, что сами эти цеха называются «темными». Рабочие перемещаются в них ощупью, красные фонари служат для освещения отдельных рабочих мест и для общей ориентации в цеху.

В результате количественного исследования чувствительности фотоматериалов к свету различных длин волн и изучения поведения глаза в области малых освещенностей был выработан метод нахождения наиболее выгоднейшего спектрального состава лучистой энергии для освещения и метод ее дозировки. При этом оказалось, что общепринятое «красное» освещение в целом ряде случаев совершенно недопустимо, что переход к иному спектральному составу позволит значительно повысить без вреда для фотоматериалов уровень освещения. После проведения этих чисто лабораторных исследований была послана бригада на киноплочную фабрику № 6, наиболее крупную в СССР, для практического испытания метода разработки реальных схем осветительных устройств, составления проекта переоборудования освещения и руководства самой реконструкцией светового хозяйства фабрики. Эта работа выполнена, освещение фабрики переоборудовано. Особо разительные результаты дало переоборудование эмульсионно-варочного цеха, цеха, изготавливающего позитивную киноплечку; при

новом освещении, которое на-глаз представляется белым, цех перестал быть «темным», что позволило рабочим-станковцам перейти на обслуживание большего числа станков. Переход к новым способам освещения содействовал не только повышению производительности труда, но и улучшению качества продукции. При новом освещении на местах браковки стали видны некоторые из тех разновидностей брака, которые не были заметны раньше.

Разрешение задач теоретической фотометрии, с другой стороны, позволило поставить и решить чрезвычайно важную для нашей молодой светотехнической промышленности задачу о расчете зеркальных и рассеивающих осветительных арматур. Разработанные ГОИ методы расчета излагаются в учебниках, по ним рассчитывается отечественная продукция.

Специальным видом осветительных арматур являются прожекторы. Как было указано выше, в состав Фотометрического сектора входит Прожекторная лаборатория, ставящая своей задачей исследование осветительных приборов дальнего действия. Естественно, что эта лаборатория в сильной мере загружена разрешением ряда задач чисто практического характера. Из выполняемых ею теоретических работ особо следует отметить исследования по структуре снопа лучей прожектора, по расчету линз Френеля, получающих все более и более широкое распространение в светосигнальных оптических системах (маяках и т. п.). Работы Прожекторной лаборатории ведутся совместно с лабораториями наших заводов и непосредственно направлены на постановку отечественного производства.

КОЛОРИМЕТРИЯ

Работы в области цвета в ГОИ возникли в связи с поднятым в 1927 г. вопросом о причинах окрашенности оптического стекла, ухудшающей его качество. В конце 1931 г. для этой цели сформировалась небольшая цветовая группа, которая затем развилась в Цветовую лабораторию.

Ведя работу в области, которая до того оставалась в Союзе почти без внимания, Цветовая лаборатория не



могла сосредоточить свою работу на какой-нибудь одной стороне цветových вопросов. Цвет определяется, с одной стороны, спектральным составом излучения, воспринимаемого глазом, а с другой — особенностями цветного зрения, и эта двойственность неизбежно находит свое отражение при разработке всякой цветовой темы. Поэтому в тематику лаборатории входят, тесно увязываясь друг с другом, как спектрофотометрические вопросы, так и чисто колориметрические, и одновременно же — вопросы цветного зрения.

Возникнув в составе Сектора фотометрии, лаборатория не могла не поставить первой своей задачей разработку методики точного измерения цвета, базирующейся на строго физических основах. Прежде всего, надо было получить в свои руки основные измерительные приборы и освоить на них технику цветových измерений и сопутствующих расчетов. В результате проделанной работы возник ряд приборов трехцветных колориметров. В основе всех трехцветных колориметров лежит следующий метод. Линза, проектирующая изображение широкого диффузного источника, прикрывается на отдельных своих участках фильтрами трех различных цветов — красным, зеленым и синим. Каждый участок дает свое, соответственным образом окрашенное изображение, и в результате совместного наложения этих изображений происходит смешение трех основных цветов прибора в количествах, определяемых переменным соотношением цветных участков линзы.

Особо надо отметить вариант этого метода, в котором общая площадь трех цветных участков на объективе остается постоянной, а два линейных перемещения сложного составного светофильтра дают крайне простой переход с помощью плоской номограммы от показаний двух шкал прибора к искомым трехцветным координатам.

Обогащение светотехники новыми источниками света, по большей части цветными, вроде неоновых, ртутных, натровых и тому подобных газосветных ламп, ставит на очередь задачу применения колориметра для измерения силы света и цветности подобных источников. Фотометрия знает только несовершенные и непрямые способы в этой области, используя кропотливый и страдающий отсутствием универсальности прием подкрашивания эталонного источ-

ника света светофильтрами, или применяя мигающий фотометр со всей сложностью условий, определяющих точность измерений на нем.

Общий для созданных лабораторией колориметров принцип был использован также и в задаче построения колориметрической насадки к фотометрической скамье, осуществляющей, в сущности, источник сравнения переменного цвета.

В отношении субтрактивных колориметров, всегда очень компактных, но сложных в своей эмпирической градуировке, лабораторией был дан прием использования плоской градуировочной номограммы для отыскания всех трех, определяющих цвет, координат, который открывает, таким образом, широкую дорогу выработанному в двух модификациях типу клинового колориметра для самых разнообразных применений, в том числе в качестве теле- и микроприбора.

На спектрофотометр падает в колориметрии чрезвычайно ответственная задача — давать и контролировать основные стандарты цвета, по которым в дальнейшем может уже производиться градуировка основных измерительных приборов — колориметров. То же самое надо сказать относительно стандарта «белого» освещения, где за спектрофотометром остается роль последней решающей инстанции.

Таким образом, без спектрофотометра не может быть точной колориметрии, и точность спектрофотометрирования определяет собой точность колориметрических измерений.

Понятно, что колориметрия предъявляет к спектрофотометру особо повышенные требования, которые носят к тому же своеобразный характер в силу особенностей цветного зрения. Между тем, существующие приборы визуального типа далеко не достигают пределов осуществимой в них точности. Поэтому в лаборатории был разработан новый тип прецизионного спектрофотометра на принципе, впервые предложенном Ives'ом еще в 1910 г., который должен явиться заменой распространенного у нас спектрофотометра Кенига-Мартенса, обладающего рядом крупных недостатков.

На ряду с созданием новых приборов надо отметить вышедшие из лаборатории работы по выяснению факторов

точности колориметрических измерений, обосновывающие принципы рациональной конструкции колориметров. С другой стороны, эти работы устанавливают связь между погрешностью цветовых измерений определяемой порогами цветового различения и метрикой цветового пространства, являющегося математическим представлением свойств цветного зрения.

В ряде работ был развит метод графических номограмм отыскания цветовых характеристик: график для перехода от трехцветных координат к координатам: цветной тон и чистота цвета с новым истолкованием чистоты пурпурных цветов, ныне предлагаемом к введению в порядке международного соглашения; графики для отыскания цветовых координат светофильтров в зависимости от пределов их области прозрачности, а также графики для перехода от схематизированных кривых оптической плотности, обладающей свойством аддитивности, к цвету.

Возникшая в связи с запросами промышленности (оптическое стекло) Цветовая лаборатория с самого начала своей работы не только развивает теорию и практику колориметрии вообще, но и ведет непрерывную работу над отдельными конкретными вопросами технических ее приложений.

Из различных отраслей промышленности работа Цветовой лаборатории теснее всего связана с производством оптического стекла, главным образом, конечно, цветного, в форме составления и анализа технических условий на цветное стекло, консультации заводов ВООМП и внедрения на них методов колориметрического и спектрофотометрического испытания, а также создания специальной аппаратуры, в роде фотометра для измерения окрашенности оптического стекла и упрощенного спектрофотометра.

Была также выполнена работа по выяснению характера изменений цвета стекла при нагревании и по выяснению причин окрашенности флинтowych оптических стекол. В большой совместной работе Цветовой лаборатории и Химического сектора ГОИ выяснено поведение в стекле основных применяемых для его расцветки красителей, что привело в настоящее время к возможности составления (Цветной лабораторией) каталога цветных советских стекол, насчитывающего до сорока освоенных сортов, причем

группа желтых, оранжевых и красных стекол получила большее развитие, чем за границей.

Ряд работ по нормированию сигнальных цветов — для Главного гидрографического управления, для гражданского воздушного флота, и цветных стекол для сигнализации со- здал для лаборатории положение центрального органа — в частности ей поручена разработка советского предложе- ния по сигнальным цветам в Международный осветитель- ный комитет.

Наконец, последняя группа вопросов — цветного зре- ния — разрабатывалась в Цветовой лаборатории в несколь- ких направлениях, связанных со сложившимся ходом дру- гих исследований.

Так, в связи с вопросом о шкалах окрашенности стекла, было исследовано соотношение между объективно опреде- ляемой чистотой цвета и субъективно воспринимаемой его насыщенностью.

В связи с вопросами цветовой сигнализации, были иссле- дованы пороги цветового и яркостного различения точеч- ных источников монохроматического света, причем резуль- таты работы позволили произвести новое определение так наз. кривой «видности» излучений по спектру, а также дали новый метод для количественной оценки насыщенности спектральных цветов. Также в связи с сигнальным делом подвергся исследованию вопрос об опознании цвета точеч- ных источников.

В результате намечается рациональное распределение сигнальных цветов по спектру.

Применение ранее описанного метода смешения цветов позволило построить оригинальный прибор для определе- ния аномалий цветного зрения, в котором отдельно испы- тывается каждая из трех существующих в зрительном аппа- рате цветоочувствительных систем.

Таким образом, сообразно величине порогов по трем соответственно выбранным направлениям изменения цвета одной половинки поля зрения происходит количественная оценка цветоразличения, чего нет в каких-либо других существующих методах и приборах этого рода (аномало- скопы). Те или другие типы аномальной чувствительности трех систем глаза получают, таким образом, отдельную,

количественную характеристику в органически адекватном выражении — в порогах цветоразличения.

Наконец, в последнее время в Цветовой лаборатории намечены и проводятся две работы фундаментального значения для колориметрии в области изучения цветового восприятия.

Речь идет о новом определении закономерностей смешения цветов при разных уровнях освещенности на сетине, а также «видности» излучений по спектру для нормального и аномального глаза.

Эти данные должны послужить, помимо общего их значения для колориметрии, к установлению истинного вида кривых спектральной чувствительности трех светочувствительных систем, которые предполагаются гипотетически в зрительном аппарате еще со времен Юнга.

К той же цели, но иными путями, направлена другая большая работа — по изучению цветной адаптации, которая на нормальном глазе, в опытных условиях монокулярного наблюдения, должна дать картину закономерностей цветового восприятия во времени и привести к самостоятельному определению спектральной чувствительности приемников нормального глаза и факторов, на нее влияющих.

Несомненно, что в этом лежит много новых возможностей к раскрытию до сих пор неразгаданной природы восприятия цвета.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Задачей физиологической оптики является изучение глаза как оптического прибора и как приемника лучистой энергии, а также методов и приемов повышения эффективности зрительной работы. Как конструирование оптического прибора, так и его практическое использование невозможны без учета особенностей оптического устройства глаза и законов световосприятия.

Эти же сведения о глазе являются базой для современных светотехники и офтальмологии.

Необходимые для этих отраслей знания сведения о глазе могут быть получены применением именно физических, а не медицинских методов исследования.

Лаборатория физиологической оптики ГОИ в начале своей деятельности должна была уделить много внимания вопросам коррекции глаза очковыми линзами и усовершенствованию методики связанного с назначением коррекции испытания зрения. Применяемые еще до сих пор у нас в Союзе методы исследования зрения, также как и распространенные и производимые у нас типы очковых линз, не соответствуют современным достижениям науки и не могут обеспечить максимальную зрительную производительность труда.

Лаборатория поставила вопрос об изменении методики исследования глаза в медицинских учреждениях Союза и о переходе на применение новых, более совершенных типов очковых линз и специальных очковых приборов. Осуществив у себя использование на практике новых методов исследования глаза (через лабораторию до сего времени прошло свыше 4000 человек, направленных лечебными учреждениями со всех концов Союза), лаборатория приступила к пропаганде этих методов среди врачей-окулистов и налаживанию производства необходимой аппаратуры и новых типов очковых линз на заводах оптико-механической промышленности. Эти работы создали постепенно лаборатории известность как среди врачей-окулистов, так и среди широких кругов населения. Лаборатория добилась ряда постановлений НКЗ, предусматривающих реорганизацию дела исследования и исправления зрения у нас в Союзе.

Лаборатория выполнила работы по расчету усовершенствованных средств коррекции глаза — так наз. пунктальных очковых линз, которые должны заменить распространенные у нас двояко-выпуклые и двояко-вогнутые линзы, разработала номенклатуру необходимых линз для астигматического глаза, рассчитала телескопические очки, дающие возможность во многих случаях вернуть человеку работоспособность тогда, когда обычные очки помочь не могут.

Лабораторией разработаны конструкции ряда приборов для исследования глаза: таковы — рефрактометр (прибор для быстрого, точного и объективного измерения оптиче-

ских данных глаза), безрефлексный электрический офтальмоскоп, щелевая лампа, кератометр, измеритель расстояний от переносья до центров зрачков и др.; часть этих приборов пущена в производство.

Параллельно развивалась научно-исследовательская деятельность лаборатории в области изучения работы глаза. Проведенные в ней работы могут быть разбиты по следующим основным проблемам.

1. Проблема работы глаза совместно с оптическим прибором. При работе с оптическим прибором глаз находится в совершенно особых, специфических условиях. Условия эти совсем не изучены, между тем выяснение их существенно как для конструирования этих приборов, так и для рационального пользования ими.

Лабораторией изучен режим работы глаза со стереодальномером, применяемым в военном деле, проведено специальное исследование по выяснению рациональной формы марки для стереодальномера, рациональной формы марки для выверочной линейки стереодальномера и т. д.

Закончена работа по изучению значения правильной установки окуляров в моно- и бинокулярных оптических приборах. Последняя работа имеет своей задачей выяснить те условия работы глаза с оптическим прибором, при которых зрительное утомление было бы минимальным.

2. Проблема зрительного утомления. Задача сведения к возможному минимуму утомления глаза как при работе с оптическим прибором, так и без него требует прежде всего решения вопроса о том, какие величины, характеризующие оптический аппарат глаза, и как именно изменяются в процессе утомительной зрительной работы. Когда такая задача будет разрешена, станет возможным численно характеризовать степень зрительного утомления и подбирать такие условия работы глаза, при которых зрительное утомление было бы минимальным.

Лабораторией проведено исследование на эту тему, характерной особенностью которого является изучение поведения всего комплекса величин, характеризующих оптику глаза, а не одной-двух, как это имеет обычно место в других исследованиях по этому вопросу. Работой этой выявлено существование для всех этих величин тенденции

к изменению под влиянием зрительного утомления ^{ВО} вполне определенную сторону.



3. Проблема механизма глубинного восприятия. Каким путем воспринимают наши глаза глубину окружающего мира, как производится нами оценка расстояний до окружающих нас объектов — эти вопросы до сего времени еще не разрешены физиологической оптикой. Между тем решение их, помимо чисто научного интереса, должно дать ряд практических приложений, главным образом по линии совершенствования производства ряда военных оптических приборов. Лабораторией закончен ряд работ по вопросу о влиянии разных факторов (освещения, контраста, формы объектов и др.) на остроту глубинного зрения. Работы по изучению режима работы глаза со стерео-приборами выполнены по заданию промышленности и переданы на заводы для реализации.

4. Проблема световосприятия. Запросы Морского ведомства и Главного гидрографического управления побудили лабораторию поставить работы по изучению скорости восприятия глазом светящихся точек в зависимости от различных условий, в частности от предварительной адаптации глаза различной длительности и на поля разной интенсивности. Это исследование потребовало попутного решения ряда других вопросов, до сего времени не решенных. Таковы изучение вопроса о распределении чувствительности к слабым источникам света по сетчатке глаза, о значении существования фиксационной точки, о возможных колебаниях в чувствительности глаза в разные дни и т. д.

ПРИРОДА СВЕТА

Современная теория света резко отличается от электромагнитной волновой концепции XIX века. Спектроскопические данные, закономерности действий света и явления рассеяния (эффект Комптона, комбинационное рассеяние) могут быть поняты только на основе представления о квантовой структуре света (если не отказываться от законов сохранения энергии и импульса в элементарных процессах). Этот вывод, при всей его убедительности, не был однако



подкреплен до последнего времени прямыми опытами, доказывающими не только дискретную структуру света, но и взаимную несвязанность (некогерентность) отдельных квантов света. Опыты такого рода для своего осуществления требуют исключительно чувствительных приемников, отвечающих на небольшое число фотонов: квантовые свойства света могут быть обнаружены только по статистическим флуктуациям, теоретически заметным лишь при очень слабых световых потоках. Для этой цели в институте был применен человеческий глаз, адаптированный на темноту, обладающий огромной чувствительностью в сине-зеленой части спектра. Глаз фиксируется на слабую красную точку, и изображение исследуемой точки падает таким образом не в центр глаза, а на периферию, т. е. в области большей чувствительности. Для предотвращения размывания флуктуаций вследствие способности глаза сохранять зрительное впечатление в течение нескольких десятых секунды перед глазом вращается диск с вырезом, пропускающим свет только в течение 0.1 секунды. Теория, основанная на применении классической статистики, дает определенную связь между вероятностью наблюдаемых глазом вспышек и степенью ослабления света. По эмпирической кривой может быть найдено число фотонов, соответствующее порогу зрительного раздражения глаза.

Опыты, производящиеся в ГОИ свыше двух лет, с удивительной четкостью подтвердили все выводы современной квантовой теории света. Световые лучи при очень слабых интенсивностях оказываются не сплошным потоком, но обнаруживают статистические флуктуации в полном качественном и количественном соотношении с теорией квантов. Два когерентных луча, способные интерферировать, флуктуируют совершенно независимо один от другого, и таким образом в место встречи интерферирующих лучей фактически почти всегда приходит лишь один луч, который и интерферирует «сам с собою», вопреки представлениям классической теории волн. Исследование поля интерференции при очень малых интенсивностях показало, что в темные полосы интерференционной картины фотоны не попадают никогда, в светлых же полосах их интенсивность подтверждена статистическим флуктуациям.



Измерения флуктуаций в различных спектральных областях позволили определить без энергетических промеров абсолютные значения энергии, соответствующие порогу зрительного раздражения для разных длин волн. Особенность метода флуктуаций состоит в том, что по данным о вероятности флуктуаций определяется чувствительность сетчатки, а не глаза в целом. В той области, где глазное яблоко прозрачно, получалось хорошее совпадение с обычной «сумеречной» кривой спектральной чувствительности глаза. В ультрафиолетовой области спектра обнаружилось, однако, резкое расхождение. Флуктуационная кривая имеет здесь второй максимум, в то время как обычная кривая резко падает. Этот как будто бы неожиданный факт объясняется громадным поглощением ультрафиолетовых лучей в хрусталике глаза. По медицинским данным, глаза, из которых извлечен при операции хрусталик, действительно обладают большой чувствительностью к ультрафиолетовым лучам. Специальные измерения дают особенно убедительное доказательство физической, квантовой природы наблюдаемых флуктуаций. Одновременно они дают новый метод физиологической оптике для исследования свойств сетчатки.

Теория флуктуаций света для равновесного излучения, развитая Эйнштейном, указывает, что флуктуации будут носить классический (в смысле классической статистики) характер только при сравнительно невысоких температурах излучателя. Для высоких температур должна иметь место статистика Бозе-Эйнштейна. Проверить этот вывод в лабораторных условиях невозможно (требуются постоянные излучатели с температурой порядка $30\,000^\circ$), однако, можно надеяться на осуществление наблюдений со звездами.

В лаборатории за последнее время были произведены сравнительные измерения флуктуаций температурного излучателя и флуоресценции. В обоих случаях статистика оказалась одинаковой. Теории флуктуаций для неравновесных излучателей до сего времени нет, поэтому временно приходится ограничиться указанным опытным фактом.



ИТОГИ РАБОТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ПО ОПТОТЕХНИКЕ

ОПТОТЕХНИКА

С момента образования института в нем работала небольшая группа сотрудников под руководством А. И. Тудоровского, из которой в дальнейшем развился Оптотехнический сектор. Первоначально работа этой группы состояла в измерениях показателей преломления оптического стекла, изготовлявшегося Оптическим отделом Фарфорового завода, измерениях радиусов кривизны пробных стекол и определениях конструктивных элементов существующих типов биноклей для Вычислительного бюро института, на основании которых последнее выполняло свои расчеты конструкции биноклей.

С 1921 г. организуется лаборатория, а потом сектор, который, помимо этих вспомогательных измерений, приступает к выполнению самостоятельных работ исследовательского характера.

Телескопическая оптика

Осуществлен очень удобный метод испытания телескопических систем на качество изображения с помощью мир. Этот способ в настоящее время широко применяется промышленностью.

По этому методу было произведено исследование и дана характеристика свыше 200 биноклей как заграничного, так и отечественного производства.



Необходимость в объективном методе оценки качества изображения вызвала работы как по применению новых мир, так и по исследованию влияния контрастности объекта на разрешающую силу.

Числовая характеристика качества изображения телескопических систем с помощью измерения аберраций (т. е. недостатков, вызывающих нерезкость изображения) также представлена рядом соответствующих работ. Разработан метод измерения аберраций телескопических систем, аналогичный методу Гартмана. Для той же цели был применен интерферометр Тваймана. Наконец, был разработан простой и удобный визуальный метод исследования этих систем. Его преимущество заключается в том, что он не требует ни фотографирования, ни тонких интерференционных установок, давая вполне достаточную точность.

Вопрос о количестве света, пропускаемого биноклями и другими телескопическими системами, поднятый потребителями этих приборов, нашел разрешение в ряде работ, давших в результате два прибора: фотометр Майзеля и фотометр Тудоровского, который в настоящее время довольно часто применяется.

Был также разработан прибор для счета пузырей в биноклях. Даны технические условия на приемку биноклей и других телескопических систем. Этими условиями промышленность пользуется и в настоящее время.

Фотографическая оптика

В связи с развитием производства фотографической оптики были освоены существующие методы ее испытания, а также разработан ряд новых методов.

Был всесторонне изучен классический метод Гартмана для измерения аберраций с выяснением и оценкой всевозможных ошибок измерения аберраций. Метод был сначала применен к изучению астрономических зеркал.

Был установлен, изучен и применен для количественных измерений фотографических объективов прибор Тваймана, основанный на явлении интерференции света. Прибор этот, построенный фирмой Хильгер в Англии, предназначался



первоначально для качественной оценки недостатков объективов. Удалось, однако, показать, что этим прибором можно пользоваться и для количественного определения aberrаций. Кроме того, был разработан визуальный метод исследования на этом приборе.

Классический метод Гартмана для измерения aberrаций фотографических объективов после его всестороннего освоения подвергся видоизменению, позволившему гораздо быстрее производить измерения. По этому способу, ныне привившемуся в промышленности, были произведены многочисленные сравнительные испытания большого числа существующих типов заграничных фотографических объективов. Эти испытания легли в основу расчетов объективов из советского стекла, а следовательно и всего производства советской фото-оптики.

Вообще в секторе разработано и осуществлено полностью оборудование для всестороннего исследования фото-оптики. Таковы, например, большой щит с искусственным освещением, состоящий из ряда мир с очень тонкой структурой, позволяющий испытывать объективы непосредственной съемкой; прибор для измерения фото-оптики средних фокусов; прибор для измерения короткофокусных объективов; приспособление для измерения дисторсии объективов; большой коллиматор; специальная точная камера для съемки и др. Часть этой аппаратуры освоена промышленностью и ею непрерывно употребляется.

Освоены и видоизменены методы Ленувеля и Ронки. Не останавливаясь на освоении и изменении существующих методов, сектор разработал ряд оригинальных методов исследования фото-оптики, описанных в советской и иностранной научной литературе. Был разработан метод непосредственного черчения кривых сферической и хроматической aberrаций фото-объектива, непосредственно дающий график результатов, получаемых обычно путем измерений и последующего пересчета. Разработан интерференционный метод испытания объективов, отличающийся от всех аналогичных как по идее, так и по простоте и во многих случаях заменяющий с успехом громоздкий метод Тваймана.

Кроме методики измерения фото-оптики, разработан визуальный метод измерения скорости фотографических

16 03 57 40
872-1110333

затворов. Разработан и построен прибор для измерения скорости затворов и коэффициента их полезного действия, основанный на измерении светового потока, прошедшего через затвор, при помощи фотоэлемента.

Произведена большая работа по изучению процессов сборки объективов и фото-камер, изготавливаемых в фотоцехе завода ГОМЗ. Был получен ценный статистический материал о состоянии производства. Работа привела к составлению ряда проектов приборов для сборки и ее контроля. Некоторые из этих проектов осуществлены.

Сектор принимал также деятельное участие в составлении технических условий на фото-объективы, применяемые в аэро-фото съемке.

Микроскопия

По микроскопии сектором был выполнен ряд работ как исследовательского, так и технологического содержания.

Прежде всего были произведены измерения ряда объективов и окуляров микроскопов зарубежных фирм, результаты которых были использованы Вычислительным бюро ГОИ при его расчетах. Кроме того, подвергались исследованию и другие части микроскопа, как осветительные приспособления камеры для микрофотографии и др. Для этого была разработана методика измерения малых радиусов, радиусов кривизны, показателей преломления для малых линз и др.

В связи с тем, что производство оптики микроскопов стало развиваться в СССР, сектор приступил к разработке методики ее испытания. В этом направлении были выполнены следующие работы: были разработаны два метода исследования аберраций объективов микроскопа, один из них аналогичен методу Фуко, другой — интерференционному методу Тваймана. Освоен метод Смайльса для тех же целей, при помощи которого произведены сравнительные испытания ряда объективов. Этот метод применен также для исследования аберраций лучей, идущих под некоторым углом к оптической оси прибора. Разработаны методы качественного испытания объективов микроскопа, которые

могут быть применены в условиях заводской обстановки. Разработан дифракционный метод испытания объективов, применимый для пучков света, идущих под углом к оси объектива. Разработана методика исследования астигматизма окуляров, по которой были испытаны несколько важнейших типов окуляров и результаты которых были применены для целей расчета новых приборов.

В виду того, что ответственная задача сборки объективов микроскопа требует рабочих высокой квалификации, сектором разработан специальный метод сборки объективов микроскопа, который в настоящее время внедрен на заводе «Геофизика». По этому методу освоено изготовление ряда сильных объективов.

Помимо этих работ в ГОИ разработаны следующие методы по микроскопии.

Разработан прибор для измерения перемещений поверхности по нормали, состоящий из двух микроскопов, наклоненных под некоторым углом друг к другу. Он дает возможность определять неровности профиля поверхности.

Разработан метод увеличения контраста прозрачных препаратов при наблюдении в микроскоп.

Разработан метод получения стереоскопических снимков и рисунков под сильным увеличением с объектов, значительно превышающих по толщине глубину фокуса объектива.

Разработано приспособление к микроскопу («Микроинтерферометр»), позволяющее измерять микроскопические неровности объекта интерференционным способом.

Разработано приспособление к микроскопу («качающийся» объектив), дающее возможность резко видеть и определять расплывчатые фотографии спектральных линий. Налажена схема микроскопа, позволяющего наблюдать под сильным увеличением объект, нагретый до высокой температуры.

В связи с вопросами о разработке новых типов киноаппаратов с улучшенными схемами лентопротяжных механизмов, был разработан метод измерения скорости фильма в аппаратах различного типа. По этой схеме были произведены исследования лентопротяжных механизмов как

ВООМП, так и ряда аппаратов заграничных фирм, а также ламп к аппаратам.

Запросы промышленности с самого начала существования сектора заставили развить методику измерения конструктивных элементов оптических приборов: радиусов кривизны, фокусных расстояний, углов призм и показателей преломления стекла.

Кроме освоения техники сферометра и метода Гильда для измерения радиусов кривизны, был разработан видоизмененный метод Кольрауша, а также оригинальный интерференционный метод. Для линз с большими радиусами кривизны был разработан интерференционный метод измерения фокусных расстояний.

Для призм с малым углом (клиньев) был применен аналогичный интерференционный метод. Этот метод освоен промышленностью. Для измерения показателей преломления линз употребляется оригинальный иммерсионный метод.

Сектор принимал очень близкое участие в составлении технических условий на прием оптического стекла. В связи с этим были разработаны некоторые методы исследования оптического стекла. Был построен прибор для наблюдения и определения положения внутри стекла резких неоднородностей стекла, так наз. свилей. Далее, было произведено весьма обстоятельное исследование влияния свилей на качество изображения, являющееся основой для разработки новых технических условий на оптическое стекло.

Сектор долгое время был единственным местом, где производился контроль и измерение сферических калибров для стекла (пробных стекол).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОПТИКА

Вычислительная оптика есть расчет конструктивных элементов оптических систем. Всякая оптическая система состоит из совокупности линз, призм и иногда зеркал, изготовляемых из различных сортов оптического стекла согласно расчетам, которые имеют целью выбрать сорта стекол, наиболее пригодные для решения данной задачи, из числа нескольких десятков сортов с различными оптиче-

скими постоянными, найти наиболее выгодное распределение отдельных линз и вычислить значения радиусов поверхностей этих линз для получения наилучшего возможного изображения.

Требования, предъявляемые к современным оптическим системам, в большинстве случаев очень высоки, и удовлетворить им могут лишь системы более или менее сложной конструкции со значительным числом линз при условии применения разнообразных сортов стекол в одной системе.

Для того чтобы успешно рассчитывать оптические системы, необходимо следующее: а) знание общей геометрической теории изображений (геометрической оптики); б) умение применять эту теорию к решению частных задач; в) владение техникой логарифмических и тригонометрических вычислений при помощи таблиц и механических счетных приборов; г) знание главнейших конструкций оптических систем и их свойств.

Вычислительная оптика отличается от других подобных технических дисциплин тем, что во всемирной литературе имеются лишь сочинения по общей теории оптических приборов; разработанных и твердо установленных методов решения отдельных конкретных задач не имеется, и число опубликованных отдельных работ в этой области не велико.

Вычислительное бюро ГОИ возникло еще в 1916 г., до создания института, в момент полного отсутствия в стране специалистов по геометрической оптике даже среди небольшого круга техников и инженеров, работавших на существовавших тогда оптико-механических предприятиях.

Работая в тесном контакте с группой оптико-механических заводов и развиваясь вместе с ними, бюро полностью овладело различными областями вычислительной оптики и изучило все главнейшие типы оптических систем; очень большая часть работ бюро относится к приборам оборонного значения.

Телескопические системы

В течение первого десятилетия после революции телескопические системы были главным предметом как массового производства оптико-механических заводов, так и

многочисленных опытных разработок и изысканий новых конструкций.

Еще в 1917 г. бюро изучило и вполне освоило расчет оптической системы призмного шестикратного бинокля; первые три бинокля из стекла отечественного происхождения (ЛЕНЗОС) были построены в 1918 г. по расчетам бюро. Эта работа и полный успех результатов ее в отношении качества изображения дали бюро возможность установить допустимые пределы неустранимых погрешностей телескопических систем; в последующие годы бюро, пользуясь опытом и методикой первого удачного расчета, могло сделать для оптико-механического отдела завода большое количество расчетов для трех главных объектов производства того времени (бинокли, стереотрубы, панорамные прицелы). Эти расчеты были необходимы, так как производство оптического стекла в Союзе еще не удавалось наладить, и завод перерабатывал небольшие партии случайных и разнообразных остатков прежнего заграничного стекла.

В 1917—1918 гг. был сделан расчет бинокля Галилея, причем бюро впервые для себя при выполнении этого расчета воспользовалось теоретическими уравнениями; предыдущая работа с призмным биноклем имела более эмпирический характер, так как основывалась только на методе проб. Разработанная методика этого расчета с успехом стала применяться в последующих работах. Впоследствии бюро неоднократно делало расчеты биноклей Галилея разного рода.

В первые годы работы бюро были усвоены методы расчета геодезических и астрономических труб и были сделаны расчеты комплектов таких труб по заказам заводов, занимавшихся изготовлением геодезических инструментов.

В 1921—1922 гг. была выполнена большая работа по расчету сложной оптики панкратической трубы, решение этой сложной задачи по заказу завода имело очень важное значение для бюро в отношении развития методики расчетов.

Уже в этот первый период развития бюро с успехом широко применяло предварительное лабораторное изучение



свойств лучших заграничных образцов и точный размер всех конструктивных элементов их систем. Это избавляло от необходимости изобретать уже существующие конструкции и давало материал для решения самого трудного для бюро вопроса о допустимых погрешностях. Воспроизведение изученных конструкций из немногочисленного набора сортов советского оптического стекла часто было весьма нелегкой задачей, но знание свойств образца давало возможность с успехом выходить из затруднений, связанных с невозможностью брать для расчета наиболее подходящие сорта заграничных каталогов стекол.

В дальнейшем бюро выполнило большое число расчетов телескопических труб весьма разнообразных типов и размеров: обычно это прицельные и наблюдательные трубы, некоторые из них имеют большую длину и сложную конструкцию. Имеющийся в бюро архивный материал и большой опыт сотрудников дают возможность успешно решать все те задачи, какие умеет решать заграничная техника.

В последние годы в бюро разрабатываются новые конструкции биноклей с целью уменьшения их габаритов и веса, выполнены и выполняются расчеты систем различных больших астрономических инструментов — телескопов, астрографов и т. п.

Фотографические системы

В первый период своего существования значительную часть времени, свободного от выполнения текущих работ по заказам заводов и ведомств, бюро систематически затрачивало на изучение фотографических объективов, хотя в то время оптико-механическая промышленность еще мало интересовалась фото-оптикой. Были изучены и рассчитаны классические объективы «апланат», объектив Пецваля и двойной анастигмат типа «Дагор»; некоторые из расчетов были осуществлены, но в производство не вошли; за границей за это время эти объективы также потеряли значение, кроме объектива Пецваля.

Особое внимание было обращено на анастигмат-триплет Тейлора-Кука; этот простой объектив до сих пор не имел успеха в Союзе по случайным причинам, хотя за гра-



ницей его изготовляют в различных вариантах почти все фирмы. По мере расширения каталогов заводов оптического стекла в СССР бюро совершенствовало этот тип; один из его вариантов имеет поле больше, чем все известные до сих пор, при той же светосиле. Имелись случаи применения этого типа в очень ответственных аэрокамерах.

Большое место в работах бюро заняли изучение и разработка типа «Тессар». Из имевшихся в наличии сортов стекла бюро могло дать два варианта этого типа; второй из них очень близок по своим свойствам к ныне выпускаемому варианту фирмы К. Цейсс; различные вариации этого типа под названием «Индустар» входят в список объективов, намеченных к массовому выпуску промышленностью. Трудности изготовления этого объектива были причиной того, что в течение почти двух с половиной лет он не был освоен промышленностью, и много неудач в свое время неправильно относилось за счет конструкции; в настоящее время промышленность признала и приняла этот вариант, но бюро полагает, что можно было бы получить еще лучшие результаты, если заменить некоторые сорта стекла другими, еще не производимыми заводами Союза.

Еще в 1924 г. был рассчитан светосильный объектив с отверстием 1:2 оригинальной конструкции; был изготовлен один экземпляр, но промышленность тогда еще не интересовалась такими объективами; год спустя за границей появился похожий объектив и выпускается в Германии до сих пор. В последние годы явился большой спрос на расчеты фото-оптики, и бюро имело возможность использовать результаты своей предыдущей работы и передать промышленности несколько вариантов изученных типов.

Из новых работ в этой области за последние годы можно отметить: светосильный объектив 1:2 из четырех линз и несколько специальных объективов.

Микроскопическая оптика

Микроскопами бюро начало заниматься еще в 1917 г. Так как микроскопические объективы средних и больших увеличений являются весьма сложными оптическими системами, то первые годы работы бюро в этой области не



дали очень больших результатов; удавались расчеты лишь сравнительно простых объективов, изучение патентов и литературных данных не давало желаемых результатов. Только когда в оптотехнической лаборатории ГОИ удалось разработать методику обмера конструктивных элементов объективов Цейсса, бюро получило в свое распоряжение надежный и доброкачественный исходный материал. Систематически изучая один объектив за другим на основании очень точных обмеров лаборатории, бюро могло в 1930—1931 г., когда наконец вопрос об изготовлении объективов в Союзе стал очередным, дать промышленности расчеты не только ахроматических объективов, но также и апохроматических, производство которых еще не начато. В 1933 г. вся группа микроскопии с ее руководителем была передана в ВООМП. В настоящее время бюро выполняет иногда отдельные расчеты по микроскопическим системам для надобностей института, но не ведет систематической работы по обслуживанию промышленности в этом отношении.

Кроме перечисленных трех главных групп расчетных работ бюро занималось различными другими системами; таковы: прожекторные отражатели, осветительные маячные линзы, проекционные приборы, оптика звуковых киноприборов, различные приборы для научных исследований, как спектрографы, измерительные приборы и т. д.

В течение нескольких лет разрабатываются методы расчета распределения энергии в диффракционных кружках рассеяния изображений, даваемых оптическими системами. Вопрос имеет значение для теории изображений и может иметь практическое значение, если удастся связать результаты подобных расчетов с результатами опытных исследований; и то и другое представляет большие трудности. Некоторые частные задачи уже решены путем долгих и трудных расчетов.

Для ускорения расчета тех систем, отдельные элементы которых можно считать бесконечно тонкими, были разработаны особые приемы и составлены таблицы и графики, облегчающие и ускоряющие расчеты. Имеются материалы для дальнейшего развития и составления подобных таблиц.

В 1932 г. и в первом полугодии 1933 г. бюро ГОИ работало совместно с бюро ВООМП; в течение этого вре-

мени сотрудники ВООМП имели возможность ознакомиться с методами и приемами работы бюро ГОИ и в значительной мере использовать материалы этого последнего. После разделения бюро и выделения группы микроскопии из института, бюро ГОИ — ныне Сектор вычислительной оптики — продолжало работать для различных ведомств и не входящих в ВООМП предприятий, а также обслуживать другие секторы института в большей мере, чем раньше, в связи с развитием приборостроения в пределах института.

ОПТИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Конструирование и постройка прецизионных оптических приборов и оптики к ним всегда составляли одну из основных задач ГОИ и восходят еще к первым годам его существования. Мастерские ГОИ начали работать одновременно с созданием научной части института. Но отсутствие какой-либо государственной дотации чрезвычайно задерживало развитие мастерских. Частые финансовые затруднения вынуждали последние принимать на себя изготовление ряда приборов и изделий, отнюдь не составлявших ту продукцию, для которой они были предназначены. При всем том, к 1928—1929 гг., мастерские ГОИ стали значительным заводом с 400 рабочих и большим комплексом первоклассного оборудования. Были, таким образом, все предпосылки для широкого развертывания опытного и мелкосерийного лабораторного оптического приборостроения.

Но как раз в 1930 г., в период наиболее бурного роста института, последний был лишен своих мастерских, переданных Всесоюзному тресту оптико-механической промышленности (ВООМП) в качестве его Опытного завода. Предполагавшаяся координация работы ГОИ и Опытного завода, с целью превращения последнего в мощную базу оптического лабораторного приборостроения, не удалась; Опытный завод весьма быстро потерял свое лицо, которое должно было бы отражаться его названием, и превратился в обыкновенный маленький завод серийного производства различных приборов — вплоть до фотографических камер.

Таким образом именно в годы наибольшего своего расцвета институт был лишен возможности заниматься

в сколько-либо значительном объеме приборостроением. Лишь в 1934 г. ГОИ вновь получил в свое распоряжение маленькие механические мастерские, в которых и выполнена значительная доля описанных ниже приборов последнего времени.

Лишь сейчас, в связи с передачей Опытного завода обратно ГОИ, последний впервые получает возможность по настоящему и широко поставить дело, составляющее одну из его основных функций.

Перейдем теперь к описанию основных групп приборов и видов оптики, которые были разработаны в институте, а в значительной мере и изготовлены в нем.

Астрономическая оптика

Среди работ ГОИ по созданию приборов и оптики к ним, совершенно особое и исключительное место занимают работы по астрономической оптике.

Первые работы в этом направлении были поставлены А. А. Чикиным (1919—1924 гг.). С примитивными средствами — опытный глаз и искусные руки — он достиг первоклассных точностей на сравнительно, правда, простых оптических изделиях — параболических зеркалах средней светосилы и среднего размера. Со смертью А. А. Чикина начатое им дело надолго приостанавливается.

Второй период работ ГОИ по астрономической оптике (с 1930 г.), проводимых в специальной лаборатории астрономической оптики, отличается тем, что под производство подводится научный экспериментальный и методический фундамент, производством и исследованием охватываются почти все виды изделий астрономической оптики, выполняются особо трудные и ответственные изделия и, наконец, копирование образцов и методов заменяется разработкой новых типов астрономической оптики и новых методов исследований высокой точности.

Приведем перечень некоторых наиболее важных и трудных объектов, выполненных за последнее время:

- 1) первоклассное сферическое зеркало, диаметром 530 мм;
- 2) эталонная плоскость, диаметром 360 мм, с наибольшей ошибкой около 0.005 μ ;



3) первоклассная плоскопараллельная пластина, диаметром 270 мм, с непараллельностью сторон менее $\frac{1}{4}$ секунды дуги;

4) однолинзовый светосильный кварцевый объектив с несферическими поверхностями;

5) сверхсветосильные первоклассные эллиптические зеркала, со светосилой до 1:0.9;

6) резко выраженная асферическая (несферическая) линза, диаметром 272 мм, с отступлением от сферической поверхности более 100 μ ;

7) два астрономических объектива, диаметром 200 мм, из заведомо негодного по неоднородности стекла. Исправление ошибок стекла было достигнуто за счет кропотливой местной полировки поверхностей (так наз. ретуши), т. е. на поверхностях линз был сполирован некоторый рельеф, скомпенсировавший неоднородность показателя преломления стекла.

8) два первоклассных астрономических объектива с диаметрами 200 мм и 150 мм с пониженным хроматизмом из новых сортов стекла ИЗОС;

9) большое количество первоклассной астрономической оптики в виде зеркал плоских, сферических и параболических, спектральных призм, диагональных зеркал и др.¹

Успешные работы по астрономической оптике позволили ГОИ принять заказ на изготовление наиболее крупных ответственных и трудных оптических деталей (в числе 20 шт.) для наблюдения солнечного затмения 1936 г. Этот заказ лаборатория астрономической оптики выполнила досрочно; достигнутые же точности изготовления во многих случаях превзошли ожидания астрономов.

Другое правительственное задание, к выполнению которого ГОИ приступил, заключается в изготовлении оптики для второго по величине в мире солнечного телескопа и третьего по величине в мире астрономического объектива, диаметром 810 мм, при заданной Главной астрономической обсерваторией повышенной точности их изготовления.

Нужно заметить, что английская фирма Гребб и Парсонс безуспешно пыталась изготовить такой объектив в те-

¹ Под первоклассной оптикой подразумевается такая, при которой деформации волновой поверхности не превышают 0.1 полосы, т. е. около 0.025 μ .

чение более 15 лет, и в 1931 г. окончательно отказалась от выполнения этого заказа.

Изготовление астрономической оптики неотделимо от методических вопросов, с которыми оно тесно переплетается. Поэтому мы здесь укажем на важнейшие методические работы.

Детально разработаны, углублены и усовершенствованы теневые методы исследования (метод Фуко). Особо следует выделить теневой количественный метод, позволивший заполнить главный пробел метода Фуко — невозможность количественных исследований. Далее был разработан и усовершенствован метод Коммона для исследования плоскостей. В настоящее время этот метод является единственным надежным и, кроме того, весьма простым методом исследования больших плоскостей высокой точности. Им начинают широко пользоваться наши оптические заводы, и, кроме того, видоизменения этого метода позволяют внедрить его в точное приборо- и машиностроение (плоские калибры, плиты, направляющие станины точных станков, цилиндры, конуса и др.) Разработаны методы обработки и методы исследования резко выраженных несферических поверхностей высокой точности. Весьма интересны способы исправления дефектов оптических систем путем ретуши, что позволяет получать хорошее исправление aberrаций даже в случае неудовлетворительного расчета оптической системы или в случае неоднородности стекла. Для изготовления больших астрономических зеркал применяется алюминирование посредством испарения сплавов алюминия в вакууме, дающее повышение коэффициента отражения и стойкость зеркального слоя во времени. Далее надо указать на вновь разработанные методы исследования неоднородностей оптического стекла, позволяющие изготавливать объективы наверняка и еще до начала обработки линз объектива предсказать, на какое качество изображения данное стекло способно. В последнее время удалось выработать схему исследования матовых линз и призм на оптическую неоднородность, а потому заводы ВООМП, на которых сейчас этот метод внедряется, получают возможность быстро отбраковать заготовки стекла сразу после их первой грубой обдирки. Упомянем, наконец, оригинальные методы исследе-



дования формы матовых поверхностей, с помощью которых можно судить о форме обрабатываемой поверхности еще задолго до ее окончательной полировки.

На ряду с производственными и методическими работами лаборатория астрономической оптики работала над постановкой и разрешением крупных проблем, интересующих или могущих заинтересовать в недалеком будущем астрономическую оптику. Вот ряд проблем, частью разрешенных, частью разрешаемых, а частью только поставленных:

1) анаберрационные зеркальные системы с исправленным полем, определяющие собою тип будущих гигантских телескопов и устраняющие один из главных недостатков современных телескопов — крайнюю ограниченность полезного поля зрения;

2) объективы с пониженным хроматизмом и объективы, практически свободные от хроматизма;

3) объективы повышенной светосилы, получаемые за счет придания поверхностям асферической формы. Последние две проблемы должны привести к новому типу объективов, значительно более совершенному, нежели существующие;

4) деформации поверхностей в условиях переменной температуры, а отсюда переход к новым типам астрономических зеркал, и, в частности, к сотовым зеркалам из сплавов алюминия, т. е. отказ от стеклянных зеркал и возврат к металлическим зеркалам, однако, в совершенно новом и особенно выгодном для астрономической оптики виде;

5) проблема изменения фокусных расстояний оптических систем при переменных температурах и выбор сплавов для трубы (или камеры), компенсирующих изменение фокуса и устраняющих необходимость перефокусировок в фотографических системах (например, астрограф) и некоторых точных измерительных приборах (например, меридианный круг);

6) разработка рационального технологического процесса изготовления гигантских астрономических зеркал; новые принципы конструкции соответственных шлифовальных машин и т. д.

Все перечисленные выше работы позволяют ГОИ надеяться приступить к изготовлению советских телескопов

с диаметром порядка $2\frac{1}{2}$ м, а может быть и выше. Запросы на аналогичные инструменты не раз уже поступали со стороны некоторых обсерваторий, а если к постройке таких инструментов пока не приступлено, то во всяком случае не из-за отказа ГОИ участвовать в изготовлении. В частности ведутся переговоры с Таджикской обсерваторией в Сталинабаде об изготовлении для нее $2\frac{1}{2}$ -метрового телескопа совершенно нового типа.

Кристаллическая оптика

Другую чрезвычайно важную группу работ Оптического института составляет изготовление кристаллической оптики. Созданный для этой цели цех кристаллооптики вел работы в следующих направлениях.

Изучались и разрабатывались методы изготовления оптических объектов из исландского шпата. До недавнего времени сырье — шпат экспортировался из СССР, главным образом, в Германию. Готовую же продукцию — поляризационные призмы покупали за границей у фирмы Галле. ГОИ поставил своей целью освобождение страны от импорта дорогостоящих поляризационных призм и обеспечение ими организаций Союза.

В настоящее время налажено производство следующих типов призм: 1) для поляризационных микроскопов, изготавливаемых ВООМП, делаются призмы Франка-Риттера двойные; за 1935 г. таких призм изготовлено по заказам 100 шт; 2) для записи звука на пленке звукового кино (элемент Керра) кристаллоцех изготовил 100 шт. поляризующих призм; 3) для биологических микроскопов кристаллоцехом разработана методика и изготовлено 200 призм Николя; 4) для сахариметров по заказу сахарной промышленности изготовлены полутеневые поляризующие призмы и т. д.

Разработан ряд новых оптических конструкций, из которых укажем на следующие две: 1) поляризующая призма, прозрачная для ультрафиолетовых лучей; она применяется также в качестве анализатора в тех случаях, когда необходимо иметь хорошее качество изображения; 2) двоякопреломляющая призма, отличающаяся от призмы Волластона



тем, что для ее изготовления требуется в 15 раз меньше материала.

Следующей весьма важной работой являлась разработка методов обработки флюорита.

Для спектрографов, работающих в ультрафиолетовой части спектра, необходимы объективы, состоящие из кварца и флюорита. ГОИ удалось изготовить кварц-флюоритовые спектрографы нескольких оригинальных конструкций, со светосилой до 1:1.

Большое значение имели работы по обработке сильвина (хлористый калий), могущего заменять кварц в оптических приборах.

Существующие методы обработки сильвина не дают хороших результатов, поверхности невозможно получить точнее 1 μ . Кристаллоцехом получена поверхность с точностью до 0.1 полосы, чего еще не добились за границей. Полученный метод дает возможность вполне заменить кварц сильвином и получить отличные призмы.

В некоторых отношениях (напр., в отношении дисперсии) сильвин обладает несомненными преимуществами перед кварцем. Недостатком сильвина является то, что полированные поверхности быстро портятся от влажного воздуха. Поэтому обычно призмы из сильвина хранят в совершенно специальных условиях, периодически перешлифовывают и т. д. Для устранения этих затруднений кристаллоцехом был разработан метод защиты сильвина с помощью тонкой кварцевой пластинки, посаженной на оптический контакт с полированной поверхностью сильвина, что отнюдь не влияет на качество призмы. Остальные поверхности ее покрываются водонепроницаемым лаком.

Проделанная работа представляет большой интерес и дает возможность готовить спектрографы без специальных герметических коробок для призмы. Таким способом изготовлен спектрограф, служащий для спектрального анализа сплавов.

Помимо кристаллической оптики, кристаллоцехом закончена разработка способов полировки точных поверхностей и изготовлен эшелон Майкельсона. Эшелон представляет собой ряд пластин, посаженных на оптический контакт друг с другом, причем с одной стороны грани всех



пластин лежат в одной плоскости, а противоположные грани смещены на 1 мм друг относительно друга. Эшелоны применяются в спектрографах для увеличения разрешающей силы последних.

До сего времени эшелоны изготовляла преимущественно английская фирма Хильгер. Эшелон Оптического института имеет 28 ступеней и является одним из немногих (10), имеющих в мире.

Помимо всех вышеперечисленных изделий, цехом кристаллической оптики изготовлена в количестве нескольких комплектов (от 5 до 25 экз.) оптика к следующим приборам: поляриметры, денсографы, микроскопические объективы $\times 90$, спектрофотометры, нефелометры, компараторы, спектрографы, автоколлиматоры и приборы для определения разрешающей способности фотографических слоев.

Как можно видеть из этого небольшого обзора, цех кристаллической оптики имеет возможность изготовлять оптику весьма широкого ассортимента, охватывающего большую часть существующих в настоящее время оптических приборов, вплоть до самых тонких и редких. По некоторым же изделиям кристаллоцех мог бы организовать экспорт своих изделий (гл. обр. флюоритовых и из шпата).

Контрольно-измерительная аппаратура для оптико-механической промышленности

Аппаратура для контроля качества оптических изделий—линз, объективов, призм и т. п. разрабатывается Оптотехническим сектором ГОИ. Опишем здесь основные приборы, сконструированные сектором. Отметим, прежде всего, фотометр для определения потерь света в телескопических системах. Фотометр дает возможность определить отношение количества света, прошедшего через прибор, к количеству падающего света для самых разнообразных приборов, начиная с биноклей и кончая перископами. Экземпляром прибора, изготовленным в ГОИ, нередко пользуется и промышленность в спорных случаях или при изготовлении новых образцов. В настоящее время чертежи прибора

заново переработаны в связи с поступившими требованиями на его изготовление.

Далее укажем на прибор для проверки призм. Этот прибор, действующий на принципе автоколлимации, дает возможность весьма простым путем определить все ошибки изготовления самых разнообразных призм. Удачно выбранная схема распределения отдельных деталей прибора делает его очень удобным в заводской практике. Изготовленная в ГОИ модель прибора находится в настоящее время в непрерывном употреблении на заводе ГОМЗ.

Разработана модель прибора для исследования фотографических объективов визуальным методом, применяющимся в настоящее время в промышленности. По чертежам ГОИ на заводе ГОМЗ сделано два прибора; один из них имеется в ГОИ.

Разработан прибор для измерения небольших перемещений плоскости по нормали к ней. Этот прибор состоит из двух микроскопов, наклоненных друг к другу под некоторым углом. Один из микроскопов проектирует на наблюдаемую поверхность светящуюся щель, а с помощью другого наблюдаются перемещения этой щели при перемещении поверхности. Этот прибор может служить индикатором, с его помощью можно измерять небольшие толщины. Кроме того, он может служить для измерения неправильностей поверхности. К сожалению, этот прибор не был освоен промышленностью, а три года спустя после опубликования этой схемы в Германии была предложена несколько видоизмененная модель, которая изготавливается в настоящее время фирмой Цейсс.

Для браковки линз был разработан интерферометр, сделанный опытным заводом ВООМП.

Для испытания короткофокусных фотообъективов был разработан прибор, сделанный в двух экземплярах на опытном заводе ВООМП, один из коих находится в ГОИ.

Все вышеперечисленные приборы представляют собой совершенно оригинальные конструкции. Кроме них в Опто-техническом секторе осваивается микроскопическая оптика в виде конкретных образцов сильных объективов.

Разработан оригинальный метод сборки и центрировки микро-объективов. Существенные особенности метода со-

стоят в закреплении линз с помощью электролиза, а главным образом в способе центрировки линз в оправках с помощью специального патрона и оптических методов контроля. Благодаря этому работа может выполняться мастерами невысокой квалификации. По этому методу в ГОИ изготовлены первые в СССР образцы объективов: иммерсионного ахроматического с увеличением 30 и апертурой 1.25, флюоритового объектива с увеличением 40 и апертурой 0.85 и «сухого» апохромата с увеличением 60 и апертурой 0.95.

В настоящее время осваивается иммерсионный апохромат с апертурой 1.30, после чего можно будет считать главный цикл микро-объективов полностью освоенным.

Этот метод в начале этого года передан на завод, и там с помощью его производится свыше 100 объективов ежемесячно. В настоящее время идет проработка вопроса о применении этого метода к массовому выпуску объективов.

Спектральные приборы

Среди разнообразных и многочисленных приборов, построенных или хотя бы сконструированных ГОИ, весьма значительную группу составляют спектральные приборы. Сначала нужды самого института, а затем и запросы развивающейся промышленности (в лице заводских лабораторий) и научных организаций побудили институт заняться разработкой ряда спектральных приборов — спектрографов, спектрофотометров и т. д. Однако здесь так же, как и в других случаях, не могло не отразиться то обстоятельство, что институт в течение ряда последних лет был совершенно лишен какой бы то ни было механической базы и, тем самым, возможности изготовлять сколько-нибудь широко указанные приборы.

Перейдем теперь к обзору сделанного.

Упомянем прежде всего кварц-флюоритовый спектрограф, построенный в институте со специальной целью исследования солнечного спектра на его ультрафиолетовом конце, резко обрезаемом стратосферной прослойкой озона. Подъемы на стратостате обещают дать здесь новое расши-

рение наших знаний о спектральном составе солнечного света и этим самым о составе и состоянии вещества солнца.

Также кварц-флюоритовым является чрезвычайно светосильный небольшой спектрограф в теодолитной установке, выполненный с целью изучения спектра свечения ночного неба. Прибор уже применялся комплексной экспедицией на Эльбрус в прошлом году и в настоящее время изготовлен серийно в улучшенной конструкции. Тогда же (в 1935 г.) на Эльбрусе работал другой оригинальной конструкции спектрограф, отличительной чертой которого является отсутствие в нем обычной щели и применение цилиндрической линзы для расширения спектральной полосы, получаемой в виде астигматического изображения удаленного и поэтому «точечного» источника. Спектрограф применялся с целью определения концентрации озона в тропосферных слоях воздуха.

Сюда же примыкает заканчиваемый изготовлением в виде первой серии в 10 шт. ультрафиолетовый спектрограф также с ахроматизированной оптикой из кварца и флюорита. Особенностью его является дисперсионная призма. Отсутствие в Союзе хорошего оптического кварца поставило задачу замены кварца другими, искусственно получаемыми материалами, и эта задача была успешно разрешена в Фотографическом секторе института разработкой методики искусственного выращивания больших (до 1 кг) кристаллов хлористого калия (аналог минералу сильвину), который представляет помимо своей ультрафиолетовой прозрачности еще и преимущество в отношении дисперсионных свойств.

Для полевой экспедиционной работы по спектральному анализу рудных ископаемых создается портативный спектрограф, работающий на киноплёнке с зарядкой на свету.

Особо должен быть отмечен изготовленный сейчас уже усовершенствованный вакуумный спектрограф косо́го падения, спроектированный для изучения труднодоступной области коротких ультрафиолетовых излучений, для которых воздух уже становится непрозрачным. Тонкая фокусировка фотопластинок, высокое качество особо узкой щели, усовершенствованный яркий источник излучений и обеспеченность от относительных смещений



отдельных частей прибора во время экспозиций, позво-
волили добиться исключительных в смысле разреша-
ющей силы результатов, открывающих новые возмож-
ности изучения коротковолновой ультрафиолетовой обла-
сти, особенно интересной для понимания молекулярных
спектров.

Спектральная аппаратура со стеклянной оптикой имеет также своих представителей в числе поставленных на изготовление за последние годы приборов.

Один из них рассчитан на удовлетворение широкой потребности лабораторий как физических, так и иных, являясь прибором универсального типа, который работает и как монохроматор, и как спектроскоп, и как спектрограф с двумя увеличениями. Конструктивные особенности его обеспечивают чистоту спектра, полностью достигнутую разрешающую силу и эквивалентную точность отсчетов длин волн. Прибор рассчитан на широкое распространение с целью закрытия импорта аналогичных привозных приборов Хильгера, Фюсса и Цейсса. В настоящее время идет изготовление второй партии в 10 шт.

Другой прибор (спектрограф) рассчитан для работы в соединении с интерференционными приборами высокой разрешающей силы — эшеломом, пластинкой Люммера-Герке и т. п., — когда от прибора требуется особенно большая дисперсия.

Астрофизические цели — исследование спектра далеких туманностей — преследуют разработанные в двух вариантах проекты еще не осуществленных «бесщелевых» спектрографов огромной светосилы 1:1 и 1:0.6.

На ряду с этими должны быть упомянуты проекты ряда спектральных приборов, разработанных вычислительным сектором ГОИ для Пулковской обсерватории и других центров астрофизической работы.

Говоря о спектрофотометрических приборах, разработанных ГОИ, следует отметить, что один из описанных выше спектрографов — бесщелевой астигматический — явился таким спектрофотометром, работавшим по принципу ступенчатой фотографической фотометрии, для чего он снабжен специальным ступенчатым светофильтром из расплавленной платины.



Был спроектирован спектрофотометр визуального типа с компенсационным нейтральным клином и вращающимся сектором для удлинения его шкалы. В приборе обеспечивается максимальная достижимая для глаза точность, допускающая прецизионное измерение как пропускания, так и отражения и интенсивности излучения вдоль по спектру в лучах высокой монохроматичности. Первая серия в 10 шт. изготавливается сейчас в мастерских ГОИ.

Другой спектрофотометр является упрощенным типом, поскольку в нем вместо дисперсионного разложения используются светофильтры с высокой селективностью пропускания.

В области точных цветовых измерений ГОИ принадлежит ведущая роль, обусловленная тем, что из цветовой лаборатории ГОИ вышел целый ряд оригинальных по конструкции приборов для измерения цветов — трехцветных аддитивных, а также субтрактивных колориметров, поднимающих положение колориметрии в Союзе на уровень с заграничной техникой.

Мы имеем здесь прежде всего прецизионный колориметр лабораторного типа для работ по стандартизации цвета.

Прибор этот, выходящий из производства уже в виде второй серии, является в настоящее время испытанной, получившей известность и распространение в Союзе, конструкцией, единственной по своей надежности.

Другой тип трехцветного колориметра имеет характер переносного прибора. В нем используется иной прием смешения цветов, допускающий чрезвычайно простой графический метод нахождения координат цвета по показаниям шкал прибора. На том же принципе были построены несколько штук полевых колориметров, допускающих измерение цвета на больших расстояниях.

Был создан, еще не нашедший осуществления, проект колориметрической надставки к фотометрической скамье, устраняющей фотометрирование в разноцветных полях при сравнениях силы света цветных источников с обычными эталонами.

В нескольких вариантах были разработаны и выпущены колориметры, основанные на субтрактивном принципе.



В частности, один из них предназначен для абсолютных измерений цвета неба при стратосферных полетах.

Аппаратура для световых измерений

Методы световых (фотометрических) измерений находят себе применение в самых разнообразных областях народного хозяйства. Сюда относятся отнюдь не только чисто светотехнические области, но и производство разнообразных ламп, арматур, вопросы освещения производств, жилищ, культурно-бытовых учреждений, улиц, дорог, световая сигнализация всякого рода и т. д. Можно сказать, что световые измерения могут быть с пользой применены почти без исключения на всяком производстве. Промышленность стекольная, полиграфическая, лакокрасочная, фотографическая и кино-промышленность являются примерами, не исчерпывающими, но достаточно очевидными. Даже в такой сфере, как угольная промышленность, световые методы определения зольности угля (по коэффициенту отражения отполированного образца) оказываются наиболее чувствительными.

Однако возможности, которыми располагает наша промышленность (в лице главным образом заводских лабораторий) в смысле использования этих методов, весьма ничтожны.

Одно из главных препятствий — это отсутствие возможности получения приборов.

Переходим к изложению попыток, сделанных ГОИ с целью облегчения существующего трудного положения.

Фотометрическое приборостроение было первым видом приборостроения, которым ГОИ начал заниматься, имея в виду не только свои внутренние потребности.

В связи с развитием техники освещения и в особенности благодаря установлению обязательных осветительных норм в стране возникла серьезная потребность в приборах, позволяющих производить простейшее из светотехнических измерений — измерение освещенности.

В 1925—1926 г. в мастерских ГОИ (ныне Опытный завод ВООМП) началось изготовление наиболее распространенного сейчас в Союзе визуального люксметра.

В основу конструкции этого прибора, позволяющего достаточно просто и с достаточной точностью измерять освещенность, была положена схема английского люксметра, в которую однако в скором времени были внесены существенные усовершенствования. За прошедшие 10 лет на рынок было выпущено около тысячи люксметров.

В первое время градуировка каждого прибора выполнялась Фотометрическим сектором ГОИ, когда же число приборов сильно возросло, то и эта работа была при помощи ГОИ налажена на заводе.

Другим основным фотометрическим прибором, изготовление которого началось в Союзе по инициативе ГОИ, является фотометрическая скамья. Первые образцы фотометрических скамей — приборов, предназначенных для измерения сил света источников, были так же, как и люксметры, изготовлены в механических мастерских ГОИ по иностранному образцу. Попутно этими же мастерскими было освоено изготовление неотъемлемой части каждого точного фотометрического прибора — специальной призмы, которая носит название кубика Люммера. Фотометрические скамьи, изготовленные в ГОИ, по качествам почти не уступают скамьям иностранного происхождения.

Фотометрическая практика часто требует измерения той части светового потока, падающего на некоторый образец, которая отражается от его поверхности, или проходит через него насквозь. Конструкция прибора, предназначенного для этой цели, разработана в ГОИ по эскизному чертежу, приведенному в американском журнале. Прибор этот, получивший по имени автора статьи наименование шара Тэйлора, начал изготавливаться также в бывших механических мастерских ГОИ. Изготовление продолжалось и на Опытном заводе ВООМП, выпустившем несколько десятков экземпляров.

Эти приборы, требующие для измерения добавочного точного фотометра, хороших электроизмерительных приборов и отдельных аккумуляторов для питания ламп, делают измерение достаточно трудоемким. В настоящее время ГОИ разработаны рабочие чертежи прибора, который позволит произвести те же измерения с прежней точностью, но с гораздо меньшей затратой времени и труда.

Основное достоинство нового прибора состоит в том, что вместо двух источников света в измерениях участвует только один, что дает возможность обойтись без электроизмерительных приборов и отдельных источников питания.

Конструкторским бюро ГОИ разработан и Опытным заводом ВООМП выпущен прибор для быстрого и точного измерения коэффициентов отражения зеркал произвольной формы, металлических или стеклянных. Этот прибор, названный рефлексометром, выпускается в настоящее время второй партией. Так же, как и предыдущий, он основан на использовании одного источника света, что позволяет применить для его питания энергию из общей осветительной цепи. Измерения, требовавшие прежде нескольких часов работы опытного экспериментатора, выполняются теперь с той же точностью малоквалифицированным работником за несколько минут.

Измерение прозрачности слоя вещества, замутненного присутствием каких-либо посторонних частиц, является не простой задачей, потому что через такой слой всегда проходит смесь лучей, идущих «прямо» от источника, и лучей, рассеянных во все стороны мелкими частицами слоя. Первые определяют прозрачность слоя, вторые — его мутность. Разделение этих пучков осуществляется оптическим методом в приборе, получившем название «нефелометра» и сконструированном в ГОИ первоначально для выполнения научной работы. После этого прибор был осуществлен в лаборатории химического комбината, где и служит несколько лет для определения качества продукции.

Прибор оказался удобным в практике заводской лаборатории, и за последние несколько лет в ГОИ получено значительное количество писем с заводов с просьбой изготовить для них такие же приборы. Однако все эти просьбы остались неудовлетворенными в виду недостаточной мощности механической базы ГОИ.

Из фотометрических приборов, выпущенных под наблюдением и по указаниям ГОИ, следует отметить еще так называемые «шары Гуревича», предназначенные для измерения коэффициентов пропускания света слоев освещенным диффузно рассеянным свете, и несколько более универсального типа прибор — «диффузомер».

В последнем приборе снова использован упоминавшийся уже принцип одного источника света, позволяющий сильно упростить и ускорить измерение.

В практике каждой лаборатории, имеющей дело со световыми измерениями, остро ощущается отсутствие на нашем рынке какого бы то ни было фотометра лабораторного типа, пригодного для самых разнообразных измерений и дающего достаточную для лаборатории степень точности. Имея в виду необходимость наладить в Союзе изготовление лабораторных фотометров, Ассоциация лабораторий осветительной техники собрала совещание, выработавшее наиболее подходящий тип фотометра и поручившее ГОИ руководство конструированием.

Однако рабочие чертежи этого прибора, изготовленные еще несколько лет назад, до сих пор лежат на полке, а потребитель попрежнему принужден пользоваться всевозможными суррогатами.

Измерительная аппаратура для фотохимической промышленности

Еще в период развертывания деятельности Фотографического сектора ГОИ (1928—1929 гг.) выяснилось, что в СССР в сущности нет никакой контрольно-измерительной аппаратуры для исследования фотографических светочувствительных слоев. В то время в СССР не было организаций, ведущих научно-исследовательскую работу в области фотографии, а фото-кино-химическая промышленность еще только создавалась: впервые строились фабрики кино-фотопленки и фотобумаги.

Не становясь на путь импорта приборов, ГОИ самостоятельно приступил к конструированию и постройке сенситометрической аппаратуры, предназначенной для исследования и контроля светочувствительных слоев.

Одним из первых был сконструирован сенситометр с вращающимся диском типа Хертера и Дриффильда, построенный в нескольких экземплярах мастерскими ГОИ, а затем продолжавший ими выпускаться и после перехода мастерских в ВООМП. Этим прибором оборудована вся советская фото-

кино-химическая промышленность и научно-исследовательские учреждения.

Затем был разработан процесс изготовления клиновых сенситометров типа Эдер-Гехта, служащих для быстрого приближенного контроля чувствительности и цветочувствительности слоев. Эти приборы были выполнены в большом количестве экземпляров и нашли широкое применение в фото-химической промышленности. Советские приборы превосходят по качеству импортные, ввоз которых в СССР полностью прекращен.

Для точнейших научно-исследовательских работ по изучению светочувствительных слоев в ГОИ был сконструирован большой сенситометр непрерывного действия, подобный прибору, имеющемуся в единичном экземпляре в Американском бюро стандартов. Этот прибор был построен по чертежам ГОИ на Опытном заводе ВООМП в количестве пяти экземпляров, ныне находящихся в ведущих научно-исследовательских организациях.

Для денситометрии (промера оптических плотностей фотографического изображения) и автоматического вычерчивания кривой плотностей ГОИ был сконструирован денсограф по Гольдбергу, в который были внесены существенные улучшения. Этот прибор был построен по чертежам ГОИ, полностью распределенным среди промышленных предприятий; вследствие недостаточно удовлетворительного изготовления денсографов позже в 1935—1936 гг. ГОИ силами своих опытных мастерских построил небольшую серию денсографов, также распространенных среди промышленных предприятий. Для определения спектральной чувствительности слоев Фотографическим сектором ГОИ была разработана методика и построен опытный экземпляр прибора — специального спектрографа. Как методика, так и прибор обсуждались авторитетной междуправительственной комиссией, постановившей рекомендовать данную систему как стандартную для СССР. В настоящее время предполагается принять поручение Фото-химического треста на постройку первых производственных экземпляров этого прибора.

Наконец, был разработан вполне оригинальный прибор для определения разрешающей способности фотографиче-

ских слоев и построены мастерскими ГОИ десять экземпляров этого прибора, в настоящее время распределяемых между промышленными и исследовательскими организациями.

Заключение

1. Несмотря на большие усилия, приложенные на этом поприще, положение с оптическим приборостроением, в котором заинтересовано громадное количество производств, следует признать совершенно неудовлетворительным.

2. Главным тормозом является отсутствие завода, основной задачей которого было бы снабжение заводских и научно-исследовательских лабораторий высококачественными приборами.

3. В настоящее время в Оптическом институте и на заводах ВООМП (главным образом на Опытном заводе) имеются некоторые кадры, на которых можно было бы базировать приборостроение.

4. В настоящее время заводы абсолютно не заинтересованы в изготовлении лабораторных приборов, только загружающих их мелкими и сложными задачами.

5. В результате ряд приборов, уже освоенных нашим производством, снова исчезает с рынка, хотя надобность в них вовсе не миновала.

6. С другой стороны, вследствие полного отсутствия какой бы то ни было информации о том, что делают заводы в этой области и что могут сделать, создается впечатление отсутствия спроса, что еще усиливается из-за средней низкой квалификации работников заводских лабораторий, которым необходимо подсказывать, что и в каких условиях они могут иметь.

ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО

Для развития оптико-механической промышленности необходимо иметь возможность производить оптическое стекло различных сортов с точными показателями преломления и дисперсиями. Эта задача была в течение десятка лет руководящей в деятельности Государственного оптического института, и он в первые же годы своего существования обратил самое серьезное внимание на организацию производства оптического стекла в нашей стране.

Добившись сначала передачи в свое ведение законсервированного завода ЛЕНЗОС, ГОИ затем приступил к организации его производственных цехов и истратил 25% ассигнованных на его собственное оборудование средств на приобретение за границей сырья для производства стекла. Научно-исследовательская работа развернулась одновременно как в институте, так и на заводе и, действительно, затраченные усилия дали соответствующий успех — производство оптического стекла было налажено и в 1927 г. — даже был поставлен вопрос о закрытии импорта оптического стекла в СССР. При проведении этого мероприятия пришлось бороться с сопротивлением оптико-механической промышленности, недоверчиво еще относившейся к собственному оптическому стекловарению.

В настоящее время оптическое стекло не ввозится ни для каких производящихся в нашей стране приборов.

Столь же большое внимание было обращено и на постановку научно-исследовательской работы по оптическому стеклу. Эти работы всегда шли впереди производства и приобретали постепенно все более и более широкое значе-



ние. Они устанавливали наши теоретические представления о природе стекла и стеклообразного состояния, далеко еще неизученного ни у нас, ни за границей. Они стали служить прочной основой для всей стекольной промышленности. Хотя требования к обычному стеклу значительно ниже, чем к оптическому, а технологические процессы его обработки значительно упрощены, но правильная организация всех этих процессов оказывается возможной только на основе глубокого знания свойств стекла и его характерного стеклообразного состояния. Таким образом, изучая оптическое стекло, ГОИ неожиданно для себя занял руководящую роль во всей стекольной промышленности. Научно-исследовательские работы, связанные непосредственно с производством оптического стекла, проводились непосредственно на заводе, либо в институте при самом деятельном участии сотрудников Государственного оптического института. Было изучено влияние различных составных частей стекла на его оптические свойства. Эта работа производилась чрезвычайно систематично, было изучено влияние всех применяющихся в оптическом стекловарении компонент. Диаграммы, полученные в результате этой работы, покрывают в настоящее время всю область возможных оптических стекол. Любое стекло может быть изготовлено теперь путем одной-двух предварительных плавок и, в случае нужды, состав шихты может быть исправлен для получения стекол с наперед заданными оптическими постоянными.

Основным технологическим производственным моментом при варке стекла является мешка. Этот процесс оказывается исключительно важным и сложным. Он зависит от формы сосуда, от формы мешалки, ее боковых колебаний, от вязкости стекла, хода изменений этой вязкости с температурой и от целого ряда других производственных факторов, весьма разнообразных и сильно влияющих на ход мешки. Разностороннее изучение этого явления на моделях и анализ полученного материала дали возможность создать ясную картину происходящего, определили предельные значения вязкости стекла, при которых наиболее активно идет перемешивание, и установили допустимые скорости движения мешалки, не вызывающие замешивания пузырей в его массу.

Как следствие этих работ выяснилась возможность нового технологического процесса. Проведение его в практике завода дало сокращение времени варки стекла в 2—2½ раза. В настоящее время результаты этих работ используются шире, и намечается коренное изменение технологического процесса, а именно выливание стекла через дно горшка, давшее уже обнадеживающие результаты.

Бригады ГОИ непосредственно на заводе, на заводских агрегатах разрабатывали методы отжига и закалки стекла и его прессовки. В первом случае работа бригады привела к организации нового производства — клингерных стекол, во втором — к уменьшению брака заводских агрегатов с 80 до 10%. Конечно, такие работы бывают эпизодически. Они проходят с большим подъемом, почти всегда успешно и, что особенно важно, в условиях дружеской товарищеской работы институтских и заводских работников.

Большое практическое значение приобретают работы, посвященные изучению разнообразных свойств стекла. Эта группа научно-исследовательских работ имеет целью выяснить теоретическую сторону стеклообразного состояния материи. Хотя стекло известно уже тысячелетия, но только работами последних 15 лет начинает выясняться истинная сущность стекла и своеобразие его свойств. В этой области работы ГОИ занимают одно из первых мест в западно-европейской науке.

Работы в области стекла требуют самой разносторонней постановки исследований. Необходимость вести работу при высокой температуре, применять наиболее точные методы измерения, их постоянно видоизменять и осуществлять делает работы в этой области чрезвычайно трудными и трудоемкими.

Наиболее ценные результаты могут быть достигнуты лишь при условии широкого систематического проведения экспериментов значительной группой сотрудников на одних и тех же экспериментальных материалах. В ГОИ эта работа оказалась в особо благоприятном положении благодаря совместным работам химиков и физиков, в совершенстве владеющих точными методами оптических измерений.

Большая группа работ была посвящена изучению тройной системы, состоящей из кремнезема, окиси натрия и



оксида свинца. На огромном количестве сплавов были изучены температуры кристаллизации их и выяснены основные типы соединений, образующихся в этой тройной системе. Эта же система была подвергнута кристалло-оптическому анализу; для нее изучены вязкость, поверхностное натяжение в расплавленном состоянии, оптические свойства стекол, химическая их устойчивость, электропроводность и т. д. Структура отдельных стекол этой системы изучалась при помощи рентгеновского анализа и эффекта Рамана. Работы по этой системе ведутся с самого начала существования института по настоящее время, и всякий новый метод, применяющийся к изучению стекла, применяется и для этой системы.

В результате исследования стекол этой системы установлено, что в стекле существуют некоторые вполне определенные соединения, ассоциированные кристаллизационные центры, которые растут во время соответствующей тепловой обработки и проявляют характерные для данного соединения кристаллические свойства, несмотря на малость размеров этих центров и специфические условия нахождения их в стекле.

Такие же разнообразные свойства наблюдались и на производственных стеклах сложного состава. Сложность их в данном случае не позволила раскрыть их структуру, однако, базируясь на более простых системах, можно путем аналогии перенести полученные результаты на более сложные стекла и тем приблизиться к выяснению их структуры.

К этой же группе работ следует отнести также работы по изучению влияния водяного пара и других катализаторов, значительно ускоряющих процессы стеклообразования и дающих возможность получать взаимодействие кремнезема с основаниями при значительно более низких температурах. Для оптического стекловарения полученные результаты сулят дальнейшее ускорение варки, снижение разъедания горшков стеклянной массой и повышение качества стекла в отношении светопоглощения. Для технического стекловарения эта работа может повести к необходимости коренного пересмотра технологического процесса варки, особенно в связи с разворачиваемыми в настоящее время работами по применению электрического тока для плавки стекла.



Изучению оптических свойств стекла и разработке контрольных методов для их определения посвящен ряд работ. Первой задачей, которую поставил перед собой ГОИ, была разработка быстрого метода измерений оптических постоянных с достаточной точностью. Обычно быстрому измерению показателя преломления препятствует необходимость изготовления образцов с хорошо отполированными поверхностями. Это же обстоятельство не позволяет измерить оптические постоянные готовых оптических деталей, не уничтожая их. Разработанный в институте интерферометрический метод позволяет измерить показатель преломления на образцах любой формы и даже мелких осколках. Метод дал возможность институту изучить, не разрушая, разнообразные оптические системы и проверить измерениями результаты расчетов Вычислительного бюро. Этот же метод лег в основу контроля производства оптического стекла на заводах и обеспечил быстрое освоение новых типов стекла. С помощью его лаборатория буквально в течение нескольких минут определяет показатель преломления пробы взятого расплавленного стекла и на основании оптических данных исправляет его состав в случае необходимости. Разработка новых типов стекол с применением этого метода чрезвычайно упростилась, и одновременно полностью ликвидирована одна из наиболее крупных статей брака — брак стекла целыми варками по не вошедшему в норму показателю преломления. Усовершенствование этого метода дает возможность столь же быстро определять не только показатель преломления, но и ход дисперсии стекла, и применение этого метода дает значительные перспективы улучшения производства.

Для более точных измерений показателя преломления собраны интерференционные установки, позволяющие измерить истинное значение показателя преломления с точностью до единицы шестого десятичного знака. Они применяются для обеспечения производства точными эталонами, для контроля измерительных приборов и для сравнения методов, не дающих абсолютных значений. Наконец, для изучения весьма малых показателей преломления был построен поляризационный интерферометр, позволяющий измерять изменения в седьмом знаке показателя преломления. Этот

прибор сыграл большую роль при исследованиях превращений, происходящих в стекле во время нагревания. Он применен также к изучению распределения показателя преломления в свиллях, являющихся одной из основных причин брака оптического стекла. Результатом последнего исследования явились сомнения в истинной вредности свилей со всеми вытекающими отсюда последствиями в смысле увеличения выхода оптического стекла и его удешевления.

Кроме того разработаны различные методы контроля неоднородности стекла, его окрашенности, внутренних напряжений и т. д., ставшие в настоящее время стандартными в производстве.

Исследования отжига стекла начались с изучения явлений, происходящих при нагревании стекла до температуры его размягчения. Первые исследования были проведены еще в период полной блокады. Аномальные изменения свойств стекол в области температуры отжига были прослежены на изучении термических эффектов, на коэффициенте расширения стекла и особенно подробно — на показателе преломления, основном свойстве оптического стекла. В результате этого открытия была создана новая теория отжига, коренным образом изменившая взгляды на самые задачи, стоящие перед этим процессом. В то время как раньше перед отжигом стояла единственная цель — релаксация напряжений, теперь перед отжигом ставится дополнительная, значительно более трудная и ответственная задача — придать стеклу определенный показатель преломления по всей его массе. Новая точка зрения позволила в значительной степени улучшить качество стекла и обеспечила возможность организации серийного производства оптических деталей. В последнее время на основании этих воззрений проводится борьба с неоднородностями — тяжелым видом брака в крупных оптических деталях, производство которых выросло на наших заводах в последнее время.

В области изучения поведения стекла при нагревании в настоящее время ведутся исследования и при низких температурах. В последнее время установлены явления превращения стекол при температурах $80-120^\circ$ и $160-200^\circ$. Эти превращения связаны с переходом тридимита в альфа- и бета-формы. Изучение поведения стекла выше 200° в об-

ласти температур, непосредственно примыкающих к температурам отжига, позволило установить резкие отклонения в ходе релаксации натяжений от известных до настоящего времени законов. Подробное изучение этих отклонений может дать новые сведения о природе стекла и поможет правильному разрешению задачи отжига астрономических дисков.

К этой же группе работ можно отнести и исследование свойств закаленного стекла («секурит») и работы по выяснению влияния закалки на полировку стекла. Эти работы также дали определенные численные зависимости, оказавшие помощь разнообразным видам производства. В частности, они помогли наладить у нас производство закаленных стекол, обладающих высокой термической стойкостью.

Поведение стекла при температурах его производства и обработки в большой степени определяется его вязкостью. Поэтому в ГОИ с самого его основания началась работа по изучению вязкости стекол. Разработана методика измерения вязкости стекол в расплавленном состоянии. Знание этих величин обеспечивает правильную постановку основной операции варки оптического стекла, его мешки. Этим методом, помимо стекол тройной системы, исследована большая часть промышленных оптических стекол и сортов стекла, применяемых в машинном производстве стекольных изделий. Выяснение влияния состава на вязкость в случае стекла Фурко имеет целью сильное увеличение производительности вытягивающих стекло машин.

В последнее время налажено исследование вязкости стекол в области температур отжига. Промежуточная область температур перекрывается измерениями электропроводности стекла. Специальными работами установлена связь между вязкостью и электропроводностью, благодаря чему одна методика может в совершенстве заменить другую в зависимости от удобства ее применения.

Наконец, в настоящее время налаживается методика измерения вязкости стекла в области температур ниже температуры отжига.

В ГОИ таким образом сосредоточиваются методы, дающие возможность определить всю температурную кривую вязкости стекла, что пока не сделано ни для одного стекла



и что представляет большой теоретический и практический интерес.

В связи с работами по вязкости находятся и работы по изучению температуры спекания стекол. Эта работа дала ряд больших результатов прикладного значения: была разработана техника изготовления сварных конструкций из стекла, весьма важная для лабораторий; разработан технологический процесс изготовления стеклянных фильтров и фильтров из кварцевого стекла; оба процесса переданы промышленности.

Из этих работ выросла идея изготовления легких сварных стеклянных конструкций. Идея проверена опытным путем как в ГОИ, так и на заводах, и открывает интересные перспективы при изготовлении астрономических зеркал.

Исследования вопросов светопоглощения и специальной окраски оптических стекол были поставлены в ГОИ сравнительно недавно. Тем не менее институтом разработаны методы браковки окрашенных стекол, выяснены рациональные технические условия на окрашенные стекла и поставлена разработка изготовления цветного стекла для оптических целей. Несмотря на успешное проведение этих работ, ГОИ считает эту сторону оптического стеклоделия все же отстающей от заграницы и требующей большого внимания.

Подводя итоги проделанной работы по оптическому стеклу, хочется сопоставить между собою то, что было и что имеется в настоящее время. До революции оптического стекла в России фактически не было, теперь оно есть. Не говоря об обычном оптическом стекле, идущем на изготовление различных оптических приборов, заводы ЛЕНЗОС и ИЗСО конкурируют между собою в изготовлении астрономических дисков для больших астрономических объективов. Требования однородности для таких дисков чрезвычайно высоки. О каждом сделанном астрономическом объективе сведения публикуются, и они представляют собой каждый в своем роде уникум. Английская фирма Дерби Гласс Компани взяла заказ на изготовление дисков для Пулковской обсерватории, но после десятилетней работы должна была отказаться от переданного ей заказа, несмотря на большие затраты, понесенные фирмой. Наши заводы сумели отлить диски должного качества. Стекло для других



ответственных приборов — объективов, эшелонов, спектрографов поставляется нашими заводами удовлетворительного качества.

Закрытие импорта оптического стекла соответствовало действительному состоянию его производства в СССР. Производство оптического стекла оказывается вполне технически вооруженным. Оно обеспечено наличием кадров, и основная борьба за освоение и изучение производства уже проделана этими кадрами. ГОИ, в тесном контакте с производством, сделал очень много по подготовке кадров молодых сотрудников для промышленности, которым он передал свои навыки и свои традиции. На этой базе институтом и промышленностью в ближайшие годы должен быть разрешен целый ряд новых задач по оптическому стекловарению: очистка сырья от загрязнений железом и хромом, снижающих прозрачность оптического стекла, введение новых компонент в оптическое стекло — окисей германия, галлия, циркона и титана, долженствующих расширить область возможных оптических стекол, разработка технологии наиболее совершенного отжига стекла в больших дисках, разработка производства оптических цветных стекол, увеличение выхода годного оптического стекла.

Перед институтом стоят кроме того и задачи более общего значения: выяснение природы стеклообразного состояния, проблема электрической плавки стекла и проблема холодной обработки стекла. Эти проблемы являются более сложными, требуют глубокого изучения вопроса и в случае успешного внедрения их в промышленность поведут к коренной ее реконструкции.

ВОПРОСЫ ПОЛИРОВКИ И ШЛИФОВКИ

В ряде работ, проводимых институтом по изучению химической устойчивости стекол, было установлено, что на поверхности стекла образуется под влиянием влаги тончайший слой разрушенного и выщелоченного стекла, представляющий собой коллоидальную пленку кремневой кислоты, толщиной от 20 до 60 Ангстрем (0.002—0.006 μ) в зависимости от химического состава стекла. Существование этой пленки было доказано различными методами, но наиболь-



шее развитие получил метод оптический, оказавшийся наиболее точным и совершенным. Покрывающая стекло пленка кремневой кислоты прекрасно защищает его от дальнейшего разрушения, и таким образом стекло оказывается самозащищающимся от химических воздействий. В некоторых случаях под действием пара высокого давления толщина этого слоя достигает 1μ , и характерные свойства его, оказывается, могут быть изучены более подробно. Своеобразное поверхностное состояние стекла обуславливает целый ряд его характерных свойств. В зависимости от наличия пленки той или иной толщины стекло оказывается способным отражать различное количество света от своей поверхности. В оптических системах с большим количеством линз и призм уменьшение коэффициента отражения света создает условия значительно большего прохождения света через оптический прибор.

Институтом с этой целью разработаны специальные приемы для получения искусственных поверхностных слоев на основных сортах оптического стекла. Снижение коэффициентов отражения для некоторых стекол оказывается весьма большим, а в отдельных случаях его величина может быть доведена до нуля. Необходимо отметить, что изучение процессов, разыгрывающихся на поверхности стекла, потребовало разработки и новых методов наблюдений. Таким образом был разработан новый оригинальный метод изучения химической устойчивости стекол, построен специальный прибор для измерения коэффициента отражения и др. Созданная теория поверхностной пленки на стекле послужила основанием для постановки ряда работ по полировке и шлифовке стекла. В первую же очередь было установлено, что для полировки абразивным материалом может служить материал, обладающий большой адсорбционной способностью по отношению к кремневой кислоте. Тщательное изучение методов изготовления полирующих веществ создало возможность использовать природные руды, а также отходы химических заводов для приготовления высококачественных крокусов, необходимых для полировки оптических деталей. Разработанные технологические процессы изготовления полирующих веществ переданы на заводы Ленинграда и Москвы, и развернутое производство исключило



необходимость пользоваться заграничными материалами для процессов полировки. Кроме окиси железа (крекуса) был найден также целый ряд других полирующих порошков, применение которых в значительной степени облегчило постановку в СССР трудного дела изготовления оптических деталей из кристаллов.

Дальнейшее изучение процессов полировки стекла показало, что ход их зависит не от механической прочности стекла, а исключительно от его химической устойчивости по отношению к воде. Таким образом создано основное положение о первенствующей роли химических процессов при всяком процессе полировки и о возможности ускорения этих процессов путем введения различных химических реагентов в зависимости от химической природы полируемого вещества. При полировке стекол добавка к воде незначительного количества электролитов, например хлорного железа или азотнокислого тория, ускоряет процессы полировки стекла в 2—2½ раза. Теория химической полировки, разработанная на стекле, была перенесена с соответствующими изменениями на полировку металла и здесь оправдала себя в полной мере. Как стекло, металл всегда покрыт пленкой окислов, и как в том, так и в другом случае процесс полировки сводится к постепенному снятию этих поверхностных образований. Для металла были разработаны специальные пасты из окиси хрома, стеариновой кислоты и кремнезема, применение которых в значительной степени ускорило не только процессы полировки металлов, но также заменило шабровку и доводку.

В настоящее время разработанная методика полировки металлов внедрена на ряде заводов и дала исключительно положительные показатели во всех отношениях. Работа по изготовлению некоторых деталей ускорилась в 15 раз, причем не потребовалось ни высококвалифицированной рабочей силы, ни каких-либо существенных изменений в самом процессе работы.

Проведенная в текущем году работа по полировке металлов на Кировском заводе дала сокращение расходов по одной зарплате более чем на миллион рублей.

Основные идеи, заложенные в полировке, оказалось возможным перенести также на процессы шлифовки стекла.



И здесь получены некоторые улучшения, правда не столь разительные, как на процессах полировки.

Следует отметить также большую работу, проделанную ГОИ по обучению новым методам полировки рабочих и инженерно-технического персонала заводов и лабораторий.

Работы института в области исследования физико-химических явлений при полировке металлов продолжают развиваться и в настоящее время. Установлено, что в процессе полировки металлов и даже при грубой шлифовке значительную роль играют процессы адсорбции ионов металлической поверхностью. Работа, затрачиваемая на разрушение металла, в этих процессах сильно снижается в присутствии сильно адсорбирующих ионов, что находится в хорошем соответствии с теоретическими представлениями.

В работах института показана также связь между электродными потенциалами металлов и их поверхностной прочностью.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Краткие сведения о Государственном оптиче- ском институте	3
Итоги работы Государственного оптического института по физической оптике	5
Спектроскопия	5
Флуоресценция и фотохимия	17
Флуоресценция в жидких и твердых средах	20
Фотоэлектричество	23
Инфракрасные лучи	24
Лучи Рентгена и электронные волны	27
Атмосферная оптика	29
Интерферометрия	30
Научная и прикладная фотография	36
Фотометрия и светотехника	46
Колориметрия	51
Физиологическая оптика	56
Природа света	59
Итоги работы Государственного оптического института по оплотехнике	62
Оплотехника	62
Вычислительная оптика	67
Оптическое приборостроение	73
Итоги работы Государственного оптического института по оптическому стеклу	92
Оптическое стекло	92
Вопросы полировки и шлифовки	100



Бесплатно



401190 / 38

Прием заказов и подписки

■■■■■■■■■■ НА ВСЕ ИЗДАНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ПРОИЗВОДИТСЯ:

1. В Отделе распространения Издательства Академии Наук СССР, Москва, проезд Художественного театра, 2. Тел. 48-33.
2. В Ленинградском отделении Издательства, Ленинград, 164. В. О., Менделеевская линия, 1. Тел. 592-62.

